



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ:**  
**«ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**Παυλίδου Ρομπίνα**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**  
**Γκίκας Πέτρος, Αναπληρωτής Καθηγητής (Επιβλέπων)**  
**Καλογεράκης Νικόλαος, Καθηγητής**  
**Χρυσικόπουλος Κωνσταντίνος, Καθηγητής**

**Χανιά, Σεπτέμβριος 2019**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Πέτρο Γκίκα, επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας για την καθοδήγηση του και τον χρόνο που αφιέρωσε στην υλοποίηση και επίβλεψη της εργασίας μέχρι την ολοκλήρωσή της.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξέτασης της εργασίας, καθ. Νικόλαο Καλογεράκη και καθ. Κωνσταντίνο Χρυσικόπουλο για την ανάγνωση και διόρθωση της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βίκτωρα Κωνσταντινίδη, Ανώτερο Τεχνικό και Συντονιστή Υγείας και Ασφάλειας του Συμβουλίου Αποχετεύσεων Λεμεσού – Αμαθούντας, την κα. Λία Γεωργίου, Ανώτερη Υγειονομικό Μηχανικό του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων καθώς, την κα. Α. Παπαϊωάννου και την κα. Α. Παναγή υπαλλήλους του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων για τις πολύτιμες πληροφορίες τους.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς την οικογένεια μου, για την υποστήριξη, την εμπύχωση και την αγάπη τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών και της διπλωματικής μου εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υπάρχουσα κατάσταση της Κύπρου που αφορά την επαναχρησιμοποίηση νερού και οι προοπτικές που υπάρχουν στο μέλλον. Σκοπός της επαναχρησιμοποίησης είναι η παραγωγή σταθερών ποσοτήτων νερού ανεξάρτητα από το πρόβλημα της λειψυδρίας, λόγω της ξηρασίας από την συνεχή ανομβρία, της ρύπανσης υδάτων και της ακαταλόγιστης χρήσης του νερού από τον άνθρωπο.

Στην εργασία παρουσιάζεται η σημασία της επαναχρησιμοποίησης νερού και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει σε μια χώρα με ελλειμματικό ισοζύγιο νερού. Το επαναχρησιμοποιημένο νερό μπορεί να καλύψει μεγάλο μέρος των αναγκών του νησιού και να χρησιμοποιηθεί για διάφορες εφαρμογές, όπως σε αστική χρήση για πότισμα κήπων, για άρδευση γεωργικών περιοχών, για βιομηχανική χρήση, για εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων κλπ. Για να επιτευχθεί η επαναχρησιμοποίηση νερού προηγείται η πρωτοβάθμια επεξεργασία για απομάκρυνση στερεών ως πρωτοβάθμια ιλύ και δευτεροβάθμια επεξεργασία για απομάκρυνση οργανικού φορτίου. Ακολουθεί τριτοβάθμια επεξεργασία για απομάκρυνση θρεπτικών στοιχείων και απολύμανση για την χρήση του νερού σύμφωνα με το νομοθετικό πλαίσιο που βασίζεται στην μείωση ρύπανσης των υδάτων.

Η επαναχρησιμοποίηση νερού καλύπτει το 80% των αναγκών του νησιού. Συμπεριλαμβάνει κυρίως την αφαλάτωση θαλασσινού νερού, με δυναμικότητα 220.000 m<sup>3</sup>/day, ενώ μελλοντικά θα φτάσει τα 255.000 m<sup>3</sup>/day και την επεξεργασία λυμάτων από την οποία παράγονται 63.000.000 m<sup>3</sup>/year και μέχρι το 2025 προβλέπεται να φτάσουν τα 82.000.000 m<sup>3</sup>/year. Επίσης, για την αύξηση παραγωγής και χρήσης ανακτώμενου νερού προτείνεται ο σχεδιασμός περισσότερων αποκεντρωμένων συστημάτων και η ανάπτυξη μηχανισμών ελέγχου της ποιότητας των λυμάτων, για την ορθή λειτουργία των εγκαταστάσεων και την ασφαλή χρήση νερού. Ακόμα, συνιστάται η μείωση της τιμής του νερού που ανακτάται.

Συμπερασματικά, η επαναχρησιμοποίηση νερού προσφέρει πολλά οφέλη τόσο στο περιβάλλον όσο και στην κοινωνία της Κύπρου και με την πάροδο των χρόνων, χάρη στη σωστή ενημέρωση και επιβεβαίωση του καταναλωτή για την ασφαλή χρήση του αυξάνεται η αποδοχή και η κάλυψη σημαντικών αναγκών.

## **ABSTRACT**

The subject of this dissertation thesis is the current situation in Cyprus regarding the reuse of water and the prospects for the future. The purpose of water reuse is the production of stable quantities of water regardless of the problem of water scarcity due to drought from continuous droughts, water pollution, and the uncontrolled use of humans.

This work presents the importance of water reuse and the advantages that offers in a country with deficit water balance. Reusable water can serve a large part of the island's needs and can be utilized for several uses, for instance urban use for garden watering, for irrigation of agricultural areas, for industrial use, for the enrichment of underground aquifers etc. In order to achieve water reuse, preceded primary processing for the removal of solids as primary sludge and secondary processing for removal organic fraction. Then follows tertiary processing for removal of nutrients and disinfection for the use of water according with the legislative framework based on the reduction of water pollution.

Water reuse covers 80% of the island's needs. Mainly includes the desalination of seawater, with capacity of 220,000 m<sup>3</sup>/day, while in the future it will reach 255,000 m<sup>3</sup>/day and wastewater processing from which produced 63 million m<sup>3</sup>/year and until 2025 is projected to reach 82 million m<sup>3</sup>/year. Also, in order to increase the production and use of recovered water is proposed the design of more decentralized systems and the development of wastewater quality inspection mechanisms, for the correct operation of facilities and the safe use of water. Also recommended the reduction in the price of the recovered water.

In conclusion, water reuse offers many benefits both to the environment and to the quality of life of the people Cyprus and over time, due to the correct information and confirmation of the consumer for the safe use, the acceptance and coverage of important needs is increasing.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |    |
|---|----|
| 1. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....   | 8  |
| 2. ΣΗΜΑΣΙΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ .....  | 9  |
| 2.1 Σκοπός της επαναχρησιμοποίησης νερού.....   | 9  |
| 2.2 Δυνατότητες αξιοποίησης του νερού προς επαναχρησιμοποίηση.....                                  | 9  |
| 2.2.1 Αστική χρήση .....  | 11 |
| 2.2.2 Επαναχρησιμοποίηση για αγροτική άρδευση .....   | 12 |
| 2.2.3 Βιομηχανική χρήση .....   | 14 |
| 2.2.4 Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφόρων οριζόντων.....  | 15 |
| 2.2.5 Περιβαλλοντικές χρήσεις και δημιουργία χώρων αναψυχής .....                                   | 15 |
| 2.2.6 Χρήση για άμεση και έμμεση πόση.....  | 16 |
| 2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου .....   | 17 |
| 3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΑΠΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ .....                    | 18 |
| 3.1 Επεξεργασία λυμάτων.....  | 18 |
| 3.1.1 Χαρακτηριστικά αστικών υγρών αποβλήτων .....  | 18 |
| 3.1.2 Διαδικασία επεξεργασίας – τεχνολογίες ανάκτησης αστικών αποβλήτων .....                       | 21 |
| 3.1.3 Μέθοδοι απολύμανσης αποβλήτων και τελικά χαρακτηριστικά για την επαναχρησιμοποίηση τους ..... | 30 |
| 3.1.4 Συστήματα ανάκτησης νερού από αστικά λύματα .....   | 33 |
| 3.2 Επεξεργασία ημι-ακάθαρτων νερών.....  | 37 |
| 3.2.1 Ανακύκλωση ημι-ακάθαρτων νερών .....  | 37 |
| 3.2.2 Συστήματα ανακύκλωσης «γκρίζου νερού» .....   | 38 |
| 3.2.3 Πλεονεκτήματα ανακύκλωσης «γκρίζου νερού» .....   | 41 |
| 4. ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΡΟΥ.....   | 42 |
| 4.1 Διεθνείς κανονισμοί και οδηγίες της ΕΕ .....  | 42 |
| 4.1.1 Διεθνής κανονισμοί .....  | 42 |
| 4.1.2 Ευρωπαϊκές οδηγίες .....  | 47 |
| 4.2 Νομοθετικό πλαίσιο Κύπρου για άδεια απόρριψης επεξεργασμένων λυμάτων .....                      | 50 |
| 4.2.1 Επαναχρησιμοποίηση για άρδευση .....  | 51 |
| 4.2.2 Διάθεση νερού προς ευαίσθητες περιοχές.....   | 54 |
| 4.2.3 Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφόρων οριζόντων .....   | 55 |
| 4.2.4 Βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση.....   | 56 |

|   |    |
|---|----|
| 5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ .....                                    | 57 |
| 5.1 Μετεωρολογικά στοιχεία που κρίνουν αναγκαία την επαναχρησιμοποίηση .....              | 57 |
| 5.1.1 Κλίμα.....  | 57 |
| 5.1.2 Θερμοκρασία .....   | 57 |
| 5.1.3 Βροχόπτωση.....   | 59 |
| 5.2 Πρόβλημα λειψυδρίας στην Κύπρο και επιπτώσεις από αυτό .....                          | 60 |
| 6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ.....  | 61 |
| 6.1 Υδατική κατάσταση Κύπρου .....  | 61 |
| 6.2 Αξιοποίηση υδατικών έργων .....   | 65 |
| 6.2.1 Ταμιευτήρες νερού – Φράγματα.....   | 65 |
| 6.2.2 Υπόγεια υδατικά σώματα και τεχνητός εμπλουτισμός.....                               | 68 |
| 6.2.3 Αφαλάτωση θαλασσινού νερού .....  | 69 |
| 6.2.4 Προσφορά και ζήτηση νερού στο νησί από τα υδατικά έργα .....                        | 71 |
| 6.3 Επαναχρησιμοποίηση νερού από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων.....                        | 71 |
| 6.3.1 Περιγραφή επεξεργασίας αποβλήτων και ανάκτησης νερού από τις Ε.Ε.Λ. της Κύπρου..... | 72 |
| 6.3.1.1 Λευκωσία.....   | 73 |
| 6.3.1.2 Λάρνακα .....   | 74 |
| 6.3.1.3 Λεμεσός.....  | 74 |
| 6.3.1.4 Πάφος .....   | 76 |
| 6.3.1.5 Αγία Νάπα – Παραλίμνι .....   | 76 |
| 6.3.2 Ποιοτικός έλεγχος λυμάτων .....   | 77 |
| 6.3.4 Τομείς χρήσης ανακυκλωμένου νερού στο νησί .....                                    | 80 |
| 6.3.4.1 Λευκωσία .....  | 80 |
| 6.3.4.2 Λάρνακα .....   | 81 |
| 6.3.4.3 Λεμεσός.....  | 82 |
| 6.3.4.4 Πάφος .....   | 83 |
| 6.3.4.5 Αγία Νάπα – Παραλίμνι .....   | 84 |
| 7. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ.....  | 86 |
| 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....   | 90 |
| 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....  | 91 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Πίνακας 2.1: Εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού.....  | 10 |
| Πίνακας 2.2: Κατηγορίες χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων και ενδεχόμενοι περιορισμοί .....                              | 11 |
| Πίνακας 2.3: Προδιαγραφές ποιότητας για αστικά λύματα που θα χρησιμοποιηθούν για άρδευση .....                       | 14 |
| Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικές τιμές μη επεξεργασμένων αστικών λυμάτων .....   | 19 |
| Πίνακας 3.2: Αποτελέσματα λόγων και η σημασία τους στα απόβλητα.....   | 19 |
| Πίνακας 3.3: Ποιοτικά χαρακτηριστικά αστικών λυμάτων στην είσοδο μιας Ε.Ε.Λ.   | 21 |
| Πίνακας 3.4: Τεχνολογίες στο στάδιο προεπεξεργασίας .....  | 23 |
| Πίνακας 3.5: Τεχνολογίες στο στάδιο πρωτοβάθμιας επεξεργασίας .....  | 23 |
| Πίνακας 3.6: Τεχνολογίες στο στάδιο δευτεροβάθμιας επεξεργασίας .....  | 24 |
| Πίνακας 3.7: Τεχνολογίες στο στάδιο τριτοβάθμιας επεξεργασίας .....  | 27 |
| Πίνακας 3.8: Απομάκρυνση συστατικών των υγρών αποβλήτων από τεχνολογίες μεμβρανών.....                               | 29 |
| Πίνακας 3.9: Τεχνολογίες απολύμανσης.....  | 30 |
| Πίνακας 3.10: Τεχνοοικονομικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών απολύμανσης ....  | 32 |
| Πίνακας 4.1: Μικροβιολογικά κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνιας .....   | 46 |
| Πίνακας 4.2: Εθνικά και τοπικά κριτήρια Ιταλίας .....  | 48 |
| Πίνακας 4.3: Κριτήρια της Κύπρου για αστικά λύματα που θα χρησιμοποιηθούν για άρδευση .....                          | 52 |
| Πίνακας 4.4: Ποιοτικά χαρακτηριστικά επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση και συχνότητα ελέγχων .....                  | 53 |
| Πίνακας 4.5: Ποιοτικά χαρακτηριστικά επεξεργασμένου νερού για ευαίσθητες περιοχές .....                              | 54 |
| Πίνακας 4.6: Παρακολούθηση ποιότητας του νερού του υδροφορέα Ακρωτηρίου ...  | 56 |
| Πίνακας 6.1: Κοστολόγηση 1ου σχεδίου διαχείρισης λεκάνης απορροής.....   | 62 |
| Πίνακας 6.2: Κοστολόγηση 2ου σχεδίου διαχείρισης λεκάνης απορροής.....   | 63 |
| Πίνακας 6.3: Ποσότητες νερού στα μεγάλα φράγματα .....   | 66 |
| Πίνακας 6.4: Χαρακτηριστικά παράκτιων και ποτάμιων υδροφορέων .....  | 69 |
| Πίνακας 6.5: Χρήσεις και ανάγκες νερού στην Κύπρο .....  | 71 |
| Πίνακας 6.6: Αριθμός ΕΕΛ και δυναμικότητα.....   | 72 |
| Πίνακας 6.7: Ποσότητα εισερχόμενων και επεξεργασμένων λυμάτων για το έτος 2018 .....                                 | 75 |
| Πίνακας 6.8: Τιμή πώλησης του ανακυκλωμένου νερού .....  | 76 |
| Πίνακας 6.9: Μέθοδοι αναλύσεων για την ποιότητα των αποβλήτων.....   | 77 |
| Πίνακας 6.10: Ποιοτικά αποτελέσματα αναλύσεων στην είσοδο του Σταθμού Επεξεργασίας Λυμάτων στη Μονή για το 2018..... | 78 |
| Πίνακας 6.11: Ποιοτικά αποτελέσματα αναλύσεων στην είσοδο του Σταθμού Επεξεργασίας Λυμάτων στη Μονή για το 2018..... | 79 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Εικόνα 2.1: Παραγωγή μελιτζάνας σε συνάρτηση με την προσθήκη αζώτου .....                      | 13 |
| Εικόνα 3.1: Τυπικό διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ. με τη μέθοδο ενεργού ιλύος .....                      | 22 |
| Εικόνα 3.2: Τυπική διεργασία ενεργού ιλύος .....   | 26 |
| Εικόνα 3.3: Επεξεργασία υγρών αποβλήτων με χρήση κεντρικού συστήματος .....                    | 33 |
| Εικόνα 3.4: Επεξεργασία υγρών αποβλήτων με χρήση δορυφορικού ή αποκεντρωμένου συστήματος ..... | 34 |
| Εικόνα 3.5: Τύποι δορυφορικών συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων .....                          | 35 |
| Εικόνα 3.6: Αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων .....                                 | 36 |
| Εικόνα 3.7: Ανακύκλωση γκρίζου νερού σε μια οικία .....  | 38 |
| Εικόνα 3.8: Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού σε μια οικία .....                 | 39 |
| Εικόνα 6.1: Μεταφορά ανακυκλωμένου νερού στην Λευκωσία .....                                   | 81 |
| Εικόνα 6.2: Μεταφορά ανακυκλωμένου νερού στην Λάρνακα .....                                    | 82 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Διάγραμμα 3.1: Σύγκριση κόστους διαφορετικών μεθόδων απολύμανσης .....       | 32 |
| Διάγραμμα 5.1: Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα 1901 – 2017 στην Λευκωσία .....  | 58 |
| Διάγραμμα 5.2: Μέση ετήσια Βροχόπτωση Κύπρου 1902 – 2017 .....               | 59 |
| Διάγραμμα 6.1: Κατασκευή και χωρητικότητα φραγμάτων από το 1961 – 2018 ..... | 66 |
| Διάγραμμα 6.2: Ποσοστά υδατικών αναγκών Κύπρου .....                         | 80 |
| Διάγραμμα 6.3: Χρήση ανακυκλωμένου νερού στην Λευκωσία .....                 | 81 |
| Διάγραμμα 6.4: Ποσοστά διάθεσης ανακυκλωμένου νερού στην Λεμεσό .....        | 83 |
| Διάγραμμα 6.5: Ετήσιες ποσότητες παραγωγής λυμάτων από τους σταθμούς .....   | 85 |
| Διάγραμμα 7.1: Στόχος επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων .....       | 87 |
| Διάγραμμα 7.2: Κατάσταση υδάτινων σωμάτων .....                              | 87 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

|   |    |
|---|----|
| Χάρτης 4.1: Ευαίσθητες περιοχές Κύπρου .....                      | 55 |
| Χάρτης 5.1: Μέση ετήσια θερμοκρασία Κύπρου 2001 – 2008 .....      | 58 |
| Χάρτης 5.2: Μηνιαίο ύψος βροχής για τον Φεβρουάριο του 2017 ..... | 60 |
| Χάρτης 6.1: Κυβερνητικά Υδατικά Έργα Κύπρου .....                 | 64 |
| Χάρτης 6.2: Φράγματα της Κύπρου .....                             | 65 |
| Χάρτης 6.3: Υδροφορείς της Κύπρου .....                           | 68 |
| Χάρτης 6.4: Διαχείριση ανακυκλωμένου νερού στην Λεμεσό .....      | 83 |
| Χάρτης 6.5: Μεταφορά ανακυκλωμένου νερού στην Πάφο .....          | 84 |



## 1. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανασκόπηση της υπάρχουσας κατάστασης της Κύπρου όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση νερού προς όφελος του περιβάλλοντος και της κοινωνίας, καθώς επίσης η αναζήτηση και παρουσίαση των προοπτικών που υπάρχουν ώστε να αυξηθεί η παραγωγή ανακτημένου νερού προς επαναχρησιμοποίηση. Συγκεκριμένα, στην εργασία παρουσιάζεται η σημασία της επαναχρησιμοποίησης νερού και τα πλεονεκτήματα που μπορεί να προσφέρει κυρίως σε ένα μέρος, όπως είναι η Κύπρος που αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα λειψυδρίας λόγω της συνεχούς ανομβρίας και των υψηλών θερμοκρασιών. Η επαναχρησιμοποίηση είναι σωτήρια λύση για την βέλτιστη ποιότητα ζωής των κατοίκων, εφόσον συμβάλλει σε βασικές ανάγκες όπως στο πότισμα γεωργικών καλλιεργειών, σε αστικούς μη πόσιμους σκοπούς και στον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων. Επίσης, παρουσιάζεται η εξέλιξη της υδατικής κατάστασης του νησιού και της χρήσης του ανακτώμενου νερού μέσω της επεξεργασίας γκρίζου νερού, υγρών αστικών αποβλήτων και της αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, από πολύ παλιά μέχρι σήμερα. Ακόμα, αναλύονται οι μέθοδοι επεξεργασίας και απολύμανσης των ακάθαρτων υγρών, καθώς και οι τεχνολογίες ανάκτησης του καθαρού νερού που κρίνεται ικανό να επαναχρησιμοποιηθεί εφόσον πληρεί τα χαρακτηριστικά εξόδου, σύμφωνα με τις άδειες απόρριψης που θέτει το νησί. Τέλος, σημαντικό κομμάτι της εργασίας, αποτελούν οι προοπτικές που υπάρχουν για το μέλλον ώστε να καλύπτονται όλες οι ανάγκες της Κύπρου κάθε εποχή, ανεξάρτητα από τις κλιματολογικές αλλαγές. Μέσα από αυτή την έρευνα, επιδιώκεται αρχικά η ευαισθητοποίηση του κοινού, ώστε να μειωθεί η αλόγιστη χρήση του πόσιμου νερού και έπειτα η αποσαφήνιση ότι το ανακτώμενο νερό επεξεργάζεται σε βαθμό που δεν μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας ή ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο περιβάλλον ή τα υπόγεια ύδατα.

## 2. ΣΗΜΑΣΙΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

### 2.1 Σκοπός της επαναχρησιμοποίησης νερού

Μία λύση για την αντιμετώπιση της έλλειψης νερού που μπορεί να υπάρχει σε κάποιο μέρος λόγω της συνεχούς αύξησης πληθυσμού, των προβλημάτων λειψυδρίας ή των αναγκών νερού είναι η επαναχρησιμοποίηση νερού. Συγκεκριμένα, επαναχρησιμοποίηση νερού είναι η μετέπειτα χρήση νερού που προέρχεται από την ανάκτηση υγρών αστικών αποβλήτων, ημι-ακάθαρτων νερών ή από οποιαδήποτε άλλη πηγή υγρών αποβλήτων όπως αυτά που παράγονται από βιομηχανίες. Σκοπός της επαναχρησιμοποίησης είναι η επιστροφή κατάλληλης ποιότητας νερού για την κάλυψη αναγκών που προκύπτει από την κατάλληλη επεξεργασία των αποβλήτων και στοχεύει στην προστασία και εξοικονόμηση του πόσιμου νερού, μέσω της συνειδητής χρήσης του όπου κρίνεται αναγκαίο. Επίσης, θεωρείται μια εναλλακτική λύση για την διάθεση νερού εφόσον συμβάλει στη προστασία των φυσικών υδατικών πόρων και συνεπώς στη προστασία του περιβάλλοντος. Πέρα όμως από την εξοικονόμηση πόσιμου νερού, εξοικονομούνται και χρήματα αφού το ανακτώμενο νερό είναι πιο φθηνό από το νερό ύδρευσης ή άρδευσης. (Metcalf & Eddy, 2007, Λαπαβίτσας, 2015).

### 2.2 Δυνατότητες αξιοποίησης του νερού προς επαναχρησιμοποίηση

Εξαιτίας της ζήτησης νερού που αυξάνεται κυρίως στις ημίξηρες περιοχές, η επαναχρησιμοποίηση νερού από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού διακρίνεται σε δύο βασικούς τύπους. Ο πρώτος είναι η επαναχρησιμοποίηση για μη πόσιμους σκοπούς όπως η αστική μη υδρευτική, η αγροτική, η βιομηχανική χρήση αλλά και η φόρτιση υπόγειων υδροφορέων που δεν χρησιμοποιούνται για ύδρευση. Ο δεύτερος είναι η επαναχρησιμοποίηση για εμπλουτισμό του δικτύου ύδρευσης μιας πόλης που μπορεί να γίνει με άμεση πόση ή με έμμεση πόση μέσω αποθήκευσής του σε επιφανειακούς ή υπόγειους ταμιευτήρες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για αποθήκευση νερού ύδρευσης. (Γκίκας, 2006). Άλλος ένας μη πόσιμος σκοπός στον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανακτημένο νερό είναι η δημιουργία και χρήση χώρων αναψυχής. Στον πίνακα 2.1. παρουσιάζονται οι εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού και στον πίνακα 2.2 οι κατηγορίες χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων με τους ενδεχόμενους περιορισμούς τους. Σε σπάνιες περιπτώσεις το νερό απορρίπτεται στη θάλασσα. Αυτό μπορεί να συμβεί είτε σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων που δεν παρουσιάζεται πρόβλημα λειψυδρίας και οι περισσότερες ανάγκες καλύπτονται από την βροχή, είτε σε περίπτωση που η δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης ανακτώμενου νερού δεν διαθέτει άλλο αποθηκευτικό χώρο ή είναι υπό διόρθωση και συντήρηση.

Πίνακας 2.1: Εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού (Gikas and Tchobanoglous, 2007)

| Εφαρμογή  | Παρατηρήσεις  |
|---|---|
| Γεωργικές εφαρμογές                                 | Οι ελεγχόμενες γεωργικές εφαρμογές είναι οι πλέον διαδεδομένες διεθνώς. Παράμετροι όπως η ποιότητα του εδάφους, το είδος των καλλιεργειών, ο τύπος του συστήματος άρδευσης, οι κλιματικές συνθήκες και η ισχύουσα νομοθεσία καθορίζουν τα ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ανακτημένου νερού, και ως εκ τούτου το κατάλληλο σύστημα επεξεργασίας. (Lazarova and Asano, 2004; Pettygrove and Asano, 1985). |
| Άρδευση χώρων πρασίνου                              | Ανακτημένο νερό χρησιμοποιείται ευρέως για την άρδευση χώρων πρασίνου, όπως πάρκα, γήπεδα γκολφ, χώροι πρασίνου σε οικιστικές περιοχές, νεκροταφεία και λωρίδες πρασίνου σε δρόμους (Gill and Rainville, 1994).   |
| Βιομηχανικές εφαρμογές                              | Ανακτημένο νερό χρησιμοποιείται πολύ συχνά ως ύδωρ ψύξης σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, διυλιστήρια πετρελαίου και σε διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες (Asano et al., 1988; Mann and Liu, 1999).   |
| Αστικές χρήσεις διαφορετικές από άρδευση            | Ανακτημένο νερό χρησιμοποιείται για εφαρμογές πυροπροστασίας και πυράσβεσης, ψύξη κλιματιστικών συσκευών, καθαρισμό τουαλετών και ουρητήρων, καθώς και για την πλύση αυτοκινήτων και ρούχων σε βιοτεχνικό επίπεδο. (Lazarova et al., 2003; Yamagata et al., 2002).  |
| Περιβαλλοντικές χρήσεις και εφαρμογές αναψυχής      | Περιλαμβάνουν τον εμπλουτισμό υδροβιότοπων και ποταμών κατά την θερινή περίοδο με νερό, καθώς επίσης την δημιουργία τεχνητών λιμνών για λόγους αναψυχής. (Crites et al., 2006; Crites and Tchobanoglous, 1998).   |
| Φόρτιση υδροφόρου ορίζοντα (έμμεση πόσιμη χρήση)    | Ανακτημένο νερό χρησιμοποιείται για την φόρτιση του υδροφόρου ορίζοντα καθώς και για την αποκατάσταση του υδροφόρου ορίζοντα από διείσδυση υπάλυμων υδάτων. (Asano, 1985; Bouwer, 1991)(Asano, 1985; Bouwer, 1991).   |
| Αναπλήρωση επιφανειακών υδάτων(έμμεση πόσιμη χρήση) | Υψηλής ποιότητας ανακτημένο νερό εισάγεται σε δεξαμενές αποθήκευσης πόσιμου ύδατος (π.χ. φράγματα), και αναμειγνύεται με άλλες πηγές πόσιμου ύδατος.  |
| Άμεσες πόσιμες εφαρμογές                            | Η μόνη τεκμηριωμένη περίπτωση χρήσης ανακτημένου νερού προς άμεση πόση συναντάται στο Windhoek, την πρωτεύουσα της Ναμίμπια, όπου υγρά απόβλητα μετά από τριτοβάθμια επεξεργασία, και αφού διέλθουν από μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης, αναμειγνύονται με επιφανειακά ύδατα και επανατροφοδοτούνται στο δίκτυο ύδρευσης της πόλης (Harthoff and Van der Merwe, 1996).  |

<sup>a</sup> Βασισμένο στη δημοσίευση των Asano et al. (2007)

Πίνακας 2.2: Κατηγορίες χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων και ενδεχόμενοι περιορισμοί (Τασούλα, 2007)

| Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων  | Ενδεχόμενοι περιορισμοί   |
|---|---|
| 1. Άρδευση αγροτικών καλλιεργειών <ul style="list-style-type: none"> <li>- άρδευση συγκομιδής</li> <li>- εμπορικά φυτώρια</li> </ul> 2. Άρδευση περιστατικού πρασίνου <ul style="list-style-type: none"> <li>- πάρκα</li> <li>- αυλές σχολείων</li> <li>- διαχωριστική ζώνη (νησίδα) αυτοκινητοδρόμων</li> <li>- γήπεδα γκολφ</li> <li>- νεκροταφεία</li> <li>- ζώνες πρασίνου κατοικιών</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Επίδραση της ποιότητας νερού, ιδιαίτερα, των αλάτων στο έδαφος και στη συγκομιδή.</li> <li>- Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία σε σχέση με τους μικροοργανισμούς (βακτηρίδια, ιούς και παράσιτα).</li> <li>- Ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών αν δεν γίνει κατάλληλη διαχείριση.</li> <li>- Εμπορικότητα της σοδειάς και δημόσια αποδοχή.</li> </ul>     |
| 3. Επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία <ul style="list-style-type: none"> <li>- ψύξη</li> <li>- τροφοδοσία λέβητα</li> <li>- νερό επεξεργασίας</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Τα συστατικά των επεξεργασμένων λυμάτων σχετίζονται με τον σχηματισμό πουρί, τη διάβρωση, τη βιολογική ανάπτυξη και τη δυσοσμία.</li> <li>- Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία, ιδιαίτερα μεταφορά μικροσταγονιδίων (aerosols) με οργανικά και παθογόνους μικροοργανισμούς στο νερό ψύξης και παθογόνους μικροοργανισμούς στα νερά διαφόρων επεξεργασιών.</li> </ul> |
| 4. Ενίσχυση και εξευγενισμός υπόγειων υδροφορέων <ul style="list-style-type: none"> <li>- ανανέωση υπόγειων υδροφορέων</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ίχνη οργανικών στα επεξεργασμένα λύματα και η τοξικολογική επίδρασή τους.</li> <li>- Ολικά διαλυμένα στερεά, μέταλλα, νιτρικά ιόντα και παθογόνοι μικροοργανισμοί στα επεξεργασμένα λύματα.</li> </ul>   |
| 5. Περιβαλλοντικές χρήσεις/Αναψυχή <ul style="list-style-type: none"> <li>- λίμνες</li> <li>- ιχθυοκαλλιέργειες</li> <li>- αύξηση παροχής ρευμάτων</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ανησυχίες για την υγεία λόγω των βακτηριδίων και των ιών.</li> <li>- Ευτροφισμός εξ αιτίας του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P).</li> <li>- Αισθητική (οσμές).</li> </ul>   |
| 6. Αστικές χρήσεις πλην ύδρευσης <ul style="list-style-type: none"> <li>- πυροπροστασία</li> <li>- κλιματισμός</li> <li>- πλύσιμο τουαλέτας</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία σχετικά με τη μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών από μικροσταγονίδια (aerosols).</li> <li>- Επίδραση της ποιότητας νερού στο σχηματισμό πουρί, στη διάβρωση, στη βιολογική ανάπτυξη και τη δυσοσμία.</li> <li>- Πιθανές διασταυρώσεις-συνδέσεις με το δίκτυο ύδρευσης.</li> </ul>   |
| 7. Επαναχρησιμοποίηση για ύδρευση <ul style="list-style-type: none"> <li>- σύμμιξη στην παροχή νερού</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ίχνη οργανικών στα επεξεργασμένα λύματα και οι τοξικολογικές επιδράσεις τους.</li> <li>- Υπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών.</li> <li>- Αισθητική και δημόσια αποδοχή.</li> <li>- Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία σχετικά με τη μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων και των ιών.</li> </ul>   |

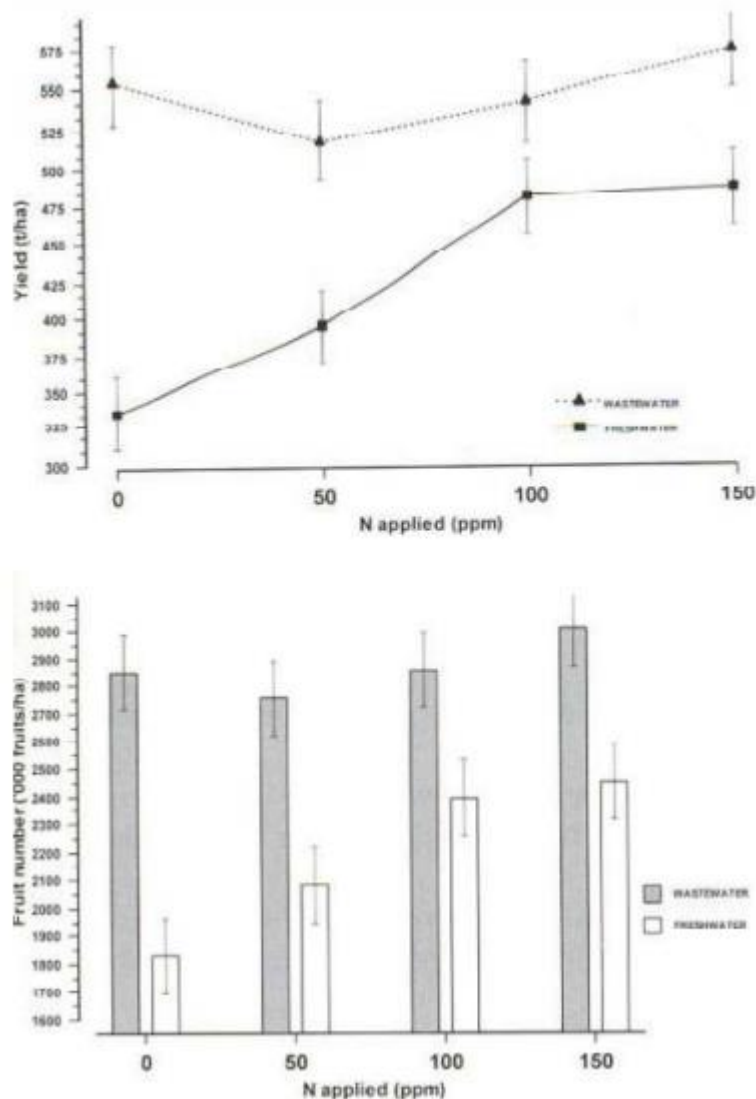
### 2.2.1 Αστική χρήση

Όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται ανακυκλωμένα λύματα, τις περισσότερες φορές σε συνδυασμό με όμβρια ύδατα για αστική χρήση, όπως είναι το πότισμα κήπων σε οικίες, η άρδευση δημοτικών πάρκων και η χρήση τους σε παράλληλο κύκλωμα ύδρευσης για την τροφοδοσία στα καζανάκια τουαλετών (Γκίκας, 2006). Επίσης τα απόβλητα που επεξεργάζονται και είναι διαθέσιμα για επαναχρησιμοποίηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αστική χρήση με το πότισμα αυλών, κέντρων αναψυχής, νεκροταφείων και γηπέδων. Λαμβάνουν χώρα σε εμπορικές χρήσεις για την ανάμιξη νερού με σπρέι, τη χρήση σε εγκαταστάσεις φυτωρίων και στο πλύσιμο σπιτιών ή μεταφορικών μέσων. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς πυρόσβεσης, για κλιματισμό και καθαρισμό τουαλετών σε ξενοδοχεία (Metcalf & Eddy, 2007, Τασούλα, 2007).

Ένα παράδειγμα αστικής χρήσης παρουσιάστηκε στο χώρο που φιλοξενήθηκαν οι Ολυμπιακοί Αγώνες του 2000, στο Sydney της Αυστραλίας, όπου περίπου 7.000 m<sup>3</sup>/day ανακυκλωμένων λυμάτων χρησιμοποιούνται στις αθλητικές εγκαταστάσεις για την έκπλυση των τουαλετών και για άρδευση του πρασίνου. Η πλεονάζουσα ποσότητα των ανακυκλωμένων λυμάτων παροχετεύεται σε περίπου 2.000 παρακείμενες οικίες και χρησιμοποιείται για τους ίδιους σκοπούς (Γκίκας, 2006). Στις περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης για αστική χρήση σημαντικό ρόλο έχει η ορθή απολύμανση και επεξεργασία του υγρού ώστε να είναι αποδεκτή νομοθετικά η χρήση του χωρίς να προκαλεί επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

### 2.2.2 Επαναχρησιμοποίηση για αγροτική άρδευση

Η πιο συνήθης χρήση της επαναχρησιμοποίησης νερού είναι η άρδευση σε γεωργικές περιοχές και είναι αποτέλεσμα κυρίως της επεξεργασίας αστικών αποβλήτων μετά από απολύμανση, ώστε να κρίνεται κατάλληλη η εκροή τους σε καλλιέργειες. Το ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται παγκοσμίως για γεωργικές εφαρμογές υπερβαίνει το 70% της συνολικής κατανάλωσης νερού. Σε περίπτωση που οι υδατικοί πόροι μιας περιοχής δεν επαρκούν για τις αγροτικές εφαρμογές, μπορεί να εμπλουτιστούν με κατάλληλα επεξεργασμένα απόβλητα. Αυτό εκτός από την προφανή εξοικονόμηση υδατικών πόρων, σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις στην αγροτική παραγωγή (Γκίκας, 2006). Στην εικόνα 2.1 φαίνεται η πειραματική μελέτη καλλιέργειας μελιτζάνας στην Κύπρο με άρδευση επεξεργασμένων αποβλήτων και με άρδευση νερού που εμπλουτίστηκαν με την ίδια ποσότητα άζωτου. Πάνω είναι σε tn/ha και κάτω σε χιλιάδες καρπούς ανά ha. Παρατηρείται ότι τα φυτά που αρδεύτηκαν με επεξεργασμένα απόβλητα εμπλουτισμένα σε άζωτο παρουσίασαν αυξημένη παραγωγικότητα σε σχέση με τα φυτά που αρδεύτηκαν με νερό εμπλουτισμένο με άζωτο (Papadopoulos and Savvides, 2002).



Εικόνα 2.1: Παραγωγή μελιτζάνας σε συνάρτηση με την προσθήκη αζώτου (Papadopoulos and Savvides, 2002)

Για να είναι δυνατή η χρήση επεξεργασμένου νερού από ένα βιολογικό καθαρισμό πρέπει να γίνεται συνεχής έλεγχος των τελικών χαρακτηριστικών που οφείλει να διαθέτει το απόβλητο μετά την επεξεργασία του, αφού έτσι καθορίζεται και η ορθή λειτουργία των συστημάτων που βρίσκονται στο ρεύμα επαναχρησιμοποίησης. Πέρα από τις αμφιβολίες του κόσμου για το επαναχρησιμοποιούμενο νερό στην ανθρώπινη υγεία λόγω μικροοργανισμών, υπάρχουν και ανασφάλειες για την ποιότητα και τα αποτελέσματα που θα έχει στο έδαφος αλλά και στα επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα σε περίπτωση λανθασμένου ελέγχου ή κακής χρήσης. Για αυτό ορίζονται πολύ αυστηρά όρια για την απόρριψη των επεξεργασμένων αποβλήτων σε γεωργικές περιοχές, που πρέπει να ελέγχονται και να τηρούνται καθημερινώς (Metcalf & Eddy, 2007, Γκίκας, 2006). Στον πίνακα 2.3 παρουσιάζονται οι προδιαγραφές ποιότητας που ορίζει η Κύπρος για τη χρήση ανακυκλωμένου νερού για άρδευση, από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε οικισμούς κάτω των 2.000 ισοδύναμου πληθυσμού.



Πίνακας 2.3: Προδιαγραφές ποιότητας για αστικά λύματα που θα χρησιμοποιηθούν για άρδευση (Γκίκας, 2006)

|   | Επιτρέπεται να αρδεύονται   | BOD <sub>5</sub><br>mg/l | Αιωρούμενα<br>Στερεά<br>mg/l | Εντερικά<br>Κολοβακτηρίδια<br>/100ml | Αυγά Εντερικών<br>Παρασίτων*** |
|---|---|--------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Όλες οι καλλιέργειες και χώροι πρασίνου με ελεύθερη χρήση (α)                   | 10*                      | 10*                          | 5*<br>15*                            | Τίποτε                         |
| 2 | Λαχανικά μαγειρεμένα (β)  | 10*<br>15**              | 10*<br>15**                  | 50*<br>100**                         | Τίποτε                         |
| 3 | Προϊόντα για ανθρώπινη βρώση, χώροι πρασίνου με περιορισμένη χρήση από το κοινό | 20*<br>30**              | 30*<br>45**                  | 200*<br>1000**                       | Τίποτε                         |
| 4 | Κτηνοτροφικά φυτά   | 20*<br>30*               | 30*<br>45**                  | 1000*<br>5000**                      | Τίποτε                         |
| 5 | Βιομηχανικά φυτά  | 50*<br>70**              | --                           | 3000*<br>10000**                     | --                             |

\* 80% από τα δείγματα, 24 δείγματα / χρόνο

\*\* Μέγιστη αποδεκτή τιμή

\*\*\* Συχνότητα δειγματοληψίας μια φορά το χρόνο /καλοκαίρι/ μήνες

(α) Φυλλώδη λαχανικά, βολβοί και κώνδυλοι που τρώγονται ωμοί

(β) Πατάτες, Κολοκάσι, Κολοκασσιόγυλια

### 2.2.3 Βιομηχανική χρήση

Οι βασικότερες βιομηχανικές χρήσεις για επαναχρησιμοποίηση του νερού από την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων είναι η εξής (Metcalf & Eddy, 2007):

- Νερό για τροφοδοσία σε λέβητες
- Νερό για ψύξη
- Νερό για επεξεργασία
- Νερό διαβροχής

Η συνηθέστερη χρήση σε αυτή την κατηγορία είναι η δεύτερη, δηλαδή το νερό για ψύξη η οποία είναι και απαραίτητη σε μεγάλες εγκαταστάσεις με μηχανές. Με την ανακύκλωση του νερού για αυτές τις χρήσεις, προστατεύεται η κατανάλωση του γλυκού νερού αλλά υπάρχει ο προβληματισμός ότι σε περίπτωση που δεν έχει γίνει κατάλληλη επεξεργασία των αποβλήτων, μπορεί να προκληθούν προβλήματα λειτουργίας, διάβρωσης και δυσοσμίας στα μηχανήματα. Επίσης, πρέπει τα τελικά χαρακτηριστικά για επαναχρησιμοποίηση να τηρούνται, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία παθογόνων μικροοργανισμών που θα προκαλούσαν προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία. Όπως και στις αστικές χρήσεις έτσι και στις βιομηχανικές δεν πρέπει να γίνει ανάμιξη του πόσιμου με το επαναχρησιμοποιούμενο νερό στην τοποθέτηση αγωγών (Metcalf & Eddy, 2007).

#### 2.2.4 Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφόρων οριζόντων

Με την επαναχρησιμοποίηση νερού για εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων επιτυγχάνονται τα εξής αποτελέσματα (Metcalf & Eddy, 2007, Γκίκας, 2006, Τασούλα, 2007):

- Ελαχιστοποιείται η πρόσληψη του θαλασσινού νερού εφόσον παρεμποδίζεται η διείσδυση και ανάμιξη του με το υπάρχον γλυκό νερό από παράκτιους υδροφορείς.
- Αυξάνεται η στάθμη του υδροφορέα, ώστε να αποφεύγεται η μείωση της εξαιτίας της αλόγιστης χρήσης που γίνεται.
- Αποφεύγονται τυχόν καθιζήσεις που μπορεί να προκληθούν στο έδαφος.
- Ο υπόγειος υδροφορέας ανανεώνεται.
- Το νερό που προέρχεται από την επεξεργασία αστικών αποβλήτων φυλάσσεται στον υδροφορέα και χρησιμοποιείται σε περίοδο ανάγκης.

- Πλεονεκτήματα αποθήκευσης ανακτημένου νερού σε υπόγειους υδροφορείς:

Σημαντικό πλεονέκτημα 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 που υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού με τη δημιουργία δυσάρεστων οσμών και την παραγωγή τοξικών ουσιών. Η επεξεργασία που γίνεται στο έδαφος μέσω της διήθησης και κατείδυσης δια μέσω του εδαφικού υλικού, είναι ικανή να μειώσει το κόστος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας των αποβλήτων, ανάλογα με τις ποιοτικές απαιτήσεις της επόμενης χρήσης, τις υδρογεωλογικές συνθήκες κλπ.

