



# ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

## ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

### Μεταπτυχιακή Διατριβή

## «Διερεύνηση της Δυνατότητας Επαναχρησιμοποίησης Νερού στην Τριφυλία Μεσσηνίας»



Κωνσταντόπουλος Ν. Γεώργιος

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Πολυτεχνείο Κρήτης



## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	5
1. Εισαγωγή .....	7
1.1 Πρακτικές επαναχρησιμοποίησης νερού και εξέλιξη .....	10
1.2 Επαναχρησιμοποίηση νερού στον διεθνή και Ευρωπαϊκό χώρο .....	12
1.2.1. ΗΠΑ.....	13
1.2.2. Υπόλοιπος Κόσμος.....	17
1.2 Επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ελλάδα .....	22
2. Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης.....	26
2.1. Εισαγωγή.....	26
2.2. Μη πόσιμη επαναχρησιμοποίηση .....	26
2.2.1. Αγροτικές εφαρμογές .....	26
2.2.2. Αστικές-δημοτικές εφαρμογές.....	27
2.2.3. Βιομηχανικές εφαρμογές.....	28
2.2.4. Εμπλουτισμός υδροφορέων και ανάσχεση υφαλμύρισης .....	28
2.3. Πόσιμη επαναχρησιμοποίηση .....	29
3. Θεσμικό πλαίσιο .....	31
3.1. Εισαγωγή.....	31
3.2.Ευρωπαϊκές Οδηγίες .....	32
3.2.1. Οδηγία πλαίσιο για το νερό (2000/60/EK).....	32
3.2.2. Οδηγία για τα αστικά απόβλητα.....	35
3.2.3. Οδηγία για το πόσιμο νερό.....	36
3.3. Διεθνείς κανονισμοί .....	38
3.4. Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο .....	41
4. Υδατική κατάσταση της Τριφυλίας .....	44
4.1. Εισαγωγή.....	44
4.2. Υδατικό ισοζύγιο Τριφυλίας-προτάσεις βελτίωσης.....	46



4.3. Δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης νερού στην Τριφυλία-προτάσεις.....	49
4.3.1. Κυπαρισσία.....	49
4.3.2. Φιλιατρά .....	51
5. Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου-εξόδου των εγκαταστάσεων επαναχρησιμοποίησης νερού Κυπαρισσίας – Φιλιατρών.....	53
5. Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου-εξόδου των εγκαταστάσεων επαναχρησιμοποίησης νερού Κυπαρισσίας – Φιλιατρών.....	53
5.1. Εισαγωγή.....	53
5.2 Κυπαρισσία .....	53
5.2.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου στην εγκατάσταση ανάκτησης-παροχή .....	54
5.2.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εξόδου .....	55
5.3. Φιλιατρά.....	56
5.3.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου στην εγκατάσταση ανάκτησης-παροχή .....	56
5.3.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εξόδου .....	59
6. Κατάλληλα συστήματα ανάκτησης νερού.....	60
6.1. Εισαγωγή.....	60
6.2. Συστήματα ανάκτησης νερού.....	61
6.2.1. Συστήματα κροκίδωσης.....	61
6.2.2. Συστήματα διήθησης .....	62
6.2.3. Συστήματα απολύμανσης .....	78
6.3. Προτεινόμενα συστήματα .....	84
6.3.1. Εισαγωγή.....	84
6.3.2. Ανάκτηση με χρήση μεμβρανών.....	85
6.4. Εκτίμηση κόστους.....	87
6.4.1. Κόστος εξοπλισμού .....	87
6.4.2. Λειτουργικό κόστος.....	90



6.5. Επιλογή του συστήματος ανάκτησης νερού .....	93
7. Συμπληρωματικά έργα.....	95
7.1. Εισαγωγή.....	95
7.2. Έργα πολιτικού και ηλεκτρολόγου μηχανικού .....	95
7.3.1. Σταθερός εξοπλισμός.....	99
7.4. Εργαστηριακός εξοπλισμός.....	101
7.4.1. Εκτίμηση κόστους βασικού εργαστηριακού εξοπλισμού.....	102
8. Ζητήματα κοινής αποδοχής και παράγοντες που την επηρεάζουν .....	103
8.1. Εισαγωγή.....	103
8.2. Σύγχρονες πρακτικές και στρατηγικές.....	104
9. Προτάσεις για το μέλλον .....	105
10. Συμπεράσματα.....	106
Βιβλιογραφία .....	108
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	110
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	117



## Περίληψη

Η παρούσα μελέτη έχει ως στόχο να εξετάσει την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης νερού στην Τριφυλία Μεσσηνίας και ειδικότερα στις πόλεις της Κυπαρισσίας και των Φιλιατρών, από τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα που παράγονται στις ομώνυμες εγκαταστάσεις. Αρχικά ανασκοπήθηκε η διεθνής και Ελληνική εμπειρία σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση νερού, και εξετάστηκαν τα αντίστοιχα νομικά πλαίσια. Στην συνέχεια περιγράφηκαν τα χαρακτηριστικά των εκροών των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Κυπαρισσίας και Φιλιατρών. Ακολούθως, έγινε εκτενής αναφορά στις διαθέσιμες τεχνολογίες ανάκτησης νερού και τέλος, προτάθηκαν τα πλέον κατάλληλα συστήματα επεξεργασίας και εκτιμήθηκε το κόστος τους.

Η μελέτη έγινε για παροχή παραγωγής ανακτημένου νερού 1.000 κυβ. μέτρα ανά ημέρα ( $m^3/d$ ) για την περίπτωση της Κυπαρισσίας (40% ως προς τη μέγιστη παροχή) και 200 κυβ. μέτρα ανά ημέρα ( $m^3/d$ ) στην περιοχή των Φιλιατρών (45% ως προς τη μέγιστη παροχή), καθώς και για διανομή τους με αυτόνομο δίκτυο διανομής. Το νερό θα δύναται να χρησιμοποιηθεί για αστικές και περιαστικές χρήσεις, και μελλοντικά πιθανόν για απεριόριστη άρδευση. Η μελέτη κατέληξε ότι με βάση την ισχύουσα νομοθεσία η χρήση συστημάτων μεμβρανών (υπερδιήθησης για Κυπαρισσία και MBR για Φιλιατρά) είναι ουσιαστικά μονόδρομος (για επαναχρησιμοποίηση του νερού για αστικές και περιαστικές χρήσεις).

Καθίσταται σαφές ότι η επιλογή του εξοπλισμού είναι υπέρτατης σημασίας, αφού η ζητούμενη ποιότητα ανακτημένου νερού είναι από τις πιο υψηλές που έχουν προδιαγραφεί σε παγκόσμιο επίπεδο, και σκοπός είναι η συνεχής παραγωγή αυτού στην συγκεκριμένη ποιότητα, πράγμα που απαιτεί την μόνιμα καλή λειτουργία της εγκατάστασης.

Τέλος, τονίζεται η σημασία συμμετοχής του κοινού στην λήψη αποφάσεων, και της σωστής ενημέρωσής του σχετικά με τα οφέλη και την χρησιμότητα του ανακτημένου νερού.



## Abstract

The aim of this study is the examination of the possibility of water reuse in Trifilia Messinia, especially in the cities of Kyparissia and Filiatra, from the treated wastewater which produced in the homonymous treatment plants. Initially, we reviewed the international and Greek status about the water reuse, and we examined the equal legal frameworks. Secondly, we described the characteristics of the treatment plants effluents for both Kyparissia and Filiatra. Subsequently, we conducted an extensive report on reclaimed water technologies which are available and finally we suggested the most appropriate of them plus their estimated costs.

The study was to provide 1,000 cubic meters per day ( $m^3 / d$ ) reclaimed water production in case of Kyparissia and 200 cubic meters per day ( $m^3 / d$ ) in case of Filiatra, with their distribution independent network for each case. The water may be used for urban and suburban uses and possibly for unrestricted irrigation in future. The study concluded that -under the current legislation- the use of membranes (ultrafiltration for Kyparissia and MBR technology for Filiatra) is the most appropriate (for reuse of water for urban and suburban uses).

It is clear that the choice of the appropriate equipment is very important, due to the required quality of the reclaimed water, which is the highest that have been prescribed worldwide. The target is the constant production of this quality, which requires the proper function of the plant.

Finally, emphasis was given to the importance of public participation in decision making and accurate information on the benefits and usefulness of the reclaimed water.



## 1. Εισαγωγή

Το νερό είναι το πιο κοινό υλικό στην επιφάνεια της γης. Σχηματίζει την υδρόσφαιρα και ο όγκος του εκτιμάται στα 1.370 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα. Ο όγκος του γλυκού νερού κατανέμεται μεταξύ λιμνών, ποταμών και υπόγειου νερού και εκτιμάται μεταξύ 500.000 και ενός εκατομμυρίου κυβικών χιλιομέτρων. Ο όγκος των πάγων στους πόλους αποτελεί 25 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα φρέσκου νερού.

Υπάρχουν περίπου 50.000 κυβικά χιλιόμετρα νερού στην ατμόσφαιρα υπό την μορφή ατμού και σύννεφων. Η ετήσια εξάτμιση εκτιμάται στα 500.000 κυβικά χιλιόμετρα ενώ οι κατακρημνίσεις στα ηπειρωτικά εκτιμώνται στα 120.000 κυβικά χιλιόμετρα. (Ανδρεαδάκης,2007)

Η συνολική ποσότητα του νερού στη φύση είναι ουσιαστικά σταθερή, με διάφορες ποσότητες αυτού να μετατρέπονται από μία μορφή σε άλλη. Έτσι, ένα μέρος του νερού, που πέφτει ως βροχή στο έδαφος, δεσμεύεται από τη βλάστηση, ενώ το υπόλοιπο είτε απορροφάται από το έδαφος, είτε ρέει μέσω των ποταμών προς τη θάλασσα ή τις λίμνες, το οποίο με τη σειρά του εξατμίζεται για να επιστρέψει στη γη με τις υδατοπτώσεις και να κλείσει ο κύκλος.

Το σύνολο σχεδόν του νερού στη φύση (97%) απαντάται ως αλμυρό ύδωρ, στη θάλασσα και στις αλμυρές λίμνες. Τα δύο τρίτα του υπολοίπου 3% είναι δεσμευμένα με τη μορφή πάγου στις πολικές και αλπικές περιοχές. Έτσι, μόνο το 1% της συνολικής ποσότητας ύδατος αποτελεί το γνωστό «γλυκό» νερό, και από αυτό, το 98% απαντάται ως υπόγειο ύδωρ, ενώ το 2% βρίσκεται στις λίμνες και στα ποτάμια. Από αυτά γίνεται αντιληπτό ότι η άμεσα διαθέσιμη ποσότητα νερού προς χρήση είναι πεπερασμένη και περιορισμένη (Bouwer, 2000).



Είναι πλέον δεδομένο πώς ο φυσικός κύκλος του νερού, έχει διαταραχθεί αισθητά από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, οι οποίες περιλαμβάνουν την άντληση ύδατος από λίμνες, ποτάμια και από τον υπόγειο υδροφορέα για αστική, αγροτική και βιομηχανική χρήση, και την παράλληλη απόρριψη ανεπεξέργαστων λυμάτων σε ρέματα, ποτάμια ή στη θάλασσα. Σε πολλές περιοχές, ο υπόγειος υδροφορέας αποτελεί την κύρια πηγή ύδατος, και πολύ συχνά ο ρυθμός άντλησης είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό εμπλουτισμού του, με συνέπεια την μείωση της στάθμης του.

Τόσο συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ήπειρο, όσο ειδικότερα στην λεκάνη της Μεσογείου, η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση «γλυκού» ύδατος και η παράλληλη απόρριψη στους επιμέρους φυσικούς αποδέκτες μεγάλων ποσοτήτων ανεπεξέργαστων ή πλημμελώς επεξεργασμένων λυμάτων, έχει καταστήσει την ανάγκη χρηστής διαχείρισης κάτι περισσότερο από επιτακτική. Οποιαδήποτε σύγχρονη μελέτη συνολικής διαχείρισης των υδάτινων πόρων μιας περιοχής, δεν είναι πλέον δυνατό να μην περιλαμβάνει και την αξιοποίηση των υγρών αποβλήτων.

Για την σωστή όμως αξιοποίηση των αποβλήτων και την αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και στην υγεία των κατοίκων της περιοχής είναι επιβεβλημένη η τήρηση αυστηρών κριτηρίων ποιότητας. (<http://www.ellinikietairia.gr/media/pdf/Gkikas.pdf>)

Η υπέρμετρη ανάγκη για κατανάλωση νερού καθιστά επιτακτική και την προστασία του. Είναι απαραίτητο για το νερό να υφίσταται κάθε είδους επεξεργασία είτε για να παραχθεί νερό για γενική χρήση ή για ειδικές βιομηχανικές εφαρμογές ή για να περιοριστεί η ρύπανση του περιβάλλοντος από τη συνεχή και αλόγιστη απόρριψη λυμάτων.

Από την άλλη πλευρά, η σημαντική αύξηση του πληθυσμού και η υπέρμετρη αύξηση των αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, αλλά και η εντατική και αλόγιστη γεωργική καλλιέργεια, έχουν ρυπάνει σχεδόν όλους τους υδάτινους αποδέκτες και ταμιευτήρες. Η δραματική εξέλιξη του προβλήματος με το πέρασμα του χρόνου ήταν εκείνη που δημιούργησε την ανάγκη λήψης αποτελεσματικών μέτρων.



Το σημαντικό πλεονέκτημα της εποχής μας είναι πως υπάρχει η απαραίτητη τεχνογνωσία και τεχνολογία για την πλήρη επεξεργασία σχεδόν κάθε μορφής υγρού αποβλήτου και μάλιστα εξελίσσονται συνεχώς. Όμως, το υψηλό κόστος αυτής της τεχνολογίας εμποδίζει την πλήρη και καθολική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων με αποτέλεσμα το επίπεδο επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων μιας χώρας, αλλά και κάθε μορφής αποβλήτων της γενικότερα, είναι ανάλογο με το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης της χώρας αυτής.

Πέραν του πολύ μεγάλου κόστους για την κατασκευή και εγκατάσταση των συστημάτων επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, ιδιαίτερα σημαντικό και ίσως σημαντικότερο είναι το κόστος λειτουργίας τους. Αυτό συμβαίνει επειδή απαιτούνται ιδιαίτερα μεγάλα ποσά για την ενέργεια που καταναλώνεται, για τα χημικά που προστίθενται, αλλά και για το εξειδικευμένο προσωπικό που είναι απαραίτητο για τη σωστή λειτουργία αυτών των συστημάτων.

Καθώς οι περιβαλλοντικές πιέσεις αυξάνονται όσον αφορά τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων και παράλληλα, πολλές κοινότητες σε όλο τον κόσμο προσεγγίζουν ή φθάνουν τα όρια των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού τους, η επαναχρησιμοποίηση του νερού των επεξεργασμένων λυμάτων εμφανίζεται ως μια ελκυστική επιλογή για τη διατήρηση των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Το σκεπτικό της επαναχρησιμοποίησης κατάλληλα επεξεργασμένων αστικών ή βιομηχανικών λυμάτων παρουσιάζει πολλαπλά οφέλη, που σχετίζονται με την εξοικονόμηση υδατικών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος, καθώς επίσης και οικονομικά οφέλη. Ωστόσο, η επαναχρησιμοποίηση νερού από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα απαιτεί έναν ολοκληρωμένο και ορθολογικό σχεδιασμό, που λαμβάνει υπόψη τους ενδεχόμενους κινδύνους και περιορισμούς.



## **1.1 Πρακτικές επαναχρησιμοποίησης νερού και εξέλιξη**

Συστήματα ύδρευσης και υποτυπώδους επεξεργασίας υγρών αποβλήτων φαίνεται πως υπήρχαν ήδη από την εποχή προ του Χριστού. Τεχνολογίες διαχείρισης και επεξεργασίας νερού ξεκίνησαν να εφαρμόζονται κιόλας από την Μινωική περίοδο και αποδείχθηκαν αρκετά ανθεκτικές στο χρόνο.

Ωστόσο, παρόλο που η διαχείριση νερού γίνονταν κατά παράδοση με βιώσιμο τρόπο, στις ημέρες μας οι αρχές της βιώσιμης χρήσης του νερού κατά κανόνα δεν εφαρμόζονται. Συχνά οι υπόγειοι υρδοφορείς υφίστανται υπερεκμετάλλευση, ενώ νερό μεταφέρεται από την ηπειρωτική Ελλάδα με τεράστιο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος (Gikas and Tchobanoglous, 2009a).

Η άποψη πως το νερό διακρίνεται σε δυο ποιότητες, δηλαδή το υγρό απόβλητο και το πόσιμο νερό (που θεωρείται ικανό να καλύψει τις ανάγκες μας βιομηχανικές, γεωργικές και αστικές ) θα πρέπει να θεωρείται λανθασμένη. Υπάρχουν τεχνολογίες και τρόποι αξιοποίησης των υγρών αποβλήτων για πάρα πολλές χρήσεις. Μάλιστα πολλές από αυτές έχουν τη δυνατότητα παραγωγής υψηλής ποιότητας ανακυκλωμένου /ανακτημένου νερού. Η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του νερού αφορά κυρίως μη πόσιμους σκοπούς όπως βιομηχανικές χρήσεις , γεωργική άρδευση, άρδευση κοινόχρηστων χώρων αστικού πρασίνου καθώς και εμπλουτισμό του δικτύου ύδρευσης. Στο μέλλον όλο και περισσότερο αναμένετε να χρησιμοποιηθεί νερό το οποίο έχει υποστεί επεξεργασία σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού πόλεων ή και βιομηχανιών μέσω της προώθησης διπλών δικτύων ύδρευσης παροχής νερού.

Σε πολλές χώρες η επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι καθημερινή πρακτική, και διέπεται από αυστηρούς κανόνες, ώστε να εξασφαλίζεται η υγεία των χρηστών. Στη χώρα μας, δεδομένης και της γεωγραφικής ανισοκατανομής των υδατικών πόρων δεν έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες επαναχρησιμοποίησης νερού. Θα πρέπει λοιπόν να προχωρήσουμε με δράσεις σε μια νέα περιβαλλοντική πολιτική για την εξοικονόμηση του πιο πολύτιμου από τα αγαθά μας, του νερού (<http://www.oikotechnics.org/water-re-use.html>).



Ωστόσο, η έλλειψη σαφούς νομικού πλαισίου, μέχρι πρόσφατα, λειτουργούσε ανασταλτικά πάνω σε κάθε σκέψη για επαναχρησιμοποίηση του νερού. Τον Οκτώβριο του 2008, τροποποιήθηκε το Άρθρο 8 της Υγειονομικής Διάταξης Ε1β/221/65 (Υπουργείο Κοινωνικών Υπηρεσιών, 1965) με την Κοινή Υπουργική Απόφαση Δ.ΥΓ2/Γ.Π.οικ. 133551 (ΦΕΚ Β' 2089, 2008) ανοίγοντας έτσι νέες προοπτικές αφού είναι εφικτή η επαναχρησιμοποίηση νερού για άρδευση χώρων πρασίνου, ενώ η επαναχρησιμοποίηση για γεωργική άρδευση μπορεί κατά περίπτωση να αδειοδοτηθεί βάσει του ισχύοντος νομικού πλαισίου, εκτός από τις καλλιέργειες λαχανικών που τρώγονται ωμά. Τον Μάρτιο του 2011, εκδόθηκε νέα Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ 145116) (ΦΕΚ Β' 354, 2011), με την οποία θεσπίζονται ποιοτικά κριτήρια για διάφορους τύπους επαναχρησιμοποίησης, συμπεριλαμβανομένων της αγροτικής και της αστικής και περιαστικής επαναχρησιμοποίησης.

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφέρουμε τον ζωτικό ρόλο που παίζει το κοινό όσον αφορά τις απόπειρες επαναχρησιμοποίησης νερού, μιας και είναι απαραίτητη η θετική εισήγηση του προκειμένου να στεφθούν τέτοιες ενέργειες από επιτυχία.



## **1.2 Επαναχρησιμοποίηση νερού στον διεθνή και Ευρωπαϊκό χώρο**

Επαναχρησιμοποίηση νερού πραγματοποιείται παγκοσμίως και κυρίως σε χώρες όπου υπάρχει έλλειψη νερού. Τα χαρακτηριστικά των χωρών οι οποίες κάνουν χρήση ανακτημένου νερού ποικίλουν, κάνοντας μας έτσι σαφές ότι η επαναχρησιμοποίηση νερού δεν είναι κάτι το οποίο απευθύνεται μόνο σε σύγχρονους λαούς και ανεπτυγμένες χώρες, αλλά είναι κάτι που εφαρμόζεται παντού ανάλογα με τις ανάγκες που υπάρχουν. Η βασική διαφορά που διαπιστώνεται είναι ότι στις ανεπτυγμένες χώρες η επαναχρησιμοποίηση γίνεται με βάση σαφές και αυστηρό νομικό πλαίσιο έχοντας σκοπό την βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος, ενώ στις αναπτυσσόμενες και στις χώρες του λεγόμενου τρίτου κόσμου η επαναχρησιμοποίηση γίνεται με συγκεκριμένο νομικό καθεστώς και αποτελεί συνήθως λύση ανάγκης για τα προβλήματα λειψυδρίας που μαστίζουν τις περιοχές αυτές.

Ιδιαίτερα μεγάλη εμπειρία στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων έχουν να επιδείξουν χώρες όπως οι ΗΠΑ, η Ιαπωνία, το Ισραήλ, η Αυστραλία και η Σιγκαπούρη.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, παρότι προτρέπει την επαναχρησιμοποίηση του νερού, δεν έχει μέχρι στιγμής καταλήξει σε κοινά ποιοτικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης. Το γεγονός αυτό κατά βάση οφείλεται στις διαφορετικές ανάγκες για νερό μεταξύ των κατά τεκμήριο υδατικά πλεονασματικών χωρών του βορά (οι οποίες δεν έχουν κίνητρο), και των υδατικά ελλειμματικών χωρών του νότου (οι οποίες επιθυμούν την θέσπιση σχετικά ελαστικών ποιοτικών κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης). Σημαντική εμπειρία σε επίπεδο Ε.Ε σε έργα επαναχρησιμοποίησης έχουν να επιδείξουν η Ιταλία, η Ισπανία και η Κύπρος.

Πιο κάτω παρουσιάζεται το πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης νερού σε διάφορες πρωτοπόρες χώρες.



### 1.2.1. ΗΠΑ

Η τρέχουσα κατάσταση όσον αφορά την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση του νερού στις Ηνωμένες Πολιτείες, εξετάζεται σε αυτήν την ενότητα. Μια πιο προσεκτική ματιά στις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης του νερού κυρίως στις πολιτείες της Καλιφόρνια και της Φλόριντα, μας παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για την περαιτέρω έκταση και τις εφαρμογές της επαναχρησιμοποίησης του νερού.

Συμπεράσματα που αντλούνται από τις εκτιμήσεις της χρήσης του νερού στις Ηνωμένες Πολιτείες είναι ότι καταναλώθηκαν περίπου  $1,5 \times 10^9 \text{ m}^3 / \text{d}$  νερού για όλες τις χρήσεις κατά τη διάρκεια του 2000 (Asano et al., 2006). Η Καλιφόρνια, το Τέξας, και η Φλόριντα αντιπροσωπεύουν το 1/4 της συνολικής κατανάλωσης νερού. Οι πολιτείες που παρεμβαίνουν περισσότερο στον υδροφόρο ορίζοντα είναι η Καλιφόρνια, η οποία καταναλώνει μεγάλες ποσότητες για άρδευση και θερμοηλεκτρική ενέργεια, και το Τέξας, το οποίο έχει υψηλές απαιτήσεις σε θερμοηλεκτρική ενέργεια επίσης. Οι πολιτείες με το μεγαλύτερο ποσοστό άντλησης από τον υπόγειο υδροφορέα είναι επίσης η Καλιφόρνια, το Τέξας, καθώς και η Νεμπράσκα, οι οποίες έχουν σημαντικές ανάγκες για άρδευση.

Πληροφορίες σχετικά με τις ποσότητες λυμάτων που έτυχαν επεξεργασίας από δημόσιες εγκαταστάσεις επεξεργασίας και επέστρεψαν άμεσα στον υδρολογικό κύκλο, ή απελευθερώθηκαν για ωφέλιμη επαναχρησιμοποίηση (ανακτημένο νερό), αναφέρθηκαν από την Αμερικανική Γεωλογική Επιθεώρηση (Asano et al., 2006). Περίπου 16.400 δημόσιες εγκαταστάσεις επεξεργάστηκαν περίπου  $155 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{d}$  υγρών αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο κατά τη διάρκεια του 1995. Περίπου μόνο το 2% ( $4 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{d}$ ) των επεξεργασμένων λυμάτων χρησιμοποιήθηκε για ευεργετικές χρήσεις όπως π.χ. την άρδευση γηπέδων και δημοσίων πάρκων. Οι πολιτείες της Φλόριντα, της Καλιφόρνια και της Αριζόνα αναφέρονται ως πρωτοπόρες στις χρήσεις ανακτημένου νερού. Τα δεδομένα από το 1995 αναφέρονται, επειδή η τελευταία δημοσίευση της αμερικανικής Γεωλογικής Υπηρεσίας, «*Estimated Use of Water in the United States in 2000*», δεν έκανε καθόλου αναφορά για ανακτημένο νερό, ούτε για τον αριθμό των εγκαταστάσεων υγρών αποβλήτων. Η ποιότητα των δεδομένων αναφέρθηκε ως ο κύριος λόγος αυτών των παραλείψεων σε αυτή την τελευταία δημοσίευση (Burton et al., 2006). Ωστόσο, η WateReuse Association (μια οργάνωση που προωθεί την επαναχρησιμοποίηση του νερού όσον αφορά την έρευνα και την εφαρμογή), εκτιμά ότι  $9,8 \times 10^3 \text{ mgal} / \text{d}$  των αστικών λυμάτων



ανακτάται και επαναχρησιμοποιείται επί του παρόντος, και πως το ποσοστό χρήσης ανακτημένου νερού αυξάνεται περίπου 15% ανά έτος (WaterReuse Association, 2005).

Οι κανονισμοί όσον αφορά την έλλειψη νερού και την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων αποτελούν τους κινητήριους παράγοντες σχετικά με την ανάπτυξη των έργων επαναχρησιμοποίησης του νερού. Οι περισσότερες τοποθεσίες μονάδων επαναχρησιμοποίησης του νερού βρίσκονται στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές της δυτικής και νοτιοδυτικής Αμερικής όπου τα αποθέματα νερού είναι περιορισμένα. Ωστόσο, ένας αυξανόμενος αριθμός έργων επαναχρησιμοποίησης του νερού είναι υπό εκτέλεση και στις πιο υγρές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών λόγω της ταχείας ανάπτυξης και της αστικοποίησης που επικρατεί εκεί.

Η επαναχρησιμοποίηση νερού για γεωργικές και περιαστικές χρήσεις εφαρμόζεται στην Καλιφόρνια ήδη από το 1890. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η άρδευση του Golden Gate Park, στο San Francisco, του πρώτου πάρκου αναψυχής που από το 1912 αρδεύεται με ανακτημένο νερό (Leverenz et. al, 2006). Αξιοσημείωτες περιπτώσεις χρήσης ανακτημένου νερού με σκοπό την επαναφόρτιση των υπογείων υδάτων λαμβάνουν χώρα στο Montebello Forebay, από το 1962, κοντά στο Whittier του Los Angeles καθώς επίσης και στο Orange Country, από το 1976, καθώς επίσης και στο Orange County Water District's historic Water Factory, το οποίο φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 1. Orange country water district's historic factory (Tsobanoglous et. al,2006)

Παρακάτω, παρουσιάζονται οι 15 μεγαλύτερες μονάδες παραγωγής επαναχρησιμοποιημένου νερού στην Καλιφόρνια:

Πίνακας 1. Οι μεγαλύτερες μονάδες παραγωγής επαναχρησιμοποιημένου νερού στην Καλιφόρνια

Rank	Agency	Number of plants	Reclaimed water deliveries, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yr	
			1987	2001
1	County Sanitation Districts of Los Angeles County	8	66	103
2	City of Los Angeles	2	4	50
3	City of Bakersfield	2	30	39
4	Eastern Municipal Water District	4	12	35
5	West Basin Municipal Water District	1	0	32
6	Irvine Ranch Water District	1	10	24
7	City of Santa Rosa	2	11	15
8	Monterey Regional Water Pollution Control Agency	1	0	15
9	Orange County Water District	1	3	14
10	City of Modesto	1	18	13
11	Inland Empire Utilities Agency	4	2	12
12	Las Virgenes Municipal Water District	1	5	8
13	East Bay Municipal Utility District	1	0	7
14	City of San Jose	1	0	7
15	South Tahoe Public Utility District	1	6	6



Στην πόλη St. Petersburg της Florida, έχει κατασκευαστεί ένα απ' τα μεγαλύτερα έργα στον κόσμο επαναχρησιμοποίησης νερού για αστική χρήση: 80.000 m<sup>3</sup>/d ανακτημένου νερού διανέμονται σε περισσότερους από 10.000 καταναλωτές για πότισμα των κήπων, αλλά και για βιομηχανική χρήση (RWCC, 1993). Επίσης, επαναχρησιμοποιημένο νερό είχε χρησιμοποιηθεί το 2003 για την άρδευση 154.234 κατοικιών, 427 γηπέδων γκολφ, 486 πάρκων, και 213 σχολείων. Τα γήπεδα του γκολφ είναι οι σημαντικότεροι χρήστες σε επαναχρησιμοποιημένο νερό στη πολιτεία της Φλόριντα. Το 2003, 184 συστήματα επαναχρησιμοποίησης νερού περιλάμβαναν ένα ή περισσότερα γήπεδα .(Πολιτεία της Φλόριντα, 2004).

Παρακάτω, παρουσιάζονται ο 15 μεγαλύτερες επαρχίες της Φλόριντα, στις οποίες γίνεται παραγωγή επαναχρησιμοποιημένου νερού:

Πίνακας 2. Μεγαλύτερες επαρχίες της Φλόριντα όπου γίνεται παραγωγή επαναχρησιμοποιημένου νερού (Πολιτεία της Φλόριντα,2004)

County	WWTP flow <sup>b</sup> , × 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /d	Reuse capacity, × 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /d	Reuse flow, × 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /d	Reuse flow/ WWTP flow, %	Annual Reuse flow, × 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yr
Orange	345	639	339	98.3	124
Pinellas	383	492	186	48.4	68
Seminole	186	287	137	73.7	50
Lee	150	200	132	88.2	48
Hillsborough	546	352	115	26.7	42
Palm Beach	424	199	110	26.0	40
Collier	114	141	101	89.3	37
Polk	102	221	97	95.3	35
Volusia	119	125	69	57.5	25
Brevard	136	162	68	50.0	25
Leon	675	115	67	100.0	24
Osceola	68	149	67	98.8	24
Miami-Dade	1165	860	67	5.7	24
Okaloosa	63	113	63	100.9 <sup>c</sup>	23
Manatee	104	142	62	59.5	23



Στο Battery Park, στην Νέα Υόρκη, κατασκευάστηκε πρόσφατα το πρώτο πολυώροφο κτήριο αμιγούς κατοικίας στις Η.Π.Α. που χρησιμοποιεί ανακτημένο νερό σε διπλό δίκτυο διανομής νερού (Gikas and Tchobanoglous, 2008) (Σχήμα 1). Το κτήριο (που ονομάζεται Solaire Building) αποτελείται από 27 ορόφους και στεγάζει 293 διαμερίσματα. Ανακτημένο νερό χρησιμοποιείται για τα καζανάκια των τουαλετών, για άρδευση των χώρων πρασίνου και στους πύργους ψύξης, ενώ το νερό που περισσεύει δίνεται για άρδευση του γειτονικού δημόσιου πάρκου. Λόγω περιορισμών στην εργολαβία του κτηρίου το σύστημα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και ανάκτησης νερού τοποθετήθηκε σε ένα υπόγειο του κτηρίου εμβαδού μόλις 197 m<sup>2</sup>.

### 1.2.2. Υπόλοιπος Κόσμος

Παρομοίως με την κατάσταση στις Ηνωμένες Πολιτείες, υπάρχει μια αυξανόμενη τάση όσον αφορά το επαναχρησιμοποιημένο νερό, η οποία υποστηρίζει πως οι πρακτικές-εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης νερού αποτελούν βασική συνιστώσα για μια ολοκληρωμένη και βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Η ανάπτυξη σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση του νερού σε πολλές χώρες είναι στενά συνδεδεμένη με τη λειψυδρία, τα μέτρα ελέγχου των υδάτων, και την απόκτηση εναλλακτικών υδατικών πόρων. Στις περισσότερες περιοχές του ανεπτυγμένου κόσμου, όπου οι κανόνες συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων διέπονται από μία κοινή πρακτική, η επαναχρησιμοποίηση του νερού ασκείται με την κατάλληλη προσοχή στο περιβάλλον, τη δημόσια υγεία, και την αισθητική.