- Μειονεκτήματα αποθήκευσης ανακτημένου νερού σε υπόγειους υδροφορείς:

Τα μειονεκτήματα σχετίζονται με το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας των απαιτούμενων γεωτρήσεων και της προχωρημένης επεξεργασίας. Ακόμα, σχετίζονται με την πιθανή αύξηση του κινδύνου ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα σε περίπτωση που τα απόβλητα δεν έχουν υποστεί την απαιτούμενη επεξεργασία. Επίσης, ένα πρόβλημα που μπορεί να προκύψει, οφείλεται στο γεγονός ότι τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα με τα οποία φορτίζονται υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες μπορεί να περιέχουν οργανικές ουσίες, μέταλλα, στερεά και παθογόνους μικροοργανισμούς που πιθανόν να επιφέρουν αρνητικές επιδράσεις κατά τον εμπλουτισμό. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνεται έλεγχος στο ανακτημένο νερό πριν από τη χρήση του. Συχνή δυσκολία αντιμετωπίζει η εφαρμογή για σκοπούς ύδρευσης, η οποία εκτός από τα πρακτικά ζητήματα αντιμετωπίζεται με προβληματισμό από τους καταναλωτές. Στο Orange country της Καλιφόρνιας χρησιμοποιούνται απόβλητα επεξεργασμένα σε ποιότητα πόσιμου ύδατος για την φόρτιση του υπόγειου υδροφορέα που χρησιμοποιείται για ύδρευση, με σκοπό την παρεμπόδιση εισβολής θαλάσσιου ύδατος.

#### 2.2.5 Περιβαλλοντικές χρήσεις και δημιουργία χώρων αναψυχής

Άλλος ένας τρόπος μη πόσιμης χρήσης του ανακτημένου νερού από τα λύματα, είναι σε χώρους αναψυχής στοχεύοντας σε ένα περιβάλλον που θα είναι βιώσιμο. Τέτοιοι χώροι θεωρούνται οι λίμνες και οι υδροβιότοποι είτε αυτοί είναι φυσικοί είτε τεχνητοί. Επίσης, στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνεται η χρήση του σε σιντριβάνια, γήπεδα και πάρκα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εμπλουτισμό ποταμών κατά την θερινή περίοδο. Να συμβάλλει στην αύξηση παροχής ρευμάτων, την αποκατάσταση ελωδών χώρων και την ανάπτυξη αλιευτικών χώρων (Metcalf & Eddy, 2007, Gikas and Tchobanoglous, 2007, Τασούλα, 2007).



Με την δημιουργία και χρήση χώρων αναψυχής επιδιώκεται ένα περιβάλλον στο οποίο μπορεί να αναπτυχθεί η ζωή στο φυσικό περιβάλλον και μια περιοχή με αυξημένη αισθητική αξία. Τέτοιου είδους χρήσεις όμως προβληματίζουν τον άνθρωπο για λόγους οσμών που μπορεί να υπάρχουν, για λόγους υγείας από τα βακτηρίδια και τους ιούς, καθώς βασικό παράγοντα αποτελεί ο ευτροφισμός που μπορεί να δημιουργηθεί από το φώσφορο ή το άζωτο σε μία λίμνη ή σε ένα υδροβιότοπο (Metcalf & Eddy, 2007, Τασούλα, 2007).

#### 2.2.6 Χρήση για άμεση και έμμεση πόση

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για πόσιμη χρήση μπορεί να γίνει άμεσα και έμμεσα μέσω εμπλουτισμού υδροφορέων. Είναι γεγονός ότι σήμερα είναι διαθέσιμη η τεχνολογία για τον καθαρισμό λυμάτων σε ποιότητα πόσιμου ύδατος. Η αιχμή της τεχνολογίας χρησιμοποιείται στους διαστημικούς σταθμούς, όπου πρακτικά το σύνολο των αποβλήτων ανακυκλώνεται, αν και το κόστος του προηγούμενου ύδατος είναι ιδιαίτερα υψηλό (Γκίκας, 2006).

Αν και η τεχνολογία παραγωγής πόσιμου ύδατος από λύματα είναι διαθέσιμη, η χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων από τους καταναλωτές για άμεση πόση δεν έχει ιδιαίτερη απήχηση. Αυτό γιατί εκτός από το παθογόνο μικροβιακό φορτίο που βρίσκεται στα λύματα, παρόν είναι και ένα πλήθος οργανικών χημικών ενώσεων που δύναται να διαφύγουν της επεξεργασίας. Εκτιμάται ότι μόνο το 10% κατά βάρος των οργανικών ενώσεων του πόσιμου ύδατος έχει ταυτοποιηθεί, ενώ η έρευνα για τις επιδράσεις τους στην υγεία είναι ακόμη σε πρωταρχικό στάδιο. Παρόλα αυτά, σε περιοχές όπου το πόσιμο ύδωρ είναι δυσεύρετο χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα λύματα για άμεση πόση, σε ανάμειξη με άλλες πηγές (National Research Council, 1980, Γκίκας, 2006).

Συνεπώς, η χρήση αυτή αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα κοινωνικής αποδοχής λόγω των αυξημένων κινδύνων που θα υποστεί η υγεία σε περίπτωση ημιτελούς επεξεργασίας και λόγω των πιθανόν μακροπρόθεσμων κινδύνων που μπορούν να εμφανιστούν. Ωστόσο πιο ακίνδυνη είναι η έμμεση επαναχρησιμοποίηση μέσω εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων με το ανακτημένο νερό που χρησιμοποιείται για ύδρευση (Metcalf & Eddy, 2007). Στη Σιγκαπούρη τα τελευταία χρόνια η έμμεση πόση έχει γίνει υποχρεωτική για αυτό χρηματοδοτήθηκαν αρκετές Ε.Ε.Λ. με σκοπό την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων νερού. Αρχικά το νερό χρησιμοποιήθηκε μόνο στη βιομηχανία, ενώ αργότερα έγινε εισαγωγή του σε δεξαμενές με πόσιμο μη επεξεργασμένο νερό, με σκοπό την έμμεση πόση. Τα επεξεργασμένα λύματα κάλυπταν το 1% του πόσιμου νερού με στόχο το 2011 να αυξηθεί η χρήση τους στο 2,5% του πόσιμου και το 2012 να καλύπτουν το 15% των αναγκών χρήσης νερού στο νησί (Gikas and Tchobanoglous, 2008). Η επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού για έμμεση πόση, γίνεται σε πολλές χώρες του πλανήτη, που αντιμετωπίζουν μεγάλα προβλήματα λειψυδρίας. Τέλος, η επαναχρησιμοποίηση νερού από επεξεργασμένα λύματα για πόση είναι διεργασία που απαιτεί μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με την αφαλάτωση, αλλά δεν είναι τόσο αποδεκτή από το κοινό.

## 2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου

### ➤ Πλεονεκτήματα

Βασικός παράγοντας για να γίνεται η επαναχρησιμοποίηση νερού είναι η εξοικονόμηση του νερού ως απαραίτητος φυσικός πλούτος. Με την επεξεργασία και απολύμανση των υγρών αποβλήτων και τη μετέπειτα χρήση τους με τους τρόπους που αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 2.2 επιτυγχάνεται η καλύτερη οικονομία του καταναλωτή εφόσον το ανακτημένο νερό είναι πολύ φθηνότερο σε σύγκριση με τη τιμή κοστολόγησης του πόσιμου νερού. Επίσης, το κόστος τριτοβάθμιας επεξεργασίας για σκοπούς επαναχρησιμοποίησης εκροών είναι χαμηλότερο από εναλλακτικές πηγές αρδεύσιμου νερού. Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα είναι η μείωση ενεργειακού κόστους σε σχέση με την άντληση υπόγειου νερού και την αφαλάτωση. Επίσης, μειώνεται η απόρριψη του νερού σε φυσικούς αποδέκτες και προφυλάσσεται έτσι το υδάτινο περιβάλλον χωρίς να φθείρεται. Επιπλέον, σημαντικό πλεονέκτημα κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς, είναι η ιδιαιτερότητα που έχει το ανακτημένο νερό να χρησιμοποιείται και σαν λίπασμα εφόσον περιέχει ορισμένα θρεπτικά στοιχεία ικανά για τον σκοπό αυτό. Τέλος, σε περιπτώσεις αποθήκευσης του νερού σε υπόγειους υδροφορείς αντί για ταμιευτήρες, αυξάνονται τα οφέλη στα οικοσυστήματα αφού ελαττώνεται η ρύπανση και τα προβλήματα ευτροφισμού (Metcalf & Eddy, 2007, Gikas and Tchobanoglous, 2008).

### ➤ Μειονεκτήματα

Η επαναχρησιμοποίηση νερού μπορεί να είναι πιο οικονομική και να προστατεύει το περιβάλλον και το γλυκό – πόσιμο νερό, αλλά κρύβει κάποια μειονεκτήματα που καθορίζουν τη χρήση του ανακτημένου από τα λύματα νερού. Σημαντικό περιορισμό αποτελεί η ανθρώπινη υγεία και τα προβλήματα που μπορεί να προκληθούν σε αυτή και στο περιβάλλον από την κακή ή ημιτελή επεξεργασία των αποβλήτων, εφόσον περιέχουν βλαβερές ουσίες. Για τον λόγο αυτό η μέθοδος δεν είναι κοινωνικά αποδεκτή ώστε να χρησιμοποιείται με σιγουριά ειδικά για σκοπούς άρδευσης σε γεωργικές περιοχές και γενικότερα σε χώρους πρασίνου. Θα μπορούσε να προκληθεί ρύπανση στα επιφανειακά νερά ή και στον υπόγειο υδροφόρα που χρησιμοποιείται ως πηγή πόσιμου νερού. Επίσης, πιθανόν να υπάρξουν θέματα δημόσιας υγείας από ασθένειες που μεταδίδονται με το νερό και σχετίζονται με παθογόνους οργανισμούς. Ακόμα, ένα μειονέκτημα που έχει η επαναχρησιμοποίηση νερού, είναι ότι η διαδικασία που απαιτείται μέχρι την ανάκτηση του απαιτεί και υψηλό κόστος χρημάτων μέχρι την ικανοποιητική απολύμανση του, και έπειτα περεταίρω κόστος λόγω της απαίτησης για επιπλέον σύστημα διανομής. Επιπλέον, λόγω της απόστασης μεταξύ της περιοχής προσφοράς και της περιοχής ζήτησης χρειάζεται υψηλό κόστους διανομή και αποθήκευση του νερού. Παράλληλα είναι αναγκαίο να βρεθεί χώρος αποθήκευσης σε περίπτωση που δεν υπάρχει άμεση ζήτηση του ανακτημένου νερού. Το νερό θα μπορούσε να αποθηκευτεί σε υπόγειους υδροφορείς που είναι μία λύση στο πρόβλημα η οποία κοστίζει εξίσου ακριβά, και όπως αναφέρθηκε μπορεί να παρουσιάσει ρύπανση που θα είναι μετέπειτα δύσκολο να αντιμετωπιστεί (Metcalf & Eddy, 2007, Χρυσανθοπούλου, 2018).

### 3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΑΠΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ

#### 3.1 Επεξεργασία λυμάτων

##### 3.1.1 Χαρακτηριστικά αστικών υγρών αποβλήτων

Τα υγρά αστικά απόβλητα αποτελούνται από φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά και αποτελούνται κυρίως από νερό, ανόργανες και οργανικές ουσίες, παθογόνους μικροοργανισμούς και στερεά. Συγκεκριμένα, στην κατηγορία των φυσικών χαρακτηριστικών κατατάσσονται οι συγκεντρώσεις των στερεών (ολικά, πτητικά, αιωρούμενα, διαλυμένα και καθιζάνοντα) καθώς και η θολερότητα, το χρώμα, η οσμή, η θερμοκρασία, η πυκνότητα και η αγωγιμότητα. Στην κατηγορία των χημικών χαρακτηριστικών περιλαμβάνονται τα οργανικά και ανόργανα χαρακτηριστικά. Στα ανόργανα χημικά χαρακτηριστικά, περιλαμβάνεται η αμμωνία, το άζωτο, νιτρώδη και νιτρικά καθώς και ο φώσφορος, διάφορα μέταλλα, χλωριούχα, το pH και η αλκαλικότητα. Από την άλλη τα οργανικά χημικά χαρακτηριστικά, είναι το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο του άνθρακα και αζώτου, το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο και ο ολικός οργανικός άνθρακας. Τέλος, τα βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων σχετίζονται με τα περιεχόμενα κολοβακτηρίδια και άλλους μικροοργανισμούς όπως πρωτόζωα, ιοί κλπ. Επίσης, στην κατηγορία των βιολογικών χαρακτηριστικών ανήκει και η τοξικότητα (Metcalf & Eddy, 2007).

Οι πιο βασικές παράμετροι για τις οποίες πρέπει να γίνεται έλεγχος στα υγρά απόβλητα είναι οι ακόλουθες:

- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

Είναι η ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για πλήρη βιοχημική οξείδωση των περιεχόμενων οργανικών ουσιών και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης της οργανικής ύλης σε δείγματα νερών και υγρών αποβλήτων (Ψυλλάκη, 2014). Συγκεκριμένα, το BOD χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του επιπέδου ρύπανσης των αποδεκτών αλλά και του οργανικού ρυπαντικού φορτίου που υπάρχει στα υγρά απόβλητα. Το απόβλητο για να μπορέσει μετά από επεξεργασία να δοθεί για χρήση δεν πρέπει να έχει μεγάλο BOD γιατί το καθιστά πιο επιβαρυνόμενο.

Η μέθοδος προσδιορισμού του BOD είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα. Για θερμοκρασία 20 °C απαιτούνται περίπου 20 μέρες για να καταναλωθεί το 95 – 99 % του ολικού BOD. Προκειμένου να προσδιοριστούν πιο άμεσα αποτελέσματα, χρησιμοποιείται το BOD<sub>5</sub> δηλαδή 5 ημερών όπου γίνονται μετρήσεις όσο το δείγμα βρίσκεται σε σκοτεινό σημείο και σε συνθήκες επώασης 20 °C, στην αρχή και στο τέλος της περιόδου αυτής. Με τον τρόπο αυτό, η κατανάλωση οξυγόνου βρίσκεται από την διαφορά της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου σε πέντε ημέρες (Ψυλλάκη, 2014).

- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD):

Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για ολική χημική οξείδωση της οργανικής ύλης μιας ουσίας σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O). Για την εύρεση του COD χρησιμοποιείται ισχυρό οξειδωτικό μέσο όπως το διχρωμικό κάλιο (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) που είναι ικανό να οξειδώσει τις βιολογικά και μη αποδομήσιμες ενώσεις. Επίσης, ο χρόνος που απαιτείται για την μέτρηση του COD είναι 2 – 3 ώρες που λόγω ταχύτητας χρησιμοποιείται συμπληρωματικά ή προτιμάται γενικά, ανεξάρτητα από την

εύρεση του BOD<sub>5</sub> η οποία χρειάζεται πέντε μέρες. Το COD είναι πάντα μεγαλύτερο από το BOD<sub>5</sub> (COD > BOD<sub>5</sub>) και για τα αστικά λύματα ο λόγος του COD/BOD<sub>5</sub> ισούται περίπου με 1,2 – 1,5 (Ψυλλάκη, 2014). Το μειονέκτημα είναι ότι με το COD εκτός από την βιοδιασπάσιμη, μετράται και η μη βιοδιασπάσιμη οργανική ύλη. Συνεπώς, η μέτρηση του COD δίνει διαφορετικές πληροφορίες από την μέτρηση του BOD<sub>5</sub> (Ψυλλάκη, 2014).

- Ολικός οργανικός άνθρακας (Total Organic Carbon, TOC):

Άλλη μια μέθοδος για να βρεθεί το οργανικό φορτίο που υπάρχει στα λύματα πέρα από το BOD<sub>5</sub> και το COD είναι το TOC δηλαδή, ο ολικός οργανικός άνθρακας που χρησιμοποιείται για μετρήσεις μικρών συγκεντρώσεων οργανικής ύλης. Ο προσδιορισμός του επιτυγχάνεται μέσω καταλύτη, με την μέθοδο καύσης, εντός 5 – 10 λεπτών και τα αποτελέσματα του εκφράζονται σε mg C/L (Ψυλλάκη, 2014).

Η τυπικές συγκεντρώσεις των BOD<sub>5</sub>, COD και TOC που υπάρχουν στα μη επεξεργασμένα αστικά απόβλητα δίνονται στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικές τιμές μη επεξεργασμένων αστικών λυμάτων (Ψυλλάκη, 2014)

| Παράμετρος               | Συγκέντρωση (mg/L) |        |       |
|--------------------------|--------------------|--------|-------|
|                          | Χαμηλή             | Μεσαία | Υψηλή |
| BOD <sub>5</sub> (20 °C) | 110                | 220    | 400   |
| COD                      | 250                | 500    | 1000  |
| TOC                      | 80                 | 160    | 290   |

- Συσχετίσεις ανάμεσα σε BOD, COD, TOC (Ψυλλάκη, 2014):

Η μέτρηση των παραμέτρων αυτών ξεχωριστά πολλές φορές είναι ελλιπής για αυτό προσδιορίζεται ο λόγος του BOD/COD καθώς και του BOD/TOC. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα που μπορεί να υπάρξουν από τους λόγους και η σημασία τους στα απόβλητα, παρουσιάζεται στον πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2: Αποτελέσματα λόγων και η σημασία τους στα απόβλητα (Ψυλλάκη, 2014)

| Λόγος BOD/COD για ανεπεξέργαστα απόβλητα |   |
|--|---|
| BOD/COD = 1 (μεγαλύτερη τιμή)            | Όταν όλο το οργανικό φορτίο μπορεί να βιοαποδομηθεί εντός 5 ημερών.                         |
| BOD/COD ≥ 0,5                            | Το απόβλητο είναι εύκολα επεξεργάσιμο με βιολογικές μεθόδους.                               |
| BOD/COD < 0,3                            | Το απόβλητο μπορεί να περιέχει δύσκολα βιοαποικομήσιμες οργανικές ουσίες ή τοξικές ενώσεις. |
| Λόγος BOD/TOC για ανεπεξέργαστα απόβλητα |   |
| BOD/TOC = 1,2 – 2,0                      |   |

- Ολικά αιωρούμενα στερεά (Total Suspended Solids, TSS):

Τα TSS είναι τμήμα των ολικών στερεών που παραμένουν σε φίλτρο. Η κατακράτηση τους στα φίλτρα είναι πολύ σημαντική εφόσον οι παρουσίες τους στο νερό οδηγεί στη δημιουργία θολερότητας η οποία εκτρέπει ή απορροφά το ηλιακό φως και έτσι

εμποδίζεται η διαδικασία φωτοσύνθεσης (Ψυλλάκη, 2014). Ακόμη τα αιωρούμενα στερεά μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την ανάπτυξη των υδρόβιων οργανισμών και να παρέχουν προστασία στους παθογόνους μικροοργανισμούς έναντι των διαδικασιών καταστροφής τους. Επιπλέον, τα αιωρούμενα στερεά επηρεάζουν τη μεταφορά συστατικών, όπως του οξυγόνου, μεταξύ ατμόσφαιρας και νερού (Ψυλλάκη, 2014).

- Ολικά διαλυμένα στερεά (Total Dissolved Solids, TDS):

Τα TDS είναι τα στερεά που κατά την ανάλυση των TSS περνάνε το φίλτρο και πάνε στο διήθημα. Μαζί με το διαλυμένο υλικό ενδέχεται να περάσει στο διήθημα και μέρος κολλοειδών σωματιδίων ανάλογα με το μέγεθος πόρων του φίλτρου που χρησιμοποιείται. Αυτό πιθανόν να προκαλέσει σύγχυση κατά τη διαδικασία ανάλυσης της λειτουργίας και απόδοσης μια εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Ψυλλάκη, 2014). Τα διαλυμένα στερεά οφείλονται στην παρουσία κυρίως ευδιάλυτων ανόργανων αλάτων όπως χλωριούχα, θειικά, νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά κλπ. άλατα. Η προέλευση τους είναι είτε φυσική είτε οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Τα διαλυμένα ανόργανα συστατικά χαρακτηρίζουν την ιοντική ισχύ του αποβλήτου εφόσον είναι ιοντικής μορφής ανόργανες ενώσεις. Η υψηλή ιοντική ισχύ παρεμποδίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών κατά τις διεργασίες βιολογικής οξειδωσης και η υψηλή αγωγιμότητα ενός επεξεργασμένου αποβλήτου περιορίζει την δυνατότητα να απορριφθεί επιφανειακά στο έδαφος ή σε γλυκά επιφανειακά νερά ή ακόμα και να ανακυκλωθεί (Ψυλλάκη, 2014).

- Πτητικά στερεά και μη πτητικά στερεά (Volatile Solids, VS & Fixed Solids, FS):

Τα πτητικά στερεά αντιστοιχούν στο οργανικό υλικό, ενώ τα μη πτητικά στερεά στο ανόργανο υλικό. Ο προσδιορισμός των VS γίνεται μετά από καύση των στερεών που έχουν διαχωριστεί κατά τον προσδιορισμό των ολικών ή αιωρούμενων στερεών αντιστοίχως στους  $550 \pm 50$  °C. Το υπόλειμμα μετά από αυτή την καύση αντιστοιχεί στα FS και τα VS υπολογίζονται από τη διαφορά μάζας πριν και μετά τη καύση (Ψυλλάκη, 2014). Έχει κυριαρχήσει ότι η ανάλυση των ολικών πτητικών στερεών (Total Volatile Solids, TVS) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό οργανικών ή ανόργανων στερεών. Όμως οι προσδιορισμοί αυτοί δεν κάνουν ακριβή διαχωρισμό μεταξύ ανόργανου και οργανικού υλικού μιας και σε αυτές τις θερμοκρασίες είναι δυνατή η καύση υλικού οργανικής και ανόργανης προέλευσης και είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι προσδιορισμού, όπως TOC (Ψυλλάκη, 2014).

- Φαινόμενο ευτροφισμού, παθογόνοι μικροοργανισμοί και τοξικές ουσίες:

Ευτροφισμός: Είναι η διαδικασία εμπλουτισμού των νερών με ανόργανα θρεπτικά συστατικά άλατα αζώτου και φωσφόρου η οποία ενισχύει την πρωτογενή παραγωγικότητα. Η προσθήκη θρεπτικών αλάτων έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη της βιομάζας των φυτών σε επίπεδο που λειτουργεί ανασταλτικά στις επιθυμητές χρήσεις νερού (Νικολαΐδης, 2016). Ρύπανση στο περιβάλλον το οποίο δέχεται τα μη ή ελλιπώς επεξεργασμένα λύματα μπορεί να προκύψει από το φαινόμενο του ευτροφισμού, που προκαλείται από τον εμπλουτισμό των υδάτων με απορροές θρεπτικών στοιχείων που μπορεί να είναι νιτρικά και φωσφορικά ιόντα από λιπάσματα και απορρυπαντικά, κάλιο και οργανικά απόβλητα. Αυτά όταν βρεθούν στο νερό, σε μεγάλες συγκεντρώσεις λειτουργούν ως θρεπτικά συστατικά με τα οποία τρέφονται φυτά που καταναλώνουν το οξυγόνο και συνεπώς μειώνουν τη βιοποικιλότητα στο

νερό. Αποτέλεσμα της μείωσης οξυγόνου είναι η δημιουργία αναερόβιων συνθηκών και η παραγωγή τοξικών ουσιών (π.χ. CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S) στο νερό.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί: Επίσης, ικανοί να προκαλέσουν ρύπανση στο φυσικό αποδέκτη είναι και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που προέρχονται από ασθένειες ανθρώπων ή ζώων και χωρίζονται στις εξής κατηγορίες: 1) Βακτήρια, 2) Πρωτόζωα, 3) Έλμινθες και 4) Ιοί. Ακόμα, για τον έλεγχο του ανακτημένου νερού χρησιμοποιείται η κυρίως συγκέντρωση ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων (Metcalf & Eddy, 2007).

Τοξικότητα: Με την επεξεργασία των υγρών αστικών λυμάτων σημαντικό είναι να ελέγχεται και η τοξικότητα του δείγματος πριν την εκροή του σε φυσικό αποδέκτη. Τα πειράματα τοξικότητας κατηγοριοποιούνται 1) ανάλογα με τη διάρκεια τους σε βραχεία, ενδιάμεση και χρόνια, 2) ανάλογα με τη μέθοδο προσθήκης της ουσίας σε στατικά, επανακυκλοφορίας, ανανέωσης ή συνεχούς παροχής, 3) ανάλογα με τον τύπο της βιοδοκιμής σε in vivo ή in vitro και 4) ανάλογα με το σκοπό που έχουν, π.χ. θέσπιση ορίων, κατάσταση αποδεκτών κλπ. (Metcalf & Eddy, 2007). Για τα πειράματα τοξικότητας χρησιμοποιούνται θαλάσσιοι οργανισμοί στους οποίους παρατηρείται η επιβίωση, η ανάπτυξη, η ικανότητα γονιμοποίησης και αναπαραγωγής τους, τα ποσοστά γενετικών ανωμαλιών κλπ. που κρίνουν καθοριστική την χρήση των επεξεργασμένων αποβλήτων. Η μέθοδος αυτή είναι οικονομική και αποτελεσματική γιατί μπορεί να προσδιορίσει τις τοξικές επιδράσεις της εκροής στο οικοσύστημα. Αρχικά επιλέγεται η κατάλληλη βιοδοκιμή, οι οργανισμοί τοποθετούνται σε ενυδρείο, εκτίθενται σε διαφορετικές συγκεντρώσεις της εκροής και παρατηρούνται οι αντιδράσεις που αναφέρθηκαν. Ένας τρόπος μέτρησης της τοξικότητας είναι η ποσότητα που απαιτείται για να προκληθεί οξεία αντίδραση ενός οργανισμού. Η οξεία τοξικότητα εκφράζεται με την θνησιγόνα συγκέντρωση, όταν ως αποτέλεσμα της δοκιμής είναι η συγκέντρωση που μπορεί να έχει επίδραση στο 50% των οργανισμών, σε περιπτώσεις που δεν προκαλείται θάνατος, π.χ. ακινητοποίηση, αδυναμία επίπλευσης (Metcalf & Eddy, 2007).

Στον πίνακα 3.3 παρουσιάζονται κατά μέσο όρο οι συγκεντρώσεις των βασικότερων παραμέτρων των υγρών αποβλήτων πριν την επεξεργασία τους σε εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων.

Πίνακας 3.3: Ποιοτικά χαρακτηριστικά αστικών λυμάτων στην είσοδο μιας Ε.Ε.Λ. (Ψυλλάκη, 2014)

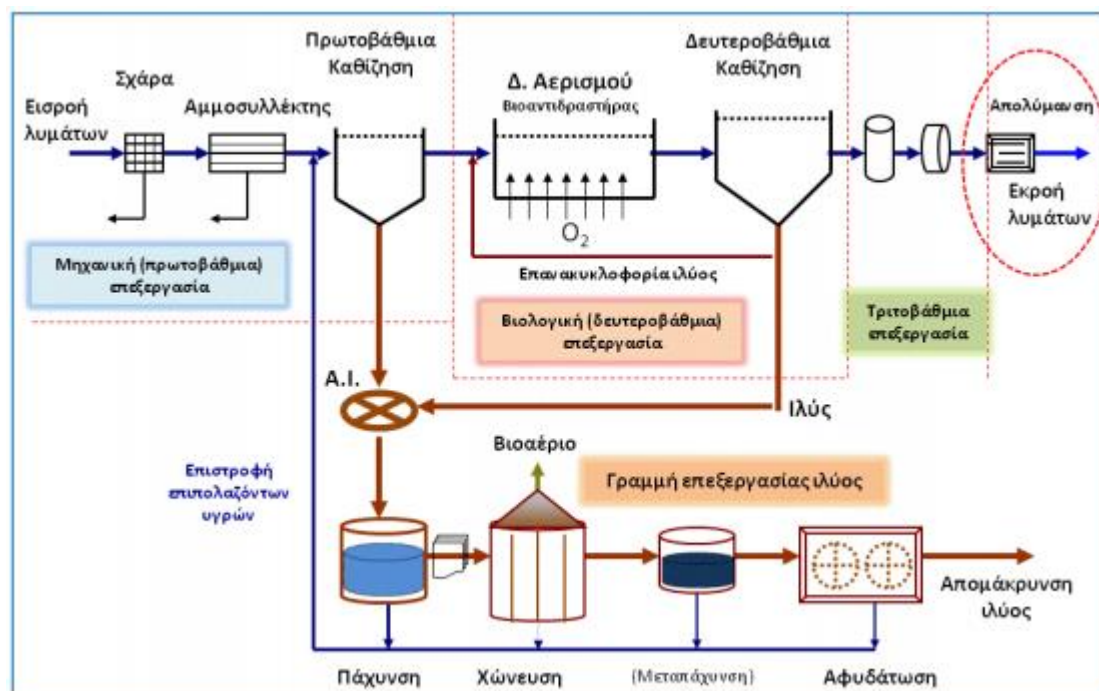
| Παράμετροι                   | Είσοδος (mg/L) Αστικά λύματα |
|------------------------------|------------------------------|
| BOD <sub>5</sub>             | 250                          |
| COD                          | 600                          |
| TSS                          | 200                          |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 45                           |
| TN                           | 40                           |
| TP                           | 14                           |

### 3.1.2 Διαδικασία επεξεργασίας – τεχνολογίες ανάκτησης αστικών αποβλήτων

Μέχρι το απόβλητο να επεξεργαστεί ώστε να είναι ικανό για επαναχρησιμοποίηση, ακολουθείται μια συγκεκριμένη διαδικασία. Για πλήρη επεξεργασία του αποβλήτου η διαδικασία αποτελείται από την προεπεξεργασία, την πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια



και τριτοβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων και τέλος, από την απολύμανση τους. Σε ορισμένες Ε.Ε.Λ. η ιλύς διατίθεται για παραγωγή ενέργειας ή για παραγωγή κομπόστ (Στάμος & Βογιατζής, 1994). Στην εικόνα 3.1 παρουσιάζεται ένα απλοποιημένο διάγραμμα ροής μιας Ε.Ε.Λ. που χρησιμοποιεί την μέθοδο ενεργού ιλύος η οποία περιλαμβάνει την εκροή λυμάτων μετά από απολύμανση για επαναχρησιμοποίηση νερού, καθώς και την δημιουργία βιοαερίου και την απομάκρυνση ιλύος.



Εικόνα 3.1: Τυπικό διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ. με τη μέθοδο ενεργού ιλύος (Νταρακάς, 2010)

Σύμφωνα με το Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λεμεσού – Αμαθούντας κάθε Ε.Ε.Λ. προσπαθεί να αντιγράψει τη φυσική διεργασία αυτοκαθαρισμού των νερών ενός ποταμού ή μιας θάλασσας με πιο γρήγορους ρυθμούς. Οι φυσικές διεργασίες είναι διεργασίες αποσύνθεσης όπου διάφοροι μικροοργανισμοί θεωρούν τροφή κάποια ρυπαντικά σωματίδια και από αυτά παράγουν διοξείδιο του άνθρακα, νέα βακτήρια και άλλα προϊόντα. Επίσης, απαραίτητο είναι το οξυγόνο αφού καταναλώνεται από τα βακτήρια κατά την αποδόμηση τους, για αυτό το λόγο μετρείται πόσο οξυγόνο χρησιμοποιούν τα βακτήρια για την αποδόμηση του BOD. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του BOD στα απόβλητα, τόσο περισσότερο οξυγόνο χρειάζονται τα βακτήρια για την αποδόμηση.

Σημαντικότερος παράγοντας για την επαναχρησιμοποίηση νερού σε μη πόσιμους σκοπούς είναι η ορθή και ολοκληρωμένη επεξεργασία τους στο βαθμό που καθορίζει η νομοθεσία για την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης σε έδαφος και νερό. Για να φτάσει η ποιότητα στο επιθυμητό αποτέλεσμα αναπτύχθηκαν διάφορες τεχνολογίες οι οποίες μπορούν να μειώσουν τα στερεά, το οργανικό φορτίο και άλλες ενώσεις που περιέχονται στα υγρά απόβλητα. Κάθε στάδιο επεξεργασίας χρησιμοποιεί κατάλληλες τεχνολογίες μέχρι τα χαρακτηριστικά να συμφωνούν με ότι θεσπίζει η νομοθεσία. Οπότε μια Ε.Ε.Λ. μπορεί να αποτελείται από τις εξής κατηγοριοποιημένες διεργασίες (Metcalf & Eddy, 2007, Στάμος & Βογιατζής, 1994, Νταρακάς, 2010):

Στους πίνακες 3.4, 3.5, 3.6 και 3.7 παρουσιάζονται οι τεχνολογίες στην προεπεξεργασία, την πρωτοβάθμια, την δευτεροβάθμια και την τριτοβάθμια επεξεργασία αντίστοιχα.

Πίνακας 3.4: Τεχνολογίες στο στάδιο προεπεξεργασίας

|   |                          |
|---|--------------------------|
| <b>Προεπεξεργασία:</b><br>(Απομάκρυνση ογκώδη υλικών και προσκόλληση σωματιδίων συγκεκριμένου μεγέθους) | Εσχάρωση                 |
|   | Εξάμμωση - Αμμοσυλλέκτες |
|   | Λιποσυλλέκτες            |

**Εσχάρωση:** Η φυσική διεργασία που βρίσκεται στην αρχή μιας Ε.Ε.Λ είναι η εσχάρωση που χρησιμεύει στην απομάκρυνση ογκωδών στερεών όπως ξύλα, κλαδιά, πλαστικά και άλλα αντικείμενα μεγέθους 10 – 150 mm ανάλογα με το μέγεθος των σχαρών που έχουν τοποθετηθεί στην Ε.Ε.Λ. Συνήθως χρησιμοποιούνται μηχανικά αυτοκαθαριζόμενες σχάρες. Τα στερεά πρέπει να απομακρυνθούν γιατί είναι ικανά να μειώσουν την απόδοση της εγκατάστασης, να προκαλέσουν μετέπειτα προβλήματα στον εξοπλισμό και να ρυπάνουν το ρεύμα. Με την εσχάρωση επιτυγχάνεται η μείωση των TSS κατά 5 – 10% και η μείωση BOD<sub>5</sub> κατά 0 – 10% (Στάμος & Βογιατζής, 1994, Νταρακάς, 2010).

**Εξάμμωση:** Για να αποφευχθούν τριβές και φυσική φθορά στον εξοπλισμό, τοποθετούνται οι εξάμωτες που χρησιμεύουν στην προστασία του και μειώνουν τη συχνότητα καθαρισμού λόγω της άμμου που μαζεύεται. Για αυτό, η διεργασία συμβάλλει στην απομάκρυνση μέσω καθίζησης των βαριών στερεών όπως η άμμος, η τέφρα, τα χαλίκια και άλλα στερεά που έχουν σχετική πυκνότητα ή ταχύτητα καθίζησης μεγαλύτερη από αυτή των οργανικών στερεών που υπάρχουν στα απόβλητα. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την εξάμμωση ονομάζονται αμμοσυλλέκτες και η λειτουργία τους βασίζεται είτε στην επίδραση της βαρύτητας είτε στην επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης. (Στάμος & Βογιατζής, 1994, Νταρακάς, 2010).

**Λιποσυλλογή:** Χρησιμοποιείται για την αποφυγή προβλημάτων που μπορούν να δημιουργήσουν τα λίπη και τα έλαια που υπάρχουν στα απόβλητα. Η λιποσυλλογή γίνεται νωρίτερα ή ταυτόχρονα με την αμμοσυλλογή. Η συνηθέστερη μέθοδος είναι αυτή της επίπλευσης εφόσον τα λίπη έχουν την ικανότητα να επιπλέουν στην επιφάνεια των υγρών αποβλήτων και απομακρύνονται συνήθως με ξέστρα επιφάνειας ή με αναρρόφηση (Νταρακάς, 2010).

Πίνακας 3.5: Τεχνολογίες στο στάδιο πρωτοβάθμιας επεξεργασίας

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Πρωτοβάθμια επεξεργασία:</b><br>(Δημιουργία θρομβώσεων με σκοπό τη χημική αποσταθεροποίηση του κολλοειδούς συστήματος και ακολούθως την απομάκρυνση τους) | Καθίζηση    |
|  | Κροκίδωση   |
|  | Συσσωμάτωση |

**Πρωτοβάθμια καθίζηση:** Είναι φυσική διεργασία διαχωρισμού των αιωρούμενων σωματιδίων, το ειδικό βάρος των οποίων είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του νερού (Νταρακάς, 2010). Στοχεύει στην απομάκρυνση αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών από τα απόβλητα μέσω καθίζησης και επιτυγχάνεται η απομάκρυνση



οργανικού φορτίου και αιωρούμενων στερεών κατά 25 – 30% και 40 – 50% αντίστοιχα. Μέσω της, καθίζησης απομακρύνεται η πρωτοβάθμια ιλύς και υπερχειλίζει το διαυγές υγρό στην επόμενη διεργασία (Στάμος & Βογιατζής, 1994). Τα σωματίδια καθιζάνουν με βαρύτητα και η ταχύτητα καθίζησης σε ηρεμία εξαρτάται από το μέγεθος, το ειδικό βάρος και το σχήμα τους, καθώς και την κινηματική συνεκτικότητα του ρευστού, που είναι συνάρτηση και της θερμοκρασίας. Η καθίζηση χρησιμοποιείται στους περισσότερους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων λόγω της απλότητας της μεθόδου και της μικρής κατανάλωσης ενέργειας (Νταρακάς, 2010).

**Κροκίδωση:** Φυσικοχημική διεργασία με σκοπό την αποσταθεροποίηση κολλοειδών σωματιδίων και την δημιουργία κροκίδων, με τη προσθήκη κροκιδωτικού μέσου που είναι συνήθως άλατα αργίλου ή σιδήρου. Το απόβλητο παραμένει στην δεξαμενή κροκίδωσης για μικρό χρόνο παραμονής και με ταχεία ανάδευση.

**Συσσωμάτωση:** Στη δεξαμενή συσσωμάτωσης με την προσθήκη συσσωματωτικών, δημιουργούνται μεγαλύτερα σωματίδια μέσω της σύγκρουσης και συγκόλλησης των αποσταθεροποιημένων πλέον κολλοειδών τα οποία απομακρύνονται με καθίζηση. Αυτό επιτυγχάνεται με αργή ανάδευση και μεγάλο χρόνο παραμονής στη δεξαμενή.

Πίνακας 3.6: Τεχνολογίες στο στάδιο δευτεροβάθμιας επεξεργασίας

|   |                     |
|---|---------------------|
| <b>Δευτεροβάθμια επεξεργασία:</b><br>(Βιοαποικοδόμηση της οργανικής ύλης, μέσω μικροοργανισμών) | Αναερόβια συστήματα |
|   | Αερόβια συστήματα   |
|   | Χαλικοδιυλιστήρια   |
|   | Δισκοδιυλιστήρια    |
|   | Συστήματα SBR       |

**Αναερόβια συστήματα:** Με απουσία οξυγόνου γίνεται η βιολογική αποικοδόμηση του οργανικού υλικού με τη δράση αναερόβιων μικροοργανισμών που αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας οργανικές ενώσεις ως ενέργεια. Κατά την αναερόβια διεργασία, παράγεται μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ), υδρογόνο ( $\text{H}_2$ ), αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) και αναερόβια μάζα. Τα πλεονεκτήματα της αναερόβιας διαδικασίας είναι η παραγωγή βιοαερίου, η απουσία αερισμού, η επιτυχία αποικοδόμησης δύσκολα βιοαποικοδομήσιμων ουσιών και η χαμηλή παραγωγή ιλύος. Η αναερόβια επεξεργασία εφαρμόζεται κυρίως για τη χώνευση ιλύος και για την επεξεργασία πυκνών βιομηχανικών αποβλήτων (Νταρακάς, 2010).

**Αερόβια συστήματα:** Η διαλυμένη και σωματιδιακή ύλη στα λύματα, απομακρύνεται και σταθεροποιείται βιολογικά μέσω αερόβιων μικροοργανισμών που λαμβάνουν ενέργεια καταναλώνοντας οξυγόνο ενώ οξειδώνουν το οργανικό υλικό των αποβλήτων σε διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), νερό ( $\text{H}_2\text{O}$ ) και βιομάζα. Η αερόβια επεξεργασία προκύπτει από την ανάμιξη και τον αερισμό των υγρών αποβλήτων με την επικράτηση κατάλληλων αερόβιων μικροοργανισμών, σε βιοαντιδραστήρες, στους οποίους τα διαλυτά και κολλοειδή ρυπαντικά φορτία μετατρέπονται σε προϊόντα σύνθεσης και αποσύνθεσης, ικανά να διαχωριστούν και να απομακρυνθούν από την υγρή φάση (Νταρακάς, 2010).

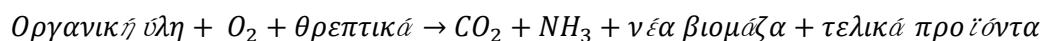
**Χαλικοδιυλιστήρια:** Χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και αποτελούνται από βιοαντιδραστήρες στους οποίους αναπτύσσεται βιολογική μάζα που περιβάλλει τις ελεύθερες επιφάνειες. Είναι δεξαμενές στις οποίες τοποθετούνται χαλίκια και οι βιολογικοί υμένες αναπτύσσονται πάνω στις στερεές τους επιφάνειες. Η βιομάζα που έχει αναπτυχθεί στις επιφάνειες των χαλίκιων περιέχεται με λύματα και γίνεται προσρόφηση των οργανικών ουσιών που περιέχονται σε αυτά είτε σε αιώρηση είτε σε διάλυση, από τους βιολογικούς υμένες. Τα βακτήρια που σχηματίζουν τους βιολογικούς υμένες αποικοδομούν τις οργανικές ουσίες των λυμάτων. Η συγκεκριμένη διεργασία συμβάλλει στη παραγωγή βιομάζας και ανόργανων ουσιών (Νταρακάς, 2010).

**Δισκοδιυλιστήρια:** Λειτουργούν με τη μέθοδο προσκολλημένης βιομάζας και αποτελούνται από μια ημικυλινδρική σκάφη στην οποία υπάρχει ένας περιστρεφόμενος άξονας με στερεωμένους κυκλικούς δίσκους σε συγκεκριμένη απόσταση. Πάνω στις επιφάνειες των ημιβυθισμένων δίσκων που είναι στη σκάφη εισροής των λυμάτων, αναπτύσσονται οι βιολογικοί υμένες. Τα βακτήρια που υπάρχουν στα λύματα προσροφούν τις διαλυμένες οργανικές ουσίες και τις χρησιμοποιούν σαν τροφή. Με την περιστροφή του δίσκου τα βακτήρια απομακρύνονται από τα λύματα και έρχονται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα για να πάρουν το απαιτούμενο οξυγόνο για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων. Η βιομάζα που δημιουργείται, αποκολλάται από τις επιφάνειες των δίσκων λόγω της ταχύτητας περιστροφής των δίσκων και των δυνάμεων τριβής που αναπτύσσονται στη διεπιφάνεια του νερού με τον βιολογικό υμένα. Εκρέουν μαζί με τα λύματα από το διυλιστήριο και πηγαίνουν στις δεξαμενές τελικής καθίζησης όπου κατακρατούνται (Νταρακάς, 2010).

**Συστήματα SBR (Sequencing Batch Reactors) / Αντιδραστήρες διαλείποντος έργου εναλλασσόμενων κύκλων λειτουργίας:** Χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων αντί για την μέθοδο ενεργού ιλύος. Λαμβάνουν χώρα στην επεξεργασία λυμάτων με χαμηλή ή διακεκομμένη ροή. Τα υγρά απόβλητα εισάγονται στον αντιδραστήρα, επεξεργάζονται μέχρι την απαλλαγή τους από ανεπιθύμητες ουσίες. Οι αντιδραστήρες SBR εκτελούν εξισορρόπηση, βιολογική επεξεργασία και δευτεροβάθμια καθίζηση σε μόνο μια δεξαμενή (Νταρακάς, 2010).

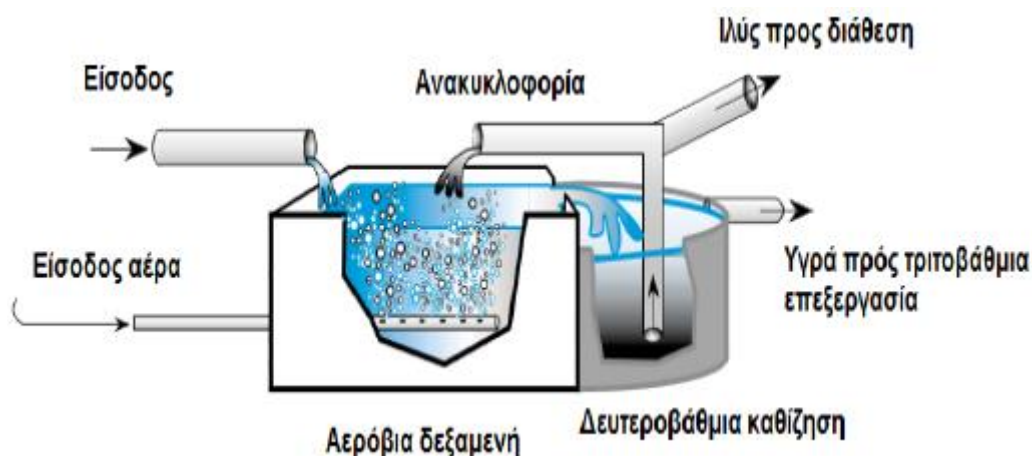
Επίσης στη δευτεροβάθμια επεξεργασία ως τεχνολογία επεξεργασίας των λυμάτων χρησιμοποιείται η μέθοδος ενεργού ιλύος ως εξής:

Συγκεκριμένα, η διαδικασία αυτή περιλαμβάνεται στην δευτεροβάθμια επεξεργασία η οποία αποτελείται από την δεξαμενή αερισμού που παροχετεύεται αέρας και γίνεται ανάμιξη για να εκτελεσθούν ορθά οι βιολογικές αντιδράσεις (Σαρηγιάννης, 2015).



Οι μικροοργανισμοί, με παρουσία οξυγόνου που είναι τροφή τους, αναπτύσσονται και αυξάνονται μέσα στη δεξαμενή αερισμού και μετά από κάποιες ώρες έχουν καταναλώσει μεγάλα ποσοστά οργανικών ουσιών ώστε να παραχθούν νέα κύτταρα. Η διαδικασία αρχίζει ξανά με την ανακυκλοφορία της δευτεροβάθμιας ιλύς στην δεξαμενή. Έπειτα, τα υγρά απόβλητα οδηγούνται στην δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, ώστε να εκτελεσθεί η απομάκρυνση των μικροοργανισμών μέσω της καθίζησης. Εκεί τα υγρά απόβλητα υπερχειλίζουν και οδηγούνται σε τριτοβάθμια επεξεργασία, ενώ η δευτεροβάθμια ιλύς καθιζάνει και επεξεργάζεται σε επόμενα

στάδια με σκοπό την παραγωγή ενέργειας, ή ανακυκλοφορεί στην δεξαμενή αερισμού (Σαρηγιάννης, 2015). Στην εικόνα 3.2 παρουσιάζεται η τυπική διεργασία ενεργού ιλύος της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.



Εικόνα 3.2: Τυπική διεργασία ενεργού ιλύος (Σαρηγιάννης, 2015)

Στα συστήματα ενεργής ιλύος ο αριθμός και το είδος των μικροοργανισμών εξαρτώνται από την τροφή, οπότε για την ορθή λειτουργία του συστήματος είναι αναγκαίο να διατηρείται η κατάλληλη αναλογία τροφής – μικροοργανισμών. Η ιλύς περιέχει διάφορα είδη μικροοργανισμών που καθορίζουν την κατάσταση της διαδικασίας, όπως βακτήρια σε ποσοστό περίπου 95% και άλλους οργανισμούς, όπως πρωτόζωα γύρω στο 5% (Σαρηγιάννης, 2015).

Αναλυτικότερα οι δύο δεξαμενές που λαμβάνουν χώρα στην ανάκτηση με την μέθοδο ενεργής ιλύος λειτουργούν ως εξής:

**Δεξαμενή αερισμού:** Στη δεξαμενή αυτή παρέχεται ποσότητα οξυγόνου στην ενεργό ιλύ που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για την κατανάλωση των οργανικών ουσιών. Στη δεξαμενή αερισμού γίνεται ανάμιξη που βοηθά ώστε να μην καθιζάνουν στον πυθμένα οι μικροοργανισμοί και να υπάρχει ομοιόμορφη συγκέντρωση μικροοργανισμών – οξυγόνου – οργανικών ουσιών σε όλο τον όγκο της δεξαμενής. Επίσης λαμβάνει χώρα, η οξείδωση του οργανικού φορτίου, παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα και μικροοργανισμούς ( $BOD \rightarrow CO_2 + \text{microorganisms}$ ) καθώς και η οξείδωση του αμμωνιακού азώτου, παράγοντας άζωτο σε μορφή νιτρικών και μικροοργανισμούς ( $N - NH_4^+ \rightarrow N - NO_3^- + \text{microorganisms}$ ) (Metcalf & Eddy, 2007, Στάμος & Βογιατζής, 1994).

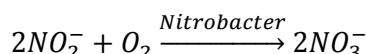
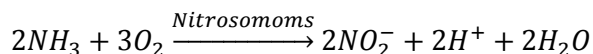
**Δευτεροβάθμια καθίζηση:** Τα επεξεργασμένα υγρά από τα οποία έχουν αφαιρεθεί τα αιωρούμενα στερεά διαχωρίζονται από την δευτεροβάθμια ιλύ η οποία καθιζάνει, και αυτά οδηγούνται σε τριτοβάθμια επεξεργασία. Ένα μέρος της δευτεροβάθμιας ιλύος ανακυκλοφορεί στην δεξαμενή αερισμού.

Πίνακας 3.7: Τεχνολογίες στο στάδιο τριτοβάθμιας επεξεργασίας

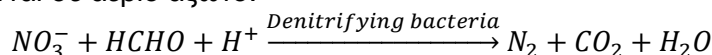
|   |                      |
|---|----------------------|
| <b>Τριτοβάθμια επεξεργασία:</b><br>(Απομάκρυνση χημικών στοιχείων και οργανικών ουσιών) | Απομάκρυνση αζώτου   |
|   | Απομάκρυνση φωσφόρου |
|   | Ιοντοεναλλαγή        |
|   | Αντίστροφη όσμωση    |
|   | Προσρόφηση           |
|   | Μεμβράνες            |

**Απομάκρυνση αζώτου:** Οι αζωτούχες ενώσεις πρέπει να απομακρυνθούν για να μην δημιουργήσουν προβλήματα αποξυγόνωσης και ευτροφισμού στον τελικό αποδέκτη (Νταρακάς, 2010).

- **Νιτροποίηση:** Βιολογική διεργασία κατά την οποία η αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) οξειδώνεται σε νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) με ενδιάμεση βαθμίδα τα νιτρώδη ιόντα ( $\text{NO}_2^-$ ).



- **Απονιτροποίηση:** Βιολογική διεργασία κατά την οποία τα νιτρικά ιόντα μετατρέπονται σε αέριο άζωτο.



Σκοπός της διεργασίας της νιτροποίησης – απονιτροποίησης είναι η μείωση των αμμωνιακών που περιέχονται στα απόβλητα και εφαρμόζεται μαζί με την βιολογική οξείδωση του οργανικού φορτίου (BOD) στα συστήματα ενεργού ιλύος. Πλεονέκτημα αυτού είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης, η σταθερότητα και αξιοπιστία, ο εύκολος έλεγχος και το χαμηλό σχετικά κόστος (Νταρακάς, 2010).

**Απομάκρυνση φωσφόρου:** Οι φωσφορούχες ενώσεις πρέπει να απομακρυνθούν από τα απόβλητα για τον ίδιο λόγο που απομακρύνονται οι αζωτούχες ενώσεις. Ο φώσφορος αποτελεί βασικό συστατικό για την σύνθεση του κυτταρικού ιστού των μικροοργανισμών της ενεργού ιλύος και για την μεταφορά ενέργειας. Αποτέλεσμα αυτού είναι η απομάκρυνση 10 – 30% ποσότητας φωσφόρου κατά τη διάρκεια της βιολογικής επεξεργασίας στις δεξαμενές αερισμού, και η μετατροπή των φωσφορικών ενώσεων σε ορθοφωσφορικά ιόντα. Η βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου πραγματοποιείται στις εγκαταστάσεις με την μέθοδο ενεργού ιλύος, ταυτόχρονα με τη βιολογική απομάκρυνση του οργανικού φορτίου (Νταρακάς, 2010).

**Ιοντοεναλλαγή:** Φυσικοχημική διεργασία με σκοπό τη μεταφορά ιόντων από ένα αδιάλυτο στερεό σε μία υγρή φάση και αντίστροφα. Το αδιάλυτο στερεό αποτελείται από ευκίνητα ανιόντα ή κατιόντα που είναι ικανά για αντιστρεπτή και στοιχειωμετρική εναλλαγή με ιόντα ίδιου φορτίου από το διάλυμα ενός ηλεκτρολύτη με το οποίο έρχεται σε επαφή. Η διεργασία στηρίζεται στην ικανότητα ορυκτών π.χ. ζεόλιθοι, ή συνθετικών π.χ. ρητίνες, που δεσμεύουν διάφορα ιόντα. Ο ιοντοεναλλάκτης (η ρητίνη) αναγεννιέται για να επαναχρησιμοποιηθεί μετά το πέρας πολλών χρήσεων (Νταρακάς, 2010).

**Αντίστροφη όσμωση:** Μέθοδος αντιστροφής της όσμωσης που είναι φυσικοχημική διεργασία. Συγκεκριμένα όταν ασκηθεί στο διάλυμα εξωτερική πίεση μεγαλύτερη από την οσμωτική του πίεση, τότε το φαινόμενο αντιστρέφεται και μόρια διαλύτη θα εξέρχονται από το διάλυμα προς τον καθαρό διαλύτη. Μία μεμβράνη χρησιμοποιείται σαν μοριακό φίλτρο που συγκρατεί τα διαλυμένα συστατικά ενός υδατικού διαλύματος. Η διεργασία διαχωρίζει τα διαλυτά συστατικά του νερού και η δύναμη εξαναγκάζει την διέλευση καθαρού νερού διαμέσου της ημιπερατής μεμβράνης και όχι των διαλυτών συστατικών του. Η αντίστροφη όσμωση επιτυγχάνει την πλήρη απομάκρυνση διαλυτών αλάτων και οργανικών μικρορυπαντών από το νερό (Νταρακάς, 2010).

**Προσρόφηση:** Φαινόμενο μεταφοράς μάζας από την υγρή φάση στην επιφάνεια ενός στερεού. Είναι διεργασία συσσώρευσης συστατικών που βρίσκονται σε ένα διάλυμα πάνω σε μια κατάλληλη επιφάνεια. Η προσρόφηση συστατικών γίνεται με τις ηλεκτροστατικές δυνάμεις που έλκουν το προσροφούμενο συστατικό από το διάλυμα στη στερεά επιφάνεια του προσροφητικού. Ένα προσροφητικό μέσο είναι ο ενεργός άνθρακας που έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε ταμιευτήρες νερού και σε δεξαμενές καθίζησης, στα στοιχεία που προκαλούν οσμές (Νταρακάς, 2010).

**Μεμβράνες:** Σκοπός της χρήσης των μεμβρανών είναι ο διαχωρισμός των αιωρούμενων στερεών και κolloειδών από το δευτεροβάθμιο υγρό, με την συγκράτηση ανεπιθύμητων ουσιών στις μεμβράνες. Το υγρό που διαπερνάει τη μεμβράνη είναι το διήθημα, ενώ αυτό που συγκρατείται λέγεται συμπύκνωμα. Ως επί το πλείστον οι μεμβράνες κατασκευάζονται από οξική κυτταρίνη ή από ιδιοσκευάσματα πολυμερών, όπως τα πολυαμίδια. Κάθε μεμβράνη παρουσιάζει βέλτιστες τιμές απόδοσης σε συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασίας, pH και ποιοτικών χαρακτηριστικών ενός υγρού, γεγονός που απαιτεί πειραματικά στοιχεία για την επιλογή της (Νταρακάς, 2010).

Οι μεμβράνες αποτελούνται από πορώδη στρώματα με συγκεκριμένο μέγεθος πόρων, ώστε να επιτρέπεται η διαπέραση σε συστατικά διαλύματος συγκεκριμένης τάξης μεγέθους. Το χαρακτηριστικό από το οποίο εξαρτάται το είδος μεμβράνης που θα χρησιμοποιηθεί είναι η διάμετρος των πόρων, ώστε να επιτευχθεί η απομάκρυνση κάποιου μεγέθους στερεού ή μορίου από κάποιο υγρό. Ενδεικτικά, στις μεθόδους διαχωρισμού στερεών με μεμβράνες αναφέρεται (Νταρακάς, 2010):

- Η μικροδιήθηση (MF) με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 0,05 – 2,0  $\mu\text{m}$
- Η υπερδιήθηση (UF) με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 2,0 – 0,05  $\mu\text{m}$
- Η νανοδιήθηση (NF) με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 0,5 – 0,2 nm
- Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στην αντίστροφη όσμωση (RO) θεωρητικά δεν έχουν πόρους

Για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων χρησιμοποιούνται μεμβράνες πάχους 0,20 – 0,25  $\mu\text{m}$  που διαθέτουν πορώδη στρώση πάχους 100  $\mu\text{m}$  και ορισμένα οργανικά και ανόργανα υλικά. Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όπως φαίνεται στον πίνακα 3.8, που παρουσιάζεται η απομάκρυνση ειδικών συστατικών που περιέχονται στα υγρά απόβλητα με τις εφαρμογές των τεχνολογιών των μεμβρανών (MF, UF, NF και RO).

- Αντίστροφη όσμωση:

Όπως προαναφέρθηκε αντίστροφη όσμωση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο, όταν στο διάλυμα ασκηθεί εξωτερική πίεση μεγαλύτερη από την οσμωτική πίεση του διαλύματος, τότε το φαινόμενο αντιστρέφεται και μόρια διαλύτη θα εξέρχονται από το διάλυμα προς τον καθαρό διαλύτη (ή από το πυκνότερο προς το αραιότερο διάλυμα).

Πίνακας 3.8: Απομάκρυνση συστατικών των υγρών αποβλήτων από τεχνολογίες μεμβρανών (Metcalf & Eddy, 2007)

|                                      | Τεχνολογία Μεμβράνης |    |    |    |
|--------------------------------------|----------------------|----|----|----|
| Ρόπος                                | MF                   | UF | NF | RO |
| Βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ενώσεις |                      | +  | +  | +  |
| Σκληρότητα                           |                      |    | +  | +  |
| Βαρέα μέταλλα                        |                      |    | +  | +  |
| Νιτρικά                              |                      |    | +  | +  |
| Οργανικοί Ρόποι                      |                      | +  | +  | +  |
| Συνθετικές οργανικές ενώσεις         |                      |    | +  | +  |
| TDS                                  |                      |    | +  | +  |
| TSS                                  | +                    | +  |    |    |
| Βακτήρια                             | +                    | +  | +  | +  |
| Κύστες πρωτόζωων                     | +                    | +  | +  | +  |
| Ιοί                                  |                      |    | +  | +  |

Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στις Ε.Ε.Λ. καθαρίζονται περιοδικά με παροχή αέρα ή με αντίστροφη πλύση, ώστε να αποφεύγεται το φράξιμο τους από τα συστατικά που μαζεύονται στην πλευρά της τροφοδοσίας που βρίσκεται η επιφάνεια της μεμβράνης. Ο καθαρισμός με την συνεχή παροχή επιτυγχάνεται με φυσαλίδες αέρα συγκεκριμένου μεγέθους ώστε να απαιτείται χημικός καθαρισμός λίγες φορές τον χρόνο, ή με αντίστροφη πλύση που καθαρίζονται είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα ανά τακτά χρονικά διαστήματα μέσα στη δεξαμενή και σε ορισμένες περιπτώσεις με χρήση χημικού διαλύματος.

Για την τελική διάθεση του νερού προς χρήση ακολουθεί η απολύμανση ώστε να ικανοποιούνται τα όρια των ποιοτικών χαρακτηριστικών σύμφωνα με τις άδειες απόρριψης κυρίως σε ευαίσθητες περιοχές για λόγους άρδευσης και για εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων. Ανάπτυξη των μεθόδων απολύμανσης γίνεται στο υποκεφάλαιο 3.1.3 που ακολουθεί. Στον πίνακα 3.9 παρουσιάζονται οι τεχνολογίες απολύμανσης.

Πίνακας 3.9: Τεχνολογίες απολύμανσης

|  |                       |
|--|-----------------------|
| <b>Απολύμανση:</b><br>(Καταστροφή μικροοργανισμών και χρήση ανακτημένου νερού) | Χλωρίωση              |
|  | Οζόνωση               |
|  | Υπεριώδες ακτινοβολία |

### 3.1.3 Μέθοδοι απολύμανσης αποβλήτων και τελικά χαρακτηριστικά για την επαναχρησιμοποίηση τους

Η απολύμανση των υγρών αποβλήτων είναι αυτή που καθιστά εφικτή την εκροή τους σε φυσικό αποδέκτη αλλά και την επαναχρησιμοποίηση νερού σε μη πόσιμους σκοπούς. Οι τρεις πιο διαδεδομένες μέθοδοι απολύμανσης των επεξεργασμένων λυμάτων είναι: η χλωρίωση, η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) και η οζόνωση. Για να κριθεί μια απολύμανση αποτελεσματική πρέπει ο ρυθμός εξόντωσης των παθογόνων μικροοργανισμών να είναι μεγάλος, να μην υπάρχει παραγωγή τοξικών ουσιών και προϊόντων μέσα στο νερό που θα μπορούσαν να προκαλέσουν δυσμενείς επιπτώσεις, οι μικροοργανισμοί να ανιχνεύονται εύκολα και το κόστος λειτουργίας να είναι μικρό (Ανδρεαδάκης κ.α., 2005).

Παρακάτω παρουσιάζεται η επίδραση της κάθε μεθόδου στο επεξεργασμένο λύμα και ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την χρησιμοποίηση της (Στάμος & Βογιατζής, 1994, Νταρακάς, 2010).

#### ➤ Χλωρίωση:

Στοχεύει στην καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών με την προσθήκη ισχυρού απολυμαντικού μέσου, όπως το υποχλωριώδες νάτριο (NaOCl) ή το αέριο χλώριο (Cl<sub>2</sub>) που μπορούν να μεταβάλουν τη χημική σύνθεση των μικροοργανισμών. Η αντίδραση του νερού με το χλώριο δίνει υποχλωριώδες οξύ που είναι το βασικό απολυμαντικό αλλά και υδροχλωρικό οξύ (HOCl και HCl αντίστοιχα),  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{HCl}$  και η ποσότητα που θα παραχθεί εξαρτάται από φυσικούς παράγοντες του νερού, όπως η θερμότητα και η οξύτητα. Με την προσθήκη χλωρίου σε απόβλητα που περιέχουν αμμωνία, μια ποσότητα αντιδρά με ορισμένα ιόντα και μια άλλη παράγει χλωραμίνες και χλωριώνει τελικά την αμμωνία. Το μόριο του χλωρίου καταστρέφει την κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών. Η μέθοδος αυτή έχει υπολειμματική δράση. Είναι μία μέθοδος που χρησιμοποιείται αν όχι σε όλες, στις περισσότερες Ε.Ε.Λ. στην Κύπρο και στην Ελλάδα, λόγω του χαμηλού κόστους της και της υπολειμματικής δράσης της, σε σχέση με την απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία ή με οζόνωση.

Τα πλεονεκτήματα της χλωρίωσης είναι η απολυμαντική ικανότητα που διαθέτει και η παραμονή υπολειμματικού χλωρίου που εξασφαλίζει ορισμένη απολύμανση και μετά την δεξαμενή επαφής. Για τον λόγο αυτό η συγκεκριμένη μέθοδος είναι αποτελεσματική και συγχρόνως οικονομική. Αντίθετα, τα μειονεκτήματα της είναι η επίδραση που έχει στο υδάτινο περιβάλλον και τους υδρόβιους οργανισμούς με την ύπαρξη υπολειμματικής συγκέντρωσης χλωρίου. Επίσης, μπορεί να υπάρξει πρόβλημα με την οσμή του νερού και την αντίδραση του χλωρίου με οργανικές ενώσεις που επιφέρει, την παραγωγή τριαλογονομεθανίων (THM).

➤ Υπεριώδης ακτινοβολία (UV):

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι μια μέθοδος απολύμανσης που δεν έχει καθόλου υπολειμματικότητα. Με την μέθοδο αυτή οι παθογόνοι μικροοργανισμοί καταστρέφονται πλήρως. Αυτό συμβαίνει, επειδή με την ακτινοβολία σε συγκεκριμένο μήκος κύματος μεταξύ 100 nm – 400 nm, ενεργοποιείται η φωτοχημική ενδομοριακή αντίδραση, καταστρέφοντας το DNA και RNA των μικροοργανισμών. Σημαντικό είναι ότι στην απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία τα TSS απορροφούν την ακτινοβολία και δημιουργούν θύλακες προστασίας για τους μικροοργανισμούς, άρα για να χρησιμοποιηθεί η ακτινοβολία με UV, τα επεξεργασμένα λύματα θα πρέπει να έχουν χαμηλή συγκέντρωση TSS. Με την χρήση UV ακτινοβολίας τα υγρά απόβλητα φτάνουν τα θεσμοθετημένα επιτρεπτά όρια για επαναχρησιμοποίηση.

Τα πλεονεκτήματα της υπεριώδης ακτινοβολίας είναι η άμεση αποτελεσματικότητα της και ο μικρός χρόνος επαφής. Επίσης, το χαμηλό κόστος της εφόσον δεν χρησιμοποιούνται χημικά και η απουσία τοξικής υπολειμματικής συγκέντρωσης. Τα μειονεκτήματα που μπορεί να προκύψουν είναι η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, η μείωση της απόδοσης των λαμπτήρων καθώς και το γεγονός ότι δεν υπάρχει καθόλου υπολειμματικότητα, που δυσκολεύει τον άμεσο έλεγχο της σωστής λειτουργίας της μονάδας.

➤ Οζόνωση:

Το όζον είναι ένα ασταθές μόριο και το πιο δραστικό οξειδωτικό που χρησιμοποιείται για απολύμανση του νερού με την χρήση οζονιστήρων που μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό οξυγόνο ( $O_2$ ) σε όζον ( $O_3$ ). Η απολυμαντική του δράση για τους μικροοργανισμούς πέρα από ισχυρή είναι και άμεση εξαιτίας του υψηλού ενεργειακού φορτίου. Επίσης, έχει μια υπολειμματικότητα αλλά μικρότερη από αυτή που εντοπίζεται στην χλωρίωση.

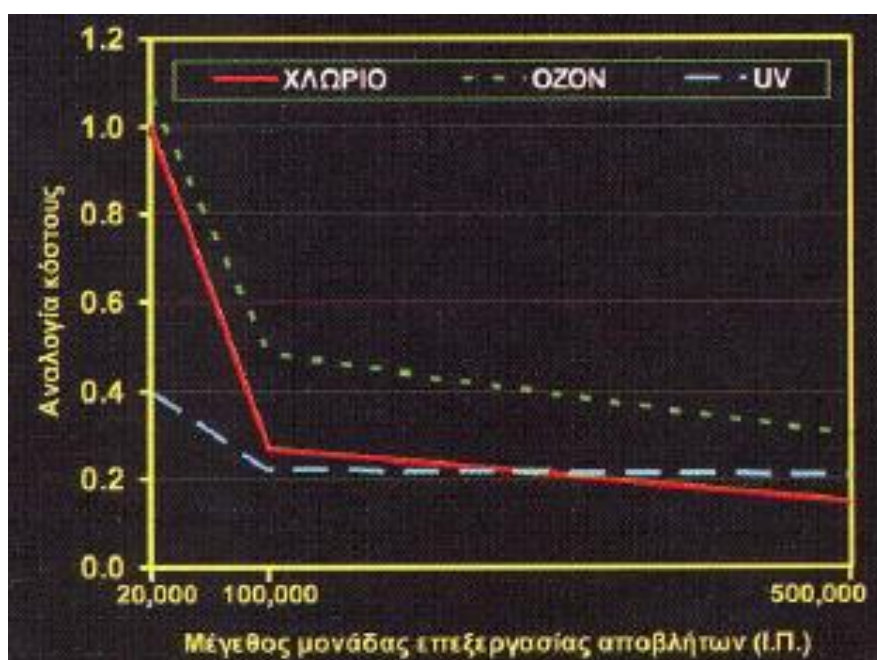
Βασικότερα πλεονεκτήματα είναι, η απολυμαντική του ιδιότητα, ο μικρός χρόνος παραμονής που χρειάζεται σε σχέση με την χλωρίωση, η μείωση στη θολερότητα των αποβλήτων, ότι δεν δημιουργεί πολύπλοκες οργανικές ενώσεις (π.χ. THM) και δεν επιδρά αρνητικά στο περιβάλλον. Παρόλα αυτά, το κόστος του είναι 10 – 15 φορές μεγαλύτερο από την χρήση χλωρίου. Ακόμα, απαιτεί συνεχή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, και ο τρόπος λειτουργίας είναι πολύπλοκότερος.

Για τον προσδιορισμό της κατάλληλης μεθόδου απολύμανσης απαιτείται τεχνοοικονομική μελέτη, τα χαρακτηριστικά της οποίας παρουσιάζονται στον πίνακα 3.10. Σημαντική παράμετρο επιλογής αποτελεί και το κόστος κάθε μεθόδου που συγκρίνεται μέσω του διαγράμματος 3.1 όπου σημείο αναφοράς είναι το κόστος μονάδας χλωρίωσης για ισοδύναμο πληθυσμό 20.000.



Πίνακας 3.10: Τεχνοοικονομικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών απολύμανσης (Γκίκας, 2006).

| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ         | ΧΛΩΡΙΩΣΗ | ΟΖΟΝΩΣΗ | UV  |
|------------------------|----------|---------|-----|
| ΒΑΚΤΗΡΙΟΚΤΟΝΟΣ ΔΡΑΣΗ   | ++       | ++      | ++  |
| ΙΟΚΤΟΝΟΣ ΔΡΑΣΗ         | +        | +++     | ++  |
| ΕΠΑΝΕΜΦΑΝΙΣΗ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ | +        | +       | +   |
| ΑΠΟΜΕΝΟΥΣΑ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ  | +++      | +       | -   |
| ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ           | +++      | +       | -   |
| ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ   | +++      | ++      | +   |
| ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ     | +        | ++      | +   |
| ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ       | +        | ++      | +   |
| ΕΥΚΟΛΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ   | +        | +       | ++  |
| ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ              | ++       | +       | +++ |
| ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ        | +        | ++      | +++ |



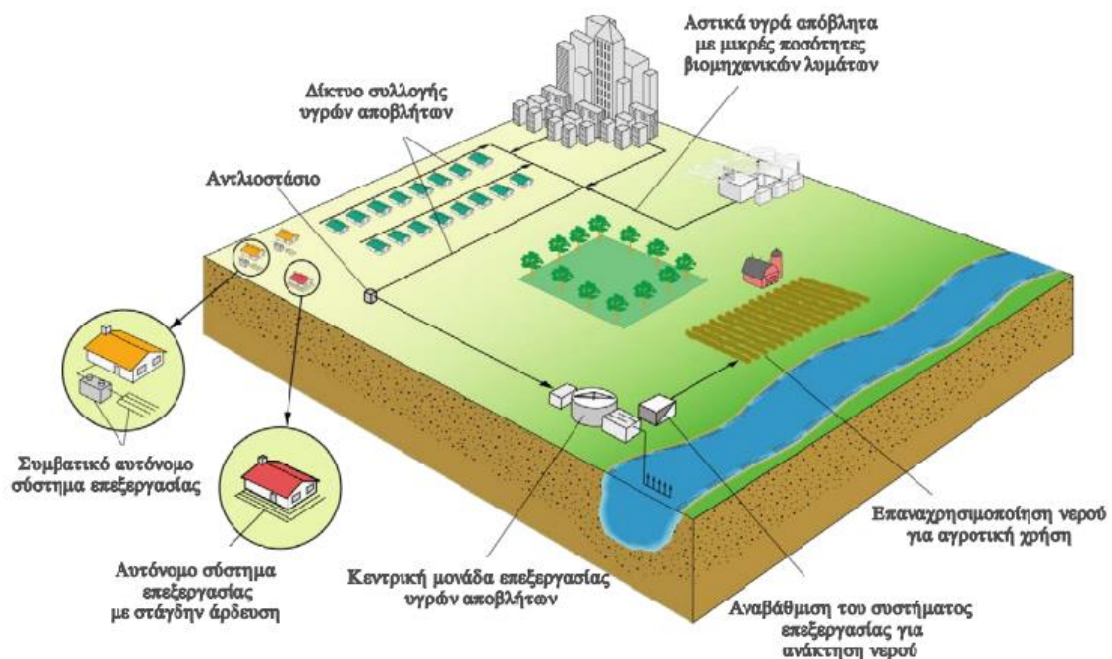
Διάγραμμα 3.1: Σύγκριση κόστους διαφορετικών μεθόδων απολύμανσης (Γκίκας, 2006)

Τα τελικά χαρακτηριστικά που απαιτείται να διαθέτουν τα υγρά επεξεργασμένα απόβλητα ανάλογα με την χρήση τους παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4 που ασχολείται με το νομικό πλαίσιο της επαναχρησιμοποίησης νερού. Συγκεκριμένα στο υποκεφάλαιο 4.1 για διάφορες χώρες που ανήκουν ή όχι στην ΕΕ και στο υποκεφάλαιο 4.2 ειδικά για την Κύπρο.

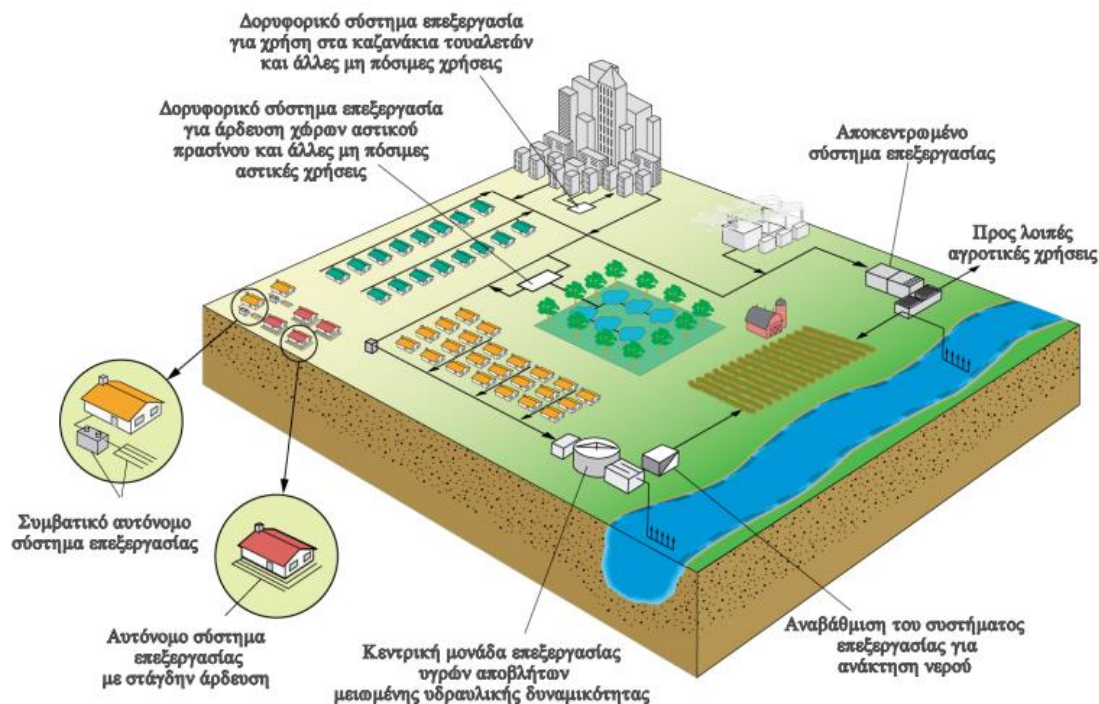
### 3.1.4 Συστήματα ανάκτησης νερού από αστικά λύματα

- Συστήματα ανάκτησης νερού (Gikas and Tchobanoglous, 2007):

Για την χρήση του ανακτημένου νερού λαμβάνονται υπόψη τεchnοοικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια. Το πιο σημαντικό οικονομικό πρόβλημα που αφορά την χρήση ύδατος που ανακτήθηκε σε κεντρική μονάδα επεξεργασίας έγκειται στο κόστος άντλησης τους προς τα σημεία επαναχρησιμοποίησης. Οι κεντρικές μονάδες επεξεργασίας κατασκευάζονται στο υψομετρικά χαμηλότερο σημείο της εξυπηρετούμενης περιοχής και απαιτείται η κατασκευή δαπανηρής υποδομής για την επανάντληση των ανακτημένων εκροών, κυρίως αν ληφθούν υπόψη και οι ενεργειακές απαιτήσεις για την άντληση, το οικονομικό ισοζύγιο βγαίνει συνήθως αρνητικό. Εναλλακτικά, μέρος των υγρών αποβλήτων μπορεί να υποστεί επεξεργασία στα ανάντη της κεντρικής μονάδας, πλησίον του σημείου παραγωγής και επαναχρησιμοποίησης, με σημαντικά οφέλη από τις μειωμένες απαιτήσεις του δικτύου συλλογής και διανομής. Η επιτόπου επεξεργασία γίνεται μέσω δορυφορικών και αποκεντρωμένων συστημάτων. Οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης νερού εμφανίζονται στις εικόνες 3.3 και 3.4 για κεντρικά και δορυφορικά ή αποκεντρωμένα συστήματα αντίστοιχα, όπου στην δεύτερη περίπτωση οι δαπάνες άντλησης είναι μειωμένες.



Εικόνα 3.3: Επεξεργασία υγρών αποβλήτων με χρήση κεντρικού συστήματος (Gikas and Tchobanoglous, 2007).



Εικόνα 3.4: Επεξεργασία υγρών αποβλήτων με χρήση δορυφορικού ή αποκεντρωμένου συστήματος (Gikas and Tchobanoglous, 2007).

- Δορυφορικά συστήματα (Gikas and Tchobanoglous, 2007)

Τα δορυφορικά συστήματα επεξεργασίας συχνά κατασκευάζονται στις παρυφές των δικτύων συλλογής υγρών αποβλήτων και συνήθως δεν περιλαμβάνουν διεργασίες επεξεργασίας στερεών, που προωθούνται προς επεξεργασία στις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας, μέσου του δικτύου συλλογής. Εκτός από την χρήση των συστημάτων για τοπική επαναχρησιμοποίηση, μπορούν να συμβάλλουν στην αποσυμφόρηση του δικτύου συλλογής των υγρών αποβλήτων και των κεντρικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, στα συστήματα εκτροπής, στα συστήματα απομάστευσης και στα περιφερειακά συστήματα.

➤ Συστήματα εκτροπής:

Τα απόβλητα αναχαιτίζονται πριν εισέλθουν στο σύστημα συλλογής και προωθούνται στο δορυφορικό σύστημα για επεξεργασία. Τα επεξεργασμένα αυτά απόβλητα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τοπική χρήση δηλαδή για άρδευση σε τοπικό πράσινο, σε καθαρισμό τουαλετών, σε χώρους αναψυχής αλλά και για ψύξη σε μεγάλα κτίρια.

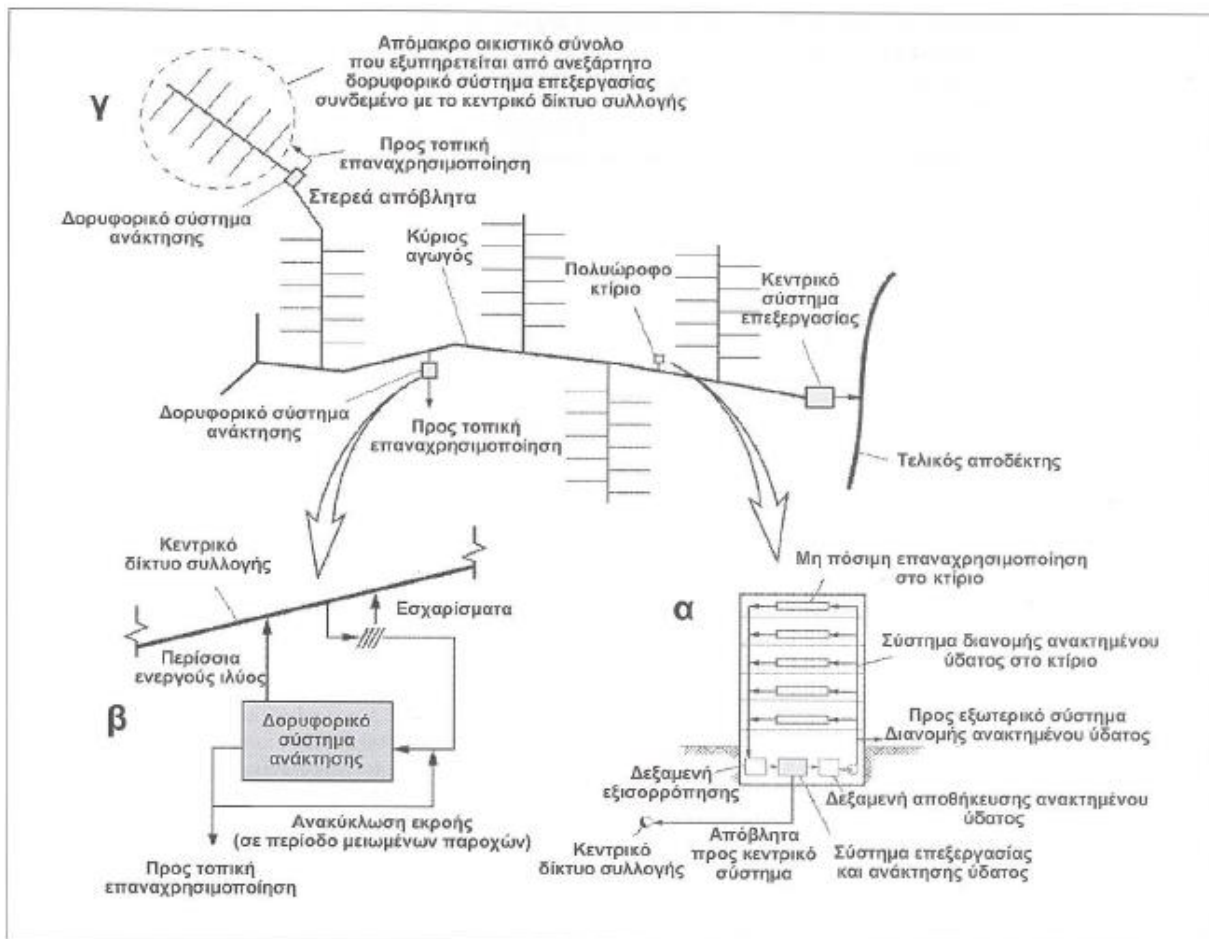
➤ Συστήματα απομάστευσης:

Στα συγκεκριμένα συστήματα τα υγρά απόβλητα μέσω άντλησης πηγαίνουν από το δίκτυο συλλογής σε άλλο σημείο της διαδρομής προς το κεντρικό σύστημα επεξεργασίας. Τα επεξεργασμένα απόβλητα χρησιμοποιούνται για άρδευση πάρκων, ζωνών πρασίνου, σε νησίδες που υπάρχουν στους δρόμους και σε διάφορες χρήσεις που απαιτούν μεγάλα κτίρια όπως πολυκατοικίες και εμπορικά κέντρα. Επίσης, χρησιμοποιούνται ως πόσιμη πηγή νερού μέσω του εμπλουτισμού υδροφόρου ορίζοντα.

➤ Περιφερειακά συστήματα:

Τα απόβλητα που παράγονται στις παρυφές του συστήματος συλλογής υγρών αποβλήτων σε περιοχές που υπάρχει μεγάλη ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση νερού, επεξεργάζονται από τα περιφερειακά συστήματα. Η χρήση αυτών των αποβλήτων μπορεί να λάβει μέρος στον εμπλουτισμό τόσο των επιφανειακών υδάτων μετά από ανάμιξη με νερό όσο και στο υδροφόρο ορίζοντα. Επιπλέον, τα συγκεκριμένα συστήματα βοηθούν στην αποσυμφόρηση των κεντρικών μονάδων επεξεργασίας.

Στην εικόνα 3.5 απεικονίζονται οι τρεις τύποι δορυφορικών συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με την σειρά που αναφέρθηκαν, (α) σύστημα εκτροπής, (β) σύστημα απομάστευσης και (γ) περιφερειακό σύστημα.

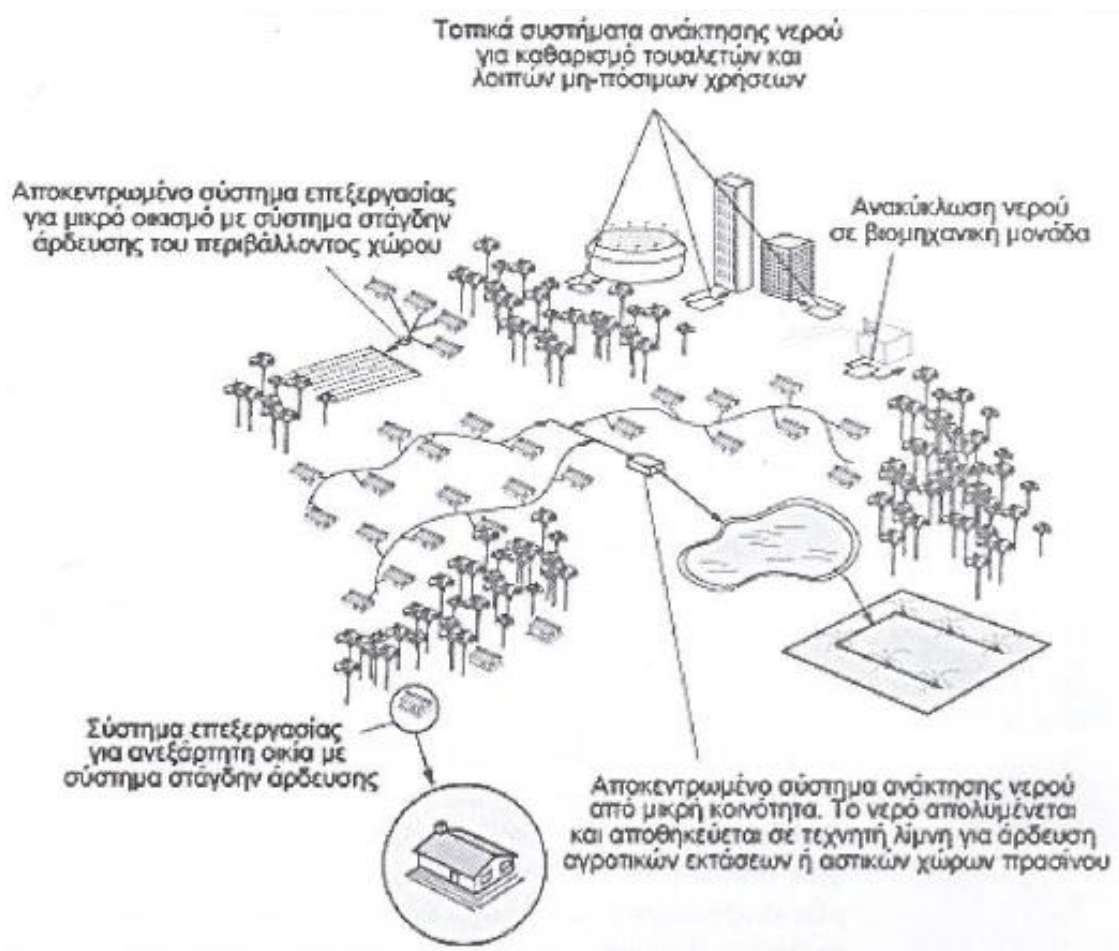


Εικόνα 3.5: Τύποι δορυφορικών συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων (Gikas and Tchobanoglous, 2007)



- Αποκεντρωμένα συστήματα

Για την επεξεργασία αποβλήτων από μια μονωμένη οικία ή απομονωμένο οικισμό, χρησιμοποιούνται τα αποκεντρωμένα συστήματα. Εφαρμογή μπορούν να έχουν με την επεξεργασία αποβλήτων που προέρχονται από απομονωμένες εμπορικές, βιομηχανικές ή αγροτικές περιοχές αλλά και από πανεπιστημιούπολεις, καθώς επαναχρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών τους. Τα αποκεντρωμένα συστήματα δεν συνδέονται με το κεντρικό δίκτυο αποχέτευσης για αυτό και επεξεργάζονται την ίδια στιγμή ή προωθούνται σταδιακά σε κεντρικές μονάδες. Στην εικόνα 3.6 παρουσιάζεται η επεξεργασία αποβλήτων από αποκεντρωμένο σύστημα, ενός απομονωμένου οικισμού.