Τα περισσότερα από τα σημαντικά έργα επαναχρησιμοποίησης νερού όπως έχουμε ήδη αναφέρει έχουν συμβεί σε άνυδρες περιοχές του κόσμου. Αρκετές Μεσογειακές χώρες της Ευρώπης, όπως **η Πορτογαλία, η Ισπανία**, οι νότιες επαρχίες της **Γαλλίας** και της **Ιταλίας**, η **Κύπρος** και η **Ελλάδα**, έχουν τις πρωτοπορίες στην επαναχρησιμοποίηση του νερού χρησιμοποιώντας δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων. Επιπλέον, το



**Ισραήλ** και η **Τυνησία** έχουν καθιερωμένα γεωργικά προγράμματα άρδευσης χρησιμοποιώντας ανακτημένο νερό.

Η ξηρασία που έπληξε μεγάλο μέρος της **Αυστραλίας** κατά την περίοδο 2001-2003 είχε ως αποτέλεσμα την θέσπιση αυστηρών περιορισμών όσον αφορά το νερό. Αυτοί οι περιορισμοί επιβλήθηκαν στο Σίδνεϊ, τη Μελβούρνη, τη Καμπέρα, το Περθ, και το Queensland Gold Coast. Πάνω από 500 δημοτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων τώρα ασχολούνται με την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση μέρους των επεξεργασμένων λυμάτων τους. Ειδικοί στόχοι επαναχρησιμοποίησης έχουν καθοριστεί για τις μεγαλύτερες πόλεις. Για παράδειγμα, στο Queensland, η στρατηγική ανακύκλωσης του νερού είναι μια ολόκληρη κυβερνητική πρωτοβουλία με στόχο τη μεγιστοποίηση της παραγωγής ανακτημένου νερού κατά τρόπο αποτελεσματικό, οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμο, χωρίς δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία.

Μοναδικό όσον αφορά τις επικρατούσες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης νερού οι οποίες είναι ως επί το πλείστον για σκοπούς άρδευσης, είναι το παράδειγμα της **Ιαπωνίας**. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού εκεί έχει επικεντρωθεί σε αστικές εφαρμογές, όπως ανακτημένο νερό στις τουαλέτες κτιρίων και γραφείων, άρδευση περιαστικού πρασίνου, ακόμη και για το λιώσιμο του χιονιού καθώς και για τις ανάγκες σε θερμότητα και κλιματισμό χρησιμοποιώντας ως θερμικό μέσο ανακτημένο νερό.

Άξια μνείας είναι η προσπάθεια της Ναμίμπια, στην πρωτεύουσα της οποίας λειτουργεί από το 1968 εγκατάσταση ανάκτησης νερού από αστικά απόβλητα για άμεση πόση. Στο Windhoek της **Ναμίμπια**, λόγω των ακραίων συνθηκών ξηρασίας, εκτεταμένη έρευνα πραγματοποιήθηκε το 1968 σε άμεσες τεχνολογίες επαναχρησιμοποιημένου νερού κατάλληλου για πόση, καθώς επίσης πραγματοποιήθηκε και μια επιδημιολογική μελέτη για την αξιολόγηση των επιπτώσεων στην υγεία από την κατανάλωση του συγκεκριμένου ανακτημένου νερού. Τα υγρά απόβλητα, μετά από συνήθη βιολογική επεξεργασία υπόκεινται μια σειρά διεργασιών, ώστε να καταστούν κατάλληλα προς πόση. Στην συνέχεια αναμειγνύονται (σε ποσοστό περίπου 35%) με πόσιμα νερά άλλων



πηγών και εισάγονται στο δίκτυο υδροδότησης της πόλης (Haarhoff and van der Merwe 1996; Lahnsteinen and Gembert, 2005).

Στη **Σιγκαπούρη**, το 2000 άρχισε πειραματικά στο εργοστάσιο NEWater, η επεξεργασία εκροών του βιολογικού καθαρισμού, τα οποία μετά από μικροδιήθηση, αντίστροφη όσμωση και απολύμανση με ακτινοβολία UV οδεύουν στον ταμιευτήρα πόσιμου νερού της Σιγκαπούρης. Στόχος είναι το 2015, το 15% του πόσιμου νερού της χώρας να προέρχεται από ανακτημένο νερό (Gikas and Tchobanoglous, 2008).

Η **Ισπανία** παρουσιάζει μεγάλη ετερογένεια σε σχέση με την διαθεσιμότητα νερού. Οι περιοχές που βρίσκονται προς τις ακτές του Ατλαντικού Ωκεανού έχουν σχετικά επαρκεί υδατικά αποθέματα, ενώ οι Μεσογειακές ακτές καθώς και νησιωτικές περιοχές (Κανάρια νησιά και Βαlearίδες) είναι υδατικά ελλειμματικές. Επεξεργασμένο ανακυκλωμένο νερό χρησιμοποιείται σε πολλές περιοχές της Ισπανίας σε τέσσερις μορφές χρήσεων: πότισμα εγκαταστάσεων γκολφ, άρδευση καλλιεργειών, ενίσχυση του υδροφόρου ορίζοντα των παράκτιων περιοχών για την αποφυγή της εισδοχής θαλασσινού νερού σε αυτόν ή και την αύξηση της ροής των ποταμών, προκειμένου να προστατευτούν τα παραποτάμια οικοσυστήματα. Εθνικές προδιαγραφές δεν υπάρχουν, ωστόσο τρεις τοπικές κυβερνήσεις, η Ανδαλουσία, οι Βαlearίδες και η Καταλονία έχουν θεσπίσει προδιαγραφές.

Στη **Γαλλία**, εδώ κι ένα περίπου αιώνα, τα χρησιμοποιημένα νερά της ευρύτερης περιοχής του Παρισιού ανακυκλώνονται και χρησιμοποιούνται στην άρδευση των καλλιεργειών των γύρω περιοχών. Η διαδικασία αυτή ήταν η μοναδική διαχείριση των χρησιμοποιημένων υδάτων της περιοχής ως το 1940. Στο προσεχές μέλλον, η διαδικασία αυτή αναμένεται να διακοπεί. Ωστόσο, σε άλλες περιοχές της Γαλλίας, 3.000 εκτάρια αρδεύονται ήδη με ανακυκλωμένα νερά. Εθνικές προδιαγραφές σχετικά με την ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού υπάρχουν από το 1991 και συμπληρώθηκαν το 1996.



Η **Κύπρος** αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα νερού. Η εξοικονόμηση νερού μέσω της συλλογής και επαναχρησιμοποίησης νερού από βιολογικούς καθαρισμούς, αλλά και της επαναχρησιμοποίησης χρησιμοποιημένου νερού οικιακής χρήσης είναι μέρος της πολιτικής για την εξασφάλιση του πολύτιμου αυτού αγαθού. Πρόσφατα, ξεκίνησε ένα πρόγραμμα ενθάρρυνσης της συλλογής νερού, κυρίως, από το νιπτήρα, το ντους και το νεροχύτη για την αξιοποίησή του στην τουαλέτα (αντί για πόσιμο νερό που χρησιμοποιείται σήμερα στα καζανάκια). Η δημιουργία σχετικών υποδομών επιδοτείται με το ποσό των 400 κυπριακών λιρών.

Στην **Ιταλία** σήμερα αρδεύονται με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα 4.000 εκτάρια, ενώ απροσδιόριστες είναι οι εκτάσεις στη Νότιο Ιταλία, που αρδεύονται με μη επεξεργασμένα ανακυκλωμένα νερά. Η επεξεργασία βασίζεται στις γενικές προδιαγραφές, που προβλέπει η ιταλική νομοθεσία για την ποιότητα των υδάτων.

Στο **Βέλγιο** υφίσταται επεξεργασία και ανακυκλώνεται το 38% των χρησιμοποιημένων νερών, για να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές δραστηριότητες. Στο άμεσο μέλλον αναμένεται το ποσοστό επεξεργασίας των χρησιμοποιημένων υδάτων να ανέλθει στο 60%. Η κυβέρνηση επεξεργάζεται εθνικές προδιαγραφές.

Στην **Πορτογαλία**, ετήσια ποσότητα χρησιμοποιημένων νερών, που υφίστανται επεξεργασία ανέρχεται σε 580 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Αντιστοιχεί στο 10% των αναγκών σε νερό για άρδευση μια χρονιά με πολύ μικρή ποσότητα βροχοπτώσεων.

Στην **Ολλανδία**, η ανακύκλωση του χρησιμοποιημένου νερού είναι περιορισμένη. Το ανακυκλωμένο νερό χρησιμοποιείται συνήθως, είτε από την Πυροσβεστική Υπηρεσία είτε διοχετεύεται στο έδαφος για την αποτροπή εισόδου θαλασσινού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα.

Στο **Ηνωμένο Βασίλειο**, η επεξεργασία και ανακύκλωση των χρησιμοποιημένων νερών είναι επίσης περιορισμένη. Το ανακυκλωμένο νερό χρησιμοποιείται, κυρίως, για τη διατήρηση της στάθμης των ποταμών και την προστασία των οικοσυστημάτων τους. Επίσης, χρησιμοποιείται για το πότισμα γηπέδων γκολφ και πάρκων.



Στην **Αυστρία**, η ανακύκλωση των χρησιμοποιημένων νερών, λόγω της αφθονίας νερού υψηλής ποιότητας, περιορίζεται σε ορισμένους εξαιρετικά υδροβόρους τομείς της βιομηχανίας (π.χ. καρτοβιομηχανίες, βιομηχανίες ζάχαρης), στους οποίους η νομοθεσία απαγορεύει την απεριόριστη κατανάλωση πόσιμου νερού.

Τέλος, στην **Γερμανία**, η ανακύκλωση χρησιμοποιημένων νερών γίνεται, μόνο, όπου προκύπτουν λόγοι προστασίας του περιβάλλοντος

(<http://www.watersave.gr/site/content/view/16/31/>).

Μερικές από τις σημαντικές δραστηριότητες σε παγκόσμιο επίπεδο στην επαναχρησιμοποίηση των υδάτων που έχουν συμβεί από το 1960 συνοψίζονται παρακάτω:

Πίνακας 3. Σημαντικές δραστηριότητες στην επαναχρησιμοποίηση νερού παγκοσμίως από το 1960

Period	Location	Event
1962	La Soukra, Tunisia	Irrigation with reclaimed water for citrus plants and groundwater recharge to reduce saltwater intrusion into coastal groundwater.
1965	Israel	Use of secondary effluent for crop irrigation.
1969	Wagga Wagga, Australia	Landscape irrigation of sporting fields, lawns, and cemeteries.
1968	Windhoek, Namibia	Research on direct potable reuse and subsequent implementation.
1977	Tel-Aviv, Israel	Dan Region Project—Groundwater recharge via basins. Pumped groundwater is transferred via a 100-km-long conveyance system to southern Israel for unrestricted crop irrigation.
1984	Tokyo, Japan	Toilet flushing water for commercial buildings in the Shinjuku District using reclaimed water from the Ochiai Wastewater Treatment Plant operated by the Tokyo Metropolitan Sewerage Bureau.
1988	Brighton, UK	Inauguration of the Specialist Group on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse at the 14th Biennial Conference of the International Association on Water Pollution Research and Control (currently, the International Water Association, headquartered in London, UK).
1989	Girona, Spain	Golf course irrigation using reclaimed water from the Consorci de la Costa Brava wastewater treatment facility.
1999	Adelaide, South Australia	The Virginia Pipeline Project, the largest water reclamation project in Australia—irrigating vegetable crops using reclaimed water from the Bolivar Wastewater Treatment Plant (120,000 m <sup>3</sup> /d).
2002	Singapore	NEWater-reclaimed water that has undergone significant purification using microfiltration, reverse osmosis, and ultraviolet disinfection. NEWater is used as a raw water source to supplement Singapore's water supply.



## **1.2 Επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ελλάδα**

Η επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ελλάδα δεν έχει τύχει ευρείας εφαρμογής. Αυτό οφείλεται σε μια σωρεία παραγόντων, όπως είναι

- η έλλειψη σαφούς νομοθετικού πλαισίου (σαφές πλαίσιο θεσπίστηκε τον Οκτώβριο του 2008 μόνο για την επαναχρησιμοποίηση νερού για άρδευση αστικού πρασίνου, ενώ από τον Μάρτιο του 2011 θεσπίστηκε νέο πλαίσιο για διάφορους τύπους επαναχρησιμοποίησης νερού)
- η κατά τεκμήριο αδράνεια των αρμοδίων αρχών και των κατά τόπους εταιριών ύδρευσης αποχέτευσης
- η επιδότηση της μεταφοράς του νερού σε υδατικά ελλειμματικά νησιά
- η ελλιπής ενημέρωση του κοινού αλλά και των περιβαλλοντικών οργανώσεων για την ποιότητα του ανακτημένου νερού, σε σχέση με την διαφύλαξη της δημόσιας υγείας.

(Γκίκας, 2011)

Η Ελλάδα παρουσιάζει σοβαρό έλλειμμα νερού, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω της χαμηλής βροχόπτωσης και της αυξημένης ζήτησης για άρδευση και χρήση νερού. Η ζήτηση νερού στην Ελλάδα έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία πενήντα χρόνια. Συχνά παρατηρείται σημαντική μείωση των αποθεμάτων νερού εξαιτίας των καιρικών και περιφερειακών διακυμάνσεων της βροχόπτωσης, της αυξημένης ζήτησης το καλοκαίρι και της δυσκολίας στη μεταφορά νερού μέσω των βουνών. Ως αποτέλεσμα, η ενσωμάτωση της επαναχρησιμοποίησης νερού στη διαχείριση των υδάτινων αποθεμάτων αναδεικνύεται σε πολύ καιρικό ζήτημα (ΕΡΑ, 2004).

Μια ανάλυση της κατανομής των επεξεργασμένων οικιακών αποβλήτων έχει δείξει πως περισσότερο από 83% της εκροής αποβλήτων παράγεται σε περιοχές με έλλειμμα νερού. Αυτό αποδεικνύει πως η επαναχρησιμοποίηση νερού σε αυτές τις περιοχές θα μπορούσε να καλύψει ένα σημαντικό ποσοστό της



ζήτησης σε νερό. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που ωθεί στην επαναχρησιμοποίηση του ανακτημένου νερού αποτελεί το γεγονός ότι το 88% της εκροής των αποβλήτων εντοπίζονται σε απόσταση μικρότερη των 5km από μια γεωργική έκταση που έχει ανάγκη από νερό άρδευσης. Οπότε, το επιπλέον κόστος της άρδευσης με ανακτημένο νερό, υπολογίζεται να είναι σχετικά χαμηλό.

Σήμερα υπάρχει περιορισμένος αριθμός εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης νερού στην Ελλάδα. Παρόλ' αυτά περισσότερες από 15 εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων προγραμματίζουν να επαναχρησιμοποιήσουν τις εκροές τους στην άρδευση. Τα σημαντικότερα έργα επαναχρησιμοποίησης νερού που σχεδιάζονται ή βρίσκονται στο στάδιο της υλοποίησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Ωστόσο, σε ορισμένες περιοχές εντοπίζεται η μη προγραμματισμένη επαναχρησιμοποίηση, όπου τα υγρά απόβλητα διοχετεύονται σε ποτάμια, καταλήγουν σε υπόγειους υδροφορείς και έπειτα από διήθηση αντλούνται μέσω πηγαδιών από τους αγρότες (ΕΡΑ, 2004).

**Πίνακας 4. Ενδεικτικά έργα επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα (Πηγή:ΕΡΑ)**

ΕΕΛ	ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ (m <sup>3</sup> /d)	ΧΡΗΣΕΙΣ
<b>Λειβαδιά, Βοιωτία</b>	3500	Άρδευση Βαμβακιού
<b>Άμφισσα, Φωκίδα</b>	400	Άρδευση Ελαιόδεντρων
<b>Παλαιόκαστρο, Αρκαδία</b>	280	Αποθήκευση, Άρεδυση ελαιοδέντρων
<b>Χαλκίδα, Εύβοια</b>	13000	Άρδευση τοπίου και δασικών εκτάσεων
<b>Κάρυστος, Εύβοια</b>	1450	Άρδευση τοπίου και δασικών εκτάσεων
<b>Ιερισσός, Χαλκιδική</b>	1200	Άρδευση τοπίου και δασικών εκτάσεων



Πιο κάτω γίνεται περιληπτική αναφορά στις σημαντικότερες περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης νερού στην Ελλάδα.

Η εγκατάσταση επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων της πόλης της **Χαλκίδας** έχει κατασκευαστεί στη Νήσο Πασάς, στο Νότιο Ευβοϊκό κόλπο. Αρχικά, το ανακτημένο νερό επαναχρησιμοποιήθηκε επί της νήσου για την άρδευση χώρων πρασίνου. Σε δεύτερη φάση, μέρος του ανακτημένου νερού αντλείται προς τις παρακείμενες ακτές (μέσω υποθαλάσσιου αγωγού) για την άρδευση δενδροφυτειών, καθώς και για βιομηχανικές χρήσεις.



**Εικόνα 2. Άποψη της Νήσου Πασάς από πανοραμική φωτογραφία της γέφυρας της Χαλκίδας. (Γκίκας,2011)**

Στην **Κω** υπάρχει έντονο πρόβλημα λειψυδρίας, και είχε εδώ και καιρό επισημανθεί η ανάγκη χρήσης των επεξεργασμένων εκροών της εγκατάστασης επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων της πόλεως. Αρχικά οι δευτεροβάθμιες εκροές, μετά από απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου χρησιμοποιήθηκαν για την άρδευση δασικών εκτάσεων. Από το 2006, οι εκροές της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της Κω υπόκεινται σε τριτοβάθμια επεξεργασία και στην συνέχεια χρησιμοποιούνται για την άρδευση αστικού πρασίνου.



Στην **Θεσσαλονίκη** χρησιμοποιείται από το 2006 ανακτημένο νερό από την εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της **Σίνδου**, για την άρδευση περίπου 25.000 στρεμμάτων καλλιεργειών ρυζιού, αραβοσίτου, βάμβακος και μηδικής. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, γίνεται ανάμιξη του ανακτημένου νερού με νερό από τον ποταμό Αξιό. Παράλληλα, εξετάζεται πειραματικά η περίπτωση εμπλουτισμού του υδροφόρου ορίζοντα στην Σίνδο, με ανακτημένο νερό, αφού προηγουμένως υποστεί επεξεργασία διήθησης με μεμβράνες.

Στην **Ψυττάλεια** επεξεργάζονται σε καθημερινή βάση 800.000 m<sup>3</sup> υγρών αποβλήτων. Μικρό ποσοστό από αυτά διυλίζεται σε αυτοκαθαριζόμενα αμμοδιυλιστήρια ανοδικής ροής και χρησιμοποιείται για την ψύξη του αέρα που τροφοδοτεί τις δεξαμενές αερισμού. Περίπου 300-400 m<sup>3</sup>/h υπόκεινται σε επιπλέον επεξεργασία απολύμανσης με εφαρμογή ακτινοβολίας με UV, και χρησιμοποιούνται για την άρδευση χώρων πρασίνου και για καθαριότητα στους χώρους της εγκατάστασης.



Εικόνα 3. Άρδευση καλλωπιστικών δενδρυλλίων με ανακτημένο νερό στην Ψυττάλεια. (Γκίκας 2011)



## 2. Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης

### 2.1. Εισαγωγή

Η αξιοποίηση των υγρών αποβλήτων μπορεί να διακριθεί σε δύο βασικούς τύπους: την επαναχρησιμοποίηση για μη πόσιμους σκοπούς και την επαναχρησιμοποίηση για εμπλουτισμό του δικτύου ύδρευσης πόλεως. Ο κάθε τύπος μπορεί να αναλυθεί σε επιμέρους υποπεριπτώσεις όπως (Ανδρεαδάκης, 2007):

Μη πόσιμη επαναχρησιμοποίηση:

- Αγροτική
- Αστική-Δημοτική
- Βιομηχανική
- Φόρτιση υδροφορέων (που δεν χρησιμοποιούνται για ύδρευση)

Πόσιμη επαναχρησιμοποίηση:

- Έμμεση πόση
- Άμεση πόση

### 2.2. Μη πόσιμη επαναχρησιμοποίηση

#### 2.2.1. Αγροτικές εφαρμογές

Σε παγκόσμιο επίπεδο, το ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται για γεωργικές εφαρμογές υπερβαίνει το 70% της συνολικής κατανάλωσης νερού. Στην Ελλάδα το ποσοστό αυτό ανέρχεται περίπου στο 86%. Σε περίπτωση που οι υδατικοί πόροι μιας περιοχής δεν επαρκούν για τις αγροτικές εφαρμογές, είναι δυνατό να εμπλουτιστούν με κατάλληλα επεξεργασμένα απόβλητα. Αυτό, εκτός από την προφανή εξοικονόμηση υδατικών πόρων, σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις και στην αγροτική παραγωγή.



### 2.2.2. Αστικές-δημοτικές εφαρμογές

Τα συστήματα αστικής επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων παρέχουν ανακτημένο νερό για οποιαδήποτε χρήση εκτός της πόσης σε αστικές περιοχές. Αν και οι ποσότητες ανακτημένων υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται σήμερα για αστική χρήση παγκοσμίως είναι πολύ περιορισμένες και προβλέπεται ότι θα παραμείνουν σε χαμηλά επίπεδα και στο προσεχές μέλλον, οι τεχνολογικές επιτεύξεις στον τομέα αυτό έχουν μεγάλο επιστημονικό και κοινωνικό ενδιαφέρον. Υπάρχουν μερικές μικρές κοινότητες που λόγω της δυσκολίας ανάπτυξης άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων αναπτύσσουν και υλοποιούν μελέτες για τέτοια συστήματα. Μερικές από τις αστικές χρήσεις είναι το πότισμα δημόσιων πάρκων και κέντρων αναψυχής, αθλητικών γηπέδων, σχολικών αυλών, γηπέδων παιχνιδιού, νησίδων και κρασπέδων αυτοκινητοδρόμων, νεκροταφείων, κήπων που περιβάλλουν δημόσια κτίρια και εγκαταστάσεις, κήπων μονοκατοικιών και πολυκατοικιών, γενικό πλύσιμο και άλλες εργασίες συντήρησης, εμπορικές χρήσεις, όπως οι εγκαταστάσεις πλυσίματος οχημάτων, το πλύσιμο παραθύρων, το νερό ανάμιξης για εντομοκτόνα και υγρά λιπάσματα, πυροπροστασία κλπ.

Κατά τον σχεδιασμό των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης ανακτημένων υγρών αποβλήτων για αστική χρήση, οι σημαντικότεροι παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι η αξιοπιστία εξυπηρέτησης και η προστασία της δημόσιας υγείας (Ανδρεαδάκης, 2007).



### 2.2.3. Βιομηχανικές εφαρμογές

Προβλέπεται πως η βιομηχανία θα αποτελέσει μελλοντικά σημαντικό χρήστη των ανακτημένων αστικών λυμάτων. Τα αστικά λύματα είναι κατάλληλα για πολλές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν νερό το οποίο δεν χρειάζεται να έχει την ποιότητα του πόσιμου. Οι κύριες βιομηχανικές χρήσεις των αστικών λυμάτων είναι (Ανδρεαδάκης, 2007):

- Το νερό ψύξης
- Το νερό τροφοδοσίας λεβήτων
- Το νερό κατεργασίας ή βιομηχανικό νερό.

Είναι σημαντικό όμως να πούμε ότι οι διεργασίες ανάκτησης νερού στην βιομηχανία μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από αυτές που χρησιμοποιούνται για ανάκτηση νερού από αστικά υγρά απόβλητα.

### 2.2.4. Εμπλουτισμός υδροφορέων και ανάσχεση υφαλμύρισης

Ο τεχνητός εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων με επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα μπορεί να έχει ως στόχο τη δημιουργία υδραυλικού φράγματος που θα παρεμποδίζει:

- τη διείσδυση και ανάμιξη του θαλάσσιου νερού με το γλυκό νερό παράκτιων υδροφορέων
- την αποθήκευση επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων για μελλοντική χρήση ή για εξισορρόπηση των διακυμάνσεων της ζήτησης π.χ. για άρδευση που είναι συνήθως εποχιακή
- την ανύψωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, που μπορεί να φθίνει λόγω υπερεκμετάλλευσης του και επειδή η φυσική ανανέωση συμβαίνει με πολύ αργό ρυθμό
- τον έλεγχο πιθανών καθιζήσεων του εδάφους
- την περαιτέρω επεξεργασία των αστικών αποβλήτων ώστε να είναι δυνατή η μελλοντική χρησιμοποίησή τους.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της αποθήκευσης των αποβλήτων σε υπόγειους υδροφορείς είναι το μικρότερο κόστος σε σχέση με το



κόστος επιφανειακών ταμιευτήρων, ενώ αποφεύγονται διάφορες δυσάρεστες συνέπειες των επιφανειακών εγκαταστάσεων, όπως η εξάτμιση, η ρύπανση, ο ευτροφισμός, οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού με τη δημιουργία δυσάρεστων οσμών και γεύσεων και την παραγωγή τοξικών ουσιών.

Μειονεκτήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σχετίζονται με:

- το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας των απαιτούμενων γεωτρήσεων και της προχωρημένης επεξεργασίας, που συχνά μπορεί να είναι απαγορευτικό
- την πιθανή αύξηση του κινδύνου ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα, η μετέπειτα εξυγίανση του οποίου είναι μια δύσκολη, δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία
- τη συχνή δυσκολία διασφάλισης της μη χρήσης του υδροφορέα για σκοπούς ύδρευσης
- την ανεπάρκεια θεσμικών ρυθμίσεων και νόμων, που αφορούν τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με αστικά υγρά απόβλητα (Ανδρεαδάκης, 2007) .

### **2.3. Πόσιμη επαναχρησιμοποίηση**

Η εφαρμογή των έργων επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για άμεση ή έμμεση (μέσω εμπλουτισμού υδροφορέων) ύδρευση είναι πολύ περιορισμένη και συμβαίνει μόνο σε κάποιες κοινότητες, όπου δεν είναι δυνατή ή είναι ιδιαίτερα δύσκολη η αξιοποίηση άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων. Γενικά υπήρξε και εξακολουθεί να υπάρχει ακόμα και σήμερα σοβαρός προβληματισμός ως προς την άμεση ή έμμεση επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για πόση. Ο κύριος προβληματισμός στα έργα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για υδρευτικούς σκοπούς αφορά πιθανές χρόνιες επιδράσεις στην υγεία από πιθανή αντίδραση και ανάμειξη ανόργανων και οργανικών συστατικών που παραμένουν στην ανακτώμενη εκροή, ακόμα και υπό συνθήκες πολύ προχωρημένης επεξεργασίας. Είναι ευρύτατα παραδεκτό ότι τα συνήθη ποιοτικά κριτήρια του πόσιμου νερού επαρκούν μόνο στην περίπτωση που η



υδροληψία γίνεται από πηγές που δεν έχουν ακόμα υποστεί ρύπανση και όχι από ανακτημένα λύματα. Στην περίπτωση των λυμάτων, οι απαιτήσεις είναι μεγαλύτερες και όχι καλά προσδιορισμένες. Έχει εκτιμηθεί ότι μόνο το 10% κατά βάρος των οργανικών ενώσεων του πόσιμου νερού έχουν αναγνωρισθεί, ενώ για λίγες από αυτές έχουν εξακριβωθεί οι επιδράσεις τους στην υγεία. Οι έρευνες σχετικές με τις επιδράσεις στην υγεία κατά την επαναχρησιμοποίηση για πόση είναι εφαρμόσιμες μόνο για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς το μείγμα των ρύπων διαφέρει από πόλη σε πόλη. Ακόμα και για την ίδια πόλη είναι πιθανό τα επικίνδυνα συστατικά των λυμάτων να αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Αυτός ο περιορισμός επιδρά αρνητικά στην προσπάθεια ανάπτυξης πλήρων και συνολικών ποιοτικών κριτηρίων για επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για πόση (Ανδρεαδάκης, 2007).

Αυτή τη στιγμή είμαστε ακόμα σε αρκετά πρώιμο στάδιο ούτως ώστε να μιλήσουμε για πόσιμη επαναχρησιμοποίηση του νερού στην Ελλάδα. Μελλοντικά, αφού αποκτηθεί επαρκής εμπειρία από την επαναχρησιμοποίηση νερού για άλλες εφαρμογές θα είμαστε σε θέση να το διερευνήσουμε καλύτερα.

Η πόσιμη επαναχρησιμοποίηση νερού διακρίνεται σε άμεση και έμμεση. Κατά την πρώτη, το ανακτημένο νερό τροφοδοτείται απ' ευθείας στο δίκτυο ύδρευσης της περιοχής, ενώ στη δεύτερη, το ανακτημένο νερό χρησιμοποιείται για τον εμπλουτισμό των αποθεμάτων πόσιμου νερού μιας περιοχής.



### 3. Θεσμικό πλαίσιο

#### 3.1. Εισαγωγή

Το νερό είναι το πιο σφαιρικά νομοθετημένο αντικείμενο στον τομέα της νομοθεσίας του περιβάλλοντος. Η ανάπτυξη της ευρωπαϊκής πολιτικής για το νερό άρχισε στη δεκαετία του '70 με το "Πρώτο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον" το 1973. Το ακολούθησε το πρώτο νομοθετικό πακέτο το 1975 με την Οδηγία για το Επιφανειακό Νερό και ολοκληρώθηκε το 1980 με την Οδηγία για το Πόσιμο νερό. Το πρώτο αυτό νομοθετικό πακέτο περιελάμβανε νομοθεσία για νερό ανάπτυξης ψαριών (1978), για νερό ανάπτυξης οστρακοειδών (1979), νερά κολύμβησης (1976) και υπόγεια νερά (1980).

Στο πεδίο των ορίων εκπομπής δημοσιεύεται η Οδηγία για τις Επικίνδυνες Ουσίες (1976) και στη συνέχεια οι Θυγατρικές Οδηγίες για συγκεκριμένες ενώσεις. Ένα δεύτερο πακέτο νομοθεσίας που ακολούθησε αναθεώρησε τις αρχικές Οδηγίες, συμπλήρωσε κενά και βελτίωσε συγκεκριμένα σημεία. Η φάση αυτή περιελάμβανε την Οδηγία Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων (1991) και την Οδηγία για τα Νιτρικά (1991). Αργότερα, γίνονται προτάσεις αναθεώρησης της Οδηγίας για το Πόσιμο Νερό (1994) και για την Οδηγία των Νερών Κολύμβησης (1995) και δρομολογούνται οι σχετικές διαδικασίες. Αναπτύσσεται το Πρόγραμμα Δράσης για τα Υπόγεια Νερά και το 1994 δημοσιοποιείται η πρόταση για Οδηγία για την Οικολογική Ποιότητα του Νερού. Το 1996 ψηφίζεται η Οδηγία IPPC που αφορά τη ρύπανση του νερού από μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Την περίοδο αυτή και μετά από εκτενείς συζητήσεις σε επίπεδο Κρατών Μελών και Κοινότητας, είχε γίνει σαφές ότι η αποτελεσματική προστασία του νερού απαιτούσε νομοθεσία τόσο για τις τιμές των ορίων εκπομπής, καθώς και νομοθεσία για τα πρότυπα ποιότητας του νερού, δηλαδή μία συνδυασμένη προσέγγιση.



Η συνδυασμένη προσέγγιση είναι σύμφωνη και με τις αρχές που υιοθετήθηκαν στη Συνθήκη. Δηλαδή:

- ✓ την αρχή της πρόληψης
- ✓ την αρχή ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις πρέπει κατά προτεραιότητα να διορθώνονται στην πηγή
- ✓ την αρχή πως πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές συνθήκες της κάθε περιοχής.

Η θέσπιση σαφούς νομικού πλαισίου που να διέπει την επαναχρησιμοποίηση νερού είναι η βασικότερη παράμετρος για το πέρασμα από την ανεξέλεγκτη επαναχρησιμοποίηση ή την μη επαναχρησιμοποίηση στην σχεδιασμένη επαναχρησιμοποίηση νερού. Στόχος κάθε κανονισμού θα πρέπει να είναι η διασφάλιση της δημόσια υγείας και να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη η προστασία του περιβάλλοντος και της ποιότητας των υδατικών πόρων της περιοχής.

## **3.2.Ευρωπαϊκές Οδηγίες**

### **3.2.1. Οδηγία πλαίσιο για το νερό (2000/60/ΕΚ)**

Το 1995 τα Ευρωπαϊκά Όργανα συμφώνησαν ότι χρειαζόταν πλέον μια θεμελιακή αναθεώρηση της Κοινοτικής Πολιτικής για το νερό. Η Επιτροπή, που εξέταζε την ανάγκη μιας σφαιρική προσέγγισης αναφορικά με την Πολιτική Νερού, αποδέχθηκε σχετικές αιτήσεις από την επιτροπή περιβάλλοντος του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και το Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος. Μετά από εκτενείς συζητήσεις με τα ενδιαφερόμενα μέρη, όπως τοπική και περιφερειακή διοίκηση, χρήστες νερού, εταιρίες ύδρευσης, βιομηχανία, καταναλωτές, οικολόγους και μη κυβερνητικούς οργανισμούς, η Επιτροπή υιοθέτησε τον Φεβρουάριο του 1997 την Πρόταση για Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό.

Ο σκοπός της Οδηγίας αυτής είναι η επίτευξη βασικών στόχων βιωσιμότητας του νερού, όπως:



- ❖ Επάρκεια Πόσιμου Νερού
- ❖ Επάρκεια Για Άλλες Οικονομικές Δραστηριότητες
- ❖ Προστασία Περιβάλλοντος
- ❖ Αντιμετώπιση Δυσμενών Επιπτώσεων Από Πλημμύρες Και Ξηρασίες.

Για το σκοπό αυτό καθιερώθηκε η διαχείριση υδρολογικών λεκανών βασισμένη στα χαρακτηριστικά της κάθε λεκάνης, η παρακολούθηση της κατάστασης των υπόγειων και επιφανειακών νερών, ο ορισμός των στόχων ποιότητας και καθιέρωση μέτρων για την επίτευξη των στόχων. Ωστόσο, η διοικητική δομή για την υλοποίηση της διαχείρισης των υδρολογικών λεκανών επαφίεται στα Κράτη Μέλη.

Το πρόγραμμα των μέτρων θα πρέπει να ακολουθεί την παραπάνω συνδυασμένη προσέγγιση, θέτοντας όρια εκπομπής ρύπων και πρότυπα ποιότητας νερού. Στα πλαίσια αυτά, είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν πλήρως τα όρια που τίθενται από τις Οδηγίες για:

- Την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων
- IPPC
- Νιτρικών
- προϊόντα προστασίας φυτών
- επικίνδυνων ουσιών και άλλων συναφών Οδηγιών.

Επιπλέον, τα Κράτη Μέλη θα πρέπει να μεριμνήσουν, ώστε το κόστος των υπηρεσιών χρήσης νερού να καλύπτεται πλήρως από τους χρήστες (κόστος τροφοδοσίας, επεξεργασίας του νερού και κόστος καθαρισμού αποβλήτων), ενώ το πρόγραμμα των μέτρων θα πρέπει να βασίζεται σε όλη τη σχετική νομοθεσία, Κοινοτική ή Εθνική, και να είναι νομικά υποχρεωτικό.

Η εφαρμογή των παραπάνω συνεπάγεται για τα Κράτη Μέλη πως θα πρέπει να :



- είναι η νομοθεσία τους προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις της Οδηγίας Πλαίσιο για το Νερό, καθώς πρόκειται να αποτελέσει το μελλοντικό νομοθετικό πλαίσιο για τη πολιτική νερού της Ε.Ε. και πιθανότατα θα τεθεί σε εφαρμογή αμέσως μετά την αποδοχή του. Επιπλέον, θα απορροφήσει και θα συμπεριλάβει παλαιότερη νομοθεσία, όπως οι Οδηγίες για το Επιφανειακό Νερό, η Οδηγία για τα Νερά ανάπτυξης Ψαριών και Οστράκων, καθώς και η Οδηγία για τα υπόγεια νερά.
- οριοθετηθούν οι υδρολογικές λεκάνες και να ιδρυθούν οι αρμόδιες αρχές προκειμένου να επιτηρείται η ποσότητα και ποιότητα του νερού.
- προσδιοριστούν υπόγεια και επιφανειακά νερά που προορίζονται για πηγές πόσιμου νερού.
- εκτιμηθούν οι ανθρωπογενείς επιπτώσεις στα επιφανειακά και υπόγεια νερά για κάθε υδρολογική λεκάνη λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις ρύπανσης από σημειακές πηγές, από διάσπαρτες πηγές, άντληση νερού και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες με επίπτωση στην κατάσταση του νερού.
- αναπτυχθούν διαχειριστικά σχέδια των υδρολογικών λεκανών βασισμένα στις ανάγκες για νερό, τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, στους υδάτινους όγκους και τους στόχους διαφύλαξης της ποιότητας και ποσότητας του νερού.
- πραγματοποιηθεί οικονομική ανάλυση για κάθε υδρολογική λεκάνη προκειμένου να προσδιοριστεί το πραγματικό κόστος για τις απαιτούμενες χρήσεις.
- οριστούν και εφαρμοστούν προγράμματα μέτρων με υποχρεωτική νομική ισχύ προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι. Τα προγράμματα αυτά θα πρέπει να περιλαμβάνουν βασικά μέτρα, όπως εφαρμογή της Κοινοτικής νομοθεσίας, χρέωση των πραγματικών τιμών νερού κλπ, καθώς και συμπληρωματικά μέτρα απαραίτητα για να επιτευχθεί η απαραίτητα καλή κατάσταση του υδάτινου συστήματος .



- εμπλακούν τα ενδιαφερόμενα μέρη, όπως άλλα σχετικά κυβερνητικά τμήματα, τοπική αυτοδιοίκηση, επιχειρήσεις ύδρευσης και αποχέτευσης, βιομηχανία και εμπόριο, γεωργία, καταναλωτές και οικολογικές ομάδες σε διάλογο για τα διαχειριστικά σχέδια των υδρολογικών λεκανών.

Με την ΑΠΟΦΑΣΗ, αριθ. 2455/2001/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 20ης Νοεμβρίου 2001, η Οδηγία 2000/60/ΕΚ τροποποιήθηκε και συμπληρώθηκε με τη θέσπιση του καταλόγου ουσιών προτεραιότητας στον τομέα του νερού. Με την Απόφαση αυτή ουσιαστικά ορίζεται ένας κατάλογος 33 ενώσεων ή ομάδων ενώσεων, που θεωρούνται ιδιαίτερα τοξικές για το περιβάλλον και ειδικότερα για τον άνθρωπο.

### 3.2.2. Οδηγία για τα αστικά απόβλητα

Η Οδηγία **91/271/ΕΕC** που αφορά την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων στοχεύει στην προστασία των επιφανειακών και παράκτιων νερών καθορίζοντας την συλλογή και επεξεργασία των αστικών αποβλήτων και τη διάθεση ορισμένων βιοδιασπάσιμων βιομηχανικών αποβλήτων (βασικά από την βιομηχανία τροφίμων και αγροτικών προϊόντων).

Σαν κανόνα, απαιτεί για όλα τα αστικά συγκροτήματα με πληθυσμό άνω των 2000 κατοίκων να διαθέτουν σύστημα συλλογής και δευτεροβάθμιας (βιολογικής) επεξεργασίας των αποβλήτων τους.

Περαιτέρω επεξεργασία απαιτείται, όταν ο αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων χαρακτηρίζεται ευαίσθητος (αναπτύσσονται ή υπάρχει κίνδυνος να αναπτυχθούν συνθήκες ευτροφισμού). Για ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να γίνει αποδεκτή μόνο πρωτοβάθμια επεξεργασία (μηχανικός καθαρισμός) με την προϋπόθεση πως θα αποδεικνύεται πως η ποιότητα των νερών του αποδέκτη δε θα επηρεάζεται αρνητικά. Η προθεσμία για την επίτευξη του στόχου εξαρτιόταν από το μέγεθος του αστικού συγκροτήματος και τα χαρακτηριστικά του αποδέκτη, από το 1998 έως το 2005. Από το 1998 απαγορεύεται οποιαδήποτε διάθεση ιλύος σε υδάτινο αποδέκτη.



Η εφαρμογή των παραπάνω συνεπάγεται ότι τα Κράτη Μέλη θα έπρεπε να:

- εκτιμήσουν ποιοι είναι ευαίσθητοι αποδέκτες χωρίς να επηρεάζονται από τις οικονομικές επιπτώσεις αυτής της επιλογής
- προσδιορίσουν τα αστικά συγκροτήματα που χρειάζονται σύστημα αποχέτευσης και/ή εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων ή βελτίωση της υπάρχουσας
- ορίσουν ένα σταδιακό πρόγραμμα υλοποίησης των αποχευτικών δικτύων και μονάδων επεξεργασίας
- αναπτύξουν σχέδιο επενδυτικής στρατηγικής, ώστε να ανταποκριθούν στο βάρος της δαπάνης για την κατασκευή των απαραίτητων έργων
- εκτιμήσουν το κόστος που αναλογεί στους χρήστες, ώστε να καταστρώσουν στρατηγική ανάκτησης της δαπάνης
- αναπτύξουν και υλοποιήσουν στρατηγικές για την διάθεση και/ή επαναχρησιμοποίηση της λάσπης από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, συμπεριλαμβανομένης και της κατάργησης της διάθεσης σε υδάτινους όγκους
- εκτιμήσουν την ανάγκη εκπαίδευσης του απαραίτητου προσωπικού στη λειτουργία και συντήρηση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας, καθώς και στελεχών στην διοίκηση και οικονομική διαχείριση των έργων αυτών.

### **3.2.3. Οδηγία για το πόσιμο νερό**

Η Οδηγία 98/83/ΕΚ αφορά την ποιότητα του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση και στοχεύει στην προστασία της ανθρώπινης υγείας καθορίζοντας αυστηρά πρότυπα ποιότητας. Τα Κράτη Μέλη πρέπει να επιτηρούν την ποιότητα του πόσιμου νερού και να παίρνουν τα απαραίτητα μέτρα για τη συμβατότητα του με τα υποχρεωτικά πρότυπα. Η Οδηγία καθορίζει παραμέτρους και όρια, συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων και μεθόδους αναφοράς για τις αναλύσεις.



Η Οδηγία αυτή αποτελεί αναθεώρηση της Οδηγίας 80/778/ΕΟΚ και θα έχει οριστική και πλήρη ισχύ το αργότερο 5 έτη μετά την ψήφιση της νέας Οδηγίας.

Η εφαρμογή των παραπάνω συνεπάγεται ότι τα Κράτη Μέλη πρέπει:

- ✚ να καθιερώσουν σύστημα δειγματοληψιών και αναλύσεων για το πόσιμο νερό, συμπεριλαμβανομένων του εμφιαλωμένου και του νερού των δικτύων ύδρευσης, καθώς και του νερού που χρησιμοποιείται στην παραγωγή τροφίμων. Ωστόσο, επαφίεται στη διακριτική ευχέρεια των Κρατών Μελών, αν αυτό θα οργανωθεί σε εθνικό, περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο
- ✚ να προσδιορίσουν τα συστήματα παροχής πόσιμου νερού, που δεν πληρούν τις προδιαγραφές και αναπτύξουν προγράμματα μέτρων για την αντιμετώπιση των προβλημάτων, όπως εύρεση και εξάλειψη της ρύπανσης, αλλαγή της πηγής ύδρευσης, επεξεργασία του νερού πριν τη διάθεση στο δίκτυο ύδρευσης
- ✚ να αναπτύξουν αναλυτικές επενδυτικές στρατηγικές προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις απαιτούμενες δαπάνες για την βελτίωση, αντικατάσταση ή κατασκευή νέων δικτύων και μονάδων επεξεργασίας
- ✚ να δώσουν ιδιαίτερο βάρος στην αντιμετώπιση του προβλήματος των νιτρικών, που προέρχονται από αγροτικές χρήσεις, και του μολύβδου, που προέρχεται από δίκτυα διανομής
- ✚ να εκτιμήσουν το κόστος για τους καταναλωτές και αναπτύξουν πολιτική ανάκτησης του κόστους
- ✚ να εκτιμήσουν την ανάγκη για εκπαίδευση προσωπικού συντήρησης και λειτουργίας δικτύων ύδρευσης και εγκαταστάσεων επεξεργασίας νερού, καθώς και στελεχών στην οικονομική διοίκηση και προγραμματισμό τέτοιων συστημάτων.



### 3.3. Διεθνείς κανονισμοί

Υπεύθυνος για την κατάρτιση οδηγιών σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση νερού ανακτημένου από υγρά απόβλητα είναι ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) . Το 1989, ο WHO ανακοίνωσε τέσσερις βασικές κατηγορίες μέτρων για την επαναχρησιμοποίηση νερού (WHO,1989).

Συγκεκριμένα:

- 1) Επεξεργασία των λυμάτων
- 2) Περιορισμός των τύπων των αρδευόμενων καλλιεργειών
- 3) Επιλογή μεθόδου άρδευσης
- 4) Έλεγχος της ανθρώπινης έκθεσης στους παθογόνους οργανισμούς των υγρών αποβλήτων, του εδάφους ή των αγροτικών προϊόντων.

Για την ικανοποίηση των πιο επάνω μέτρων ο WHO κατέληξε στα εξής συμπεράσματα:

- Η άρδευση με ακατέργαστα υγρά απόβλητα και χωρίς λήψη προληπτικών μέτρων εγκυμονεί υψηλό κίνδυνο μετάδοσης ασθενειών
- Η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων 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, τουλάχιστο 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)
- Αποτελεσματικό μέτρο είναι η επιλογή κατάλληλης μεθόδου εφαρμογής των υγρών αποβλήτων και συγκεκριμένα η εφαρμογή τους στο υπέδαφος



- Η πλήρης επεξεργασία των υγρών αποβλήτων αποτελεί το αποτελεσματικότερο εργαλείο για την πρόληψη μετάδοσης ασθενειών, χωρίς στην περίπτωση αυτή να είναι αναγκαίος ο περιορισμός των καλλιεργειών (απεριόριστη άρδευση)

Στον Πίνακα 5 εμφανίζονται τα προτεινόμενα μικροβιολογικά κριτήρια ποιότητας για χρησιμοποίηση νερού στην γεωργία, σύμφωνα με τον WHO.

Πίνακας 5. Προτεινόμενα μικροβιολογικά κριτήρια κατά τον WHO. (WHO,1989)

Είδος άρδευσης	Εκτιθέμενη ομάδα	Εντερικοί νηματοειδείς (α) (β)	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια FC/100mL (β)	Επεξεργασία που αναμένεται να επιτύχει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα
Άρδευση καλλιεργειών με προϊόντα που τρώγονται ωμά, άρδευση γηπέδων και δημοσίων πάρκων (γ)	Εργάτες Καταναλωτές Κοινό	<1	<1000	Σειρά λιμνών οξείδωσης που επιτυγχάνει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα, ή άλλη ισοδύναμη επεξεργασία
Άρδευση δημητριακών βιομηχανικών καλλιεργειών, ζωοτροφών, βοσκοτόπων και δένδρων (δ)	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, πάντως όχι μικρότερη από πρωτοβάθμια

(α) Τα είδη *Ascaris* και *Trichuris*

(β) Κατά την περίοδο της άρδευσης

(γ) Σε χλοοτάπητα όπου υπάρχει πρόσβαση κοινού π.χ. ξενοδοχεία, πρέπει να εφαρμόζεται το αυστηρότερο κριτήριο των 200 FC/100mL

(δ) Στην περίπτωση οπωροφόρων δένδρων, η άρδευση θα πρέπει να σταματά δύο εβδομάδες πριν από την συλλογή των φρούτων, ενώ δεν πρέπει να συλλέγονται φρούτα από το έδαφος. Επίσης δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται άρδευση με καταιονισμό



Οι οδηγίες και τα όρια που τίθενται από τον WHO έχουν τύχει ιδιαίτερης αμφισβήτησης από πολλές χώρες (κυρίως τις ανεπτυγμένες), αφού θεωρούνται αρκετά ελαστικά. Αρκετές από αυτές έχουν θεσπίσει δικά τους κριτήρια, τα οποία κατά κανόνα είναι αυστηρότερα από αυτά του WHO. Παρ' όλα αυτά, θα λέγαμε ότι τα κριτήρια του WHO αποτελούν μια βάση εκκίνησης για τις υπό ανάπτυξη χώρες, όπου πολλές φορές παρατηρείται το φαινόμενο της εντελώς ανεξέλεγκτης επαναχρησιμοποίησης λυμάτων.

Ωστόσο, πρόσφατα ο WHO θεσμοθέτησε νέα ποιοτικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης νερού, τα οποία έχουν ως κύριο γνώμονα το ποσοστό μείωσης των παθογόνων μικροοργανισμών στα υγρά απόβλητα ούτως ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος μολυσματικών ασθενειών στο κοινό ή σε αυτούς που έρχονται σε επαφή με το ανακτημένο νερό. (WHO, 2006). Ενδεικτικά ποιοτικά κριτήρια του WHO για γεωργική άρδευση, με γνώμονα την διασφάλιση της υγείας, δίνονται στον Πίνακα 5.

**Πίνακας 6. Πρόσφατα ποιοτικά κριτήρια του WHO με γνώμονα την διασφάλιση της υγείας, για γεωργική άρδευση με ανακτημένο νερό. (WHO,2006)**

Σενάριο έκθεσης	Δείκτης υγείας (DALY ανά άτομο ανά έτος)	Μείωση παθογόνων μικροοργανισμών (log)	Αριθμός ωών ελμίνθων (Ωά/L)
<b>Απεριόριστη άρδευση</b>	$\leq 10^6$ <sup>(α)</sup>		
<b>Μαρούλια</b>		6	$\leq 1$ <sup>(β)(γ)</sup>
<b>Κρεμμύδια</b>		7	$\leq 1$ <sup>(β)(γ)</sup>
<b>Περιορισμένη άρδευση</b>	$\leq 10^6$ <sup>(α)</sup>		
<b>Μηχανοποιημένη καλλιέργεια</b>		3	$\leq 1$ <sup>(β)(γ)</sup>
<b>Χειρονακτική καλλιέργεια</b>		4	$\leq 1$ <sup>(β)(γ)</sup>
<b>Σταλακτική άρδευση</b>	$\leq 10^6$ <sup>(α)</sup>		
<b>Ψηλά φυτά<sup>(δ)</sup></b>		2	Δεν υποδεικνύεται
<b>Χαμηλά φυτά<sup>(δ)</sup></b>		4	$\leq 1$ <sup>(β)</sup>

α Αναφέρεται στον ιό rotavirus.

β Εάν εκτίθενται παιδιά κάτω των 15 ετών η συγκέντρωση πρέπει να είναι  $\leq 0,1$  Ωά ελμίνθων/L.

γ Ισχύει για το 90% των δειγμάτων κάθε καλλιεργητικής περιόδου.

δ Απαγορεύεται η συλλογή καρπών από το έδαφος.



### 3.4. Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο

Μέχρι πρότινος στην Ελλάδα (10/08), το νομικό πλαίσιο που ίσχυε επέτρεπε την χρήση ανακτημένου νερού για άρδευση καλλιεργειών μόνο σε περιφραγμένους χώρους (άρθρο 8 της Υγειονομικής Διάταξης Ε1β/221/65, Υπουργείο Κοινωνικών Υπηρεσιών, 1965). Το 1983 εκδόθηκε η Εγκύκλιος του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας (Α5/250/εγ.64/21.12.1983), σύμφωνα με την οποία ετίθεντο οι όροι επαναχρησιμοποίησης του νερού για άρδευση κήπων των ξενοδοχείων. Στην τελευταία εγκύκλιο διατηρούνταν η απαίτηση περίφραξης των αρδευόμενων κήπων και απαγόρευσης εισόδου στο κοινό και απαγορεύονταν η άρδευση με την μέθοδο του καταιονισμού. Ποιοτικά κριτήρια για την αστική επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ελλάδα ουσιαστικά θεσπίστηκαν με την Κοινή Υπουργική Απόφαση Δ.ΥΓ2/Γ.Π.οικ. 133551 (ΦΕΚ Β' 2089, 2008). Έτσι, τέθηκαν αυστηρά ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση του νερού και καθορίστηκαν με σαφήνεια τα πλαίσια παρακολούθησης της ποιότητας του ανακτημένου νερού. Επίσης, άρθηκαν όλοι οι περιορισμοί σχετικά με τις μεθόδους άρδευσης και επιτράπηκε ρητά η άρδευση με καταιονισμό. Ακόμη, επιβλήθηκε η χρήση ειδικά σεσημασμένου δικτύου διανομής του ανακτημένου νερού, το οποίο πρέπει να έχει χρώμα ιώδες, καθώς και η χρήση προειδοποιητικών πινακίδων.

Με την ΚΥΑ 145116 (ΦΕΚ Β' 354, 2011) (δες Παράρτημα Ι), έγιναν τροποποιήσεις σχετικά με την ποιότητα ανακτημένου νερού για αστική άρδευση και καθορίστηκαν κριτήρια επαναχρησιμοποίησης για αγροτική άρδευση, για βιομηχανικές χρήσεις, για φόρτιση υδροφορέων και για τον εμπλουτισμό υδατικών συστημάτων. Επίσης, καθορίστηκε με σαφήνεια το θεσμικό πλαίσιο αδειοδότησης για διάφορους τύπους επαναχρησιμοποίησης νερού και αποσαφηνίστηκαν διαδικαστικά θέματα. Τέλος, διατηρήθηκε η επιταγή της σήμανσης του δικτύου ανακτημένου νερού και της χρήσης σωληνώσεων σε χρώμα ιώδες. Απαγορεύτηκε όμως η άρδευση με καταιονισμό, ανεξάρτητα από τη καθαρότητα του ανακτημένου νερού.



Όσον αφορά τις αγροτικές εφαρμογές, η τρέχουσα νομοθεσία διακρίνει δύο περιπτώσεις:

(α) την περιορισμένη αγροτική άρδευση (για γεωργικά προϊόντα που καταναλώνονται μετά από θερμική επεξεργασία, βιομηχανικές και κτηνοτροφικές καλλιέργειες) στην οποία υπάρχει περιορισμός πρόσβασης του κοινού (Πίνακας 1, Παράρτημα Ι)

(β) την απεριόριστη αγροτική άρδευση (για τα λοιπά αγροτικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων που καταναλώνονται ωμά) στην οποία δεν υπάρχει περιορισμός πρόσβασης του κοινού και επιτρέπεται η άρδευση με την μέθοδο του καταιονισμού (Πίνακας 2, Παράρτημα Ι)

Επιπλέον, για την αγροτική επαναχρησιμοποίηση τέθηκαν:

- ✓ όρια στην συγκέντρωση βαρέων μετάλλων και χημικών ουσιών προτεραιότητας, σε συνάρτηση με το μέγεθος των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (Πίνακες 3-4, Παράρτημα Ι).
- ✓ θεσπίστηκαν επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά του προς αγροτική άρδευση ανακτημένου νερού, σε σχέση με τον τύπο του εδάφους και την μέθοδο άρδευσης (Πίνακας 5, Παράρτημα Ι).

Το σημαντικότερο αγρονομικό κριτήριο είναι η διασύνδεση της διαπερατότητας (Sodium Absorbance Number - SAR) με την επιτρεπόμενη επιθυμητή αγωγιμότητα του νερού. Όσο μεγαλύτερη τιμή έχει ο SAR του εδάφους, τόσο μεγαλύτερη αγωγιμότητα μπορεί να έχει το αρδευτικό νερό.



Σχετικά με την χρησιμοποίηση νερού για αστικές και περιαστικές εφαρμογές καθορίστηκαν ποιοτικά κριτήρια παρόμοια με αυτά που ίσχυαν με την προηγούμενη νομοθεσία (ΦΕΚ Β', 2089, 2008) με κάποιες βασικές διαφορές όπως:

- (i) η αύξηση της επιτρεπόμενης συγκέντρωσης ολικών κολοβακτηριδίων (αφού η απαίτηση των 2 TC/100mL έγινε απαιτητή για το 80% και όχι για το 90% των δειγμάτων, χωρίς ωστόσο να αποσαφηνίζεται το χρονικό διάστημα στο οποίο υπολογίζονται τα ποσοστά των δειγμάτων),
- (ii) η σημαντική μείωση της επιτρεπόμενης συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών από 10 mg/L σε 2 mg/L,
- (iii) η θέσπιση κριτηρίου θολότητας
- (iv) η απαγόρευση της χρήσης της μεθόδου του κανονισμού για άρδευση.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι με την τελευταία νομοθεσία δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση νερού για έκπλυση τουαλετών και ουρητήρων, ή αυτοκινήτων, ανεξάρτητα από τον βαθμό επεξεργασίας του ανακτημένου νερού.

Ακόμη, η τρέχουσα νομοθεσία ρυθμίζει κάποιες περιπτώσεις βιομηχανικής επαναχρησιμοποίησης καθώς και την περίπτωση εμπλουτισμού υδροφορέων και επιφανειακών υδατικών συστημάτων.



## 4. Υδατική κατάσταση της Τριφυλίας

### 4.1. Εισαγωγή

Ο Δήμος Τριφυλίας βρίσκεται στο νοτιοδυτικό μέρος της Πελοποννήσου, στο νομό Μεσσηνίας, έχει έκταση περίπου 612 km<sup>2</sup> και ο πληθυσμός του είναι 33.581 κάτοικοι (απογραφή 2001). Δύο από τις μεγαλύτερες πόλεις του Δήμου, για τις οποίες και θα εξετάσουμε την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης νερού από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων τους (ΕΕΛ), μιας και είναι οι μόνες που διαθέτουν τέτοιες εγκαταστάσεις στο Δήμο, είναι η Κυπαρισσία και τα Φιλιατρά.

Η Κυπαρισσία έχει έκταση περίπου 105 km<sup>2</sup> και μόνιμο πληθυσμό περίπου 5.708 κατοίκους (απογραφή 2001). Είναι κωμόπολη του νομού Μεσσηνίας, με άριστη ρυμοτομία και όλες τις ανέσεις μιας σύγχρονης πόλης. Είναι αγροτικό και εμπορικό κέντρο. Η πόλη είναι χωρισμένη στην παλαιά Άνω Πόλη - η οποία έχει κηρυχθεί παραδοσιακός διατηρητέος οικισμός - και στη Νέα (ή Κάτω) Πόλη, μία πρόσφατα χτισμένη περιοχή που φθάνει μέχρι την ακτή. Στην Άνω Πόλη υπάρχουν πολλά διάσπαρτα ιστορικά μνημεία που μαρτυρούν την ιστορία της. Η Κάτω Πόλη είναι μία σύγχρονη πόλη με ελάχιστα παραδοσιακά στοιχεία. Αξιόλογοι οικισμοί υπάρχουν επίσης περιφερειακά της πόλης. Οι κάτοικοι της Κυπαρισσίας παραδοσιακά ασχολούνταν με την γεωργία, κυρίως με την καλλιέργεια ελαιόδεντρων και σε αρκετά μεγάλο βαθμό με τον τουρισμό και ελάχιστα με την βιοτεχνία και η κτηνοτροφία. Η Κυπαρισσία είναι πρωτεύουσα του Δήμου Τριφυλίας και έδρα του ομώνυμου Δήμου. Στην τελευταία απογραφή του 2001 η Κυπαρισσία κατατάχθηκε 5η πληθυσμιακά πόλη της Μεσσηνίας. Απέχει 255 χλμ. ΝΔ από την Αθήνα, 63 χιλιόμετρα Ν. από τον Πύργο Ηλείας, 100 χλμ. ΝΔ από την Τρίπολη, 67 χλμ ΒΔ. από την Καλαμάτα και 74 χλμ. Β. από την Μεθώνη. Ο τουρισμός στην περιοχή βρίσκεται σε στάδιο αρκετά έντονης ανάπτυξης του και χαρακτηρίζεται από την παρουσία λίγων μικρών ξενοδοχειακών μονάδων και ενοικιαζόμενων δωματίων/διαμερισμάτων. Το δυναμικό της τουριστικής ανάπτυξης της περιοχής είναι σημαντικό



μεσομακροπρόθεσμα και σχετίζεται με το όμορφο τοπίο και τη φυσική ομορφιά των παραθαλάσσιων περιοχών της Κυπαρισσίας.

Τα Φιλιατρά είναι η τρίτη σε πληθυσμό πόλη της Μεσσηνίας, μετά την πρωτεύουσα του νομού την Καλαμάτα και την Μεσσήνη. Έχει έκταση περίπου 115 km<sup>2</sup> και στην τελευταία απογραφή πληθυσμού είχε 9.334 κατοίκους (απογραφή 2001). Βρίσκεται στη νότια και δυτική πλευρά του δήμου, ανάμεσα στις δυο κωμοπόλεις Κυπαρισσία και Γαργαλιάνους. Είναι αγροτικό και αστικό κέντρο. Οι κάτοικοι ασχολούνται κυρίως με την γεωργία και την κτηνοτροφία ενώ τα τελευταία χρόνια γίνονται σημαντικά βήματα προόδου και στον τομέα του τουρισμού. Άμεση συνέπεια της αύξησης του τουρισμού (και στις 2 πόλεις) αλλά και του μόνιμου πληθυσμού είναι η αύξηση της ζήτησης νερού, τόσο ποσοτικά, όσο και χωρικά (αφού πολλές παραθεριστικές κατοικίες και ξενοδοχεία έχουν κατασκευαστεί εκτός των χωροθετημένων οικισμών).



Εικόνα 4. Ο νέος Καλλικράτειος Δήμος Τριφυλίας



## 4.2. Υδατικό ισοζύγιο Τριφυλίας-προτάσεις βελτίωσης

Η κύρια πηγή υδροδότησης της Κυπαρισσίας και των Φιλιατρών είναι οι φυσικά αναβλύζουσες πηγές καθώς και ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας. Το μεγαλύτερο ποσοστό νερού παρέχεται μέσω διάφορων πηγών που υπάρχουν στα βουνά της περιοχής και σε δεύτερη φάση συνεισφέρει και το υπόγειο νερό που αντλείται από δημόσιες γεωτρήσεις προς τις τοπικές δεξαμενές, από όπου τροφοδοτείται προς το δίκτυο διανομής. Οι αγροτικές εκτάσεις της Κυπαρισσίας και των Φιλιατρών είναι κατά κανόνα μη αρδευόμενες ή αρδεύονται μερικώς από υπόγεια νερά. Τόσο στην Κυπαρισσία σήμερα όσο και στα Φιλιατρά δεν επαναχρησιμοποιείται το νερό των εκροών των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Οι σημαντικότεροι δυνητικοί τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος είναι (Γκίκας, 2011):

- (α) η μείωση της κατανάλωσης μέσω ενημέρωσης των καταναλωτών και πιθανόν μέσω αύξησης των τιμολογίων ύδρευσης
- (β) η μείωση των απωλειών, με τον εκσυγχρονισμό και την επισκευή του δικτύου διανομής
- (γ) η τοπική συλλογή όμβριων υδάτων (σε επίπεδο οικίας)
- (δ) η κατασκευή υδατοφραγμάτων και λιμνοδεξαμενών
- (ε) ο εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα μετά από βροχόπτωση, με κατάλληλη διαμόρφωση των αναβαθμίδων του εδάφους (πεζούλες)
- (στ) η αύξηση της άντλησης υπόγειου νερού
- (ζ) η κατασκευή μονάδων αφαλάτωσης
- (η) η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση νερού

Οι περιπτώσεις (α) και (β) λογικά έχουν άμεσο αποτέλεσμα. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η αύξηση του τιμολογίου ύδρευσης δεν μπορεί να έχει τα αναμενόμενα αποτελέσματα σε περιοχές με έντονη τουριστική κίνηση, αφού το κόστος του νερού που καταναλώνουν οι τουρίστες δεν πληρώνεται άμεσα από του ίδιους.



Η περίπτωση (γ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί επικουρικά με οποιοδήποτε άλλο μέτρο.

Η περίπτωση (δ), αν και έχει εφαρμοστεί σε πολλά μέρη της Ελλάδας (κυρίως νησιά), δεν έχει αποδώσει πάντα τα αναμενόμενα, αφού η περίοδος των βροχοπτώσεων είναι μικρή και η ποσότητά τους είναι μεταβάλλεται από χρόνο σε χρόνο. Επίσης η κατασκευή υδατοφραγμάτων και λιμνοδεξαμενών έχει μεγάλο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος.

Η περίπτωση (ε) - επέμβαση στην διαμόρφωση των αναβαθμίδων του εδάφους (πεζούλες) -, αν εφαρμοστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνει την διείσδυση των όμβριων υδάτων προς τα κατώτερα στρώματα του εδάφους, πιστεύετε πως θα έχει θετικό αντίκτυπο στην στάθμη των υπογείων νερών.