Εικόνα 3.6: Αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων (Gikas and Tchobanoglous, 2007)

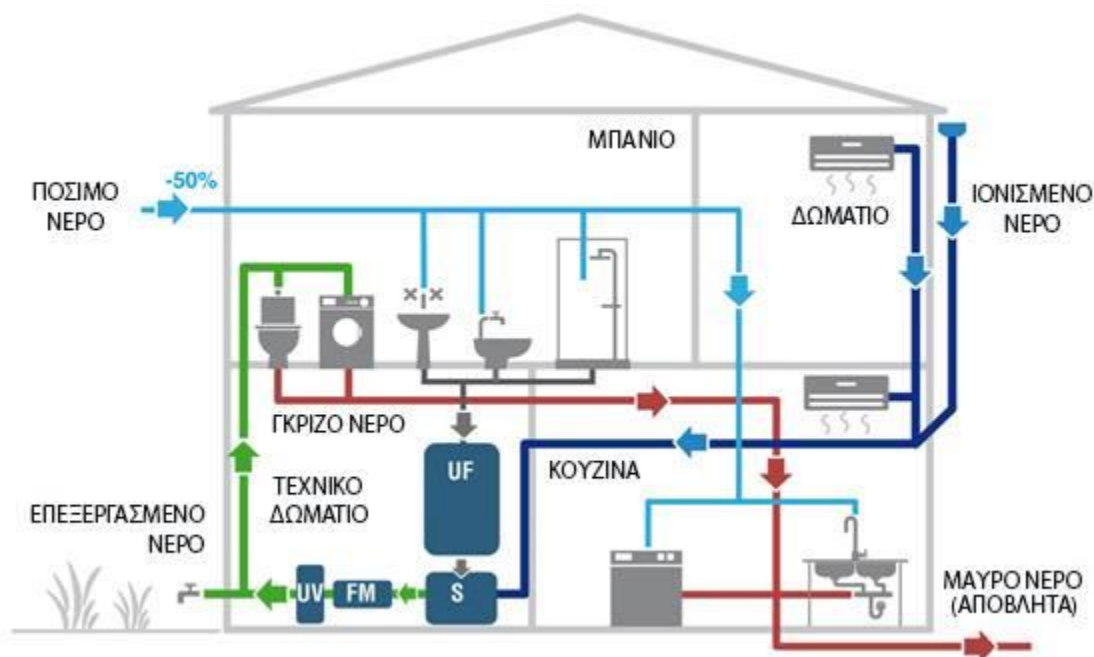
## 3.2 Επεξεργασία ημι-ακάθαρτων νερών

### 3.2.1 Ανακύκλωση ημι-ακάθαρτων νερών

Η αύξηση της ζήτησης νερού εξαιτίας της αύξησης πληθυσμού, αλλά και η ρύπανση του έχει οδηγήσει στην εφαρμογή μεθόδων που θα μειώσουν την κατανάλωση του καθαρού νερού. Μια μέθοδος είναι η ανακύκλωση ημι-ακάθαρτων νερών («γκρίζο νερό») που προέρχονται από τις οικιακές χρήσεις και συνεπώς η παραγωγή τους εξαρτάται από την κατανάλωση των κατοίκων στο σπίτι. Στο γκρίζο νερό περιλαμβάνονται τα οικιακά υγρά απόβλητα που προέρχονται από τον νιπτήρα, το μπάνιο και το πλυντήριο. Το νερό που προέρχεται από την τουαλέτα δεν περιλαμβάνεται στην κατηγορία γκρίζου νερού εφόσον κατατάσσεται στο «μαύρο νερό». Ο λόγος που το νερό ονομάζεται γκρίζο ή ημι-ακάθαρο οφείλεται στην σύσταση και την θολρότητα που διαθέτει σε σχέση με το καθαρό. Χαρακτηριστικό του γκρίζου νερού είναι η απουσία ανθρώπινων αποβλήτων, συνεπώς η συγκέντρωση ρύπων και τα μικρόβια είναι λιγότερα από αυτά του μαύρου νερού, με αποτέλεσμα να κινείται το ενδιαφέρον στην επαναχρησιμοποίηση του νερού αυτού (Αλεξοπούλου, 2008).

Η επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού μπορεί να γίνει όταν το νερό μετά από επεξεργασία έχει απαλλαχθεί από τα μικρόβια, ώστε να είναι ακίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, αλλά και για το περιβάλλον. Σημαντικός παράγοντας για την χρήση του είναι η οικονομική του επεξεργασία αλλά και η αισθητική που θα διαθέτει, δηλαδή να μην έχει κακή οσμή ή να είναι θολό ώστε να είναι και αποδεκτό από τους κατοίκους για χρήση (Ramona et al., 2004). Μετά την επεξεργασία του το νερό αυτό μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για μη πόσιμους σκοπούς εντός του σπιτιού, με χρήση στα καζανάκια της τουαλέτας και για πλύσιμο ρούχων, αλλά και εκτός του σπιτιού για σκοπούς άρδευσης, για πλύσιμο αυτοκινήτων και εξωτερικών τζαμιών, για σκοπούς πυρόσβεσης και σε χρήση λεβήτων, καθώς και για λόγους αναψυχής π.χ. σε σιντριβάνια.

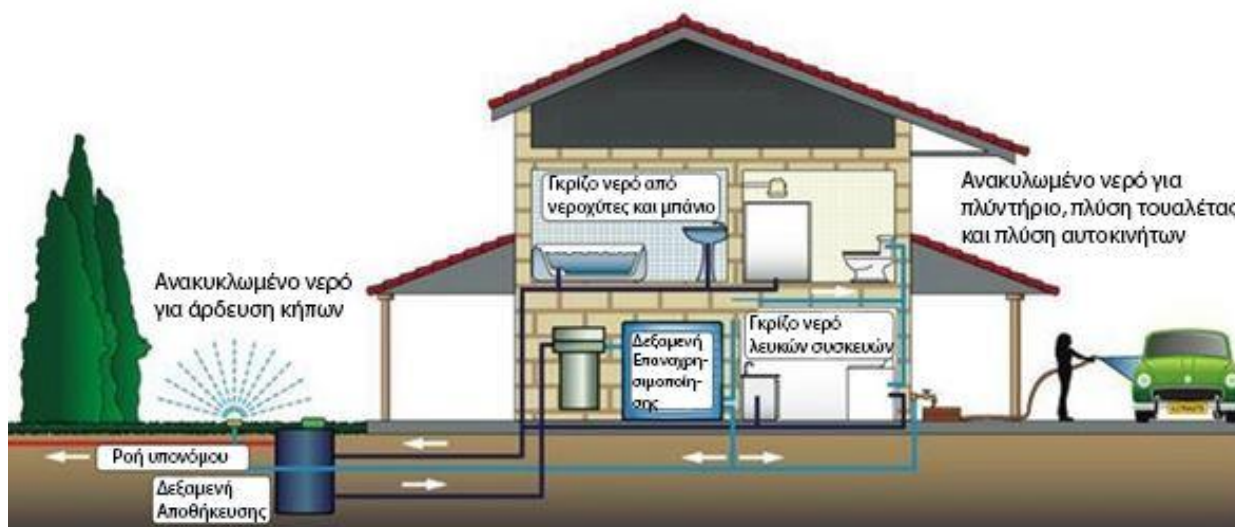
Στην εικόνα 3.7 παρουσιάζεται με γαλάζιο χρώμα η είσοδος του πόσιμου νερού από το δίκτυο ύδρευσης που παροχετεύεται σε μία οικία και με γκρίζο χρώμα η δημιουργία γκρίζου νερού που παράγεται από την κατανάλωση πόσιμου νερού. Το γκρίζο νερό όπως και το νερό που προέρχεται από κλιματισμό (μπλε χρώμα) οδηγείται για επεξεργασία και έπειτα για επαναχρησιμοποίηση εντός και εκτός του σπιτιού σε μη πόσιμους σκοπούς. Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται η παραγωγή μαύρου νερού η οποία δεν επεξεργάζεται στην οικία αλλά σε Ε.Ε.Λ..



Εικόνα 3.7: Ανακύκλωση γκρίζου νερού σε μια οικία ([www.redi.eu](http://www.redi.eu))

### 3.2.2 Συστήματα ανακύκλωσης «γκρίζου νερού»

Το σύστημα ανακύκλωσης ημι-ακάθαρτων νερών βασίζεται στη συλλογή νερών που προέρχονται από συγκεκριμένες χρήσεις, οι οποίες αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 3.2.1, μεταφέρεται σε ξεχωριστό δίκτυο σωληνώσεων και πηγαίνει σε δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης όπου καθαρίζεται και μεταφέρεται σε μια άλλη δεξαμενή αποθήκευσης όπου λαμβάνεται για επαναχρησιμοποίηση. Η επεξεργασία του γκρίζου νερού απαιτείται για την απομάκρυνση των μικροβίων που διαθέτει, η οποία μπορεί να γίνει είτε στον χώρο που παράγεται μέσω αποκεντρωμένων συστημάτων, είτε με συλλογή λυμάτων από διάφορα σπίτια σε μεγαλύτερο χώρο μέσω κεντρικών συστημάτων. Στην εικόνα 3.8 παρουσιάζεται η ανακύκλωση του γκρίζου νερού σε ένα σπίτι οδηγώντας το ρυπασμένο νερό σε δεξαμενή αποθήκευσης και έπειτα το επεξεργασμένο νερό σε δεξαμενή επαναχρησιμοποίησης, καθώς και τα σημεία στα οποία μπορεί να γίνει η ανακύκλωση.



Εικόνα 3.8: Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού σε μια οικία (veteransstudies.org).

Τα ανακυκλωμένα γκρίζα ύδατα για να επαναχρησιμοποιηθούν πρέπει να πληρούν τέσσερα βασικά κριτήρια. Την υγιεινή, την αισθητική, την περιβαλλοντική ανοχή και την οικονομία. Για την ύπαρξη των συγκεκριμένων κριτηρίων χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες επεξεργασίας. Η τεχνολογία που θα επιλεγεί εξαρτάται από την απόδοσή της, την πολυπλοκότητα των ρύπων καθώς και από τον σκοπό της επαναχρησιμοποίησης του νερού. Τα συστήματα επεξεργασίας γκρίζου νερού διακρίνονται στα απλά, φυσικά, χημικά και βιολογικά συστήματα (James et al., 2016, Al-Jayyousi, 2003, Olanrewaju and Ilemobade, 2015, Boyjoo et al., 2013):

➤ Απλά συστήματα:

Περιλαμβάνουν χονδροειδή διήθηση και απολύμανση με χλώριο σε μικρό χρόνο παραμονής, ώστε η χημική φύση του νερού να μην αλλοιώνεται και να επεξεργάζεται ελάχιστα. Το συγκεκριμένο σύστημα σχεδιάστηκε για την κάλυψη των ελάχιστων ορίων των αυστηρών προδιαγραφών επαναχρησιμοποίησης. Το νερό με τα συστήματα αυτά εξακολουθεί να έχει υψηλά επίπεδα οργανικού φορτίου και θολερότητας που περιορίζουν την αποτελεσματικότητα της χημικής απολύμανσης. Αυτό συμβαίνει επειδή το γκρίζο νερό περιέχει κροκιδωμένα σωματίδια που εμποδίζουν την απολύμανση και συνεπώς την θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών.

➤ Φυσικά συστήματα:

Περιλαμβάνουν τη διήθηση και την καθίζηση μέσω φίλτρων και μεμβρανών. Στη φυσική διήθηση γίνεται χρήση άμμου ή άλλων χονδρών μέσων για την απομάκρυνση των μεγάλων αιρουμένων στερεών. Η διήθηση χρησιμοποιείται ως μέθοδος προεπεξεργασίας πριν τη χημική ή βιολογική επεξεργασία ή ως μέθοδος μετεπεξεργασίας, πριν από την απολύμανση. Για επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού απαιτείται νανοδιήθηση καθώς και αντίστροφη όσμωση. Με τις μεμβράνες μικροδιήθησης και υπερδιήθησης μπορεί να απομακρυνθούν επιτυχώς τα στερεά και η θολερότητα, αλλά αντιμετωπίζουν προβλήματα με το φράξιμο τους που αυξάνει το κόστος επεξεργασίας.



➤ Χημικά συστήματα:

Περιλαμβάνουν πήξη, κροκίδωση και ιοντοανταλλακτικές ρητίνες για τη μείωση αλάτων. Αυτός ο τρόπος επεξεργασίας είναι κατάλληλος για χρήση σε γκρίζα νερά, μικρού οργανικού περιεχομένου. Επιτυγχάνεται η μείωση θολερότητας και οργανικών ουσιών, όμως τα επίπεδα απομάκρυνσής τους δεν επιτρέπουν ακόμα την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Με το σύστημα πήξης/κροκίδωσης απομακρύνονται οργανικές ουσίες και κολοβακτηρίδια. Προκειμένου να τηρούνται τα όρια για χρήση των γκρίζων υδάτων μετά από επεξεργασία συνήθως γίνεται συνδυασμός των χημικών και φυσικών διεργασιών με διήθηση ή χρήση μεμβρανών.

➤ Βιολογικά συστήματα:

Περιλαμβάνουν αναερόβια, αερόβια φίλτρα, αντιδραστήρες διαλείπουσας λειτουργίας (SBR), αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης (FBR) και βιοαντιδραστήρες μεμβρανών (MBR). Πριν τα βιολογικά συστήματα γίνεται προεπεξεργασία με χονδροειδή διήθηση που ακολουθείται από καθίζηση ή διήθηση για απομάκρυνση βιοστερεών ή ιλύος. Στο τέλος γίνεται απολύμανση με χλώριο ή UV για την απομάκρυνση μικροοργανισμών και δυσάρεστων οσμών ώστε το προϊόν να αποθηκεύεται για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα συστήματα διακρίνονται σε αυτά που αναστέλλουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών π.χ. SBR, MBR, τα οποία παρουσιάζουν παρόμοια βιολογική απόδοση αλλά διαφέρουν ως προς την διαπερατότητα της μεμβράνης, και σε συστήματα που οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται σταθερά π.χ. FBR όπου οι μικροοργανισμοί προσκολλώνται σε μια επιφάνεια εκτεθειμένη στο νερό.

Πιο συγκεκριμένα, ως επί το πλείστον, η τυπική επεξεργασία του γκρίζου νερού περιλαμβάνει φιλτράρισμα και βιολογική επεξεργασία. Το γκρίζο νερό διοχετεύεται μέσα από σωλήνες σε ένα πρώτο φίλτρο όπου συγκρατούνται τα μεγαλύτερα αιωρούμενα σωματίδια και το λίπος. Στη συνέχεια γίνεται αερισμός του νερού και κατόπιν οδηγείται σε δεξαμενή συλλογής. Στη δεξαμενή αυτή μειώνεται σταδιακά η θερμοκρασία του νερού και ηρεμεί με αποτέλεσμα την καθίζηση στον πυθμένα των υπόλοιπων αιωρούμενων σωματιδίων. Σε αυτό το στάδιο μπορεί να προστεθούν και χημικές ουσίες στη δεξαμενή. Έπειτα, το νερό περνά και πάλι από φίλτρο (π.χ. φίλτρο άμμου, φίλτρο πολλαπλών στρώσεων ή φίλτρο μεμβράνης) και τέλος, οδηγείται στη δεξαμενή αποθήκευσης, όπου προστίθενται απολυμαντικά για την αποφυγή ανάπτυξης μικροοργανισμών. Η μονάδα ελέγχου είναι απαραίτητη στο σύστημα ώστε να ρυθμίζονται όλες οι λειτουργίες, όπως το άδειασμα της δεξαμενής σε περίπτωση που το νερό δεν καταναλωθεί άμεσα και παραμένει εκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, και ένα σιφόνι υπερχείλισης για να οδηγείται το επιπλέον νερό στο αποχετευτικό σύστημα ([www.moec.gov.cy](http://www.moec.gov.cy)).

### 3.2.3 Πλεονεκτήματα ανακύκλωσης «γκρίζου νερού»

Κάθε μέθοδος με την οποία μπορεί να επιτευχθεί ανάκτηση νερού ώστε να μειωθεί η σπατάλη του έχει μεγάλο όφελος τόσο στο περιβάλλον όσο και στην οικονομία μιας χώρας. Αρχικά αξίζει να αναφερθεί ότι το γκρίζο νερό είναι μια μεγάλη πηγή με χαμηλή συγκέντρωση οργανικής ύλης ενώ το μαύρο νερό περιέχει μεγαλύτερες ποσότητες οργανικού κλάσματος. Πιο συγκεκριμένα, το 70% του ολικού καταναλωμένου νερού μπορεί να αναπαραστήσει το γκρίζο νερό και περιέχει μόνο το 30% του οργανικού κλάσματος και από 9 μέχρι 20% είναι η περιεκτικότητά του σε θρεπτικά συστατικά. Σημαντική, επίσης, διαφορά του γκρίζου από το μαύρο νερό είναι πως στο γκρίζο δεν περιέχονται βακτήρια που είναι επικίνδυνα και βλαβερά για την υγεία. Επομένως, καθιστά την επεξεργασία του λιγότερο εντατική. Συνεπώς, ο διαχωρισμός και η ξεχωριστή συλλογή αυτών επιφέρει περισσότερα πλεονεκτήματα, από την μίξη τους. Λόγω της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού οι απαιτήσεις για πόσιμο νερό αυξάνονται και αυτές με ταχύτατους ρυθμούς, για αυτό η αντικατάσταση του πόσιμου νερού σε κάποιες από τις καθημερινές χρήσεις μπορεί να μειώσει τις ανάγκες του αρκετά σημαντικά. Συνεπάγεται, λοιπόν, εφόσον υπάρχει μικρή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη, δεν χρειάζεται εκτενή επεξεργασία στο γκρίζο νερό και μπορεί να αντικαταστήσει το πόσιμο σε πολλές χρήσεις οι οποίες αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 3.2.1, συμβάλλοντας έτσι στην μείωση της απαίτησης σε πόσιμο νερό (Abdel-Kader, 2012, Matos et al., 2012, Pidou et al., 2007).

## 4. ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

### 4.1 Διεθνείς κανονισμοί και οδηγίες της ΕΕ

Για να είναι εφικτή η επαναχρησιμοποίηση νερού από την ανάκτηση υγρών αστικών αποβλήτων πρέπει μετά την επεξεργασία τους να ικανοποιούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Για την θέσπιση αυτών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κυρίως η προστασία της δημόσιας υγείας, του περιβάλλοντος και του εδάφους, η αποδοχή από τους χρήστες και το κοινό αλλά και η αισθητική που θα επιφέρει (Κωνσταντοπούλου, 2012).

➤ Προστασία δημόσιας υγείας:

Τα επεξεργασμένα λύματα που πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι ασφαλή για τον άνθρωπο και την υγεία του. Εφαρμόζονται κριτήρια που βασίζονται στη συμμόρφωση προς τα ανώτατα όρια των φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων με σκοπό την μείωση και αν είναι δυνατόν και την εξάλειψη των κινδύνων που έχουν τα λύματα από παθογόνους μικροοργανισμούς.

➤ Προστασία του περιβάλλοντος:

Στις περιοχές όπου θα υπάρξει εκροή του ανακτημένου νερού πρέπει να εξασφαλίζεται η προστασία της χλωρίδας και της πανίδας αλλά και η αποφυγή πρόκλησης ρύπανσης σε επιφανειακά και υπόγεια ύδατα.

➤ Προστασία του καλλιεργήσιμου εδάφους:

Τα επεξεργασμένα λύματα πρέπει να ελέγχονται όταν προορίζονται για αρδευτικούς σκοπούς εφόσον μπορούν να προκαλέσουν επιπτώσεις στο έδαφος και συνεπώς στις καλλιέργειες λόγω χημικών στοιχείων που διαθέτουν τα απόβλητα, όπως είναι το νάτριο, τα βαρέα μέταλλα, τα TSS κ.λπ.

➤ Αποδοχή από τους χρήστες και το κοινό:

Τα επεξεργασμένα και ανακτημένα υγρά απόβλητα για να χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι ασφαλή ώστε να είναι ευκολότερη και η αποδοχή τους από το κοινό. Για αυτό τα κριτήρια εκροής τους είναι αυστηρά ώστε να μην υπάρχουν αμφιβολίες από τους χρήστες ως προς τα αποτελέσματα που θα μπορούσαν να επιφέρουν κυρίως στην υγεία τους.

➤ Αισθητική:

Αρκετές χρήσεις των επεξεργασμένων λυμάτων αφορούν την αισθητική όπως η άρδευση σε χώρους πρασίνου ή το πλύσιμο της τουαλέτας όπου θα πρέπει το επαναχρησιμοποιούμενο νερό να μοιάζει με πόσιμο νερό και να μην υπάρχουν προβλήματα σε οσμή και εμφάνιση.

#### 4.1.1 Διεθνής κανονισμοί

Οι κανονισμοί και οι οδηγίες που πρέπει να εφαρμόζονται στις χώρες που επαναχρησιμοποιούν τα υγρά αστικά απόβλητα διαφέρουν σε ορισμένα σημεία εξαιτίας των κλιματικών και γεωλογικών συνθηκών, του εδάφους και των υδατικών πόρων που διαθέτουν και λόγω κοινωνικοοικονομικών συνθηκών. Όμως κάθε χώρα βασίζεται σε συγκεκριμένες οδηγίες οι οποίες αποτελούν την νομοθεσία.

Ο πρώτος κανονισμός που αποτελεί και την βάση δημιουργίας κριτηρίων για την επαναχρησιμοποίηση, έγινε από την Καλιφόρνια των Η.Π.Α το 1918 και αφορούσε την επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών αποβλήτων σε γεωργικές χρήσεις. Οι οδηγίες που αφορούν την χρήση ανακτημένου νερού παρουσιάζονται και στους εξής διεθνείς οργανισμούς:

- **Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας** (World Health Organization, WHO):  
“Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water”.

Το 1989 ο Π.Ο.Υ ανακοίνωσε 4 βασικές κατηγορίες μέτρων για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων που θα ευνοούσαν τη μείωση των κινδύνων της ανθρώπινης υγείας ([www.who.int](http://www.who.int)):

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

Για την ικανοποίηση των μέτρων που προαναφέρθηκαν ο Π.Ο.Υ κατέληξε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

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

Με τον όρο περιορισμένη άρδευση, εννοούνται οι καλλιέργειες με προϊόντα τα οποία δεν μπορούν να καταναλωθούν ωμά και που δεν έχουν μικροβιολογικά κριτήρια, όμως συνιστάται μερική επεξεργασία, είτε πρωτοβάθμια, είτε σε λίμνες σταθεροποίησης με χρόνο παραμονής 8 – 10 ημέρες. Επιπλέον, αναφέρεται ότι πρέπει να αποφεύγεται η άμεση επαφή των καρπών με τους παθογόνους μικροοργανισμούς, η συλλογή καρπών από το έδαφος, καθώς συνιστάται και η διακοπή άρδευσης πριν από την συλλογή καρπών για 14 ημέρες.

Με τον όρο απεριόριστη άρδευση, εννοούνται όλα τα είδη καλλιέργειας, το πότισμα γηπέδων και πάρκων, καθώς προτείνεται η τήρηση μικροβιολογικών κριτηρίων τόσο ως προς τους εντερικούς νηματώδης οργανισμούς (< 1 αυγό/L) όσο και ως προς τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια (< 1000 FC/100 mL). Τα κριτήρια γίνονται αυστηρότερα σε περιοχές άμεσης πρόσβασης, (< 200 FC/100 mL).

Το 1989 ο Π.Ο.Υ παρουσίασε τα πρότυπα Engelberg, ως τα προτεινόμενα ποιοτικά κριτήρια για τη χρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων. Όμως, παρά την ύπαρξη αυτών των κριτηρίων ορισμένες χώρες χρησιμοποιούσαν τα λύματα χωρίς

επεξεργασία, αλλά μετά από μικρό χρόνο παραμονής σε λίμνες, προκαλώντας έτσι προβλήματα στην υγεία του κόσμου. Για αυτό ο Π.Ο.Υ το 2000 δημοσίευσε αυστηρότερα πρότυπα, τα πρότυπα Blumenthal.

Το 2006 οι παλαιότερες οδηγίες αντικαταστάθηκαν και άλλες οδηγίες που αφορούσαν την επαναχρησιμοποίηση για αγροτικούς σκοπούς με βασικό στόχο την προστασία της υγείας, των αγροτών και των καταναλωτών. Επίσης, καθόρισε ένα αποδεκτό επίπεδο προστασίας της υγείας ανάλογα το βαθμό έκθεσης και μία σειρά από μέτρα που πρέπει να εφαρμοστούν. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση αρδευόμενων προϊόντων με επαναχρησιμοποιούμενα επεξεργασμένα λύματα, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που τρώγονται ωμά, δεν θα πρέπει να οδηγεί σε περαιτέρω επιβάρυνση ασθένειας μεγαλύτερη από  $10^{-6}$  DALY (disability – adjusted life year) βλάβη ανά άτομο ετησίως (PPPY – per person per year). Τόσο στην οδηγία του 1989 όσο και σε αυτή του 2006 του Π.Ο.Υ. γίνεται διαχωρισμός σε περιορισμένη και απεριόριστη άρδευση. Διαφορά τους είναι ότι στην απεριόριστη άρδευση περιλαμβάνονται οι συγκομιδές σαλάτας και λαχανικών που καταναλώνονται ωμά (W.H.O., 2006).

Στην οδηγία του 2006, προτείνονται περισσότερα μικροβιολογικά κριτήρια για την περιορισμένη άρδευση από αυτή του 1989, που συνιστούσε  $\leq 1$  για τους εντερικούς νηματώδεις και δεν υπήρχε σύσταση για μείωση άλλων παθογόνων ή E.Coli. Πλέον τα επεξεργασμένα λύματα προτείνεται να έχουν συγκέντρωση E.Coli ανά 100 mL  $\leq 10^4$  για γεωργία εντατικής εργασίας και  $\leq 10^5$  για υψηλά μηχανοποιημένη γεωργία. Όσον αφορά την απεριόριστη άρδευση, σε σχέση με την οδηγία του 1989, αυτή του 2006 έχει πιο ελαστικά μικροβιολογικά κριτήρια. Η οδηγία του 1989 συνιστούσε περιττωματικά κολοβακτηρίδια  $< 1000$  ανά 100 mL, ενώ στη οδηγία του 2006 η συνιστάμενη μείωση των παθογόνων κατά 6 – 7 λογαριθμικές μονάδες επιτυγχάνεται με επεξεργασία που οδηγεί σε χαμηλότερη ποιότητα, π.χ.  $\leq 10^4$  E.Coli ανά 100 mL, μετά από μετρήσεις ελέγχου προστασίας της υγείας, έπειτα από την επεξεργασία. Συνεπώς, η οδηγία 2006 του Π.Ο.Υ. όρισε όμοιες απαιτήσεις επεξεργασίας για περιορισμένη και απεριόριστη άρδευση, με χαμηλότερο κόστος επεξεργασίας για την απεριόριστη άρδευση (W.H.O., 1989, W.H.O., 2006).

- **Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών** (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO): “Water quality for agriculture”.

Οι οδηγίες της FAO που αφορούν την ποιότητα νερού που προορίζεται για άρδευση, στοχεύουν στην πρόταση λύσεων και περιορισμών της χρήσης υδατικών πόρων για αρδευτικούς σκοπούς, αλλά και στον περιορισμό των επιπτώσεων από την αλατότητα και την περιεκτικότητα των υδάτων σε νάτριο. Το νερό χωρίζεται σε κατηγορίες ώστε να αναγνωρίζονται τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά την άρδευση. Οι ενδιαφερόμενοι πρέπει να εξετάζουν ([www.fao.org](http://www.fao.org)):

- 1) Διαπερατότητα: Υψηλά επίπεδα νατρίου ή χαμηλά επίπεδα ασβεστίου στο έδαφος ή στο νερό μειώνουν τον ρυθμό διήθησης με αποτέλεσμα μη επαρκή τροφοδότηση των καλλιεργειών με επαρκή τροφοδότηση των καλλιεργειών με νερό μεταξύ των αρδεύσεων.
- 2) Αλατότητα: Τα άλατα στο έδαφος ή στο νερό μπορούν να μειώσουν την διαθέσιμη για τις καλλιέργειες ποσότητα νερού με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η απόδοσή τους.

- 3) Τοξικότητα: Συγκεντρώσεις ιόντων (νατρίου, χλωρίου, βορίου) που βρίσκονται στο έδαφος ή στο νερό μπορούν να καταστρέψουν ή να μειώσουν την παραγωγή.
- 4) Άλλοι κίνδυνοι: Υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών όπως π.χ. νιτρικών, μειώνουν την ποιότητα των καλλιεργειών. Υψηλές περιεκτικότητες του νερού σε σίδηρο ή γύψο συνδέονται με ασυνήθιστες τιμές του pH. Αιωρούμενα οργανικά ή ανόργανα στερεά προκαλούν διάβρωση του εξοπλισμού γεγονός το οποίο αυξάνει τις ανάγκες συντήρησης και επιδιόρθωσης.

➤ **Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών**  
(United States Environmental Protection Agency, US-EPA):

Οι οδηγίες της US-EPA που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση, περιοχές πρασίνου και χώρους αναψυχής προβλέπουν οκτώ κατηγορίες πιθανής χρήσης, όπου στην κάθε μια αντιστοιχούν καθορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ανακτημένων λυμάτων ([nepis.epa.gov](http://nepis.epa.gov)).

Κατηγορίες:

- 1) Αστική χρήση
- 2) Αστική χρήση σε περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση
- 3) Αγροτική χρήση – βιώσιμες καλλιέργειες
- 4) Αγροτική χρήση – βιώσιμες καλλιέργειες οπωροφόρα δέντρα, αμπελώνες
- 5) Αγροτική χρήση – μη βιώσιμες καλλιέργειες
- 6) Τεχνητές λίμνες αναψυχής
- 7) Τεχνητές λίμνες διακοσμητικού χαρακτήρα
- 8) Περιβαλλοντική χρήση

Τα πιο βασικά χαρακτηριστικά αυτών των οδηγιών είναι τα εξής:

- Καθορίζεται το απαιτούμενο ελάχιστο επίπεδο επεξεργασίας με τον ορισμό ελάχιστων επιπέδων αποτελεσματικότητας.
- Προβλέπονται έλεγχοι παρακολούθησης και η συχνότητα τους.
- Καθορίζονται αποστάσεις ασφαλείας από περιοχές διέλευσης και ελεύθερης εισόδου σε συνάρτηση με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των εκροών.
- Οι μικροβιολογικές παράμετροι (περιπτωματικά κολοβακτηρίδια) έχουν καθορισθεί σε πολύ αυστηρό επίπεδο, (από 0 έως  $\leq 200$ ), επίπεδο που αντιστοιχεί στα πρότυπα Blumenthal της WHO.
- Η τιμή του BOD<sub>5</sub> κυμαίνεται από  $\geq 10$  έως  $\leq 30$  παράλληλα με το επιτρεπόμενο μικροβιολογικό φορτίο.
- Το pH έχει τιμές μεγαλύτερες κατά 0,5 logH τόσο στις ελάχιστες όσο και στις μέγιστες τιμές, σε σύγκριση με τα προτεινόμενα όρια από την FAO.
- Οι τιμές για τα TSS, όπου καθορίζονται, είναι καθορισμένοι για να μην προκαλέσουν προβλήματα στις αρδευτικές εγκαταστάσεις καθώς και στις διηθητικές ικανότητες των εδαφών.
- Για ορισμένες χρήσεις τα ανακτημένα λύματα πρέπει να παρουσιάζονται διαυγή (θολότητα  $< 2,0$  NTU).
- Τα όρια των χημικών παραμέτρων είναι τα προτεινόμενα από την FAO.



Ο πρώτος κανονισμός για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη γεωργία εκδόθηκε το 1918 από την πολιτεία της Καλιφόρνιας, αναθεωρήθηκε αρκετές φορές και αποτελεί πλέον βάση για τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης λυμάτων σε πολλές χώρες του κόσμου (Γκίκας, 2006).

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνιας για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση. Σύμφωνα με αυτόν ο κανονισμός προβλέπει ότι τα λύματα για την κατηγορία της περιορισμένης άρδευσης, τα μικροβιολογικά όρια που είναι εκφρασμένα σε όρους διάμεσων τιμών ολικών κολοβακτηριδίων, κυμαίνονται από 2,2/100 mL μέχρι 23/100 mL και οι επεξεργασίες που προτείνονται βασίζονται στη βιολογική επεξεργασία με απολύμανση με χλώριο. Ενώ για απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση οφείλουν να είναι απαλλαγμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς (2,2 TC/100 mL ως διάμεση τιμή με απόλυτη μέγιστη τα 23 TC/100 mL). Η διαφορά τους φαίνεται μικρή όμως είναι βελτιωμένη εφόσον διασφαλίζεται η απομάκρυνση των ιών. Επίσης, υπάρχει και όριο ως προς τη θολερότητα το οποίο απαγορεύεται να υπερβαίνει τα 2 NTU, εφόσον θα μπορούσε να αυξήσει τον αριθμό των σωματιδίων, που χρησιμεύουν ως προστατευτικό κάλυμμα των μικροοργανισμών σε διεργασίες απολύμανσης (Γκίκας, 2006, Τασούλα, 2007).

Πίνακας 4.1: Μικροβιολογικά κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνιας (Γκίκας, 2006)

| Είδος χρήσης   | Ολικά κολοβακτηρίδια, TC ανά 100 ml (5)          | Απαιτούμενη επεξεργασία                               |
|--|--|---|
| Ζωοτροφές, μη βρώσιμες καλλιέργειες, άρδευση οπωρώνων, αμπελώνων (1)   | Δεν τίθενται όρια                                | Δευτεροβάθμια   |
| Βοσκότοποι για γαλακτοπαραγωγή ζώα, τεχνητές λίμνες αναψυχής (2), πότισμα γηπέδων γκολφ, νεκροταφείων κ.λ.π. | <23 (διάμεση τιμή)                               | Οξείδωση και απολύμανση                               |
| Επιφανειακή άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών (3), τεχνητές λίμνες αναψυχής (2α)                                 | <2,2 (διάμεση τιμή)                              | Οξείδωση και απολύμανση                               |
| Άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών με καταιονισμό, πάρκων, παιδικών χαρών, τεχνητές λίμνες αναψυχής (2β)          | <2,2 (διάμεση τιμή με απόλυτο μέγιστο τα 23) (6) | Οξείδωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση και απολύμανση |

(1): Για τους οπωρώνες και τους αμπελώνες τίθεται ως προϋπόθεση ότι οι καρποί δεν έχουν έρθει σε επαφή με το νερό άρδευσης ή το έδαφος.

(2): Λίμνες για αισθητική απόλαυση, χωρίς το κοινό να έρχεται σε επαφή με το νερό.

(2α): Λίμνες για αλιεία, ιστιοπλοΐα και άλλες ψυχαγωγικές χρήσεις που δεν προϋποθέτουν επαφή του νερού με το ανθρώπινο σώμα.

(2β): Λίμνες για χρήσεις χωρίς περιορισμό επαφής του νερού με το ανθρώπινο σώμα.

(3): Εξαιρέσεις μπορούν να γίνουν σε βρώσιμες καλλιέργειες που υφίστανται επεξεργασία πριν την κατανάλωση τους.

(4): Η θολερότητα του διυλισμένου νερού δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 2 μονάδες θολερότητας κατά την διάρκεια του 24ώρου.

(5): Η διάμεση τιμή προκύπτει από τα αποτελέσματα των πιο πρόσφατων αναλύσεων των 7 ημερών που αυτές πραγματοποιήθηκαν.

(6): Η μέγιστη τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνεται σε περισσότερα του ενός δείγματα για οποιαδήποτε περίοδο 30 ημερών.



Ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των κινδύνων που μπορεί να προκύψουν από την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων μέσω μικροβιολογικών κριτηρίων και συστημάτων επεξεργασίας. Βασική παράμετρος του είναι η πιθανότητα ανθρώπινης έκθεσης στα επαναχρησιμοποιούμενα λύματα που καθορίζει και το μέγεθος του κινδύνου. Ο κανονισμός αυτός διακρίνεται σε περιορισμένη και απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση και ορίζει αυστηρά κριτήρια που σε πολλές περιπτώσεις προϋποθέτουν την εφαρμογή δαπανηρής τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Ο κανονισμός της Καλιφόρνιας θέτει αυστηρότερα κριτήρια από την οδηγία του Π.Ο.Υ., αλλά δεν είναι ο πιο αυστηρός. Υπάρχουν κανονισμοί άλλων πολιτειών (π.χ. της Φλώριδας) ή χωρών (π.χ. της Ν. Αφρικής) οι οποίοι βασίζονται σε ένα από τους δύο κανονισμούς, τροποποιώντας τους με βάση τους τοπικούς περιοριστικούς παράγοντες που διαθέτουν. Για παράδειγμα απαγορεύεται η άρδευση με λύματα, ανεξαρτήτως επεξεργασίας, σε ορισμένες καλλιέργειες που οι καρποί τους καταναλώνονται ωμοί (Τασούλα, 2007).

#### 4.1.2 Ευρωπαϊκές οδηγίες

Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτουν κατά την ανάκτηση και εκροή τους τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα είναι ένα βασικό θέμα με το οποίο έχει ασχοληθεί η Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία στερείται νομοθετικών ρυθμίσεων σχετικά με την απαιτούμενη ποιότητα των προς επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Μια γενική αναφορά στο θέμα γίνεται στην Οδηγία 91/271 της ΕΕ (άρθρο 12,§1), όπου αναφέρεται ότι, «Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται, όποτε είναι σκόπιμο...» και δίνει την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των αστικών λυμάτων όταν αυτά είναι κατάλληλα. Ο λόγος ύπαρξης της οδηγίας είναι βασικό στοιχείο για την προστασία του περιβάλλοντος, από τις δυσμενείς επιπτώσεις που θα μπορούσαν να προκαλέσουν τα υγρά απόβλητα.

Η οδηγία 91/271/ΕΟΚ εφόσον ήταν ελλιπής, τροποποιήθηκε με την οδηγία 98/15/ΕΕ η οποία ορίζει ποιες πόλεις πρέπει να διαθέτουν τεχνική υποδομή για Ε.Ε.Λ. και δίκτυα αποχέτευσης σύμφωνα με τον ισοδύναμο πληθυσμό και τον αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων. Οι υδάτινοι αποδέκτες στους οποίους καταλήγουν τα αστικά λύματα διακρίνονται σε κανονικούς, ευαίσθητους και λιγότερο ευαίσθητους αποδέκτες. Επίσης, η τροποποιημένη οδηγία καθόρισε τα ανώτατα όρια των ποιοτικών χαρακτηριστικών, των επεξεργασμένων λυμάτων που πρέπει να υπάρχουν στην εκροή των Ε.Ε.Λ. και έδωσε συγκεκριμένα χρονικά όρια στα οποία οι οικισμοί θα πρέπει να ολοκληρώσουν την υποδομή συλλογής, επεξεργασίας και διάθεσης αστικών αποβλήτων (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Υ.Π.Ε.Κ.Α.).

Οι οδηγίες αυτές υποχρεώνουν τα κράτη μέλη να καθιερώσουν συστήματα αδειοδότησης για την διοχέτευση βιομηχανικών αποβλήτων στα δίκτυα ακαθάρτων και τις Ε.Ε.Λ., να κατασκευάσουν δίκτυα αποχέτευσης σε οικισμούς άνω των 2000 κατοίκων και να αποτελούνται από δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία των αστικών λυμάτων που διατίθενται σε ευαίσθητους αποδέκτες. Επίσης, να καθιερώσουν αδειοδότηση συγκεκριμένης κατηγορίας βιομηχανιών με φορτία μεγαλύτερα από 4000 ισοδύναμου πληθυσμού, των οποίων τα βιοαποικοδομήσιμα υγρά απόβλητα παρέχονται άμεσα σε υδάτινους αποδέκτες.

Ο Π.Ο.Υ αποτέλεσε βάση για την θέσπιση οδηγιών σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες που ενδιαφέρονται για το θέμα της επαναχρησιμοποίησης από επεξεργασμένα λύματα. Η επαναχρησιμοποίηση του ανακτημένου νερού εφαρμόζεται κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς στην Ισπανία, την Γαλλία και την Κύπρο και έπειτα με την πάροδο των

χρόνων παρατηρείται αυξανόμενο ενδιαφέρον στην Ιταλία, την Ελλάδα και την Πορτογαλία σύμφωνα με το “EUREAU”, Water Recycling and Reuse Working Group. EUREAU που είναι η Ένωση των Εθνικών Συνδέσμων των Εταιρειών Ύδρευσης και Αποχέτευσης των χωρών της EU, και της EFTA.

Το 2018 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανέφερε νέους κανόνες με στόχο την διευκόλυνση της επαναχρησιμοποίησης νερού για άρδευση καλλιεργειών στην ΕΕ. Η επιτροπή προτείνει μικρές απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων από σταθμούς που επεξεργάζονται αστικά λύματα. Οι απαιτήσεις αυτές περιλαμβάνουν μικροβιολογικά στοιχεία, π.χ. όσον αφορά τα επίπεδα *E. coli* και απαιτήσεις παρακολούθησης για τακτικούς και ποιοτικούς ελέγχους. Σκοπός να διασφαλιστεί ότι το νερό που ανακτάται θα είναι τελικά ασφαλές για άρδευση, και παράγεται σύμφωνα με τους νέους κανόνες. Επίσης, προτείνει τη διαχείριση και σωστή αντιμετώπιση του κινδύνου ώστε να είναι ασφαλής η επαναχρησιμοποίηση του νερού και την αυξημένη διαφάνεια. Δηλαδή το κοινό θα έχει πρόσβαση σε πληροφορίες στο διαδίκτυο σχετικά με τις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης νερού στα οικεία κράτη μέλη. Οι νέοι κανόνες στοχεύουν σε μια αξιόπιστη εναλλακτική πηγή υδροδότησης καθώς και στην εξοικονόμηση των οικονομικών και περιβαλλοντικών δαπανών που σχετίζονται με τη δημιουργία νέων αποθεμάτων νερού (Ε.Ε., 2018, [www.consilium.europa.eu](http://www.consilium.europa.eu)).

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται τα εθνικά και τοπικά κριτήρια της Ιταλίας για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη γεωργία. Για περιορισμένη άρδευση τα ολικά κολοβακτηρίδια πρέπει να είναι 20/100 mL ενώ για απεριόριστη, 2/100 mL εφόσον θα έχουν επεξεργαστεί και απολυμανθεί. Επίσης, στην Ισπανία τα κριτήρια είναι όμοια με της Ιταλίας εκτός από ορισμένες περιοχές που δεν ισχύουν πολύ αυστηροί κανονισμοί και ακολουθούν την οδηγία του Π.Ο.Υ. Στην Γαλλία ο νόμος για την επαναχρησιμοποίηση ακολουθεί εξίσου τα κριτήρια του Π.Ο.Υ με την προσθήκη περισσότερων και αυστηρότερων κανονισμών που αφορούν την ποιότητα του ανακτημένου νερού.