Όσον αφορά την περίπτωση (στ), αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλη και βιώσιμη ούτε για την Κυπαρισσία, ούτε και για τα Φιλιατρά και αυτό διότι σε κάθε περίπτωση, οι ετήσιες απολήψεις υπόγειου νερού πρέπει να είναι μικρότερες από τις ποσότητες του νερού που κατεισδύουν και κατακρατούνται από το έδαφος. Σε διαφορετική περίπτωση η στάθμη των υπόγειων νερών θα πέφτει, ενώ θα υπάρχει και ο κίνδυνος υφαλμύρησης του εδάφους.

Η περίπτωση (ζ), παρουσιάζει σίγουρα ενδιαφέρον. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος του αφαλατωμένου νερού είναι σημαντικό και ότι η διεργασία της αφαλάτωσης δεν είναι απαλλαγμένη περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Τέλος, η περίπτωση (η) δεν ήταν μέχρι πρόσφατα εφικτή (έλλειψη νομοθετικού πλαισίου), αλλά με την αλλαγή της νομοθεσίας (κεφάλαιο 3), υπάρχει πλέον η δυνατότητα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης νερού. Με την χρήση νέων τεχνολογιών, μπορεί να παραχθεί καλής ποιότητας ανακτημένο νερό, χωρίς κίνδυνο για την δημόσια υγεία, και με σχετικά μικρό κόστος.



Η Κυπαρισσία και τα Φιλιατρά χρησιμοποιούν κυρίως νερά πηγών και γεωτρήσεων για ύδρευση. Κατά τους θερινούς μήνες η ζήτηση νερού αυξάνει σημαντικά. Αν και οι περισσότερες γεωτρήσεις αποδίδουν καλά στην αρχή του καλοκαιριού (περίπου 60 m<sup>3</sup>/h η κάθε γεώτρηση), προς το τέλος διαπιστώνεται σημαντική μείωση (κάτω από 15 m<sup>3</sup>/h ανά γεώτρηση). Επίσης, λόγω της ολοένα και αυξανόμενης μείωσης των ποσοστών ετήσιου υετού της περιοχής, τα νερά των πηγών αναμένεται στο εγγύς μέλλον να μην επαρκούν. Ως εκ τούτου, αναμένεται ότι η επαναχρησιμοποίηση νερού μπορεί να συμβάλει αποφασιστικά στην βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου της περιοχής.

Το ανακτημένο νερό δεν θα είναι κατάλληλο προς πόση, οπότε δεν θα μπορεί να εισαχθεί στο δίκτυο υδροδότησης. Είναι σημαντικό ότι σε μια τουριστική πόλη όπως η Κυπαρισσία αλλά και τα Φιλιατρά, υπάρχει η ευτυχής συγκυρία της σύμπτωσης της περιόδου αυξημένης παραγωγής υγρών αποβλήτων και ζήτησης ανακτημένου νερού. Λόγω του τελευταίου, δεν απαιτείται η κατασκευή μεγάλων δεξαμενών αποθήκευσης νερού, οι οποίες είναι ιδιαίτερα δαπανηρές. Το γεγονός αφ' ενός μεν ότι τα Φιλιατρά διαθέτουν αξιόπιστη εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και αφ' ετέρου η Κυπαρισσία διαθέτει μία πολύ σύγχρονη εγκατάσταση έτοιμη να λειτουργήσει, είναι ιδιαίτερα θετικό, και αναμένεται να έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή υψηλής ποιότητας ανακτημένου νερού σε λογικό κόστος.

Από τα πιο πάνω είναι εμφανές ότι η βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου επιτυγχάνεται ύστερα από αξιολόγηση όλων των εναλλακτικών περιπτώσεων και πρέπει να γίνεται με γνώμονα το ελάχιστο δυνατό οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος.



### 4.3. Δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης νερού στην Τριφυλία-προτάσεις

Οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης νερού σε κάθε περιοχή είναι συνάρτηση των αναγκών σε ανακτημένο νερό (συγκεκριμένης ποιότητας), της διαθέσιμης τεχνολογίας για την ανάκτηση νερού και του σχετικού νομικού πλαισίου που εφαρμόζεται στην περιοχή.

Στην προηγούμενη παράγραφο συζητήθηκαν διάφορες δυνητικές δράσεις που μπορούν να αναληφθούν στην Τριφυλία για την διόρθωση του υδατικού ισοζυγίου. Κάποιες από αυτές μπορούν να δρομολογηθούν παράλληλα ώστε να αυξηθούν οι ποσότητες του νερού. Μεταξύ αυτών, η επαναχρησιμοποίηση νερού έχει σχετικά χαμηλό οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος και αναμένεται να ωφελήσει πολλαπλά την περιοχή.

#### 4.3.1. Κυπαρισσία

Σήμερα βρίσκεται εγκατεστημένη στην Κυπαρισσία μία εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, σχετικά κοντά στην πόλη, γεγονός που είναι θετικό σε ότι αφορά την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του νερού πλησίον του τόπου ανάκτησης. Αρχικά πρέπει να προσδιοριστεί το είδος επαναχρησιμοποίησης και να εντοπιστούν οι πιθανοί καταναλωτές. Η κύρια εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης του νερού στην Κυπαρισσία είναι για άρδευση δημοτικού ή ιδιωτικού αστικού πρασίνου. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνεται το δημοτικό πράσινο σε πάρκα και κατά μήκος των δρόμων, με έμφαση στο παραλιακό μέτωπο νοτίως της εγκατάστασης (2.700m<sup>2</sup>), καθώς και στο χερσαίο τμήμα του καινούριου λιμανιού της πόλης (15.000m<sup>2</sup>). Στην δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνεται η άρδευση της νέας παραλιακής περιοχής (16.750 m<sup>2</sup>) η ανάπτυξη της οποίας έχει δρομολογηθεί. Μεταγενέστερα (αν οι συνθήκες το επιτρέψουν), θα εξετασθεί και η περίπτωση της αγροτικής άρδευσης όπου το ανακτημένο νερό θα χρησιμοποιηθεί για πότισμα ζαρζαβατικών σε περιοχές πλησίον της ΕΕΛ. Είναι εμφανές ότι για την άρδευση των πιο πάνω χώρων απαιτείται η κατασκευή ανεξάρτητου δικτύου σωληνώσεων.



Εικόνα 5. Περιοχές χρήσης ανακτημένου νερού στην Κυπαρισσία

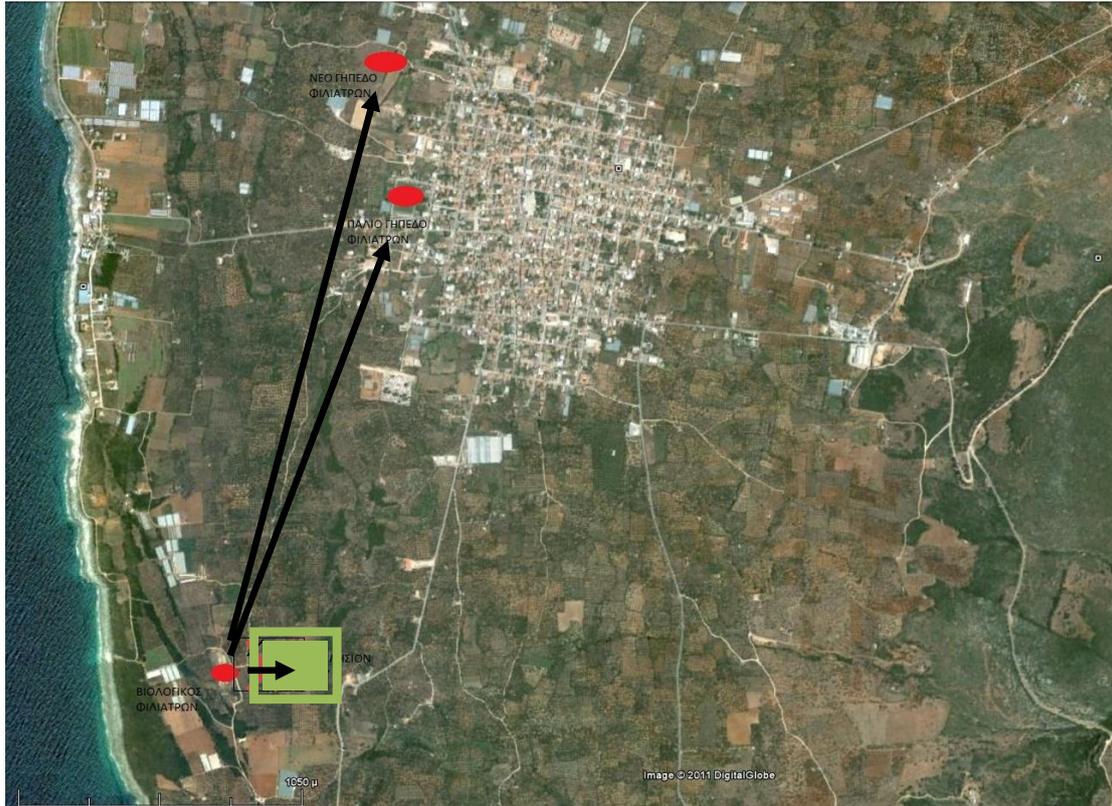
Η εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της Κυπαρισσίας είναι ιδανική για την φιλοξενία της πρώτης εγκατάστασης ανάκτησης νερού της πόλης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η εν λόγω εγκατάσταση διαθέτει τον απαραίτητο χώρο για την εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού, διαθέτει στεγασμένους χώρους για την μετατροπή τους σε εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου του ανακτημένου νερού, καθώς επίσης και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό που μπορεί να λειτουργήσει την εγκατάσταση.

Τέλος πρέπει τονιστεί ότι έχει μεγάλη σημασία να ενημερωθεί το κοινό σχετικά με την χρησιμότητα και την ασφάλεια (ως προ την υγεία) του ανακτημένου νερού, έτσι ώστε να εμπιστευτεί το ανακτημένο νερό και αγκαλιάσει την προσπάθεια. Το τελευταίο μπορεί να γίνει με συμμετοχή του κοινού από την φάση σχεδιασμού του έργου.



#### 4.3.2. Φιλιατρά

Στα Φιλιατρά βρίσκεται εγκατεστημένη μία εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, περίπου 1,5km από στην πόλη, απόσταση ικανοποιητική σε ότι αφορά την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του νερού πλησίον του τόπου ανάκτησης. Η πρώτη ενέργεια που θα πρέπει να γίνει και σε αυτή την περίπτωση είναι ο προσδιορισμός του είδους επαναχρησιμοποίησης και των πιθανών καταναλωτών. Την δεδομένη στιγμή εδρεύουν στην πόλη δύο μεγάλα γήπεδα από τα οποία μάλιστα το ένα χαρακτηρίζεται ως στάδιο Ολυμπιακών διαστάσεων. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η συντήρηση αυτών των δύο (μεγάλων) αθλητικών εγκαταστάσεων και κυρίως οι ανάγκες που έχουν σε νερό, αποτελεί σημαντική παράμετρο όσον αφορά το υδατικό ισοζύγιο πόλης. Ως εκ τούτου, μια εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης του νερού στα Φιλιατρά θα μπορούσε να είναι η άρδευση του χλοοτάπητα των εγκαταστάσεων αυτών (13.200m<sup>2</sup>). Επίσης, πλησίον της ΕΕΛ υπάρχουν πολλές και μεγάλες εκτάσεις γεωργικών καλλιεργειών και κυρίως ελαιοδέντρων (13.280m<sup>2</sup>). Οι γεωργικές καλλιέργειες αυτές θα μπορούσαν αναμφισβήτητα να είναι δέκτες του ανακτημένου νερού. Με βάση το γεγονός ότι τόσο το αρδευτικό νερό, όσο και το νερό ύδρευσης της περιοχής έχουν σχετικά υψηλή αγωγιμότητα, πιθανόν δεν θα υπήρχε αντίρρηση από τις αρμόδιες αρχές στην χρήση του ανακτημένου νερού για αγροτική άρδευση. Το αν τελικώς θα καταστεί δυνατή η πραγματοποίηση και των δύο (2) αυτών εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης, θα εξαρτηθεί από την επάρκεια ή μη του ανακτημένου νερού που θα προκύψει. Για την άρδευση των πιο πάνω χώρων απαιτείται η κατασκευή ανεξάρτητου δικτύου σωληνώσεων.



Εικόνα 6. Περιοχές χρήσης ανακτημένου νερού Φιλιατρά

Συμπερασματικά, υπολογίζοντας ότι (σύμφωνα με την βιβλιογραφία) 1 στρέμμα γκαζόν (γρασιδιού) μπορεί τους καλοκαιρινούς μήνες να χρειάζεται έως και  $9\text{m}^3/\text{d}$  νερό, διαπιστώνουμε ότι οι δυναμικότητες των μονάδων ανάκτησης και στις δύο περιπτώσεις μας (Κυπαρισσία – Φιλιατρά), φθάνουν και περισσεύουν έτσι ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες για αστική και περιαστική άρδευση κατ' αρχήν και επιπλέον να είμαστε σε θέση να διερευνήσουμε ακόμα και περιπτώσεις για αγροτική εφαρμογή.



## 5. Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου-εξόδου των εγκαταστάσεων επαναχρησιμοποίησης νερού Κυπαρισσίας - Φιλιατρών

### 5.1. Εισαγωγή

Η κατά το δυνατό σωστή εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της δευτεροβάθμιας εκροής, η οποία εισέρχεται στην εγκατάσταση επεξεργασίας και η γνώση της παροχής, είναι απαραίτητη για τον σχεδιασμό της διεργασίας. Τα αναμενόμενα ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εξόδου θέτονται με σαφήνεια από την σχετική νομοθεσία. Στα επόμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας δίνεται η βάση σχεδιασμού (ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου και παροχή) και περιγράφονται τα αναμενόμενα χαρακτηριστικά εξόδου και για τις δύο περιπτώσεις (Κυπαρισσία-Φιλιατρά).

### 5.2 Κυπαρισσία

Σκοπός αυτού του κεφαλαίου, είναι να μελετηθεί η περίπτωση κατασκευής εγκατάστασης ανάκτησης με δυναμικότητα 1.000 m<sup>3</sup> ανακτημένου νερού ανά ημέρα (δηλαδή κλάσμα της παροχής του βιολογικού). Η παροχή αυτή θεωρούμε ότι διασφαλίζεται κατά του θερινούς μήνες, και θεωρείται καλή βάση για τους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν. Για την διάθεση του ανακτημένου νερού θα κατασκευαστεί δίκτυο διανομής και δεξαμενή υδροδότησης. Ο ακριβής υπολογισμός του δικτύου μπορεί να γίνει αφού προσδιοριστούν οι αποδέκτες του ανακτημένου νερού και οι σχετικές παροχές που μπορούν να απορροφήσουν.



### 5.2.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου στην εγκατάσταση ανάκτησης-παροχή

Η ημερήσια παροχή εισόδου της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Κυπαρισσίας αναμένεται να είναι περίπου  $1.200\text{m}^3/\text{d}$  το χειμώνα και  $2.500\text{m}^3/\text{d}$  το καλοκαίρι. Γενικά, η παροχή της εκροής εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων επηρεάζει τον σχεδιασμό, στον βαθμό που για κάποιες ώρες λειτουργίας είναι μικρότερη από την σχεδιαζόμενη παροχή εισόδου στην εγκατάσταση ανάκτησης. Δυστυχώς δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις για την εκτίμηση της ωριαίας διακύμανσης της παροχής μιας και η ΕΕΛ της Κυπαρισσίας δεν έχει μπει ακόμη σε λειτουργία. Παρόλ' αυτά κρίνεται απαραίτητη η κατασκευή δεξαμενής συλλογής επεξεργασμένων αποβλήτων, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα συνεχούς λειτουργίας της εγκατάστασης ανάκτησης νερού, και να μην υπολειπυργεί η μονάδα κατά τις ώρες μειωμένης παροχής. Η ακριβής χωρητικότητα της δεξαμενής θα υπολογιστεί αφού γίνουν ενδεικτικές μετρήσεις της ωριαίας παροχής, και συγκριθούν με τα βιβλιογραφικά δεδομένα.

Γενικά ισχύει:

$$[Είσοδος (m^3)] = [\Omegaφέλιμη Έξοδος (m^3)] + [Παραπροϊόντα (m^3)]$$

Όπου "Ωφέλιμη Έξοδος" εννοούμε το ανακτημένο νερό, και "Παραπροϊόντα" εννοούμε κυρίως το νερό έκπλυσης (backwashing).

Από τα πιο πάνω γίνεται φανερό ότι για την παραγωγή  $1.000\text{ m}^3$  ανακτημένου νερού, η παροχή πρέπει να είναι αυξημένη κατά τον όγκο του νερού που απορρίπτεται κατά τη διεργασία της ανάκτησης. Αν και η λειτουργία της εγκατάστασης ανάκτησης νερού στην Κυπαρισσία θα λειτουργεί σε 24ωρη βάση, οι υπολογισμοί μας καλό θα ήταν να γίνουν για λειτουργία 22 ωρών ημερησίως έτσι ώστε να υπάρχει περιθώριο να σταματήσει η λειτουργία για δύο ώρες την ημέρα χωρίς αυτό να έχει επιπτώσεις στην παραγωγικότητα της εγκατάστασης.



Εκτιμώντας ότι το νερό έκπλυσης είναι περίπου το 10% της εισόδου (Γκίκας, 2011), και ότι η εγκατάσταση λειτουργεί 22 ώρες το 24ωρο, προκύπτει παροχή εισόδου περίπου 57 m<sup>3</sup>/h.

Οι τιμές διαφόρων χαρακτηριστικών της δευτεροβάθμιας εξόδου, όπως αναμένονται με βάση την μελέτη της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Κυπαρισσίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 7. Με βάση τον Πίνακα, προκύπτει ότι οι τιμές του BOD<sub>5</sub> αναμένεται να είναι κάτω των 20 mg/L. Επίσης, οι τιμές των αιωρούμενων στερεών (TSS) στην έξοδο αναμένονται κάτω των 20 mg/L, ένα η εγκατάσταση λειτουργήσει σύμφωνα με το σχεδιασμό.

Πίνακας 7. Αναμενόμενες τιμές δευτεροβάθμιας εξόδου της ΕΕΛ Κυπαρισσίας

<b>ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ</b>	<b>ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ</b>
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	≤ 20
COD (mg/l)	≤ 125
Αιωρούμενα στερεά SS (mg/l)	≤ 20
Ολικό άζωτο (N) (mg/l)	≤ 15
Αμμωνιακό άζωτο (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (mg/l)	≤ 5
Φώσφορος (P) (mg/l)	≤ 8
Υπολειμματικό χλώριο (Cl <sup>-</sup> ) (mg/l)	0.1-0.3
Διαλυμένο οξυγόνο (mg/l)	≥ 4
Λίπη-Έλαια	0
Επιπλέοντα στερεά	0
Καθιζάνοντα στερεά εντός 2h σε κώνο Imhoff	< 0.3
Κολοβακτηριδοειδή ολικά	≤ 500/100 ml
Περιπτωματικά Κολοβακτηρίδια	≤ 100/100 ml

### 5.2.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εξόδου

Το ανακτημένο νερό που θα χρησιμοποιηθεί για άρδευση αστικού πρασίνου πρέπει να πληρεί τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που επιβάλλονται από τη νομοθεσία (ΦΕΚ Β' 354, 2011), όπως αυτά δίνονται στους Πίνακες 3,6 (Παράρτημα Ι). Με βάση τις τιμές που αναμένονται στην έξοδο της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της Κυπαρισσίας, εάν χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες διεργασίες, όπως αναπτύσσονται πιο κάτω, θεωρούμε δεν αναμένεται να υπάρξει πρόβλημα στην επίτευξη των στόχων αυτών για το BOD<sub>5</sub>. Η ανώτατη επιτρεπτή τιμή εξόδου για τα TSS, με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 2 mg/L, και κατά γενική εκτίμηση είναι



ιδιαίτερα αυστηρή. Τόσο χαμηλή τιμή μπορεί να προκύψει ουσιαστικά μόνο με χρήση μεμβρανών.

Επίσης, η συγκέντρωση ολικών κολοβακτηριδίων (2 TC/100mL στο 80% των δειγμάτων), όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω είναι ιδιαίτερα αυστηρή. Για την επίτευξη αυτής της τιμής θα απαιτηθούν αυστηρές προδιαγραφές στον σχεδιασμό της εγκατάστασης ανάκτησης νερού. Τέλος, ανεξάρτητα από την επίτευξη συγκέντρωσης ολικών κολοβακτηριδίων κάτω από 2 TC/100mL, εάν η απολύμανση δεν γίνει με χλωρίωση, είναι πιθανό να απαιτηθεί η προσθήκη μικρής ποσότητας υποχλωριώδους νατρίου για να διασφαλιστεί υπολειμματική δράση.

### 5.3. Φιλιατρά

Αντιστοίχως με τα προηγούμενα, σκοπός του κεφαλαίου αυτού, είναι να μελετηθεί η περίπτωση κατασκευής εγκατάστασης ανάκτησης στην πόλη των Φιλιατρών με δυναμικότητα 200 m<sup>3</sup> ανακτημένου νερού ανά ημέρα. Η παροχή αυτή διασφαλίζεται με βεβαιότητα κατά του θερινούς μήνες, και θα την χρησιμοποιήσουμε για τους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν. Για την διάθεση του ανακτημένου νερού θα κατασκευαστεί δίκτυο διανομής με κατασκευή αντλιοστασίου και δεξαμενή υδροδότησης. Ο ακριβής υπολογισμός του δικτύου μπορεί να γίνει αφού προσδιοριστούν οι αποδέκτες του ανακτημένου νερού και οι σχετικές παροχές που μπορούν να απορροφήσουν.

#### 5.3.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εισόδου στην εγκατάσταση ανάκτησης-παροχή

Η μέση ημερήσια παροχή εισόδου της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων των Φιλιατρών για τα έτη 2010 και 2011 είναι περίπου 444m<sup>3</sup>/d. Δυστυχώς και σε αυτήν την περίπτωση δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις για την εκτίμηση της ωριαίας διακύμανσης της παροχής. Ως εκ τούτου κρίνεται και σε αυτή την περίπτωση απαραίτητη η κατασκευή δεξαμενής συλλογής επεξεργασμένων αποβλήτων, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα συνεχούς λειτουργίας της εγκατάστασης ανάκτησης νερού, και να



μην υπολείπεται η μονάδα κατά τις ώρες μειωμένης παροχής. Η ακριβής χωρητικότητα της δεξαμενής θα υπολογιστεί αφού γίνουν ενδεικτικές μετρήσεις της ωριαίας παροχής, και συγκριθούν με τα βιβλιογραφικά δεδομένα.

Σύμφωνα με την εξίσωση  $[Είσοδος (m^3)] = [Ωφέλιμη Έξοδος (m^3)] + [Παραπροϊόντα (m^3)]$  που αναλύσαμε πιο πάνω υπολογίζεται ότι για την παραγωγή 200 m<sup>3</sup> ανακτημένου νερού, η παροχή εισόδου θα πρέπει να είναι περίπου 10 m<sup>3</sup>/h για εγκατάσταση που δουλεύει 22 ώρες το 24ωρο.

Οι τιμές διαφόρων χαρακτηριστικών της δευτεροβάθμιας εξόδου μας δόθηκαν από τον Δήμο Τριφυλίας για την εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων των Φιλιατρών. Σύμφωνα με αυτές, προκύπτει ότι οι τιμές του BOD<sub>5</sub> βρίσκονται συστηματικά κάτω των 10 mg/L. Επίσης, οι τιμές των αιωρούμενων στερών (TSS) στην έξοδο έχουν μετρηθεί κάτω των 10 mg/L. Οι τιμές του COD είναι επίσης σημαντικά μειωμένες. Τα παραπάνω δείχνουν ότι εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Φιλιατρών λειτουργεί αρκετά καλά.

Προβληματισμός ωστόσο υπάρχει σε σχέση με τις τιμές της αγωγιμότητας οι οποίες εμφανίζονται σχετικά υψηλές (1.400 μS/cm). Αν και υπάρχει μόνο υπόδειξη σχετικά με την ανώτατη επιθυμητή αγωγιμότητα του ανακτημένου νερού για αγροτική χρήση και δεν έχουν τεθεί νομοθετικά όρια για την αγωγιμότητα ανακτημένου νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση αστικού πρασίνου, νερό με αγωγιμότητα μεγαλύτερη των 3.000 μS/cm (=3 dS/m), μπορεί να δημιουργήσει σοβαρό πρόβλημα στις καλλιέργειες. Στην περίπτωση μας όμως ισχύει <3 dS/m. Εικάζουμε ότι η αυξημένη αγωγιμότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων δεν οφείλεται σε εισροή θαλασσίου ύδατος στο δίκτυο αποχέτευσης, αλλά οφείλεται κυρίως στην αυξημένη αγωγιμότητα του νερού ύδρευσης, το οποίο προέρχεται από γεωτρήσεις.



Πίνακας 8. Τιμές δευτεροβάθμιας εξόδου ΕΕΛ Φιλιατρών

<b>ΕΚΡΟΗ</b>							
Θερμοκρασία T	°C	*	*	*	*	*	*
BOD5	mg/li t	7	6	6	6	7	6
COD	"	27,0	25,3	23,50	22,4	24,2	22,1
NH <sub>4</sub> -N	"	0,18	0,15	0,13	0,17	1,60	0,46
NO <sub>3</sub> -N	"	11,3 0	11,90	13,50	9,10	13,10	7,50
NO <sub>2</sub> -N	"	0,19	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	"	5,00	5,00	5,00	4,98	4,99	4,71
Cl <sub>2</sub>	"	0,34	0,33	0,33	0,34	0,33	0,31
T.S	"	4	6	6	8	6	8
D.O	"	*	*	*	*	*	*
T.D.S	"	698	698	702	564	616	576
Αγωγιμότητας	μS/cm	1.40 1	1.405	1.410	1.336	1.242	1.164
pH	-	8,47	8,23	8,10	8,25	7,96	7,63
Παθογόνα e-coil	N/100 ml	280	260	210	280	260	280



### 5.3.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά εξόδου

Το ανακτημένο νερό που θα χρησιμοποιηθεί για άρδευση αστικού πρασίνου πρέπει να πληρεί τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που επιβάλλονται από τη νομοθεσία (ΦΕΚ Β' 354, 2011). Με βάση τις τιμές που έχουν ιστορικά μετρηθεί στην έξοδο της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων των Φιλιατρών, εάν χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες διεργασίες, όπως αναπτύσσονται πιο κάτω, δεν αναμένεται να υπάρξει πρόβλημα στην επίτευξη των στόχων αυτών για το BOD<sub>5</sub>. Ομοίως και στην περίπτωση των Φιλιατρών (όπως αυτής της Κυπαρισσίας), για να επιτευχθούν τα αυστηρά όρια που αφορούν τα TSS (2 mg/L) θα στραφούμε στην λύση των μεμβρανών.

Επίσης, η συγκέντρωση ολικών κολοβακτηριδίων (2 TC/100mL στο 80% των δειγμάτων), όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω είναι ιδιαίτερα αυστηρή και έτσι θα απαιτηθούν αυστηρές προδιαγραφές στον σχεδιασμό της εγκατάστασης ανάκτησης νερού, ενώ ανεξάρτητα από την επίτευξη συγκέντρωσης ολικών κολοβακτηριδίων κάτω από την τιμή αυτή, εάν η απολύμανση δεν γίνει με προσθήκη χλωρίου, είναι πιθανό να απαιτηθεί παρομοίως η προσθήκη μικρής ποσότητας υποχλωριώδους νατρίου για να διασφαλιστεί η υπολειμματική δράση.



## 6. Κατάλληλα συστήματα ανάκτησης νερού

### 6.1. Εισαγωγή

Από την σχετική νομοθεσία, όσον αφορά την ανάκτηση νερού για αστικές χρήσεις, απαιτείται η επεξεργασία των εκροών της υφιστάμενης εγκατάστασης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων να γίνεται με χρήση μεμβρανών υπερδιήθησης, ακολουθούμενη από απολύμανση (ΦΕΚ Β' 254, 2011). Για ανάκτηση νερού για απεριόριστη αγροτική άρδευση, απαιτείται κατάλληλη τριτοβάθμια επεξεργασία ακολουθούμενη από απολύμανση αντίστοιχα.

Άλλοι παράγοντες που δεν προβλέπονται από την ισχύουσα νομοθεσία πρέπει επίσης να προσεχθούν διότι είναι πιθανόν να επηρεάσουν την δημόσια υγεία ή την ποιότητα του αρδευτικού νερού. Τέτοιοι είναι η περιεκτικότητα του ανακτημένου νερού σε διάφορους μικροοργανισμούς (εκτός από τα κολοβακτηρίδια), όπως είναι η *Giardia*, το *Cryptosporidium* και οι παθογόνοι ιοί και η περιεκτικότητα του ανακτημένου νερού σε άλατα και πιθανόν σε άλλους μικρορύπους.

Θα εξετάσουμε διάφορες τεχνολογίες κροκίδωσης, διήθησης και απολύμανσης. Ουσιαστικά υπάρχουν τέσσερις (4) βασικές κατευθύνσεις όσον αφορά την τεχνολογία επεξεργασίας:

- (α) διύλιση σε αμμοδιυλιστήρια,
- (β) επιφανειακή διήθηση
- (γ) διήθηση με χρήση υφασμάτων ηθμών
- (δ) διήθηση με χρήση μεμβρανών.

Σχετικά με την απολύμανση, υπάρχουν παρομοίως τρεις επιλογές:

- (α) απολύμανση με υποχλωριώδες νάτριο (ή ασβέστιο),
- (β) με όζον και
- (γ) με υπεριώδη ακτινοβολία (UV).

Πιο κάτω εξετάζονται διάφορες εναλλακτικές περιπτώσεις και προτείνεται ο βέλτιστος συνδυασμός.

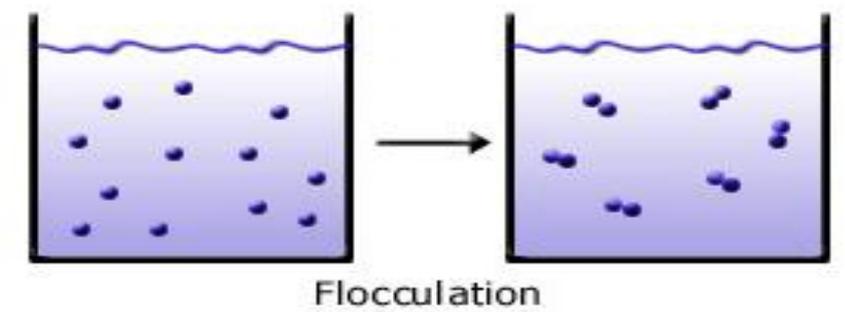


## 6.2. Συστήματα ανάκτησης νερού

Τα συστήματα που θα εγκατασταθούν πρέπει να έχουν την δυνατότητα να παράγουν σταθερά νερό ποιότητας ίσης ή καλύτερης από αυτή που προβλέπει η σχετική νομοθεσία. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με συνδυασμό διαφόρων τεχνολογιών. Σε αυτή την ενότητα περιγράφονται διάφορες συμβατές τεχνολογίες. Οι τεχνολογίες αφορούν τόσο την παραγωγή ανακτημένου αγροτικού νερού απεριόριστης άρδευσης, όσο και την παραγωγή ανακτημένου νερού για αστικές και περιαστικές χρήσεις, στις οποίες δίνεται ιδιαίτερη έμφαση.

### 6.2.1. Συστήματα κροκίδωσης

Η κροκίδωση συνίσταται στην χημική αποσταθεροποίηση του κολλοειδούς συστήματος με συνέπεια την θρόμβωση του συστήματος, η οποία είναι απόρροια της δημιουργίας ηλεκτρικά ουδέτερων συσσωματωμάτων (Εικόνα 7). Κροκίδωση των δευτεροβάθμιων εκροών μπορεί να γίνει με την προσθήκη διαφόρων ηλεκτρολυτών. Το θρομβωμένο σύστημα, μπορεί να συσσωματωθεί περαιτέρω με την προσθήκη, σε δεύτερο στάδιο, κατάλληλων πολυηλεκτρολυτών, οι οποίοι μετατρέπουν τα μικρά συσσωματώματα σε μεγαλύτερα.



Εικόνα 7. Σχηματική παράσταση της διεργασίας της κροκίδωσης.

Η κροκίδωση μπορεί να λάβει χώρα σε ειδικά σχεδιασμένα δοχεία ταχείας ανάμειξης ή σε στατικούς αναμεικτές. Οι τελευταίοι



αποτελούνται από σωλήνα στον οποίο έχουν τοποθετηθεί ειδικού τύπου διαφράγματα, ούτως ώστε το κολλοειδές να έρθει σε επαφή με το κροκιδωτικό και να υποστεί θρόμβωση. Οι στατικοί αναμείκτες είναι πιο οικονομικοί και σχετικά απλοί στην λειτουργία τους, αν και δεν προσφέρουν την δυνατότητα ειδικών ρυθμίσεων.



**Εικόνα 8. Στατικοί αναμείκτες**

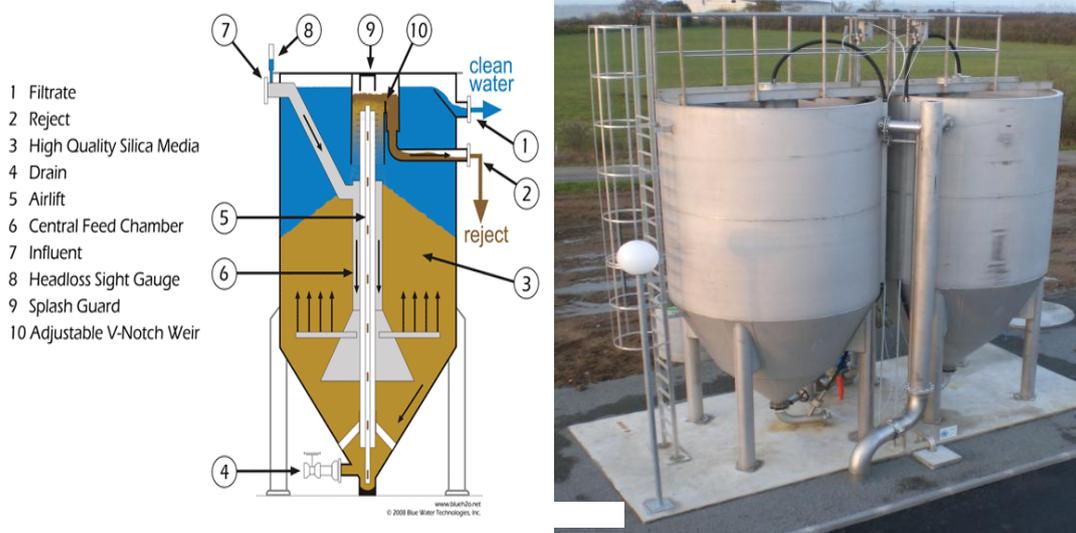
## **6.2.2. Συστήματα διήθησης**

### **6.2.2.1. Διύλιση (αμμοδιυλιστήρια)**

Η διεργασία της διύλισης έχει να κάνει με την απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών από την υγρή φάση, όταν αυτή διέρχεται από στρώμα άμμου ή άλλου λεπτόκοκκου στερεού. Πρόκειται για αρκετά δημοφιλή μέθοδο, κυρίως για την διύλιση νερού, αλλά τελευταία χρησιμοποιείται συχνά ως επιμέρους διεργασία της τριτοβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Με την διύλιση επιτυγχάνεται επίσης και απομάκρυνση μέρους του BOD καθώς και μικρού ποσοστού μικροοργανισμών.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι αμμοδιυλιστηρίων, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- i. τα αμμοδιυλιστήρια καθοδικής ροής,
- ii. τα αμμοδιυλιστήρια πίεσεως και
- iii. τα αυτοκαθαριζόμενα αμμοδιυλιστήρια ανοδικής ροής.



**Εικόνα 9. Διάγραμμα ροής (αριστερά) και φωτογραφία (δεξιά) τυπικού αμμοδιυλιστηρίου ανοδικής ροής.**

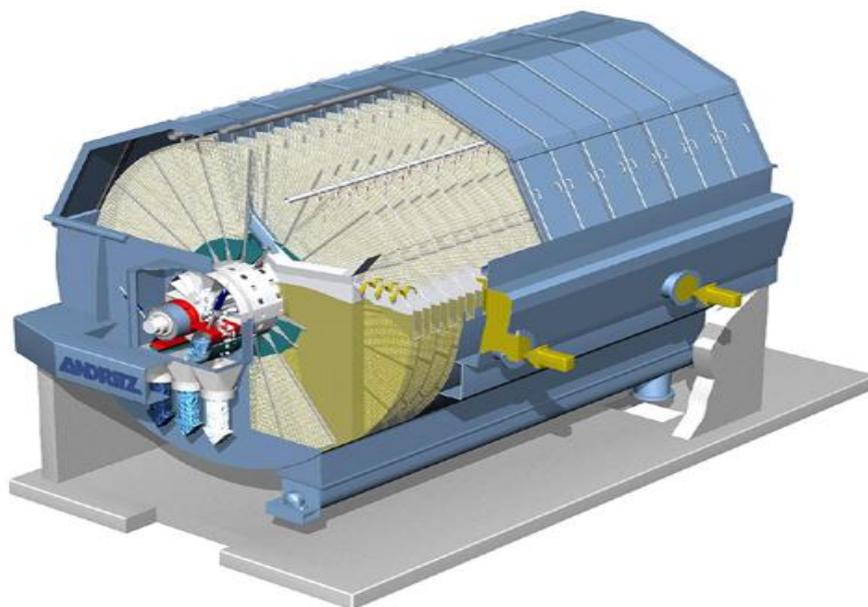
#### 6.2.2.2. Επιφανειακή διήθηση

Η επιφανειακή διήθηση συνίσταται στην απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών από την υδατική φάση, κατά την διέλευση δια μέσω μιας επιφάνειας διήθησης. Επιφάνειες διήθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα υφάσματα, μεταλλικά πλέγματα, καθώς και μια ποικιλία συνθετικών υλικών. Οι διαστάσεις των πόρων των υλικών που χρησιμοποιούνται στην επιφανειακή διήθηση ποικίλουν μεταξύ 10 και 30  $\mu\text{m}$ . Η μικροδιήθηση και η υπερδιήθηση αποτελούν επίσης διεργασίες επιφανειακής διήθησης, αλλά εξετάζονται ξεχωριστά, λόγω του μικρότερου μεγέθους των πόρων τους.



Υπάρχουν διάφορες διατάξεις επιφανειακών ηθμών. Οι πιο διαδομένοι τύποι επιφανειακών ηθμών είναι:

- (1) οι δισκοειδείς ηθμοί (Εικόνα 10) και
- (2) οι ηθμοί περιστρεφόμενου τύμπανου (Εικόνα 11)



Εικόνα 10. Σχηματική παράσταση δισκοειδούς ηθμού.



Εικόνα 11. Σχηματική παράσταση ηθμού περιστρεφόμενου τύμπανου



Κατά την επιφανειακή διήθηση παρατηρείται παρόμοιο ποσοστό απομάκρυνσης μικροοργανισμών όπως και στην αμμοδιύλιση. Είναι σημαντικό, εάν χρησιμοποιηθεί σύστημα επιφανειακής διήθησης, να επιλεγθεί κάποιο σύστημα που έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί ευρέως παρελθόν με επιτυχία και αυτό διότι είναι σχετικά καινούρια συστήματα και κατά συνέπεια δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα που να αφορούν τον χρόνο ζωής τους.

### 6.2.2.3. Υφασμάτινοι Ηθμοί (Cloth filters)

Οι υφασμάτινοι ηθμοί αποτελούν ουσιαστικά αυτή την στιγμή την νεότερη τεχνολογία όσον αφορά τα συστήματα διήθησης. Η απόδοση ενός τέτοιου ηθμού είναι ανώτερη από οποιαδήποτε απλή τεχνολογία φίλτρων που υπάρχει στην αγορά και θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι αρκετά κοντά στην απόδοση που έχει ένα καλά σχεδιασμένο αμμόφιλτρο και μάλιστα με χαμηλότερες απαιτήσεις σε ενέργεια.

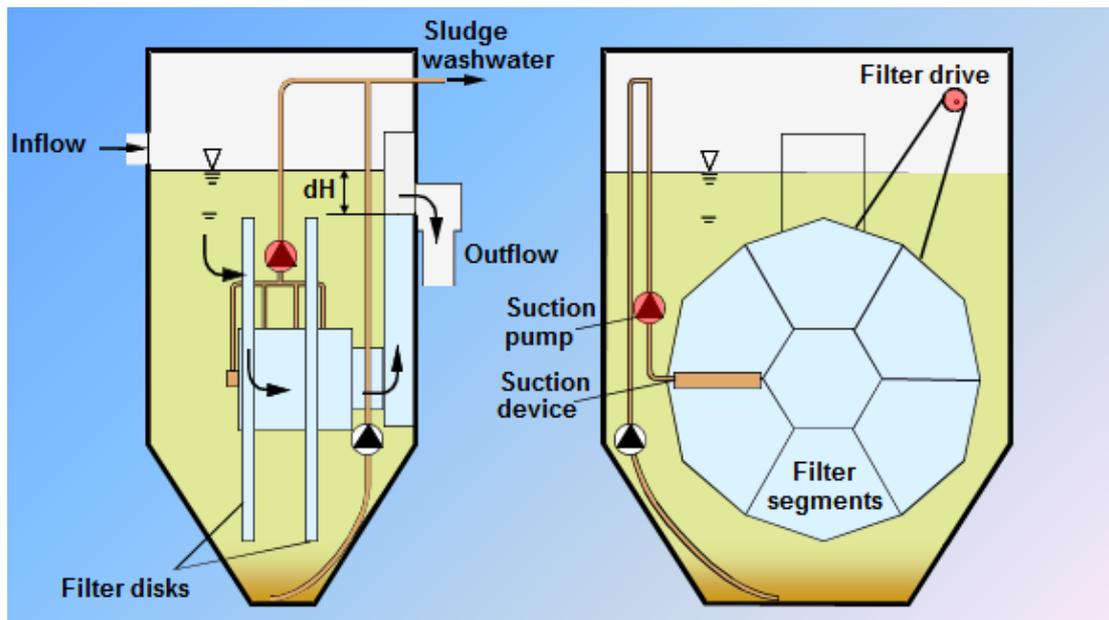
Οι υφασμάτινοι ηθμοί αποτελούνται από έναν πυκνό πέλο υφάσματος, παρόμοιο με αυτόν ενός τάπητα. Έχει μακριές ίνες οι οποίες στηρίζονται πάνω σε μία στερεή ημι-άκαμπτη βάση. Οι ίνες του σωρού είναι λεπτού πάχους και ενεργούν ανεξάρτητα, δημιουργώντας μια πολύ μεγάλη επιφάνεια στην οποία προσκολλώνται τα σωματίδια και η οποία λειτουργεί ταυτόχρονα ως κόσκινο.



Εικόνα 12. Τύπος υφάσματος ενός cloth filter

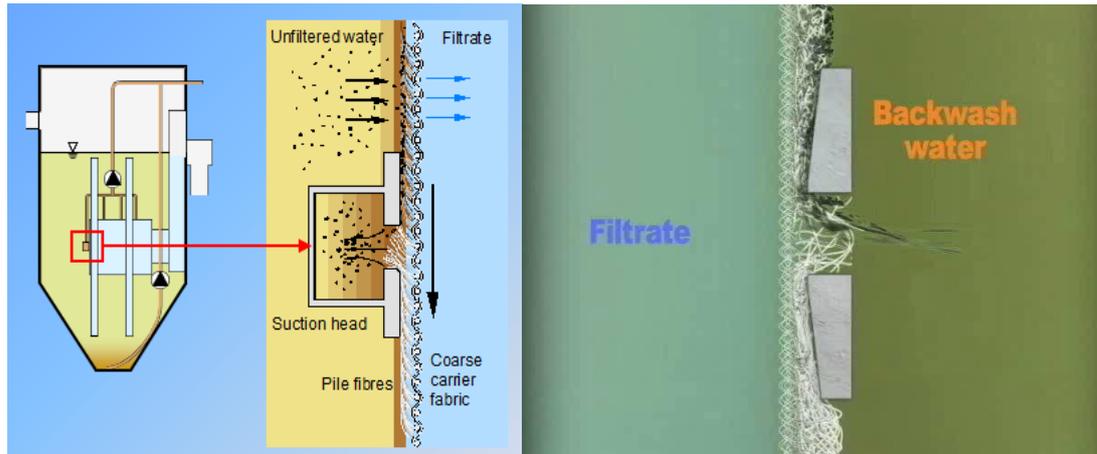
Οι συγκεκριμένοι ηθμοί σε αντίθεση με τα κοινά φίλτρα που δεν μπορούν να κάνουν αποτελεσματική διήθηση σε βάθος, εκμεταλλεύονται το πορώδες τους για να δεσμεύσουν καλύτερα τα στερεά σωματίδια.

Μεγιστοποιώντας την επιφάνεια του υφάσματος στα φίλτρα διαπιστώνεται μεγαλύτερη ικανότητα στην κατακράτηση των στερεών σωματιδίων και αυτό είναι ένα ακόμα πλεονέκτημα των υφασμάτων ηθμών όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω:



Εικόνα 13. Αρχή λειτουργίας υφασμάτινου ηθμού

Ο καθαρισμός τους αποτελεί κλειδί για την ορθή λειτουργία τους. Η συγκράτηση των κάποιων στερεών σωματιδίων και ειδικά τα υπολείμματα λάσπης επηρεάζουν σημαντικά τον χρόνο ζωής των συγκεκριμένων φίλτρων και την λειτουργία τους. Μόλις επιτευχθεί ένα προκαθορισμένο ποσοστό απωλειών, το σύστημα αντιστρέφει αυτομάτως την ροή σε ένα μόνο τμήμα του φίλτρου και παράλληλα εκκενώνει τον χώρο εκείνο όπου έχει διαπιστωθεί πρόβλημα ύστερα από ειδικές διεργασίες τον επαναφέρει στην αρχική του κατάσταση.

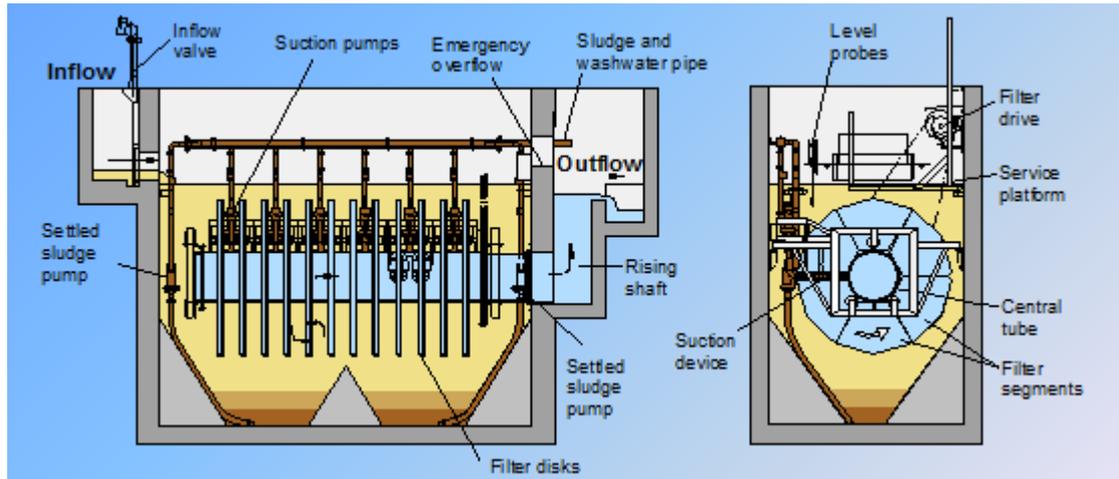


**Εικόνα 14. Δημιουργία κλειστού καναλιού με σκοπό την συσσώρευση των στερεών**

Όσο μικρότερη είναι η διηθητική επιφάνεια, τόσο καλύτερη διήθηση επιτυγχάνεται. Μια ειδική κεφαλή έρχεται σε επαφή με το ύφασμα έτσι ώστε να δημιουργήσει κλειστό κανάλι με αποτέλεσμα να αυξηθεί η ταχύτητα ροής των σωματιδίων που θα κληθούν να περάσουν από το σωρό του υφάσματος.

Υπάρχουν 2 τύποι υφασμάτων ηθμών, αυτός του περιστρεφόμενου τυμπάνου (DF) και ο Δισκοειδής τύπος (SF). Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων αυτών είναι τα εξής:

- Υψηλή διαχωριστική ικανότητα
- Υψηλή απόδοση
- Δεν απαιτείται άντληση των λυμάτων
- Μικρή απαίτηση χώρου
- Υψηλή ασφάλεια λειτουργίας
- Μακρύς χρόνος ζωής υφάσματος
- Απλή αντικατάσταση υφάσματος
- Χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης
- Χαμηλό κόστος επένδυσης
- Χαμηλές απαιτήσεις σε ενέργεια
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας



Εικόνα 15. Αναπαράσταση λειτουργίας υφασμάτινου ηθμού



Εικόνα 16. Διάταξη συστήματος cloth filter



#### 6.2.2.4. Συστήματα μεμβρανών

Ως μεμβράνες κατηγοριοποιούνται όλοι οι ηθμοί με μέγεθος πόρων μικρότερο των 2  $\mu\text{m}$ . Τα συστήματα διήθησης με μεμβράνες κατατάσσονται κατ' αρχήν ανάλογα με το μέγεθος των πόρων των μεμβρανών που χρησιμοποιούνται. Ως εκ τούτου, προκύπτουν τέσσερις κατηγορίες μεμβρανών:

1. μεμβράνες μικροδιήθησης (MF),
2. υπερδιήθησης (UF),
3. νανοδιήθησης (NF) και
4. αντίστροφης όσμωσης (RO).

Η κινητήριος δύναμη και στις τέσσερις κατηγορίες είναι η υδροστατική πίεση. Ένας άλλος τύπος χαρακτηρισμού των μεμβρανών προκύπτει βάσει της γεωμετρίας τους (π.χ.: σωληνοειδείς, επίπεδες) η οποία επηρεάζει την ροή (π.χ.: παράλληλη ή διασταυρούμενη ροή) καθώς και από το τρόπο εφαρμογής της υδροστατικής πίεσης (εφαρμογή θετικής πίεσης ή κενού).

**Πίνακας 9. Γενικά χαρακτηριστικά διεργασιών διήθησης με μεμβράνες.**

Διεργασία	Διάμετρος κατακρατούμενων σωματιδίων ( $\mu\text{m}$ )	Υλικό κατασκευής
<b>Μικροδιήθηση (MF)</b>	0,008-2,0	Ακρυλονιτρίλιο, κεραμικά υλικά, πολυπροπυλένιο, πολυσουλφώνη, PVDF, πολυτραφθοροαιθυλένιο, nylon, teflon
<b>Υπερδιήθηση (UF)</b>	0,005-0,2	Αρωματικά πολυαμίδια, κεραμικά υλικά, οξική κυτταρίνη, πολυσουλφώνη, PVDF, teflon
<b>Νανοδιήθηση (NF)</b>	0,001-0,01	Οξική κυτταρίνη, αρωματικά πολυαμίδια, πολυσουλφώνη, PVDF, μεμβράνες πολλαπλών στρώσεων (TCM)
<b>Αντίστροφη όσμωση (RO)</b>	0,0001-0,001	Οξική κυτταρίνη, αρωματικά πολυαμίδια, μεμβράνες πολλαπλών στρώσεων (TCM)



Για την διαύγαση δευτεροβάθμιων εκροών με μεμβράνες, χρησιμοποιούνται μεμβράνες μικροδιήθησης ή υπερδιήθησης. Τυπικά συστήματα μικροδιήθησης και υπερδιήθησης εμφανίζονται παρακάτω:



**Εικόνα 17. Μεμβράνες μικροδιήθησης (πάνω) και υπερδιήθησης (κάτω).**

Τόσο η μικροδιήθηση, όσο και η υπερδιήθηση, είναι κατάλληλες για την απομάκρυνση σημαντικού ποσοστού ανεπιθύμητων συστατικών που βρίσκονται στις δευτεροβάθμιες εκροές. Συνεπώς, η επιλογή πρέπει να γίνεται με βάση το ποιά τεχνολογία διήθησης από τις δύο είναι κατάλληλη για την εφαρμογή που έχει.



Πίνακας 10. Χαρακτηριστικά των διεργασιών της μικροδιήθησης και υπερδιήθησης.

Παράμετρος	Μικροδιήθηση	Υπερδιήθηση
<b>Διάμετρος κατακρατούμενων σωματιδίων (μm)</b>	0,08-2	0,005-0,2
<b>Κατακρατούμενα είδη</b>	Μικρά αιωρούμενα στερεά, κάποια κολλοειδή, πολλά βακτηρίδια	Οργανικά με μοριακό βάρος μεγαλύτερο του 1000, τα περισσότερα βακτήρια, ιούς, κολλοειδή
<b>Ταχύτητα διήθησης (L/m<sup>2</sup> d)</b>	400-1600	400-800
<b>Πίεση λειτουργίας (bar)</b>	0,07-1	0,7-7
<b>Κατανάλωση ενέργειας (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	0,4	3,0
<b>Ποσοστό ανάκτησης (%)</b>	94-98	70-80

Προκειμένου να επιλέξουμε σωστά τον τύπο της διεργασίας που θα χρησιμοποιήσουμε (MF ή UF), θα πρέπει να έχουμε υπόψιν μας κάποιες παραμέτρους όπως η σύσταση του προς επεξεργασία αποβλήτου, η επιθυμητή ποιότητα του διηθήματος και το κόστος της κάθε διεργασίας. Σημαντικό επίσης, είναι να γνωρίζουμε ότι από τη στιγμή που έχει αποφασιστεί να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία μεμβρανών, η επιλογή του κατάλληλου συστήματος πρέπει να βασιστεί στην αρχή της χρήσης της λιγότερο πολύπλοκης διεργασίας. Δηλαδή να προτιμηθεί η μικροδιήθηση της υπερδιήθησης, εάν το παραγόμενο διήθημα ικανοποιεί τις ανάγκες της διεργασίας(Γκίκας,2011). Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι και οι δύο μέθοδοι έχουν την δυνατότητα να απομακρύνουν μικροοργανισμούς (με την υπερδιήθηση να υπερτερεί) αλλά καμία μέθοδος δεν μπορεί να παράγει διήθημα με μικροβιακό φορτίο που να καλύπτει τα όρια της νομοθεσίας για απεριόριστη άρδευση αστικού πρασίνου. Η ισχύουσα νομοθεσία συνιστά την χρήση υπερδιήθησης, αν και τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά του ανακτημένου νερού θα μπορούσαν να ικανοποιηθούν και με μικροδιήθηση.

Σε πολλές περιπτώσεις η δευτεροβάθμια εκροή μπορεί να τροφοδοτηθεί κατευθείαν στα συστήματα μεμβρανών. Σε κάποιες περιπτώσεις όμως, μπορεί να χρειαστεί κάποιου είδους προεπεξεργασία όπως μικροεσχάρωση, διύλιση, επιφανειακή διήθηση ή διόρθωση pH.



Τόσο οι μεμβράνες μικροδιήθησης όσο και οι μεμβράνες υπερδιήθησης απαιτούν τακτική έκπλυση, για να καθαρίσουν οι πόροι τους. Εκτός από την έκπλυση, τα συστήματα μεμβρανών απαιτούν και χημικό καθαρισμό για ανάσχεση της μόνιμης απόφραξης των πόρων των μεμβρανών. Η συχνότητα του χημικού καθαρισμού είναι πολύ πιο αργή από αυτή της έκπλυσης. Η διάρκεια ζωής των μεμβρανών εξαρτάται από τον τύπο των μεμβρανών, την ποιότητα του αποβλήτου και τις συνθήκες λειτουργίας και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 5 έως 10 το πολύ έτη. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συστημάτων μεμβρανών, σε σχέση με συμβατικά συστήματα απομάκρυνσης σωματιδίων φαίνονται παρακάτω:

**Πίνακας 11. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συστημάτων μεμβρανών, σε σχέση με συμβατικά συστήματα απομάκρυνσης σωματιδίων.**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"><li>• Μπορούν να μειώσουν την ανάγκη για χρήση χημικών</li><li>• Απαιτούν 50-80% μικρότερο εμβαδόν έδρασης σε σχέση με συμβατικά συστήματα</li><li>• Μπορούν να λειτουργήσουν αυτοματοποιημένα, με μειωμένες απαιτήσεις παρακολούθησης</li><li>• Νέου τύπου μεμβράνες επιτρέπουν την λειτουργία τους σε χαμηλές πιέσεις</li><li>• Απομακρύνουν πρωτόζωα, κύστες, ωοκύστες, και ωά ελμίνθων, καθώς βακτήρια και ιούς σε περιορισμένο βαθμό</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Σχετικά μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ειδικά για συστήματα υψηλής πίεσης</li><li>• Πιθανόν να απαιτηθεί προεπεξεργασία για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος απόφραξης (με συνεπακόλουθο αυξημένο κόστος και αυξημένες απαιτήσεις σε εμβαδό έδρασης)</li><li>• Ίσως απαιτηθεί διαχείριση των προϊόντων έκπλυσης και των συμπυκνωμάτων</li><li>• Απαιτείται αντικατάσταση των μεμβρανών κάθε 5-10 έτη</li><li>• Πιθανόν να δημιουργηθεί ποური στην επιφάνεια των μεμβρανών</li><li>• Η παροχή βαίνει βαθμιαία μειούμενη με τον χρόνο λειτουργίας</li><li>• Δεν υπάρχουν αξιόπιστοι και χαμηλού κόστους τρόποι παρακολούθησης της λειτουργίας τους</li></ul>



#### 6.2.2.3.1. Μεμβράνες MBR

Η μέθοδος MEMBRANE BIOREACTOR (MBR), αποτελεί μέθοδο ενεργού ιλύος με πολύ έντονο χαρακτήρα βιοδιάσπασης της οργανικής ύλης σε συνδυασμό με διύλιση (Μικροδιύλιδη ή Υπερδιύλιση-(MF ή UF )) σε αντικατάσταση των δεξαμενών τελικής καθίζησης. Το χρησιμοποιούμενο μέσο είναι προφανώς οι μεμβράνες νέας τεχνολογίας.

Οι μεμβράνες αυτές έχουν σχετικά μεγάλο βαθμό διαπερατότητες με πόρους από 0,01 $\mu\text{m}$  ως 1,0 $\mu\text{m}$ , τοποθετούνται είτε εντός του αεριζόμενου βιοαντιδραστήρα (sMBR), είτε εκτός αυτού (sidestream MBR).

Με την μέθοδο αυτή επιτυγχάνονται μεγάλοι βαθμοί επεξεργασίας (SSE =0,00 α/1 ,B.O.D.5 < 5mg/1 ), ενώ η απαιτούμενη έκταση είναι περίπου το 1/10 μιας κλασσικής μονάδος παρατεταμένου αερισμού.

Η πλεονάζουσα ιλύς είναι η ελάχιστη δυνατή και πλήρως σταθεροποιημένη. Όλη η μονάδα τοποθετείται εντός οικίσκου προσαρμοσμένου στο περιβάλλον της περιοχής, γεγονός που καθιστά την μέθοδο αυτή πολύ ελκυστική για τουριστικές περιοχές με ακριβή κτήση γης.

Το κόστος κατασκευής μιας τέτοιας μονάδος είναι περίπου ίδιο η κατά τι μικρότερο μιας αντίστοιχης κλασσικής μονάδος ενεργού ιλύος, ενώ το κόστος λειτουργίας/συντήρησης είναι περίπου 5% ως 10% υψηλότερο αλλά με σαφείς τάσεις μείωσης.

Η μέθοδος αυτή μπορεί να αποτελέσει αυτοτελή επεξεργασία, μετά από κάποια ειδική απλή προεπεξεργασία, η συμπλήρωμα επεξεργασίας σε υφιστάμενες μονάδες ως τριτογενής επεξεργασία και είναι πλέον κατάλληλη ως αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων.



### Ανάλυση της μεθόδου

Η μέθοδος MBR είναι αρκετά διαδεδομένη στην Β. Αμερική και στην Ευρώπη. Μέχρι τα μέσα του 2004, η WERF ( Water Environment Research Foundation ), αναφέρει πάνω από 1000 τέτοιες εγκαταστάσεις ανά την υφήλιο. Η μεγαλύτερη εγκατάσταση MBR ευρίσκεται στην Brescia της Ιταλίας με δυναμικότητα 42.000 m<sup>3</sup>/d.

Η MBR λειτουργεί σαν μονάδα ενεργού ιλύος με MLSS της τάξης των 12 gr/m<sup>3</sup> ως 20 gr/m<sup>3</sup>, και ηλικία λάσπης 30 ως 60 ημέρες, ελαχιστοποιώντας τον υδραυλικό χρόνο παραμονής και την πλεονάζουσα ιλύ που είναι πλήρως σταθεροποιημένη, ενώ οι τεράστιες δεξαμενές καθίζησης αντικαθίστανται από μονάδες διύλισης (μέσω μεμβρανών) τύπου MF ή UF με πόρους από 0,01μm ως 1μm και κατά μέσον ορό 0,4 μm.

Η επανακυκλοφορία της ενεργού ιλύος, (side-stream MBR), γίνεται με ταχείς ρυθμούς της τάξης των 5\*Q, σε αντίθεση με τα κλασσικά συστήματα ενεργού ιλύος που κυμαίνεται από 0,5\*Q ως 1,5\*Q.

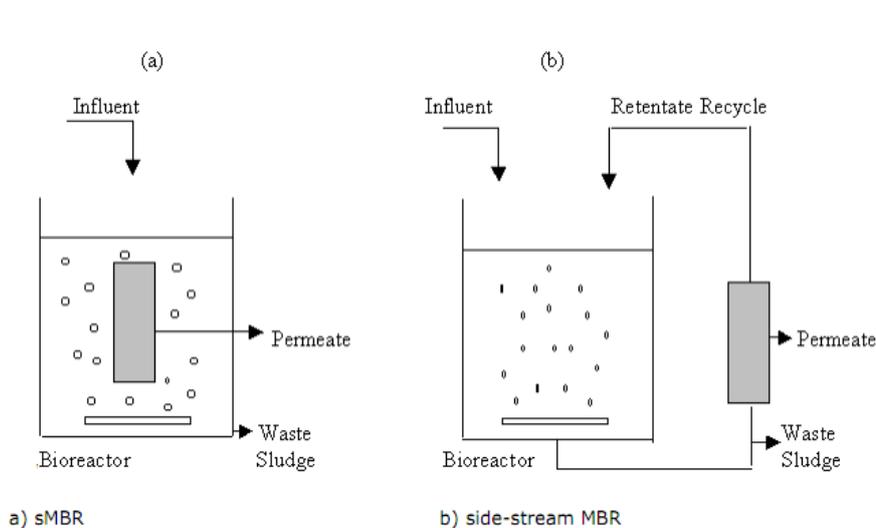
Η μεγάλη συγκέντρωση της βιομάζας στον βιολογικό αντιδραστήρα έχει ως συνέπεια την παντελή διάσπαση της οργανικής ύλης (ελάχιστη πλεονάζουσα ιλύς) και την νιτροποίηση μέσα σε περίπου 3 ώρες κατά μέσον ορό. Η συμπίκνωση της πλεονάζουσας ιλύος είναι της τάξης m=1,2.

Η παραγωγή περίσσειας ιλύος θεωρητικά είναι περίπου 0,00 Kgr/Kgr BOD, αλλά πρακτικά μπορεί να φθάσει και μέχρι 0,15 Kgr/Kgr BOD. Το πρόβλημα του «μπουκώματος» των μεμβρανών χρήζει μεγάλης προσοχής και αντιμετωπίζεται τόσο με την σημερινή ποιότητα των μεμβρανών, όσο και με την πρέπουσα προεπεξεργασία των λυμάτων, όπως είναι η μικροεσχαρωση σε εν σειρά στάδια (π.χ. δυο εν σειρά μικροεσχάρες ανοιγμάτων 0,002 εκ. και 0,0008 εκ.).



Ο καθαρισμός των μεμβρανών επιτυγχάνεται συνήθως μέσω του αερισμού (Μεγάλες φυσαλίδες, sMBR) ή με αντίστροφη έκπλυση, και κατά τακτά διαστήματα με χρήση χημικών διαλυμάτων, ενώ η ζωή μιας τέτοιας μεμβράνης κυμαίνεται από 3 ως 10 χρόνια, γεγονός που εξαρτάται από την ποιότητα των εισερχόμενων λυμάτων, την ποιότητα της μεμβράνης και την μέθοδο προεπεξεργασίας.