Πίνακας 4.2: Εθνικά και τοπικά κριτήρια Ιταλίας (Γκίκας, 2006)

| Περιγραφή   | Κριτήρια Ποιότητας   |  |
|---|--|--|
|   | Μικροβιακή ποιότητα  | Άλλες παράμετροι   |
| Εθνικά κριτήρια<br>• Καλλιέργειες που καταναλώνονται ωμές (Απεριόριστη άρδευση)<br>• Βοσκότοποι (Περιορισμένη άρδευση)                                  | 2 TC/100ml<br>20 TC/100ml  |  |
| Puglie<br>• Απεριόριστη άρδευση<br>• Περιορισμένη άρδευση   | 2 TC/100ml<br>20 TC/100ml  | 15mg/l BOD5, 40mg/l COD, 10mg/l TSS, 0,2 mg/l υπολειμματικό χλώριο, 6,5-8,5 pH |
| Emilia Romagna<br>• Απεριόριστη άρδευση<br>• Περιορισμένη άρδευση   | 2 TC/100ml<br>20 TC/100ml  |  |
| Sicilia<br>• Περιορισμένη άρδευση<br><br>• Απαγορεύεται η άρδευση καλλιεργειών που έρχονται σε απευθείας επαφή με τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα | 3000 TC/100ml<br>1000 FC/100ml<br>1 αυγό νηματοειδών ανά λίτρο<br>Μη ανιχνεύσιμη σαλμονέλα | 40mg/l BOD5, 160mg/l COD, 30mg/l TSS, 6,5-8,5 pH                               |

Η Ελλάδα στερούνταν θεσμοθετημένων ποιοτικών κριτηρίων για την επαναχρησιμοποίηση νερού, μέχρι τη δημοσίευση του ΦΕΚ β' 2089/9/10/2008. Το 2011 εκδόθηκε η ΚΥΑ 145116/2011 η οποία τροποποιήθηκε από την ΚΥΑ 191002/2013 που προέβλεπε την επεξεργασία των αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων. Η ΚΥΑ 145116/2011, (Φ.Ε.Κ. 354/Β/8.3.2011) και θέσπισε αυστηρά ποιοτικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης νερού, για τις πιο κάτω χρήσεις:

- Αγροτική άρδευση
- Τροφοδότηση και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων
- Βιομηχανική χρήση
- Αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση

Στη ΚΥΑ αυτή προστέθηκαν όρια μικροβιολογικών και συμβατικών παραμέτρων για διάφορες μεθόδους επαναχρησιμοποίησης και ορίστηκε ο βαθμός επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Έγινε επίσης, εισαγωγή για μελέτη σχεδιασμού του συστήματος που θα χρησιμοποιείται για την ανάκτηση νερού η οποία θα κατατίθεται προς έγκριση και έκδοση της άδειας επαναχρησιμοποίησης στην Διεύθυνση Υδάτων της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης.

Η ΚΥΑ 145116/2011, τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ 191002/2013, (Φ.Ε.Κ. Β'2220/9-9-2013) που επεκτείνεται στην επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση και περιορισμένη άρδευση χωρίς να προκαλούνται κατεισδύσεις στον υπόγειο υδροφόρα επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων από βιομηχανικές δραστηριότητες. Επίσης, διευκρινίζεται ότι η ανακύκλωση βιομηχανικών υγρών αποβλήτων απαγορεύεται σε βιομηχανίες που προορίζουν προϊόντα για ανθρώπινη κατανάλωση πέρα από χρήση

εκτός της κύριας παραγωγικής διαδικασίας όπως το νερό για ψύξη. Ακόμα, επιτρέπεται η άρδευση με καταιονισμό για αστική επαναχρησιμοποίηση σε εκτάσεις που η εφαρμογή άλλου συστήματος είναι τεχνικά δύσκολη. Αναφέρεται επίσης, ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η άδεια επαναχρησιμοποίησης αντικαθίσταται από την Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων π.χ. όταν ο φορέας είναι και ο τελικός φορέας διαχείρισης του ανακτημένου νερού και το έργο κατατάσσεται στην κατηγορία Α, περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

#### 4.2 Νομοθετικό πλαίσιο Κύπρου για άδεια απόρριψης επεξεργασμένων λυμάτων

Οι οδηγίες που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων στην Κύπρο είναι αυστηρές εφόσον στοχεύουν στην προστασία της δημόσιας υγείας, του νερού και του περιβάλλοντος που δέχεται τις απορρίψεις του ανακτημένου νερού. Στηρίζονταν αρχικά σε Ευρωπαϊκούς κανονισμούς και μετέπειτα μέσω τροποποιήσεων και εκπονήσεων νέων οδηγιών η προστασία και διατήρηση του περιβάλλοντος αυξανόταν με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η υποβάθμιση αυτού και των υδάτων.

Βασίζεται στις ακόλουθες οδηγίες:

- Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία αστικών λυμάτων
- Οδηγία Πλαίσιο για τα ύδατα, 2000/60/ΕΚ και 2007/60/ΕΚ
- Οδηγία για την προστασία των υπόγειων νερών από τη ρύπανση και την υποβάθμιση, 2006/118/ΕΚ
- Βασικός νόμος του περί ελέγχου της ρύπανσης νερών, Αρ.106(Ι)/2002
- Οι περί ελέγχου ρύπανσης των νερών (Απόρριψη αστικών λυμάτων), Κανονισμοί, Κ.Δ.Π. 772/2003
- Ο περί ελέγχου ρύπανσης των νερών (Ευαίσθητες περιοχές σε απορρίψεις αστικών λυμάτων), Διάταγμα, Κ.Δ.Π. 280/2013
- Κώδικας ορθής γεωργικής πρακτικής, Κ.Δ.Π. 263/2007
- Γενικοί όροι απόρριψης αποβλήτων, Κ.Δ.Π. 379/2015

Οι οδηγίες που εφαρμόζονται στοχεύουν συγκεκριμένα στα εξής (Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων, Τ.Α.Υ.):

- Προστασία των υδάτων (παράκτια, υπόγεια, λίμνες και ποταμούς).
- Εξασφάλιση ότι τα ύδατα θα διατηρούνται σε καλή κατάσταση.
- Δημιουργία συστημάτων διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού.
- Απαίτηση διασυννοριακής συνεργασίας μεταξύ των χωρών και των εμπλεκόμενων μερών.
- Εξασφάλιση συμμετοχής όλων των φορέων, συμπεριλαμβανομένων των μη κυβερνητικών οργανισμών και των τοπικών αρχών, στις δραστηριότητες της διαχείρισης των υδάτων.
- Εξασφάλιση μείωσης και ελέγχου ρύπανσης από όλες τις πηγές όπως η γεωργία, η βιομηχανική δραστηριότητα, οι αστικές περιοχές κ.λπ.

- Απαίτηση τιμολόγησης του νερού και εξασφάλιση ότι ο ρυπαίνων πληρώνει
- Εξισορρόπηση των συμφερόντων του περιβάλλοντος με τα συμφέροντα αυτών που εξαρτώνται από το περιβάλλον.

Για την εφαρμογή των περισσότερων άρθρων της οδηγίας στην Κύπρο, αρμόδια αρχή αποτελεί ο Υπουργός Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Την γενική ευθύνη εφαρμογής της, με καθορισμένο καταμερισμό ευθυνών έχει το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων και η Υπηρεσία Περιβάλλοντος. Ενώ, την ευθύνη για το σχεδιασμό, τη κατασκευή, τη λειτουργία αλλά και τη συντήρηση των αποχετευτικών δικτύων και σταθμών επεξεργασίας υγρών αστικών λυμάτων έχουν τα Συμβούλια Αποχετεύσεων, στηριζόμενα στον περί αποχετεύσεων νόμο όπου η εφαρμογή του ελέγχεται από το Υπουργικό Συμβούλιο.

#### 4.2.1 Επαναχρησιμοποίηση για άρδευση

Το ανακτημένο νερό που προορίζεται για άρδευση, πριν χρησιμοποιηθεί πρέπει να εξετάζεται αν η επεξεργασία του έγινε βασιζόμενη στον νόμο που επιτρέπει την άδεια απόρριψής του. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας και απολύμανσης των αστικών αποβλήτων πρέπει να παρακολουθούνται σύμφωνα με το πρόγραμμα που εγκρίνει η αρμόδια αρχή και να επιβλέπονται από ειδικευμένο προσωπικό. Επίσης, όλα τα συστήματα του αρδευτικού δικτύου οφείλουν να διαθέτουν κόκκινη σήμανση και σαφείς προειδοποιήσεις ότι το νερό δεν είναι πόσιμο. Τέλος, τα συστήματα ποτίσματος που επιτρέπονται διαφέρουν ανάλογα με τις φυτείες που πρόκειται να ποτιστούν.

Στο επαναχρησιμοποιούμενο επεξεργασμένο νερό οι συγκεντρώσεις ορισμένων στοιχείων και τα όρια μικροβιολογικών παραμέτρων είναι τα μέγιστα επιτρεπτά ώστε να διατηρείται η προστασία του περιβάλλοντος, των εδαφών αλλά και των καταναλωτών που χρησιμοποιούν προϊόντα από τις καλλιέργειες που αρδεύονται με τα ανακτημένα απόβλητα. Στον πίνακα 4.3 φαίνονται ορισμένα κριτήρια που πρέπει να τηρούν τα ανακτημένα λύματα που προορίζονται για άρδευση και παρατηρείται ότι στα ποιοτικά κριτήρια περιλαμβάνονται όρια για το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο πέντε ημερών ( $BOD_5$ ) και για τα αιωρούμενα στερεά (SS). Επίσης, οι επιτρεπτές συγκεντρώσεις περιττωματικών κολοβακτηριδίων για απεριόριστη άρδευση κυμαίνεται μεταξύ 5 – 15/100 mL. Οι χαμηλές τιμές εκροής των παραμέτρων που βρίσκονται στον πίνακα εξασφαλίζουν μια αποτελεσματικότερη απολύμανση και προστασία από τους μικροοργανισμούς.

Πίνακας 4.3: Κριτήρια της Κύπρου για αστικά λύματα που θα χρησιμοποιηθούν για άρδευση (Γκίκας, 2006)

| Άρδευση   | BOD <sub>5</sub><br>mg/l | SS<br>mg/l  | FC/<br>100ml           | Εντερικοί<br>σκώληκες/l | Απαιτούμενη επεξεργασία   |
|---|--------------------------|-------------|------------------------|-------------------------|---|
| Απεριόριστη άρδευση<br>(α)  | (A)<br>10*               | 10*         | 5*<br>15**             | Μηδέν                   | Δευτεροβάθμια και<br>τριτοβάθμια και απολύμανση   |
| Χώροι αναψυχής<br>ελεύθερης<br>πρόσβασης-<br>Άρδευση καλλιεργειών<br>που τρώγονται<br>μαγειρεμένες ή μετά<br>από<br>επεξεργασία (β) | (A)<br>10*<br>15**       | 10*<br>15** | 50*<br>100**           | Μηδέν                   |   |
| Περιορισμένη<br>άρδευση-<br>χώροι αναψυχής<br>περιορισμένης<br>πρόσβασης  | (A)<br>20*<br>30**       | 30*<br>45** | 200*<br>1.000**        | Μηδέν                   | Δευτεροβάθμια και<br>αποθήκευση για πάνω από 7<br>ημέρες και απολύμανση, ή<br>τριτοβάθμια και απολύμανση  |
|   | (B) -                    | -           | 200*<br>1.000**        | Μηδέν                   | Λίμνες σταθεροποίησης-<br>ωρίμανσης, συνολικός χρόνος<br>παραμονής πάνω από 30<br>ημέρες, ή δευτεροβάθμια και<br>αποθήκευση για πάνω από 30<br>ημέρες |
| Καλλιέργειες για<br>ζωοτροφές   | (A)<br>20*<br>30**       | 30*<br>45** | 1.000*<br>5.000**      | Μηδέν                   | Δευτεροβάθμια και<br>αποθήκευση για πάνω από 7<br>ημέρες, ή τριτοβάθμια και<br>απολύμανση   |
|   | (B) -                    | -           | 5.000*                 | Μηδέν                   | Λίμνες σταθεροποίησης-<br>ωρίμανσης, συνολικός χρόνος<br>παραμονής πάνω από 30<br>ημέρες, ή δευτεροβάθμια και<br>αποθήκευση για πάνω από 30<br>ημέρες |
| Βιομηχανικές<br>καλλιέργειες  | (A)<br>50*<br>70**       | -           | 3.000*<br>10.000*<br>* | -                       | Δευτεροβάθμια και<br>απολύμανση   |
|   | (B) -                    |             | 3.000*<br>10.000*<br>* |                         | Λίμνες σταθεροποίησης-<br>ωρίμανσης, συνολικός χρόνος<br>παραμονής πάνω από 30<br>ημέρες, ή δευτεροβάθμια και<br>αποθήκευση για πάνω από 30<br>ημέρες |

(A): Κλασικές μέθοδοι επεξεργασίας

(B): Λίμνες σταθεροποίησης

(\*): Τιμές που δεν επιτρέπεται να τις υπερβεί πλέον του 80% των δειγμάτων ανά μήνα, με ελάχιστο αριθμό 5 δειγμάτων ανά μήνα

(\*\*): Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή

(α): Εξαιρούνται φυλλώδη λαχανικά που τρώγονται ωμά

(β): Πατάτες, ζαχαρότευτλα και ομοειδή



Παλαιότερα οι γεωργοί στην Κύπρο χρησιμοποιούσαν το ανακτημένο νερό μόνο σε περιπτώσεις μεγάλης ξηρασίας και απέφευγαν την χρήση του για λόγους προβλημάτων υγιεινής που είχαν προκύψει. Με την πάροδο των χρόνων και τις ανανεώσεις στις οδηγίες, ολοένα και περισσότερο αυξήθηκε η χρήση του ανακυκλωμένου νερού ως εναλλακτική λύση.

Για παράδειγμα με βάση τον περί ελέγχου της ρύπανσης των νερών νόμο (Νόμος 106(I) του 2002), στο Β σκέλος που αφορά τους ειδικούς όρους διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων και στο πρώτο μέρος, αναφέρεται ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων που θα διατίθεται για άρδευση δεν πρέπει να ξεπερνούν τα ανώτατα όρια που καθορίζονται από τον πίνακα 4.4 ανάλογα με τις καλλιέργειες που θα αρδεύονται.

Πίνακας 4.4: Ποιοτικά χαρακτηριστικά επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση και συχνότητα ελέγχων ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy))

| ΕΠΙΤΡΕΠΕΤΑΙ ΝΑ ΑΡΔΕΥΟΝΤΑΙ |   | Όλες οι καλλιέργειες και χώροι πρασίνου με ελεύθερη χρήση- Βλ. σημείωση(α) | Λαχανικά μαγειρεμένα Βλ. σημείωση (β) | Προϊόντα για ανθρώπινη βρώση, Χώροι πρασίνου με περιορισμένη χρήση από το κοινό | Κτηνοτροφικά φυτά  | Βιομηχανικά φυτά   | ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ      |
|---------------------------|---|--|---------------------------------------|---|--------------------|--------------------|-------------------------------|
| α/α                       | Χαρακτηριστικά  | Ανώτατα όρια   |                                       |   |                    |                    |                               |
| 1                         | Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο(BOD <sub>5</sub> ) <sup>(1)</sup> | 10 mg/l  | 10 mg/l                               | 25 mg/l   | 25 mg/l            | 25 mg/l            | 1 φορά το μήνα <sup>(2)</sup> |
| 2                         | Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD)                                | 70 mg/l  | 70 mg/l                               | 125 mg/l  | 125 mg/l           | 125 mg/l           | 1 φορά το μήνα <sup>(2)</sup> |
| 3                         | Αιωρούμενα Στερεά (SS)  | 10 mg/l  | 10 mg/l                               | 35 mg/l   | 35 mg/l            | 35 mg/l            | 1 φορά το μήνα <sup>(2)</sup> |
| 4                         | Λίπη και Έλαια  | 5 mg/l   | 5 mg/l                                | 5 mg/l  | 5 mg/l             | 5 mg/l             | 1 φορά το μήνα                |
| 5                         | Εντερικά Κολοβακτηρίδια   | 5 E.Coli / 100ml   | 50 E.Coli / 100ml                     | 200 E.Coli / 100ml  | 200 E.Coli / 100ml | 200 E.Coli / 100ml | 1 φορά το μήνα                |
| 6                         | pH  | 6.5-8,5  | 6.5-8,5                               | 6.5-8,5   | 6.5-8,5            | 6.5-8,5            | 1 φορά το μήνα                |
| 7                         | Ηλεκτρική Αγωγιμότητα   | 2500 μS/cm   | 2500 μS/cm                            | 2500 μS/cm  | 2500 μS/cm         | 2500 μS/cm         | 1 φορά το μήνα                |
| 8                         | Χλωριούχα (Cl)  | 300 mg/l   | 300 mg/l                              | 300 mg/l  | 300 mg/l           | 300 mg/l           | 1 φορά το χρόνο               |
| 9                         | Βόριο (B)   | 1 mg/l   | 1 mg/l                                | 1 mg/l  | 1 mg/l             | 1 mg/l             | 1 φορά το χρόνο               |
| 10                        | Υπολειμματικό Χλώριο  | 2 mg/l   | 2 mg/l                                | 2 mg/l  | 2 mg/l             | 2 mg/l             | 1 φορά το μήνα                |

(α) Απαγορεύεται να αρδεύονται φυλλώδη λαχανικά, βολβοί και κόνδυλοι που τρώγονται ωμοί και φράουλες.

(β) Πατάτες, κολοκάσι, κοκκινόγυλια.

<sup>(1)</sup> Η μέθοδος ανάλυσης του BOD<sub>5</sub> να γίνεται με παρεμποδιστή νιτροποίησης.

<sup>(2)</sup> Ο ανώτατος επιτρεπτός αριθμός δειγμάτων που αποκλίνουν σε σχέση με τον αριθμό των δειγμάτων που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια οποιουδήποτε έτους είναι 2 δείγματα.



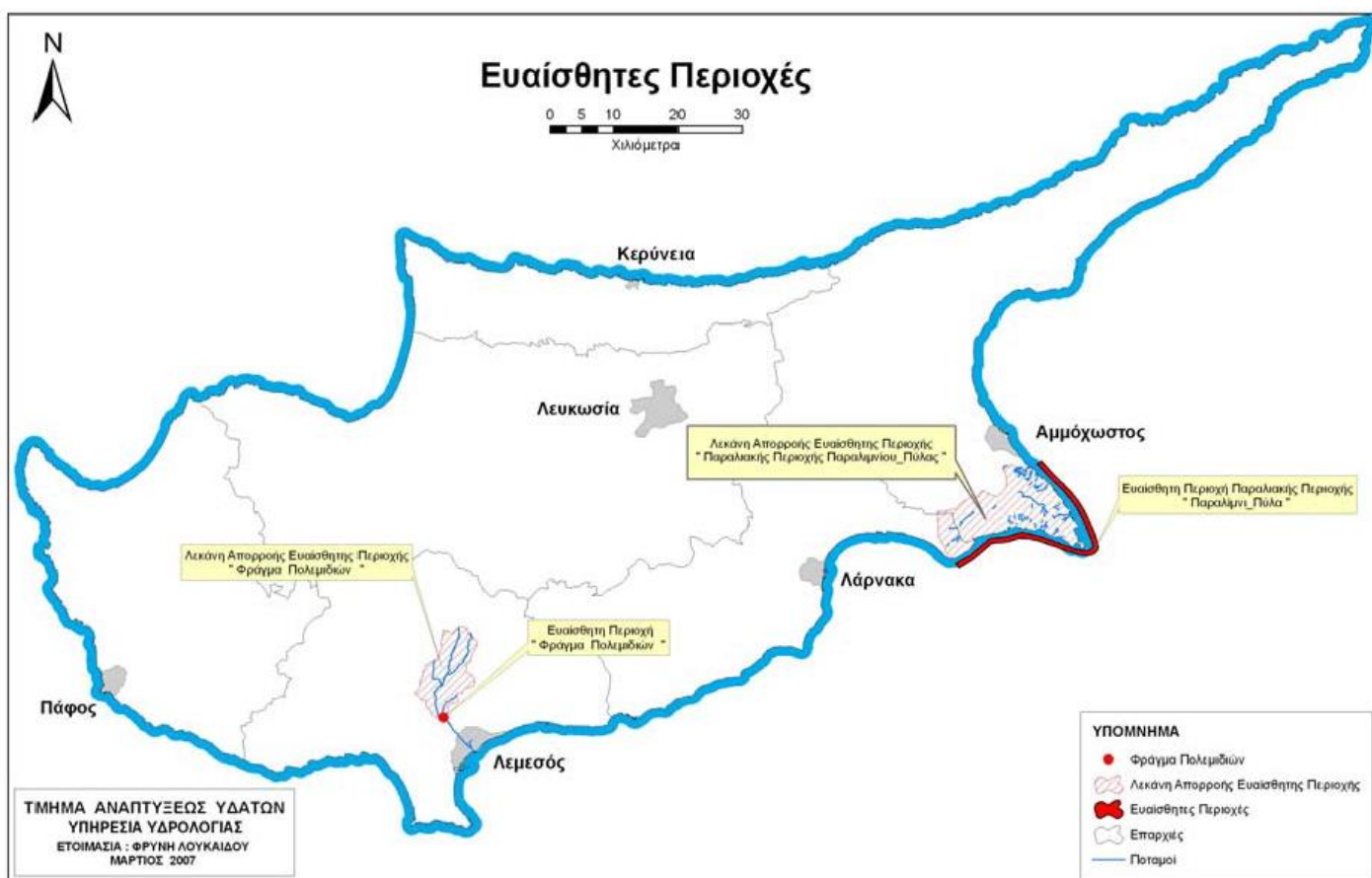
#### 4.2.2 Διάθεση νερού προς ευαίσθητες περιοχές

Η Κύπρος με το διάταγμα Κ.Δ.Π. 111/2004, καθόρισε τις ευαίσθητες περιοχές για απορρίψεις αστικών λυμάτων, στα οποία πρέπει να γίνεται αυστηρότερη επεξεργασία με αφαίρεση αζώτου και φωσφόρου. Τα κριτήρια για εκροή των ανακτημένων λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές εμφανίζονται στον πίνακα 4.5 και καθορίζονται από τον σταθμό επεξεργασίας αστικών λυμάτων, από το Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λεμεσού – Αμαθούντας ([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy)).

Πίνακας 4.5: Ποιοτικά χαρακτηριστικά επεξεργασμένου νερού για ευαίσθητες περιοχές ([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy))

| Χαρακτηριστικά νερού                   | BOD <sub>5</sub> | COD     | SS      | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>(αμμωνιακό άζωτο) | Total N<br>(ολικό άζωτο) | Total P<br>(ολικός φώσφορος) |
|--|------------------|---------|---------|---|--------------------------|------------------------------|
| Διάθεση νερού προς ευαίσθητες περιοχές | 10 mg/L          | 70 mg/L | 10 mg/L | 2 mg/L  | < 10 mg/L                | < 2 mg/L                     |

Οι ευαίσθητοι αποδέκτες στην Κύπρο είναι ο υδατοφράκτης Πολεμιδιών και τα παράκτια νερά Κοκκινοχωριών, από το Παραλίμνι μέχρι το ακρωτήριο της Πύλας. Στον χάρτη 4.1 παρατηρούνται οι ευαίσθητες περιοχές – αποδέκτες και λεκάνες απορροής των ευαίσθητων περιοχών, με τους οικισμούς που βρίσκονται σε αυτές.



Χάρτης 4.1: Ευαίσθητες περιοχές Κύπρου ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

#### 4.2.3 Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφόρων οριζόντων

Σύμφωνα με τους περί ελέγχου της ρύπανσης των νερών νόμους του 2002 μέχρι 2013 που αφορούν τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφόρων οριζόντων, αναφέρεται ότι ο εμπλουτισμός πραγματοποιείται για τις ποσότητες επεξεργασμένων λυμάτων που δεν είναι δυνατόν να διατεθούν αμέσως για άρδευση και ότι πρέπει να χρησιμοποιείται το μοντέλο διασποράς ρύπων, ώστε να διασφαλίζεται η μη επιβάρυνση της ποιότητας του νερού του υδροφορέα από τον εμπλουτισμό σε συνδυασμό με την ποσότητα της οικολογικής παροχής ([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy), [www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

Οι μέθοδοι που γίνεται η τροφοδότηση νερού σε υπόγειους υδροφορείς είναι είτε μέσω γεωτρήσεων, υπό πίεση ή με βαρύτητα, κατά την οποία ο βαθμός επεξεργασίας που χρειάζεται για την απομάκρυνση οργανικών ουσιών είναι μεγάλος, είτε με την μέθοδο της διήθησης, διαμέσου στρώματος εδάφους, με κατάλληλα χαρακτηριστικά και επαρκές βάθος ([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy), [www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

Ένα παράδειγμα στην Κύπρο είναι ο εμπλουτισμός υδροφορέα Ακρωτηρίου. Σε περίπτωση που υπάρχει αύξηση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα Ακρωτηρίου όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 4.6, ο φορέας εκμετάλλευσης οφείλει να ετοιμάσει πρόγραμμα μέτρων για την προστασία του υδροφορέα το οποίο θα υποβληθεί στον διευθυντή του τμήματος περιβάλλοντος.

Πίνακας 4.6: Παρακολούθηση ποιότητας του νερού του υδροφορέα Ακρωτηρίου  
([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy), [www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy), Αρ. Άδειας 2018/6/1)

| α/α | Χαρακτηριστικά   | Σημεία δειγματοληψίας  | Συχνότητα παρακολούθησης   |
|-----|--|--|--|
| 1   | Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD <sub>5</sub> )  | 1 γεώτρηση ανάντι των δεξαμενών εμπλουτισμού με υδρολογικό αριθμό 1998/086 και<br>4 γεωτρήσεις κατόντι των δεξαμενών εμπλουτισμού με υδρολογικούς αριθμούς 1985/076, 1983/153, 1997/047 και 1998/001 | 1 φορά πριν την περίοδο εμπλουτισμού, 2 φορές κατά την περίοδο του εμπλουτισμού και 1 φορά μετά την περίοδο εμπλουτισμού |
| 2   | Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD)   |  |  |
| 3   | Ηλεκτρική Αγωγιμότητα  |  |  |
| 4   | TN   |  |  |
| 5   | TP   |  |  |
| 6   | Δραστικές ουσίες φυτοφαρμάκων (συμπεριλαμβάνονται αντίστοιχοι μεταβολίτες, προϊόντα αποικοδόμησης και αντιδράσεων) (1) |  |  |
| 7   | Νιτρικά (NO <sub>3</sub> )   |  |  |
| 8   | Νιτρώδη (NO <sub>2</sub> )   |  |  |
| 9   | Χλωρισύχα (Cl)   |  |  |
| 10  | Θειικά (SO <sub>4</sub> )  |  |  |
| 11  | Τριχλωροαιθυλένιο  |  |  |
| 12  | Τετραχλωροαιθυλένιο  |  |  |
| 13  | Μόλυβδος (Pb)  |  |  |
| 14  | Κάδμιο (Cd)  |  |  |
| 15  | Υδράργυρος (Hg)  |  |  |
| 16  | Αμμώνιο (NH <sub>4</sub> )   |  |  |
| 17  | Αρσενικό (As)  |  |  |
| 18  | Ψευδάργυρος (Zn)   |  |  |
| 19  | Χαλκός (Cu)  |  |  |
| 20  | Χρώμιο (Cr)  |  |  |
| 21  | Νικέλιο (Ni)   |  |  |
| 22  | Βόριο (B)  |  |  |

<sup>(1)</sup> Ως «φυτοφάρμακα», νοούνται τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα σύμφωνα με τον ορισμό του άρθρου 2 της οδηγίας 91/414/ΕΟΚ και τα βιοκτόνα σύμφωνα με τον ορισμό του άρθρου 2 της οδηγίας 98/8/ΕΚ.

#### 4.2.4 Βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση

Για την βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση, τα επεξεργασμένα υγρά αστικά λύματα χρησιμοποιούνται ως νερό ψύξης αλλά και σε λέβητες. Μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση τα λύματα περιέχουν συγκεντρώσεις περιττωματικών κολοβακτηριδίων < 200 FC/100 mL, BOD<sub>5</sub> και SS μέχρι 25 mg/L και 35 mg/L αντίστοιχα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν νερό ψύξης. Σε άλλες χρήσεις όπως στους λέβητες και το επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, πρέπει να γίνεται απαραίτητα τριτοβάθμια επεξεργασία και τα λύματα να περιέχουν συγκεντρώσεις περιττωματικών κολοβακτηριδίων < 100 FC/100 mL, BOD<sub>5</sub> και SS μέχρι 10 mg/L αλλά και η θολότητα να είναι ≤ 2 NTU ([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy), [www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

## 5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

### 5.1 Μετεωρολογικά στοιχεία που κρίνουν αναγκαία την επαναχρησιμοποίηση

#### 5.1.1 Κλίμα

Η Κύπρος έχει έκταση 9,254 km<sup>2</sup>, περιβάλλεται από την ανατολική Μεσόγειο θάλασσα και βρίσκεται 35° στο βόρειο γεωγραφικό πλάτος και 33° στο ανατολικό γεωγραφικό μήκος. Σύμφωνα με το Τμήμα Μετεωρολογίας το κλίμα της είναι μεσογειακό και χαρακτηρίζεται από το ζεστό και ξηρό καλοκαίρι (Μάιο – Σεπτέμβριο), τον ήπιο χειμώνα (Νοέμβριο – Μάρτιο) και τις ενδιάμεσες μεταβατικές εποχές του φθινοπώρου και της άνοιξης που διαρκούν πολύ λίγο.

Το καλοκαίρι στην Κύπρο οι θερμοκρασίες είναι αρκετά ψηλές και ο ουρανός καθαρός εξαιτίας του ότι βρίσκεται κάτω από την επίδραση του εποχιακού χαμηλού βαρομετρικού που έχει κέντρο του την νοτιοδυτική Ασία. Το χειμώνα, το νησί επηρεάζεται από το πέρασμα μετώπων που κινούνται από τα δυτικά προς τα ανατολικά στην Μεσόγειο, διαρκούν συνήθως το πολύ τρεις ημέρες και προκαλούν τις πιο έντονες βροχοπτώσεις. Η μέση συνολική βροχόπτωση από τον Δεκέμβριο μέχρι τον Φεβρουάριο αντιστοιχεί στο 60% της ολόχρονης βροχόπτωσης. Όσον αφορά την υγρασία, τα ποσοστά τον χειμώνα είναι κατά μέσο όρο 60% – 80%, ενώ το καλοκαίρι 40% – 60%, ενώ οι άνεμοι πνέουν συνήθως ασθενείς έως μέτριοι με διαφορετικές κατευθύνσεις. Όλο το χρόνο παρατηρείται έντονη ηλιοφάνεια, με την διάρκεια της να ξεπερνάει τις 11 ώρες στο 24ώρο, κυρίως από τον Απρίλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο (Τμήμα Μετεωρολογίας).

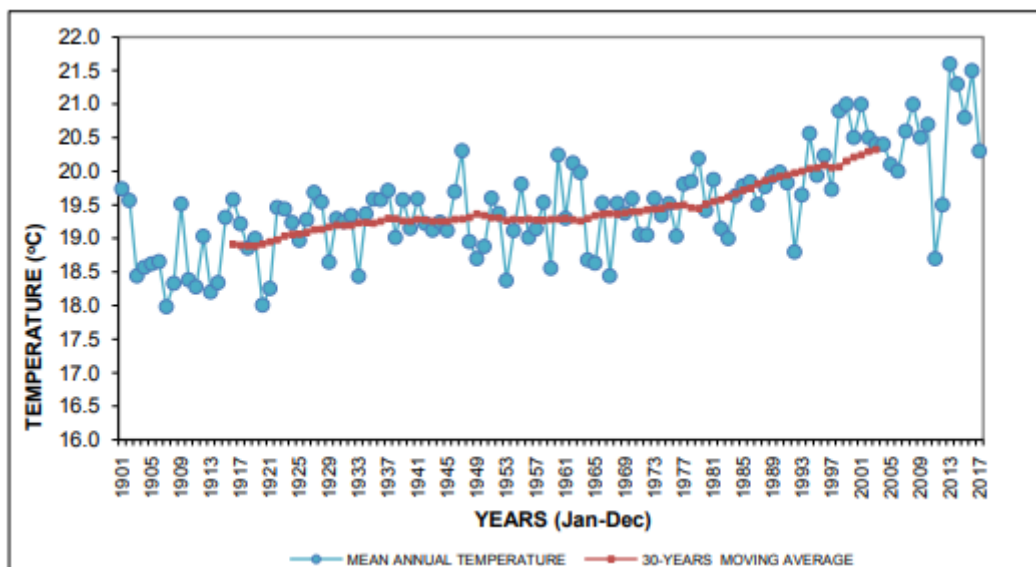
#### 5.1.2 Θερμοκρασία

Το καλοκαίρι η Κύπρος αντιμετωπίζει ζεστές ημέρες και το χειμώνα ήπιες. Η διαφορά θερμοκρασίας στις περιοχές της Κύπρου εξαρτάται από το ανάγλυφο που κάθε 1,000 μέτρα ύψος, ελαττώνει τη θερμοκρασία κατά 5 βαθμούς Κελσίου (°C) και από την επίδραση της θάλασσας που συμβάλλει σε ένα πιο δροσερό καλοκαίρι και πιο ήπιο χειμώνα κυρίως στις δυτικές περιοχές (Τμήμα Μετεωρολογίας).

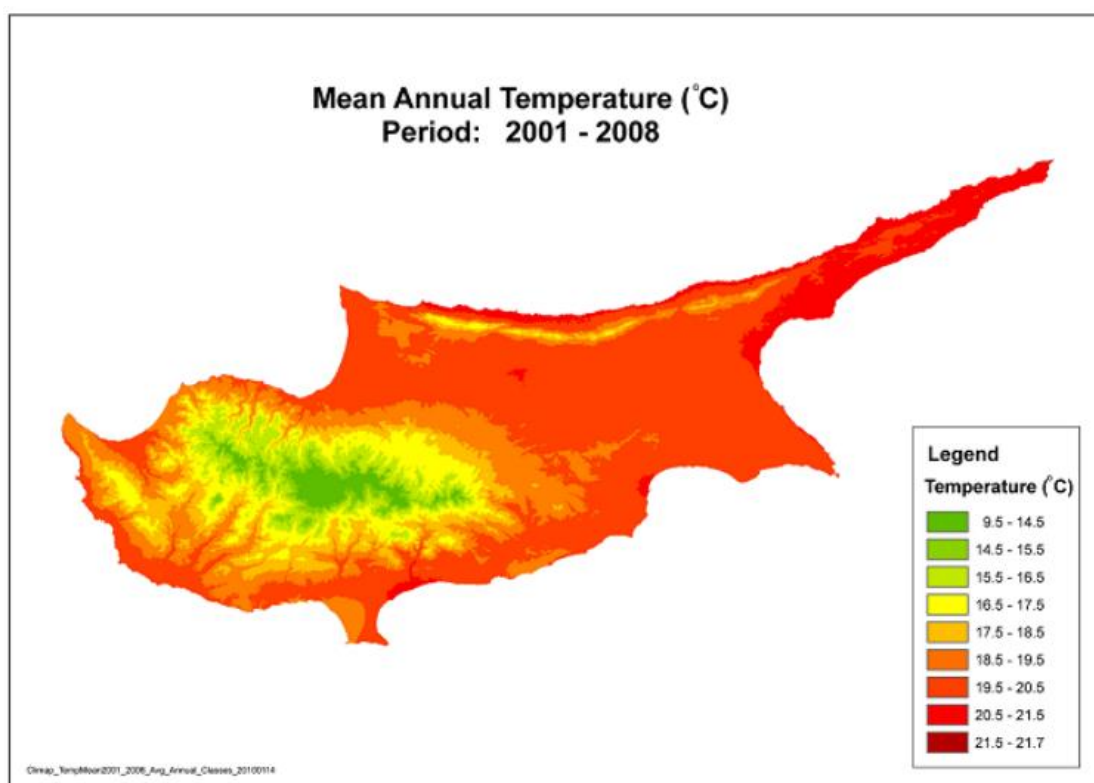
Στις εσωτερικές περιοχές του νησιού το ετήσιο εύρος θερμοκρασίας είναι περίπου 18°C και 14°C στα παράλια. Επίσης, η διαφορά της ψηλότερης θερμοκρασίας της ημέρας σε σχέση με την χαμηλότερη θερμοκρασία της νύχτας, το χειμώνα είναι 8 - 10°C στις πεδινές περιοχές, ενώ στις ορεινές 5 - 6°C. Το καλοκαίρι στη κεντρική πεδιάδα είναι 16°C και σε άλλες περιοχές είναι 9 - 12°C (Τμήμα Μετεωρολογίας).

Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες κατά τον Ιούλη και Αύγουστο είναι περίπου 29°C στην κεντρική πεδιάδα και 22°C στις ψηλότερες κορυφές του Τροόδους. Αντίστοιχα οι μέσες μέγιστες θερμοκρασίες είναι 36°C και 27°C για τους ίδιους μήνες. Κατά την διάρκεια του Ιανουαρίου οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες είναι 10°C στην κεντρική πεδιάδα και 3°C στις ψηλότερες κορυφές του Τροόδους, ενώ οι μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες είναι 5°C και 0°C αντίστοιχα (Τμήμα Μετεωρολογίας).

Στο διάγραμμα 5.1 παρουσιάζονται οι αλλαγές στην ετήσια μέση θερμοκρασία αέρα σε βαθμούς Κελσίου από το 1892 μέχρι το 2017 για τους χειμερινούς μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο στην πρωτεύουσα του νησιού, Λευκωσία. Στο χάρτη 5.1 φαίνεται η μέση ετήσια θερμοκρασία της Κύπρου από το 2001 – 2008.



Διάγραμμα 5.1: Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα 1901 – 2017 στην Λευκωσία (Τμήμα Περιβάλλοντος).

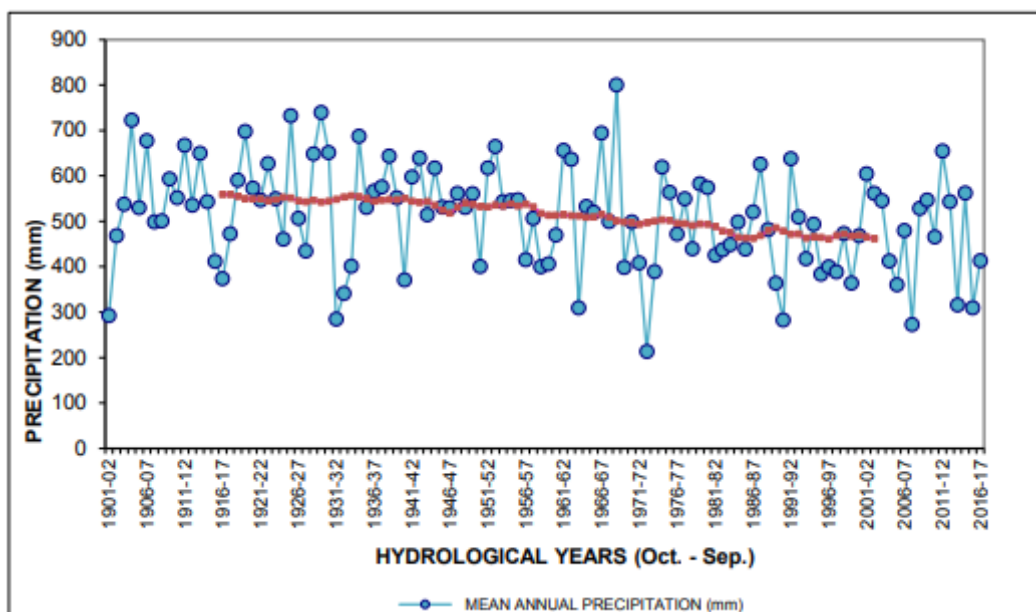


Χάρτης 5.1: Μέση ετήσια θερμοκρασία Κύπρου 2001 – 2008. Κλίμακα χάρτη: 1:20000 (Τμήμα Περιβάλλοντος).

### 5.1.3 Βροχόπτωση

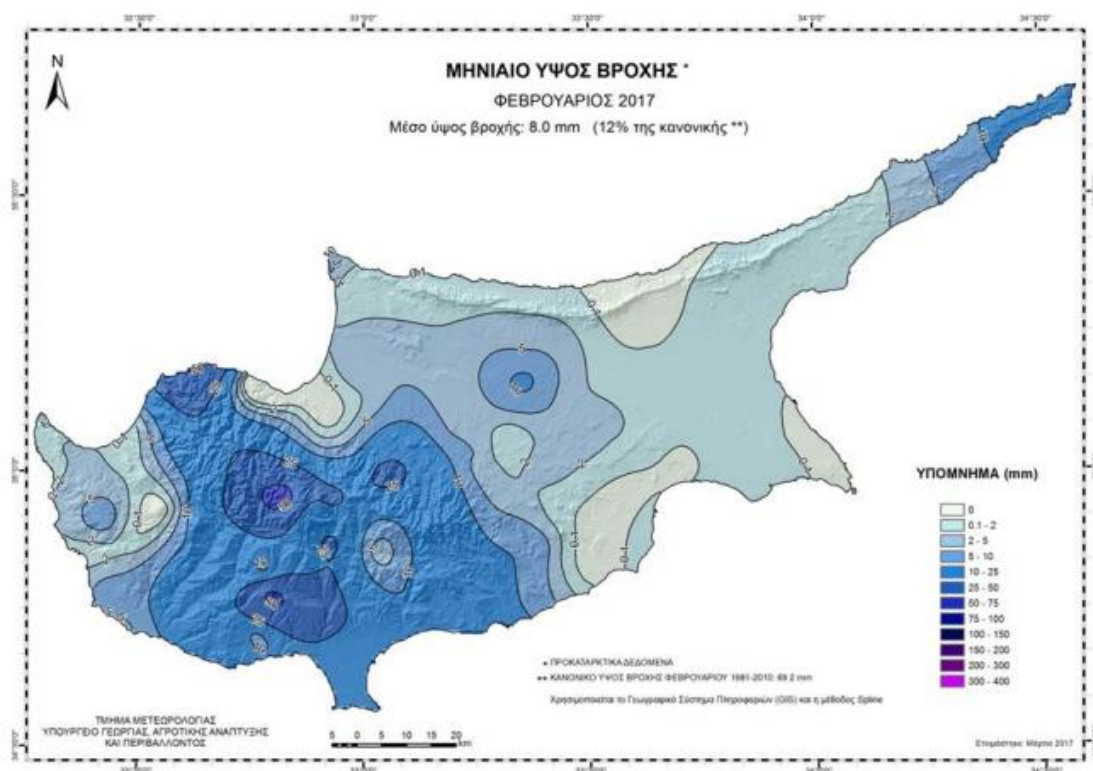
Με βάση το Τμήμα Μετεωρολογίας η μέση βροχόπτωση της Κύπρου για ένα χρόνο είναι περίπου 480 χιλιοστόμετρα (1951 – 1980), η ελάχιστη ήταν 182 mm από τον Οκτώβρη 1972 μέχρι τον Σεπτέμβρη του 1973 και η μέγιστη 759 mm το 1968 – 1969. Οι περισσότερες βροχές πέφτουν τον Νοέμβριο μέχρι τον Μάρτιο. Κατά την περίοδο φθινοπώρου και άνοιξης οι βροχές είναι τοπικές ενώ το καλοκαίρι ελάχιστες και παρατηρούνται σε ορεινές περιοχές και στην κεντρική πεδιάδα. Στις νοτιοδυτικές περιοχές της οροσειράς Τροόδους η μέση ετήσια βροχόπτωση από 450 mm στους πρόποδες, φτάνει σε 1,100 mm στην κορυφή του Ολύμπου. Κατεβαίνοντας σε πλαγιές προς τα βόρεια και ανατολικά η βροχόπτωση μειώνεται στα 300 mm και 350 mm στην κεντρική πεδιάδα και στις πεδινές νοτιοανατολικές περιοχές. Τέλος, στο βόρειο τμήμα του νησιού βρίσκεται η οροσειρά του Πενταδακτύλου που παρουσιάζει ελάχιστη αύξηση στη βροχόπτωση, στα 550 mm.