Δεδομένου ότι η ιλύς επαναφέρεται συνεχώς στον βιοαντιδραστήρα, που λειτουργεί κάτω από συνθήκες έντονης βιοδιασπάσης της οργανικής ύλης, η πλεονάζουσα ιλύς είναι ποσοτικά παρά πολύ λίγη σε σχέση με την κλασική μονάδα ενεργού ιλύος και αρκετά λιγότερη σε σχέση με τον παρατεταμένο αερισμό. Το MBR σύστημα λειτουργεί είτε με εμβαπτιζόμενες μεμβράνες στον βιοαντιδραστήρα (sMBR) είτε με εξωτερικές μεμβράνες (side-stream MBR). (Ζαχαρίας, 2011)



Εικόνα 18. Τυπικά συστήματα MBR

Αμφότερα τα συστήματα MBR έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα κυριότερα εξ αυτών είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 12. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα των 2 μεθόδων MBR (Πηγή: Ζαχαρίας, 2011)

Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα των 2 MBR σχημάτων

Τυπος MBR	sMBR	side-stream MBR
Κοστος Αερισμου	Υψηλο (90%)	Χαμηλο (20%)
Κοστος Αντλησης	Πολυ χαμηλο (28%)	Υψηλο (60% ως 80%)
Απαιτ. Εκταση	Μεγαλυτερη	Μικροτερη
Συχνοτης καθαφ. Μεμβρ.	Μικροτερη	Μεγαλυτερη
Λειτουργικα Εξοδα	Μικροτερα	Μεγαλυτερα
Κοστος Κατασκευης	Μεγαλυτερο	Μικροτερο

Το κόστος κατασκευής μιας τυπικής μονάδος MBR είναι περίπου το ίδιο ή κατά τι μικρότερο μιας αντίστοιχης μονάδος παρατεταμένου αερισμού, αλλά με ποιότητα επεξεργασμένων λυμάτων σαφώς πολύ καλύτερη.

Το κόστος λειτουργίας/συντήρησης (Λ/Σ), αν και έχει συνεχώς τάσεις μείωσης, είναι κατά τι μεγαλύτερο εκείνου μιας αντίστοιχης μονάδος ενεργού ιλύος και συνίσταται κυρίως στο ενεργειακό κόστος και στο κόστος αντικατάστασης των μεμβρανών και κυμαίνεται σήμερα περίπου στο 105% ως 110% του Λ/Σ κόστους μιας αντίστοιχης μονάδος παρατεταμένου αερισμού.



Εικόνα 19. Σύστημα MBR/Μεμβράνες MBR/Ενσωμάτωση συστήματος



Συνοψίζοντας τα κυριότερα χαρακτηριστικά μιας μονάδος MBR και συγκρίνοντας τα με τα αντίστοιχα μιας κλασσικής μονάδος ενεργού ιλύος, παραθέτουμε τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 13. Σύγκριση Μονάδων Παρατ. Αερισμού και MBR

α/α	Παράμετρος	Παρατ. Αερισμός	MBR
1	Ποιότητα Λυμάτων	Επεξ. Πολύ Καλή	Άριστη
2	Απαιτούμενη (m <sup>2</sup> /PE)	Έκταση 0,5 έως 1,0	0,10
3	Αισθητική Διάσταση	Αρνητική	Προσαρμογή στο Περιβάλλον
4	Λειτουργία/Συντήρηση (Λ/Σ)	Πολλαπλό Ειδ. Προσωπικό	Ελάχιστο Ειδ. Προσωπικό
5	Ευελιξία Επέκτασης/Περιορισμός Μονάδας	Αρκετά δύσκολη	Απόλυτη και Εύκολη
6	Οσμές	Σπανίως αλλά πιθανές	Καμία (κλειστό κυκλ.)
7	Κόστος Κατασκευής	Μεγάλο	Μικρότερο (ελάχιστα)
8	Κόστος Λ/Σ	Σημαντικό	Μεγαλύτερο



### 6.2.3. Συστήματα απολύμανσης

Ο όρος απολύμανση αναφέρεται στην μερική καταστροφή και απενεργοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών εξ' αιτίας της έκθεσής τους σε χημικά ή σε ακτινοβολίες. Η απολύμανση συνήθως είναι η διεργασία που υφίσταται κάποιο απόβλητο, και γ' αυτό είναι σημαντική η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου. Τα κριτήρια επιλογής όσον αφορά την μέθοδο της απολύμανσης είναι η ποιότητα του αποβλήτου στην είσοδο της διάταξης απολύμανσης, η ζητούμενη ποιότητα του απολυμασμένου νερού και από το κόστος της διεργασίας. Είναι πιθανό η βέλτιστη διεργασία απολύμανσης να αποτελείται από συνδυασμό δύο μεθόδων. Ο στόχος ο οποίος τίθεται στην ουσία με την διεργασία της απολύμανσης είναι η επίτευξη των εκάστοτε ποιοτικών κριτηρίων για την επαναχρησιμοποίηση του νερού.

Οι μέθοδοι που καλούμαστε να επιλέξουμε ουσιαστικά είναι τρεις (3):

1. της χλωρίωσης,
2. του οζονισμού και
3. της ακτινοβολίας με υπεριώδεις ακτίνες (UV).

#### 6.2.3.1. Χλωρίωση

Η χλωρίωση είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος απολύμανσης, και χρησιμοποιείται τόσο για απολύμανση του πόσιμου νερού, όσο και των εκροών των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Η απολύμανση με χλώριο μπορεί να γίνει είτε με απ' ευθείας προσθήκη χλωρίου ( $\text{Cl}_2$ ) είτε με προσθήκη υποχλωριώδους νατρίου ( $\text{NaOCl}$ ) ή υποχλωριώδους ασβεστίου ( $\text{Ca(OCl)}_2$ ). Στην Ελλάδα, ο πιο διαδεδομένος τρόπος χλωρίωσης είναι με προσθήκη υποχλωριώδους νατρίου ή με την προσθήκη μοριακού χλωρίου (για σχετικά μεγάλες εγκαταστάσεις).



Η απολυμαντική του δράση είναι συνάρτηση αφ' ενός του είδους μικροοργανισμών που βρίσκονται στο απόβλητο και αφ' εταίρου ενός πλήθους άλλων παραγόντων, μεταξύ των οποίων είναι η σύσταση του αποβλήτου με ιδιαίτερη σημασία στο pH, την συγκέντρωση στερεών, την συγκέντρωση αμμωνίας και την θερμοκρασία. Η απολυμαντική δράση του χλωρίου δεν είναι ακαριαία. Οι χρόνοι επαφής του χλωρίου με το απόβλητο συνήθως είναι μεταξύ 30 και 120 min.

Μειονεκτήματα όσον αφορά την χρήση χλωρίου στην απολύμανση είναι η τυχόν παραγωγή κάποιων χλωρο-τοξικών ενώσεων καθώς και οι υψηλότεροι χρόνοι που απαιτούνται σε σχέση με εναλλακτικές τεχνολογίες που οδηγούν με την σειρά τους σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις. Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματά του είναι ότι η μέθοδος είναι γενικά αποδεκτή από τις Ελληνικές Υγειονομικές Αρχές, καθώς επίσης και η υπολειμματική του δράση. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι εάν η υπολειμματική συγκέντρωση χλωρίου είναι πολύ υψηλή, πιθανόν να απαιτηθεί αποχλωρίωση.

### **6.2.3.2. Οζονισμός**

Το όζον παράγεται όταν μόρια οξυγόνου ( $O_2$ ), με την προσθήκη ενέργειας, μετατρέπονται σε ατομικό οξυγόνο ( $|O|$ ) τα οποία στην συνέχεια αντιδρούν με μοριακό οξυγόνο και δημιουργούν ένα ασταθές αέριο, το όζον ( $O_3$ ). Το όζον συνήθως παρασκευάζεται κοντά στο σημείο εφαρμογής με χρήση ειδικής διάταξης η οποία παράγει υψηλές τάσεις σε ένα χώρο όπου υπάρχει οξυγόνο. Το παραγόμενο όζον εισάγεται αμέσως μετά την δημιουργία του στην δεξαμενή επαφής, ενώ το υπολειπόμενο όζον, στην αέρια φάση που εξέρχεται της δεξαμενής επαφής, καταστρέφεται. Η απολυμαντική δράση του όζοντος συνίσταται στην οξείδωση και καταστροφή των κυτταρικών τοιχωμάτων των μικροοργανισμών. Το όζον επίσης μπορεί να καταστρέψει κάποια νουκλεϊκά οξέα, καθώς και να λύσει τους δεσμούς άνθρακα-αζώτου.



Η δράση του όζοντος δεν επηρεάζεται γενικά από την παρουσία αμμωνίας στο απόβλητο ούτε από το pH. Εάν υπάρχουν οργανικά στο απόβλητο (π.χ.: COD, BOD), τότε πιθανόν να καταναλωθεί ποσότητα όζοντος για την οξείδωση μέρους των οργανικών, ανάλογα με την σύστασή τους. Ομοίως παρουσία αιωρούμενων στερεών (TSS) αυξάνει την ποσότητα καταναλωμένου όζοντος, καθώς επίσης προσφέρει προστασία σε μικροοργανισμούς. Σε κάθε περίπτωση, η προστασία που προσφέρεται στους μικροοργανισμούς εξ αιτίας της παρουσίας αιωρούμενων στερεών είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με την χλωρίωση και την ακτινοβολήση με UV. Ο χρόνος επαφής του όζοντος συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 10 και 30 min, με τυπική τιμή 15 min.

Το όζον εκτός από την καταστροφή κολοβακτηριδίων καταστρέφει τους περισσότερους τύπους ιών καθώς (σε σχετικά μικρότερο βαθμό) πρωτόζωα και κύστες.



**Εικόνα 20. Τυπική διάταξη παραγωγής όζοντος (οζονιστήρας)**

Σημαντική διαφορά από την απολύμανση με χλώριο είναι ότι το όζον δεν παράγει χλωριωμένα παραπροϊόντων, παράγονται όμως διάφορα άλλα προϊόντα σε σημαντικές ποσότητες που πρέπει να επεξεργαστούν έτσι ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα με την δημόσια υγεία.



Ο οζονισμός είναι μια αρκετά αποτελεσματική μέθοδος απολύμανσης, ωστόσο δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος, κυρίως λόγω του υψηλότερου κόστους και της μεγάλης πολυπλοκότητας της διεργασίας, σε σχέση με την χλωρίωση και την ακτινοβόληση με UV, καθώς και λόγω της έλλειψης της υπολειμματικής του δράσης. Η χρήση του οζονισμού ως (αντί χλωρίωσης) ως μέθοδος απολύμανσης στην Ελλάδα, δεν είναι η πλέον ενθαρρυντική μιας και απαιτείται ειδική άδεια από τις υγειονομικές αρχές της Χώρας μας.

### **6.2.3.3. Υπεριώδης ακτινοβολία (UV)**

Η υπεριώδης (UV) ακτινοβολία έχει μεταλλαξιογόνο δράση σε κάθε ζωντανό οργανισμό. Ειδικά για τους μικροοργανισμούς, έκθεσή τους σε υπεριώδη ακτινοβολία έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλης κλίμακας μεταλλάξεις στα νουκλεϊκά τους οξέα (DNA, RNA), με συνέπεια την διατάραξη μεταφοράς γενετικών πληροφοριών που οδηγεί στη αδρανοποίηση ή το θάνατό τους. Η απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία αποτελεί την τελευταία επεξεργασία του ανακτημένου αποβλήτου, πριν την τελική εφαρμογή. Η ακτινοβολία UV παράγεται από ειδικού τύπου λυχνίες οι οποίες περιέχουν υδράργυρο, και μπορούν να καταταχθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- ✚ χαμηλής πίεσης/ χαμηλής έντασης,
- ✚ χαμηλής πίεσης/ υψηλής έντασης και
- ✚ μέσης πίεσης/ υψηλής έντασης

Οι λυχνίες υψηλής πίεσης τοποθετούνται κυρίως σε εγκαταστάσεις με μεγάλες παροχές που δεν διαθέτουν αρκετό χώρο ώστε να χρησιμοποιηθούν λυχνίες χαμηλής πίεσης. Μεταξύ των λαμπτήρων χαμηλής πίεσης, οι λυχνίες υψηλής έντασης είναι προτιμητέες γιατί αποδίδουν σταθερά σε μεγαλύτερο θερμοκρασιακό εύρος και γιατί έχουν σχετικά μεγαλύτερο χρόνο ζωής. Τα συστήματα UV επίσης διακρίνονται σε δύο τύπους:

- 1) συστήματα ανοικτών καναλιών και



## 2) συστήματα κλειστών καναλιών

Τα συστήματα κλειστών καναλιών υπερέχουν ως προς την απόδοση, αφού οι λυχνίες διατηρούνται πιο καθαρές (δεν αναπτύσσονται μικροοργανισμοί στην επιφάνεια των λυχνιών) και επειδή η ροή του αποβλήτου είναι συνήθως πιο ομοιογενής. Πολλοί κατασκευαστές λυχνιών έχουν προσαρμόσει συστήματα αυτόματου καθαρισμού των λυχνιών. Τα συστήματα αυτά είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για συστήματα κλειστών καναλιών, καθώς και για λυχνίες υψηλής απόδοσης.

Η ακτινοβολία UV μπορεί να αδρανοποιήσει σχεδόν όλους τους μικροοργανισμούς. Οι δόσεις ακτινοβολίας UV για την παραγωγή ανακτημένου νερού κατάλληλου για απεριόριστες αρδευτικές εφαρμογές, σύμφωνα με την οδηγία της πολιτείας της Καλιφόρνιας δίνονται στον Πίνακα 2(Παράρτημα II). Φαίνεται ότι οι σχετικές δόσεις UV κυμαίνονται μεταξύ 50 και 110 mJ/cm<sup>2</sup> (για δευτεροβάθμια εκροή μετά από μικροδιήθηση και μετά από απλή καθίζηση, αντίστοιχα). Η Ελληνική νομοθεσία (ΦΕΚ Β' 254, 2011) θέτει ως ελαχίστη δόση για απεριόριστη αγροτική χρήση και για αστική χρήση τα 60 mJ/cm<sup>2</sup>.



**Εικόνα 21. Τυπική διάταξη απολύμανσης διηθημένων δευτεροβάθμιων εκροών με υπεριώδη ακτινοβολία.**

Η ακτινοβολία UV απαιτεί σημαντικά μικρότερους χρόνους επαφής (σε σχέση με την χλωρίωση και τον οζονισμό), που συνήθως



κυμαίνονται μεταξύ 20-30 sec. Αυτό που έχει ιδιαίτερη σημασία κατά τον υπολογισμό της δόσης είναι η διαπερατότητα (transmittance) του αποβλήτου στην ακτινοβολία UV και αυτό διότι πχ απόβλητα με μικρή διαπερατότητα απαιτούν μεγαλύτερες δόσεις UV. Έχει υπολογιστεί ότι για δευτεροβάθμιες εκροές που έχουν υποστεί διύλιση, μικροδιήθηση ή αντίστροφη όσμωση, οι αντίστοιχες διαπερατότητες είναι 55%, 65% και 90%, αντίστοιχα. Η Ελληνική νομοθεσία (ΦΕΚ Β' 254, 2011) θέτει ως ανώτατο επιτρεπτό ποσοστό διαπερατότητας το 70%. Η απολυμαντική δράση της ακτινοβολίας UV εξαρτάται επίσης από την σύσταση του αποβλήτου και την παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων (πχ λόγω διάθλασης ή σκίασης). Για τον λόγο αυτό ακτινοβολία UV έχει καλύτερα αποτελέσματα σε υγρά απόβλητα με χαμηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Η παρουσία COD ή BOD στο απόβλητο δεν επηρεάζει την απολυμαντική ικανότητα της ακτινοβολίας UV. Η υπερϊώδης ακτινοβολία δεν έχει υπολειμματική δράση διότι η επίδρασή της παύει με την έξοδο των μικροοργανισμών από τον χώρο ακτινοβολήσης.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της απολύμανσης με εφαρμογή υπερϊώδους ακτινοβολίας είναι:

- ❖ η αποτελεσματικότητά της
- ❖ το γεγονός ότι δεν παράγονται τοξικά παραπροϊόντα,
- ❖ η απλότητα και ασφάλεια εφαρμογής της μεθόδου και
- ❖ το μικρό μέγεθος της εγκατάστασης.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα είναι:

- η έλλειψη υπολειμματικής δράσης,
- οι αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις,
- το υψηλό κόστος και
- η ανάγκη αντικατάστασης των λυχνιών.



### 6.3. Προτεινόμενα συστήματα

#### 6.3.1. Εισαγωγή

Πιο πάνω αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τεχνολογιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάκτηση νερού στην Κυπαρισσία και στα Φιλιατρά. Επίσης, αναφέρθηκαν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε τεχνολογίας. Σε αυτή την παράγραφο θα συνεκτιμηθούν τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τεχνολογιών ώστε να προταθούν οι πλέον κατάλληλες τεχνολογίες για την κάθε πόλη ξεχωριστά, με βάση το πλαίσιο σχεδιασμού που περιγράφεται στην παράγραφο 5.1. Βασικά κριτήρια για την επιλογή των καταλληλότερων τεχνολογιών είναι:

- ✓ η παραγωγή σταθερής εκροής που να πληρεί τα κριτήρια και
- ✓ το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας.

Όπως γράφτηκε πιο πάνω, η παρούσα εργασία προτίθεται να εκτιμήσει την δυνατότητα ανάκτησης μέρους των επεξεργασμένων εκροών της Κυπαρισσίας και των Φιλιατρών, για άρδευση χώρων αστικού πρασίνου. Η διανομή του ανακτημένου νερού θα μπορεί να γίνει εφ' όσον κατασκευαστεί αυτόνομο δίκτυο διανομής. Η ημερήσια ποσότητα ανακτημένου νερού σε πρώτη φάση στην Κυπαρισσία θα είναι της τάξης των 1.000m<sup>3</sup> ενώ στην περίπτωση των Φιλιατρών θα είναι αντίστοιχα 200 m<sup>3</sup>. Η εγκαταστάσεις ανάκτησης νερού θα έχουν την δυνατότητα επέκτασης, ώστε μελλοντικά να μπορεί να ανακτάται το σύνολο της εκροής της αντίστοιχης εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και ενδεχόμενα να υπάρξει η δυνατότητα και για άλλες χρήσεις επαναχρησιμοποίησης (π.χ αγροτική άρδευση). Για την ανάκτηση νερού για αστικές και περιαστικές εφαρμογές, η χρήση μεμβρανών υπερδιήθησης είναι ουσιαστικά μονόδρομος, παρόλο που σχετική νομοθεσία επιτρέπει την εφαρμογή κι άλλων τεχνολογιών με ισοδύναμο αποτέλεσμα.



### 6.3.2. Ανάκτηση με χρήση μεμβρανών

Η ποιότητα εκροής που επιβάλλει η Ελληνική νομοθεσία (ΦΕΚ Β' 254, 2011) για επαναχρησιμοποίηση νερού για αστικές και περιαστικές χρήσεις, ως προς την συγκέντρωση ολικών κολοβακτηριδίων, είναι σημαντικά ανώτερη από αυτή της πολιτείας της Καλιφόρνιας. Η ανωτερότητα της ποιότητας δεν προκύπτει ουσιαστικά από το όριο όπου η διαφορά είναι σχεδόν ασήμαντη (2,2 TC/100mL για Καλιφόρνια, 2 TC/100mL για την Ελλάδα), αλλά στην απαίτηση των Ελληνικών κανονισμών να επιτυγχάνεται η τιμή αυτή στο 80% των δειγμάτων την ίδια στιγμή όπου η Καλιφόρνια απαιτεί σχεδόν την ίδια τιμή στο 50% των δειγμάτων. Σύμφωνα λοιπόν με αυτούς τους αυστηρούς περιορισμούς, η χρήση μικροδιήθησης, υπερδιήθησης ή χρήση της τεχνολογίας MBR (MEMBRANE BIOREACTOR) θεωρείται ότι θα θωρακίσει την διεργασία με ιδιαίτερα υψηλή αξιοπιστία ως προς την ποιότητα του παραγόμενου νερού. Ακόμη, η απαίτηση για συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών μικρότερη των 2 mg/L (στο 80% των δειγμάτων) μας οδηγεί αυτόματα στην χρήση μεμβρανών, αφού είναι σχεδόν αδύνατο, να επιτευχθεί τόσο χαμηλή συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών με διεργασίες διήθησης ή διύλισης.

Θεωρητικά, η δευτεροβάθμια εκροή μπορεί να τροφοδοτηθεί απ' ευθείας στις μεμβράνες MF ή UF . Προκειμένου όμως να υπάρξει εγγυημένη καλή λειτουργία, θα ήταν φρόνιμο πριν την τροφοδότηση της εκροής στις μεμβράνες να υπάρξει στοιχειώδης διήθηση ή διύλιση. Για αυτό τον σκοπό, θα ήταν καλή η χρήση ενός απλού αμμοδιυλιστηρίου πίεσεως ή ενός συστήματος υφασμάτινου ηθμού, εφόσον όμως έχει προηγηθεί κροκίδωση. Ένα σύστημα κροκίδωσης με στατικό αναμείκτη θεωρείται κατάλληλη λύση, διότι δεν απαιτεί ιδιαίτερο χώρο εγκατάστασης και επίσης δεν καταναλώνει ενέργεια.

Εάν χρησιμοποιηθούν μεμβράνες υπερδιήθησης, το ανακτημένο νερό κατά την έξοδό του από το σύστημα μεμβρανών θεωρητικά θα είναι απαλλαγμένο κολοβακτηριδίων. Η ακτινοβολία UV για την απολύμανση της εκροής, θα πρέπει απαραίτητα να είναι τουλάχιστον 60 mJ/cm<sup>2</sup>, ώστε να ικανοποιείται η επιταγή της νομοθεσίας (ΦΕΚ Β' 254, 2011), παρόλο που η λειτουργία της είναι ικανοποιητική και σε χαμηλότερες τιμές. Ανάμεσα στις



διάφορες τεχνολογίες συστημάτων απολύμανσης με ακτινοβολία UV προτείνεται ο τύπος κλειστών καναλιών (για την αποφυγή επιμολύνσεων στο ανοικτό κανάλι) με λυχνίες χαμηλής πίεσης/ισχυρής έντασης. Το ανακτημένο νερό στην έξοδο του συστήματος υπερδιήθησης αναμένεται να πληρεί τα χαρακτηριστικά που ορίζει η νομοθεσία.

Σε περίπτωση που επιλεγεί διήθηση με μεμβράνες MF αντί UF, αναμένεται μικρή συγκέντρωση ολικών κολοβακτηριδίων, μη ικανή να δημιουργήσει πρόβλημα μετά την απολύμανση. Η τεχνολογία απολύμανσης προτείνεται να παραμείνει ίδια με την προηγούμενη περίπτωση (UV στα 60-70 mJ/cm<sup>2</sup>). Στην περίπτωση αυτή αναμένεται ότι όλες οι παράμετροι θα είναι εντός των προδιαγραφών, κατά τι αυξημένες σε σχέση με την υπερδιήθηση.

Επίσης, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η χρήση μεμβρανών UF αποκλείει την ύπαρξη πρωτόζωων στο ανακτημένο νερό, ενώ από την άλλη αναμένεται οι μεμβράνες MF να καταναλώνουν 10-15% λιγότερη ενέργεια.

Ένας ακόμη παράγοντας που θα επηρεάσει την τελική επιλογή μας μεταξύ συστήματος UF και MF είναι το κόστος. Οι μεμβράνες UF είναι κατά κανόνα λίγο πιο ακριβές από τις MF. Η διαφορά αυτή εξαρτάται κυρίως από το υλικό κατασκευής της μεμβράνης. Ωστόσο, χρήση μεμβρανών UF συνεπάγεται χαμηλότερες απαιτήσεις σε ακτινοβολία UV, καθώς και κατά τι μικρότερο κόστος εξοπλισμού.

Σε περίπτωση χρήσης μεμβρανών τύπου MBR τα πράγματα είναι διαφορετικά. Το γεγονός ότι τα συστήματα αυτά μπορούν να ενσωματωθούν μέσα στην εκάστοτε ΕΕΛ (και όχι στην έξοδο της) μας οδηγεί σε έναν άλλο κύκλο ενεργειών, διαφορετικό από αυτόν που ακολουθούμε στις περιπτώσεις των MF και UF μεμβρανών. Έτσι, με την τοποθέτηση συστήματος MBR μεμβρανών, δεν χρειάζεται να κάνουμε χρήση ούτε κάποιου συστήματος διήθησης (π.χ. αμμοδιυλιστηρίου), καθώς επίσης δεν χρειάζεται να κάνουμε χρήση και κάποιου συστήματος κροκίδωσης. Με τα συστήματα MBR μπορεί να επιτευχθεί η απόλυτη μείωση των βακτηριδίων και των αιωρούμενων στερεών μέσα στον αντιδραστήρα.



Ομοίως και στην συγκεκριμένη περίπτωση θεωρούμε πως η μέθοδος απολύμανσης θα πρέπει να είναι η υπεριώδης ακτινοβολία UV στα 60-70 mJ/cm<sup>2</sup>. Η ποιότητα της εκροής και σε αυτήν την περίπτωση αναμένεται να είναι πολύ υψηλή.

Τα πλεονεκτήματα των μεμβρανών αυτών είναι οι μικρές απαιτήσεις σε εκτάσεις (ενσωματώνονται μέσα στο περιβάλλον της ΕΕΛ), η κατάργηση της δεξαμενής τελικής καθίζησης και χαμηλή παραγωγή λάσπης.

Όσον αφορά το κόστος, οι μεμβράνες MBR αναμένεται να καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια (5-10%) από UF και MF αντίστοιχα, αλλά να είναι φθηνότερες όσον αφορά το κόστος κατασκευής και εξοπλισμού.

#### **6.4. Εκτίμηση κόστους**

Οι κυριότεροι παράγοντες όσον αφορά την λήψη των αποφάσεων μας είναι οι εξής:

- I. Το κόστος
- II. η αξιοπιστία των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν

Το κόστος παραγωγής του ανακτημένου νερού είναι συνδυασμός:

- του κεφαλαιουχικού κόστους (κόστος κατασκευής) και
- του λειτουργικού κόστους (κόστος λειτουργίας)

##### **6.4.1. Κόστος εξοπλισμού**

Το κόστος εξοπλισμού μπορεί να εκτιμηθεί με διάφορους τρόπους όπως:

- Σύγκριση βάσει του κόστους παρόμοιων εγκαταστάσεων
- Βιβλιογραφικές αναφορές
- Επαφές με προμηθευτές

Η εκτίμηση κόστους στην παρούσα εργασία προέρχεται από συνδυασμό των πιο πάνω μεθόδων, με ιδιαίτερη βαρύτητα στην



τελευταία μέθοδο. Για την εκτίμηση κόστους προτιμήθηκαν αξιόπιστες εταιρίες.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, για ανάκτηση νερού, κατάλληλου για αστικές και περιαστικές χρήσεις (και συνεπώς κατάλληλου και για απεριόριστη αγροτική χρήση), με χρήση μεμβρανών, ο ελάχιστος απαιτούμενος εξοπλισμός περιλαμβάνει:

#### Για MF ή UF

- Υφασμάτινο Ηθμό ή Αυτοκαθαριζόμενο αμμοδιυληστήριο ανοδικής ροής
- στατικό αναμείκτη
- σύστημα δοσομέτρησης κροκιδωτικού
- σύστημα μεμβρανών (UF ή MF)
- σύστημα απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία UV
- σύστημα δοσομέτρησης υποχλωριώδους νατρίου.

#### Για MBR (τοποθετημένο εντός της υπάρχουσας δεξαμενής αερισμού)

- Σύστημα μεμβρανών MBR
- Σύστημα απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία UV
- Σύστημα δοσομέτρησης υποχλωριώδους νατρίου.

Για την εκτίμηση του συνολικού βασικού κόστους της εγκατάστασης (δεν περιλαμβάνεται το δίκτυο διανομής) πρέπει να προστεθούν τα κόστη των διεργασιών που την απαρτίζουν. Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης προκύπτει εάν στο κόστος του βασικού εξοπλισμού προστεθούν τα κόστη μεταφοράς (από την έδρα του αντιπροσώπου) και εγκατάστασης του εξοπλισμού και εκκίνησης της εγκατάστασης, καθώς και τα κόστη του βοηθητικού εξοπλισμού (σωληνώσεις, βάνες, καλώδια, αυτοματισμοί, ανάμειξη στην δεξαμενή αποθήκευσης) και των έργων υποδομής. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ανάλογα με την τελική διαμόρφωση της εγκατάστασης είναι πιθανό να απαιτηθεί η χρήση κάποιων αντλιοστασίων, φρεατίων και σωληνώσεων, τα οποία δεν έχουν συμπεριληφθεί στους σχετικούς υπολογισμούς.



Σύμφωνα με τον Πίνακα 14α, το κόστος του βασικού εξοπλισμού της εγκατάστασης στην Κυπαρισσία για ανάκτηση νερού με την τεχνολογία μεμβρανών MF ή UF εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 575.200-749.800 € πλέον ΦΠΑ, ενώ αντίστοιχα το κόστος βασικού εξοπλισμού της εγκατάστασης για ανάκτηση νερού με την τεχνολογία MBR εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 428.500-480.000 € πλέον ΦΠΑ.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 14β, το κόστος του βασικού εξοπλισμού της εγκατάστασης στα Φιλιατρά για ανάκτηση νερού με την τεχνολογία μεμβρανών MF ή UF εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 260.000-406.800 € πλέον ΦΠΑ, ενώ αντίστοιχα το κόστος βασικού εξοπλισμού της εγκατάστασης για ανάκτηση νερού με την τεχνολογία MBR εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 105.500-122.000 € πλέον ΦΠΑ.

Πίνακας 14α . Εκτιμώμενο κόστος διαφόρων επί μέρους διεργασιών και εκτιμώμενη ισχύς (δεν συμπεριλαμβάνεται ΦΠΑ) για την περίπτωση της Κυπαρισσίας.

Εξοπλισμός	Τυπικό εύρος κόστους (Ευρώ) χωρίς ΦΠΑ	Εκτιμώμενη ισχύς (kW)
Αυτοκαθαριζόμενο αμμοδιυλιστήριο ανοδικής ροής	50.000-60.000	0,2-0,3
Υφασμάτινος Ηθμός	80.000-90.000	0,5-2,4
Δοχείο κροκίδωσης πλήρες	9.000-18.000	0,8-1,0
Σύστημα δοσομέτρησης κροκιδωτικού	500-1000	0,1-0,2
Στατικός αναμεικτης για κροκίδωση	200-800	-
Μονάδα υπερδιήθησης με παρελκόμενα	530.000-600.000	3,8-6,4
Μονάδα μικροδιήθησης με παρελκόμενα	490.000-560.000	3,3-5,5
Σύστημα MBR	385.000-400.000	-
Σύστημα UV δόσης 60 mJ/cm <sup>2</sup> (αυτοκαθαριζόμενο)	25.000-35.000	0,5-0,7
Σύστημα UV δόσης 80 mJ/cm <sup>2</sup> (αυτοκαθαριζόμενο)	28.000-38.000	0,6-0,8
Σύστημα δοσομέτρησης υποκλωριώδους νατρίου	500-2.000	0,1-0,2



Πίνακας 14β . Εκτιμώμενο κόστος διαφόρων επί μέρους διεργασιών και εκτιμώμενη ισχύς (δεν συμπεριλαμβάνεται ΦΠΑ) για την περίπτωση των Φιλιατρών.

Εξοπλισμός	Τυπικό εύρος κόστους (Ευρώ) χωρίς ΦΠΑ	Εκτιμώμενη ισχύς (kW)
Αυτοκαθαριζόμενο αμμοδιυλιστήριο ανοδικής ροής	20.000-25.000	0,1-0,2
Υφασμάτινος Ηθμός	40.000-50.000	0,5-2,4
Δοχείο κροκίδωσης πλήρες	9.000-18.000	0,8-1,0
Σύστημα δοσομέτρησης κροκιδωτικού	500-1000	0,1-0,2
Στατικός αναμεικτης για κροκίδωση	200-800	-
Μονάδα υπερδιήθησης με παρελκόμενα	200.000-300.000	3,8-6,4
Μονάδα μικροδιήθησης με παρελκόμενα	225.000-280.000	3,3-5,5
Σύστημα MBR	80.000-82.000	-
Σύστημα UV δόσης 60 mJ/cm <sup>2</sup> (αυτοκαθαριζόμενο)	25.000-35.000	0,5-0,7
Σύστημα UV δόσης 80 mJ/cm <sup>2</sup> (αυτοκαθαριζόμενο)	28.000-38.000	0,6-0,8
Σύστημα δοσομέτρησης υποχλωριώδους νατρίου	500-2.000	0,1-0,2

#### 6.4.2. Λειτουργικό κόστος

Στην περίπτωση της διεργασίας ανάκτησης νερού, διακρίνονται επίσης διάφορα επί μέρους λειτουργικά κόστη, τα οποία δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν με ακρίβεια και έχουν να κάνουν με:

1. την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος
2. την κατανάλωση χημικών
3. την περιοδική αντικατάσταση των μεμβρανών
4. την περιοδική αντικατάσταση των λυχνιών UV
5. το κόστος υλικών συντήρησης
6. το κόστος των εργατικών
7. το κόστος των αναλύσεων
8. το κόστος διανομής



**Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος:** Η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος είναι συνάρτηση της ισχύος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και του χρόνου λειτουργίας του. Η περισσότερη ενέργεια καταναλώνεται από την διατάξεις των συστημάτων των μεμβρανών. Σε περίπτωση που επιλεγεί το ανακτημένο νερό να χρησιμοποιηθεί μόνο για απεριόριστες αγροτικές εφαρμογές, τα παραπάνω κόστη μειώνονται σχεδόν στο μισό.

**Κατανάλωση χημικών:** Αφορά την κατανάλωση κροκιδωτικών για την διεργασία της κροκίδωσης, χημικών για τον περιοδικό καθαρισμό των μεμβρανών MF ή UF ή MBR, των λυχνιών UV, αλλά και υποχλωριώδους νατρίου για υπολειμματική δράση. Τα κόστη των χημικών περιοδικού καθαρισμού των μεμβρανών MF ή UF ή MBR είναι σχετικά μικρά, με δεδομένο ότι ο καθαρισμός γίνεται μία φορά ανά ένα έως τέσσερις μήνες. Παρομοίως, το κόστος του υποχλωριώδους νατρίου είναι πολύ μικρό, αφού προστίθεται επικουρικά μετά την υπεριώδη ακτινοβολήση, για υπολειμματική δράση.

**Αντικατάσταση μεμβρανών MF/UF/MBR:** Οι κατασκευαστές των μεμβρανών MF ή UF ή MBR δίνουν εγγύηση καλής λειτουργίας των μεμβρανών για συνήθως έως και 3 έτη. Είναι δεδομένο ότι οι μεμβράνες πρέπει να αντικαθίστανται συνήθως ανά 5ετία, γεγονός που εμπεριέχει σημαντικό κόστος, που μπορεί να ανέλθει στα 60.000 € ανά αντικατάσταση (για μια μονάδα δυναμικότητας 1.000 m<sup>3</sup>/d).

**Αντικατάσταση λυχνιών UV:** Οι λυχνίες UV χάνουν μέρος της ακτινοβολίας τους με την πάροδο του χρόνου και πρέπει να αντικαθίστανται. Οι κατασκευαστές συνήθως δίνουν εγγύηση καλής λειτουργίας για 10.000-12.000 ώρες. Το κόστος αντικατάστασης των λυχνιών, για σύστημα παραγωγής 60 mJ/cm<sup>2</sup> δυναμικότητας 1.000 m<sup>3</sup>/d (Κυπαρισσία), εκτιμάται σε 3.500-5.000 € ανά αντικατάσταση, ενώ για δυναμικότητα 200 m<sup>3</sup>/d (Φιλιατρά), εκτιμάται σε 1.500-2.500 € ανά αντικατάσταση.



**Κόστος αναλύσεων:** Οι αναλύσεις για την μέτρηση κολοβακτηριδίων, BOD<sub>5</sub> και TSS και θολότητας δεν είναι ιδιαίτερα δαπανηρές. Για τις τρεις τελευταίες υπάρχει διαθέσιμος εξοπλισμός, ενώ το κόστος των αναλωσίμων είναι σχετικά μηδαμινό. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός, και το σχετικό κόστος προμήθειάς του, για την μέτρηση της συγκέντρωσης των κολοβακτηριδίων περιγράφεται αναλυτικά πιο κάτω (Κεφάλαιο 7.4).

Αναλύοντας τα παραπάνω, γίνεται σαφές ότι το σημαντικότερο λειτουργικό κόστος είναι το κόστος των χημικών ιδιαίτερα στην περίπτωση της Κυπαρισσίας. Στην περίπτωση των Φιλιατρών όπου προτείνεται η χρήση μεμβρανών MBR, το κόστος αυτό είναι μικρότερο μιας και δεν απαιτείται η αγορά κροκιδωτικού διαλύματος.



## 6.5. Επιλογή του συστήματος ανάκτησης νερού

Ουσιαστικά η νέα νομοθεσία (ΦΕΚ Β' 254, 2011) που διέπει την ανάκτηση νερού για αστικές ή περιαιστικές χρήσεις κατευθύνει σχεδόν αποκλειστικά σε συστήματα μεμβρανών.

### Κυπαρισσία

Όσον αφορά την πόλη της Κυπαρισσίας, η χρήση μεμβρανών τύπου MBR ουσιαστικά απορρίπτεται εξ' αρχής μιας και η χρήση τους απαιτεί επεμβάσεις πάνω στην ίδια την ΕΕΛ. Βασίζόμενοι στο γεγονός ότι η ΕΕΛ Κυπαρισσίας δεν έχει αρχίσει ακόμα να λειτουργεί, συνεπώς ο Δήμος Τριφυλίας δεν έχει αναλάβει τον πλήρη χειρισμό της, δεν θα θέλαμε σε καμία περίπτωση να επέμβουμε σε ένα έργο που βρίσκεται υπό την ευθύνη άλλων.

Η πρόταση μας λοιπόν σε αυτήν τη περίπτωση είναι ξεκάθαρα επιλογή ανάμεσα σε μεμβράνες μικροδιήθησης (MF) ή υπερδιήθησης (UF) με προτίμηση περισσότερο στις δεύτερες για τους λόγους που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα. Έτσι, η μόνη επέμβαση που θα χρειαστεί να κάνουμε θα είναι αποκλειστικά και μόνον στην έξοδο της εγκατάστασης υγρών αποβλήτων Κυπαρισσίας ανεξάρτητα από το υπόλοιπο έργο. Το ανακτημένο νερό αναμένεται να ικανοποιεί όλα τα κριτήρια ποιότητας και θα είναι κατάλληλο και για αγροτική άρδευση, αν και έχει μεγαλύτερο κόστος παραγωγής.

### Φιλιατρά

Σχετικά με την πόλη των Φιλιατρών, η επιλογή μεμβρανών τύπου MBR φαίνεται πιο ελκυστική. Σε αυτήν την περίπτωση έχουμε ήδη μία εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που λειτουργεί εδώ και καιρό υπό την ευθύνη του Δήμου. Εφόσον λοιπόν υπάρχει η δυνατότητα επέμβασης πάνω στην ίδια την ΕΕΛ, η χρήση μεμβρανών MBR κρίνεται ικανοποιητική μιας και είναι πιο οικονομική συνολικά στην κατασκευή, δεν χρειαζόμαστε αμμοδιυλιστήριο και σύστημα κροκίδωσης, δεν χρειαζόμαστε έργα πολιτικού μηχανικού στην έξοδο της εγκατάστασης, απαιτεί σχετικά μικρό χώρο και αποδίδει νερό υψηλής ποιότητας που πληρεί όλες τις προδιαγραφές επαναχρησιμοποίησης.



Όσον αφορά τις μεθόδους απολύμανσης, ουσιαστικά υπάρχει επιλογή μεταξύ της χλωρίωσης, του οζονισμού και της ακτινοβολίας UV. Η μέθοδος του οζονισμού είναι συγκριτικά πιο ακριβή σε σχέση με τις άλλες και γι' αυτό τον λόγο δεν προτείνεται παρόλο που είναι αρκετά αποδοτική. Η χλωρίωση έχει το μειονέκτημα της επιβάρυνσης του ανακτημένου νερού με χλώριο και με παραπροϊόντα της χλωρίωσης. Τέλος, το κύριο μειονέκτημα της ακτινοβολίας με UV είναι η έλλειψη υπολειμματικής δράσης.

Συνεπώς, ως καταλληλότερη μέθοδος προτείνεται η ακτινοβολία UV και για τις δύο περιπτώσεις (Κυπαρισσία-Φιλιατρά), ακολουθούμενη από προσθήκη μικρής ποσότητας υποχλωριώδους νατρίου, ώστε να διασφαλιστεί η υπολειμματική δράση.

*\*Πρέπει να σημειωθεί ότι η διεργασία που περιγράφηκε πιο πάνω δεν μπορούν να απομακρύνουν διαλυμένα άλατα. Εάν για οποιοδήποτε λόγο απαιτηθεί περαιτέρω μείωση της αγωγιμότητας τότε θα πρέπει να γίνει χρήση μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης.*



## 7. Συμπληρωματικά έργα

### 7.1. Εισαγωγή

Η παράγραφος αυτή αναφέρονται τα διάφορα έργα που απαιτούνται για την σύνδεση της εγκαταστάσεων ανάκτησης νερού με την υφιστάμενες εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Κυπαρισσίας και Φιλιατρών. Στα έργα αυτά συμπεριλαμβάνονται τα έργα πολιτικού μηχανικού για την εγκατάσταση του εξοπλισμού, τα έργα ηλεκτρολόγου μηχανικού, έργα για την συλλογή του ανακτημένου νερού, έργα για την διανομή του ανακτημένου νερού, καθώς και ο απαιτούμενος εργαστηριακός εξοπλισμός για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των ολικών κολοβακτηριδίων.

### 7.2. Έργα πολιτικού και ηλεκτρολόγου μηχανικού

#### **Κυπαρισσία**

Το έργο της ΕΕΛ Κυπαρισσίας έχει ολοκληρωθεί και βρίσκεται σε φάση δοκιμών. Η εκροή της ΕΕΛ μεταφέρεται με υφιστάμενο κερσαίο αγωγό προς βορειότερο σημείο της παραλίας, όπου και θα φορτίσει τον υφιστάμενο υποθαλάσσιο αγωγό. Στην πορεία του ο αγωγός διασταυρώνει την παραλιακή ζώνη της Κυπαρισσίας και την περιοχή του λιμανιού, όπου προγραμματίζονται σημαντικά έργα ανάπλασης.

Προτείνεται:

(α) η εγκατάσταση υπερ-διήθησης, η οποία θα επεξεργάζεται 1.000 m<sup>3</sup>/d (δηλαδή κλάσμα της παροχής εξόδου του βιολογικού) καθώς και μονάδα απολύμανσης. Θα παράγεται επομένως νερό κατάλληλο για άρδευση αστικού πρασίνου, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία (ΚΥΑ145116 ΦΕΚ 354Β/8-3-2011 «Καθορισμός Μέτρων, Όρων και Διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις»).



(β) Δεξαμενή αποθήκευσης ωφέλιμου όγκου 1.000 m<sup>3</sup> και πιεστικό συγκρότημα, το οποίο θα τροφοδοτεί δίκτυο άρδευσης. Το δίκτυο άρδευσης θα κατασκευαστεί στο πλαίσιο της ανάπλασης του λιμανιού και της παραλιακής ζώνης.

Όσον αφορά την περίπτωση (α), για την τοποθέτηση του εξοπλισμού απαιτείται η κατασκευή μιας βάσης από οπλισμένο σκυρόδεμα. Γενικά, δεν υπάρχει απαίτηση για την στέγαση όλου του εξοπλισμού, εκτός από κάποια επί μέρους στοιχεία του τα οποία ενδείκνυται να είναι στεγασμένα. Τέτοια είναι το σύστημα υπεριώδους ακτινοβολίας UV, το σύστημα μεμβρανών διήθησης (MF ή UF), ο υφασμάτινος ηθμός, οι δοσομετρικές αντλίες κροκίδωσης και χλωρίωσης και οι ηλεκτρολογικοί πίνακες.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί καθίζηση μετά την κροκίδωση (ανάλογα με το είδος διήθησης που θα επιλεγεί), θα πρέπει να κατασκευασθεί δεξαμενή καθίζησης από οπλισμένο σκυρόδεμα ή από χάλυβα μιας και το μέγεθός της προβλέπεται να είναι σχετικά μικρό (ο ωφέλιμος όγκος εκτιμάται <10 m<sup>3</sup>).

Επειδή η εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Κυπαρισσίας δεν έχει λειτουργήσει ώστε να έχουμε σαφείς μετρήσεις, θα ήταν εύλογη η κατασκευή δεξαμενής συλλογής της εκροής της εγκατάστασης, ώστε να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη τροφοδοσία της εγκατάστασης ανάκτησης νερού σε ώρες κατά τις οποίες η παροχή εκροής είναι μειωμένη (π.χ. νυχτερινές ώρες)\*. Όπως είναι φυσιολογικό, η παροχή ανακτημένου νερού κατά τους χειμερινούς μήνες θα είναι μειωμένη, λόγω μειωμένης παροχής εξόδου της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Για την περίπτωση (β), θα πρέπει να κατασκευαστεί δεξαμενή ύδρευσης, από όπου θα γίνεται η διανομή του νερού με βαρύτητα. Η δεξαμενή αυτή θα πρέπει να βρίσκεται σε υπερυψωμένο σημείο, εκτός της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της Κυπαρισσίας. Συνίσταται η κατασκευή κλειστής δεξαμενής (για την αποφυγή ανάπτυξης άλγεων), από οπλισμένο σκυρόδεμα που θα τροφοδοτείται από αντλιοστάσιο κατασκευασμένο εντός της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Κυπαρισσίας και θα λειτουργεί ως δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης ανακτημένου νερού.



Όσον αφορά την διασύνδεση της υφιστάμενης εγκατάστασης με την εγκατάσταση ανάκτησης νερού, θα απαιτηθεί η κατασκευή δεξαμενής εξοπλισμένης με αντλητικό σύστημα, μεταξύ της δευτεροβάθμιας καθίζησης και της δεξαμενής χλωρίωσης. Επίσης, θα πρέπει να κατασκευαστεί αγωγός μεταφοράς των δευτεροβάθμιων εκροών προς την εγκατάσταση ανάκτησης νερού και η κατασκευή σωληνώσεων για την επιστροφή των ιλύων, των συμπυκνωμάτων και των προϊόντων έκπλυσης των ηθμών στην είσοδο της πρωτοβάθμιας καθίζησης της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Τέλος, στον στεγασμένο χώρο πρέπει θα τοποθετηθεί ηλεκτρολογικός πίνακας για την εξυπηρέτηση των αναγκών των επιμέρους διεργασιών.

### **Φιλιατρά**

Σκεπτόμενοι με βάση την παραπάνω λογική και προσαρμοσμένοι στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των συστημάτων που έχουμε προτείνει για τα Φιλιατρά θα αναπτύξουμε μια σειρά από έργα που θα χρειαστεί να γίνουν και σε αυτή την περίπτωση.

Προτείνεται:

(α) Η αναβάθμιση της μονάδας επεξεργασίας, έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα επεξεργασίας παροχής μέχρι και  $200 \text{ m}^3/\text{d}$  με τεχνολογία MBR. Η μονάδα MBR θα ενταχθεί στην υφιστάμενη εγκατάσταση. Θα ακολουθεί μονάδα απολύμανσης με UV και μετα-χλωρίωση.

(β) Αντλιοστάσιο δυναμικότητας  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  και αγωγό HDPE 125 PN10 μήκους περίπου 800 μέτρων με σκοπό τη μεταφορά του επεξεργασμένου νερού προς τη δεξαμενή άρδευσης των γειτονικών αθλητικών εγκαταστάσεων.



Αρχικά λοιπόν (περίπτωση α), για την τοποθέτηση του εξοπλισμού που έχει επιλεγεί απαιτείται επίσης η κατασκευή βάσης από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η μόνη απαίτηση που υπάρχει για την στέγαση του εξοπλισμού εδώ αφορά το σύστημα υπεριώδους ακτινοβολίας UV, το σύστημα μεμβρανών τύπου MBR, και ο ηλεκτρολογικός πίνακας (δεν έχουμε ούτε αμμοδιυληστήριο, ούτε σύστημα κροκίδωσης).

Επειδή η ωριαία παροχή εκροής της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Φιλιατρών υπόκειται σε σημαντική διακύμανση, είναι απαραίτητη και σ' αυτήν την περίπτωση η κατασκευή δεξαμενής συλλογής της εκροής της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ώστε να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη τροφοδοσία της εγκατάστασης ανάκτησης νερού σε ώρες κατά τις οποίες η παροχή εκροής είναι μειωμένη (π.χ. την νύχτα).

Επίσης, πρέπει να κατασκευαστεί κλειστή δεξαμενή ύδρευσης σε υπερυψωμένο σημείο εκτός της ΕΕΛ από όπου θα γίνεται η διανομή του νερού με βαρύτητα. Η τροφοδοσία της δεξαμενής ύδρευσης θα γίνεται από αντλιοστάσιο που θα κατασκευαστεί εντός της εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Φιλιατρών και θα λειτουργεί ως δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης ανακτημένου νερού.

Για την διασύνδεση της ΕΕΛ με την εγκατάσταση ανάκτησης νερού, απαιτείται η κατασκευή δεξαμενής συνοδεία αντλητικού συστήματος, μεταξύ της δευτεροβάθμιας καθίζησης και της δεξαμενής χλωρίωσης και αγωγός μεταφοράς των δευτεροβάθμιων εκροών προς την εγκατάσταση ανάκτησης νερού.



### 7.3.1. Σταθερός εξοπλισμός

#### **Κυπαρισσία**

Ανάλογα με το υψόμετρο της περιοχής θα απαιτηθεί η χρήση συστήματος άντλησης για την τροφοδότηση της εγκατάστασης με δευτεροβάθμια εκροή (όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω). Το αντλητικό σύστημα προτείνεται να αποτελείται από δυο υποβρύχιες φυγοκεντρικές αντλίες με παροχή τουλάχιστον 20 m<sup>3</sup>/h, και μανομετρικό ανάλογο με τα υψόμετρα της περιοχής.

Το επιθυμητό είναι η μεταφορά νερού από διεργασία σε διεργασία να γίνεται με φυσική ροή αλλά εάν απαιτηθεί τυχόν ανύψωση νερού αυτή θα γίνει με χρήση κατάλληλων αντλιών.

Κατά τις διεργασίες διήθησης (επιφανειακής ή με μεμβράνες) και διύλισης παράγεται συνήθως κάποιο συμπύκνωμα. Το συμπύκνωμα αυτό, καλό θα είναι να συλλέγεται σε φρεάτιο και να αντλείται στην είσοδο της πρωτοβάθμιας καθίζησης της εγκατάστασης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, χρειάζονται μία ή δύο φυγοκεντρικές αντλίες αναλόγου παροχής και μανομετρικού, καθώς και η τοποθέτηση αγωγού, εκτός αν όλο αυτό δύναται να συντελεστεί με φυσική ροή.

Όσον αφορά τις λοιπές διεργασίες, για την κροκίδωση θα χρειαστεί η χρήση διάταξης παρασκευής διαλύματος ηλεκτρολύτη και δοσομέτρησης του κροκιδωτικού. Η δοσομέτρηση του διαλύματος κροκιδωτικού μπορεί να γίνει με χρήση μικρής αντλίας θετικής εκτόπισης. Ανάλογη αντλία, θα χρησιμοποιηθεί και για τη δοσομέτρηση διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου στον αγωγό όπου το ανακτημένο νερό θα καταλήγει στην ενδιάμεση δεξαμενή, πριν την άντλησή του προς την δεξαμενή υδροδότησης. Τέλος, απαιτείται η χρήση δύο αντλιών για την προώθηση του ανακτημένου νερού προς την δεξαμενή υδροδότησης, καθώς και η κατασκευή του σχετικού αυτόνομου δικτύου διανομής ανακτημένου νερού το οποίο θα πρέπει να έχει χρώμα ιώδες, ενώ επιβάλλεται και η χρήση κατάλληλης σήμανσης στους χώρους επαναχρησιμοποίησης (ΦΕΚ Β' 254, 2011 / Πίνακας 2, Παράρτημα Ι).



## Φιλιατρά

Όπως προαναφέραμε, ανάλογα με την υψομετρία της περιοχής θα απαιτηθεί η χρήση συστήματος άντλησης για την τροφοδότηση της εγκατάστασης με δευτεροβάθμια εκροή. Το αντλητικό σύστημα σ' αυτήν την περίπτωση προτείνεται να αποτελείται από δυο υποβρύχιες φυγοκεντρικές αντλίες με παροχή  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ , και μανομετρικό ομοίως ανάλογο με τα υψόμετρα της περιοχής. Σε περίπτωση που είναι η μεταφορά νερού από διεργασία σε διεργασία δεν γίνεται να συντελεστεί με φυσική ροή, θα απαιτηθεί χρήση επιμέρους αντλιών.

Το συμπύκνωμα θα συλλέγεται σε φρεάτιο και θα αντλείται στην είσοδο της πρωτοβάθμιας καθίζησης της εγκατάστασης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Για το σκοπό αυτό θα απαιτηθούν μία ή δύο φυγοκεντρικές αντλίες αναλόγου παροχής και μανομετρικού, καθώς και η τοποθέτηση αγωγού. Εάν υπάρχει διαθέσιμο μανομετρικό ύψος, τότε η μεταφορά τους μπορεί να γίνει με φυσική ροή.

Αντλίες θα χρησιμοποιηθούν επίσης για τη δοσομέτρηση διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου στον αγωγό όπου το ανακτημένο νερό θα καταλήγει στην ενδιάμεση δεξαμενή, πριν την άντλησή του προς την δεξαμενή υδροδότησης και για την προώθηση του ανακτημένου νερού προς την δεξαμενή υδροδότησης (2 φυγοκεντρικές). Τέλος, θα χρειαστεί η κατασκευή του σχετικού αυτόνομου δικτύου διανομής ανακτημένου νερού το οποίο σύμφωνα με την νομοθεσία (ΦΕΚ Β' 254, 2011 / Πίνακας 2, Παράρτημα Ι) θα πρέπει να έχει χρώμα ιώδες, ενώ επιβάλλεται και η χρήση κατάλληλης σήμανσης στους χώρους επαναχρησιμοποίησης.



#### **7.4. Εργαστηριακός εξοπλισμός**

Τα εργαστήρια του Δήμου Τριφυλίας, στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Κυπαρισσίας και Φιλιατρών έχουν τον κατάλληλο εξοπλισμό για την μέτρηση του BOD (βιοχημικά διαθέσιμου οξυγόνου), των TSS (αιωρούμενων στερεών) και της θολότητας. Αυτό που χρειάζεται είναι η προμήθεια εξοπλισμού για τον προσδιορισμό των TC (ολικών κολοβακτηριδίων). Η ανάλυση του νερού για προσδιορισμό της συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων καθώς και η πιθανή μέτρηση των αγρονομικών χαρακτηριστικών (εάν το ανακτημένο νερό χρησιμοποιηθεί για αγροτικές εφαρμογές) συνίσταται να διενεργούνται από εξειδικευμένα εργαστήρια.

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη κατεύθυνση εκ μέρους της νομοθεσίας για την μέθοδο προσδιορισμού των ολικών κολοβακτηριδίων. Για τον προσδιορισμό τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό κολοβακτηριδίων στο πόσιμο νερό. Διεθνώς χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι:

1. η μέθοδος πολλαπλών σωλήνων
2. η μέθοδος διήθησης με μεμβράνες

Και οι δύο αυτές μέθοδοι είναι αποτελεσματικές και χρησιμοποιούνται ευρέως. Στις περιπτώσεις μας προτείνεται η δεύτερη μέθοδος (διήθηση με μεμβράνες) μιας και τυχάνει να είναι αρκετά δημοφιλής και δοκιμασμένη στην χώρα μας. Σύμφωνα με αυτήν λοιπόν, για τον προσδιορισμό του αριθμού των ολικών κολοβακτηριδίων, απαιτείται η προμήθεια συσκευής διήθησης κενού πολλαπλών θέσεων. Το άνω μέρος της συσκευής είναι κατασκευασμένο από γυαλί ή από ανοξείδωτο χάλυβα ή από ειδικού τύπου πλαστικό, και μπορεί να αποστειρωθεί. Η συσκευή συνδέεται με αντλία κενού. Εκτός της συσκευής διήθησης απαιτείται η προμήθεια εργαστηριακής αντλίας κενού, συσκευής αποστείρωσης και συσκευής επώασης. Ακόμη, απαιτείται η αγορά αποστειρώσιμων λαβίδων, τριβλείων, ειδικών ηθμών διήθησης και ειδικών αντιδραστηρίων ανάπτυξης κολοβακτηριδίων.



### 7.4.1. Εκτίμηση κόστους βασικού εργαστηριακού εξοπλισμού

Το κόστος του βασικού εργαστηριακού εξοπλισμού εξαρτάται από την ποιότητα του εξοπλισμού και τις τιμές που προσφέρουν διάφοροι προμηθευτές. Για αυτό τον λόγο, οι τιμές που δίνονται στον Πίνακα έχουν μεγάλη διακύμανση.

Πίνακας 16. Εκτιμώμενο κόστος εργαστηριακού εξοπλισμού (χωρίς ΦΠΑ)

Συσκευή	Εκτιμώμενο κόστος σε Ευρώ (χωρίς ΦΠΑ)
Συσκευή πολλαπλών ηθμών	2.500-3.500
Αντλία κενού	500-1.200
Συσκευή μέτρησης αποικιών	1.000-2.000
Αυτόκλειστο	2.000-10.000
Συσκευή επώασης	1.500-3.000



Εικόνα 21. Μέθοδος διήθησης με μεμβράνες



## 8. Ζητήματα κοινής αποδοχής και παράγοντες που την επηρεάζουν

### 8.1. Εισαγωγή

Η αποδοχή της χρήσης ανακτημένου νερού από το κοινό είναι ζωτικής σημασίας. Υπάρχουν παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης νερού που έχουν στεφθεί με απόλυτη επιτυχία, σε σχέση με την αποδοχή τους από το κοινό, ακόμη και για πόσιμες εφαρμογές, αλλά υπάρχουν επίσης πολλά παραδείγματα που το κοινό απέρριψε την ιδέα της επαναχρησιμοποίησης. Γι' αυτό τον λόγο, είναι σημαντικό τα θέματα που έχουν να κάνουν με την επαναχρησιμοποίηση του νερού να αντιμετωπίζονται από την τοπική κοινωνία και τις αρμόδιες αρχές του τόπου με υπεύθυνο τρόπο και να παρέχεται σφαιρική ενημέρωση, ούτως ώστε το κοινό να έχει τα κατάλληλα εφόδια για να σχηματίσει ορθή και αντικειμενική άποψη.

### Παράγοντες

Αν και γενικά υπάρχει ενθαρρυντική αντιμετώπιση από το κοινό για την αναγκαιότητα των έργων επαναχρησιμοποίησης νερού, όταν έρθει η στιγμή να προβεί το ίδιο σε χρήση ανακτημένου νερού, δεν διαπιστώνεται η ίδια προθυμία, ειδικά όταν πρόκειται για άμεσες ή έμμεσες πόσιμες εφαρμογές. Επίσης, στην περίπτωση που το κοινό τελικά αποδεχθεί την χρήση του, αναμένει ότι το κόστος του θα πρέπει να είναι αισθητά χαμηλότερο από το αντίστοιχο κόστος του νερού ύδρευσης.

Παράγοντες οι οποίοι εξηγούν την απροθυμία του κοινού να χρησιμοποιήσει ανακτημένο νερό, παρότι γενικά συναινεί στην αναγκαιότητα χρήσης του είναι οι εξής:

1. Το αίσθημα "αηδίας"
2. Η διαίσθηση κινδύνου για λόγους υγείας
3. Η αφθονία πόσιμου νερού



Παράγοντες οι οποίοι λειτουργούν ενισχυτικά στην αποδοχή έργων επαναχρησιμοποίησης νερού από το κοινό είναι:

1. Η εμπιστοσύνη στις αρχές και στην επιστημονική γνώση και εμπειρία
2. Η ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης
3. Το αίσθημα κοινωνικής δικαιοσύνης
4. Το κόστος του ανακτημένου νερού

## **8.2. Σύγχρονες πρακτικές και στρατηγικές**

Οι σύγχρονες πρακτικές σχετικά με την υλοποίηση των έργων επαναχρησιμοποίησης νερού, πρέπει να διαφέρουν από τις συνήθεις πρακτικές του παρελθόντος. Το κοινό πλέον, πρέπει να έχει λόγο και να συμμετέχει ενεργά ήδη από την αρχή της σύλληψης της ιδέας που αφορά αυτά τα έργα. Θα πρέπει να αναρωτηθεί, να υποβάλει τις ενστάσεις του, να προτείνει και εν τέλει να συναποφασίσει για το ποιος τελικά είναι ο καλύτερος τρόπος υδροδότησης στις εκάστοτε συνθήκες.

Οι τοπικές αρχές με την σειρά τους, θα πρέπει να διέπονται από ειλικρίνεια, να μην δρουν εξαναγκαστικά ως προς το κοινό, να πληροφορούν επαρκώς όλους τους ενδιαφερομένους και να διασφαλίσουν το κλίμα εμπιστοσύνης και δικαίου στον τρόπο λήψης αποφάσεων. Άλλωστε, η υποστήριξη του κοινού σε τέτοια έργα κοινής ωφέλειας, δεν εξαρτάται μόνο από το αν βελτιώνει ή μη το βιοτικό του επίπεδο, αλλά και από την διαδικασία η οποία πολλές φορές ακολουθήθηκε στις λήψεις των αποφάσεων.



## 9. Προτάσεις για το μέλλον

Η Τριφυλία αποτελεί αδιαμφισβήτητα μία αρκετά προικισμένη περιοχή εξαιτίας μιας σειράς παραγόντων. Το κλίμα της, τα γεωλογικά της χαρακτηριστικά, η γεωγραφική της θέση, τα πλούσια εδάφη της, συνιστούν μερικούς από αυτούς. Δυστυχώς, στο πλαίσιο της γενικής ανομίας που επικρατούσε τα τελευταία χρόνια, αλλά και γενικότερα της υποβάθμισης των φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών που συντελούνταν στον Ελληνικό χώρο, η Τριφυλία έχει μείνει αρκετά πίσω όσον αφορά έργα πνοής και βιωσιμότητας της περιοχής. Ως εκ τούτου, μελέτες όπως η υποφαινόμενη κρίνονται ιδιαίτερα θετικές, αλλά θα λέγαμε πως υπάρχει επίσης μια σειρά παράλληλων προτεραιοτήτων οι οποίες θα πρέπει να ενεργοποιηθούν προκειμένου να επιτευχθεί η μια συνολική αναβάθμιση της περιοχής σε θέματα περιβάλλοντος και βιωσιμότητας.

Αυτή τη στιγμή, ο καινούριος Δήμος Τριφυλίας που προέκυψε σύμφωνα με το σύστημα Καλλικράτη, αποτελείται από την ένωση έξι (6) δημοτικών διαμερισμάτων (Αυλώνα-Αετός-Τριπύλα-Κυπαρισσία-Φιλιατρά-Γαργαλιάνοι). Από αυτά τα 6 δημοτικά διαμερίσματα, μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων υπάρχουν μόνο στα 2(Κυπαρισσία-Φιλιατρά) και από αυτά στην ουσία λειτουργεί μόνο η μία μιας και μέχρι σήμερα το έργο της ΕΕΛ Κυπαρισσίας ενώ είναι καθ' όλα έτοιμο, δεν έχει μπει σε πλήρη λειτουργία. Νο.1 πρόταση-προτεραιότητα λοιπόν θα πρέπει να αποτελέσει η κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων σε κάθε ένα από τα υπόλοιπα 4 δημ. Διαμερίσματα του Δήμου και ειδικά σε αυτό των Γαργαλιάνων όπου αριθμεί πάνω από 10.000 κατοίκους και σύμφωνα με τις επιταγές της νομοθεσίας κρίνεται απαραίτητο.



Επίσης, καλό θα ήταν να υπάρξει συνολικότερη λύση πάνω στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων στα δημ. Διαμερίσματα όπου υφίστανται εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων αυτήν τη στιγμή (δηλ. Κυπαρισσία-Φιλιατρά). Ειδικά στην περίπτωση της Κυπαρισσίας όπου υπάρχουν πολλά χωριά-οικισμοί περιφερειακά της πόλης, κάτι τέτοιο θα πρέπει να εξετασθεί πολύ σοβαρά μιας και η δυναμικότητα της καινούργιας ΕΕΛ επιτρέπει την επεξεργασία πολύ μεγαλύτερου όγκου υγρών αποβλήτων από αυτά που καλείται να επεξεργαστεί αυτή τη στιγμή. Συνεπώς, νο.2 πρόταση-προτεραιότητα θα πρέπει να είναι η κατάλληλη σύνδεση περιφερειακών χωριών-οικισμών με τις κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με στόχο μια βιώσιμη λύση διαχείρισης των υγρών αποβλήτων αλλά και λειτουργίας των ίδιων των ΕΕΛ.

Όπου δεν είναι εφικτή η παραπάνω λύση προτείνεται η κατασκευή μικρών βιολογικών, λύση που εφαρμόζεται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια με πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα στην πλειοψηφία των περιπτώσεων.

Τέλος, θα πρέπει να υπάρξει σε επίπεδο Τριφυλίας ορθολογική διαχείριση όσον αφορά τον τομέα των αστικών απορριμμάτων όπου η κατάσταση στη χώρα γενικότερα (και όχι μόνο στη Τριφυλία) βρίσκεται στο χειρίστο επίπεδο σε σχέση με αυτό που επικρατεί στις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε. Οπότε, νο.3 πρόταση-προτεραιότητα αποτελεί η δημιουργία κατάλληλων υποδομών έτσι ώστε να επιτευχθεί συμμόρφωση με το σύνολο όλων εκείνων των διαταγών που έχουν οριστεί μέσω Ε.Ε για την διαχείριση των στερεών απορριμμάτων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο.



## 10. Συμπεράσματα

Η επαναχρησιμοποίηση νερού αποτελεί (στην πλειοψηφία των περιπτώσεων) ελκυστική λύση σχετικά με το υδατικό ισοζύγιο μιας περιοχής και την διαχείριση των υδατικών πόρων γενικότερα. Το κλειδί για την σωστή εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης του νερού είναι ένα καλά δομημένο θεσμικό πλαίσιο. Στην Ελλάδα, εξαιτίας των αυστηρών ορίων που τίθενται από τη νομοθεσία, η χρήση μεμβρανών αποτελεί μονόδρομο (για αστική και περιαιστική άρδευση). Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος πρέπει να βασίζεται στην αρχή της χρήσης της λιγότερο πολύπλοκης διεργασίας. Η σωστή επιλογή του συστήματος είναι αυτή που μας διασφαλίζει τη συνεχή, σταθερή και ποιοτικά υψηλή παραγωγή ανακτημένου νερού.

Η πιο ελκυστική λύση (οικονομικά και λειτουργικά) σχετικά με τις τεχνολογίες μεμβρανών είναι οι μεμβράνες MBR γι' αυτό και προτιμήθηκε για την περίπτωση των Φιλιατρών. Παρολ' αυτά, στην περίπτωση της Κυπαρισσίας επιλέξαμε σύστημα μεμβρανών υπερδιήθησης (UF), λόγω του ότι η εγκατάσταση δεν έχει ξεκινήσει ακόμα να λειτουργεί και δεν θα θέλαμε να παρέμβουμε στον υφιστάμενο εξοπλισμό της. Θεωρούμε πως το σύστημα μεμβρανών υπερδιήθησης είναι ικανό να θωρακίσει τη διεργασία και να επιτυγχάνεται παραγωγή ανακτημένου νερού που καλύπτει τις προδιαγραφές. Η πιο ελκυστική λύση όσον αφορά τις τεχνολογίες απολύμανσης είναι η υπεριώδης ακτινοβολία UV την οποία επιλέξαμε και στις δύο (2) περιπτώσεις. Προτείνεται να προηγείται στοιχειώδης διύλιση ή διήθηση της δευτεροβάθμιας εκροής προκειμένου να θωρακιστεί η διεργασία. Προτείνεται επίσης η προσθήκη υποχλωριώδους νατρίου στο τέλος για να εξασφαλιστεί η υπολειμματική δράση. Τέλος, βασική προϋπόθεση για την επιτυχία των έργων επαναχρησιμοποίησης νερού, είναι η συνεργασία των πολιτών με τις τοπικές αρχές και η από κοινού λήψη των αποφάσεων



## Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωση βιβλιογραφία

- Asano, T., Burton, F.L., Leverenz, R., Tchobanoglous, G., 2006, "Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications", 1<sup>st</sup> Edition, McGraw Hill, New York, USA.
- AWWA, 1998, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", American Water Works Association, 20th edition, Baltimore, MD, USA.
- Bouwer, H. (2000). "Integrated Water Management: Emerging Issues and Challenges." *Agric. Wat. Manag.* 45: 217-228.
- "Expert impetus for MBRs", *Wastewater Engineering Magazine*, June 2004.
- Gikas P. and Angelakis, A.N., 2009, "Water Resources Management in Crete and in the Aegean Islands, with Emphasis on the Utilization of Non-Conventional Water Sources". *Desalination*, 248, 1049-1064.
- Gikas P. and Tchobanoglous, G., 2008, "The Importance of Water Reuse in Sustainable Water Resources Management: State of the Art through the Presentation of Selected Case Studies". In 2<sup>nd</sup> International Conference on Small and Decentralised Water and Wastewater Treatment Plants, Skiathos, Greece.
- Gikas P. and Tchobanoglous, G., 2009a, "Sustainable Use of Water in the Aegean Islands". *Journal of Environmental Management*, 90, 2601-2611.
- Gikas P. and Tchobanoglous, G., 2009b, "The Role of Satellite and Decentralized Strategies in Water Resources Management". *Journal of Environmental Management*, 90(1), 144-152.
- Haarhoff, J., van der Merwe, B., 1996, "Twenty Five Years of Wastewater Reclamation in Windhoek, Namibia". *Water Science and Technology*, 22(10-11), 25-35.
- Mecana Umwelttechnik – Cloth media Filters
- «Membrane Bioreactors: Wastewater Treatment Application to achieve high quality effluent», by Henry Mallia-Steven Till, (Fisher Stewart water Industry Group), 2001 Conference papers- WIOA/ AUSTRALIA.
- RWCC, 1993, Guidelines for Urban and Residential Use of Reclaimed Water.
- Tchobanoglous G. and Angelakis A.N., 1996, "Technologies for Wastewater Treatment Appropriate for Reuse: Potential for Applications in Greece". *Water Science and Technology*, 33(10-11), 17-27.
- U.S. EPA, 2004, "Guidelines for Water Reuse", EPA-625/R-04-108, Office of Research and Development, U.S. Agency for International Development, Washington DC, USA.
- WHO, 1989, "Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture: Report of a WHO Scientific Group", WHO Technical Report Series. WHO. Geneva.
- WHO, 2006, "WHO Guidelines for Safe Use of Wastewater, Excreta and Graywater", 3<sup>rd</sup> ed., Vol. 2, Wastewater Use in Agriculture, World Health Organization, Geneva, Switzerland.



### **Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία**

Ανδρεαδάκης Α., (2007), Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος με τίτλο: Παραγωγή πόσιμου και ανακτημένου νερού. ΔΠΜΣ στην Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων. Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ

Γκίκας Π., 2006, Ανάκτηση και Επαναχρησιμοποίηση Υγρών Αποβλήτων, Περιβάλλον και Engineering 2006, Χανιά Κρήτης.

Γκίκας Π., 2011, «Διερεύνηση της Δυνατότητας Επαναχρησιμοποίησης Νερού στο Καμάρι Θήρας», Χανιά Κρήτης.

Καλαϊτζάκη Α., 2010, Μεταπτυχιακή Εργασία «Μελέτη Απομάκρυνσης Καδμίου Cd(ii), από Υδάτινα Διαλύματα με Χρήση Φυσικών Πόρων», Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ.

«Μονας Επεξεργασίας Λυμάτων Δημου ΑΚΡΑΤΑΣ», Μελετη Μ. Ζαχαρια, Ιουνιος 2005.

Σουπίλας Α., Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων στην Ελλάδα, Θεσσαλονίκη.

Υ.Π.Ε.ΧΩ.ΔΕ., 2004, "Τροποποίηση-Ανανέωση των Περιβαλλοντικών Όρων για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης (ΕΕΛΘ) που βρίσκεται στην Περιοχή Σίνδου του Νομού Θεσσαλονίκης", Ε.Υ.Π.Ε. Αριθμός Πρωτοκόλλου: οικ. 123190/12-2-2004.

Υπουργείο Κοινωνικών Υπηρεσιών, "Υγειονομική Διάταξις Περί Διαθέσεως Λυμάτων και Βιομηχανικών Αποβλήτων", Ε1β, 221, 25/1/1965.

Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας, 1983, "Εγκύκλιος υπ' αριθμόν: Α5/250/εγ.64/21.12.1983".

ΦΕΚ Β' 2089, 9/10/2008, "Τροποποίηση της περίπτωσης (γ) της παρ.1 του άρθρου 8 της υπ' αριθμ. Ε1β/221/65 Υγειονομικής Διάταξης".

ΦΕΚ Β' 354, 8/3/2011, "Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις".

### **Διαδίκτυο**

<http://www.oikotechnics.org/water-re-use.html>

<http://www.watersave.gr/site/content/view/16/31/>

<http://www.ellinikietairia.gr/media/pdf/Gkikas.pdf>

[http://library.tee.gr/digital/m2045/m2045\\_soupilas.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2045/m2045_soupilas.pdf)

<http://www.watereuse.org/>

<http://www.epa.gov/region9/water/recycling/>

[http://www.wehrle-env.co.uk/files/Industrial\\_WW\\_AE\\_02.pdf](http://www.wehrle-env.co.uk/files/Industrial_WW_AE_02.pdf)

[http://www.oikotechnics.org/replace\\_lawn.html](http://www.oikotechnics.org/replace_lawn.html)



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

1) Ποιοτικά κριτήρια για επαναχρησιμοποίηση νερού για αγροτική άρδευση, με περιορισμούς (ΦΕΚ Β' 254, 2011).

Τύπος Επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 mL)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p><b>Περιορισμένη άρδευση</b> Περιοχές όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικής καλλιέργειας, λιβάδια, δέντρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με τη προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες οπώρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους. Άρδευση με καταιονισμό δεν θα εφαρμόζεται.</p> <p><b>Βιομηχανική Χρήση</b> Νερό ψύξης μια χρήσης</p> <p>Τροφοδότηση υπογείων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007. (με την επιφύλαξη των παραγράφων 4 και 5 του άρθρου 5 της παρούσας) με διήθηση διαμέσου εδαφικού στρώματος με επαρκές πάχος και κατάλληλα χαρακτηριστικά <sup>(6)</sup></p>	≤ 200 διάμεση τιμή	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/1997	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/1997	-	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία <sup>(α),(β)</sup> Απολύμανση <sup>(γ)</sup>	BOD <sub>5</sub> , SS, N, P, σύμφωνα με τις επιταγές ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97) EC: μία ανά εβδομάδα Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)

α) Οι προτεινόμενες μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν διάφορους τύπους του συστήματος ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα και περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Άλλα συστήματα που παράγουν εκροή με ισοδύναμη ποιότητα (BOD<sub>5</sub>/SS σε συμφωνία με τις απαιτήσεις της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97) είναι αποδεκτά κατόπιν επαρκούς τεκμηρίωσης. Οι συγκεντρώσεις αζώτου στην εκροή πρέπει να διατηρούνται χαμηλότερα από 45 mg/L, με εξαίρεση τις περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλης διάρκειας αποθήκευση των υγρών αποβλήτων σε ταμειυτήρες, γίνεται άρδευση υπερόσβλητων στη νιτρορύπανση ζωνών ή γίνεται εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα. Στις περιπτώσεις αυτές οι μέσες συγκεντρώσεις αζώτου πρέπει να μην υπερβαίνουν τα 15 mg/l.

β) Στην περίπτωση κοινοτικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων οικισμών με πληθυσμό μικρότερο από 2000 ισοδύναμους κατοίκους και οικιακών ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας επιτρέπονται οι τύποι επαναχρησιμοποίησης του πιο πάνω Πίνακα μετά από εφαρμογή μεθόδων επεξεργασίας, που δεν επιτυγχάνουν για τα BOD<sub>5</sub>/SS τα όρια της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97, με την προϋπόθεση ότι τεκμηριωμένα εξασφαλίζεται η μη επαφή κοινού και γεωργών με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Στις περιπτώσεις των κοινοτικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας ως μέγιστη διάμεση τιμή *Escherichia coli* τίθενται τα 1000 EC/ 100ml.

γ) Χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδοι καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, που εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη διάμεση συγκέντρωση *Escherichia coli*. Σε κάθε περίπτωση και στο βαθμό που η επεξεργασία συνίσταται στην ελάχιστη απαιτούμενη κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται γινόμενο υπολειμματικού χλωρίου επί χρόνο επαφής (C-t) μεγαλύτερο ή ίσο από 30 mg·min/L, εμβολοειδής ροή (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ελάχιστος χρόνος επαφής 30 min, ενώ για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 70 mWsec/cm<sup>2</sup> στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 50%. Θα πρέπει με κατάλληλη μελέτη, που συμπεριλαμβάνεται στη μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής να τεκμηριώνεται η επάρκεια, η αποτελεσματικότητα και κυρίως, η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.



δ) Θα πρέπει με κατάλληλη μελέτη να τεκμηριώνεται η επάρκεια του εδαφικού συστήματος να επιτυγχάνει συγκράτηση οργανικών.



2) Ποιοτικά κριτήρια για επαναχρησιμοποίηση νερού για απεριόριστη αγροτική άρδευση (ΦΕΚ Β' 254, 2011).

Τύπος Επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 mL)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p><b>Απεριόριστη άρδευση</b> Όλες οι καλλιέργειες όπως οπωροφόρα δέντρα, λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμοκήπια. Η απεριόριστη άρδευση επιτρέπει την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων εφαρμογής της άρδευσης συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.</p> <p><b>Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μια χρήσης</b> Επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών κλπ <sup>(ε)</sup></p>	<p>≤ 5 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 50 για το 95% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία <sup>(ε)</sup>, ακολουθούμενη από τριτοβάθμια επεξεργασία <sup>(στ)</sup> και Απολύμανση <sup>(ζ)</sup></p>	<p>BOD<sub>5</sub>, SS, N, P, σύμφωνα με τις επιταγές ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>EC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Κατ' εξαίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής μία ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl<sub>2</sub>: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

ε) Όπως η σημείωση (α) του Πίνακα 9. Στην περίπτωση άρδευσης σε περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητες λόγω νιτρορύπανσης απαιτείται απομάκρυνση αζώτου μέσω νιτροποίησης - απονιτροποίησης, ώστε οι συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου και ολικού αζώτου να είναι μικρότερες από 2 mg/L και 15 mg/L αντίστοιχα

στ) Κατάλληλο σύστημα που να επιτυγχάνει τα αναφερόμενα στον πιο πάνω Πίνακα όρια για το BOD<sub>5</sub>, τα SS και τη θολότητα. Ενδεικτικά, κατ' ελάχιστον προσθήκη κατάλληλου κροκιδωτικού (π.χ. θεικού αργιλίου) σε δόση μεγαλύτερη από 10 mg/L και απευθείας διύλιση σε διυλιστήριο άμμου με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: βάθος διυλιστικού μέσου (L) ≥ 1,40 m, ενεργή διάμετρο κόκκων άμμου (De) ≈ 1 mm, συντελεστή ομοιομορφίας κόκκων άμμου (u) 1,45-1,60 και επιφανειακή φόρτιση ≤ 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/hr για κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

ζ) Χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδος καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, που εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη συγκέντρωση *Escherichia coli* για το 80% των δειγμάτων. Σε κάθε περίπτωση κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου ≥ 2 mg/l, εμβολοειδής ροή (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ελάχιστος χρόνος επαφής 60 min, ενώ η αναγκαιότητα αποχλωρίωσης πριν από την επαναχρησιμοποίηση θα εξετάζεται κατά περίπτωση. Για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 60 mWsec/cm<sup>2</sup> στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 70%. Θα πρέπει με κατάλληλη μελέτη, που συμπεριλαμβάνεται στη μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής να τεκμηριώνεται η επάρκεια, η αποτελεσματικότητα και κυρίως, η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.

η) Για νερό βιομηχανικών διεργασιών θα εφαρμόζονται από την ενδιαφερόμενη βιομηχανία τα εκάστοτε απαιτούμενα πρόσθετα προχωρημένα συστήματα επεξεργασίας για απομάκρυνση ιόντων και άλλων διαλυμένων ενώσεων ή/και στοιχείων.



3) Μέγιστες επιρεπούμενες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και στοιχείων σε ανακτημένα υγρά απόβλητα (ΦΕΚ Β' 254, 2011).

Μέταλλο		Μέγιστη συγκέντρωση (mg/L)
Al	Αλουμίνιο	5,0
As	Αρσενικό	0,1
Be	Βηρύλλιο	0,1
Cd	Κάδμιο	0,01
Co	Κοβάλτιο	0,05
Cr	Χρώμιο	0,1
Cu	Χαλκός	0,2
F	Φθόριο	1,0
Fe	Σίδηρος	3,0
Li	Λίθιο	2,5
Mn	Μαγγάνιο	0,2
Mo	Μολυβδαίνιο	0,01
Ni	Νικέλιο	0,2
Pd	Μόλυβδος	0,1
Se	Σελήνιο	0,02
V	Βανάδιο	0,1
Zn	Ψευδάργυρος	2,0
Hg	Υδράργυρος	0,002
B		2,0

Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων για τις παραμέτρους του πιο πάνω Πίνακα καθορίζεται σε:

12 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 200.000 κατοίκους και υγρά βιομηχανικά απόβλητα από βιομηχανικές δραστηριότητες που δεν εμπίπτουν στις κατηγορίες (ανεξαρτήτως μεγέθους δραστηριότητας) της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97).

4 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 50.000–200.000 κατοίκων

2 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 10.000–50.000 κατοίκων και υγρά βιομηχανικά απόβλητα από βιομηχανικές δραστηριότητες που εμπίπτουν στις κατηγορίες (ανεξαρτήτως μεγέθους δραστηριότητας) της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97).

1 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2.000–10.000 κατοίκων

Για εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο των 2.000 και οικιακά ιδιωτικά συστήματα επεξεργασίας δεν απαιτείται έλεγχος για τη διαπίστωση τήρησης των ορίων του πιο πάνω Πίνακα.



4) Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα (ΦΕΚ Β' 254, 2011).

Παράμετρος	CAS	Μέγιστη Συγκέντρωση (µg/L)
Alachlor	15972-60-8	0,7
Ανθρακένιο	120-12-7	1
Ατραζίνη	1912-24-9	2
Βενζόλιο	71-43-2	5
Βρωμιούχος Διφαινυλαιθέρας	32534-81-9	0,025
Ανθρακο-τετραχλωρίδιο	56-23-5	MA
C10-13 Χλωροαλκάνια	85535-84-8	1,4
Chlorfenvinphos	470-90-6	0,3
Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)	2921-88-2	0,1
Aldrin	309-00-2	MA
Dieldrin	60-57-1	MA
Endrin(	72-20-8	MA
Isodrin	465-73-6	0,01
DDT ολικό	-	MA
para-para-DDT	50-29-3	MA
1,2 Διχλωροαιθάνιο	107-06-2	20
Διχλωρομεθάνιο	75-09-2	50
Φθαλικό δι(2-αιθυλεξίλιο) – (ΦΔΕΕ – DEHR)	117-81-7	10
Diuron	330-54-1	1,0
Ενδοσουλφάνιο	115-29-7	0,01
Φλουορανθένιο	206-44-0	1
Εξαχλωροβενζόλιο	118-74-1	MA
Εξαχλωροβουταδιένιο	87-68-3	0,6
Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	608-73-1	MA
Isoproturon	34123-59-6	1
Ναφθαλένιο	91-20-3	2,4
Εννευλοφαινόλη [4-εννευλοφαινόλη]	104-40-5	2
Οκτυλοφαινόλη [(4-(1,1', 3,3'-τετραμεθυβουτυλική)-φαινόλη)]	140-66-9	1
Πενταχλωροβενζόλιο	608-93-5	0,1
Πενταχλωροφαινόλη	87-86-5	1
Βενζο(α)πυρένιο	50-32-8	0,1
Βενζο(β)φλουορανθένιο Βενζο(κ)φλουορανθένιο	205-99-2 207-08-9	Αθροιστικά = 0,03
Βενζο(ζ,η,θ)-περιλένιο Ινδένιο(1,2,3-γδ)- πυρένιο	191-24-2 193-39-5	Αθροιστικά = 0,02
Σιμαζίνη	122-34-9	1
Τετραχλωροαιθυλένιο	127-18-4	10
Τριχλωροαιθυλένιο	79-01-6	10
Ενώσεις Τριβουτυλίνης (κατιόν)	36643-28-4	0,003
Τριχλωροβενζόλια (όλα ισομερή)	12002-48-1	0,4
Τριχλωρομεθάνιο	67-66-3	2,5
Τριφθοραλίνη	1582-09-8	0,03
Οξεία τοξικότητα στον οργανισμό δείκτη Daphnia Magna (πριν από την απολύμανση)		1 Μονάδα τοξικότητας (TU 50≤1)

MA= Μη ανιχνεύσιμο

Τα όρια του πιο πάνω Πίνακα ισχύουν μόνο για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 100.000 κατοίκους και για όλες τις περιπτώσεις υγρών βιομηχανικών αποβλήτων από βιομηχανίες που δεν περιλαμβάνονται στις κατηγορίες (ανεξαρτήτως μεγέθους βιομηχανικής δραστηριότητας) που αναφέρονται στην ΚΥΑ 5673/400/5.3.97

Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων για τις παραμέτρους του πιο πάνω Πίνακα καθορίζεται σε 2 ανά έτος.



5) Επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (ΦΕΚ Β' 254, 2011).

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μονάδες	Βαθμός περιορισμών κατά την εφαρμογή		
		Μηδαμινός	Μικρός - Μέτριος	Μεγάλος
<b>Αλατότητα</b> (Επηρεάζει την διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος)				
<b>EC<sub>w</sub></b> <sup>(1)</sup>	dS/m	< 0,7	0,7-3,0	> 3,0
<b>Ή</b>				
<b>TDS</b> Ολικά διαλυμένα	mg/L	<450	450-2000	>2000
<b>Διαπερατότητα</b>				
SAR <sup>(2)</sup> = 0 – 3 και EC <sub>w</sub> =		>0,7	0,7-0,2	<0,2
3 – 6		>1,2	1,2-0,3	<0,3
6 – 12		>1,9	1,9-0,5	<0,5
12 – 20		>2,9	2,9-1,3	<1,3
20 – 40		>5,0	5,0-2,9	<2,9
<b>Ειδική Τοξικότητα Ιόντων</b>				
<b>Νατρίου (Na<sup>+</sup>)</b>				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	SAR	<3	3-9	>9
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/L	≤70	>70	
<b>Χλωριόντα (Cl<sup>-</sup>)</b>				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	mg/L	<140	140-350	>350
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/L	≤100	>100	
<b>Άλλες επιπτώσεις</b>				
<b>Άζωτο (NO<sub>3</sub>-N)</b> <sup>(3)</sup>	mg/L	<5,0	5-30	>30
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> (μόνο για άρδευση για καταιονισμό)	mg/L	<90	90-500	>500
<b>pH</b>	Τυπικό διάστημα: 6,5-8,5			

<sup>1</sup> EC<sub>w</sub> ηλεκτρική αγωγιμότητα σε deciSiemens ανα μέτρο στους 25 °C

<sup>2</sup> SAR βαθμός απορρόφησης νατρίου

<sup>3</sup> NO<sub>3</sub>-N νιτρικό άζωτο σε όρους αζώτου

Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων για τις παραμέτρους του πιο πάνω Πίνακα καθορίζεται σε 2 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 10.000 κατοίκους και σε 1 ανά έτος για τις υπόλοιπες περιπτώσεις.

Επισημαίνεται ότι τα όρια του πιο πάνω Πίνακα είναι ενδεικτικά και επιθυμητά χωρίς να είναι επιτακτικά και η ισχύς τους θα καθορίζεται κατά περίπτωση σε συνάρτηση με την ενδεχόμενη ανάμιξη των ανακτημένων υγρών αποβλήτων με καθαρά νερά, το είδος της καλλιέργειας, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τις κλιματικές συνθήκες, τον εξοπλισμό άρδευσης και άλλα στοιχεία της μελέτης άρδευσης



6) Ποιοτικά κριτήρια για επαναχρησιμοποίηση νερού για αστικές και περιαστικές εφαρμογές (ΦΕΚ Β' 254, 2011).

Τύπος Επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 mL)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p><b>Αστική χρήση</b> Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, πυρόσβεση πυρκαγιών, συμπίκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρόμων, διακοσμητικά σιντριβάνια. Πόσιμα με καταιονισμό απαγορεύεται.</p> <p><b>Εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων</b> που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97), με γεωτρήσεις</p> <p><b>Περιαστικό πράσινο</b> Συμπεριλαμβανομένων των αλσών και δασών <sup>(α)</sup></p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 20 για το 95% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία<sup>(θ)</sup>, ακολουθούμενη από Προχωρημένη επεξεργασία <sup>(ι)</sup> και Απολύμανση <sup>(κ)</sup></p>	<p>BOD<sub>5</sub>, SS, N, P, σύμφωνα με τις επιταγές ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50.000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>TC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50.000 κατοίκους επτά ανά εβδομάδα και τρεις ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Κατ' εξαίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής δύο ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl<sub>2</sub>: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

θ) Όπως η σημείωση (α) του Πίνακα 9 με την πρόσθετη απαίτηση να επιτυγχάνεται απομάκρυνση αζώτου μέσω νιτροποίησης-απονιτροποίησης, ώστε οι συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου και ολικού αζώτου να είναι μικρότερες από 2 mg/L και 15 mg/L αντίστοιχα

ι) Κατάλληλο σύστημα μεμβρανών (συνιστάται τουλάχιστον υπερδιήθηση) ή ισοδύναμο σύστημα επεξεργασίας που να επιτυγχάνει τα αναφερόμενα στον πιο πάνω Πίνακα όρια για το BOD<sub>5</sub>, τα SS και τη θολότητα. Στην περίπτωση χρήσης βιολογικών αντιδραστήρων μεμβράνης (membrane bioreactors) είναι δυνατή η συγκέντρωση της δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας.

κ) Χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδος καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, που εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη συγκέντρωση ολικών κολοβακτηριδίων για το 80% των δειγμάτων. Σε κάθε περίπτωση κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου ≥ 2 mg/L, εμβολοειδής ροή (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ελάχιστος χρόνος επαφής 60 min, ενώ η αναγκαιότητα αποχλωρίωσης πριν από την επαναχρησιμοποίηση θα εξετάζεται κατά περίπτωση. Για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 60 mWsec/cm<sup>2</sup> στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 70%. Θα πρέπει με κατάλληλη μελέτη, που συμπεριλαμβάνεται στη μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής να τεκμηριώνεται η επάρκεια, η αποτελεσματικότητα και κυρίως, η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.

λ) Στις περιπτώσεις δασών είναι δυνατή η κατά περίπτωση, μετά από τεκμηρίωση, εφαρμογή των απαιτήσεων του Πίνακα 10 ή του Πίνακα 9.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

*1) Δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης σε σχέση με το ισχύον νομικό πλαίσιο.*

<b>Εφαρμογή</b>	<b>Παρατηρήσεις</b>	<b>Νομικό καθεστώς</b>
Αγροτική άρδευση	Ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καλλιέργεια εποχιακών λαχανικών και φρούτων, καθώς και για την άρδευση δένδρων (π.χ. ελαιόδεντρα). Για λαχανικά που τρώγονται ωμά, και για φρούτα που πιθανόν να έρχονται σε άμεση επαφή με το αρδευτικό νερό, απαιτείται χρήση υψηλής ποιότητας ανακτημένου νερού.	Υπάρχει σαφές νομικό καθεστώς που το επιτρέπει. Η ποιότητα του ανακτημένου νερού εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας και τα χαρακτηριστικά του εδάφους.
Αστική-δημοτική άρδευση	Το ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση χώρων αστικού (κοινόχρηστου ή ιδιωτικού) πρασίνου, με οποιοδήποτε τρόπο, εξαιρουμένου του καταιονισμού.	Υπάρχει σαφές νομικό καθεστώς που το επιτρέπει.
Βιομηχανικές εφαρμογές	Υπάρχουν λίγες ευκαιρίες, λόγω της ουσιαστικής ανυπαρξίας βιομηχανικών υποδομών στα νησιά του Αιγαίου. Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιήσουν ανακτημένο νερό στο σύστημα ψύξης.	Εξετάζεται κατά περίπτωση. Η ανακύκλωση νερού στην βιομηχανία κατά κανόνα ενθαρρύνεται.
Μη πόσιμες αστικές εφαρμογές, εκτός της άρδευσης	Ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καζανάκια τουαλετών και ουρητήρων, για πλύση αυτοκινήτων, σε βιομηχανικά πλυντήρια ρούχων και για πυροπροστασία.	Απαγορεύεται από την ισχύουσα νομοθεσία, εκτός από την περίπτωση της πυροπροστασίας.
Περιβαλλοντικές εφαρμογές και εφαρμογές για αναψυχή	Αφορά στην δημιουργία χώρων αναψυχής με έντονο το υδατικό στοιχείο. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να δοθεί η δέουσα προσοχή ώστε να μην αλλοιωθεί το κατά κανόνα ξερικό περιβάλλον των νησιών.	Επιτρέπεται από την νομοθεσία.
Εμπλουτισμός υδροφορέων-ανάσχεση υφαλμύρσης	Υψηλής ποιότητας ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εμπλουτισμό υδροφορέων και για εξυγίανση αλμυρωμένων υδροφορέων.	Επιτρέπεται από τη νομοθεσία, αλλά δεν θεωρείται πιθανό να αδειοδοτηθεί η χρήση σε πόσιμους υδροφορείς.
Επαύξηση των επιφανειακών υδάτων (έμμεση πόση)	Εισαγωγή υψηλής ποιότητας ανακτημένου νερού σε δεξαμενές αποθήκευσης πόσιμου νερού και ανάμειξη με άλλα πόσιμα ύδατα. Ωστόσο αυτή δυνατότητα θα μπορούσε να μελετηθεί αφού έχουν εξαντληθεί όλες οι δυνατότητες που αναφέρονται πιο πάνω.	Απαγορεύεται από την ισχύουσα νομοθεσία



2)Τυπικές δόσεις χλωρίου, όζοντος και υπεριώδους ακτινοβολίας για την επίτευξη εκροής με το πολύ 2,2 TC/ 100mL.

Είδος υγρού αποβλήτου	Αρχική συγκέντρωση ολικών κολοβακτηριδίων MPN/100mL	Για επίτευξη στην εκροή: $\leq 2,2$ TC/100mL		
		Δόση χλωρίου (mg/L) Χρόνος επαφής: 60 min	Δόση όζοντος (mg/L) Χρόνος επαφής: 15-30 min	Δόση UV (mJ/cm <sup>2</sup> )
Εκροή δευτεροβάθμιας καθίζησης	10 <sup>5</sup> -10 <sup>6</sup>		20-30	90-110
Διηθημένη ενεργός ιλύς	10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup>	7-25	16-24	80-100
Νιτροποιημένη ενεργός ιλύς	10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup>	3-5	16-20	80-100
Διηθημένη νιτροποιημένη ενεργός ιλύς	10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup>	3-4	10-16	80-100
Εκροή μικροδιήθησης	10 <sup>1</sup> -10 <sup>3</sup>	0,2-0,5	6-8	40-50
Εκροή αντίστροφης όσμωσης	~0	0-0,3	1-2	5-10

MPN: πιο πιθανός αριθμός



3) Κριτήρια για ασφαλή χρήση αρδευτικού νερού.

Δυνητικό αρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός περιορισμού χρήσης		
		Χωρίς πρόβλημα	Αυξανόμενο πρόβλημα	Σοβαρό πρόβλημα
<b>Αγωγιμότητα (EC<sub>w</sub>)</b>	dS/m	<0,75	0,75-3,0	>3,0
<b>Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)</b>	mg/L	<450	450-2000	>2000
<b>Διαπερατότητα (SAR)</b>				
SAR 0-3	dS/m	>0,7	0,7-0,2	<0,2
SAR 3-6	dS/m	>1,2	1,2-0,3	<0,3
SAR 6-12	dS/m	>1,9	1,9-0,5	<0,5
SAR 12-20	dS/m	>2,9	2,9-1,3	<1,3
SAR 20-40	dS/m	>5,0	5,0-2,9	<2,9
<b>Ιόντα Νατρίου (Na<sup>+</sup>)</b>				
Επιφανειακή άρδευση (SAR)		<3,0	3-9	>9
Άρδευση με καταιονισμό	mg/L	<70	>70	
<b>Ιόντα χλωρίου (Cl<sup>-</sup>)</b>				
Επιφανειακή άρδευση (SAR)	mg/L	<140	140-350	>350
Άρδευση με καταιονισμό	mg/L	<100	>100	
<b>Βόριο (B<sup>3+</sup>)</b>	mg/L	<0,7	0,7-3,0	>3,0
<b>Διάφορες άλλες επιδράσεις</b>				
<b>Ολικό άζωτο (N)</b>	mg/L	<5,0	5-30	>30
Δισανθρακικά HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	<90	90-500	>500
<b>pH</b>		Κανονική διακύμανση: 6,5-8,4		
Υπολειμματικό <b>χλώριο</b> (μόνο για άρδευση με καταιονισμό)	mg/L	<1,0	1,0-5,0	>5,0