Στο διάγραμμα 5.2 εμφανίζεται η μέση ετήσια βροχόπτωση της Κύπρου από το 1902 – 2017 για τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Οκτώβριο, ενώ στο χάρτη 5.2 το μηνιαίο ύψος βροχής για τον Φεβρουάριο του 2017.



Διάγραμμα 5.2: Μέση ετήσια Βροχόπτωση Κύπρου 1902 – 2017 (Τμήμα Περιβάλλοντος).





Χάρτης 5.2: Μηνιαίο ύψος βροχής για τον Φεβρουάριο του 2017 (Τμήμα Μετεωρολογίας).

## 5.2 Πρόβλημα λειψυδρίας στην Κύπρο και επιπτώσεις από αυτό

Το ζεστό κλίμα της Κύπρου και η απουσία βροχοπτώσεων στο νησί ακόμα και τους χειμερινούς μήνες είναι τα αίτια που προκάλεσαν τις ελλείψεις νερού άρα και το πρόβλημα λειψυδρίας. Έρευνες δείχνουν ότι η αναπλήρωση του υδροφόρου ορίζοντα έχει μειωθεί σημαντικά, συνεπώς και η διάθεση νερού για άρδευση σε χώρους πρασίνου και ειδικότερα σε γεωργικές καλλιέργειες. Στην Κύπρο η ανάλυση και αξιολόγηση των τιμών του δείκτη ξηρασίας, παρέχουν πληροφορίες α) για την άμεση διάγνωση της απειλής της ξηρασίας και την έναρξη της, β) τη λήξη της περιόδου ξηρασίας, γ) την ένταση, τη διάρκεια και το γεωγραφικό της εύρος. Επίσης, παρέχει πληροφορίες δ) για την πίεση στο ευρύτερο φυσικό περιβάλλον, ε) την πίεση στα ποτάμια, λιμναία και υπόγεια υδατικά σώματα και ζ) τις πιέσεις στα συστήματα ύδρευσης, άρδευσης και μη αρδευόμενης γεωργίας. Για να μην επιδεινωθεί το πρόβλημα με την σπατάλη νερού και συνεπώς το πρόβλημα λειψυδρίας, είναι σημαντικό να ληφθούν προληπτικά μέτρα, όπως η καλύτερη διαχείριση του αρδευτικού νερού, το φύτεμα περισσότερων ανθεκτικών καλλιεργειών αλλά και η αύξηση τιμών στην αγροτική και βιομηχανική χρήση νερού. Επίσης, το ενδιαφέρον στράφηκε και σε άλλες μεθόδους που θα βοηθούσαν στην εξοικονόμηση του πόσιμου νερού, όπως η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αστικών λυμάτων και γκρίζου νερού, αλλά και η αφαλάτωση θαλασσινού νερού. Εξαιτίας των ελλείψεων βροχής και της απουσίας νερού από τα φράγματα της Κύπρου, κάθε είδους μέθοδος που φροντίζει να ανακτάται και να ανακυκλώνεται νερό αποτελεί σημαντικό παράγοντα για το υδατικό ισοζύγιο και την οικονομία του νησιού ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).



## 6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

### 6.1 Υδατική κατάσταση Κύπρου

Πριν την ανεξαρτησία της Κύπρου, από το 1900 – 1960 ο κόσμος για να εξοικονομήσει ποσότητες πόσιμου νερού χρησιμοποιούσε εξαιτίας του μικρού κόστους, τους υπόγειους υδατικούς πόρους από υδροφορείς, ενώ σταδιακά μέχρι την δεκαετία του '50 άρχισε η εκμετάλλευση των επιφανειακών νερών μετά από υδρολογικές έρευνες και μετρήσεις ροής του νερού που συνέβαλλαν στη δημιουργία έργων. Κατά την δεκαετία του '60 και μετά, εκτός από τις χρήσεις που αναφέρθηκαν, κατασκευάστηκαν αρκετά φράγματα αλλά και ταμιευτήρες που θα χρησίμευαν στην άρδευση και στον εμπλουτισμό υδροφορέων αντί για την απόρριψη του νερού στη θάλασσα (Τόφα – Χριστίδου, 2018).

Εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών, η υδατική κατάσταση της Κύπρου μέχρι και σήμερα έχει βελτιωθεί ώστε να αποθηκεύεται όσο περισσότερο νερό γίνεται. Αυτό επιτεύχθηκε με την αύξηση των αποχετευτικών έργων και των έργων ύδρευσης και άρδευσης, όπως τα φράγματα, τα διυλιστήρια πόσιμου νερού, τα δίκτυα άρδευσης, διάφορα εμπλουτιστικά έργα, μονάδες τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων και έπειτα τα δίκτυα διανομής ανακυκλωμένου νερού. Τα έργα αυτά γίνονται με βάση τον περί Ενιαίας Διαχείρισης Υδάτων Νόμο (Ν. 79/2010), ως κυβερνητικά υδατικά έργα. Επίσης, σημαντική αλλαγή με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα έγινε σε κάθε βιομηχανική εγκατάσταση, η οποία διαθέτει νερό άριστης ποιότητας. Την δεκαετία του '90 εξαιτίας της έλλειψης νερού από τα φράγματα, εντάχθηκε στην Κύπρο η χρήση αφαλατωμένου νερού και λίγο αργότερα η επαναχρησιμοποίηση νερού που προερχόταν από τα τριτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα, όπου χρησιμοποιείται κυρίως για σκοπούς άρδευσης και θεωρείται μια αξιόπιστη πηγή η οποία εντάσσεται στο υδατικό ισοζύγιο του νησιού, εφόσον ικανοποιεί αρκετές από τις ανάγκες που υπάρχουν. Σημαντικό είναι ότι σήμερα τα κυβερνητικά υδατικά έργα είναι η βασικότερη πηγή νερού για ύδρευση και άρδευση, με το 80% των αναγκών σε νερό ύδρευσης να καλύπτεται από αυτά (Τόφα – Χριστίδου, 2018). Στον χάρτη 6.1 εμφανίζονται τα κυβερνητικά υδατικά έργα του νησιού.

Τα πιο πρόσφατα σχέδια διαχείρισης υδάτων στην Κύπρο είναι, το 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> σχέδιο διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού (2009 – 2015) και (2016 – 2021) αντίστοιχα, που εγκρίθηκαν από το Υπουργικό Συμβούλιο και αποτελούν βασικό εργαλείο διαχείρισης των υδάτων. Το πλαίσιο διαχείρισης των υδάτων καθορίζεται σε Ευρωπαϊκό επίπεδο από την Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (ΟΠΥ – 2000/60/ΕΚ). Στόχος της είναι η επίτευξη της καλής κατάστασης των νερών σε όλη την Ευρώπη μέσω της αειφόρου διαχείρισης των υδατικών πόρων, επιφανειακών, υπόγειων και παράκτιων. Η Κυπριακή Δημοκρατία έχει μεταφέρει πλήρως την ΟΠΥ στην Εθνική Νομοθεσία με τον «Περί Προστασίας και Διαχείρισης των Υδάτων Νόμο του 2004» (Ν13(Ι)/2004). Κάθε σχέδιο διαχείρισης έχει διάφορες λειτουργίες. Αρχικά καταγράφει την παρούσα κατάσταση των υδατικών σωμάτων και καθορίζει, τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι, που είναι η αύξηση του ποσοστού των υδατικών σωμάτων σε καλή κατάσταση. Ακόμα, προσανατολίζει άλλα σχέδια και προγράμματα που υλοποιούνται στην Κύπρο με τρόπο ώστε να μην προκαλούνται άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις στα υδατικά σώματα (Καϊμάκη κ.α., 2011, [www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

- Κοστολόγηση σχεδίων διαχείρισης:

Στο 1<sup>ο</sup> σχέδιο διαχείρισης λεκάνης απορροής (2009-2015) αναφέρεται η κοστολόγηση όσον αφορά την παροχή νερού για κάθε υπηρεσία ως συνολικό κόστος. Στον πίνακα 6.1 παρουσιάζεται το συνολικό κόστος που ανέρχεται στα €191.138.618, το οποίο προκύπτει από το άθροισμα τιμής κάθε υπηρεσίας παροχής νερού ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

Πίνακας 6.1: Κοστολόγηση 1ου σχεδίου διαχείρισης λεκάνης απορροής  
([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy))

| Υπηρεσία                   | Κατηγορία κόστους | Κ.Υ.Ε. Ε.Ν.Α.     | Κ.Υ.Ε. Πάφου     | Κ.Υ.Ε. Χρυσοχούς | Άλλα Κ.Υ.Ε.      | Εκτός Κ.Υ.Ε.      | Σύνολο            |
|----------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Παροχή νερού ύδρευσης      | Χρηματοοικονομικό | 71.960.709        | 6.509.873        | -                | -                | 11.189.555        | 89.660.137        |
|                            | Περιβαλλοντικό    | 2.268.590         | 323.569          | -                | -                | 332.352           | 2.924.511         |
|                            | Πόρου             | 943.538           | 120.266          | -                | -                | 956.717           | 2.020.521         |
| <b>Σύνολο</b>              |                   | <b>75.172.837</b> | <b>6.953.708</b> | <b>0</b>         | <b>0</b>         | <b>12.478.624</b> | <b>94.605.169</b> |
| Παροχή νερού άρδευσης      | Χρηματοοικονομικό | 6.041.944         | 3.897.942        | 2.084.661        | 1.162.510        | 31.844.654        | 45.031.711        |
|                            | Περιβαλλοντικό    | 2.718.361         | 780.967          | 303.731          | 132.630          | 16.939.570        | 20.875.259        |
|                            | Πόρου             | 147.664           | 67.778           | 26.061           | 8.685            | 3.396.870         | 3.647.058         |
| <b>Σύνολο</b>              |                   | <b>8,907,969</b>  | <b>4.746.687</b> | <b>2,414,453</b> | <b>1,303,825</b> | <b>52,181,094</b> | <b>69,554,028</b> |
| Παροχή αποχέτευσης         | Χρηματοοικονομικό | 24.709.107        |                  |                  |                  |                   | 24.709.107        |
|                            | Περιβαλλοντικό    | -                 |                  |                  |                  |                   | -                 |
|                            | Πόρου             | -                 |                  |                  |                  |                   | -                 |
| <b>Σύνολο</b>              |                   | <b>24.709,107</b> |                  |                  |                  |                   | <b>24.709.107</b> |
| Παροχή Ανακυκλωμένου Νερού | Χρηματοοικονομικό | 1.517.610         |                  |                  |                  |                   | 1.517.610         |
|                            | Περιβαλλοντικό    | 752.704           |                  |                  |                  |                   | 752.704           |
|                            | Πόρου             | -                 |                  |                  |                  |                   | -                 |
| <b>Σύνολο</b>              |                   | <b>2,270,314</b>  |                  |                  |                  |                   | <b>2.270.314</b>  |

Στο 2<sup>ο</sup> σχέδιο διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού, αναφέρονται τα μέτρα διαχείρισης και η κοστολόγηση αυτών που φαίνονται στον πίνακα 6.2 ως μέτρα αποτελεσματικότητας και επαναχρησιμοποίησης που είναι άρθρα της ΟΠΥ με κωδική ονομασία 11.4.x και κοστολογούνται συνολικά €38.040.000 ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

Πίνακας 6.2: Κοστολόγηση 2ου σχεδίου διαχείρισης λεκάνης απορροής  
([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy))

| ΟΝΟΜΑ ΜΕΤΡΟΥ  | ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΕΤΡΟΥ | Άρθρο της ΟΠΥ | 1 <sup>ο</sup> ΣΔΛΑΠ  | ΠΙΕΣΗ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΕΤΑΙ                 | ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΔΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ | ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΚΛΙΜ. ΑΛΛΑΓΗ | ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ | ΦΟΡΕΙΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ                               | ΧΡΗΜ/ΔΟΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ:             |
|---|----------------|---------------|---|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|---|-----------------------------------|
| Μέτρα αποτελεσματικότητας και επαναχρησιμοποίησης   |                |               |   |                                      |                                  |                           |                              |   |                                   |
| Δρομολόγηση υλοποίησης έργων αύξησης της χρήσης ανακυκλωμένου νερού στη γεωργία που μπορεί να περιλαμβάνουν την κατασκευή δεξαμενών χειμερινής αποθήκευσης καθώς και έργα για τη διανομή και διάθεση νερού. | ΣΜ-Χ-01        | 11.4.Χ        | Συνέχιση Εξειδίκευσ η/επέκτασ η μέτρου 52 του 1 <sup>ου</sup> ΣΔΛΑΠ | ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΑΠ'Ο ΥΠΟΓΕΙΑ               | ΣΥΥ                              | ΝΑΙ                       | 29.490.000 €                 | ΤΑΥ   | Διαρθρωτικά Ταμεία /Εθνικοί Πόροι |
| Συνέχιση της ευαισθητοποίησης εξοικονόμησης νερού σε νοικοκυριά και σχολεία. Προβολή των πεπραγμένων μέχρι σήμερα και κατάστρωση συνεχούς ενημέρωσης για την αξία και την επάρκεια νερού.                   | ΣΜ-Χ-02        | 11.4.Χ        | Συνέχιση μέτρου του 1 <sup>ου</sup> ΣΔΛΑΠ                           | ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΑΠ'Ο ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ & ΥΠΟΓΕΙΑ | ΕΥΣ και ΣΥΥ                      | ΝΑΙ                       | 50.000 €                     | ΤΑΥ   | Εθνικοί Πόροι                     |
| Επενδύσεις σε υλικά στοιχεία του ενεργητικού Μέτρου 4. Καθεστώς 4.1 και 4.3.2. (ΠΑΑ 2014-20)  | ΣΜ-Χ-03        | 11.4.Χ        | ΝΕΟ ΜΕΤΡΟ   | ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ             | ΣΥΥ                              | -                         | 8.500.000 €                  | ΤΑΥ /Τμήμα Γεωργίας/Διαχειριστική Αρχή ΠΑΑ/ΚΟΑΠ | ΠΑΑ                               |

Συγκρίνοντας το κόστος του 1<sup>ου</sup> και του 2<sup>ου</sup> σχεδίου διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού Κύπρου, φαίνεται πως υπάρχει σημαντική διαφορά στην κοστολόγηση του καθενός. Αυτό μπορεί να συμβαίνει διότι είχαν ληφθεί ήδη τα μέτρα κατά την κοστολόγηση του 1<sup>ου</sup> σχεδίου με αποτέλεσμα στο 2<sup>ο</sup> να μην ληφθεί ξανά υπόψη. Επίσης, στο 2<sup>ο</sup> σχέδιο διαχείρισης κάποια από τα μέτρα που λαμβάνονται και κοστολογούνται δεν εστιάζουν στο ίδιο αντικείμενο με εκείνα του 1<sup>ου</sup>, επομένως υπάρχει και η διαφορά στην κοστολόγηση των σχεδίων.

## ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

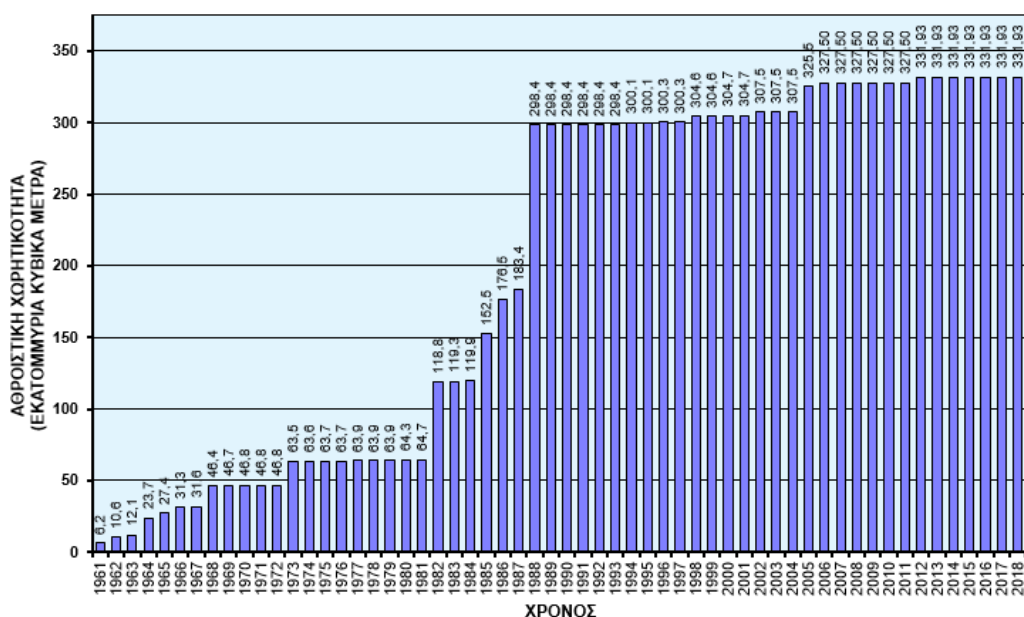


Χάρτης 6.1: Κυβερνητικά Υδατικά Έργα Κύπρου. Κλίμακα χάρτη: 1:1500 ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy))





### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ 1961-2018



Διάγραμμα 6.1: Κατασκευή και χωρητικότητα φραγμάτων από το 1961 – 2018 ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

Στην Κύπρο οι βασικότερες χρήσεις του νερού από τα φράγματα αξιοποιούνται για υδρευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς. Από τα 56 εγγεγραμμένα φράγματα τα 54 χρησιμεύουν σε γεωργικούς σκοπούς, τα 9 σε εμπλουτισμό υδροφορέων και 5 από αυτά βοηθάνε στην ύδρευση. Το πρώτο φράγμα του οποίου το επιφανειακό νερό χρησίμευσε σε υδρευτικούς σκοπούς, συγκεκριμένα σε τεχνητό εμπλουτισμό έγινε στη Γερμασόγεια και έχει χωρητικότητα  $13,5 \text{ cm}^3$  (Τόφα – Χριστίδου, 2018, Τ.Α.Υ.).

Στον πίνακα 6.3 παρουσιάζονται η χωρητικότητα, η εισροή και η αποθήκευση νερού στα φράγματα τον τελευταίο χρόνο σύμφωνα με το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων.

Τα φράγματα στην Κύπρο αποτελούν βασικό οικονομικό και κοινωνικό όφελος, συντελούν κυρίως στην αντιμετώπιση προβλημάτων σε περιόδους μεγάλης ξηρασίας όπου το νερό είναι δυσεύρετο αλλά πάντοτε απαραίτητο, ομορφαίνουν το τοπίο του νησιού από την ανάδειξη των φυσικών οικοσυστημάτων και ταυτόχρονα συμβάλουν στην αειφόρο ανάπτυξη.

Πίνακας 6.3: Ποσότητες νερού στα μεγάλα φράγματα ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).



## ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΜΕΓΑΛΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

3/5/2019

5/5/2019

| Φράγματα       | Χωρητι-<br>κότητα | Εισροή<br>Νερού   |                              | Αποθηκευμένη Ποσότητα |                     |                     |                     | Μέγιστη<br>Ποσότητα |           |
|----------------|-------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------|
|                |                   |                   |                              | Σημερινή              |                     | Αντίστοιχη Περισινή |                     |                     |           |
|                |                   | Τελευτ.<br>24ώρου | Συνολική<br>Απο 1/10<br>2018 | Ε.Κ.Μ.                | Πληρό-<br>τητα<br>% | Ε.Κ.Μ               | Πληρό-<br>τητα<br>% | 2018                |           |
|                | Ε.Κ.Μ             | Ε.Κ.Μ             |                              |                       |                     |                     | Ε.Κ.Μ               | Ημερομ.             |           |
| ΝΟΤΙΟΣ ΑΓΩΓΟΣ  |                   |                   |                              |                       |                     |                     |                     |                     |           |
| Κούρης         | 115,000           | 0,153             | 67,825                       | 106,583               | 92,7                | 19,027              | 16,5                | 20,025              | 6/3       |
| Καλαβασός      | 17,100            | 0,008             | 16,038                       | 17,100                | 100,0               | 2,537               | 14,8                | 3,089               | 11/6      |
| Λεύκαρα        | 13,850            | 0,016             | 8,009                        | 8,702                 | 62,8                | 1,834               | 13,2                | 1,909               | 14/6      |
| Διπτόταμος     | 15,500            | 0,043             | 13,737                       | 15,120                | 97,5                | 2,534               | 16,3                | 3,015               | 2/3       |
| Γερμασόγεια    | 13,500            | 0,000             | 13,477                       | 13,500                | 100,0               | 1,020               | 7,6                 | 1,469               | 9/3       |
| Αρμίνου        | 4,300             | 0,123             | 39,098                       | 1,436                 | 33,4                | 3,435               | 79,9                | 3,636               | 15/5      |
| Πολεμίδα       | 3,400             | 0,000             | 3,057                        | 3,389                 | 99,7                | 0,926               | 27,2                | 0,956               | 1/4       |
| Ακνα           | 6,800             | 0,000             | 0,000                        | 2,667                 | 39,2                | 0,653               | 9,6                 | 1,320               | 1/4       |
| ΟΛΙΚΟ          | 189,450           | 0,343             | 161,241                      | 168,497               | 88,9                | 31,966              | 16,9                | 32,728              | 12/4      |
| ΠΑΦΟΣ          |                   |                   |                              |                       |                     |                     |                     |                     |           |
| Ασπρόκρεμμος   | 52,375            | 0,035             | 45,999                       | 52,375                | 100,0               | 14,531              | 27,7                | 15,301              | 16/3      |
| Κανναβιού      | 17,168            | 0,021             | 17,531                       | 16,325                | 95,1                | 5,240               | 30,5                | 5,380               | 3/4       |
| Μαυροκόλυμπος  | 2,180             | 0,000             | 0,778                        | 2,180                 | 100,0               | 1,464               | 67,2                | 1,501               | 17/4      |
| ΟΛΙΚΟ          | 71,723            | 0,056             | 64,308                       | 70,880                | 98,8                | 21,235              | 29,6                | 22,015              | 16/3      |
| ΧΡΥΣΟΧΟΥ       |                   |                   |                              |                       |                     |                     |                     |                     |           |
| Ευρέτου        | 24,000            | 0,015             | 18,103                       | 24,000                | 100,0               | 10,159              | 42,3                | 10,423              | 12/4      |
| Αργάκα         | 0,990             | 0,000             | 0,811                        | 0,990                 | 100,0               | 0,990               | 100,0               | 0,990               | 29/1-4/5  |
| Πωμός          | 0,860             | 0,000             | 0,627                        | 0,860                 | 100,0               | 0,835               | 97,1                | 0,860               | 14/2-19/4 |
| Αγία Μαρίνα    | 0,298             | 0,000             | 0,246                        | 0,298                 | 100,0               | 0,276               | 92,6                | 0,284               | 11/5      |
| ΟΛΙΚΟ          | 26,148            | 0,015             | 19,787                       | 26,148                | 100,0               | 12,260              | 46,9                | 12,538              | 12/4      |
| ΛΕΥΚΩΣΙΑ       |                   |                   |                              |                       |                     |                     |                     |                     |           |
| Βυζακιά        | 1,690             | 0,000             | 1,630                        | 1,690                 | 100,0               | 0,266               | 15,7                | 0,289               | 1/4       |
| Ξυλιάτος       | 1,430             | 0,000             | 1,207                        | 1,430                 | 100,0               | 0,729               | 51,0                | 0,768               | 2/4       |
| Καλοπαναγιώτης | 0,363             | 0,000             | 0,532                        | 0,363                 | 100,0               | 0,363               | 100,0               | 0,363               | 23/1-2/7  |
| ΟΛΙΚΟ          | 3,483             | 0,000             | 3,369                        | 3,483                 | 100,0               | 1,358               | 39,0                | 1,420               | 2/4       |
| ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ  | 290.804           | 0.414             | 248.705                      | 269.008               | 92.5%               | 66.819              | 23.0%               | 68.617              | 4/4       |

\* Ε.Σ.Ν.Α. (Ενιαίο Σχέδιο Νοτίου Αγωγού - Κούρης, Καλαβασός, Λεύκαρα, Διπτόταμος, Γερμασόγεια, Πολεμίδα, Αρμίνου)

Μεταφορά νερού από Αρμίνου στο φράγμα Κούρη από 7/12/2018 39,135 Ε.Κ.Μ.

Ε.Κ.Μ. - Εκατομμύρια Κυβικά Μέτρα.

| ΕΙΣΡΟΗ ΝΕΡΟΥ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΔΕΚΑΕΤΙΑ ( Ε.Κ.Μ. ) |             |              |             |              |             |             |              |             |               |               |                |
|--|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|---------------|---------------|----------------|
|  | 08/09       | 09/10        | 10/11       | 11/12        | 12/13       | 13/14       | 14/15        | 15/16       | 16/17         | 17/18         | 18/19          |
| Οκτώβρη  | 0,227       | 1,160        | 0,065       | 0,308        | 0,748       | 0,384       | 0,315        | 1,024       | 0,247         | 0,142         | 0,858          |
| Νιόβρη   | 0,635       | 2,523        | 0,128       | 1,482        | 3,182       | 0,672       | 0,915        | 0,608       | 0,657         | 0,614         | 0,757          |
| Δεκέμβρη                                       | 3,151       | 23,111       | 5,090       | 5,769        | 50,878      | 1,669       | 2,140        | 1,248       | 7,424         | 0,881         | 16,665         |
| Γενάρη   | 13,248      | 42,973       | 7,627       | 92,634       | 13,246      | 1,963       | 38,354       | 3,685       | 21,083        | 20,661        | 118,110        |
| Φεβράρη  | 28,622      | 37,708       | 12,834      | 41,536       | 9,267       | 2,251       | 44,515       | 2,824       | 4,181         | 9,528         | 53,909         |
| Μάρτη  | 27,170      | 21,849       | 21,389      | 29,378       | 6,497       | 1,964       | 17,669       | 6,132       | 8,891         | 5,944         | 32,283         |
| Απρίλη   | 14,547      | 6,546        | 10,193      | 11,391       | 6,077       | 0,712       | 8,233        | 1,314       | 4,398         | 2,176         | 25,326         |
| Μάη  | 6,889       | 2,914        | 4,927       | 6,996        | 2,876       | 1,853       | 3,137        | 0,961       | 1,780         | 2,802         | 0,797          |
| Ιούνη  | 1,627       | 0,921        | 0,958       | 1,513        | 0,462       | 0,741       | 0,976        | 0,105       | 0,228         | 2,022         |                |
| Ιούλη  | 0,096       | 0,482        | 0,030       | 0,432        | 0,101       | 0,000       | 0,091        | 0,000       | 0,000         | 0,050         |                |
| Αυγ.-Σεπτ.                                     | 1,199       | 0,000        | 0,332       | 0,315        | 0,545       | 0,094       | 0,007        | 0,006       | 0,000         | 0,077         |                |
| <b>ΟΛΙΚΟ</b>                                   | <b>97,4</b> | <b>140,2</b> | <b>63,6</b> | <b>191,8</b> | <b>93,9</b> | <b>12,3</b> | <b>116,4</b> | <b>17,9</b> | <b>48,889</b> | <b>44,897</b> | <b>248,705</b> |
| <b>ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ</b>                  |             |              |             |              |             |             |              |             |               |               |                |
| Ταμασός  |             | 2,800        |             | 1,989        | 2,800       | 100,0       | 1,046        | 37,4        | 1,525         | 12/3          |                |
| Κλήρου-Μαλουντα                                |             | 2,000        |             | 0,476        | 2,000       | 100,0       | 1,649        | 82,5        | 2,000         | 29/1-6/3      |                |
| Σολέα  |             | 4,454        |             | 0,842        | 4,454       | 100,0       | 4,391        | 98,6        | 4,454         | 22/3          |                |



### 6.2.2 Υπόγεια υδατικά σώματα και τεχνητός εμπλουτισμός

Όταν οι υπόγειοι υδροφορείς δεν είναι δυνατόν να εμπλουτιστούν φυσικά εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών, χρησιμοποιείται η μέθοδος του τεχνητού εμπλουτισμού ώστε να υπάρχουν αποθέματα νερού που θα χρησιμοποιούνται σε περιόδους που υπάρχει έλλειψη. Για τον ίδιο σκοπό χρησιμεύουν και τα φράγματα, με βασική διαφορά ότι σε αυτά υπάρχουν απώλειες λόγω εξάτμισης και έπειτα, μεγαλύτερο κόστος αλλά και μείωση θέσεων για την κατασκευή τους. Τεχνητός εμπλουτισμός γίνεται με την προσθήκη νερού στο έδαφος όπου επιτυγχάνεται διήθηση του μέχρι τους υπόγειους υδροφορείς. Η μέθοδος αυτή δεν προκαλεί προβλήματα στο περιβάλλον, είναι οικονομική και δεν επηρεάζεται η ποιότητα του νερού εφόσον μέσω των στρωμάτων του εδάφους γίνεται φυσικό φιλτράρισμα.

Στην Κύπρο υπάρχουν 66 υδροφορείς που φαίνονται στον χάρτη 6.3, οι οποίοι βρίσκονται σε ποτάμια ή παράκτιες αλλουβιακές αποθέσεις. Στον πίνακα 6.4 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των παράκτιων και ποτάμιων υδροφορέων.



Χάρτης 6.3: Υδροφορείς της Κύπρου ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

Πίνακας 6.4: Χαρακτηριστικά παράκτιων και ποτάμιων υδροφορέων  
([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy))

| Παράκτιοι υδροφορείς  | Ποτάμιοι Υδροφορείς   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Είναι οι μεγαλύτεροι, οι πιο δυναμικοί και συνήθως ανατροφοδοτούνται από τις παροχές ποταμών και τις βροχοπτώσεις.</li> <li>Τα τμήματα τους αποτελούνται από άμμο, ιλύ, άργιλο, ασβεστόλιθους και κροκαλοπαγή πετρώματα.</li> <li>Υπάρχουν τρεις μεγάλοι υδροφορείς στην Κύπρο οι οποίοι περιλαμβάνονται στις κάθετες κοίτες των ποταμών.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Βρίσκονται στις κοίτες των ποταμών και έχουν βάθος περίπου 30 m.</li> <li>Τα τμήματα τους αποτελούνται από αλλουβιακές αποθέσεις, άμμο, ιλύ και κροκάλες.</li> </ul> |

Η μεγάλη ανάγκη του νησιού σε γεωργικές καλλιέργειες αποτέλεσε τον κυριότερο λόγο για την εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία αρνητικού υδατικού ισοζυγίου. Ο τεχνητός εμπλουτισμός γίνεται από τον υδροφορέα του Τροόδους και χρησιμοποιείται σε μεγάλους υδροφορείς της Κύπρου όπως αυτός στη Γερμασόγεια, στο Ακρωτήρι κ.α. ώστε να καλύψει τις ανάγκες ύδρευσης και άρδευσης σε περιόδους ξηρασίας και να αντιμετωπίσει την διείσδυση της θάλασσας. Επίσης, άλλοι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην Κύπρο για την πραγματοποίηση του τεχνητού εμπλουτισμού είναι τα εμπλουτιστικά φράγματα και οι δεξαμενές δίπλα σε κοίτη, που αποκόπτουν την ροή του νερού στην θάλασσα ώστε να συμβάλουν στον εμπλουτισμό υδροφορέων ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

### 6.2.3 Αφαλάτωση θαλασσινού νερού

Η δημιουργία μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού ήταν σωτήρια λύση τα τελευταία χρόνια λόγω της παρατεταμένης έλλειψης βροχοπτώσεων στο νησί, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες πόσιμου νερού σε μεγάλα αστικά και τουριστικά κέντρα. Σήμερα στη Κύπρο λειτουργούν τέσσερις μονάδες αφαλάτωσης, στη Δεκέλεια, στην Επισκοπή Λεμεσού, στο Βασιλικό και στη Λάρνακα, ενώ μέχρι το τέλος του 2019 προβλέπεται η έναρξη λειτουργίας μιας μονάδας αφαλάτωσης και στην Πάφο. Σκοπός τους είναι να παροχετεύεται από αυτά νερό σε μεγάλα κέντρα ανεξάρτητα από την συχνότητα βροχοπτώσεων ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

Οι μονάδες αφαλάτωσης που βρίσκονται σε λειτουργία έχουν δυναμικότητα 220.000 m<sup>3</sup>/day. Συγκεκριμένα, η μονάδα αφαλάτωσης Δεκέλειας λειτουργεί από το 1997 με δυναμικότητα 40.000 m<sup>3</sup>/day και από το 2009 η δυναμικότητα αυξήθηκε στα 60.000 m<sup>3</sup>/day καλύπτοντας τις υδρευτικές ανάγκες της ελεύθερης Αμμοχώστου και ορισμένες ανάγκες της Λάρνακας. Η μονάδα Λεμεσού μπήκε σε λειτουργία το 2012 και έχει ίδια δυναμικότητα με την αρχική της Δεκέλειας ενώ μελλοντικά προβλέπεται να επεκταθεί και αυτή στα 60.000 m<sup>3</sup>/day καλύπτοντας μέρος των υδρευτικών αναγκών της επαρχίας Λεμεσού. Η μονάδα αφαλάτωσης Βασιλικού λειτουργεί από το 2013 με δυναμικότητα 60.000 m<sup>3</sup>/day και καλύπτει υδρευτικές ανάγκες σε κοινότητες της Λεμεσού, καθώς επίσης, τροφοδοτεί τον αγωγό Χοιροκοιτίας – Αμμοχώστου μέσω διυλιστηρίου. Η μονάδα της Λάρνακας λειτουργεί από το 2001 με δυναμικότητα 50.000

m<sup>3</sup>/day, η οποία έφτασε τα 60.000 m<sup>3</sup>/day από το 2009 και καλύπτει τις ανάγκες της Λευκωσίας και της Λάρνακας. Τέλος, η μονάδα αφαλάτωσης που πρόκειται να λειτουργήσει σύντομα στην Πάφο προβλέπεται να έχει δυναμικότητα 15.000 m<sup>3</sup>/day που είναι σημαντικό για την κάλυψη ορισμένων αναγκών της πόλης, κυρίως τουριστικών και παραθεριστικών αλλά και αρδευτικών ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)).

Οι τομείς που χρειάζονται πόσιμο νερό από τις μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού είναι αρκετοί εξαιτίας της συνεχούς ανομβρίας στο νησί, για αυτό οι υπάρχουσες μονάδες αφαλάτωσης δεν μπορούν να ικανοποιήσουν και το πόσιμο νερό που πηγαίνει σε σπίτια, κέντρα κλπ. αλλά και όλες τις υπάρχουσες εξωτερικές ανάγκες. Για το λόγο αυτό γίνονται αιτήματα για την δημιουργία ιδιωτικών μονάδων αφαλάτωσης κυρίως από ξενοδόχους εφόσον οι τουριστικές ανάγκες είναι αυξημένες τα τελευταία χρόνια και τα ξενοδοχεία περιλαμβάνουν κήπους, γήπεδα γκολφ, πισίνες, spa και άλλες υπηρεσίες που απαιτούν καθαρό νερό.

Για τη διάθεση του πόσιμου νερού είναι απαραίτητη η ορθή λειτουργία κάθε μονάδας αφαλάτωσης θαλασσινού νερού. Οι μονάδες αποτελούνται από τους υποθαλάσσιους αγωγούς μεταφοράς θαλασσινού νερού και απόρριψης της άλμης που βρίσκονται στα 500 – 1000 μέτρα από την ακτή, το αντλιοστάσιο θαλασσινού νερού στην παραλία, τους χερσαίους αγωγούς μεταφοράς θαλασσινού νερού και απόρριψης της άλμης, το εργοστάσιο αφαλάτωσης και τέλος από το αντλιοστάσιο και τους αγωγούς μεταφοράς αφαλατωμένου νερού στις δεξαμενές του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων. Το εργοστάσιο αφαλάτωσης περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)):

- Μονάδα προ-επεξεργασίας: Στοχεύει στην απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών, την ελαχιστοποίηση της βιο-ρύπανσης και στη προστασία των μεμβρανών. Επιπλέον, επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση της ροής του προϊόντος και του κόστους λειτουργίας.
- Μονάδα αντίστροφης όσμωσης: Αποτελείται από συστοιχίες μεμβρανών και από αντλίες υψηλής και χαμηλής πίεσης. Από την μπροστινή πλευρά των μεμβρανών το παραγόμενο προϊόν περιέχει χαμηλότερη αλατότητα και ρέει προς την δεξαμενή πόσιμου νερού μέσω των αντιδραστήρων ασβεστόλιθου. Από την πίσω πλευρά των μεμβρανών το παραγόμενο προϊόν περιέχει υψηλότερη αλατότητα και ρέει προς την μονάδα μείωσης συγκέντρωσης βορίου για εκτενέστερη επεξεργασία και απομάκρυνση του βορίου από το νερό.
- Μονάδα μείωσης συγκέντρωσης βορίου: Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Υγείας η συγκέντρωση βορίου στο πόσιμο νερό πρέπει να φτάνει μέχρι 0,5 ppm. Η μονάδα αυτή αποτελείται από συστοιχίες μεμβρανών και αντλίες χαμηλής πίεσης, όπου μετά από την επεξεργασία αυτή το νερό ρέει απευθείας σε δεξαμενή πόσιμου νερού.
- Μονάδα επεξεργασίας τελικού προϊόντος: Αποτελείται από δοσομετρικές αντλίες και από αντιδραστήρες ασβεστόλιθου. Από την μπροστινή πλευρά των μεμβρανών της μονάδας αντίστροφης όσμωσης το παραγόμενο προϊόν ρέει στην μονάδα επεξεργασίας τελικού προϊόντος όπου γίνεται επεξεργασία για την επίτευξη των τελικών προδιαγραφών του προϊόντος που απαιτούνται. Το τελικό αυτό προϊόν ρέει προς τη δεξαμενή πόσιμου νερού.

#### 6.2.4 Προσφορά και ζήτηση νερού στο νησί από τα υδατικά έργα

Στη Κύπρο η ζήτηση νερού είναι μεγάλη και απαιτείται για λόγους ύδρευσης, τουρισμού και άρδευσης. Επίσης, είναι απαραίτητο στις βιομηχανίες και το περιβάλλον. Το νερό για την κάλυψη των αναγκών αυτών προσφέρεται από τα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα καθώς και από τις αφαλατώσεις θαλασσινού νερού και το ανακυκλωμένο νερό από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Στον πίνακα 6.5 παρουσιάζονται ο μέσος όρος σε εκατομμύρια κυβικά μέτρα των χρήσεων και των αναγκών νερού του νησιού για το έτος 2018 (Τόφα – Χριστίδου, 2018).

Πίνακας 6.5: Χρήσεις και ανάγκες νερού στην Κύπρο ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy), Τόφα – Χριστίδου 2018)

| Χρήσεις                               | Μέσος όρος εκατομμύρια m <sup>3</sup> /year |
|---------------------------------------|---|
| Εισροές σε φράγματα (επιφανειακά)     | 80  |
| Εμπλουτισμός υπογείων υδάτων          | 140   |
| Δυναμικότητα αφαλατώσεων              | 70  |
| Ανακυκλωμένο νερό                     | 20  |
| <b>Συνολικές διαθέσιμες ποσότητες</b> | <b>310</b>                                  |
| Ανάγκες ύδρευσης                      | 80 – 90                                     |
| Ανάγκες άρδευσης                      | 170 – 190                                   |
| Ανάγκες περιβάλλοντος                 | 20  |
| <b>Συνολικές ανάγκες</b>              | <b>270 – 300</b>                            |

#### 6.3 Επαναχρησιμοποίηση νερού από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων

Οποιαδήποτε μέθοδος μπορεί να συμβάλει στην εξοικονόμηση πόσιμου νερού και στην αποθήκευση του π.χ. σε φράγματα, είναι απαραίτητη για το νησί λόγω των μεγάλων αναγκών σε γεωργικές και κτηνοτροφικές χρήσεις. Ειδικότερα σε ένα μέρος σαν τη Κύπρο που η ξηρασία είναι σύνηθες φαινόμενο τα λύματα θεωρούνται περισσότερο πολύτιμα παρά απόβλητα. Η συλλογή και η επεξεργασία των λυμάτων πέρα από την ανακύκλωση του νερού που είναι βασικός λόγος για την ύπαρξη της διαδικασίας αυτής, χρησιμεύει και στην προστασία του περιβάλλοντος με την εξάλειψη της ρύπανσης των υπόγειων νερών και των θαλασσών που κατέληγαν τα λύματα. Έτσι για την κάλυψη των αναγκών του νερού, η ανακύκλωση λυμάτων θεωρείται τα τελευταία χρόνια μια αρκετά βιώσιμη λύση.

Σήμερα στο νησί λειτουργούν 8 μεγάλες Ε.Ε.Λ., 6 σταθμοί σε αγροτικούς οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 2000 και αντίστοιχα 6 με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο από 2000. Επίσης, οι σταθμοί σε οικισμούς αυτοστέγασης είναι 3, όσοι είναι και οι σταθμοί των νοσοκομείων και υπάρχουν 9 σταθμοί σε στρατόπεδα ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)). Η δυναμικότητα της κάθε κατηγορίας αλλά και η συνολική εμφανίζεται στον πίνακα 6.6.

Πίνακας 6.6: Αριθμός ΕΕΛ και δυναμικότητα ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy), Τόφα – Χριστίδου 2018)

| Κατηγορίες                        | Αριθμός Σταθμών | Δυναμικότητα (m <sup>3</sup> /day) |
|-----------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Αστικοί Σταθμοί (>2000 ι.π.)      | 8               | 165,700                            |
| Αγροτικοί (>2000 ι.π.)            | 6               | 2,101                              |
| Αγροτικοί (<2000 ι.π.)            | 6               | 574                                |
| Σταθμοί σε οικισμούς αυτοστέγασης | 3               | 560                                |
| Σταθμοί νοσοκομείων               | 3               | 1,280                              |
| Σταθμοί στρατοπέδων               | 9               | 684                                |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                     | <b>35</b>       | <b>170,899</b>                     |

Σύμφωνα με το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων, η Κύπρος το καλοκαίρι του 2016 υπέβαλε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή ένα κατάλογο που αποτελείται από 7 αστικούς και 50 αγροτικούς οικισμούς που έχουν ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 2000, στους οποίους υποχρεούται να εγκαταστήσει αποχετευτικά δίκτυα και σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων. Από τους 57 οικισμούς, οι 36 ολοκλήρωσαν τα έργα και πλέον ανακτούν σημαντικές ποσότητες ανακυκλωμένου νερού που επαναχρησιμοποιείται με βάση τις Άδειες Απόρριψης Αποβλήτων. Επίσης, ορισμένοι οικισμοί με ισοδύναμο πληθυσμό κάτω από 2000, τα νοσοκομεία και τα στρατόπεδα διαθέτουν ξεχωριστές μονάδες επεξεργασίας λυμάτων για την ανάκτηση ανακυκλωμένου νερού, που απορρίπτονται σύμφωνα με τις Άδειες Απόρριψης Αποβλήτων και το Διάταγμα Κ.Δ.Π. 379/2015.

#### 6.3.1 Περιγραφή επεξεργασίας αποβλήτων και ανάκτησης νερού από τις Ε.Ε.Λ. της Κύπρου

Για την ασφαλή επαναχρησιμοποίηση νερού, αποφεύγοντας οποιεσδήποτε δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, η ορθή επεξεργασία των αποβλήτων και ο έλεγχος της ποιότητας ανακτώμενου νερού πριν την διάθεσή του είναι οι βασικότερες πράξεις. Η τεχνολογία ανάκτησης νερού που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε σταθμό ορίζεται από τον ανάδοχο υλοποίησης του έργου με τις προϋποθέσεις ότι, η μέθοδος θα ικανοποιεί τα τελικά χαρακτηριστικά απόρριψης του ανακτώμενου υγρού, που ορίζει το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων σύμφωνα με την νομοθεσία, καθώς και ότι η μέθοδος έχει ελεγχθεί και λειτουργεί επιτυχώς τουλάχιστον για τα πέντε προηγούμενα χρόνια. Σύμφωνα με τις προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν, στην Κύπρο κάθε Ε.Ε.Λ. μπορεί να ανακτήσει το επαναχρησιμοποιούμενο νερό κυρίως με δύο τρόπους, είτε με την μέθοδο ενεργού ιλύος είτε με μεμβράνες. Και στις δύο περιπτώσεις παράγεται τριτοβάθμια επεξεργασμένο υγρό που μπορεί να δοθεί για επαναχρησιμοποίηση, (Παπαϊωάννου, Τ.Α.Υ).

Οι Ε.Ε.Λ. που υπάρχουν στην Κύπρο λειτουργούν με καθορισμένες μεθόδους, δέχονται συγκεκριμένο αριθμό λυμάτων και παράγουν συγκεκριμένες ποσότητες επαναχρησιμοποιημένου νερού:



#### 6.3.1.1 Λευκωσία

Το Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λευκωσίας εξυπηρετείται από τρία Εργοστάσια Επεξεργασίας Λυμάτων. Το ένα βρίσκεται στην κατεχόμενη Μια Μηλιά, το οποίο είναι υπό τον έλεγχο των Τουρκικών στρατευμάτων κατοχής, το δεύτερο στην Ανθούπολη και το τρίτο στη Βαθειά Γωνιά ([www.sbn.org.cy](http://www.sbn.org.cy)):

- Εργοστάσιο Επεξεργασίας Λυμάτων Μιας Μηλιάς:

Το Εργοστάσιο Επεξεργασίας Λυμάτων Μιας Μηλιάς, δεν είναι κάτω από τον έλεγχο του Συμβουλίου ή και της Κυπριακής Δημοκρατίας αλλά υπό τον έλεγχο των Τουρκικών Στρατευμάτων κατοχής. Λειτουργήσε στις αρχές του 2013, έχει δυναμικότητα λυμάτων 30.000 m<sup>3</sup>/day και περιλαμβάνει σύστημα τριτοβάθμιας επεξεργασίας με τη χρήση της τεχνολογίας των μεμβρανών. Εξυπηρετεί τμήμα της ελεύθερης και της κατεχόμενης περιοχής της Λευκωσίας.

- Εργοστάσιο Επεξεργασίας Λυμάτων Ανθούπολης:

Το Εργοστάσιο Επεξεργασίας Λυμάτων Ανθούπολης, λειτουργήσε στις αρχές του 2008, έχει δυναμικότητα λυμάτων 13.000 m<sup>3</sup>/day και περιλαμβάνει σύστημα τριτοβάθμιας επεξεργασίας με τη χρήση της τεχνολογίας των μεμβρανών. Εξυπηρετεί επαρχίες της Λευκωσίας, ενώ μελλοντικά αναμένεται να δέχεται λύματα και από κάποιες από τις Κοινότητες που εντάχθηκαν στα όρια του Συμβουλίου Αποχετεύσεων Λευκωσίας με το πρόγραμμα εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

- Εργοστάσιο Επεξεργασίας Λυμάτων Βαθειάς Γωνιάς:

Το Εργοστάσιο Επεξεργασίας Λυμάτων Βαθειάς Γωνιάς το οποίο λειτουργήσε στις αρχές του 2010 έχει δυναμικότητα λυμάτων 22.000 m<sup>3</sup>/day και περιλαμβάνει σύστημα τριτοβάθμιας επεξεργασίας με τη χρήση της τεχνολογίας των μεμβρανών. Εξυπηρετεί επαρχίες της Λευκωσίας, ενώ μελλοντικά αναμένεται να δέχεται λύματα και από κάποιες από τις Κοινότητες που εντάχθηκαν στα όρια του Συμβουλίου Αποχετεύσεων Λευκωσίας με το πρόγραμμα εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Οι τρεις Ε.Ε.Λ. ανακτούν νερό μέσω της τεχνολογίας μεμβρανών ως εξής ([www.lsd.org.cy](http://www.lsd.org.cy)):

- Στάδιο προεπεξεργασίας:

Γίνεται σε κλειστό υπόστεγο όπου ο αέρας κλειστού χώρου εξαερίζεται μέσα από βιολογικό φίλτρο απόσμησης για την απομάκρυνση αέριων ρύπων. Επίσης, λειτουργούν τρεις συμπαγείς μεταλλικές περικλειστές και εξαεριζόμενες μονάδες απομάκρυνσης των στερεών με περιστρεφόμενα κόσκινα που εκπλένονται αυτόματα. Υπάρχει δεξαμενή εξάμωσης και μηχανισμός απομάκρυνσης λίπους.

- Στάδιο βιολογικής επεξεργασίας:

Τα προεπεξεργασμένα λύματα διοχετεύονται στο στάδιο αυτό που αποτελείται από ανοξικές δεξαμενές απονιτροποίησης, αναερόβιες δεξαμενές βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου και αερόβιες δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας. Στην είσοδο της βιολογικής επεξεργασίας υπάρχει σύστημα δοσομετρίας διαλύματος τριχλωριούχου σιδήρου για χημική απομάκρυνση του φωσφόρου και σύστημα δοσομετρίας χημικής πηγής άνθρακα για βελτίωση της απονιτροποίησης.

➤ Στάδιο μεμβρανών:

Τα λύματα από το προηγούμενο στάδιο διοχετεύονται σε αεριζόμενες δεξαμενές, όπου η κάθε μία έχει τρεις συμπαγείς μονάδες μεμβρανών, στις οποίες το επεξεργασμένο λύμα διαχωρίζεται από τη βιολογική λάσπη και παράγεται το επεξεργασμένο ρεύμα. Η βιολογική λάσπη υπερχειλίζει σε κανάλι με αντλίες και επιστρέφει στις δεξαμενές αερισμού και στις δεξαμενές απονιτροποίησης.

➤ Στάδιο χλωρίωσης και διάθεσης του επεξεργασμένου νερού:

Το παραγόμενο επεξεργασμένο λύμα οδηγείται στην δεξαμενή χλωρίωσης και μετά την απολύμανση του στους τελικούς χρήστες. Εναλλακτικά, πηγαίνει στις δεξαμενές αποθήκευσης επεξεργασμένων λυμάτων από όπου αντλείται προς τα φίλτρα άμμου, έπειτα οδηγείται ξανά στη δεξαμενή χλωρίωσης και με το αντλιοστάσιο στους τελικούς χρήστες που χρησιμοποιούν το νερό για άρδευση καλλιέργειών, δημόσιων κήπων κλπ. Διαχειριστής του ανακυκλωμένου νερού είναι το Τ.Α.Υ.

Ποσότητα εισροής λυμάτων και εκροής ανακτημένου νερού ([www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)):

Η ποσότητα λυμάτων που δέχονται τα 2 εργοστάσια που βρίσκονται υπό τον έλεγχο της Κυπριακής Δημοκρατίας, στο Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λευκωσίας είναι 12.725.000 m<sup>3</sup>/year και μετά από τριτοβάθμια επεξεργασία ανακτήθηκαν περίπου για το 2018, 4.800.000 m<sup>3</sup>/year νερού.

#### 6.3.1.2 Λάρνακα

Η Ε.Ε.Λ. στην Λάρνακα χρησιμοποιεί σύστημα τριτοβάθμιας επεξεργασίας με τη χρήση της τεχνολογίας των μεμβρανών, όπως ακριβώς γίνεται στη Λευκωσία. Η μέθοδος επεξεργασίας αποτελεί τα στάδια που προαναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 6.3.1.1 για τους σταθμούς της Λευκωσίας. Δηλαδή, το στάδιο προεπεξεργασίας των εισερχόμενων αστικών λυμάτων, το στάδιο βιολογικής επεξεργασίας, το στάδιο μεμβρανών και τέλος το στάδιο χλωρίωσης και διάθεσης του επεξεργασμένου νερού ([www.lsd.org.cy](http://www.lsd.org.cy)).

Ποσότητα εισροής λυμάτων και εκροής ανακτημένου νερού ([www.lsd.org.cy](http://www.lsd.org.cy)):

Τα λύματα που δέχεται η Ε.Ε.Λ. στη Λάρνακα είναι 6.570.000 m<sup>3</sup>/year και μετά από τριτοβάθμια επεξεργασία το ανακυκλωμένο νερό που παράγει είναι 2.500.000 m<sup>3</sup>/year. Η διαχείριση του ανακυκλωμένου νερού γίνεται από το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων. Ενδεικτικά το 70% της ποσότητας διατίθεται σε γεωργούς για την καλλιέργεια κτηνοτροφικών φυτών ενώ το 30% διατίθεται για την άρδευση κήπων και χορτοτάπητα σε γήπεδα και αλλού.

#### 6.3.1.3 Λεμεσός

Η Ε.Ε.Λ. στη Λεμεσό επεξεργάζεται τα λύματα με βιολογική μέθοδο. Στο σταθμό η επεξεργασία επιτυγχάνεται με μικροοργανισμούς οι οποίοι αναπαράγονται σε ειδικές δεξαμενές αερισμού (μέθοδος ενεργούς ιλύος). Αρχικά γίνεται πρωτοβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση ογκώδη και βαριών στερεών και έπειτα πρωτοβάθμια καθίζηση όπου επιτυγχάνεται η μείωση οργανικού φορτίου (20 – 40%) και



αιωρούμενων στερεών (40 – 60%). Ακολουθεί βιολογική επεξεργασία που περιλαμβάνει δεξαμενές αερισμού και δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης. Η βιολογική επεξεργασία γίνεται για απομάκρυνση αζώτου μέσω νιτροποίησης και απονιτροποίησης, οργανικής ύλης και μέρους του φωσφόρου. Στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης το νερό οδηγείται σε τριτοβάθμια επεξεργασία ενώ μεγάλο μέρος της ιλύς που καθιζάνει επιστρέφει στις δεξαμενές αερισμού για να λειτουργεί αποτελεσματικά η βιολογική διαδικασία. Στην τριτοβάθμια επεξεργασία τα απόβλητα διέρχονται από στρώματα άμμου και χαλικιών για την παγίδευση αιωρούμενων στερεών που μπορεί να έχουν απομείνει. Τέλος, τα επεξεργασμένα λύματα περνούν από δεξαμενή χλωρίωσης για απολύμανση και έπειτα διατίθενται στις δεξαμενές του Τ.Α.Υ. Συνεπώς, η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων που διενεργείται στο σταθμό, είναι τριτοβάθμιου βαθμού. Το παραγόμενο ανακυκλωμένο νερό είναι άριστης ποιότητας, κατάλληλο για άρδευση και όπως προνοείται συνάδει πλήρως με την Άδεια Απόρριψης του Τμήματος Περιβάλλοντος Αρ. 68/2012 ([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy)).

Στην Λεμεσό τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί και λειτουργεί ένα ενεργειακά αυτόνομο σύστημα μεμβρανών για την προχωρημένη επεξεργασία λυμάτων, την επαναχρησιμοποίηση τους σε διάφορους σκοπούς και έπειτα την εξοικονόμηση υδατικών πόρων του νησιού. Λειτουργεί ακριβώς όπως το στάδιο μεμβρανών σε Λευκωσία και Λάρνακα και βρίσκεται μετά από το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας που γίνεται απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου.

Ποσότητα εισροής λυμάτων και εκροής ανακτημένου νερού ([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy)):

Τα λύματα που μπορεί να δεχτεί η Ε.Ε.Λ. στη Λεμεσό είναι 14.600.000 m<sup>3</sup>/year. Στον πίνακα 6.7 φαίνονται για το Σταθμό Επεξεργασίας Λυμάτων της Μονής Λεμεσού, η συνολική ετήσια και μηνιαία ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων και ανακυκλωμένου νερού για το έτος 2018. Παρατηρείται ότι η ποσότητα εισερχόμενων λυμάτων ήταν 9.376.990 m<sup>3</sup>/year και η ποσότητα επεξεργασμένων λυμάτων 9.187.840 m<sup>3</sup>/year.

Πίνακας 6.7: Ποσότητα εισερχόμενων και επεξεργασμένων λυμάτων για το έτος 2018 ([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy))

| A/A<br>(S/N) | Περίοδος (Period)       | Ποσότητα εισερχόμενων<br>λυμάτων (Quantity of<br>incoming sewage)<br>(m <sup>3</sup> ) | Ποσότητα επεξεργασμένων<br>λυμάτων (Quantity of treated<br>sewage)<br>(m <sup>3</sup> ) |
|--------------|-------------------------|--|---|
| 1            | Ιανουάριος (January)    | 775.670  | 737.500   |
| 2            | Φεβρουάριος (February)  | 693.060  | 617.290   |
| 3            | Μάρτιος (March)         | 762.380  | 748.140   |
| 4            | Απρίλιος (April)        | 730.150  | 723.450   |
| 5            | Μάιος (May)             | 796.800  | 789.420   |
| 6            | Ιούνιος (June)          | 803.500  | 793.400   |
| 7            | Ιούλιος (July)          | 824.510  | 821.640   |
| 8            | Αυγούστος (August)      | 802.850  | 802.700   |
| 9            | Σεπτέμβριος (September) | 795.960  | 788.480   |
| 10           | Οκτώβριος (October)     | 814.720  | 803.870   |
| 11           | Νοέμβριος (November)    | 749.160  | 739.010   |
| 12           | Δεκέμβριος (December)   | 828.230  | 822.940   |
|              | Σύνολο (Total)          | 9.376.990  | 9.187.840   |

#### 6.3.1.4 Πάφος

Η Ε.Ε.Λ. στη Πάφο επεξεργάζεται τα λύματα με τον ακριβώς ίδιο τρόπο που γίνεται η επεξεργασία στην Λεμεσό. Δηλαδή χρησιμοποιείται η μέθοδος ενεργού ιλύς, όπως αναφέρεται στο υποκεφάλαιο 6.3.1.3. Γίνεται απομάκρυνση φωσφόρου, αζώτου και παρατεταμένος αερισμός. Ακολουθεί τριτοβάθμια επεξεργασία με αμμόφιλτρα και χλωρίωση, ώστε να διατεθεί το νερό για χρήση ([www.sapa.org.cy](http://www.sapa.org.cy)).

Ποσότητα εισροής λυμάτων και εκροής ανακτημένου νερού ([www.sapa.org.cy](http://www.sapa.org.cy), [www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)):

Τα λύματα που δέχεται η Ε.Ε.Λ. στη Πάφο είναι 6.570.000 m<sup>3</sup>/year και μετά από τριτοβάθμια επεξεργασία το ανακυκλωμένο νερό που παράχθηκε το 2018 έφτασε τα 4.616.016 m<sup>3</sup>/year και αξιοποιήθηκε στο 100%.

#### 6.3.1.5 Αγία Νάπα – Παραλίμνι

Η Ε.Ε.Λ. στο Παραλίμνι επεξεργάζεται τα λύματα με τον ακριβώς ίδιο τρόπο που γίνεται η επεξεργασία στην Λεμεσό. Δηλαδή χρησιμοποιείται η μέθοδος ενεργού ιλύς, όπως αναφέρεται στο υποκεφάλαιο 6.3.1.3. Γίνεται απομάκρυνση φωσφόρου, αζώτου και παρατεταμένος αερισμός. Ακολουθεί τριτοβάθμια επεξεργασία με αμμόφιλτρα και χλωρίωση, ώστε να διατεθεί το νερό για χρήση ([www.psb.org.cy](http://www.psb.org.cy)).

Ποσότητα εισροής λυμάτων και εκροής ανακτημένου νερού ([www.psb.org.cy](http://www.psb.org.cy)):

Τα λύματα που δέχτηκε η Ε.Ε.Λ. στο Παραλίμνι το 2018 ήταν 4.200.000 m<sup>3</sup>/year και μετά από τριτοβάθμια επεξεργασία το ανακυκλωμένο νερό που παράχθηκε ήταν 3.400.000 m<sup>3</sup>/year.

Για κάθε Ε.Ε.Λ το κόστος παραγωγής και η τιμή πώλησης του ανακτώμενου νερού είναι:

- Κόστος παραγωγής:

Το κόστος παραγωγής σε κάθε Ε.Ε.Λ. η οποία βρίσκεται κάτω από τον έλεγχο της Κυπριακής Δημοκρατίας, κυμαίνεται μεταξύ €0,25 – 0,30/m<sup>3</sup>, συμπεριλαμβανομένου και του τριτοβάθμιου νερού.

- Τιμή πώλησης:

Στον πίνακα 6.8 παρουσιάζεται σύμφωνα με την απόφαση του Υπουργικού Συμβουλίου 17/12/2003, η τιμή πώλησης του ανακυκλωμένου νερού στην ελεύθερη Κύπρο.

Πίνακας 6.8: Τιμή πώλησης του ανακυκλωμένου νερού ([www.psb.org.cy](http://www.psb.org.cy))

|                             |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| Για γεωργική χρήση          | €0,07/m <sup>3</sup> |
| Για άρδευση χώρων πρασίνου  | €0,15/m <sup>3</sup> |
| Γήπεδα γκολφ και βιομηχανία | €0,34/m <sup>3</sup> |

### 6.3.2 Ποιοτικός έλεγχος λυμάτων

Κάθε Συμβούλιο Αποχετεύσεων της Κύπρου χρησιμοποιεί τις μεθόδους αναλύσεων που παρουσιάζονται στον πίνακα 6.9, σύμφωνα με το παράρτημα του Πιστοποιητικού Διαπίστευσης με αριθμό L065 από την Αμερικάνικη Ένωση Δημόσιας Υγείας. Επίσης, στον πίνακα 6.10 φαίνεται η μέση τιμή των μηνιαίων αποτελεσμάτων των ποιοτικών αναλύσεων για το έτος 2018, στην είσοδο του Σταθμού Επεξεργασίας Λυμάτων Σ.Α.Λ.Α. δηλαδή στα ανεπεξέργαστα λύματα και στον πίνακα 6.11 οι ποιοτικές αναλύσεις του ανακυκλωμένου νερού για το έτος 2018, μαζί με τα όρια της Άδειας Απόρριψης. Στις δύο εικόνες ως παράδειγμα για ένα από τους σταθμούς του νησιού παρατηρείται ότι τηρούνται ορθά τα νομοθετικά όρια με πιθανές μικρές αποκλίσεις και συνεπώς η επεξεργασία των αποβλήτων.

Πίνακας 6.9: Μέθοδοι αναλύσεων για την ποιότητα των αποβλήτων  
([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy))

| Υλικά / Προϊόντα | Τύπος δοκιμής / Μετρήσιμες ιδιότητες                 | Μέθοδοι / Τεχνικές                        |
|------------------|--|---|
| Απόβλητα         | Προσδιορισμός του Ολικού Αζώτου (TN)                 | Με βάση τη μέθοδο CYS EN ISO 11905-1:1998 |
|                  | Προσδιορισμός του Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (COD) | Με βάση τη μέθοδο CYS EN ISO 15705:2002   |
|                  | Προσδιορισμός του Ολικού Φωσφόρου (TP)               | Με βάση τη μέθοδο APHA 4500-PE            |
|                  | Προσδιορισμός της τιμής του pH                       | APHA 4500-HB                              |
|                  | Προσδιορισμός της αγωγιμότητας                       | APHA 2510B                                |
|                  | Προσδιορισμός των Ολικών Αιωρούμενων Στερεών (TSS)   | APHA 2540D                                |

Πίνακας 6.10: Ποιοτικά αποτελέσματα αναλύσεων στην είσοδο του Σταθμού Επεξεργασίας Λυμάτων στη Μονή για το 2018 ([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy))

| ΜΗΝΑΣ<br>(MONTH)                                      | Βιοχημικά<br>Απαιτούμενο<br>Οξυγόνο<br>(Biochemical<br>Oxygen<br>Demand)<br>(BOD <sub>5</sub> ) | Χημικά<br>Απαιτούμενο<br>Οξυγόνο<br>(Chemical<br>Oxygen<br>Demand)<br>(COD) | Αιωρούμενα<br>Στερεά<br>(Suspended<br>Solids)<br>(SS) | Ολικό<br>Άζωτο<br>(Total<br>Nitrogen)<br>(Tot-N) | Ολικός<br>Φωσφόρος<br>(Total<br>Phosphorous)<br>(Tot-P) | Χλωριούχα<br>(Chlorides)<br>(Cl) | Ηλεκτρική<br>Αγωγιμότητα<br>(Electrical<br>Conductivity)<br>(EC) | Λίπη και Έλαια<br>(Fat Oil &<br>Grease)<br>(FOG) | Ψευδάργυρος<br>(Zinc)<br>(Zn) | Χαλκός<br>(Copper)<br>(Cu) | Μόλυβδος<br>(Lead)<br>(Pb) | Κάδμιο<br>(Cadmium)<br>(Cd) | Υδράργυρος<br>(Mercury)<br>(Hg) | Χρώμιο<br>(Chromium)<br>(Cr) | Νικέλιο<br>(Nickel)<br>(Ni) | Βόριο<br>(Boron)<br>(B) | pH   |
|---|---|---|---|--|---|----------------------------------|--|--|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------|
|   | mg/l  | mg/l  | mg/l  | mg/l   | mg/l  | mg/l                             | μS/cm  | mg/l   | mg/l                          | mg/l                       | mg/l                       | mg/l                        | mg/l                            | mg/l                         | mg/l                        | mg/l                    | -    |
| ΙΑΝ (JAN)   | 412   | 1031  | 540   | 87,30  | 13,07   | 293                              | 1917   | 41   | 0,0970                        | 0,0247                     | 0,0012                     | 0,0025                      | 0,0008                          | 0,0048                       | 0,0066                      | 0,57                    | 7,65 |
| ΦΕΒ (FEB)   | 530   | 1135  | 648   | 93,57  | 13,16   | 256                              | 1848   | 41   | 0,1190                        | 0,0870                     | 0,0013                     | 0,0003                      | 0,0008                          | 0,0090                       | 0,0087                      | 0,51                    | 7,62 |
| ΜΑΡ (MAR)   | 540   | 1103  | 638   | 90,87  | 13,27   | 286                              | 1942   | 40   | 0,0338                        | 0,0630                     | 0,0013                     | 0,0003                      | 0,0008                          | 0,0036                       | 0,0072                      | 0,50                    | 7,61 |
| ΑΠΡ (APR)   | 493   | 1037  | 575   | 91,30  | 13,14   | 274                              | 1910   | 56   | 0,0190                        | 0,0736                     | 0,0013                     | 0,0003                      | 0,0008                          | 0,0025                       | 0,0044                      | 0,43                    | 7,67 |
| ΜΑΗΣ (MAY)  | 443   | 1034  | 562   | 83,84  | 12,78   | 284                              | 1957   | 53   | 0,0483                        | 0,0870                     | 0,0013                     | 0,0025                      | 0,0008                          | 0,0025                       | 0,0061                      | 0,54                    | 7,67 |
| ΙΟΥΝ (JUN)  | 450   | 1038  | 568   | 83,84  | 11,65   | 297                              | 2031   | 52   | 0,0251                        | 0,0950                     | 0,0013                     | 0,0003                      | 0,0008                          | 0,0046                       | 0,0094                      | 0,49                    | 7,74 |
| ΙΟΥΛ (JUL)  | 405   | 1103  | 635   | 77,64  | 12,22   | 325                              | 2055   | 90   | 0,0176                        | 0,0082                     | 0,0013                     | 0,0003                      | 0,0008                          | 0,0013                       | 0,0040                      | 0,50                    | 7,76 |
| ΑΥΓ (AUG)   | 341   | 939   | 467   | 71,57  | 11,46   | 326                              | 2020   | 50   | 0,1370                        | 0,0452                     | 0,0008                     | 0,0025                      | 0,0008                          | 0,0103                       | 0,0171                      | 0,56                    | 7,76 |
| ΣΕΠ (SEP)   | 446   | 1122  | 644   | 77,35  | 12,31   | 330                              | 2073   | 70   | 0,0479                        | 0,0131                     | 0,0008                     | 0,0008                      | 0,0008                          | 0,0027                       | 0,0106                      | 0,44                    | 7,77 |
| ΟΚΤ (OCT)   | 480   | 927   | 492   | 79,82  | 11,87   | 312                              | 2085   | 63   | 0,0479                        | 0,0131                     | 0,0007                     | 0,0007                      | 0,0007                          | 0,0027                       | 0,0106                      | 0,46                    | 7,78 |
| ΝΟΕ (NOV)   | 464   | 873   | 423   | 78,74  | 10,24   | 345                              | 2007   | 74   | 0,0211                        | 0,0103                     | 0,0008                     | 0,0008                      | 0,0008                          | 0,0059                       | 0,0055                      | 0,46                    | 7,75 |
| ΔΕΚ (DEC)   | 391   | 876   | 458   | 79,71  | 10,26   | 277                              | 1631   | 55   | 0,0898                        | 0,0960                     | 0,0007                     | 0,0007                      | 0,0007                          | 0,0028                       | 0,0459                      | 0,50                    | 7,61 |
| ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ<br>ΤΙΜΗ<br>(YEARLY<br>AVERAGE<br>RESULTS) | 450   | 1018  | 554   | 82,96  | 12,12   | 300                              | 1956   | 57   | 0,0586                        | 0,0514                     | 0,0011                     | 0,0010                      | 0,0008                          | 0,0044                       | 0,0113                      | 0,50                    | 7,70 |

Πίνακας 6.11: Ποιοτικά αποτελέσματα αναλύσεων στην είσοδο του Σταθμού Επεξεργασίας Λυμάτων στη Μονή για το 2018 ([www.sbla.com.cy](http://www.sbla.com.cy))

| ΜΗΝΑΣ<br>(MONTH)   | Βιοχημικό<br>Απαιτούμενο<br>Οξυγόνο<br>(Biochemical<br>Oxygen<br>Demand)<br>(BOD <sub>5</sub> ) | Χημικό<br>Απαιτούμενο<br>Οξυγόνο<br>(Chemical<br>Oxygen<br>Demand)<br>(COD) | Αιωρούμενα<br>Στερεά<br>(Suspended<br>Solids)<br>(SS) | Ολικό<br>Αζώτο<br>(Total<br>Nitrogen)<br>(Tot-N) | Ολικός<br>Φωσφόρος<br>(Total<br>Phosphorous)<br>(Tot-P) | Χλωριούχα<br>(Chlorides)<br>(Cl) | Ηλεκτρική<br>Αγωγιμότητα<br>(Electrical<br>Conductivity)<br>(EC) | Λίπη και Έλαια<br>(Fat Oil &<br>Grease)<br>(FOG) | Ψευδάργυρος<br>(Zinc)<br>(Zn) | Χαλκός<br>(Copper)<br>(Cu) | Μόλυβδος<br>(Lead)<br>(Pb) | Κάδμιο<br>(Cadmium)<br>(Cd) | Υδράργυρος<br>(Mercury)<br>(Hg) | Χρώμιο<br>(Chromium)<br>(Cr) | Νικέλιο<br>(Nickel)<br>(Ni) | Βόριο<br>(Boron)<br>(B) | pH      | Υπολειμματικό<br>Χλώριο (Free<br>Residual<br>Chlorine)<br>(Cl <sub>2</sub> ) | Εντερικά<br>Κολλοβακτηρίδια<br>(Escherichia<br>Coliforms)<br>(E. Coli ) | Αυγά Εντερ.<br>Παρασίτων<br>(Helminth Eggs) |
|--|---|---|---|--|---|----------------------------------|--|--|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------|--|---|---|
|  | mg/l  | mg/l  | mg/l  | mg/l   | mg/l  | mg/l                             | μS/cm  | mg/l   | mg/l                          | mg/l                       | mg/l                       | mg/l                        | mg/l                            | mg/l                         | mg/l                        | mg/l                    | -       | mg/l   | count/100ml   | count/1000ml                                |
| ΙΑΝ (JAN)  | 5   | 33  | 165,29  | 26,29  | 4,96  | 317                              | 1727   | 8  | 0,0090                        | 0,0012                     | 0,0012                     | 0,0002                      | 0,0008                          | 0,0012                       | 0,0042                      | 0,43                    | 7,80    | 0,86   | 0   | 0   |
| ΦΕΒ (FEB)  | 1   | 30  | 6,84  | 12,00  | 0,77  | 281                              | 1592   | 5  | 0,0086                        | 0,0490                     | 0,0013                     | 0,0003                      | 0,0008                          | 0,0025                       | 0,0054                      | 0,39                    | 7,96    | 0,88   | 0   | 0   |
| ΜΑΡ (MAR)  | 2   | 30  | 6,14  | 12,63  | 0,93  | 311                              | 1811   | 3  | 0,0188                        | 0,0350                     | 0,0013                     | 0,0003                      | 0,0008                          | 0,0025                       | 0,0059                      | 0,37                    | 8,01    | 0,86   | 0   | 0   |
| ΑΠΡ (APR)  | 1   | 25  | 6,00  | 10,98  | 1,25  | 292                              | 1695   | 4  | 0,0252                        | 0,1120                     | 0,0013                     | 0,0003                      | 0,0008                          | 0,0013                       | 0,0054                      | 0,37                    | 8,05    | 0,80   | 0   | 0   |
| ΜΑΪ (MAY)  | 2   | 27  | 6,00  | 12,74  | 1,08  | 303                              | 1765   | 4  | 0,0204                        | 0,0600                     | 0,0013                     | 0,0003                      | 0,0008                          | 0,0013                       | 0,0056                      | 0,32                    | 8,10    | 0,80   | 0   | 0   |
| ΙΟΥΝ (JUN)   | 3   | 26  | 6,00  | 16,37  | 0,76  | 307                              | 1860   | 3  | 0,0132                        | 0,0740                     | 0,0013                     | 0,0003                      | 0,0008                          | 0,0025                       | 0,0072                      | 0,35                    | 8,06    | 0,79   | 0   | 0   |
| ΙΟΥΛ (JUL)   | 3   | 28  | 6,95  | 11,90  | 0,95  | 352                              | 1921   | 9  | 0,0960                        | 0,0320                     | 0,0013                     | 0,0030                      | 0,0008                          | 0,0057                       | 0,0101                      | 0,31                    | 8,07    | 0,85   | 0   | 0   |
| ΑΥΓ (AUG)  | 5   | 26  | 6,57  | 23,07  | 2,29  | 340                              | 1918   | 5  | 0,0180                        | 0,0071                     | 0,0008                     | 0,0008                      | 0,0008                          | 0,0025                       | 0,0114                      | 0,38                    | 8,01    | 0,70   | 0   | 0   |
| ΣΕΠ (SEP)  | 5   | 24  | 6,00  | 16,15  | 1,83  | 340                              | 1884   | 3  | 0,0126                        | 0,0025                     | 0,0008                     | 0,0008                      | 0,0008                          | 0,0008                       | 0,0093                      | 0,35                    | 8,00    | 0,73   | 0   | 0   |
| ΟΚΤ (OCT)  | 3   | 24  | 6,00  | 13,66  | 1,38  | 340                              | 1858   | 3  | 0,0190                        | 0,0058                     | 0,0007                     | 0,0007                      | 0,0007                          | 0,0025                       | 0,0141                      | 0,36                    | 7,99    | 0,79   | 0   | 0   |
| ΝΟΕ (NOV)  | 2   | 29  | 6,00  | 17,43  | 0,94  | 370                              | 1802   | 4  | 0,0075                        | 0,0036                     | 0,0008                     | 0,0008                      | 0,0008                          | 0,0027                       | 0,0042                      | 0,36                    | 7,97    | 0,81   | 0   | 0   |
| ΔΕΚ (DEC)  | 4   | 31  | 8,13  | 27,36  | 1,41  | 308                              | 1525   | 4  | 0,0197                        | 0,0656                     | 0,0007                     | 0,0007                      | 0,0007                          | 0,0025                       | 0,0046                      | 0,35                    | 7,85    | 0,84   | 0   | 0   |
| ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ<br>ΤΙΜΗ<br>(YEARLY<br>AVERAGE<br>RESULTS)                                      | 3   | 28  | 19,66   | 16,72  | 1,55  | 322                              | 1780   | 5  | 0,0223                        | 0,0373                     | 0,0011                     | 0,0007                      | 0,0008                          | 0,0023                       | 0,0073                      | 0,36                    | 7,99    | 0,81   | 0   | 0   |
| ΟΡΙΑ ΑΔΕΙΑΣ<br>ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ<br>Αρ. 68/2012<br>(DISCHARGE<br>LICENCE<br>LIMITS No.<br>68/2012) | 10  | 70  | 10  | <sup>(1)</sup> 15                                | <sup>(2)</sup> 10                                       | 300                              | 2500   | 5  | <sup>(3)</sup> 1              | 0,1                        | 0,15                       | 0,01                        | 0,005                           | 0,1                          | 0,2                         | <sup>(4)</sup> 1        | 6,5-8,5 | <sup>(5)</sup> (0,5 - 1)   | 5   | Τίποτε<br>(None)                            |

<sup>(1)</sup>Για απόρριψη στη θάλασσα (For the discharge into the sea) Tot-N ≤ 400 Kg/ημέρα/day και για απόρριψη σε ευαίσθητη περιοχή (discharge into sensitive area) Tot-N ≤ 10 mg/l

<sup>(2)</sup>Για απόρριψη στη θάλασσα (For the discharge into the sea) Tot-P ≤ 80 Kg/ημέρα/day και για απόρριψη σε ευαίσθητη περιοχή (discharge into sensitive area) Tot-P ≤ 1 mg/l

<sup>(3)</sup>Για απόρριψη στη θάλασσα (For the discharge into the sea) Zn ≤ 0,1 mg/l

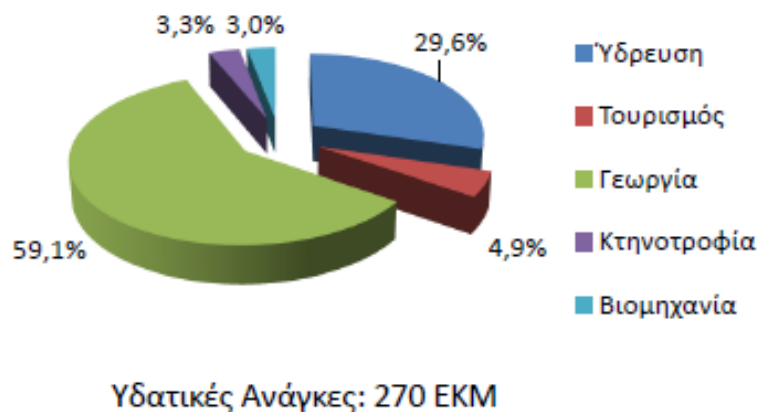
<sup>(4)</sup>Για απόρριψη σε ευαίσθητη περιοχή (For the discharge into sensitive area) B ≤ 0,75 mg/l

<sup>(5)</sup>Για απόρριψη στη θάλασσα (For the discharge into the sea) Cl<sub>2</sub> ≤ 0,5 mg/l

#### 6.3.4 Τομείς χρήσης ανακυκλωμένου νερού στο νησί

Στην Κύπρο το επαναχρησιμοποιούμενο νερό έχει μεγάλη αξία λόγω των κλιματικών αλλαγών και της λειψυδρίας, για αυτό λαμβάνει χώρα σε πολλές περιπτώσεις και σπάνια απορρίπτεται στη θάλασσα, συνήθως σε περιόδους πολυομβρίας. Από κάθε σταθμό επεξεργασίας λυμάτων, το επεξεργασμένο απόβλητο πηγαίνει στις τέσσερις δεξαμενές του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων και από εκεί παροχετεύεται για επαναχρησιμοποίηση ή εμπλουτισμό. Σε περίπτωση που το νερό δεν χρειάζεται άμεσα, το νησί διαθέτει μια δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης, για τρεις μήνες ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν υπάρξει ανάγκη.

Το τριτοβάθμια επεξεργασμένο απόβλητο χρησιμοποιείται κυρίως για άρδευση σε χώρους πρασίνου, σε αστικές και βιομηχανικές χρήσεις, για δημιουργία χώρων αναψυχής και για εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων. Οι συνηθέστερες υδατικές ανάγκες της Κύπρου απαιτούνται για ύδρευση, τουρισμό, γεωργία, κτηνοτροφία και βιομηχανία (Χατζηγεωργίου 2019). Στο διάγραμμα 6.2 εμφανίζονται τα ποσοστά των υδατικών αναγκών με βάση τα πιο πρόσφατα δεδομένα του 2018.



Διάγραμμα 6.2: Ποσοστά υδατικών αναγκών Κύπρου (Χατζηγεωργίου 2019).

Κάθε ΕΕΛ παρέχει το ανακυκλωμένο νερό για συγκεκριμένες χρήσεις όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

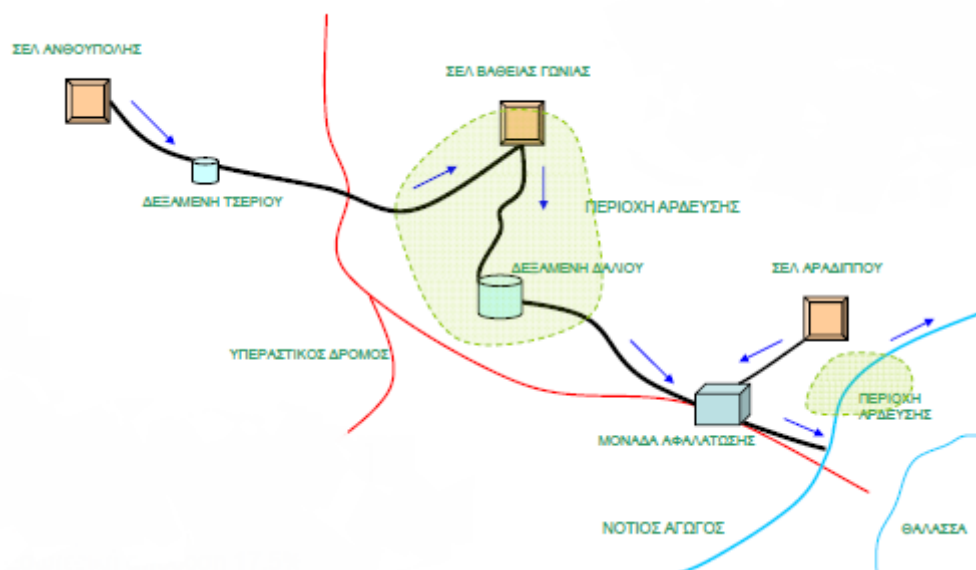
##### 6.3.4.1 Λευκωσία

Τα επεξεργασμένα απόβλητα που είναι σε θέση να επαναχρησιμοποιηθούν στην πόλη της Λευκωσίας εντάσσονται στο υδατικό σύστημα του νότιου αγωγού, με σκοπό την διατήρηση και ενίσχυση του υδατικού ισοζυγίου, σε περίπτωση που η αλατότητα τους είναι χαμηλή και συνεπώς κατάλληλη για λεπτόκοκκα εδάφη που έχουν οι γύρω περιοχές, καθώς και όταν η ποιότητα του νερού είναι περίπου ίδια με εκείνη των φραγμάτων. Επίσης, το νερό χρησιμοποιείται κυρίως για λόγους άρδευσης εξοικονομώντας αυτό από τα φράγματα και τις αφαλατώσεις και χάρη στα θρεπτικά συστατικά που περιέχει, η χρήση λιπασμάτων ελαττώνεται και τα υπόγεια νερά προστατεύονται λόγω των νιτρικών (Χατζηγεωργίου – Σαββίδου, 2008).

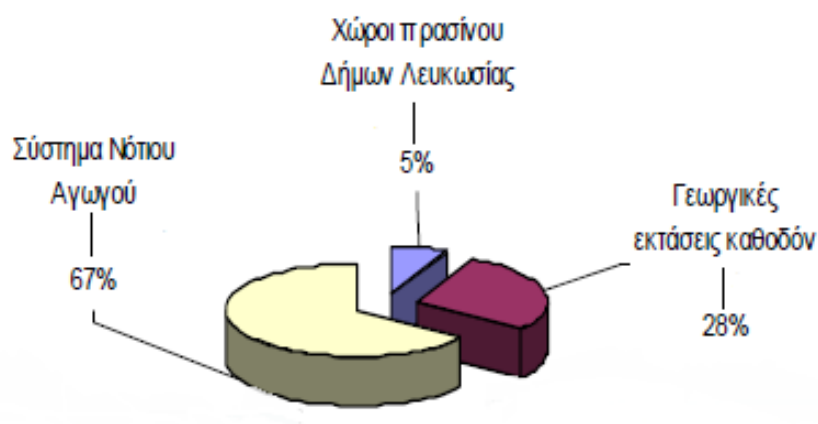
Στην εικόνα 6.1 παρουσιάζεται ο τρόπος μεταφοράς του νερού στην Λευκωσία από τρεις σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων προς τις δεξαμενές του Τμήματος Αναπτύξεως



Υδάτων και η μονάδα αφαλάτωσης. Στο διάγραμμα 6.3 φαίνεται στο περίπου η ποσοστιαία χρήση ανακυκλωμένου νερού στην Λευκωσία.



Εικόνα 6.1: Μεταφορά ανακυκλωμένου νερού στην Λευκωσία (Χατζηγεωργίου, 2008)

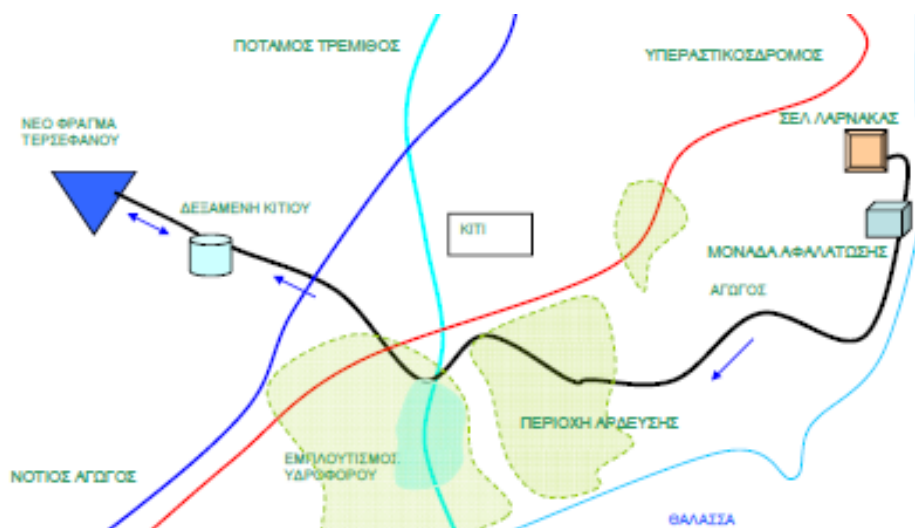


Διάγραμμα 6.3: Χρήση ανακυκλωμένου νερού στην Λευκωσία (Χατζηγεωργίου, 2008).

#### 6.3.4.2 Λάρνακα

Στην Λάρνακα το ανακτώμενο νερό πηγαίνει για άρδευση στο δίκτυο Κιτίου και για εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα. Το επεξεργασμένο νερό της Λάρνακας είναι λίγο αλμυρό, οπότε για την βελτίωση του γίνεται αφαλάτωση χαμηλής ενέργειας για απόρριψη των αλάτων και των περεταίρω παθογόνων μικροοργανισμών. Το νερό καταλήγει στην θάλασσα όταν δεν υπάρχει ζήτηση αλλά και σε περιπτώσεις συντήρησης των δεξαμενών αποθήκευσης (Χατζηγεωργίου – Σαββίδου, 2008, Λάρκου – Γιαννακού, 2013).

Στην εικόνα 6.2 παρουσιάζεται ο τρόπος μεταφοράς του νερού στην Λάρνακα από τον σταθμό επεξεργασίας λυμάτων προς την δεξαμενή του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων και η μονάδα αφαλάτωσης. Επίσης, φαίνεται η περιοχή άρδευσης και ο εμπλουτισμός του υδροφορέα.

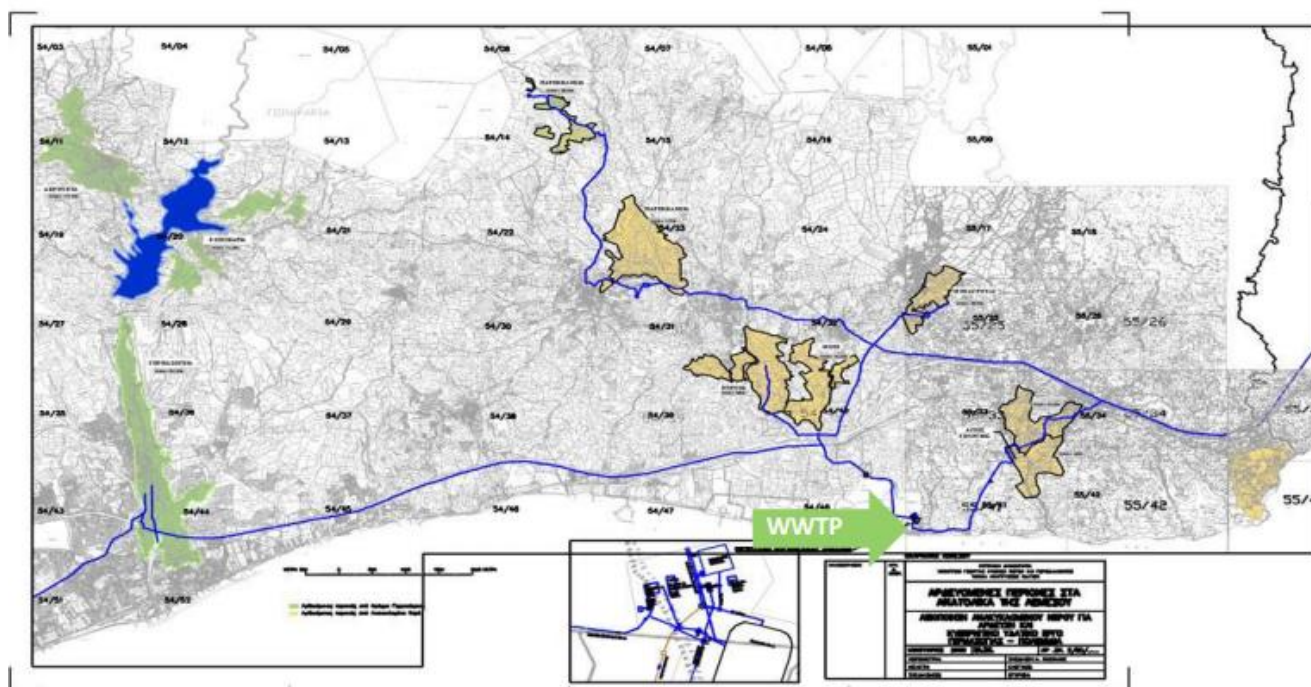


Εικόνα 6.2: Μεταφορά ανακυκλωμένου νερού στην Λάρνακα (Χατζηγεωργίου, 2008)

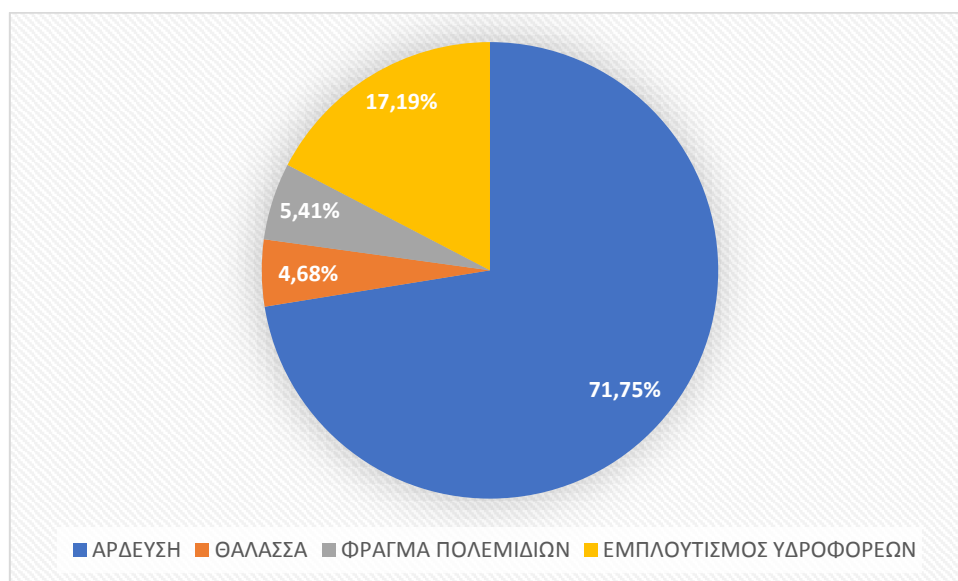
#### 6.3.4.3 Λεμεσός

Από τον σταθμό επεξεργασίας αποβλήτων της Λεμεσού το ανακτώμενο νερό που πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθεί, χρησιμεύει στην ενίσχυση του αρδευτικού δικτύου. Σε περίπτωση έντονης βροχόπτωσης, δηλαδή τον χειμώνα που πιθανόν να μην υπάρχει ζήτηση ανακυκλωμένου νερού, το νερό πηγαίνει στο φράγμα των Πολεμιδιών και αυτό που περισσεύει, οδηγείται στη θάλασσα. Με βάση τις άδειες απόρριψης κατά τους χειμερινούς μήνες και τα τελικά χαρακτηριστικά που επιτρέπεται να διαθέτει το ανακυκλωμένο νερό ώστε να αποτραπεί το φαινόμενο του ευτροφισμού, απορρίπτονται τα επεξεργασμένα απόβλητα (Λάρκου – Γιαννακού, 2013, Τόφα – Χριστίδου, 2018).

Στον χάρτη 6.4 φαίνεται ο τρόπος διαχείρισης του ανακυκλωμένου νερού στην Λεμεσό και αναφέρεται ότι οι αρδευόμενες περιοχές βρίσκονται στα ανατολικά της πόλης και στο διάγραμμα 6.4 φαίνεται η ποσοστιαία χρήση ανακυκλωμένου νερού στην Λεμεσό.



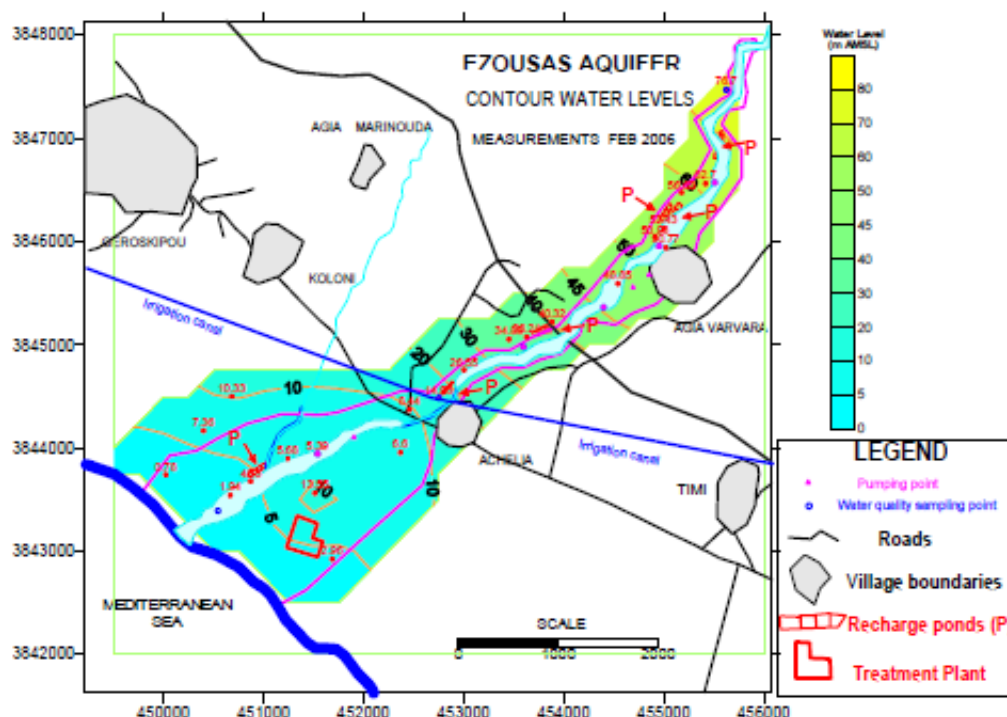
Χάρτης 6.4: Διαχείριση ανακυκλωμένου νερού στην Λεμεσό (Τόφα – Χριστίδου, 2018).



Διάγραμμα 6.4: Ποσοστά διάθεσης ανακυκλωμένου νερού στην Λεμεσό (Τόφα – Χριστίδου, 2018).

#### 6.3.4.4 Πάφος

Στην Πάφο το τριτοβάθμια επεξεργασμένο νερό χρησιμοποιείται για εμπλουτισμό του υδροφορέα και από εκεί αναμειγνύεται μέσω γεωτρήσεων με νερό από φράγμα όπου πηγαίνει στο ανοιχτό κανάλι άρδευσης για πότισμα σε γεωργικές περιοχές (Λάρκου – Γιαννακού, 2013). Στον χάρτη 6.5 παρατηρούνται τα σημεία εμπλουτισμού της Πάφου.

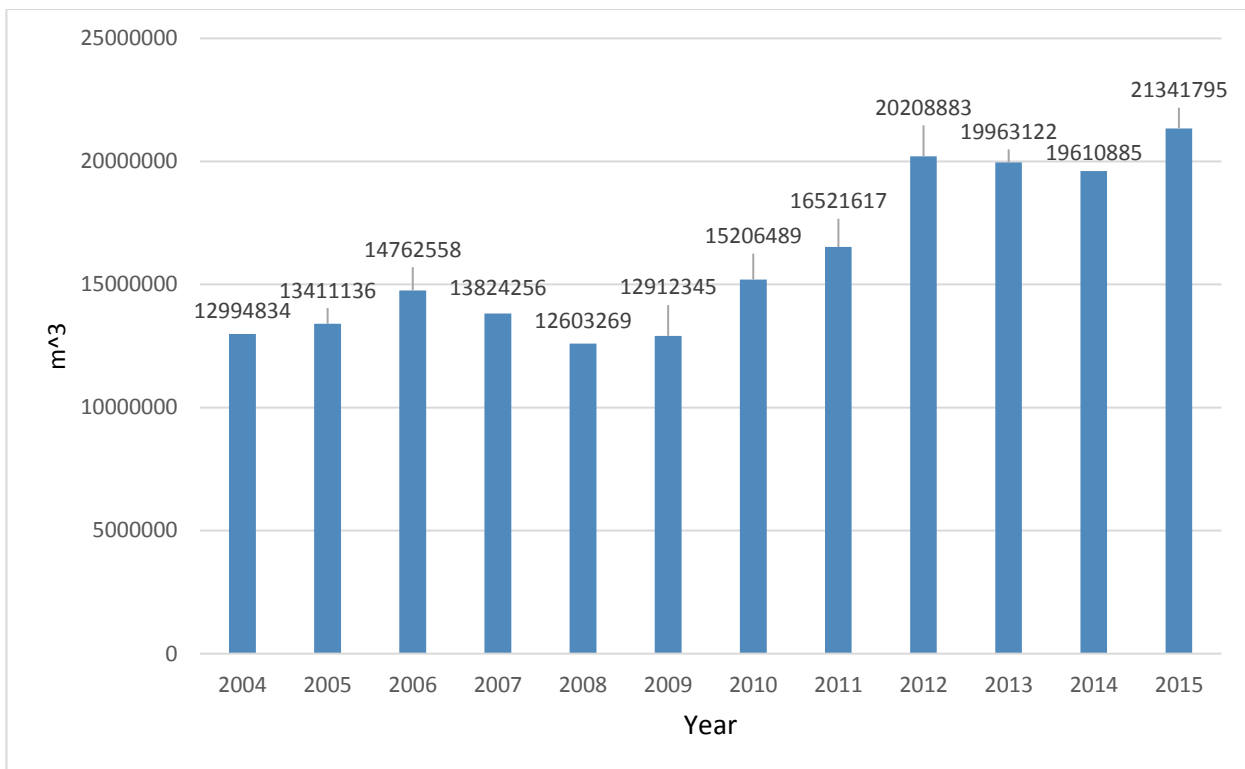


Χάρτης 6.5: Μεταφορά ανακυκλωμένου νερού στην Πάφο (Γιαννακού, 2013).

#### 6.3.4.5 Αγία Νάπα – Παραλίμνι

Στις συγκεκριμένες περιοχές το νερό που ανακτάται από τα υγρά απόβλητα χρησιμοποιείται στον εμπλουτισμό υδροφορέα και από εκεί αντλείται για σκοπούς άρδευσης. Η περιοχή διαθέτει ένα αρκετά μεγάλο υδροφορέα ο οποίος εξαιτίας των λεπτόκοκκων αργιλώδη εδαφών που διαθέτει εμπλουτίζεται με σχετική δυσκολία, αλλά και με μεγάλη προσοχή ώστε να αποτραπεί η αλάτωση εδαφών. Μέσω φρεάτων γίνεται διήθηση του ανακυκλωμένου νερού και έπειτα άντληση σε γεωργικές περιοχές. Με την εκτέλεση της συγκεκριμένης διαδικασίας, επιτυγχάνεται η ποιοτική και ποσοτική βελτίωση του υποβαθμισμένου υδροφορέα και η βελτίωση του επαναχρησιμοποιημένου νερού (Χατζηγεωργίου – Σαββίδου, 2008).

Από όλα τα Συμβούλια Αποχετεύσεων ανακτώνται σημαντικές ποσότητες επαναχρησιμοποιημένου νερού που απορρίπτονται στην θάλασσα σε σπάνιες περιπτώσεις. Από το 2004 μέχρι το 2015 αυξήθηκε αρκετά η παραγωγή νερού από τη επεξεργασία λυμάτων από όλους τους σταθμούς που υπήρχαν. Στο διάγραμμα 6.5 παρουσιάζονται οι ετήσιες ποσότητες παραγωγής τριτοβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων από τα Αστικά Συμβούλια Αποχέτευσης, όπου παρατηρείται ότι μέχρι το 2015 παράχθηκαν 21.341.795 m<sup>3</sup> λύματα που δόθηκαν για επαναχρησιμοποίηση. Μέχρι σήμερα η επεξεργασία και συνεπώς η ανάκτηση νερού έχει αυξηθεί και προβλέπεται να συνεχίσει να αυξάνεται τα επόμενα χρόνια. Σύμφωνα με τον πίνακα 6.6 που προηγείται, η παραγωγή από τους σταθμούς που υπάρχουν και λειτουργούν σήμερα φτάνει περίπου τα 63.000.000 m<sup>3</sup>/year.



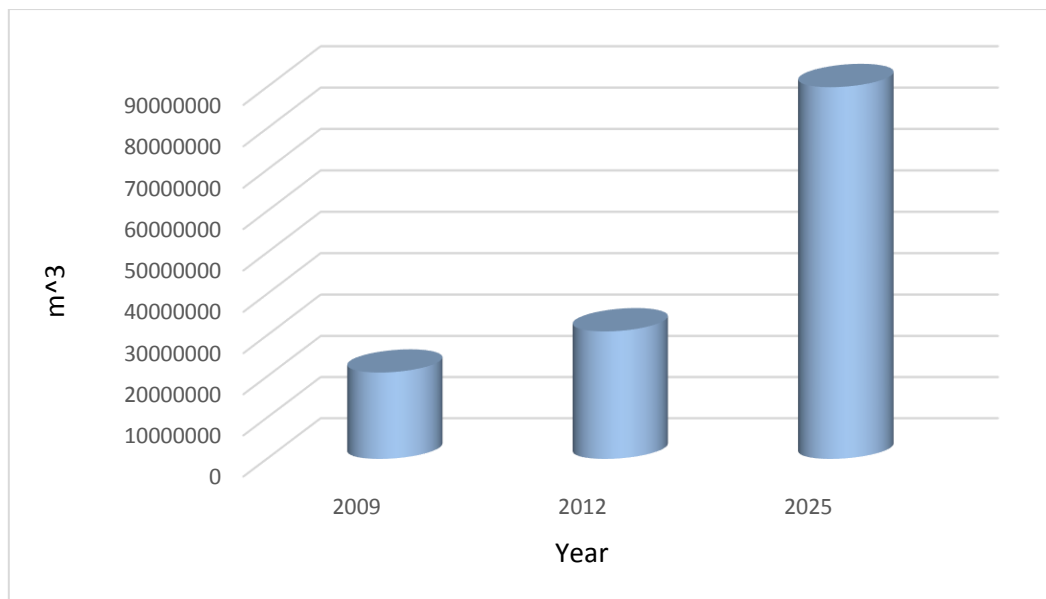
Διάγραμμα 6.5: Ετήσιες ποσότητες παραγωγής λυμάτων από τους σταθμούς (Τόφα – Χριστίδου 2018).

## 7. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Παρατηρώντας ότι το πρόβλημα λειψυδρίας παραμένει στο νησί πέρα από ορισμένες περιόδους έντονων βροχοπτώσεων, κάθε μέθοδος που μπορεί να προσφέρει στο κοινό ασφαλές ανακυκλωμένο νερό είναι βοηθητική και αναγκαία, κυρίως για τους αγρότες που χρειάζονται το νερό για την καλλιέργεια των προϊόντων που προσφέρουν στον κόσμο. Για να είναι όμως αποδεκτή η χρήση του ανακτώμενου νερού που προέρχεται από γκρίζο νερό, από μονάδες αφαλάτωσης ή από σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων θα πρέπει ο αποδέκτης αυτού να είναι ενημερωμένος για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης του.

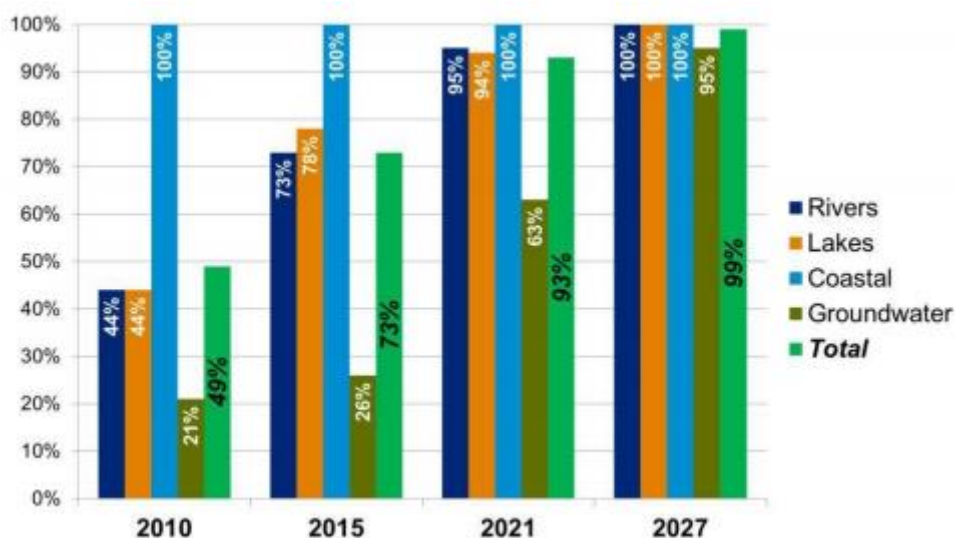
Μέσα στα επόμενα χρόνια προβλέπεται να αυξηθεί η χρήση επαναχρησιμοποιημένου και αφαλατωμένου νερού στην Κύπρο. Σύμφωνα με το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων η δυναμικότητα των μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού θα μεγαλώσει με την επέκταση της μονάδας Λεμεσού από 40.000 m<sup>3</sup>/day σε 60.000 m<sup>3</sup>/day καλύπτοντας μεγάλο μέρος των υδρευτικών αναγκών της επαρχίας, και με την κατασκευή μιας μονάδας στην Πάφο δυναμικότητας 15.000 m<sup>3</sup>/day που θα προσφέρει νερό στην πόλη και θα καλύπτει τουριστικές ανάγκες. Σήμερα οι μονάδες αφαλάτωσης που βρίσκονται σε λειτουργία έχουν δυναμικότητα 220.000 m<sup>3</sup>/day, ενώ μελλοντικά θα φτάνει τα 255.000 m<sup>3</sup>/day. Όσον αφορά το ανακτώμενο νερό από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων, σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ κάθε αστικός ή αγροτικός οικισμός με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 2000, έχει υποχρέωση να εγκαταστήσει σταθμούς επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και αποχετευτικά δίκτυα. Μέχρι τώρα έχουν ολοκληρωθεί τα έργα σε 36 οικισμούς ανακτώντας μεγάλες ποσότητες νερού που απορρίπτονται με βάση τις Άδειες Απόρριψης Αποβλήτων και βρίσκονται ήδη σε κατασκευή νέοι σταθμοί. Συγκεκριμένα, βρίσκεται υπό κατασκευή ένας σταθμός στα Πολεμίδια Λεμεσού που υπολογίζεται να τεθεί σε λειτουργία το 2021 – 2022 και θα έχει δυναμικότητα 13.000 m<sup>3</sup>/day. Επίσης, ένας σταθμός στα Κοκκινοχώρια με δυναμικότητα 10.000 m<sup>3</sup>/day και άλλος ένας που θα εξυπηρετεί πέντε κοινότητες. Τα επόμενα χρόνια στόχος είναι να γίνουν τα απαιτούμενα έργα για την κατασκευή σταθμών σε κάθε οικισμό άνω των 2000 κατοίκων, όπου η δυναμικότητα των σταθμών αυτών πρόκειται να προστεθεί στο υδατικό ισοζύγιο της Κύπρου, με κάλυψη σημαντικών αναγκών κυρίως κατά τις ξηρές περιόδους. Στο διάγραμμα 7.1 φαίνεται η αύξηση της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων από το 2009 και ο στόχος που προβλέπεται να επιτευχθεί μέχρι το 2025.





Διάγραμμα 7.1: Στόχος επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων (Τόφα – Χριστίδου 2018).

Η βιώσιμη διαχείριση υδατικών πόρων είναι σημαντική, ώστε να ικανοποιούνται οι παρούσες αλλά και οι μελλοντικές ανάγκες για νερό ανεξάρτητα από την ανομβρία που βιώνει το νησί. Για να είναι η διαχείριση βιώσιμη πρέπει να είναι οικονομική, ποσοτική και ποιοτική, να διατηρούνται και να προστατεύονται τα ύδατα και το περιβάλλον και να μην δημιουργούνται προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία. Με τον τρόπο αυτό η ζήτηση νερού θα καλύπτεται πάντα, ικανοποιώντας τους γεωργικούς χώρους ως τη βασικότερη ανάγκη και τον εμπλουτισμό των υδροφορέων χρησιμοποιώντας το νερό σε αστικές χρήσεις. Στο διάγραμμα 7.2 παρουσιάζεται η κατάσταση υδατικών σωμάτων, μέσω της διαχείρισης της λεκάνης απορροής από το 2010 στο 2015, με τις προοπτικές που υπάρχουν για το 2021 και το 2027, παρατηρώντας ότι αυξάνεται πλήρως η διάθεση πόρων από τα υδατικά σώματα.



Διάγραμμα 7.2: Κατάσταση υδατινών σωμάτων (Τόφα – Χριστίδου 2018).

Στην Κύπρο με το πέρασ των χρόνων ανακτώνται όλο και μεγαλύτερες ποσότητες νερού κυρίως από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Όμως οι απαιτήσεις νερού που υπάρχουν είναι αυξημένες λόγω του προβλήματος της λειψυδρίας, κυρίως σε γεωργικές περιοχές. Για την παραγωγή σταθερών ικανοποιητικών ποσοτήτων νερού και την αποδοχή χρήσης του παρουσιάζονται ορισμένες προτάσεις:

➤ Αύξηση μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού:

Στην Κύπρο λειτουργούν τέσσερις μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού οι οποίες προσφέρουν καθημερινώς μεγάλες ποσότητες πόσιμου νερού. Με την κατασκευή μονάδων και σε άλλες πόλεις ή επαρχίες η παραγωγή νερού θα αυξηθεί σημαντικά με την χρήση θαλασσινού νερού, ενός υδατικού πλούτου που δεν μειώνεται εύκολα. Οι ποσότητες αυτές θα καλύπτουν τις υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες των πόλεων και θα αποτρέπουν την πρόκληση ελλείψεων πόσιμου νερού. Σε περιόδους ξηρασίας δεν θα υπάρχει πρόβλημα διακοπής νερού για κάποιες ώρες και αβεβαιότητα για τις διαθέσιμες ποσότητες.

➤ Αύξηση επεξεργασίας γκρίζου νερού σε οικίες:

Η ποσότητα γκρίζου νερού που θα ανακτηθεί εξαρτάται από την κατανάλωση πόσιμου νερού που προέρχεται από μία οικία, μία πολυκατοικία ή και από ένα σχολείο. Με την τοποθέτηση συστημάτων καθαρισμού γκρίζου νερού, από τα οποία μπορεί να ανακτηθεί νερό για επαναχρησιμοποίηση καλύπτονται οι ανάγκες του μεμονωμένου χώρου. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι απλά, σχετικά οικονομικά, δεν απαιτούν συνεχή έλεγχο κατά την λειτουργία τους από εξειδικευμένο προσωπικό όπως στα υγρά αστικά απόβλητα και ούτε χρειάζονται μεγάλο χώρο για την τοποθέτηση τους. Με την προσθήκη τέτοιων συστημάτων οι καταναλωτές εξοικονομούν χρήματα εφόσον το πόσιμο νερό είναι ακριβότερο από το ανακτώμενο.

➤ Κατασκευή περισσότερων έργων που θα λειτουργούν μέσω αποκεντρωμένων συστημάτων:

Με τον σχεδιασμό έργων επαναχρησιμοποίησης νερού σε τοπικές και απομονωμένες περιοχές όπως, στρατόπεδα, νοσοκομεία, πανεπιστήμια, ή περιοχές με βιομηχανίες, εμπορικά κέντρα και αγροτικές επιχειρήσεις, η ανάκτηση νερού από τα επεξεργασμένα απόβλητα χρησιμοποιείται για την κάλυψη των τοπικών τους αναγκών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση τοπικού πρασίνου, για ψύξη, πυροπροστασία και σε καθαρισμό τουαλετών ή τζαμιών, εξοικονομώντας το πόσιμο ή το ανακτημένο νερό που θα προερχόταν από μεγάλες εγκαταστάσεις οι οποίες καλύπτουν αρδευτικές ανάγκες των πόλεων και των επαρχιών τους. Για τέτοιου είδους κατασκευές βασιζόμενοι στο είδος και το μέγεθος των περιοχών πρέπει να υπολογίζονται οι υφιστάμενες και οι μελλοντικές ανάγκες για επαναχρησιμοποίηση.

➤ Κατασκευή περισσότερων αποθηκευτικών δεξαμενών:

Στο νησί υπάρχει μόνο μία δεξαμενή αποθήκευσης για το ανακτημένο νερό που προκύπτει από την επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων. Όταν αυτή είναι υπό συντήρηση, δεν έχει άλλο αποθηκευτικό χώρο ή σε περιόδους συνεχών βροχοπτώσεων, τα επεξεργασμένα απόβλητα καταλήγουν σε φυσικό αποδέκτη. Προτείνεται η κατασκευή περισσότερων δεξαμενών αποθήκευσης, για την αξιοποίηση όλων των κυβικών νερού που παράγονται, εφόσον περνάνε από διαδικασία επεξεργασίας και απολύμανσης ανεξαρτήτως από το που θα καταλήξουν.

➤ Αύξηση εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού:

Με τον τεχνητό εμπλουτισμό επιτυγχάνεται η αποθήκευση και προστασία νερού. Οι υπόγειοι υδροφορείς γεμίζουν συνεισφέροντας στην αποφυγή των απωλειών νερού που προέρχονται από εξατμισοδιαπνοή και είναι ικανοί να αποθηκεύσουν μεγάλες ποσότητες νερού χωρίς να αλλοιώνουν την ποιότητα και την σύστασή τους. Για τον εμπλουτισμό πρέπει να ικανοποιούνται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων στην έξοδο της Ε.Ε.Λ. ώστε να μην προκύψουν προβλήματα στο έδαφος.

➤ Ανάπτυξη μηχανισμών ελέγχου κατά τη λειτουργία των Ε.Ε.Λ:

Προτείνεται η ανάπτυξη ή και προσθήκη νέων μηχανισμών ελέγχου κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων, για την βέλτιστη λειτουργία των εγκαταστάσεων και επομένως την διάθεση καλής ποιότητας νερού στην έξοδο του ρεύματος επαναχρησιμοποίησης. Αυτό θα συντελούσε στην ανάπτυξη σχέσεων εμπιστοσύνης ανάμεσα στους παραγωγούς και τους χρήστες, καθώς και στην ανάπτυξη συνεργασίας με νέους καταναλωτές.

➤ Ενημέρωση του κοινού για την ασφαλή χρήση του και μείωση της τιμής του νερού που επαναχρησιμοποιείται:

Με την άμεση ενημέρωση του κοινού για τα οφέλη της επαναχρησιμοποίησης νερού στο περιβάλλον και στην διαχείριση των υδάτινων σωμάτων και με την επιβεβαίωση ότι είναι απόλυτα ασφαλές για την ανθρώπινη υγεία, το ενδιαφέρον του καταναλωτή στρέφεται όλο και περισσότερο προς την χρήση του. Οι δράσεις ευαισθητοποίησης σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση του νερού θα βοηθούσαν την αμεσότερη αποδοχή του. Επίσης, η μείωση της τιμής του νερού που ανακτάται από υγρά απόβλητα σε σχέση με την αυξημένη τιμή που διαθέτει το πόσιμο νερό, θα αποτελούσε κίνητρο για τους καταναλωτές.

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επαναχρησιμοποίηση νερού σε μια χώρα όπως είναι η Κύπρος είναι αναγκαία εφόσον οι υδατικοί πόροι εξαντλούνται εύκολα εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών, της τουριστικής και οικονομικής ανάπτυξης και της μεγάλης ανάγκης που έχει ο άνθρωπος και το περιβάλλον για νερό. Για να είναι όμως εφικτή πρέπει το νερό να διαθέτει συγκεκριμένες ποιοτικές προδιαγραφές. Με την σωστή και αειφόρο διαχείριση του νερού αποφεύγεται η ρύπανση υδάτινων πόρων και η ποιότητα ζωής αυξάνεται. Βασικότερος παράγοντας για την επαναχρησιμοποίηση νερού στην Κύπρο είναι το σοβαρό πρόβλημα λειψυδρίας που αντιμετωπίζει, λόγω της παρατεταμένης έλλειψης βροχοπτώσεων και της αύξησης της εξατμισοδιαπνοής. Εξαιτίας των συγκεκριμένων προβλημάτων εμποδίζεται ο εμπλουτισμός φραγμάτων και υπόγειων υδροφορέων ενώ παράλληλα αυξάνονται οι ανάγκες του νησιού για νερό κυρίως σε αρδευτικούς σκοπούς.

Τα πλεονεκτήματα της επαναχρησιμοποίησης νερού είναι αρκετά. Με την χρήση του εξοικονομείται πόσιμο νερό, συμβάλει στην οικονομία της χώρας εφόσον είναι πολύ φθηνότερο από το πόσιμο και έχει την ιδιαιτερότητα να χρησιμοποιείται σαν λίπασμα σε αρδευτικούς σκοπούς. Επίσης, εξασφαλίζονται μελλοντικές ανάγκες για νερό. Το νερό που επαναχρησιμοποιείται στην Κύπρο ανακτάται από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και γκρίζου νερού που προέρχεται από τις οικιακές χρήσεις. Το επεξεργασμένο νερό προσφέρεται για χρήση μετά από πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση, που έχει οριστεί από την νομοθεσία. Απορρίπτεται εφόσον διαθέτει τις κατάλληλες προδιαγραφές σύμφωνα με τις Άδειες Απόρριψης, ώστε να μην υπάρξουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον.

Το ανακυκλωμένο νερό από την επεξεργασία λυμάτων είναι ικανό να χρησιμοποιηθεί σε αστικές χρήσεις, στη γεωργία και στον εμπλουτισμό υδροφορέων, ενώ σπάνια απορρίπτεται στην θάλασσα. Η δυναμικότητα από τους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων είναι μεγάλη, μέχρι το 2015 παράχθηκαν 21.341.795 m<sup>3</sup>/year, ενώ μέχρι το 2018 αυξήθηκε στα 62.378.135 m<sup>3</sup>/year και θα εξακολουθεί να αυξάνεται μέχρι το 2025 που πρόκειται να παράγονται περίπου 82.000.000 m<sup>3</sup>/year νερού. Επιπλέον, τα ποσοστά παραγωγής γκρίζου νερού εξαρτώνται από την κατανάλωση των κατοίκων στο σπίτι και επαναχρησιμοποιούνται μετά την απομάκρυνση μικροβίων, σε μη πόσιμους σκοπούς εντός και εκτός του σπιτιού. Άλλη μία μέθοδος παραγωγής νερού που χρησιμοποιείται στο νησί είναι η αφαλάτωση θαλασσινού νερού η οποία καλύπτει μεγάλο μέρος υδρευτικών, αρδευτικών, αστικών και τουριστικών αναγκών εφόσον παράγονται από τις υπάρχουσες μονάδες σημαντικές ποσότητες που φτάνουν τα 220.000 m<sup>3</sup>/day, ενώ προβλέπεται να αυξηθεί η δυναμικότητά τους. Οι απαιτήσεις νερού που υπάρχουν στην Κύπρο είναι αυξημένες. Για αυτό προτείνεται πέρα από την αύξηση ποσοτήτων νερού από οικίες, Ε.Ε.Λ. και μονάδες αφαλάτωσης, η κατασκευή αποκεντρωμένων έργων και δεξαμενών αποθήκευσης ώστε να μην απορρίπτονται στη θάλασσα. Επίσης, συνιστάται αύξηση τροφοδοσίας νερού σε υπόγειους υδροφορείς και η ανάπτυξη μηχανισμών ελέγχου κατά τη λειτουργία των Ε.Ε.Λ. για την δημιουργία εμπιστοσύνης ανάμεσα στους παραγωγούς και τους καταναλωτές. Τέλος, επιδιώκεται η ενημέρωση του κοινού για την ασφαλή χρήση ανακτώμενου νερού και η μείωση της τιμής του ώστε να αυξηθεί άμεσα η αποδοχή του. Συμπερασματικά, η επαναχρησιμοποίηση νερού είναι σωτήρια λύση για την κάλυψη των αναγκών της Κύπρου.

## 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ➤ ΞΕΝΗ

1. Abdel-Kader M., 2012, "Studying the efficiency of grey water treatment by using rotating biological contactors system", *Journal of King Saud University*, 25, 89 – 95
2. Al-Jayyousi O., 2003, "Greywater reuse: towards sustainable water management", 156(1-3)
3. Angelakis A. N. and Gikas P., 2014, "Water reuse: Overview of current practices and trends in the world with emphasis on EU states", *Water Utility Journal* 8: 67-68
4. Ayres R.S. and Westcot D.W., FAO (1985), "Water quality for agriculture", FAO Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome
5. Boyjoo Y., Pareek V., Ang M., 2013, "A review of greywater characteristics and treatment processes", *Water Science & Technologies*, 67(7), 1403 – 1424
6. Fatta D., Arslan Alaton I., Gokcay C., Rusan M. M., Assobhei O., Mountadar M., Papadopoulos A., 2005, "Wastewater Reuse: Problems and Challenges in Cyprus, Turkey, Jordan and Morocco", *European Water* 11/12: 63-69
7. Gikas P., Angelakis A. N., 2008, "Water resources management in Crete and in the Aegean Islands, with emphasis on the utilization of non-conventional water sources", *Science Desalination*, 248, 1049 – 1064 2009
8. Gikas P., Tchobanoglous G., 2008, "The role of satellite and decentralized strategies in water resources management", *Journal of Environmental Management*, 90, 144 - 152 2009
9. Gikas P., Tchobanoglous G., 2009, "Sustainable use of water in the Aegean Islands", *Journal of Environmental Management*, 90, 2601 - 2611 2009
10. Kellis M., Kalavrouziotis I.K., Gikas P., 2012, "Review of wastewater reuse in the mediterranean countries, focusing on regulations and policies for municipal and industrial applications", *Global NEST Journal*, 15(3), 333-350, 2013
11. Liu S., Konstantinopoulou F., Gikas P., Papageorgiou L. G., 2011, "A mixed integer optimization approach for integrated water resources management", *Computers and Chemical Engineering*, 35, 858 – 875 2011
12. Matos C., Sampaio A., Bentes I., "Greywater Use in Irrigation: Characteristics, Advantages and Concerns", 2012, University of Tras-os-Montes e Alto Douro, Portugal
13. Olanrewaju O., Ilemobade A., 2015, "Greywater reuse. Review and framework for assessing greywater treatment technologies for toilet flushing", *Advances in Research*, 5(4), 1 – 25
14. Papadopoulos I., Savvides S., 2002, "Optimisation of the use of nitrogen in the treated wastewater reused for irrigation", *Water Science and Technologies: Water Supply*, 3(4), 217 - 221
15. Pidou M., Memon F. A., Stephenson T., Jefferson B., Jeffrey P., 2007, "Hybrid membrane processes for water reuse Greywater recycling: A review of treatment options and applications", *Engineering Sustainability Cranfield University*, 119 - 131
16. Ramona G., Green M., Semiat R. and Dosoretz C., 2004, "Low strength graywater characterization and treatment by direct membrane filtration", 170(3), 2004
17. U.S.-EPA, (1992), "Guidelines for water reuse", EPA manual 625/R-92/004

18. W.H.O., (1989), "Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture", Report of a Scientific Group, Technical Report Series No.778. World Health Organization: Geneva
19. W.H.O., 2006, "Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume II: Wastewater Use in Agriculture", World Health Organization: Geneva

➤ **ΕΛΛΗΝΙΚΗ**

20. Metcalf & Eddy, 2007, Μηχανική Υγρών Αποβλήτων, Επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 4<sup>η</sup> έκδοση
21. P. Gikas, G. Tchobanoglous, 2007, «Δορυφορικά & αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων», Λευκή Βίβλος της Τεχνολογίας, Προϊόντων & Υπηρεσιών Περιβάλλοντος, Environmental & Engineering 2007
22. Αλεξοπούλου Ε., 2008, «Μέτρα εξοικονόμησης νερού στον αγροτικό, αστικό & βιομηχανικό τομέα – Επιτόπου επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού σε κατοικίες και τουριστικά συγκροτήματα», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Ε.Μ.Π.
23. Αμερικάνικη Ένωση Δημόσιας Υγείας, Αμερικάνικη ένωση έργων νερού, Υδατική Ομοσπονδία Περιβάλλοντος, 2005, «Πρότυπες μέθοδοι για την εξέταση των υδάτων και των λυμάτων», 21<sup>η</sup> έκδοση
24. Ανδρεαδάκης Α., Μαμάης Δ., Γαβαλάκη Ε., Καθηγητές - Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., 2005, «Απολύμανση λυμάτων»
25. Γκίκας Π., 2006, «Ανάκτηση & επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων», Λευκή Βίβλος της Τεχνολογίας, Προϊόντων & Υπηρεσιών Περιβάλλοντος, Environmental & Engineering 2006
26. Καϊμάκη Σ., Καραβοκύρης Ι., Γκουβάτσου Ε., Σύμβουλοι μηχανικοί, 2011, «Σχέδιο διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού Κύπρου», Τ.Α.Υ.
27. Κωνσταντινοπούλου Φ., 2012, «Βελτιστοποίηση της ολοκληρωμένης διαχείρισης υδατικών πόρων σε νησιά του Αιγαίου», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης
28. Λάρκου Γιαννακού Α., Υγειονομικός Μηχανικός, 2009 & 2013, «Χρήση ανακυκλωμένου νερού στην Κύπρο», Τ.Α.Υ.
29. Λιαντράκη Μ., 2019, «Επαναχρησιμοποίηση νερού και η κοινωνική του αποδοχή», Μεταπτυχιακή εργασία
30. Λύκου Σ., 2011, «Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης
31. Νικολαΐδης Ν., Καθηγητής – Πολυτεχνείο Κρήτης, 2016, «Ευτροφισμός Λιμνών», Environmental Modeling Notes, Εφαρμογές σε περιβαλλοντικά μοντέλα
32. Νταρακάς Ε., Επ. Καθηγητής – Τ.Π.Μ – Α.Π.Θ., 2010, «Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων»
33. Νταρακάς Ε., Επ. Καθηγητής – Τ.Π.Μ – Α.Π.Θ., 2010, «Ποιοτικά χαρακτηριστικά και διεργασίες επεξεργασίας νερού»
34. Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21/5/91 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων
35. Σαββίδου – Χατζηγεωργίου Π., 2008, «Επαναχρησιμοποίηση Επεξεργασμένων Λυμάτων, Σχέδιο Ανακυκλωμένου Νερού Λευκωσίας, Λάρνακας, Αγίας Νάπας – Παραλιμνίου», Τ.Α.Υ.



36. Σαρηγιάννης Δ., Αναπλ. Καθηγητής - Α.Π.Θ., 2015, «Διαχείριση υγρών αποβλήτων – ενεργή ιλύς».
37. Στάμου Α. Ι. & Βογιατζής Ζ. Σ., 1994, Βασικές Αρχές Και Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, 2<sup>η</sup> έκδοση
38. Τασούλα Α. Α., Δρ. Πολιτικός μηχανικός, Λέκτορας – Τ.Π.Μ – Α.Π.Θ., 2007, Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, Α.Π.Θ
39. Τόφα – Χριστίδου Η., Επαρχιακή Μηχανικός, Τ.Α.Υ, 2018, «Βιώσιμη διαχείριση υδάτινων πόρων στην Κύπρο»
40. Χατζηγεωργίου Π., Πρώτη Λειτουργός υδάτων, 2019, «Δραστηριότητες Τ.Α.Υ., Διαχείριση Υδάτινων Πόρων», Τ.Α.Υ
41. Χρυσανθοπούλου Π., 2018, «Επαναχρησιμοποίηση νερού: Αποδοχή από το κοινό και από διάφορες κοινωνικές και επαγγελματικές ομάδες», Ανοικτό Πανεπιστήμιο
42. Ψυλλάκη Ε., Καθηγήτρια, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2014, «Φυσικά χαρακτηριστικά νερών με έμφαση στα λύματα», Έλεγχος Ρύπανσης Υδάτων
43. Ψυλλάκη Ε., Καθηγήτρια, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2014, «Χημικά χαρακτηριστικά νερών με έμφαση στα λύματα», Έλεγχος Ρύπανσης Υδάτων, Πολυτεχνείο Κρήτης

#### ➤ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- Gray Water Tank System (<http://veteransstudies.org>), [10/2019]
- Greywater recovery system, Aliaxis (<https://redi.eu/greywater-recovery-system>), [10/2019]
- Επαναχρησιμοποίηση και Ανακύκλωση νερού (<http://www.pure-hersonissos.gr>), [10/2019]
- Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης ([www.consilium.europa.eu](http://www.consilium.europa.eu)), [10/2019]
- Κυπριακό Κέντρο Περιβαλλοντικής Έρευνας και Εκπαίδευσης, Ανακύκλωση γκρίζου νερού (<http://kykpee.org/wp-content/uploads/2015/07/12.pdf>), [10/2019]
- Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λάρνακας (<https://www.lsd.org.cy/>), [10/2019]
- Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λεμεσού – Αμαθούντας (<http://www.sbla.com.cy>), [10/2019]
- Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λευκωσίας (<https://www.sbn.org.cy/>), [10/2019]
- Συμβούλιο Αποχετεύσεων Παραλιμνίου (<http://www.psb.org.cy>), [10/2019]
- Συμβούλιο Αποχετεύσεων Πάφου (<http://www.sapa.org.cy/>), [10/2019]
- Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων (<http://www.moa.gov.cy>), [10/2019]
- Τμήμα Μετεωρολογίας ([http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLcyclimate\\_gr/DMLcyclimate\\_gr?OpenDocument](http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLcyclimate_gr/DMLcyclimate_gr?OpenDocument)), [10/2019]
- Τμήμα Περιβάλλοντος ([http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/index\\_gr/index\\_gr?opendocument](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/index_gr/index_gr?opendocument)), [10/2019]
- Υπουργείο Παιδείας, Πολιτισμού, Αθλητισμού και Νεολαίας (<http://www.moec.gov.cy/>), [10/2019]

➤ **ΠΡΟΣΩΠΙΚΕΣ ΕΠΑΦΕΣ**

- κ. Κωνσταντίνιδης Βίκτωρας Ανώτερος Τεχνικός και Συντονιστής Υγείας και Ασφάλειας του Συμβουλίου Αποχετεύσεων Λεμεσού – Αμαθούντας
- κα. Παπαϊωάννου Α., υπάλληλο του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων
- κα. Παναγή Α., υπάλληλο του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων
- κα. Γεωργίου Λία, Ανώτερη Υγειονομικό Μηχανικό του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων