



UNIVERSITY OF  
WEST ATTICA  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ  
<< ΕΡΓΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ  
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ >>

Όνοματεπώνυμο εκπονητή: Μοίρας Βασίλειος

Αριθμός μητρώου: 46147024

Εισηγήτρια: Αιμιλία Μ. Κονδύλη

Αιγάλεω , 2023

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΕΡΓΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ**  
**ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

**ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΟΙΡΑΣ**

**A.M 46147024**

**Εξεταστική επιτροπή:**

**Αιμιλία Μ. Κονδύλη**

**Παπαποστόλου Χριστιάνα**

**Ζαφειράκης Δημήτριος**

**Ημερομηνία εξέτασης: 07/03/2023**

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Βασίλειος Μοίρας του Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 46147024, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο. Την προσπάθειά μου αυτή υποστήριξε η επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, την οποία θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου τους φίλους μου και την σύντροφό μου.

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται το θέμα της διαχείρισης αστικών υγρών αποβλήτων, μιας διαδικασίας που έχει αποτελέσει πρόβλημα για την ανθρώπινη κοινωνία εδώ και δεκαετίες, ενέχοντας ωστόσο κάποιες εξαιρετικές ευκαιρίες για μετάβαση προς την αειφόρο οικονομία και την αυτάρκεια. Δεδομένου ότι η διαχείριση των υγρών αποβλήτων γειτνιάζει με το πρόβλημα της ορθής διαχείρισης των (περιορισμένων) υδάτινων πόρων στη Γη, η σημασία της ορθής διαχείρισης μεγεθύνεται, με το ανακτώμενο νερό να τίθεται σε πρώτο πλάνο και την περιβαλλοντική ευθύνη και την ανάκτηση πόρων από τα απόβλητα να ακολουθεί.

Η παρούσα εργασία επιχειρεί, μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, να μελετήσει εις βάθος τη σημασία της ορθής διαχείρισης των υδάτινων πόρων και το πώς αυτό επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό από σύγχρονες μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, οι οποίες επιστρέφουν καθαρό νερό στον κύκλο του νερού.

Η εργασία ακολουθεί την εξής δομή:

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:** Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά γενικά στα αστικά απόβλητα, στο πώς αυτά προκύπτουν, στη σύστασή τους και τον αντίκτυπο που έχουν στον κύκλο του νερού που αναλύεται επίσης.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:** Το κεφάλαιο αυτό εστιάζει κυρίως στις νομοθετικές ρυθμίσεις και πρωτοβουλίες που διέπουν τη διαχείριση εν γένει του νερού αλλά και των πηγών αλμυρού νερού και των υδροφορέων, ενώ εξετάζεται και η κατάστασή τους στην Ελλάδα.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:** Εδώ, η μελέτη εστιάζει στους τρόπους επαναχρησιμοποίησης του νερού που ανακτάται από τη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:** Το κεφάλαιο μελετά τις τεχνικές που περιλαμβάνονται εντός μιας μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ενώ αναλύεται και το πλαίσιο που πρέπει να πληρούν τα επεξεργασμένα λύματα στην Ελλάδα ώστε να διατεθούν πίσω στο φυσικό περιβάλλον.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:** Έχοντας αναλύσει τόσο τη διαδικασία, όσο και τα προσδοκώμενα αποτελέσματα από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, εδώ γίνεται αναφορά σε ορισμένα παραδείγματα τέτοιων μονάδων, τόσο στο εξωτερικό όσο και στην Ελλάδα

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:** Ως απαύγασμα όλης της ανωτέρω ανάλυσης, εξάγονται ορισμένα συμπεράσματα για το θέμα που μελετάται και γίνονται κάποιες προτάσεις για το πώς μπορεί να προχωρήσει η Ελλάδα στον συγκεκριμένο τομέα.

## Abstract

This thesis deals with the issue of municipal wastewater management, a process that has been a problem for human society for decades, yet it involves some excellent opportunities for the transition towards a sustainable economy and self-sufficiency. Since the management of wastewater is coherent to the problem of the proper management of (limited) water resources on Earth, the importance of proper management is magnified, with reclaimed water in the foreground and environmental responsibility and resource recovery from waste to follow.

This paper attempts, through the literature review, an in-depth study of the importance of proper management of water resources and how this is largely achieved by modern wastewater treatment plants, which recover clean water and return it to the water cycle.

The work done has the following structure:

**CHAPTER 1:** In the first chapter, reference is made to urban waste in general, how it arises, its composition and the impact it has on the water cycle, which is also analyzed.

**CHAPTER 2:** This chapter focuses mainly on the legislative regulations and initiatives that govern the management of water in general but also of saltwater sources and aquifers, while their situation in Greece is examined too.

**CHAPTER 3:** Here, the study focuses on ways to reuse water reclaimed from the wastewater treatment process.

**CHAPTER 4:** The chapter studies the techniques used inside a wastewater treatment and recovery plant, while it also analyzes the framework that treated wastewater in Greece must meet to be released back into the natural environment.

**CHAPTER 5:** Having analyzed both the process and the expected results from the treatment of liquid waste, here we refer to some examples of such units, both abroad and in Greece

**CHAPTER 6:** As a result of all the above analysis, some conclusions are drawn on the subject being studied, and some proposals are made on how Greece can proceed in this particular field.

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες .....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
Περίληψη .....	v
Abstract .....	vii
Πίνακας Εικόνων .....	ix
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Υγρά αστικά απόβλητα.....	1
1.1 Ποσοτική και ποιοτική σύσταση του νερού .....	7
1.2 Κατηγορίες υγρών αποβλήτων.....	8
1.3 Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων .....	9
1.4 Ο κύκλος του νερού.....	11
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> : Διαχείριση των υδατικών πόρων .....	14
2.1 Κατάσταση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα .....	14
2.2 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης υδατικών πόρων.....	21
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> : Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων .....	25
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> : Τα στάδια επεξεργασίας .....	35
4.2 Δευτεροβάθμια επεξεργασία .....	38
4.3 Η τριτοβάθμια επεξεργασία.....	39
4.4 Πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων.....	50
4.4.1 Το ισχύον πλαίσιο στην Ελλάδα .....	51
4.5 Τριτοβάθμια επεξεργασία αποβλήτων στην Σαντορίνη.....	60
4.6 Μελέτη περίπτωσης επεξεργασίας λυμάτων στον οικισμό Έξω Μουλιανών στην Σητεία Κρήτης καθώς και χρηματοδότηση του έργου .....	61
4.6.1 Δίκτυο υποδομών.....	61
4.6.2 Περιγραφή συστήματος επεξεργασίας λυμάτων .....	62
4.6.3 Χρηματοδότηση του έργου .....	64
4.7 Τάσεις, προοπτικές και σπουδαιότητα αξιοποίησης των υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα .....	66
4.8 Βιολογικός σταθμός επεξεργασίας λυμάτων στο Αγρίνιο.....	69
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> : Μελέτες περίπτωσης.....	76
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	93
Βιβλιογραφία .....	96



## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Ποσοστά διαχείρισης υγρών αποβλήτων με εισοδηματικά κριτήρια το 2015 και το 20230 (πηγή: UN Water) .....	6
Εικόνα 2: Παγκόσμια κατανάλωση γλυκού νερού και παραγωγή υγρών αποβλήτων ανά τομέα (πηγή: United Nations World Water Development Report, 2017) .....	26
Εικόνα 3: Παγκόσμια χρήση ανακτώμενου νερού (πηγή: United Nations World Water Development Report, 2017) .....	27
Εικόνα 4: Η μονάδα επεξεργασία αποβλήτων του Αμβούργου (πηγή: Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων) .....	34
Εικόνα 5: Σχηματική απεικόνιση κατακόρυφης και υπό κλίσης τεχνικής εσχάρωσης .....	37
Εικόνα 6: Σχηματική απεικόνιση των δύο διαφορετικών τρόπων προσρόφησης με χρήση ενεργού άνθρακα .....	43
Εικόνα 7: Χαρακτηριστικά αστικών αποβλήτων και ικανότητα καθαρισμού των διαφόρων σταδίων επεξεργασίας .....	47
Εικόνα 8: Διαχείριση υγρών αστικών αποβλήτων στις μεγάλες πόλεις της Ε.Ε. το 2016 (πηγή: European Environment Agency).....	52
Εικόνα 9: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων (πηγή: Κοινή Υπουργική Απόφαση 145116/2011) .....	56
Εικόνα 10: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα (πηγή: Κοινή Υπουργική Απόφαση 145116/2011).....	58
Εικόνα 11: Η διαδικασία της εσχάρωσης στο εργοστάσιο της Ζυρίχης.....	77
Εικόνα 12: Άποψη της μονάδας επεξεργασίας στη Ζυρίχη .....	80
Εικόνα 13: Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων Ιωαννίνων (πηγή: Λέκκα, 2013) .....	82
Εικόνα 14: Δεξαμενή αποφωσφόρησης στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων Ιωαννίνων (Λέκκα, 2013) .....	86
Εικόνα 15: Άποψη της μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Ψυττάλεια (πηγή: διαδίκτυο).....	88

Εικόνα 16: Γράφημα της διαχείρισης της απόβλητης λάσπης στην Ελλάδα το 2018  
(πηγή: WISE Freshwater) .....94

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Υγρά αστικά απόβλητα

Στη σύγχρονη κοινωνία, το νερό είναι το αγαθό που ο άνθρωπος έχει μεγαλύτερη ανάγκη. Με τις ανθρώπινες κοινωνίες να δομούνται από καταβολής κόσμου, γύρω από μεγάλους όγκους νερού, είναι σαφές πως, όπου υπάρχει νερό ικανό για κατανάλωση και άρδευση, τότε θα υπάρχει και προηγμένος ανθρώπινος πολιτισμός. Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής, όμως, το νερό έχει αρχίσει και γίνεται, τοπικά, ένα αρκετά δυσεύρετο και υπερπολύτιμο αγαθό, με τους πολέμους του μέλλοντος να εκτιμάται πως θα γίνουν για χάρη του.

Το 70% της επιφάνειας της Γης καλύπτεται από νερό, ωστόσο, το 98% αυτού είναι αλμυρό νερό, κάτι που σημαίνει πως είναι και ακατάλληλο για οικιακή και γεωργική χρήση. Από το εναπομείναν 2% της παγκόσμιας ποσότητας νερού, το 87% βρίσκεται υπό μορφή πάγου ή χιονιού, σε στερεή, δηλαδή, φάση, το 12% βρίσκεται σε υπόγειες πηγές και ποτάμια, ενώ μόλις το 1% αυτού είναι άμεσα προσβάσιμο σε επίγειες πηγές (λίμνες, ποτάμια, καταρράκτες, αναβλύζουσες πηγές κ.λπ.). Αυτό καταδεικνύει και τη σπουδαιότητα του υπόγειου νερού με μόνο το δεδομένο ότι το διαθέσιμο γλυκό νερό στο υπέδαφος είναι σχεδόν 30 φορές περισσότερο από αυτό στην επιφάνεια του εδάφους. Πρέπει να τονιστεί, στο σημείο αυτό, πως το νερό αυτό για να είναι μονίμως διαθέσιμο, θα πρέπει να ανανεώνεται με φυσικό τρόπο ώστε η παγκόσμια επάρκεια νερού να μην αντιμετωπίζει πρόβλημα.

Η συνεχής προσπάθεια του ανθρώπου να καλύψει τις σύγχρονες ανάγκες του σε όλα τα επίπεδα, έχει οδηγήσει στην παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων, υγρών, στερεών και αέριων, η διάθεση των οποίων γίνεται, μέχρι και σήμερα, σε ένα μεγάλο ποσοστό σε έναν αποδέκτη-οικοσύστημα.

Με την εντατικοποίηση της βιομηχανίας και τη σταδιακή εκβιομηχάνιση της πλειονότητας των χωρών, άρχισε η παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αστικών και άλλων υγρών αποβλήτων, κάτι που επιβάρυνε σημαντικά το περιβάλλον. Το πρόβλημα θεωρήθηκε πως θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με τη μελέτη και κατασκευή εργοστασίων επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων, ωστόσο οι μονάδες αυτές χαρακτηρίζονταν από μεγάλα προβλήματα κόστους, λειτουργίας και γενικά διαχείρισης των διαδικασιών διαχείρισης του νερού.

Με τους ενεργειακούς και οικονομικούς πόρους να γίνονται ολοένα και πιο περιορισμένοι, θα πρέπει να επιλέγονται τεχνικές λύσεις που θα προάγουν τη βιώσιμη ανάπτυξη, θα έχουν μικρές ενεργειακές απαιτήσεις και θα κοστίζουν το λιγότερο δυνατό. Σε αρκετές χώρες, η ανάγκη για ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων γίνεται επιτακτική για την προστασία του περιβάλλοντος, την αύξηση της παραγωγικότητας της γεωργίας και την αστική και τουριστική ανάπτυξη. Αιχμή του δόρατος της διαχείρισης των υδατικών πόρων είναι η ανάπτυξη και αξιοποίηση μη συμβατικών μεθόδων κατεργασίας, όπως είναι η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για την κάλυψη των ολοένα και αυξανόμενων υδατικών αναγκών. Έτσι, στις μέρες μας, πολλά κράτη αλλά και διεθνείς οργανισμοί θεσπίζουν κανονισμούς/οδηγίες που θα συμβάλλουν στην ασφαλή χρήση των εκροών υγρών αποβλήτων με πλείστες χρήσεις.

Η παραδοσιακή διαχείριση στις αναπτυγμένες κοινωνίες, με τις μεγάλες και διαρκείς ενεργειακές ανάγκες, διαπιστώθηκε πως είναι ανεπαρκής. Πλέον, κρίθηκε επιβεβλημένη όχι μόνο η διαχείριση αλλά και η ανάκτηση και επανάχρησή του. Πλέον, γίνεται αντιληπτό πως, αν και περιστοιχίζομαστε από νερό, το διαθέσιμο μέρος του για κατανάλωση ολοένα και μειώνεται, απόρροια των λάθους επιλογών στον τρόπο που δομείται και αναπτύσσεται η κοινωνία και εκσυγχρονίζεται η ανθρώπινη ζωή.

Ωστόσο, η επιστημονική πρόοδος και η σταδιακή μεταβολή στη νοοτροπία που επιδεικνύει ο άνθρωπος εντός του πλαισίου μιας κοινωνίας, αλλά και η ανάγκη για μια αειφόρο διαχείριση των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος εν γένει, έχουν συμβάλλει ώστε να αναγνωρισθεί το φαινόμενο της αυξανόμενης ανεπάρκειας σε νερό, να μελετηθεί ώστε να εντοπιστούν τα αίτιά του και να βρεθούν λύσεις για την αντιμετώπισή του, βάσει θεσμοθετημένων προγραμμάτων, στα πλαίσια εθνικών πολιτικών.

Είναι πλέον κοινά αποδεκτό πως το πόσιμο νερό είναι ένα αγαθό υπό ανεπάρκεια, με την κυριότερη αιτία της μείωσής του, την υπερκατανάλωση να συμπληρώνεται και από τη διατάραξη του κύκλου του νερού ως αποτέλεσμα της αστικοποίησης και της περιβαλλοντικής ρύπανσης.

Η λύση στο παραπάνω πρόβλημα δείχνει απλή: να αφεθεί η φύση ελεύθερη να εκτελέσει ανεμπόδιστα της φυσικές της διεργασίες. Φροντίζοντας για την ομαλή λειτουργία του υδρολογικού κύκλου, εξασφαλίζεται η δυνατότητα της αειφόρου

ανανέωσής του. Με τη βοήθεια των σύγχρονων τεχνολογικών μέσων, το νερό θα μπορεί να αποτελέσει προσιτό αγαθό για όλο τον κόσμο (Γκοτούδης, 2015).

Ως φαινόμενο, η υδατική ανεπάρκεια απασχολεί την ανθρωπότητα από την αρχή της ιστορίας της και προκύπτει από δύο βασικά γεγονότα που χαρακτηρίζουν την ύπαρξή του ως φυσικό πόρο: τη μικρή του ποσότητα και τη γεωγραφική ανισοκατανομή των αποθεμάτων του.

Μέχρι και σήμερα, υπάρχουν χώρες με θεμελιώδη προβλήματα στην εύρεση νερού, με το φαινόμενο να μην βελτιώνεται, αλλά να παρουσιάζει αυξητικές τάσεις, απόρροια της κλιματικής αλλαγής. Στη δεκαετία του 1960, υπήρχαν επτά χώρες με καταγεγραμμένα υδατικά προβλήματα. Τη δεκαετία του 1990 ο αριθμός αυτός ανέβηκε στις είκοσι, με τις προβλέψεις ενόψει 2025 να μιλούν για τριάντα συνολικά χώρες. Βάσει στοιχείων της Παγκόσμιας Μετεωρολογικής Οργάνωσης, μόλις 35% των χωρών έχει άφθονα υδατικά αποθέματα, ενώ το 51% των χωρών μετά βίας μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες των πολιτών τους. Η αυξητική αυτή τάση οφείλεται σε έναν ακόμη παράγοντα, που δρα προσθετικά στα πρόβλημα. Πρόκειται για την υπερκατανάλωση του ύδατος από τις προηγμένες κοινωνίες, η οποία έχει πάρει ανεξέλεγκτες διαστάσεις.

Στην προσπάθειά του να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσής του, ο σύγχρονος άνθρωπος στράφηκε διακαώς προς το νερό, η ζήτηση για το οποίο ανέβηκε κατακόρυφα τον τελευταίο αιώνα. Χρησιμοποιήθηκαν όμως αναπτυξιακά μοντέλα τα οποία δεν έλαβαν υπόψη τους την αξία και τη μη ανανεωσιμότητα του πόσιμου νερού με βάση τις μέχρι τώρα προτιμώμενες πρακτικές.

Η ανάγκη για περισσότερη παραγωγή τροφής λόγω της αύξησης του πληθυσμού της γης, έχει ως αποτέλεσμα να καταστρέφονται υγρότοποι ώστε να γίνουν καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Αυτό, οδήγησε και σε υπεράντληση υπόγειων υδάτων από ανεξέλεγκτες γεωτρήσεις. Η βιομηχανική παραγωγή χρησιμοποίησε και εξακολουθεί να χρησιμοποιεί τεράστιες ποσότητες νερού καθημερινά, ενώ το επιστρέφει στον υδροφόρο ορίζοντα μολυσμένο. Έτσι, επιβαρύνει το υδατικό ισοζύγιο και την ποιότητα του νερού στις περιοχές που εγκαθίσταται.

Μεγάλο ρόλο έχουν παίζει και οι σύγχρονες πόλεις. Οι μεγάλες ποσότητες τσιμέντου που πέφτουν σε αυτές, κλείνουν φυσικές διόδους διαφυγής του νερού, με τον κύκλο

του νερού να διαταράσσεται, μιας και οι φυσικές λεκάνες απορροής εξαντλήθηκαν και ξεράθηκαν.

Μερικούς φραγμούς στην αλόγιστη χρήση του νερού έβαλε η εμπορευματοποίησή του και η θεώρησή του ως οικονομική αξία. Ωστόσο, αυτό δεν βελτίωσε την άμεση πρόσβαση στο νερό και την ισονομία στη χρήση του. Ως αγαθό σε έλλειψη, το νερό πολιτικοποιήθηκε και η διαχείρισή του πέρασε στα χέρια πολυεθνικών που φρόντισαν για τη μεταφορά του σε περιοχές που δεν είχαν δυνατότητες πρόσβασης σε αυτό, πάντα με βλέμμα προς το οικονομικό όφελος όμως.

Δεν προσφέρθηκε όμως ως κοινωνικό αγαθό, αλλά ως μέσο εξουσίας και ελέγχου στα χέρια μικρών κοινωνικών ομάδων. Ως αποτέλεσμα, μεγάλα μέρη των τοπικών κοινωνιών έμεινα αποκλεισμένα από την άμεση χρήση του, όντας πλήρως εξαρτώμενα από τους παρόχους νερού για την απόκτησή του.

Δεν είναι, άρα, υπερβολική η άποψη πως το νερό και η προβληματική του διαχείριση μπορούν να αποτελέσουν αιτία πολεμικών διενέξεων μελλοντικά, κατά τα πρότυπα των πολέμων για τα «μάτια» του πετρελαίου, πίσω στον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Αν ληφθεί, δε, υπόψη πως το ίδιο το νερό είναι συνυφασμένο με τη διαχείριση του νερού, αφού, σε μεγάλο ποσοστό, το πετρέλαιο χρησιμοποιείται ως μέσο παραγωγής ενέργειας για τη μεταφορά και τον ανεφοδιασμό των πόλεων, των άνυδρων περιοχών, και των αγροτικών εκτάσεων, τότε το ενδεχόμενο πολεμικών συρράξεων για την υδατική κυριαρχία φαντάζει αναπόφευκτο.

Χαρακτηριστικό, ιστορικά, παράδειγμα είναι αυτό της Αιγύπτου και του Νείλου. Ο Νείλος παρά το γεγονός πως διασχίζει όλη την Αίγυπτο, πηγάζει κατά κύριο λόγο από το Σουδάν και την Αιθιοπία. Οι χώρες αυτές, έχουν το πλεονέκτημα έναντι της Αιγύπτου, δεδομένου ότι με κατάλληλα μέσα, όπως φράγματα, μπορούν να προκαλέσουν υδάτινη ασφυξία στην Αίγυπτο, της οποίας όλη η οικονομία και ευζωία των κατοίκων εξαρτώνται από τα κυβικά μέτρα νερού που καθημερινά διαρρέουν μέσω του Νείλου. Αντίστοιχο είναι και το παράδειγμα της λεκάνης του Τίγρη και του Ευφράτη, στο σημερινό Ιράκ. Οι πηγές των δύο αυτών ποταμών βρίσκονται κατά κύριο λόγο στην Τουρκία, η οποία απειλεί με περιορισμό στην πρόσβαση του νερού το Ιράκ και τη Συρία, χώρες με υπαρκτό πρόβλημα πρόσβασης στο νερό, που εξαρτώνται στο 100% από τα αποθέματα νερού των δύο αυτών ποταμών.

Αντίστοιχο, αν και μικρότερης έκτασης, πρόβλημα έχει και η χώρα μας με τη λεκάνη απορροής του Αξιού ποταμού. Από τα συνολικά 22.250 km<sup>2</sup> της λεκάνης, μόλις τα 2.513 βρίσκονται σε ελληνικό έδαφος και εξ' αυτών μόλις τα 1.636 km<sup>2</sup> αποτελούν το τελευταίο τμήμα του ποταμού που εκβάλλει στη θάλασσα, κάτι που καθιστά τη μελλοντική του ύπαρξη και χρήση αβέβαιη.

Καταλήγοντας σε κάποιο πρωτογενές συμπέρασμα, στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, μπορούμε να ισχυριστούμε πως το πρόβλημα της υδατικής ανεπάρκειας οφείλεται εν γένει στη γεωγραφική ανισοκατανομή των αποθεμάτων του, στην αστικοποίηση και την υπερκατανάλωσή του από τις προηγμένες κοινωνίες. Αποτελεί, ωστόσο, και προϊόν των σχέσεων των κρατών, των φιλοδοξιών των πολυεθνικών για τη διαχείρισή του, ενώ είναι και αποτέλεσμα του πολεμικού μετώπου που έχει ανοίξει ο άνθρωπος απέναντι στη φύση, ώστε να διασφαλίσει εγωιστικά την αποκλειστικότητα της χρήσης του.

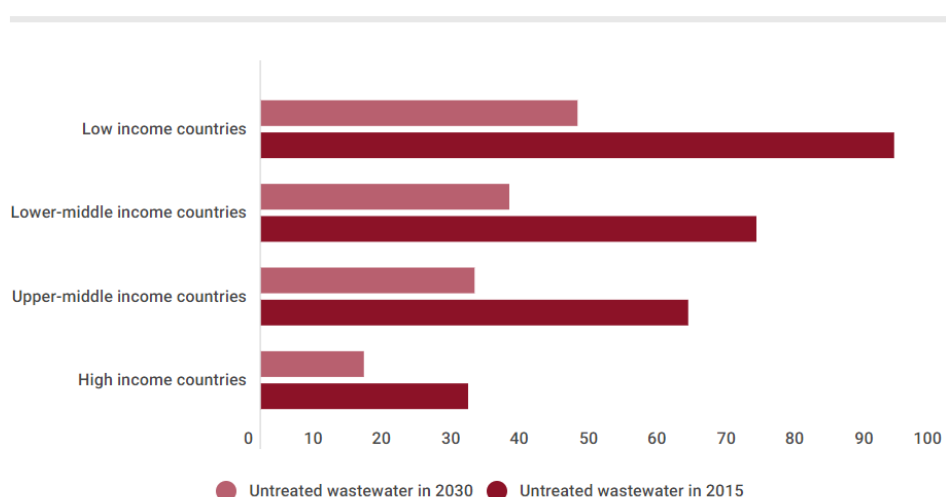
Η λύση εμπεριέχεται στη συνειδητοποίηση πως το νερό αποτελεί φυσικός πόρος τεράστιας οικολογικής σημασίας για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητας, την κλιματική ισορροπία, την υγιεινή διαβίωση, τη διατροφή και την αναψυχή του ανθρώπου.

Πέραν κάθε οικονομικού μεγέθους, το νερό οφείλει να είναι φυσικό αγαθό και θα πρέπει να διασφαλίζεται η αειφόρος χρήση του από τις μελλοντικές γενιές. Το εγχείρημα φαντάζει δύσκολο στην επίτευξή του, ειδικά όταν αυτό θα πρέπει να ενταχθεί ως φιλοσοφία και μεθοδολογία σε μια κοινωνία της οποίας η ίδια καθαυτή ανάπτυξη έχει πατήσει πάνω στην υπερκατανάλωση του νερού. Δεν χρειάζεται, όμως, τίποτα άλλο πέρα από το να αφεθεί η φύση να επιτελέσει απερίσπαστη το έργο της, δηλαδή την ανακύκλωση του νερού στον πλανήτη μέσω της ομαλής λειτουργίας του κύκλου του νερού. Χρειάζεται, λοιπόν, ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης.

Βάσει δεδομένων της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων, το 2022 υπάρχουν περίπου 2.3 δις άνθρωποι ανά την υφήλιο που ζουν σε χώρες με υπαρκτά προβλήματα παροχής νερού, με το νερό που αναλογεί σε κάθε άτομο να είναι κάτω από 1700 m<sup>3</sup>/y. Ωστόσο, κάθε χρόνο, τα υγρά αστικά απόβλητα που παράγονται σε παγκόσμια κλίμακα ισοδυναμούν με 380 δις m<sup>3</sup>. Η συγκεκριμένη τιμή, μάλιστα αναμένεται να ανέβει κατά 24% έως το 2030 και κατά το ήμισυ έως το 2050. Δεν θα πρέπει, ωστόσο, το υγρό

αστικό απόβλητο να αντιμετωπίζεται ως πρόβλημα, παρά ως μια ευκαιρία προς αξιοποίηση.

Μέσω των αστικών αποβλήτων, μπορεί να ανακτηθεί νερό, ενέργεια και θρεπτικά στοιχεία. Ορισμένες χώρες έχουν έρθει εδώ και χρόνια στη συνειδητοποίηση αυτή, με την οπτική των μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων να ξεφεύγει από τα στενά πλαίσια της απλής επεξεργασίας τους ως ρυπαντικά στοιχεία. Πλέον, αρχίζουν να αντιμετωπίζονται διαφορετικά, με τις μονάδες αυτές να θεωρούνται πλέον μονάδες **ανάκτησης** και όχι επεξεργασίας. Στις συγκεκριμένες μονάδες δύναται να παραχθεί νερό, να γίνει ανάκτηση θρεπτικών στοιχείων αλλά και να μειωθούν τα ποσά CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα μέσω της παραγωγής ενέργειας με ανανεώσιμο τρόπο εντός αυτών. Περισσότερα για την κατεύθυνση αυτή θα αναφερθούν σε επόμενο κεφάλαιο, ωστόσο.



Εικόνα 1: Ποσοστά διαχείρισης υγρών αποβλήτων με εισοδηματικά κριτήρια το 2015 και το 2030 (πηγή: UN Water)

Το παραπάνω γράφημα αποτελεί επικύρωση της διαπίστωσης των χωρών πως υπάρχουν πολλά οφέλη από την ολιστική αντιμετώπιση των υγρών αστικών αποβλήτων. Μπορεί μιν να υπάρχει ξεκάθαρη διάκριση που οφείλεται στην ευρύτερη οικονομική κατάσταση μιας χώρας, ωστόσο οι εκτιμήσεις για το 2030 δείχνουν πως, ανεξαρτήτως εισοδήματος, τείνει να μειωθεί κατά το ήμισυ το ποσό των αποβλήτων που αφήνονται χωρίς να διαχειριστούν. Η ανάγκη για τις πιο φτωχές χώρες, μάλιστα, είναι επιτακτική, καθώς αυτές είναι που συνδέονται στις περισσότερες περιπτώσεις με περιορισμένη πρόσβαση στο νερό, ενεργειακή εξάρτηση και περιορισμένη γεωργική παραγωγή.



## 1.1 Ποσοτική και ποιοτική σύσταση του νερού

Η ποιοτική σύσταση του υπόγειου νερού εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων, όπως:

- Η χημική σύσταση των πετρωμάτων
- Η κίνηση και ο χρόνος παραμονής του νερού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα
- Η χημική σύσταση των κατακρημνισμάτων
- Οι ανθρωπογενείς επιδράσεις
- Η διείσδυση του θαλασσινού νερού στους παράκτιους υδροφόρους

Η ποιοτική υποβάθμιση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών επιδράσεων, σχετιζόμενη άμεσα με:

- Τη γεωργική δραστηριότητα (λιπάσματα, φυτοφάρμακα, απόβλητα από γεωργικές και κτηνιατρικές εκμεταλλεύσεις κ.λπ.)
- Τη βιομηχανία (υγρά και στερεά χημικά απόβλητα κ.λπ.)
- Την οικιστική ανάπτυξη (υγρά και στερεά οικιακά λύματα).

Μια ακόμη, κρίσιμη παράμετρος που επηρεάζει την ποιότητα των υπόγειων υδροφορέων είναι τα λιπάσματα. Τα στοιχεία των λιπασμάτων δύναται να απορροφηθούν από τους υπόγειους υδροφόρους, κάτω από αρδευόμενες εκτάσεις. Εξάιρεση στο παραπάνω αποτελούν τα αργιλώδη εδάφη, τα οποία χαρακτηρίζονται από μικρή απορροφητικότητα. Τα νιτρικά ιόντα είναι ουσίες που χρησιμοποιούνται στη γεωργία και θέτουν τους περισσότερους κινδύνους για τον άνθρωπο. Η μείωση αυτών των ιόντων στο νερό επιτυγχάνεται με τη σταδιακή απομάκρυνση της γεωργίας από επικίνδυνα χημικά λιπάσματα και τη μετάβαση στη βιολογική καλλιέργεια. Τα τελευταία 30 χρόνια, έχει αυξηθεί κατά πολύ η χρήση των συνθετικών λιπασμάτων. Η διήθηση των νιτρικών προς το υπόγειο νερό εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται, το πόσο διαπερατό είναι το έδαφος και το πόσο γρήγορα μπορεί αυτό να απορροφήσει τα άλατα.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση φυτοφαρμάκων στο πόσιμο νερό είναι ίση με 0,1 μg/L, ωστόσο αυτό το όριο παραβιάζεται αρκετά σε περισσότερα υπόγεια ύδατα. Έχουν εντοπιστεί συγκεντρώσεις ουσιών που βρίσκονται σε φυτοφάρμακα, όπως

ατραζίνη και χλωροπροπάνια, 10 φορές μεγαλύτερες από το επιτρεπτό όριο, ήτοι 1 μg/L.

Τα υπόγεια υδατικά συστήματα έχουν μικρές ταχύτητες ροής νερού και μεταφοράς μάζας ουσιών. Έτσι, καθυστερούν μερικές δεκαετίες να εμφανιστούν οι ουσίες από την επιφάνεια του εδάφους στους υπόγειους υδροφορείς και η υποβάθμιση των υπόγειων υδάτων είναι αργή διαδικασία. Σύμφωνα με την Υπηρεσία Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA), μια ουσία μπορεί να καταλήξει στους υδροφορείς αν η διαλυτότητα στο νερό είναι μεγαλύτερη από 30 ppm, ο συντελεστής κατανομής (Kd) μικρότερος από 5, η ημιπερίοδος ζωής για υδρόλυση μεγαλύτερη των 25 εβδομάδων ή 2-3 εβδομάδες για το έδαφος, ενώ και η έντονη βροχόπτωση επηρεάζει την ταχύτερη μεταφορά τους στους υδροφορείς.

## 1.2 Κατηγορίες υγρών αποβλήτων

Τα απόβλητα που καταλήγουν σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων διακρίνονται σε κατηγορίες, ανάλογα με τον «τόπο» προέλευσής τους. Έτσι, χωρίζονται σε:

- **Αστικά απόβλητα**, τα οποία προέρχονται από σπίτια, γραφεία, σχολεία, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κ.λπ.
- **Βιομηχανικά απόβλητα**, τα οποία διοχετεύονται από τις βιομηχανίες και τις βιοτεχνίες, χωρίς επεξεργασία ή με ελάχιστη επεξεργασία από πλευράς τους.
- **Επιφανειακά νερά απορροής**, τα οποία είναι νερό βροχής μαζί με προϊόντα έκπλυσης των δρόμων που καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα.
- Νερά που εισρέουν στο αποχετευτικό σύστημα λόγω της **μη απόλυτης στεγανότητάς του**, και προέρχονται από τον υδροφόρο ορίζοντα, μαζί με τα νερά επιφανειακής απορροής. (Rowe, 1995).

Ως αστικά λύματα θεωρούνται τα υγρά οικιακά απόβλητα, στα οποία περιέχονται και υγρά απόβλητα από νοσοκομεία, υπηρεσίες κ.λπ. Τα λύματα αυτά περιέχουν αιωρούμενες και διαλυτές ανόργανες και οργανικές ουσίες που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες και από την ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται. Η σύσταση και η πυκνότητα των λυμάτων εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες των

κατοίκων, την κατανάλωση του νερού στην περιοχή που βρίσκεται η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, την εποχή, την ημερήσια διακύμανση κ.λπ. Τα βιομηχανικά απόβλητα απορρίπτονται κυρίως από κτήρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα, και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα.

### 1.3 Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Τα στάδια επεξεργασίας λυμάτων είναι συνήθως τρία και περιλαμβάνουν:

- **Μηχανικό καθαρισμό**, στον οποίο αφαιρούνται τα μεγάλα αντικείμενα, η άμμος και η καθίζηση.
- **Βιολογικός καθαρισμός**, στον οποίο αφαιρούνται οι οργανικές ενώσεις με τη βοήθεια αερισμού (διαδικασία οξυγόνωσης).
- **Χημικός καθαρισμός**, στον οποίο γίνεται χλωρίωση, ή χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας ώστε να καταστραφούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.

Ας τα δούμε τα στάδια αυτά λίγο πιο αναλυτικά. Στο αρχικό στάδιο, απομακρύνονται υλικά όπως λίπη, έλαια και άμμος. Ύστερα αφαιρούνται μεγάλα αντικείμενα όπως ξύλα, κουτιά, σίδερα κ.λπ. Αυτά τα υλικά πρέπει να απομακρύνονται στο πρώτο στάδιο, καθώς εάν περάσουν στα επόμενα στάδια επεξεργασίας, όπου τα μηχανήματα κάνουν λεπτότερους χειρισμούς, τότε μπορεί να υπάρξουν ζημιές. Οι στερεές ουσίες κατακρατούνται από σχάρες. Στη συνέχεια, ακολουθεί η ιζηματογένεση, όπου τα βαριά λύματα ανεβαίνουν στην επιφάνεια (λάσπη, κόπρανα) και αφαιρούνται.

Στο δεύτερο στάδιο, αφαιρούνται βιολογικά υγρά απόβλητα, όπως τα ανθρώπινα απόβλητα και τα σαπούνια. Η απομάκρυνση αυτών γίνεται με αερόβια βιολογική επεξεργασία.

Στο τρίτο στάδιο, αυτό της χημικής επεξεργασίας, αφαιρείται η πλειονότητα των παθογόνων μικροοργανισμών, κυρίως με τη χρήση μεθόδων χημικής κατεργασίας. Κύριος σκοπός είναι η αφαίρεση του αζώτου και του φωσφόρου από το νερό. Το άζωτο βρίσκεται συνήθως στο νερό υπό τη μορφή αμμωνίας, κάτι που είναι θανατηφόρο για τα ψάρια. Επίσης, οι ανώσεις φωσφόρου (άλατα) μπορούν να προκαλέσουν το φαινόμενο του ευτροφισμού στις λίμνες.

Το καθαρό νερό, έπειτα από την επεξεργασία που του γίνεται, καταλήγει στα δίκτυα ύδρευσης που αποτελούνται από σωληνώσεις υπό πίεση, αντλίες, διακόπτες ροής, βαλβίδες αντεπιστροφής, μετρητές πίεσης και παροχής.

Η χρήση κλειστών αγωγών υπό πίεση επιτρέπει να διατηρηθεί η επιθυμητή όδευση με βάση τις απαιτήσεις για κατανάλωση, ανεξάρτητα από τους περιορισμούς της τοπογραφίας της περιοχής. Επίσης, αποκλείει τη μόλυνση του νερού που είναι πιο πιθανή στους ανοικτούς αγωγούς βαρύτητας. Όταν χρησιμοποιούνται ανοικτά κανάλια για τη μεταφορά του νερού σε μεγάλες αποστάσεις, θα πρέπει πάντα να ακολουθεί και καθαρισμός του νερού πριν τη διοχέτευσή του στο δίκτυο ύδρευσης.

Στόχος ενός συστήματος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι η επίτευξη μιας τελικής ποιότητας εκροών που θα είναι σύμφωνη με το ρυθμιστικό πλαίσιο που έχει τεθεί για τα επιτρεπτά όρια ποιότητας στους φυσικούς αποδέκτες.

Σχεδιαστικοί στόχοι του συνολικού συστήματος διαχείρισης των υγρών αποβλήτων από εγκαταστάσεις του κλάδου, αποτελούν:

- Η ελαχιστοποίηση του όγκου των εκροών (συνεπάγεται αύξηση του ειδικού ρυπαντικού φορτίου τους όμως)
- Η εξισορρόπηση των βραχυπρόθεσμων εξάρσεων
- Η κατά το δυνατόν παρεμβολή προ-επεξεργασιών, προκειμένου να απομακρυνθούν ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά και ρύποι, πριν την ανάμιξη εκροών από διαφορετικές πηγές.
- Η συνδυαστική διαχείριση αποβλήτων και ύδατος, που μπορεί να οδηγήσει σε ανακύκλωση των επεξεργασμένων ποσοτήτων, για την κάλυψη επιτόπιων αναγκών (Οδηγία 96/61/EC).

Μεγάλη σημασία για την απόδοση της επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων (ΥΑΑ κατά συντομογραφία) έχει η διακύμανση των ποιοτικών παραμέτρων τους. Το ρυπαντικό φορτίο των ΥΑΑ μπορεί να παρουσιάσει έντονη διακύμανση κατά τη διάρκεια ενός και μόνο 24ωρου.

## 1.4 Ο κύκλος του νερού

Το νερό αποτελεί το κυρίαρχο συστατικό στον πλανήτη Γη, με το 70% της επιφάνειάς της να καλύπτεται από νερό το οποίο βρίσκεται σε ωκεανούς, θάλασσες, λίμνες, πάγους, ποτάμια, υδρατμούς ή σε οποιαδήποτε άλλη μορφή, σχηματίζοντας αυτό που είναι γνωστό και ως **υδρόσφαιρα**. Με τη μέχρι σήμερα επιστημονική γνώση, το νερό είναι αναγκαίο για να συντηρήσει τη ζωή, ενώ είναι και το στοιχείο που την τροφοδότησε στη Γη, εκατομμύρια χρόνια πίσω. Παρά την ύπαρξη του νερού με κάποια μορφή παντού γύρω μας, το πόσιμο νερό, αυτό που μπορεί να καταναλωθεί από τον άνθρωπο για τη διαβίωσή του, είναι αρκετά περιορισμένο, με ένα μεγάλο μέρος αυτού μάλιστα να είναι υπόγειο. Επιφανειακά, το νερό είναι άνισα κατανεμημένο ανά την υφήλιο, δημιουργώντας κατά τόπους προβλήματα λειψυδρίας, ένα φαινόμενο διαχρονικό, εξ' αρχαιοτάτων χρόνων.

Το νερό της υδρόσφαιρας θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μια ενιαία παρουσία από τον άνθρωπο. Οι βροχοπτώσεις και οι χιονοπτώσεις επιστρέφουν το νερό που εξατμίστηκε από την επιφάνεια της Γης πάλι σε αυτή. Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος καλύπτεται από ωκεανούς, σε αυτούς είναι που επιστρέφει και η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού, με το υπόλοιπο να τροφοδοτεί λίμνες, ποτάμια, και τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Το νερό λοιπόν κάνει μια κυκλική πορεία, η οποία έχει παραμείνει γνωστή και ως **υδρολογικός κύκλος του νερού**. Κάθε τόπος, ανάλογα με τη γεωμορφολογία και τις υδρογεωλογικές του συνθήκες έχει ένα υδρολογικό ισοζύγιο.

Πέρα από το γεγονός πως είναι απαραίτητο για τη ζωή, το νερό δύναται να φέρει και καταστροφή επίσης, με τη μορφή μεγάλων πλημμυρών έπειτα από έντονες βροχοπτώσεις. Οι έντονες απορροές σε τέτοιες περιπτώσεις μπορούν να διαβρώσουν απότομα το φυσικό έδαφος και να οδηγήσουν σε κατολισθήσεις. Επίσης, οι έντονες κατακρημνίσεις, ανεβάζουν τοπικά τη στάθμη των θαλασσών, λιμνών και ποταμών, οδηγώντας σε υπερχείλιση των όποιων φραγμάτων μεταξύ αυτών και των αστικών περιοχών, εισρέοντας νερό στις πόλεις, αλλά και στους υπόγειους υδροφορείς. Στην περίπτωση που αυτό γίνεται με αλμυρό νερό, τότε ο υδροφορέας υποβαθμίζεται, το τοπικό υδρολογικό ισοζύγιο διαταράσσεται και μειώνονται τα αποθέματα πόσιμου νερού.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, όμως, οι καταστροφές του νερού είναι αποτέλεσμα της άμεσης ή έμμεσης ανθρώπινης παρέμβασης. Ο άνθρωπος συχνά αλλοιώνει το φυσικό τοπίο είτε για να κατοικήσει είτε για να εκμεταλλευτεί τις πρώτες ύλες που αυτό προσφέρει. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε φαινόμενα, των οποίων η ένταση ξεπερνά τη σφοδρότητα αντίστοιχων γεωλογικών φαινομένων.

Από περιβαλλοντική σκοπιά, το νερό μπορεί να θεωρηθεί:

1. **Προσβάλλον στοιχείο:** η αλληλεπίδρασή του με τη στερεή φάση (πετρώματα, έδαφος) μεταβάλλει και τους δύο, άρα μεταβάλλει το περιβαλλοντικό πλαίσιο.
2. **Προβαλλόμενο στοιχείο:** ως υδατικά συστήματα, των οποίων η ποιότητα υποβαθμίζεται και μεταβάλλεται η ποσότητα.
3. **Ταυτόχρονα προσβάλλον και προβαλλόμενο στοιχείο:** είναι προσβάλλον μέχρι να ενσωματωθεί από ένα υδατικό σύστημα και στη συνέχεια είναι προσαλλόμενο στοιχείο του συστήματος αυτού.

Το νερό που υπάρχει στη Γη, βρίσκεται στον πλανήτη από την εποχή της δημιουργίας του κόσμου, με τη συνολική του ποσότητα να μην αυξάνεται αλλά και να μην μειώνεται, μέσω της αέναης κίνησής του στα επιμέρους συστήματα της Γης, κινούμενο εντός ενός διαρκούς κύκλου μεταξύ εδάφους, φυτών, ανθρώπου, ωκεανών και ατμόσφαιρας.

Παρά την κίνηση του νερού, μέσω των διαφόρων φυσικών μηχανισμών, το ευρύτερο σύστημα της βιόσφαιρας της Γης δεν επιτρέπει την ανταλλαγή ύλης, έτσι ούτε μπορεί να δεχτεί αλλά ούτε και να χάσει νερό.

Η ποσότητα του επιφανειακού γλυκού νερού που βρίσκεται σε λίμνες και ποτάμια είναι ίση με 93.100 κυβικά χιλιόμετρα, αντιπροσωπεύοντας μόλις το 1/700 της συνολικής ποσότητας νερού στον πλανήτη μας. Για να είναι, βέβαια, ακόμα και αυτή η ποσότητα νερού διαθέσιμη, θα πρέπει να ανανεώνεται συνεχώς, ώστε να μην αντιμετωπίζει πρόβλημα ο πληθυσμός με την επάρκεια του νερού παρά μόνο στις περιοχές που τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά δεν επιτρέπουν κάτι διαφορετικό (έρημοι).

Το νερό είναι μέγιστος φυσικός πόρος για τον άνθρωπο, μιας και:

- Αποτελεί δομικό στοιχείο των φυτικών οργανισμών
- Είναι βασικό συστατικό του ανθρώπινου οργανισμού, αφού πάνω από το 60% του ανθρώπινου σώματος αποτελείται από νερό. Επίσης, είναι μέσο διάσπασης

των τροφών σε ιχνοστοιχεία, τα οποία είναι και αυτά που απορροφά ο άνθρωπος για τη συντήρηση και ανάπτυξή του.

- Είναι κινητήριος δύναμη για τον μεταβολισμό στα έμβια όντα, απομακρύνοντας τοξικές ουσίες μέσω της αρωγής της λειτουργίας των νεφρών.
- Είναι ρυθμιστής της παγκόσμιας θερμοκρασίας του πλανήτη και της ατμοσφαιρικής σύστασης.
- Είναι πηγή γεωλογικών φαινομένων και σχηματισμών, λόγω της διαβρωτικής του δύναμης η οποία μπορεί να μετασχηματίσει οποιονδήποτε εδαφικό όγκο. Επίσης, η μετακίνηση υπόγειων υδάτων μπορεί να προκαλέσει καθιζήσεις και μεταβολές στη χλωρίδα και την πανίδα.

Ο άνθρωπος χρησιμοποίησε το νερό για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του με μεγάλη ευκολία, κάτι που οδήγησε σε αλόγιστη μεταχείρισή του και έδωσε το έναυσμα για έντονο προβληματισμό στις μέρες μας αναφορικά με το κατά πόσο είναι ένας πόρος που με τη διαχείριση που του γίνεται θα επαρκεί εσαεί. Η διαρκής αύξηση του πληθυσμού, σε συνδυασμό με την ολοένα και αυξανόμενη μερίδα ανθρώπων που αστικοποιείται, ζώντας σε ειρηνικό περιβάλλον, οδήγησαν σε υπερκατανάλωση του νερού. Από τις σημαντικότερες προκλήσεις, λοιπόν, του 21<sup>ου</sup> αιώνα είναι να μπει η διαχείριση του νερού σε ένα τέτοιο πλαίσιο, που θα επιτρέπει τη χρήση του για οικονομική ανάπτυξη, διαβίωση και ευημερία, χωρίς ωστόσο αυτό να κατασπαταλάται, αξιοποιώντας την υπευθυνότητα της ανθρώπινης κοινωνίας και τις τεχνολογίες αιχμής που μπορούν να επιστρέψουν το χρησιμοποιημένο νερό πίσω στον άνθρωπο.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Διαχείριση των υδατικών πόρων

### 2.1 Κατάσταση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα

Βάσει της Κοινοτικής Οδηγίας 2000/60 (η οποία ενσωματώθηκε με τον Ν.3199/2003), η Ελλάδα μπορεί να προχωρήσει σε κοινή διαχείριση των λεκανών απορροής. Επίσης, πρέπει να δοθεί βαρύτητα και στα ελληνικά νησιά, όπου υπάρχει έλλειμμα στην κάλυψη των αναγκών για νερό. Πρόκειται για ένα πολυπαραγοντικό πρόβλημα, καθώς υπεισέρχονται μεταβλητές όπως η απόσταση από της πηγές υδροδότησης, τα κόστη μεταφοράς, οι υποδομές για την παραλαβή και αποθήκευση πόσιμου νερού κ.λπ. Στις συγκεκριμένες περιοχές όμως, μεγάλο ποσοστό του τοπικού ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν) προέρχεται από τον τουρισμό, άρα με την εποχική αύξηση του πληθυσμού των ελληνικών νησιών και τις πιέσεις στο μέτωπο της οικονομίας, η σωστή διαχείριση του νερού στα μέρη αυτά αποτελεί εθνική προτεραιότητα.

Μαζί με τα νησιά, προτεραιότητα οφείλει να αποτελέσει και η διαχείριση του νερού στη γεωργία, η οποία σήμερα αντιστοιχεί σχεδόν στο 85% της συνολικής κατανάλωσης της χώρας σε νερό. Η πρακτική της υπεράντλησης υπόγειων υδροφορέων για την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών έχει οδηγήσει σε φαινόμενα υφαλμύρωσης, στην αλάτωση του εδάφους και, εν τέλει, την ερημοποίηση της γης.

Η οικονομική ανάπτυξη, η έντονη αστικοποίηση και οι αλλαγές στις καταναλωτικές συνήθειες είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση των στερεών αποβλήτων. Μεταξύ 1995 και 2002, υπήρξε 42,5% αύξηση στα στερεά αστικά απόβλητα. Εξακολουθούν, ακόμα και σήμερα, να χρησιμοποιούνται ακατάλληλοι τρόποι διάθεσης και διαχείρισης αποβλήτων, προκαλώντας υποβάθμιση επιφανειακών και υπόγειων νερών, ατμοσφαιρική ρύπανση και δασικές πυρκαγιές. Ωστόσο, έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος όσον αφορά τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων και της λυματολάσπης.

Τα προβλήματα διαχείρισης νερού στην Ελλάδα αφορούν ζητήματα ποσότητας και όχι ποιότητας. Η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων και των βροχοπτώσεων προκαλεί τοπικά προβλήματα διαθεσιμότητας νερού. Η γεωργία αποτελεί τον βασικό καταναλωτή, ενώ η ζήτηση για άρδευση διπλασιάστηκε την τελευταία εικοσαετία. Υπολογίζεται πως τα επόμενα χρόνια θα επιτευχθεί περαιτέρω μείωση, η οποία θα προκύψει από την εφαρμογή νέων ευρωπαϊκών οδηγιών και κανονισμών,



εκσυγχρονισμό και ανανέωση των δικτύων άρδευσης, εκπαίδευση των αγροτών σχετικά με ορθές γεωργικές πρακτικές κ.λπ. Έχει σημειωθεί, επίσης, σημαντική πρόοδος και στη διαχείριση των αστικών αποβλήτων, με το 70% του ελληνικού πληθυσμού να εξυπηρετείται από μονάδες διαχείρισης αποβλήτων εν έτει 2004, ποσοστό που έχει αυξηθεί σημαντικά κατά την τελευταία δεκαετία, δεδομένης της πολιτικής που ακολουθεί η Ε.Ε. για «πράσινα» έργα γύρω από τη διαχείριση των αποβλήτων αλλά και της οικονομικής στήριξης αυτών.

Σημαντικό πρόβλημα είναι αυτό της κατά κεφαλήν κατανάλωσης νερού στη χώρα μας, όπου έχουμε παραδοσιακά από τις υψηλότερες τιμές σε διεθνή κλίμακα. Τη στιγμή της σύνταξης της παρούσας εργασίας, η κατά κεφαλήν κατανάλωση της χώρας μας σε νερό είναι 5.470 lt/έτος, στα ίδια περίπου πλαίσια με την Πορτογαλία και τη Λιθουανία. Σήμερα, σε μια περίοδο που η ανησυχία για την επάρκεια του νερού μεγαλώνει (ειδικά υπό τη σκιά της κλιματικής αλλαγής και της διατάραξης του υδρολογικού κύκλου και της ευεργετικής επίδρασης της βροχής), χρησιμοποιείται ευρέως ο όρος «αποτύπωμα νερού», το οποίο εκφράζει το πραγματικό νερό που χρησιμοποιείται, όχι μόνο άμεσα για κατανάλωση, καθαριότητα κ.λπ., αλλά και έμμεσα μέσω όλων των προϊόντων που καταναλώνονται και χρειάζονται το νερό για την παραγωγή τους. Μπορεί να εκφραστεί σε επίπεδο ατομικής κατανάλωσης, σε επίπεδο προϊόντος ή και σε επίπεδο κράτους, ακόμα. Για το αποτύπωμα του νερού παρατηρείται αναλογία με αυτή του χάρτη για τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Δηλαδή, η υψηλή κατανάλωση νερού συμβαδίζει με τις μεγάλες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Χώρες όπως οι ΗΠΑ, τα δυτικά κράτη της Ε.Ε. και η Ρωσία βρίσκονται στην πρώτη γραμμή της κατανάλωσης νερού, υιοθετώντας ενεργοβόρα και υδροβόρα μοντέλα οικονομικής ανάπτυξης.

Συμπερασματικά, το πιο κρίσιμο ζήτημα είναι η αποτελεσματική χρήση του νερού στον αγροτικό τομέα, μιας και η Ελλάδα χρησιμοποιεί τη μερίδα του λέοντος του διαθέσιμου νερού της στον τομέα αυτό. Πρέπει να αποσυνδεθεί η έννοια της οικονομικής ανάπτυξης από την αυξανόμενη κατανάλωση νερού, καθώς θα πρέπει να γίνουν προσπάθειες για εξοικονόμηση του νερού και βελτιστοποίηση των πρακτικών της γεωργικής παραγωγής αλλά και στον βιομηχανικό κλάδο.

Πάνω από το 60% του νερού που αντλείται από την Ελλάδα και προέρχεται από πηγές, λίμνες και ποτάμια, χάνεται στη διαδρομή, χωρίς να φτάσει στον στόχο του. Η μεγαλύτερη σπατάλη νερού συναντάται στη γεωργία, ελλείπει κλειστών δικτύων και κακών γεωργικών πρακτικών. Επίσης, μέρος του νερού που αξιοποιείται εκεί,

επιστρέφει ρυπασμένο από λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Ωστόσο, οι απώλειες νερού στις πόλεις δεν είναι αμελητέες, ιδίως στα μεγάλα αστικά κέντρα, όπου ξεπερνούν το 30% του νερού που ζητείται εκεί (Η Καθημερινή, 2008).

Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων έχει συμβάλει σε σημαντικό βαθμό στην ελαχιστοποίηση των όποιων προβλημάτων επιβάρυνσης ευαίσθητων παράκτιων ή εσωτερικών υδάτινων αποδεκτών. Τελευταία, κερδίζουν έδαφος τα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης ISO 14000, EMAS και Οικολογικού Σήματος στον επιχειρηματικό τομέα, ενώ η εφαρμογή της Οδηγίας 96/61/EC για την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης στη βιομηχανία αναμένεται να συνεισφέρει σημαντικά στην αναστροφή της ποιοτικής υποβάθμισης. Επίσης, για την αντιμετώπιση των ποιοτικών προβλημάτων εξαιτίας της γεωργικής δραστηριότητας, κάποιες από τις περιοχές στις οποίες εστιάζεται το πρόβλημα σε εφαρμογή της Οδηγίας 91/676/EC για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης χαρακτηρίστηκαν ως ευπρόσβλητες ζώνες (π.χ. Θεσσαλικός κάμπος, Κωπαΐδα).

## **Αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση από ΚΥΑ**

### **Επαναχρησιμοποίησης λυμάτων:**

1. Η επαναχρησιμοποίηση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα για αστικές και περιαστικές δραστηριότητες αναφέρεται κυρίως στο αστικό και περιαστικό πράσινο, τις δασικές εκτάσεις, την αναψυχή, την αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος, την πυρόσβεση, τον καθαρισμό οδών, εκτός των χρήσεων για πόση, την κολύμβηση και τις οικιακές δραστηριότητες.
2. Οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνουν κυρίως το πότισμα συγκεντρωμένων εκτάσεων πρασίνου, όπως δάση, άλση, νεκροταφεία, πρανή και νησίδες αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα, αυλές οικιών, ελεύθερος χώρος ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων και εγκαταστάσεων αναψυχής, νερό για την κατάσβεση πυρκαγιών, για τη συμπύκνωση εδαφών, για τον καθαρισμό οδών και πεζοδρομίων, για διακοσμητικά σιντριβάνια, για τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών λιμνών ή υγροβιότοπων, για την ενίσχυση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων.
3. Για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαστική χρήση απαιτείται, μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής της δραστηριότητας

που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη χρήση. Στη μελέτη αυτή, πέραν των ελάχιστων απαιτήσεων που αναφέρονται στην παράγραφο 4, θα εξειδικεύονται τα τυχόν πρόσθετα μέτρα που απαιτούνται ανάλογα με τη χρήση και την έκταση εφαρμογής της.

4. Στον Πίνακα 3 του Παραρτήματος Ι, στον Πίνακα 4 του Παραρτήματος ΙΙ και στον Πίνακα 6 του Παραρτήματος ΙV παρατίθενται τα μέγιστα όρια για τις μικροβιολογικές, τις συμβατικές και άλλες χημικές παραμέτρους, καθώς και η εκάστοτε κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία, το είδος και η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων, στην περίπτωση αστικής επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Απαγορεύεται η αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση με υγρά βιομηχανικά απόβλητα που δεν εμπíπτουν στις διατάξεις της υπ. αριθ. 5673/400/1997 ΚΥΑ.

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100 ml)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p><b>Αστική χρήση</b> Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητόδρομων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, κατάσβεση πυρκαϊών, συμπίκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρόμων, διακοσμητικά σιντριβάνια Πότισμα με καταιονισμό απαγορεύεται.</p> <p><b>Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων</b> που δεν εμπíπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 (ΦΕΚ54Α/8-3-2007), με γεωτρήσεις</p> <p><b>Περιαστικό πράσινο</b> συμπεριλαμβανομένων των αλσών και δασών<sup>(4)</sup></p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 20 για το 95 % των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία<sup>(9)</sup></p> <p>ακολουθούμενη από Προχωρημένη επεξεργασία<sup>(1)</sup> και Απολύμανση<sup>(6)</sup></p>	<p>BOD<sub>5</sub>, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>TC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους επτά ανά εβδομάδα και τρεις ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις Κατ εξαίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής δύο ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl<sub>2</sub> συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Πίνακας 3 Παράρτημα 1

Πηγή: Εφημερίς της Κυβερνήσεως τεύχος δεύτερο Αρ. Φύλλου 354

Μέταλλο	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)
Al (αργίλιο)	5
As (αρσενικό)	0.1
Be (βηρύλλιο)	0.1
Cd (κάδμιο)	0.01
Co (κοβάλτιο)	0.05
Cr (χρώμιο)	0.1
Cu (χαλκός)	0.2
F (φθόριο)	1.0
Fe (σίδηρος)	3.0
Li (λίθιο)	2.5
Mn (μαγγάνιο)	0.2
Mo (μολυβδαίνιο)	0.01
Ni (νικέλιο)	0.2
Pb (μόλυβδος)	0.1
Se (σελήνιο)	0.02
V (βανάδιο)	0.1
Zn (ψευδάργυρος)	2.0
Hg (υδράργυρος)	0.002
B (Βόριο)	2

Πίνακας 4 Παράρτημα II

Πηγή: Εφημερίς της Κυβερνήσεως τεύχος δεύτερο Αρ. Φύλλου 354

Παράμετρος	CAS	Μέγιστη συγκέντρωση (µg/l)
Alachlor	15972-60-8	0.7
Ανθρακένιο	120-12-7	1
Ατραζίνη	1912-24-9	2
Βενζόλιο	71-43-2	5
Βρωμιούχος διφαινυλαιθέρας	32534-81-9	0.025
Ανθρακο-τετραχλωρίδιο	56-23-5	MA
C10-13 Χλωροαλκάνια	85535-84-8	1.4
Chlorfenvinphos	470-90-6	0.3
Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)	2921-88-2	0.1
Aldrin	309-00-2	MA
Dieldrin	60-57-1	MA
Endrin <sup>†</sup>	72-20-8	MA
Isodrin	465-73-6	0.01
DDT ολικό	Δεν	MA
para-para-DDT	50-29-3	MA
1,2 Διχλωροαιθάνιο	107-06-2	20
Διχλωρομεθάνιο	75-09-2	50
Φθαλικό δι(2-αιθυλεξίλιο) – (ΦΔΕΕ-DEHP)	117-81-7	10
Diuron	330-54-1	1.0
Ενδοσουλφάνιο	115-29-7	0.01
Φλουορανθένιο	206-44-0	1
Εξαχλωροβενζόλιο	118-74-1	MA
Εξαχλωροβουταδιένιο	87-68-3	0.6
Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	608-73-1	MA
Isoproturon	34123-59-6	1
Ναφθαλένιο	91-20-3	2.4
Εννεύλοφαινόλη [4-εννεύλοφαινόλη]	104-40-5	2

Πίνακας 6 Παράρτημα IV

Πηγή: Εφημερίς της Κυβερνήσεως τεύχος δεύτερο Αρ. Φύλλου 354

## Επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση

1. Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στη βιομηχανία περιλαμβάνει εφαρμογές όπως χρήση νερών ψύξης, αναπλήρωση νερών λεβήτων και αξιοποίηση για τις διάφορες βιομηχανικές διεργασίες. Η ως άνω επαναχρησιμοποίηση δεν εφαρμόζεται στις βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.
2. Για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για βιομηχανική χρήση απαιτείται μελέτη εφαρμογής με την οποία τεκμηριώνεται η συγκεκριμένη χρήση. Η μελέτη αυτή εξετάζει επιπλέον, πέραν των άλλων πρόσθετων περιορισμών που τυχόν θα απαιτηθούν για τη συγκεκριμένη χρήση, και την τελική διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων μετά την επαναχρησιμοποίησή τους, η οποία υπόκειται στις απαιτήσεις της υπ. αριθ. 5673/400/1997 ΚΥΑ.
3. Για τη βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση πέραν των νερών ψύξης μιας χρήσης, απαιτείται πρόσθετη επεξεργασία, η οποία καθορίζεται ανάλογα με το είδος βιομηχανικής επαναχρησιμοποίησης.
4. Στους πίνακες 1 και 2 Παραρτήματος Ι και στον Πίνακα 4 του Παραρτήματος ΙΙ παρατίθενται τα μέγιστα όρια για τις μικροβιολογικές, τις συμβατικές και άλλες χημικές παραμέτρους, καθώς και η εκάστοτε κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία, το είδος και η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων, στην περίπτωση βιομηχανικής επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.

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

Πίνακας 1 Παράρτημα Ι

Πηγή: Εφημερίς της Κυβερνήσεως τεύχος δεύτερο Αρ. Φύλλου 354

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p><b>Απεριόριστη άρδευση</b> Όλες οι καλλιέργειες όπως οπωροφόρα δένδρα, λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμοκήπια. Η απεριόριστη άρδευση επιτρέπει την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων εφαρμογής της άρδευσης συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.</p> <p><b>Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης</b> επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών κλπ<sup>(n)</sup></p>	<p>≤ 5 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 50 για το 95 % των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία<sup>(ε)</sup> ακολουθούμενη από Τριτοβάθμια επεξεργασία<sup>(στ)</sup> και Απολύμανση<sup>(ζ)</sup></p>	<p>BOD<sub>5</sub>, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>EC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Κατ εξαίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής μία ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl<sub>2</sub> συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Πίνακας 2 Παράρτημα Ι

Πηγή: Εφημερίς της Κυβερνήσεως τεύχος δεύτερο Αρ. Φύλλου 354

## 2.2 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης υδατικών πόρων

Με γνώμονα την προστασία και τη διαχείριση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, εκδόθηκε στις αρχές του 2000 η Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/EC. Η εναρμόνιση της χώρας μας με τη συγκεκριμένη Οδηγία ήρθε με τον Ν.3199/2003 και το ΠΔ 51/2007. Με τις διατάξεις της παραπάνω εθνικής νομοθεσίας, ενσωματώνονται οι βασικές έννοιες της Οδηγίας για τους υδατικούς πόρους, ενώ ταυτόχρονα συγκροτείται νέα διοικητική δομή και καθορίζονται οι αρμοδιότητες των επιμέρους φορέων, τόσο σε εθνικό όσο και περιφερειακό επίπεδο.

Στόχος της Οδηγίας αυτής ήταν να καταρτιστεί το Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, για τα 14 υδατικά συστήματα που διαθέτει η Ελλάδα και τα οποία έχουν προσδιοριστεί σύμφωνα με την υπ' αριθμ. 706/2010 Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων και την τροποποίησή της με την υπ' αριθμ. 1300/2014 Απόφαση

της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων. Στο ανωτέρω πλαίσιο εκπονήθηκαν τα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών για κάθε Υδατικό Διαμέρισμα. Η αναθεώρηση και ενημέρωση αυτών των σχεδίων γίνεται κάθε 6 χρόνια.

Βασικά στοιχεία που πρέπει να τονιστούν από τα παραπάνω νομοθετικά πλαίσια είναι ότι το νερό είναι ένας μη εμπορικός, ανανεώσιμος φυσικός πόρος και αποτελεί κληρονομιά, η οποία πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει κατάλληλης μεταχείρισης (Οδηγία 2000/60).

Κατά την Οδηγία αυτή, κάθε κράτος-μέλος της Ε.Ε. οφείλει:

- Να διερευνήσει την επικρατούσα, ως προς την ποιότητα και διαχείριση των υδάτων, κατάσταση, εκπονώντας το Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής, αναπτύσσοντας παράλληλα τη δική της εθνική στρατηγική εφαρμογή
- Να καλύψει τυχόν ελλείψεις δεδομένων ως προς την ποιότητα και την ποσότητα των υδάτων, όπως και ελλείψεις σε τεχνογνωσία επί του αντικειμένου.
- Σε περίπτωση που οι Λεκάνες Απορροής καλύπτουν εδάφη περισσότερων κρατών του ενός, τότε οφείλει να εξασφαλίζεται η υπαγωγή του σε Διεθνείς Περιοχές Λεκανών Απορροής.
- Θα πρέπει να προσδιορίζονται τα υπόγεια και επιφανειακά υδατικά οικοσυστήματα, καθώς και οι προστατευόμενες περιοχές, εκτιμώντας τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά, αλλά και εφαρμόζοντας τα αναγκαία μέτρα για την πρόληψη περαιτέρω υποβάθμισης και μόλυνσης αυτών.
- Θα πρέπει να ελέγχονται οι απορρίψεις ουσιών σε ύδατα και να εξασφαλισθεί η εφαρμογή ελέγχων εκπομπών, το αργότερο 12 έτη μετά την έναρξη ισχύος της Οδηγίας, βάσει των καλύτερων διαθέσιμων τεχνικών και των σχετικών οριακών τιμών εκπομπής που ορίζονται από παλαιότερες, αντίστοιχες, οδηγίες.

Η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων στηρίζεται σε οικονομικές αρχές του «ορυπαίνων πληρώνει», εργαλεία, τεχνικές και μέτρα τα οποία εισάγουν νέα οικονομική θεώρηση στη διαχείριση των υδάτινων πόρων και τη λήψη αποφάσεων υδατικής πολιτικής.

Συγκεντρωτικά, μέσω της συγκεκριμένης Οδηγίας συνδυάζονται ποιοτικοί, οικολογικοί και ποσοτικοί στόχοι, θέτοντας ως κεντρική ιδέα την ολοκληρωμένη



εφαρμογή τους στη γεωγραφική κλίμακα των Λεκανών Απορροής Ποταμών. Επιπλέον, επαναπροσδιορίζεται η έννοια της Λεκάνης Απορροής, η οποία περιλαμβάνει τα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα (ποταμοί, λίμνες), τα υπόγεια ύδατα, τα μεταβατικά (δέλτα, εκβολές ποταμών) και τα παράκτια οικοσυστήματα.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, η εναρμόνιση της χώρας μας με τη συγκεκριμένη Οδηγία, επήλθε μέσω του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/07. Ο μεν Νόμος έθεσε τα θεμέλια της σωστής καταγραφής και διαχείρισης του υδάτινου πλούτου της Ελλάδας, ενώ το Προεδρικό Διάταγμα που ακολούθησε, καθόρισε το περιεχόμενο των Σχεδίων Διαχείρισης των υδάτινων πόρων.

Ο νόμος έκανε δυνατή την ορθολογική και ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων της χώρας, με τρόπο που να διασφαλίζει αφενός τις οικολογικές λειτουργίες αυτών και αφετέρου την αειφόρο παροχή των αγαθών και υπηρεσιών των υδάτων στον άνθρωπο, υπ' όψιν τις ανάγκες και το όφελος για το κοινωνικό σύνολο.

Αποτέλεσε, λοιπόν, το έναυσμα για τη σύσταση μιας σειράς φορέων που επιφορτίστηκαν με τη σημαντική ευθύνη της ορθής διαχείρισης των υδάτινων οικοσυστημάτων της χώρας. Έτσι, προέκυψαν τα ακόλουθα σώματα:

- **Εθνική Επιτροπή Υδάτων:** Χαράσσει την πολιτική για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, παρακολουθεί και ελέγχει την εφαρμογή της και εγκρίνει, μετά από εισήγηση του αρμόδιου Υπουργείου, τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας.
- **Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων:** Συγκροτείται από τον αρμόδιο Υπουργό Περιβάλλοντος, και συγκαλείται από τον πρόεδρό του τουλάχιστον μια φορά ανά χρόνο.
- **Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων:** Είναι υπεύθυνη για τη σύνταξη και εφαρμογή των αντίστοιχων Εθνικών Προγραμμάτων για την προστασία και τη διαχείριση του υδάτινου δυναμικού της χώρας. Επεξεργάζεται τους γενικούς κανόνες τιμολόγησης και κοστολόγησης του νερού και είναι υπεύθυνη για την τήρησή τους.

Όσον αφορά τη χρήση των υδατικών πόρων, αυτή καθορίζεται με τρόπο ώστε να ικανοποιείται η ζήτηση και συγχρόνως να διασφαλίζεται η προστασία των υδάτων, η επάρκεια των αποθεμάτων καθώς και η διατήρηση της ποιότητας αυτών. Έτσι,

απαιτείται άδεια, η οποία εκδίδεται από τον Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας για την εκμετάλλευση υδάτων από κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο δημοσίου/ιδιωτικού τομέα. Εάν το πρόσωπο αυτό έχει προχωρήσει σε υποβάθμιση των υδάτων, τότε επιβάλλονται διοικητικές και ποινικές κυρώσεις, βάσει της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει». Ειδικά για τα υπόγεια ύδατα, έχει αναπτυχθεί συντονιστικό πλαίσιο που στόχος του είναι να επιλυθούν ζητήματα αυτών στις Μεσογειακές χώρες.

Τέλος, το ΠΔ 51/07, καθορίζει τα μέτρα και τις διαδικασίες για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2000/60/EC.

Αφού έχει προηγηθεί ο προσδιορισμός των λεκανών απορροών, τίθενται πλέον οι περιβαλλοντικοί στόχοι για την αποτελεσματική εφαρμογή των μέτρων που θα περιλαμβάνονται στα σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού, λαμβάνοντας μέτρα επίτευξης των αντίστοιχων περιβαλλοντικών στόχων για τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα καθώς και τις προστατευόμενες περιοχές.

Βάσει του ΠΔ, θα πρέπει επίσης να καθορίζονται τα χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής, μέσω οικονομικής ανάλυσης της χρήσης ύδατος, να δημιουργείται μητρώο προστατευόμενων περιοχών ενώ συγχρόνως θα γίνεται προσπάθεια για συνδυασμένη προσέγγιση για τον έλεγχο των σημειακών και διάχυτων πηγών ρύπανσης, βάσει των οποίων τίθενται ειδικά μέτρα περιορισμούς της ρύπανσης.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση καλλιεργειών είναι μια πρακτική που χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες, έχοντας τις ρίζες της στους αρχαίους Ελληνικούς πολιτισμούς, σύμφωνα με τους Angelakis et al. (2005).

Η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση νερού είναι σημαντικό συστατικό της διατήρησης του υδρολογικού κύκλου, και ως πρακτική, θεωρείται σήμερα αναπόσπαστο κομμάτι της συνολικής διαχείρισης των υδάτινων πόρων, ειδικά για περιοχές που υποφέρουν από ξηρασίες και προβληματική πρόσβαση σε νερό. Για την υιοθέτηση της πρακτικής αυτής, υπήρξαν αρκετοί παράγοντες που συνέκλιναν προς την κατεύθυνση αυτή. Αυτοί είναι:

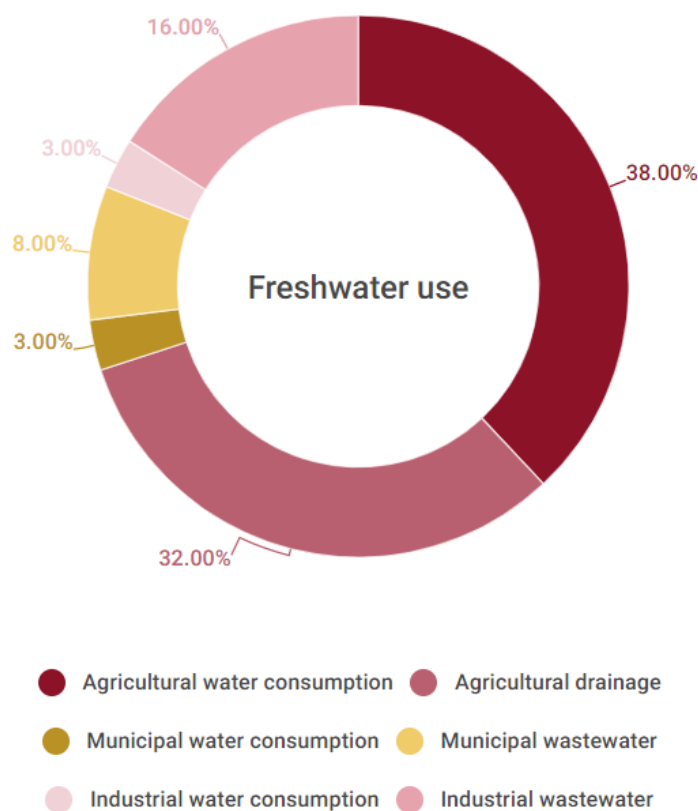
- Τα ελλειμματικά ισοζύγια υδατικών πόρων σε πολλές περιοχές ανά τον κόσμο
- Η αυξανόμενη ζήτηση νερού στις αναπτυγμένες, αστικές κοινωνίες
- Το υψηλό κόστος και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις για τον σχεδιασμό και την κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων.
- Η ανάγκη διαφύλαξης των υδατικών πόρων και μείωσης της μόλυνσης του νερού.

Αυτοί οι παράγοντες σημαίνουν πως η διαχείριση των υγρών αποβλήτων και εν γένει των περιθωριακών νερών είναι μονόδρομος, αποτελώντας τη μοναδική εναλλακτική πηγή νερού, πέραν του πιεσμένου και υπό κίνδυνο υδροφόρου ορίζοντα. Πρόκειται, μάλιστα, για μια εναλλακτική η οποία μπορεί να βελτιώσει τον ελλειμματικό χαρακτήρα των υδατικών ισοζυγίων.

Σκοπός της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων είναι η μετατροπή τους σε προϊόντα που μπορούν εκ νέου να διοχετευθούν σε κάποιον αποδέκτη, χωρίς κίνδυνο για τον ίδιο και το περιβάλλον. Πρόκειται για μια διαδικασία που περιλαμβάνει φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες. Μπορεί να επιτευχθεί με διαφορετικές τεχνολογίες, με την πιο κοινή να είναι αυτή που αξιοποιείται στους Βιολογικούς Καθαρισμούς και είναι του ενεργού ιλύος. Εναλλακτικά, μπορεί να αξιοποιηθεί η τεχνολογία των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, από δεξαμενές σταθεροποίησης, τεχνητούς υγροτόπους, λεκάνες διήθησης κ.λπ.

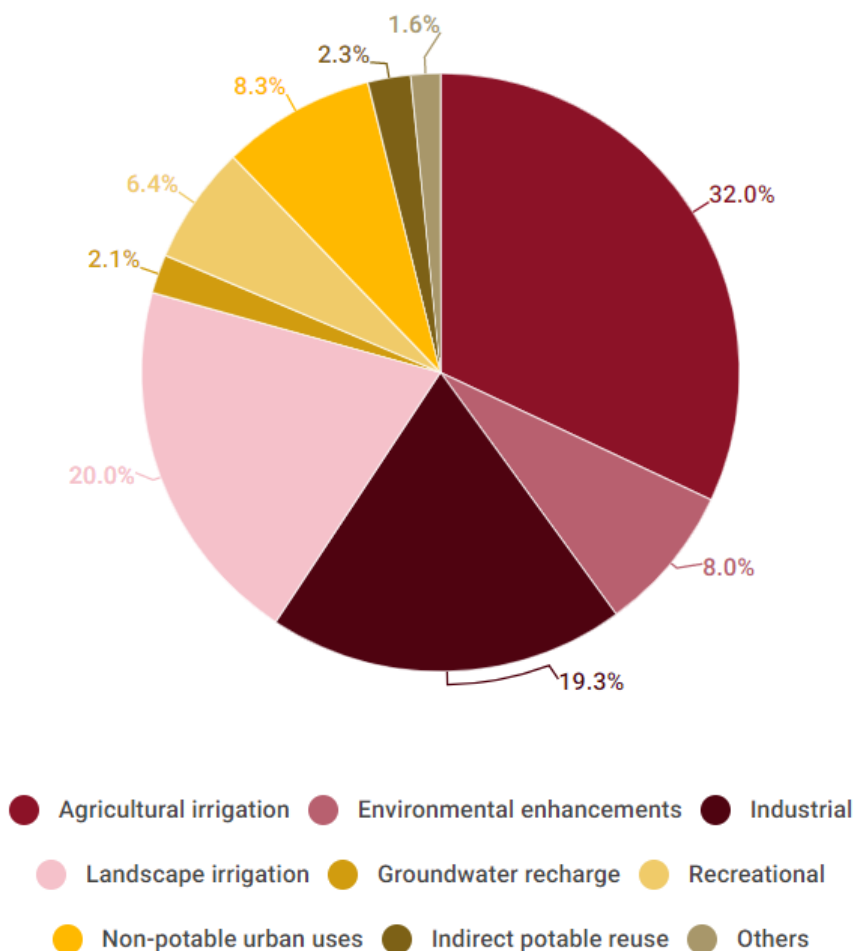
Τα τελευταία χρόνια, με εφελτήριο ορισμένες Πολιτείες των ΗΠΑ στα νοτιοδυτικά της χώρας, έχει γίνει μια στροφή σε παραδοσιακές μεθόδους ανάκτησης και επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, με συστήματα φιλικά προς το περιβάλλον, συμβατά με φυσικές διεργασίες και χωρίς ενεργοβόρα μηχανήματα. Τα προϊόντα των διαδικασιών αυτών χρησιμοποιούνται στην άρδευση, την ανάπτυξη πρασίνου και την πυροπροστασία.

Ο πρώτος, και περισσότερο προφανής, πόρος που μπορεί να ανακτηθεί από υγρά αστικά απόβλητα είναι το **νερό**. Αν και το γλυκό νερό, όπως αναφέρθηκε, είναι αρκετά περιορισμένο στη Γη, μόλις το 3% αυτού καταναλώνεται από τους ανθρώπους για πόση. Το υπόλοιπο απορροφάται από τη γεωργία σε μεγάλο βαθμό, η οποία ζητά τα 2/3 της συνολικής χρήσης φρέσκου, πόσιμου νερού. Το ανακτώμενο νερό είναι ουσιαστικά το νερό των αποβλήτων που έχει επεξεργαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να πληροί τα πρότυπα ποιότητας για χρήση. Το νερό αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί για μια σειρά χρήσεων, οι οποίες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: μη-πόσιμη χρήση και πόσιμη χρήση.



Εικόνα 2: Παγκόσμια κατανάλωση νερού και παραγωγή υγρών αποβλήτων ανά τομέα (πηγή: United Nations World Water Development Report, 2017)

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι η απάντηση στην έλλειψη νερού και τις αρνητικές επιπτώσεις που πλήττουν πολλές περιοχές του πλανήτη από την κλιματική αλλαγή.



Εικόνα 3: Παγκόσμια χρήση ανακτώμενου νερού (πηγή: United Nations World Water Development Report, 2017)

Συνοπτικά, οι κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης του νερού των αστικών υγρών αποβλήτων είναι οι ακόλουθες:

- Άρδευση για αγροτικές καλλιέργειες και φυτώρια
- Άρδευση για κοινόχρηστους χώρους, όπως πάρκα, γήπεδα, κήποι, πράσινες ζώνες.
- Βιομηχανική ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση (νερό ψύξης, νερό διεργασιών, τροφοδοσία λεβήτων)

- Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα (αντιμετώπιση διήθησης του θαλασσινού νερού).
- Αναψυχή/περιβαλλοντικές χρήσεις (λίμνες, εμπλουτισμός υδροβιότοπων, αλιεία, τεχνητό χιόνι)
- Αστικές, μη πόσιμες χρήσεις (πυρασφάλεια, κλιματισμός, καθαρισμός τουαλετών)
- Αστικές, πόσιμες χρήσεις (ανάμιξη με ακατέργαστο πόσιμο νερό, υδροδότηση μέσω αγωγών)

Η κατηγορία επαναχρησιμοποίησης που κυριαρχεί είναι αυτή της αγροτικής χρήσης, για την άρδευση γεωργικών καλλιεργειών και χώρων πρασίνου. Τα θέματα που σχετίζονται με την ποιότητα του ανακτηθέντος νερού είναι μικρότερα στις εφαρμογές αυτές, επιτρέποντας μια ταχεία και πιο οικονομική διαδικασία ανάκτησης νερού από τα υγρά απόβλητα. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το ποσοστό νερού που χρησιμοποιείται για γεωργικές εφαρμογές υπερβαίνει το 70% της συνολικής κατανάλωσης νερού.

Εάν οι υδατικοί πόροι μια περιοχής δεν επαρκούν για τις αγροτικές εφαρμογές, που αποτελούν και τη μερίδα του λέοντος στη χρήση του νερού, αξιοποιούνται επεξεργασμένα απόβλητα ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες. Αυτό, όχι μόνο μπορεί να καλύψει το κενό στο νερό που ζητείται, αλλά να οδηγήσει και σε μεγαλύτερες και ποιοτικότερες καλλιέργειες (Papadopoulos & Savvides, 2002).

Συνεχίζοντας, υπάρχει η προοπτική της αστικής χρήσης. Εδώ, τα ανακυκλωμένα λύματα, μαζί με όμβρια ύδατα, αξιοποιούνται για πότισμα κήπων, άρδευση δημοτικών πάρκων, τροφοδοσία σε καζανάκια, τεχνητές λίμνες αναψυχής, ακόμα και αποθήκευση νερού για ανάγκες πυρόσβεσης. Στο St. Petersburg της Πολιτείας της Φλόριντα στις ΗΠΑ, πάνω από 10.000 καταναλωτές τροφοδοτούνταν συνολικά με 80.000 m<sup>3</sup>/d ανακυκλωμένου νερού για πότισμα κήπων, ήδη από το 1993.

Σύνηθες είναι το φαινόμενο, ακόμα, της χρήσης του ανακυκλωμένου νερού στη βιομηχανία. Στο Φοίνιξ του Νέου Μεξικού, στις ΗΠΑ, χρησιμοποιεί τα υγρά απόβλητα της πόλης, μια ποσότητα ίση με 250.000 m<sup>3</sup>/d, για την ψύξη του πυρηνικού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής, 55 km δυτικά της πόλης. Στη Σιγκαπούρη, τα υγρά απόβλητα επεξεργάζονται από μονάδα επεξεργασίας, παράγοντας νερό υψηλής ποιότητας, το οποίο αξιοποιεί η βιομηχανία ημιαγωγών. Παρόμοιο παράδειγμα υπάρχει και στην

Ελλάδα, στη νήσο Ψυτάλλεια, εκεί που καταφεύγουν τα αστικά λύματα της Αθήνας. Συγκεκριμένα, περίπου 30.000 m<sup>3</sup>/d ανακυκλώνονται στη μονάδα αυτή, με τα 2/3 εξ' αυτών να χρησιμοποιούνται ως νερό ψύξης των αεροσυμπιεστών και ως ύδωρ παραγωγής διαλυμάτων πολυηλεκτρολυτών, ενώ το υπολειπόμενο διοχετεύεται πίσω στην Αθήνα ύστερα από έκθεση σε ακτινοβολία UV για εξουδετέρωση παθογόνων μικροοργανισμών, και χρησιμοποιείται για άρδευση πρασίνου και για πλύση σε διάφορες επιχειρήσεις.

Η αναπλήρωση των υδροφορέων είναι επίσης μια λύση για το ανακτώμενο νερό. Η συγκεκριμένη κίνηση υπαγορεύεται από την ανάγκη για παρεμπόδιση της διείσδυσης θαλασσινού νερού στους υδροφορείς αλλά και την ανάγκη ανόδου της στάθμης τους, με σκοπό την αξιοποίηση για άρδευση ή ακόμα και ύδρευση. Στον κομητεία Orange στις ΗΠΑ, στον υπόγειο υδροφορέα που χρησιμοποιείται για ύδρευση, εναποτίθενται τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, τα οποία έχουν φτάσει σε ποιότητα πόσιμου νερού στο τέλος της επεξεργασίας τους. Μετά από δεκαπενταετή έρευνα πάνω στην πρακτική αυτή, διαπιστώθηκε ότι η ποιότητα συνολικά του υδροφορέα παρέμεινε σταθερή, ενώ σχεδιάζεται και αύξηση της παροχής επεξεργασμένου νερού στον υδροφορέα αυτών, με τετραπλασιασμό της παροχής, φτάνοντας στα 200.000 m<sup>3</sup>/d.

Το επόμενο βήμα στα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα είναι να φτάσουν στο σημείο της άμεσης κατανάλωσης για πόση. Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι άμεσα διαθέσιμη σήμερα. Αιχμή του δόρατος για αυτή την τεχνολογία είναι τα συστήματα που έχουν εγκατασταθεί εδώ και χρόνια στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό, και επιτρέπουν στους αστροναύτες που διαμένουν εκεί για μήνες να πίνουν τα επεξεργασμένα ούρα τους. Για τις διαστημικές εφαρμογές, το κόστος αποτέλεσε πρόβλημα, δεδομένου ότι η συστηματική τροφοδοσία με νερό από τη Γη ήταν πολύ ακριβότερη.

Πλέον, όμως η συγκεκριμένη τεχνολογία γίνεται πιο προσιτή και για εφαρμογές στη Γη. Η χρήση, όμως, του νερού για άμεση πόση μετά από επεξεργασία, αντιμετωπίζεται με σκεπτικισμό. Εκτός από το φορτίο των παθογόνων μικροοργανισμών που βρίσκονται στα λύματα, ενδέχεται να υπάρχουν και ενώσεις που διαφεύγουν της διαδικασίας της επεξεργασίας. Εκτιμάται ότι μόλις το 10% των οργανικών ενώσεων του πόσιμου ύδατος έχει ταυτοποιηθεί, ενώ η έρευνα για τις επιδράσεις του στην υγεία βρίσκεται ακόμα σε πρώιμα στάδια. Σε περιοχές, ωστόσο, που το νερό είναι εν γένει δυσεύρετο, χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα λύματα για άμεση πόση, αναμιγμένα με άλλες ενώσεις. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της πόλης Windhoek, της

πρωτεύουσας της Ναμίμπια. Πρόκειται για μια πόλη με σοβαρό πρόβλημα έλλειψης νερού, όντας κοντά σε δύο ερήμους και αρκετά μακριά από μια σταθερή πηγή γλυκού νερού. Εκεί, ήδη από το 1968 κατασκευάστηκε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων για παραγωγή πόσιμου νερού. Η αρχική δυναμική ήταν στα 4.800 m<sup>3</sup>/d, ενώ στη συνέχεια ανέβηκε στα 21.000 m<sup>3</sup>/d. Πλέον, η μονάδα αυτή παράγει γύρω στο 30% των αναγκών της πόλης σε πόσιμο νερό, εξυπηρετώντας συνολικά 400.000 κατοίκους. Η μονάδα εφάρμοσε τεχνολογία μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης, με το παραγόμενο ανακυκλωμένο νερό να αναμιγνύεται με πόσιμο από άλλες πηγές. Οι καταναλωτές, ωστόσο, το χρησιμοποιούν σε πρώτο χρόνο (van der Merwe & Menge, 1996). Αντίστοιχο παράδειγμα είναι και αυτό της Σιγκαπούρης, όπου το ανακτώμενο πόσιμο νερό καλύπτει το 40% των αναγκών του κρατιδίου. Μέχρι το 2060, εκτιμάται πως η μονάδα NEWater που υπάρχει εκεί θα φτάσει να δίνει πίσω το 55% των αναγκών σε πόσιμο νερό.

Ακόμα ένα τρανό παράδειγμα σωστής διαχείρισης λυμάτων για ανάκτηση πολύτιμου νερού είναι αυτό του Ισραήλ. Σχεδόν το 90% των υγρών αποβλήτων του Ισραήλ επεξεργάζονται και επαναχρησιμοποιούνται στη γεωργία, αντιπροσωπεύοντας το 50% των συνολικών απαιτήσεων της γεωργίας σε νερό σε όλη τη χώρα. Αυτό σημαίνει πως το, περιορισμένο, φρέσκο νερό που έχει η χώρα μπορεί να κατευθυνθεί προς αστική κατανάλωση για πόση. Το Ισραήλ επίσης προχωρά και σε έγχυση ανακτώμενου νερού σε υπόγειους υδροφορείς ώστε να μπορέσει να ανταποκριθεί σε περιόδους μεγάλης ζήτησης, ενώ αξιοποιούνται μέχρι και μονάδα αφαλάτωσης οι οποίες, μαζί με το επεξεργασμένο υφάλμυρο νερό αντιπροσωπεύουν το 85% του συνολικού νερού που πίνουν οι κάτοικοι της χώρας

Η αποτελεσματική επεξεργασία των λυμάτων με σκοπό την επιστροφή τους στον κύκλο του νερού είναι μια σύνθετη διαδικασία που απαιτεί πολλά βήματα να γίνουν σωστά, με ευθύνη προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Θα πρέπει να δοθεί προσοχή τόσο στον παράγοντα «μικρόβια» όσο και στον παράγοντα «χημική σύσταση» του ανακυκλωμένου νερού. Η συνήθης πρακτική είναι αυτή της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας επεξεργασίας του νερού (βιολογικός καθαρισμός), ενώ ενδέχεται να υπάρχει και ακόμα ένα στάδιο, αυτό της διεργασίας απολύμανσης. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι καθαρισμού του νερού μέσω μεμβρανών. Οι τεχνολογίες αυτές, όταν αναπτυχθούν πλήρως και γίνουν εμπορικά βιώσιμες, γιατί αποδεδειγμένα οδηγούν σε βελτιωμένη ποιότητα νερού, έστω και πειραματικά, θα



μπορούν να δώσουν υψηλής ποιότητας νερού, κατάλληλο για άμεση πόση, ενώ το κόστος θα είναι προσιτό για τέτοιες μονάδες επεξεργασίας.

Τρεις είναι οι κύριες μέθοδοι απολύμανσης, οι οποίες είναι υποκατάστατο η μία της άλλης: είναι η **χλωρίωση**, ο **οζονισμός** και η **υπεριώδης ακτινοβολία (UV)**. Η κάθε μέθοδος έχει διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τα οποία σχετίζονται με την ιοκτόνο δράση, τη βακτηριοκτόνο δράση, την επανεμφάνιση βακτηρίων στο νερό και την απομένουσα τοξικότητα. Γενικά, η διαδικασία της χλωρίωσης είναι αυτή που έχει την εντονότερη απομένουσα τοξικότητα στο νερό, αλλά συνοδεύεται από μικρότερο κόστος επένδυσης, λειτουργίας, εγκατάστασης και συντήρησης. Αντίθετα, ο οζονισμός έχει την εντατικότερη ιοκτόνο δράση και αποτελεί μια μετριοπαθή λύση, περιορίζοντας τα προβλήματα της χλωρίωσης αλλά και τα μεγάλα κόστη της χρήσης υπεριώδους ακτινοβολίας. (Lazarova, 2003)

Η έμμεση επαναχρησιμοποίηση του ανακτώμενου νερού για ύδρευση είναι επί της ουσίας η σκόπιμη αύξηση επιφανειακών ή και υπόγειων πηγών με νερό εκροών υγρών αποβλήτων, προωθημένης επεξεργασίας, για την εξυπηρέτηση υδρευτικών αναγκών. Η άρτια σχεδιασμένη έμμεση επαναχρησιμοποίηση για ύδρευση απαιτεί αξιόπιστη επεξεργασία και λειτουργία των μονάδων επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων, ενώ οι τελικές εκροές τους αραιώνονται με φυσικό νερό. Ανάχωμα στην πρακτική αυτή υπάρχει μόνο από κοινωνικό και πολιτικά κίνητρα. Η συγκεκριμένη προσέγγιση αντιμετωπίζει αποτελεσματικά όλα τα προβλήματα που σχετίζονται με τη διάθεση τέτοιων νερών και επιβάλλει τη μέγιστη δυνατή επεξεργασία τους και συγχρόνως τη θεώρησή τους ως φυσικοί πόροι και όχι ως «απόβλητα». Επιπλέον, με τον τρόπο αυτό εισάγεται πρακτικά και η έννοια της διατήρησης των φυσικών πόρων και αποφεύγονται κατασκευές υψηλού κόστους, περιορισμένης απόδοσης και μη φιλικές προς το περιβάλλον (Angelakis et al., 2002).

Η ανάκτηση όμως που μπορεί να γίνει στον συνολικό όγκο των αποβλήτων δεν σταματά εδώ: πέραν του νερού, μπορούν να ανακτηθούν μέχρι και **θρεπτικά συστατικά** αλλά και **ενέργεια**.

Όσον αφορά τα θρεπτικά συστατικά, αυτά βρίσκονται στη λεγόμενη λάσπη των αποβλήτων, στην οποία ωστόσο εμπεριέχονται και πολλά μέταλλα, μικροπλαστικά και παθογόνοι μικροοργανισμοί. Τα θρεπτικά συστατικά που εντοπίζονται στη λάσπη είναι κυρίως το άζωτο και ο φώσφορος, τα οποία προέρχονται από τα προϊόντα της

ανθρώπινης κένωσης, το φαγητό και συγκεκριμένα σαπωνοειδή προϊόντα και απορρυπαντικά. Τα συγκεκριμένα στοιχεία είναι πολύτιμα για τη γεωργία, χρησιμοποιούμενα ως λίπασμα.

Στις αστικές περιοχές που τα απόβλητα δεν επεξεργάζονται, τα παραπάνω στοιχεία προκαλούν μόλυνση του τοπικού περιβάλλοντος. Η περίσσεια αζώτου και φωσφόρου είναι η κύρια αιτία της υποβάθμισης του νερού σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Αυτό είναι ένα ακόμα, πολύ ισχυρό κίνητρο για την ανάκτηση θρεπτικών από το απόβλητο νερό.

Ο φώσφορος, ειδικά, είναι ένα αναγκαίο στοιχείο για τη διατήρηση της ζωής στη Γη. Είναι ιδιαίτερα αναγκαίο για την παραγωγή τροφής, μιας και το φωσφορικό άλας, μορφή με την οποία εντοπίζεται συχνά ο φώσφορος, είναι αυτό που βελτιώνει τις ιδιότητες του εδάφους, στο οποίο αναπτύσσονται τα γεωργικά προϊόντα. Ένας τρόπος για να βρεθεί ο φώσφορος είναι η εξόρυξή του, ωστόσο, τα αποθέματα αυτά προβλέπεται πως θα εξαντληθούν μέσα στα επόμενα 50-100 έτη. Ταυτόχρονα, σε καθημερινή βάση απορρίπτεται μια τεράστια ποσότητα φωσφόρου μέσω των αποβλήτων, η οποία μάλιστα προκαλεί περιβαλλοντικά προβλήματα.

Μόνο μέσω της ανακύκλωσης των αποβλήτων, θα μπορούσε να καλυφθεί το 22% της παγκόσμιας ζήτησης σε φώσφορο. Η επερχόμενη έλλειψη φωσφόρου έχει οδηγήσει σε εκτενή, εσχάτως, έρευνα σχετικά με το πώς μπορεί αυτός να ανακτηθεί από τα απόβλητα, με ορισμένες, τελευταίας τεχνολογίας εγκαταστάσεις επεξεργασίας να το ανακτούν. Παράδειγμα αποτελεί η μονάδα επεξεργασίας στο Σικάγο των ΗΠΑ, όπου το 85% του φωσφόρου που εμπεριέχεται στα απόβλητα ανακτάται. Επίσης, ανακτάται και το 15% του συνολικού αζώτου εντός αυτών.

Το άζωτο, εν αντιθέσει με τον φώσφορο, χαρακτηρίζεται από άφθονη παρουσία στην ατμόσφαιρα. Από το 1909 και την εφεύρεση της διεργασίας Haber-Bosch, η οποία επέτρεψε το μετασχηματισμό του ατμοσφαιρικού αζώτου σε αμμωνία, τα λιπάσματα με βάση το άζωτο έχουν δώσει την ιστορικά μεγαλύτερη αύξηση της παραγωγικότητας στη γεωργία. Η μεγαλύτερη παραγωγή τροφής που επιτεύχθηκε από τη χρήση τέτοιων λιπασμάτων εισήγαγε όμως το άζωτο στην ανθρώπινη διατροφή, σε υπερβολικά μεγάλες ποσότητες. Γι' αυτό και θα πρέπει τα εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων να προβούν σε ενέργειες ανάκτησης του αζώτου από αυτά. Οι υπάρχουσες τεχνολογίες επιτρέπουν μια ανάκτηση αζώτου από τα λύματα που δεν ξεπερνά το 15%.

Πέρα από το άζωτο και τον φώσφορο, το ενδιαφέρον της σχετικής επιστημονικής κοινότητας εστιάζει και στην ανάκτηση επιπλέον στοιχείων που εμπεριέχονται στα λύματα, όπως είναι τα βιοπλαστικά, τα ένζυμα, μέταλλα και ορυκτά. Για να γίνουν όμως αυτές οι διαδικασίες οικονομικά βιώσιμες, άρα να έχουν και εμπορικό νόημα, απαιτείται περισσότερη έρευνα.

Ένα ακόμα μέτωπο στο οποίο επιχειρούνται κέρδη είναι αυτό της **ενέργειας**. Η βιομηχανία των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων αντιπροσωπεύει το 0.8% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού στην Ε.Ε. Μελέτες όμως έχουν δείξει πως τα υγρά απόβλητα περιέχουν 5 φορές την ποσότητα που δαπανάται για τη λειτουργία των εργοστασίων. Αυτό σημαίνει πως οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις μπορούν όχι μόνο να παράξουν την ενέργεια που χρειάζονται, αλλά και να τροφοδοτήσουν με ηλεκτρισμό και θέρμανση τις ίδιες τις πόλεις που παράγουν απόβλητα, βγάζοντας εντελώς τον άνθρακα από την εξίσωση της οικονομίας.

Οι προηγμένες μονάδες με τέτοια τεχνολογία ανάκτησης ενέργειας, μπορούν μόνο να ανακτήσουν τη χημική ενέργεια των αποβλήτων, υπό τη μορφή βιοαερίου, το οποίο παράγεται από την αναερόβια χώνευση της απόβλητης λάσπης. Το βιοαέριο είναι μια από τις πιο αξιοσημείωτες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Δεν βασίζεται σε πρώτες ύλες και δεν διαταράσσει τη βιοποικιλότητα. Επιπλέον, μπορεί να αποθηκευτεί και διανεμηθεί με τη χρήση υπαρχόντων υποδομών φυσικού αερίου.

Η έρευνα που έχει γίνει πάνω στην ανάκτηση ενέργειας από αστικά απόβλητα δείχνει πως υπάρχουν υψηλές προοπτικές ανάκτησης θερμικής ενέργειας (80% της θερμικής ενέργειας μπορεί να ανακτηθεί, εν αντιθέσει με το 20% της χημικής ενέργειας των αποβλήτων). Επίσης, μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό, της τάξης του 1% μπορεί να ανακτηθεί από την υδραυλική ενέργεια. Αυτό δείχνει πως σημαντικό μερίδιο της ενέργειας που μπορεί να παρθεί από τα απόβλητα, παραμένει μέχρι στιγμής αναξιοποίητο.

Η θερμική ενέργεια των αποβλήτων, ανακτώμενη μέσω τεχνολογιών όπως εναλλάκτες θερμότητας και αντλίες θερμότητας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση/ψύξη, γεωργικά θερμοκήπια και ακόμα για αποξήρανση της απόβλητης λάσπης. Αυτό ισχύει επειδή το απόβλητο έρχεται συνήθως σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, παραγόμενο κατά βάση από θερμές πηγές, όπως τα μάνια και τα πλυντήρια ρούχων και πιάτων.

Δεν υπάρχουν τεχνολογικοί περιορισμοί στο ποσό που μπορεί να ανακτηθεί από τη θερμική ενέργεια που ενυπάρχει στα υγρά αστικά απόβλητα. Οι δυσκολίες για την ανάκτησή της οφείλονται στην απόσταση που υπάρχει μεταξύ τροφοδοσίας των λυμάτων και των μονάδων επεξεργασίας. Για να αξιοποιηθεί στο έπακρο η θερμική αυτή ενέργεια, θα πρέπει οι αρμόδιες αρχές να τη λαμβάνουν υπόψη τους στον πολεοδομικό και οικιστικό σχεδιασμό.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων του Αμβούργου, όπου ήδη καλύπτει το 107% των αναγκών του σε ηλεκτροδότηση και το 113% σε θέρμανση. Λαμβάνοντας χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων για περαιτέρω αναβάθμιση των εγκαταστάσεων, σκοπός της μονάδας είναι όχι μόνο να γίνει ακόμα πιο αυτόνομη ενεργειακά, αλλά και να παράξει ηλεκτρισμό αρκετό για να ρευματοδοτήσει περί τα 5700 νοικοκυριά στην περιοχή.



*Εικόνα 4: Η μονάδα επεξεργασία αποβλήτων του Αμβούργου (πηγή: Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων)*

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Τα στάδια επεξεργασίας

Η επεξεργασία των υγρών λυμάτων εντός μιας μονάδας χωρίζεται σε τρεις βαθμίδες. Αρχικά, υπάρχει η **πρωτοβάθμια** επεξεργασία, ένα στάδιο που περιλαμβάνει κυρίως φυσικές διεργασίες διαχωρισμού, που βασίζονται στις ίδιες τις φυσικές ιδιότητες των ρυπογόνων ουσιών. Γίνεται, δηλαδή, μηχανικός καθαρισμός, ώστε να ελαττωθεί το ρυπαντικό φορτίο έως και 60%.

Οι τεχνικές που εφαρμόζονται την πρωτοβάθμια επεξεργασία είναι:

**Κατακάθιση/καθίζηση:** Οι δεξαμενές καθίζησης αποτελούν βασικές μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, όσον αφορά την πρωτοβάθμια επεξεργασία. Η αρχή λειτουργίας τους συνίσταται στην επιβράδυνση της ροής των αποβλήτων ώστε να μπορέσουν τα βαρύτερα και μεγαλύτερα σωματίδια να παραμείνουν στον πυθμένα. Οι δεξαμενές καθίζησης μπορούν να είναι είτε *ορθογωνικές* (με ροή των υγρών κατά μήκος της μεγάλης διάστασης), είτε *κυκλικές* (με ακτινωτή ροή από το κέντρο προς την περίμετρο), είτε *ανεστραμμένες κωνικές* (με λοξή ροή από την κορυφή προς τα κάτω και εξωτερικά). Μια δεξαμενή καθίζησης που έχει μελετηθεί σωστά, μπορεί να απομακρύνει έως και το 70% των αιωρούμενων σωματιδίων, ελαττώνοντας το BOD (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο) έως και 40%, ανάλογα τον χρόνο παραμονής των λυμάτων εντός αυτής. Ένας τυπικός χρόνος παραμονής κυμαίνεται μεταξύ 1.3 – 3.5 h. Η λάσπη που καθιζάνει στον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης είναι υψηλού οργανικού φορτίου. Η απομάκρυνσή της γίνεται με ξέστρα ώστε να αποφεύγεται η επικράτηση αναερόβιων συνθηκών και η ανάπτυξη δυσοσμίας. Η λάσπη αυτή στη συνέχεια αφυδατώνεται ώστε να μειωθεί ο όγκος της και ακολούθως γίνεται μια αρκετά ακριβή επεξεργασία πάνω σε αυτή, η οποία αντιπροσωπεύει έως και το 50% του συνολικού κόστους καθαρισμού του νερού.

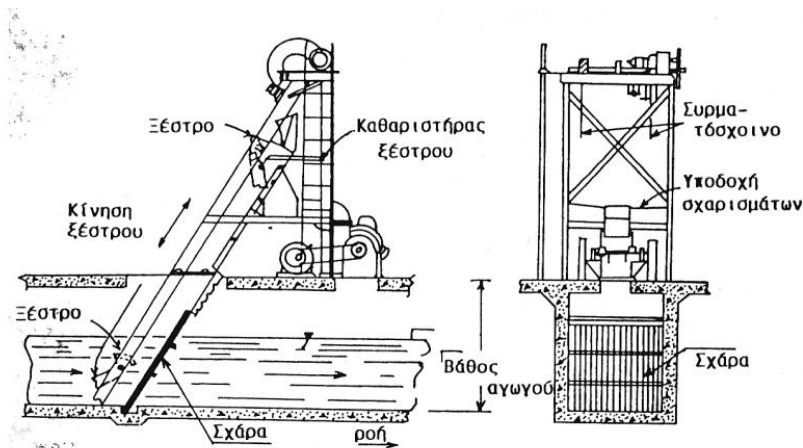
**Επίπλευση:** Εδώ, εντοπίζονται και απομακρύνονται αιωρούμενα στερεά σωματίδια, με μικρότερο ειδικό βάρος απ' αυτό του νερού.

**Κροκίδωση:** Είναι μια μέθοδος κατεργασίας που αποβλέπει στην απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών που δεν μπορούν να απομακρυνθούν μέσω της κατακάθισης, τα οποία είναι συνήθως διαστάσεων <50 μm. Με τις διαστάσεις αυτές, τα σωματίδια αυτά έχουν χαμηλές ταχύτητες καθίζησης. Για να μπορέσουν λοιπόν να απομακρυνθούν σε

εύλογο χρονικό διάστημα, θα πρέπει με ανθρώπινη παρέμβαση να αναπτύξουν συσσωματώματα ώστε να υποστούν καθίζηση ταχύτερα. Αυτό επιτυγχάνεται με προσθήκη κατάλληλων χημικών ενώσεων που οδηγούν σε τέτοια φαινόμενα συσσωμάτωσης. Τα χημικά αυτά μέσα ονομάζονται κροκιδωτικά μέσα. Τα σωματίδια εντός των αποβλήτων χαρακτηρίζονται από απωστικές δυνάμεις μεταξύ τους, οι οποίες δεν τους επιτρέπουν φυσικά να σχηματίσουν συσσωματώματα. Για να μπορέσουν λοιπόν να καθιζάνουν ταχύτερα, οι χημικές ενώσεις που προστίθενται, μειώνουν τις απωθητικές δυνάμεις, αυξάνοντας την πιθανότητα συσσωμάτωσής τους. Τα χημικά αυτά μέσα μπορούν να είναι είτε ηλεκτρολύτες, όπως NaCl, είτε πολύ-ηλεκτρολύτες, που συνδέουν τα σωματίδια με τη διαδικασία της γεφύρωσης. Επίσης, μπορεί να είναι ιόντα που ελαττώνουν το επιφανειακό φορτίο των σωματιδίων, ενώ, τέλος, μπορεί να υπάρξει και ο μηχανισμός σάρωσης, που γίνεται με αδιάλυτα υδροξείδια των μετάλλων (Al, Fe), τα οποία σχηματίζουν πυκνά ιζήματα και, καθώς καθιζάνουν αργά, συμπαρασύρουν και τα αιωρούμενα κolloειδή σωματίδια. Η παραπάνω διαδικασία λαμβάνει χώρα σε *δεξαμενές κροκιδώσης*, με τα χημικά μέσα να προστίθενται στα απόβλητα κατ' αναλογία 30-100 mg/L.

**Εσχάρωση:** Χρησιμοποιούνται ραβδωτές σχάρες, ώστε να κατακρατηθούν σωματίδια μεγάλου μεγέθους. Οι σχάρες αυτές χαρακτηρίζονται από τυποποιημένα διάκενα, τα οποία ποικίλουν από 5 έως και 150 mm. Η ταχύτητα με την οποία τα υγρά απόβλητα προσεγγίζουν τις σχάρες αυτές πρέπει να είναι μικρή, έχοντας τιμές περίπου 0.3 – 0.5 m/s. Εξίσου μικρή, έως 1 m/s, πρέπει να είναι και η ταχύτητα διέλευσης από αυτές. Οι σχάρες, όπως μπορεί να φανεί και στην ακόλουθη εικόνα, τοποθετούνται υπό κλίση 45° ή και κατακόρυφα, για καλύτερο καθαρισμό.

Τα υπολείμματα από την εσχάρωση έχουν υψηλή υγρασία καθώς και οργανικό φορτίο και διατίθενται είτε για ταφή είτε για καύση μαζί με άλλα στερεά απορρίμματα και άλεση.



Εικόνα 5: Σχηματική απεικόνιση κατακόρυφης και υπό κλίσης τεχνικής εσχάρωσης (Πηγή: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-Τεχνολογία επεξεργασίας αποβλήτων, Διάλεξη 3: [https://eclass.uth.gr/modules/document/file.php/BIO\\_U\\_158/Lecture\\_3.pdf](https://eclass.uth.gr/modules/document/file.php/BIO_U_158/Lecture_3.pdf))

**Αμμοσυλλογή:** Για να πραγματοποιηθεί, χρειάζονται αμμοσυλλέκτες, κανάλια ουσιαστικά καθίζησης, τα οποία μπορεί να είναι είτε οριζόντια είτε αεριζόμενα. Η διαδικασία αυτή μπορεί να κατακρατήσει στερεά υψηλού ειδικού βάρους (έως και 2.5 kg/L), μεγέθους τουλάχιστον 0.1-0.2 mm. Οι οριζόντιοι αμμοσυλλέκτες αποτελούνται από ένα ευθύγραμμο αυλάκι, οριζόντιας ροής και σταθερής ταχύτητας υγρών αποβλήτων, η οποία ελέγχεται από υπερχειλιστή. Οι κατακόρυφοι αμμοσυλλέκτες δημιουργούν με τη διάταξη αερισμού που έχουν, μια ελικοειδή ροή των υγρών αποβλήτων, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε πλήρη απομάκρυνση της άμμου.

Ο μέσος χρόνος παραμονής των υγρών αποβλήτων στους αμμοσυλλέκτες είναι 4 min, έχοντας τη δυνατότητα να απομακρύνουν ως και 90 L ανεπιθύμητων ουσιών ανά 1000 m<sup>3</sup> υγρών αποβλήτων. Τέλος, η άμμος που κατακρατείται θα συλλεχθεί, θα πλυθεί για να απομακρυνθούν προσκολλημένες οργανικές ενώσεις και θα διατεθεί στα στερεά απόβλητα προς περαιτέρω διαχείριση.

**Λιποσυλλογή:** Είναι η διαδικασία κατά την οποία απομακρύνονται λίπη και έλαια από τα υγρά απόβλητα ώστε να μπορέσουν στη συνέχεια να γίνουν οι υπόλοιπες διεργασίες επεξεργασίας. Στον λιποσυλλέκτη, τα απόβλητα παραμένουν για χρονικό διάστημα 3-5 min, με τη διάταξη να μπορεί να αποθηκεύσει μέχρι και 40 L λίπους, ενώ η παροχή των αποβλήτων είναι ίση με 1 L/sec. Η θερμοκρασία εξόδου θα πρέπει να είναι μικρότερη των 35°C, ενώ το λίπος που κατακρατείται θα πρέπει τακτικά να απομακρύνεται από τον συλλέκτη. Μετά τη συλλογή τους, θα πρέπει τα λίπη και τα

έλαια να καούν σε ειδικούς καυστήρες ή να υποστούν υγειονομική ταφή. Ως διατάξεις, οι λιποσυλλέκτες είναι αρκετά αποδοτικές, κατακρατώντας από 80 έως και 90% των λιπών και ελαίων που βρίσκονται εντός των υγρών αποβλήτων.

#### 4.2 Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Τελειώνοντας με την πρώτη φάση, τα απόβλητα περνούν στη **δευτεροβάθμια επεξεργασία**, όπου αξιοποιείται η μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών για την μείωση του οργανικού φόρτου των αποβλήτων. Εδώ, η επεξεργασία βασίζεται, κυρίως, στη μικροβιακή μεταβολική δραστηριότητα σε αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες, ανάλογα με τη σύσταση των αποβλήτων.

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία αποτελείται είτε από **βιολογική** αποδόμηση οργανικών ουσιών και ακολούθως, δευτεροβάθμια καθίζηση των σχηματιζόμενων σωματιδίων, είτε από **χημική** υποστήριξη της αρχικής, πρωτοβάθμιας καθίζησης (διαδικασία παρόμοια με την κροκίδωση δηλαδή).

Τα κύρια προϊόντα της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας είναι τα οξειδωμένα προϊόντα. Βασική προϋπόθεση, ωστόσο, για να πετύχει ο βιολογικός καθαρισμός είναι να απουσιάζουν οι υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών ρύπων στη βιομάζα που αναπτύσσεται στα συστήματα βιολογικού καθαρισμού. Ουσίες όπως, *χλωριούχα*, *κυανιούχα* και *βαρέα μέταλλα*, προκαλούν σε ορισμένες περιπτώσεις αναστολή της ανάπτυξης ορισμένων μικροοργανισμών. Ο δευτεροβάθμιος καθαρισμός, συνήθως οδηγεί σε μείωση του ρυπαντικού φορτίου, έως και 90% σε κάποιες περιπτώσεις.

Ανάλογα με το πώς αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων έχουμε τους ακόλουθους βιοαντιδραστήρες:

**Βιοαντιδραστήρες βιο-κροκίδων:** εδώ, οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται ως κροκίδες, ερχόμενοι έτσι σε άμεση επαφή με το οργανικό φορτίο των αποβλήτων. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα *συστήματα ενεργοποιημένης λάσπης*, τα *συστήματα απομάκρυνσης ανόργανων*, τα *συστήματα αναερόβιας χώνευσης* και οι *λίμνες*.

**Βιοαντιδραστήρες βιοστρωμάτων:** εδώ, οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται με τη μορφή βιοστρωμάτων (biofilms) σε αδρανείς επιφάνειες, που παρέχονται εντός των δεξαμενών καθαρισμού. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι *περιστρεφόμενοι*



*βιολογικοί δίσκοι, τα χαλκοδιυλιστήρια και τα συστήματα εμβαπτισμένων βιοστρωμάτων – κλίνες πλήρωσης.*

### 4.3 Η τριτοβάθμια επεξεργασία

Η **τριτοβάθμια** (ή εναλλακτικά προχωρημένη) **επεξεργασία** των υγρών αποβλήτων αποσκοπεί στην περαιτέρω απομάκρυνση στερεών ουσιών, οργανικού φορτίου, αμμωνιακών, νιτρικών και φωσφορικών, καθώς και άλλων ρυπαντικών ουσιών, όπως βαρέα μέταλλα και τοξικές οργανικές ενώσεις), οι οποίες δεν μπορούν στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας να απομακρυνθούν.

Ακολουθεί τα προηγούμενα στάδια και απαιτείται κυρίως για να βελτιωθεί η ποιότητα των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (polishing).

Ως βήμα στην ευρύτερη διαδικασία επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, είναι αναγκαία σε περιπτώσεις που τα επεξεργασμένα απόβλητα πρόκειται να επιστρέψουν σε έναν υψηλής ευαισθησίας τελικό αποδέκτη, υπάρχει σχέδιο να επαναχρησιμοποιηθούν ή σκοπός είναι η προστασία σε μέγιστο βαθμό του υδάτινου περιβάλλοντος. Με τον όρο **ευαίσθητος τελικός αποδέκτης**, εννοείται οποιοσδήποτε υδάτινος αποδέκτης γλυκού νερού όπου μπορεί να παρουσιαστεί το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Η επιλογή των μεθόδων που θα ακολουθηθούν κατά την τριτοβάθμια επεξεργασία καθορίζεται από τη φύση και τη σύσταση των αποβλήτων, καθώς και από τον τρόπο με τον οποίο θα επαναχρησιμοποιηθούν. Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά το στάδιο αυτό είναι οι ακόλουθες:

- Χημική οξείδωση
- Χημική εξουδετέρωση
- Χημική κατακρήμνιση (κροκίδωση – συσσωμάτωση – καθίζηση)
- Ιοντική ανταλλαγή
- Προσρόφηση
- Διεργασίες μεμβρανών
- Ηλεκτροδιάλυση
- Απολύμανση

Η **χημική οξείδωση**, είναι μια διεργασία μετατροπής των ανεπιθύμητων ενώσεων σε ενώσεις λιγότερο επιβλαβείς ή και, ιδανικά, καθόλου επιβλαβείς. Στόχος της διεργασίας αυτής είναι να βελτιωθεί η ποιότητα των υγρών αποβλήτων. Οξειδωτικά μέσα επεμβαίνουν σε ανόργανες, μη βιοδιασπώμενες ουσίες ή και οργανικές (φαινόλες, αμίνες, χουμικά οξέα, άλλες ενώσεις που προκαλούν οσμές, χρώμα, γεύσεις) και τις καθιστούν σε καλύτερα «βιοεπεξεργάσιμες» για το περιβάλλον.

Ακολούθως, η **χημική εξουδετέρωση** αφορά την απομάκρυνση της περισσειας της οξύτητας (ή και αλκαλικότητας), με τη χρήση ενός χημικού αντιδραστήριου που έχει αντίθετη σύσταση από αυτή των λυμάτων. Στόχος του βήματος αυτού είναι να ελεγχθεί το pH των υγρών αποβλήτων, πετυχαίνοντας να έρθει σε μια περιοχή μεταξύ 6,5 και 9. Αυτό είναι αναγκαίο προκειμένου να βελτιστοποιηθούν οι συνθήκες της χημικής/βιολογικής επεξεργασίας και να φτάσουν τα απόβλητα σε ένα pH αποδεκτό για την επαναδιάθεσή τους στο φυσικό περιβάλλον. Από βάσεις-άλατα, τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα είναι τα  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  και  $\text{NaHCO}_3$ . Από οξέα, τα πιο εύχρηστα είναι τα  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCl}$  και  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Επόμενο βήμα είναι αυτό της **χημικής κατακρήμνισης**. Εφαρμόζεται κυρίως για την καταβύθιση των διαλυτών ανόργανων ενώσεων N και P (αζωτούχες και φωσφορικές ενώσεις) καθώς και για την απομάκρυνση τοξικών μετάλλων από βιομηχανικά απόβλητα.

Οι διαλυτές, ανόργανες, ενώσεις απομακρύνονται με την προσθήκη κατάλληλων αντιδραστηρίων. Με την επίδραση αυτών, οι διαλυτοί ρυπαντές μετατρέπονται σε αδιάλυτες μορφές που σχηματίζουν συσσωματώματα και απομακρύνονται με καθίζηση. Η ένταση της απομάκρυνσης των ρυπαντών εξαρτάται επίσης από τη διαλυτότητα των προϊόντων, η οποία απ' την πλευρά της καθορίζεται από το pH και τη θερμοκρασία. Γι' αυτό και πριν το βήμα αυτό είναι αναγκαία η αποκατάσταση του pH σε πλαίσια αποδεκτά.

Τα μέταλλα που διαχειρίζονται στο βήμα αυτό, συνήθως με την προσθήκη κατάλληλων ουσιών κατακρημνίζονται ως αδιάλυτα υδροξείδια μετάλλων, με το pH του μέσου στο οποίο βρίσκονται να επηρεάζει σημαντικά τη διαδικασία αυτή. Για να είναι ικανοποιητική η κατακρήμνιση, απαιτούνται και σωστές δοσολογίες για τα αντιδραστήρια. Το ιδανικό αντιδραστήριο θεωρείται το  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , καθώς σχηματίζει με τον πιο φθηνό τρόπο υδροξείδια των μετάλλων.

Οι αζωτούχες ενώσεις απομακρύνονται με διαφορετικές διεργασίες, ανάλογα τη μορφή τους. Δηλαδή, τα  $\text{NH}_4^+$  μετατρέπονται με νιτροποίηση σε  $\text{NO}_3^-$ , ενώ τα  $\text{NO}_3^-$  μετατρέπονται με απονιτροποίηση σε  $\text{N}_2$  κυρίως, υπό την επίδραση βιολογικών διεργασιών. Οι φωσφορικές ενώσεις, από την άλλη, απομακρύνονται με χημική κατακρήμνιση με προσθήκη πολυσθενών μεταλλικών ιόντων.

Μια από τις βασικές εφαρμογές της χημικής κατακρήμνισης είναι και η **αποσκλήρυνση νερού**. Τα σκληρά νερά περιέχουν σημαντικές ποσότητες σε ασβέστιο και μαγνήσιο, οι οποίες πρέπει να απομακρυνθούν. Το πόσιμο νερό έχει σκληρότητα ίση με  $75 \text{ mg/L CaCO}_3$ , η οποία είναι τιμή για μαλακά νερά, ενώ πολλές φορές τα υπόγεια νερά έχουν υψηλές συγκεντρώσεις, μερικών εκατοντάδων, όντας άρα σκληρά νερά.

Προχωράμε, ακολούθως, στην **ιοντική ανταλλαγή**. Εδώ, πολλά από τα ανεπιθύμητα ιόντα αντικαθίστανται με ιόντα αδιάλυτου υλικού ανταλλαγής, όπως τη ρητίνη. Στη διαδικασία αυτή επιστρατεύονται φυσικά υλικά όπως οι φυσικοί ζεόλιθοι αλλά και συνθετικά χημικά, όπως συνθετικές ρητίνες. Ανάλογα με το είδος του ιόντος που προσφέρεται προς ανταλλαγή από τα υλικά, υπάρχει ο διαχωρισμός σε ανιοανταλλακτικά και κατιοανταλλακτικά. Τα κατιόντα που προσφέρονται προς εναλλαγή από τα υλικά είναι τα  $\text{Na}^+$  και  $\text{H}^+$ , ενώ από τα ανιόντα είναι τα  $\text{OH}^-$  και  $\text{Cl}^-$ .

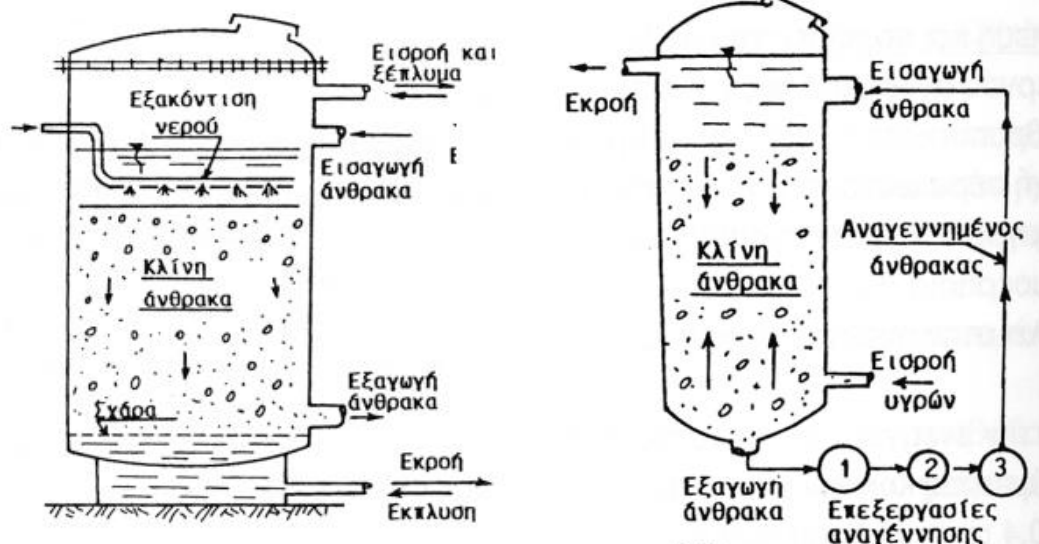
Συνέχεια παίρνει, έπειτα, η **προσρόφηση**. Πρόκειται για μια φυσικοχημική διεργασία συγκέντρωσης διαλυμένης οργανικών και ανόργανων ουσιών στη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ υγρού και στερεού, σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από την αντίστοιχη στο υγρό. Αυτό, οδηγεί σε μεταφορά μάζας από την υγρή φάση στην επιφάνεια ενός στερεού. Βασική διαφορά της διεργασίας αυτής από την απορρόφηση είναι ότι εκεί, τα μόρια της ουσίας διαχέονται και στο εσωτερικό του υλικού. Αντίθετα, στην προσρόφηση, τα μόρια παραμένουν επιφανειακά.

Προσροφητικά μέσα είναι συνήθως ο άργιλος, πυριτικά υλικά και πολύ συχνά ο ενεργοποιημένος άνθρακας, λόγω του μεγάλου λόγου επιφάνειας προς όγκο που έχει ( $10 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ). Ανάλογα με την ελκτική δύναμη με την οποία τα προσροφημένα μόρια συγκρατούνται στην επιφάνεια του προσροφητικού υλικού, η προσρόφηση μπορεί να χαρακτηριστεί *χημική* όταν οι δεσμοί είναι ισχυροί (ιοντικοί, ομοιοπολικοί, γέφυρες υδρογόνου) και *φυσική* όταν οι δεσμοί είναι ασθενείς (van der Waals) και η προσρόφηση είναι αντιστρεπτή.

Ο ενεργός άνθρακας παράγεται από ξύλο και άνθρακα με θέρμανση μέχρι του σημείου της ερυθροπύρωσης (απομάκρυνση υδρογονανθράκων), με μικρή παροχή αέρα ώστε να μην γίνει καύση. Ο άνθρακας, ακολούθως, ενεργοποιείται με ατμό σε υψηλή θερμοκρασία (από 900 ως και 1100 °C) ώστε να δημιουργηθούν πόροι στην επιφάνεια του ενεργού άνθρακα. Το πορώδες του ενεργού άνθρακα αποτελείται από ακτίνες που κυμαίνονται από 1 nm ως και 1000 nm. Ως προσροφητικό μέσο, ο ενεργός άνθρακας έχει δύο παραλλαγές: τις στήλες με σταθερή κλίνη και τις στήλες με κινητή κλίνη.

Στην πρώτη περίπτωση, η στήλη γεμίζεται με κόκκους ενεργού άνθρακα. Τα απόβλητα διοχετεύονται στη στήλη από την κορυφή και διέρχονται από τη ζώνη του ενεργού άνθρακα. Εκεί, τα αιωρούμενα οργανικά τεμαχίδια προσροφώνται στην επιφάνειά του.

Στη δεύτερη περίπτωση, η εισαγωγή των αποβλήτων γίνεται από τον πυθμένα της κλίνας, ενώ ο ενεργός άνθρακας μπορεί να ανανεώνεται σε παράλληλη μονάδα αναγέννησης (δεδομένου ότι το πορώδες του φράζει από τα υλικά που κατακρατεί) και να επαναπροστίθεται από την κορυφή της στήλης. Η αναγέννηση του ενεργού άνθρακα περιλαμβάνει αρχικά την εκρόφιση των ουσιών και την εκ νέου ενεργοποίησή του με αποκατάσταση της εσωτερικής δομής του πορώδους. Ο κοκκώδης ενεργός άνθρακας αναγεννιέται εύκολα όταν μπει σε φούρνο, όπου γίνεται οξείδωση της οργανικής ύλης και αυτή απομακρύνεται από την επιφάνειά του. Με κάθε διαδικασία αναγέννησης, ωστόσο, ένα 5-10% του άνθρακα καταστρέφεται, επομένως δεν είναι μια διαδικασία που μπορεί να γίνεται εσαεί.



*Εικόνα 6: Σχηματική απεικόνιση των δύο διαφορετικών τρόπων προσρόφησης με χρήση ενεργού άνθρακα (Πηγή: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας-Τεχνολογία επεξεργασίας αποβλήτων-Διάλεξη 9 και 10, «Τριτοβάθμια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων-Εφαρμογές και Παραδείγματα από την Επεξεργασία Βιομηχανικών Αποβλήτων»*

Το επόμενο βήμα είναι αυτό των **διεργασιών μεμβράνης**. Πρόκειται για μια μορφή διήθησης, όπου αντί για στήλες με υλικά διήθησης, χρησιμοποιούνται ημιπερατές μεμβράνες. Η ροή νερού ανά  $m^2$  επιφάνειας της μεμβράνης είναι πολύ χαμηλότερη από συνηθισμένα φίλτρα ( $0.4 - 1.2 m^3/m^2$ ), και το μέγεθος των πόρων της μεμβράνης είναι συνήθως 10.000 φορές μικρότερο από αυτά που χρησιμοποιούνται στη συμβατική διήθηση. Οι μεμβράνες αξιοποιούνται ως βήμα όταν απαιτείται πολύ υψηλή ποιότητα στα υγρά λύματα που θα βγουν από τη μονάδα, οδηγώντας σε πολύ στοχευμένη και εξειδικευμένη απομάκρυνση οργανικών μορίων.

Στη γενικότερη διαδικασία επίδρασης των μεμβρανών, γίνονται οι ακόλουθες διαδικασίες:

- **Υπερδιήθηση:** εδώ, οι μεμβράνες διαχωρίζουν τα μακρομόρια ή κολλοειδή σωματίδια των λυμάτων, μεγέθους της τάξης των  $0.005 - 10 \mu m$ .
- **Αντίστροφη όσμωση:** πρόκειται για τη διεργασία όπου η πίεση που εφαρμόζεται στην πλευρά του διαλύματος ξεπερνά την ωσμωτική πίεση, καθιστώντας αντίστροφη τη ροή (δηλαδή ο διαλύτης διέρχεται από το διάλυμα προς τον καθαρό διαλύτη).

Βασικές ιδιότητες των μεμβρανών αποτελούν:

- **Εκλεκτικότητα:** είναι η ικανότητα της μεμβράνης να διακρίνει ανάμεσα σε μόρια που θα την διαπεράσουν και σε αυτά που θα κατακρατηθούν.
- **Πυκνότητα ροής:** είναι η ποσότητα του νερού που διέρχεται σε καθορισμένη πίεση ανά μονάδα επιφάνειας της μεμβράνης.
- **Πίεση:** εν γένει, απαιτείται μικρότερη πίεση όταν γίνεται διαχωρισμός σχετικά μεγάλων μορίων, όπως τα πολυπεπίδια, ενώ υψηλότερη πίεση είναι απαραίτητη όταν πρέπει να διαχωριστούν μικρότερα μόρια, όπως τα άλατα.

Η **ηλεκτροδιάλυση**, ακολούθως, είναι η διαδικασία που ακολουθείται για την αφαλάτωση του νερού, βασιζόμενη στις αρχές της ιοντικής ανταλλαγής. Εδώ, η

διαφορά είναι πως τα ιόντα του διαλύματος κινούνται κάτω από το ηλεκτρικό δυναμικό και διαπερνούν εκλεκτικές μεμβράνες σε ανιόντα ή κατιόντα.

Το αλμυρό νερό τοποθετείται στους θαλάμους τύπου A, οι οποίοι διαχωρίζονται από αυτούς τύπου B, μέσω εκλεκτικών μεμβρανών. Με τη δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου από ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στα άκρα του θαλάμου, τα ιόντα του άλατος κινούνται και διαπερνούν τις εκλεκτικές μεμβράνες, εισέρχονται άρα στους θαλάμους τύπου B απ' όπου και απομακρύνονται. Στους θαλάμους A, παραμένει το καθαρό, πλέον αφαλατωμένο, νερό.

Τελευταία διαδικασία, αλλά πολύ σημαντική για την τελική ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού, είναι η **απολύμανση**. Ως διαδικασία είναι η εκλεκτική μείωση των πληθυσμών των παθογόνων μικροοργανισμών, σε αντίθεση με την αποστείρωση, η οποία είναι η καταστροφή κάθε ζωής.

Για τη διεργασία της απολύμανσης, χρησιμοποιούνται διάφοροι τρόποι και μέσα, όπως:

- Μηχανικά μέσα
- Φυσικά μέσα
- Χημικά μέσα
- Ραδιολογικά μέσα

Στα *μηχανικά μέσα*, γίνεται απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών μόνο σε ορισμένο βαθμό. Η χρήση τέτοιων μέσων γίνεται ήδη από την πρωτοβάθμια επεξεργασία του νερού, με διαδικασίες όπως η εσχάρωση, η αμμοσυλλογή κ.λπ. Ενδεικτικά, η χρήση λεπτής σχάρας για συγκράτηση μικροοργανισμών έχει περιορισμένη απόδοση, κατακρατώντας το 10-20 των παθογόνων. Μεγαλύτερες αποτελεσματικότητες, που πλησιάζουν το 80% έχουν οι καθιζήσεις, είτε απλή είτε χημική.

Στα *φυσικά μέσα*, η απολύμανση του νερού γίνεται με θέρμανση και φως. Η θέρμανση, στο σημείο του βρασμού, σκοτώνει πολλά μη σποριογόνα παθογόνα, με τη βιομηχανία τροφίμων να εφαρμόζει τέτοιες πρακτικές. Η ηλιακή ακτινοβολία, στην περιοχή του υπεριώδους (UV), παρουσιάζει επίσης μικροβιοκτόνες ιδιότητες. Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να καθαριστούν μόνο μικρές ποσότητες νερού. Όταν τα λύματα βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες, η ακτινοβολία απορροφάται από τα αιωρούμενα στερεά τεμαχίδια.

Στα χημικά μέσα, γίνεται χρήση διάφορων χημικών κατασκευασμάτων, όπως το οινόπνευμα, το ιώδιο, το βρώμιο, οι φαινόλες, το όζον, το υπεροξειδίο του υδρογόνου, απορρυπαντικά και άλλα οξέα ή βάσεις.

Το πιο γνωστό, ίσως, χημικό μέσο είναι το χλώριο και συγκεκριμένα είτε το *αέριο χλώριο* είτε οι *χλωριούχες ενώσεις*.

Το πρώτο, είναι ένα τοξικό και διαβρωτικό αέριο, το οποίο έχει σχετικά υψηλή διαλυτότητα στο νερό και είναι σταθερό υπό το φως. Η προσθήκη αερίου χλωρίου στα υγρά απόβλητα οδηγεί, αρχικά, σε υδρόλυση προς σχηματισμό υποχλωριόδους οξέος HOCl, το οποίο στη συνέχεια, ανάλογα και με το pH του διαλύματος, ιονίζεται προς το υποχλωριώδες ανιόν OCl<sup>-</sup>. Όταν τα απόβλητα περιέχουν αμμωνία ή αζωτούχες ενώσεις, το χλώριο αντιδρά και σχηματίζει μια σειρά από χλωροαμίνες, με ισχυρή απολυμαντική δράση.

Πέραν της απολύμανσης, το χλώριο έχει και άλλες εφαρμογές στις εγκαταστάσεις διαχείρισης υγρών αποβλήτων, όπως:

- Έλεγχος υπερβολικής ανάπτυξης βιομάζας
- Έλεγχος διάβρωσης
- Έλεγχος οσμών
- Οξείδωση αμμωνίας
- Απομάκρυνση λίπους
- Έλεγχος του αφρισμού δεξαμενής χώνευσης

Οι συσκευές χλωρίωσης διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τους **χλωριωτές**, που λειτουργούν με το αέριο χλώριο και τους **υποχλωριωτές**, που λειτουργούν με χημικές ενώσεις χλωρίου.

Οι χλωριωτές διακρίνονται, με τη σειρά τους, σε δύο επιμέρους τύπους, τους *χλωριωτές προδιάλυσης*, που διαλύουν το χλώριο σε νερό και τροφοδοτούν το σημείο εφαρμογής με πυκνό διάλυμα και τους *χλωριωτές απευθείας τροφοδότησης*, οι οποίοι περιέχουν αέριο χλώριο στο σημείο εφαρμογής.

Οι υποχλωριωτές, αποτελούνται συνήθως από μικρή δοσομετρική αντλία, κατασκευασμένη από ανθεκτικά προς το χλώριο υλικά, με κατάλληλο συνδυασμό δοχείου διαλύματος (συνήθως με υποχλωριώδες νάτριο) και δεξαμενή επαφής.

Η χλωρίωση των αποβλήτων έχει και ορισμένα προβλήματα, ωστόσο. Το χλώριο που προστίθεται στο μίγμα είναι πιθανό να αντιδράσει με οργανικούς ρύπους ή άλλα οργανικά μόρια που περιέχονται στα απόβλητα και να οδηγήσει στην παραγωγή χλωριωμένων οργανικών ενώσεων, οι οποίες είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στη διάσπαση και ενίοτε τοξικές στη βιομάζα των συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων.

Επίσης, η δοσολογία εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής, αλλά και από το μέγεθος της μείωσης του μικροβιακού φορτίου που θέλουμε να επιτύχουμε. Εάν απαιτείται σημαντική μείωση, η δοσολογία θα πρέπει να επιλεγεί έπειτα από εργαστηριακή μελέτη.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί πως η χλωρίωση μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε μια από τις παραπάνω διεργασίες, εφόσον αυτό κριθεί απαραίτητο λόγω της φύσης των αποβλήτων ή των ειδικών χρήσεων του αποδέκτη (αν πρόκειται δηλαδή για νοσοκομειακά απόβλητα ή το νερό που ανακτάται πάει προς ύδρευση).

Στα *ραδιολογικά μέσα* εντάσσεται η χρήση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προκύπτει ως ραδιενέργεια (β-ακτινοβολία ηλεκτρονίων). Τέτοια ακτινοβολία, παρομοίως με την UV έχει μικροβιοκτόνο δράση και μπορεί να απολυμάνει το νερό.

Το ποια από τις παραπάνω λύσεις θα επιλεγεί είναι μια συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως:

- **Χρόνος επαφής νερού και απολυμαντικού:** όσο περισσότερος είναι ο χρόνος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας απολύμανσης.
- **Συγκέντρωση του μέσου απολύμανσης**
- **Είδος μικροοργανισμών και η συγκέντρωσή τους στο νερό**
- **Θερμοκρασία**
- **Φύση του υγρού:** η παρουσία οργανικών ενώσεων δεσμεύει και εξουδετερώνει τα οξειδωτικά μέσα απολύμανσης (όπως το χλώριο), η θολότητα του υγρού εμποδίζει τη διείσδυση της ακτινοβολίας ή την εξουδετερώνει με την απορρόφηση του παράγοντα απολύμανσης.



Παράμετρος ανάλυσης	Ακατέργαστα Απόβλητα (mg/L)	Πρωτοβάθμια (%)	Δευτεροβάθμια (%)	Τριτοβάθμια (%)
<b>BOD</b>	300	35	90	>95
<b>COD</b>	400	30	80	>95
<b>Αιωρούμενα</b>	300	60	90	>90
<b>Ολικό N</b>	60	20	50	>90
<b>Ολικό P</b>	15	12	30	>95

*Εικόνα 7: Χαρακτηριστικά αστικών αποβλήτων και ικανότητα καθαρισμού των διαφόρων σταδίων επεξεργασίας (Πηγή: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας- Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας -Εισαγωγή στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων-Διάλεξη 2: «Γενικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων-Εισαγωγή στην Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων – Στάδια Επεξεργασίας»)*

Επιλογίζοντας, η τριτοβάθμια επεξεργασία, μπορεί να οδηγήσει σε συνολική μείωση του ρυπαντικού φορτίου στα υγρά απόβλητα, έως και 99%. Στην πράξη, ωστόσο, οι φάσεις επεξεργασίας δεν είναι τόσο διακριτές μεταξύ τους. Πολλές από τις διεργασίες που αναφέρθηκαν ανωτέρω σε μια φάση, θα μπορούσαν να αποτελέσουν μέρος κάποιας άλλης υπό μια διαφορετική οπτική ή βιβλιογραφία. Ενώ στην πράξη κάθε μονάδα υιοθετεί τις τεχνικές που συνάδουν καλύτερα τόσο με τον σκοπό λειτουργίας της, όσο και τεχνικοοικονομικούς παράγοντες. Επίσης, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το είδος των αποβλήτων που έρχονται για επεξεργασία, δηλαδή η περιεκτικότητά τους σε οργανικό, ανόργανο φορτίο και παθογόνους μικροοργανισμούς. Επίσης, ακόμα και η διαδικασία της επεξεργασίας των αποβλήτων να γίνει σωστό, θα πρέπει όσα λύματα συλλέγονται να απορρίπτονται/διαχειρίζονται με τον σωστό τρόπο, ώστε να έχει ουσιαστικό νόημα η ύπαρξη τέτοιων μονάδων.

Ο τριτοβάθμιος καθαρισμός γίνεται σε ειδικές περιπτώσεις που δεν καλύπτεται κάποιο άλλο στάδιο ή όταν απαιτείται μεγαλύτερος βαθμός καθαρότητας ή είναι ανάγκη να αφαιρεθούν ειδικοί ρυπαντές. Ο καθαρισμός αυτός δημιουργεί συνήθως παραπροϊόντα, λάσπη ή συμπυκνώματα των οποίων η διάθεση δημιουργεί κινδύνους ρύπανσης των υπογείων υδάτων. Για αυτό επιδιώκεται η ανακύκλωση ή η αξιοποίηση των χημικών ουσιών των αποβλήτων.

Πάντως η επεξεργασία αυτή απαιτεί υψηλή τεχνολογία, μεγάλη δαπάνη και παρουσιάζει αρκετά προβλήματα. Στο τέλος αυτού του καθαρισμού οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων στερεών είναι περίπου στα 10 mg/l.

Οι ανάγκες που οδηγούν στην τριτοβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι:

- Αυξάνουσα πληθυσμιακή πίεση οδηγεί σε αύξηση του οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων σωματιδίων σε υδάτινους όγκους.
- Ανάγκη αύξησης της απομάκρυνσης αιωρούμενων στερεών για πιο αποτελεσματική απολύμανση.
- Ανάγκη απομάκρυνσης θρεπτικών συστατικών για τον περιορισμό του ευτροφισμού σε ευαίσθητους υδάτινους όγκους.
- Ανάγκη απομάκρυνσης συστατικών για να προλάβουμε ή να παρεμποδίσουμε την ανάκτηση νερού.

Ο βασικός σκοπός της διαχείρισης αποβλήτων είναι η σταθεροποίηση και απομάκρυνση της οργανικής ύλης. Εντούτοις τα θρεπτικά στην μορφή του αζώτου και του φωσφόρου προκαλούν ευτροφισμό των επιφανειακών υδάτων και η νομοθεσία απαιτεί πια την απομάκρυνση τους από τα επεξεργασμένα λύματα. Το άζωτο στα λύματα εμφανίζεται στη μορφή του οργανικού αζώτου (μέρος των μικροοργανισμών) ή στην μορφή της αμμωνίας (μεταβολικό προϊόν), και στη σωματιδιακή μορφή αλλά και στην διαλυμένη. Και οι δυο μορφές του αζώτου είναι ανεπιθύμητες στα επεξεργασμένα λύματα καθότι προκαλούν αύξηση της απαίτησης οξυγόνου αλλά και είναι τοξικά για διαφορετικά είδη υδρόβιων οργανισμών. Η νιτροποίηση αποτελεί τη βιολογική διεργασία κατά την οποία η αμμωνία μετατρέπεται σε υπόστρωμα μικροοργανισμών οι οποίοι τη μεταβολικού σε νιτρώδη και νιτρικά σε μια διαδικασία δυο σταδίων.

*Νιτροποίηση:* Η απόδοση της διεργασίας εξαρτάται από τη συγκέντρωση του διαλυτού οξυγόνου και την αλκαλικότητα. Καθότι στην πρώτη αντίδραση η αλκαλικότητα χρησιμοποιείται, η έλλειψη της μπορεί να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα σε μια αποδοτική διαδικασία νιτροποίησης. Η συγκέντρωση του διαλυτού οξυγόνου πρέπει να διατηρείται στα 1.5-2 mg/l και της αλκαλικότητας τουλάχιστον στο 1-1.5 mmol/l.

Η θερμοκρασία είναι ο πλέον σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη των νιτροποιητών, ενώ παίζει καθοριστικό ρόλο και στις τιμές των σταθερών κορεσμού. Από πειράματα που έχουν γίνει, φαίνεται ότι οι βέλτιστη θερμοκρασία για τους νιτροποιητές κυμαίνεται κάπου ανάμεσα στους 28°C και στους 36°C. Σε μία εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων τα βασικά είδη μικροοργανισμών είναι οι αυτότροφοι και οι ετερότροφοι μικροοργανισμοί όπως οι νιτροποιητές και απονιτροποιητές. Οι ετερότροφοι είναι σχετικά ανθεκτικοί στις μεταβολές του pH ενώ μέσω της κατανάλωσης του οργανικού φορτίου παράγουν CO<sub>2</sub> το οποίο διαλύεται στο νερό σχηματίζοντας H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, το οποίο με τη σειρά του παράγει HCO<sub>3</sub> και αυτό με τη σειρά του CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. Οι πιο πάνω ενώσεις δημιουργούν ρυθμιστικό διάλυμα με συνέπεια να διατηρείται το κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη ετερότροφων. Για pH μικρότερα του 6 και μεγαλύτερα του 9 η νιτροποίηση είναι πρακτικά μηδενική.

Οι κινητικές ανάπτυξης τύπου Monod δύναται να εκφράσουν με ακρίβεια τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης, για ένα συγκεκριμένο βακτήριο, συναρτήσει της συγκέντρωσης του υποστρώματος.

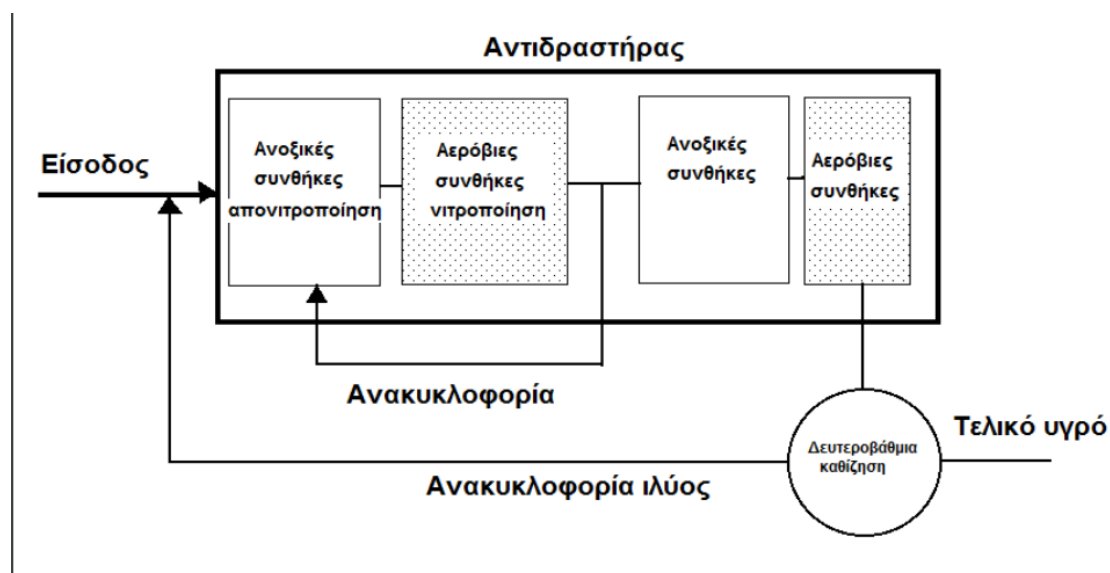
*Απονιτροποίηση:* Υπό ανοξικές συνθήκες πολλοί μικροοργανισμοί μπορούν να μετατρέψουν τα νιτρικά σε στοιχειακό άζωτο (N<sub>2</sub>). Αυτή η διαδικασία ονομάζεται απονιτροποίηση και συνήθως λαμβάνει χώρα από ετερότροφα βακτήρια των ειδών *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus* και *Alcaligenes*), και τα οποία απαιτούν ενώσεις όπως τη μεθανόλη ως δότη ηλεκτρονίων. Το αέριο άζωτο ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και με αυτόν τον τρόπο απομακρύνεται από τα λύματα.

Οι απονιτροποιητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το διαλυμένο οξυγόνο στο λύμα ως τελικό δέκτη ηλεκτρονίων κατά την οξείδωση οργανικών ενώσεων, αλλά σε συνθήκες απουσίας αυτού χρησιμοποιούν το οξυγόνο των νιτρικών και των νιτρωδών, τα οποία αντικαθιστούν το διαλυμένο οξυγόνο στην μοριακή αναπνοή. Η παραπάνω διαδικασία ονομάζεται μη αφομοιωτική. Η διαφορά αφομοιωτικής και μη αφομοιωτικής, είναι ότι κατά την πρώτη οι απονιτροποιητές μετατρέπουν νιτρικά σε αμμωνιακά για την κάλυψη των αναγκών της σύνθεσης νέας βιομάζας. Η αφομοιωτική μετατροπή των νιτρικών λαμβάνει χώρα μόνο αν τα νιτρικά είναι η μοναδική πηγή οξυγόνου στο διάλυμα.

Καθότι η απονιτροποίηση είναι αναπνευστική διαδικασία, απαιτείται ένας οξειδωτικός παράγοντας ή ένας δότης ηλεκτρονίων, ως πηγή ενέργειας. Τα απονιτροποιητικά

βακτήρια είναι κατά βάση ετερότροφοι οργανισμοί και καταναλώνουν πολύπλοκες οργανικές ενώσεις σαν οξειδωτικούς παράγοντες, ενώ μερικοί απονιτροποιητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν και οργανικές ενώσεις με ένα άτομο άνθρακα. Παράλληλα ορισμένοι απονιτροποιητές είναι αυτότροφοι και μπορούν να καταναλώσουν υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα, και μειωμένες ενώσεις του αζώτου. Εκτός από τα παραπάνω υπάρχει και μια φωτοσυνθετική κατηγορία νιτροποιητών, οι οποίοι δεν χρησιμοποιούνται ευρέως στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων.

Λόγω του ότι οι περισσότεροι απονιτροποιητές είναι ετερότροφοι, και απαιτούν κάποια πηγή οργανικού άνθρακα για την απονιτροποίηση, σε ορισμένες εγκαταστάσεις, με ψηλό φορτίο αζώτου, και όχι ανάλογα υψηλό οργανικό φορτίο, απαιτείται προσθήκη αναγωγικών ενώσεων, όπως για παράδειγμα μεθανόλης, για την εκτέλεση της μετατροπής νιτρικών σε αέριο άζωτο.



Σχήμα 1: Σύστημα νιτροποίησης-απονιτροποίησης (πηγή: Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης-Τμήμα χημικών μηχανικών-Τριτοβάθμια επεξεργασία υγρών αποβλήτων)

#### 4.4 Πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων

Η παραπάνω διαδικασία, οδηγεί, εάν γίνει σωστά και μεθοδικά, στην ανάκτηση του νερού που βρίσκεται εντός των υγρών αποβλήτων, με την απομάκρυνση των επιβλαβών μικροοργανισμών και ουσιών να αγγίζει το 99%. Αυτό σημαίνει πως, υπό το πρίσμα της ολοένα και μεγαλύτερης έλλειψης φρέσκου, πόσιμου νερού, το

παραγόμενο αυτό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άμεση κατανάλωση από τους πολίτες. Δημιουργούνται, ωστόσο, σημαντικά προβλήματα κοινωνικής αποδοχής, ενώ και για τις υψηλότερες προδιαγραφές, το κόστος των μονάδων αυτών είναι σημαντικό. Σε περιοχές/χώρες όπου υπάρχει επιτακτική ανάγκη για χρήση τέτοιων μεθόδων για αξιοποίηση του νερού, όπως το Ισραήλ αλλά και η Πολιτεία της Καλιφόρνια, έχει τεθεί ένα αυστηρό πλαίσιο με προδιαγραφές για την ποιότητα του νερού. Σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η έλλειψη νερού επίσης αποτελεί σημαντικό πρόβλημα, βασίζονται στις λιγότερο αυστηρές προδιαγραφές που θέτει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας.

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή κανονισμών για την πρόληψη της δημιουργίας προβλημάτων για τη δημόσια υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος είναι αναγκαία ώστε να σχεδιαστούν με σωστό τρόπο έργα που συνδέονται με την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Τέτοιοι κανονισμοί πρέπει να περιλαμβάνουν:

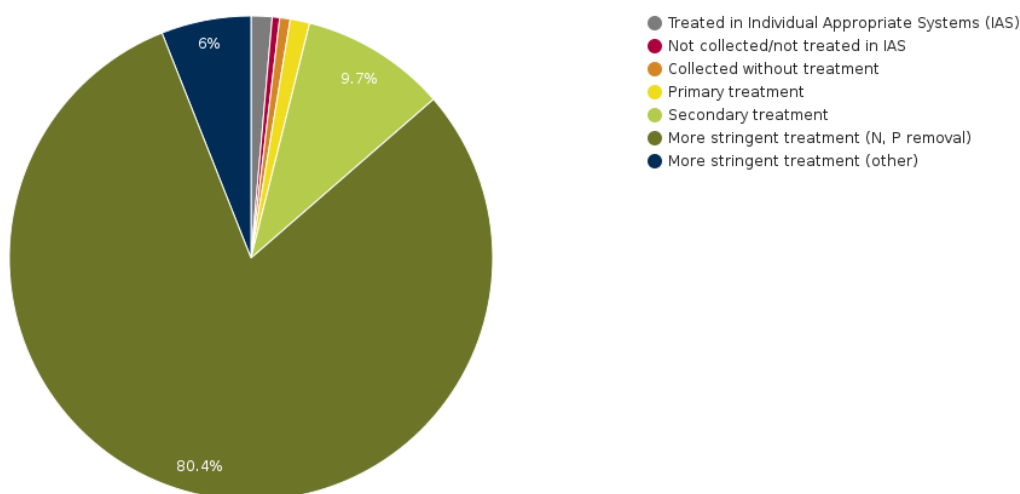
1. Ένα σύστημα χορήγησης αδειών για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων καθώς και τη διενέργεια τεχνικών ελέγχων για τη διαδικασία αυτή.
2. Συγκεκριμένες προδιαγραφές για την ποιότητα του νερού που ανακτάται και προορίζεται για τις επιμέρους χρήσεις.
3. Ελέγχους που μειώνουν τους κινδύνους που προέρχονται από το ανακτώμενο νερό για τον άνθρωπο.
4. Ελέγχους για την πρόσβαση στο σύστημα συλλογής των υγρών αποβλήτων και προληπτικούς ελέγχους για να αποφευχθεί η σύνδεση μεταξύ του δικτύου ύδρευσης και του δικτύου ανακτώμενου και επαναχρησιμοποιούμενου νερού.

Μηχανισμούς που θα καθιστούν υποχρεωτικούς και θα δίνουν ανταγωνιστική ισχύ σε όλους τους παραπάνω κανονισμούς, συμπεριλαμβανόμενων και των αρμοδιοτήτων για διενέργεια ελέγχων και επιβολή ποινών για παραβάσεις.

#### 4.4.1 Το ισχύον πλαίσιο στην Ελλάδα και παρούσα κατάσταση

Στα κράτη-μέλη της Ε.Ε., η διαχείριση των υγρών αποβλήτων διέπεται από την Οδηγία 91/271/EC. Στόχος της Οδηγίας αυτής, η οποία έχει εγκριθεί ήδη από τις 21 Μαΐου 1991, είναι η προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της

απόρριψης των αστικών λυμάτων. Η συγκεκριμένη Οδηγία απαιτεί τη συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων σε όλους τους οικισμούς που ξεπερνούν τους 2000 κατοίκους, τη δευτεροβάθμια τουλάχιστον επεξεργασία τους σε οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό τουλάχιστον 2000, καθώς και την προηγμένη, τριτοβάθμια επεξεργασία σε οικισμούς άνω των 10.000 κατοίκων, ειδικά εάν οι λεκάνες απορροής τους γειτνιάζουν με ευαίσθητες, περιβαλλοντικά, περιοχές.



Εικόνα 8: Διαχείριση υγρών αστικών αποβλήτων στις μεγάλες πόλεις της Ε.Ε. το 2016 (πηγή: European Environment Agency)

Στην Ελλάδα, η εναρμόνιση με τη συγκεκριμένη Οδηγία ήρθε το 1997, με το παράρτημα του ΦΕΚ 192B/14.3.1997 να ορίζει τις απαιτήσεις για την απόρριψη της εκροής. Συγκεκριμένα, μέσω των απαιτήσεων, δεν θα έπρεπε το BOD να ξεπερνά τα 25 mg/L, ενώ το COD (Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο), δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 125 mg/L.

Η συγκεκριμένη απόφαση όμως έχει αναθεωρηθεί έκτοτε, μέσω της Κοινής Υπουργικής Απόφασης 145116/2011, υπό τον τίτλο «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις». Εδώ, για κάθε τύπο επαναχρησιμοποίησης του νερού (άρδευση, βιομηχανική, πλήρωση υπόγειων υδροφορέων, αστική και περιαστική) ορίζονται όρια σε ορισμένες μετρήσεις ώστε να μπορέσει το ανακτώμενο νερό να γίνει αποδεκτό.

Σημαντική παράγραφος της συγκεκριμένης ΚΥΑ είναι το Άρθρο 12, όπου και ορίζει τις γενικές υποχρεώσεις των Φορέων Ανακτημένου Νερού. Σύμφωνα λοιπόν με αυτή, ο Φορέας θα πρέπει:

- Να προβαίνει στην ελάχιστη απαιτούμενη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων των προς επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, με σκοπό τα απόβλητα να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις επαναχρησιμοποίησης της απόφασης.
- Να καταγράφει τα αποτελέσματα των αναλύσεων από τις δειγματοληψίες σε σελιδομετρημένο και θεωρημένο από τη Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης, βιβλίο, και να καταχωρεί σε αυτό τυχόν συμβάντα κατά τη λειτουργία των εγκαταστάσεων, καθώς και τις ενέργειες που έγιναν για την επαναφορά του συστήματος σε κανονική λειτουργία.
- Να διακόπτει τη διάθεση και παροχή των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων προς επαναχρησιμοποίηση όταν δεν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις της παρούσας απόφασης.
- Να ορίζει υπεύθυνο λειτουργίας, με τα στοιχεία του να είναι γνωστά στην οικεία Διεύθυνση Υδάτων της εκάστοτε Περιφέρειας.

Επίσης, ο Φορέας Διαχείρισης ή Χρήστης του ανακτημένου νερού είναι υποχρεωμένος να:

- Αναρτά σε όλους τους χώρους, που γίνεται χρήση του ανακτώμενου νερού, κατάλληλη σήμανση που να απεικονίζει κρουνό βρύσης, επισημασμένο με το σύμβολο «X», και με ευανάγνωστα γράμματα τη φράση «Ανακυκλωμένο Νερό – Μη πόσιμο», τόσο στην ελληνική όσο και στην αγγλική γλώσσα. Επίσης πρέπει να μεριμνά ώστε οι σωληνώσεις που θα εξυπηρετήσουν το δίκτυο του ανακυκλωμένου νερού να έχουν χρώμα ιώδες, ώστε να ξεχωρίζουν από το δίκτυο ύδρευσης.
- Υλοποιεί τα προγράμματα παρακολούθησης που έχουν καθορισθεί από τις μελέτες που προβλέπονται από την ΚΥΑ αυτή.

Εάν ο Φορέας Παροχής, ο Φορέας Διαχείρισης ή ο Χρήστης του ανακτώμενου νερού διαπιστώσουν από ελέγχους πως υπάρχει κίνδυνος δυσμενών επιπτώσεων στο περιβάλλον ή/και τη δημόσια υγεία απ' αυτό, πρέπει να το γνωστοποιήσουν αμέσως στην Αρμόδια Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης, ώστε από κοινού να καθορισθούν, μαζί με την αρμόδια Διεύθυνση Υγείας της Περιφέρειας, το είδος και το χρονοδιάγραμμα των αναγκαίων επανορθωτικών μέτρων που πρέπει να ληφθούν.

Ο Φορέας Παροχής, ο Φορέας Διαχείρισης ή ο Χρήστης του ανακτώμενου νερού, είναι υποχρεωμένοι να λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα πρόληψης αλλά και αποκατάστασης του υδάτινου περιβάλλοντος.

Η ΚΥΑ ορίζει και όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και την κατ' ελάχιστο απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων, για άρδευση, βιομηχανική χρήση, εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων και αστική χρήση.

Έτσι, έχουμε την ακόλουθη ομαδοποίηση των χρήσεων, η οποία συνοδεύεται και από τα αντίστοιχα όρια:

#### **Περιορισμένη άρδευση και Βιομηχανική ψύξη (νερό μιας χρήσης):**

- Escherichia coli (EC/100 ml):  $\leq 200$
- BOD5 (mg/l):  $\leq 25$
- SS (mg/l):  $\leq 35$
- Θολότητα (NTU): -
- Κατ' ελάχιστο απαιτούμενη επεξεργασία: Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία
- Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού: Για EC μια ανά εβδομάδα. Για όλους τους υπόλοιπους παράγοντες, από 12 έως 24 ετήσια δείγματα, ανάλογα το μέγεθος της περιοχής που εξυπηρετεί η μονάδα επεξεργασίας.

#### **Απεριόριστη άρδευση και Βιομηχανική χρήση (πλην νερού μιας χρήσης):**

- Escherichia coli (EC/100 ml):  $\leq 5$  για το 80% των δειγμάτων και  $\leq 50$  για το 95% των δειγμάτων
- BOD5 (mg/l):  $\leq 10$  για το 80% των δειγμάτων
- SS (mg/l):  $\leq 10$  για το 80% των δειγμάτων
- Θολότητα (NTU):  $\leq 2$  διάμεση τιμή
- Κατ' ελάχιστο απαιτούμενη επεξεργασία: Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία, της οποίας έπεται τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση.



- Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού: Για το EC, 4 φορές ανά εβδομάδα πλην των νήσων όπου λόγω ελλείψεων το όριο τίθεται στη 1 φορά/εβδομάδα. Για θολότητα και διαπερατότητα, 4 φορές ανά εβδομάδα για εγκαταστάσεις πλησίον οικισμού με άνω των 50.000 κατοίκων, εναλλακτικά 2 φορές/εβδομάδα. Για BOD5, SS, N, P τα δείγματα είναι ημερήσια.

#### **Αστική χρήση (όχι πόση) και Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων:**

- Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100 ml):  $\leq 2$  για το 80% των δειγμάτων και  $\leq 20$  για το 95% των δειγμάτων.
- BOD5 (mg/l):  $\leq 10$  για το 80% των δειγμάτων
- SS (mg/l):  $\leq 2$  για το 80% των δειγμάτων
- Θολότητα (NTU):  $\leq 2$  ενδιάμεση τιμή
- Κατ' ελάχιστο απαιτούμενη επεξεργασία: Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία, ακολουθούμενη από προχωρημένη επεξεργασία και απολύμανση.
- Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού: Για TC, επτά ανά εβδομάδα σε μονάδες που εξυπηρετούν οικισμούς με άνω των 50.000 κατοίκων, εναλλακτικά τρεις/εβδομάδα. Εξαιρέση οι νησιωτικές μονάδες, όπου είναι 2/εβδομάδα. Για θολότητα και διαπερατότητα, 4 φορές/εβδομάδα για οικισμούς 50.000 ισοδύναμων κατοίκων, αλλιώς 2/εβδομάδα. Για BOD5, SS, N, P τα δείγματα είναι ημερήσια.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, εφόσον υιοθετείται η διεργασία της χλωρίωσης, θα πρέπει το υπολειμματικό χλώριο στα λύματα να ελέγχεται συνεχώς, με το ανεκτό όριο υπολειμμάτων χλωρίωσης να είναι τα 2 mg/L. Επίσης, οι συγκεντρώσεις αζώτου θα πρέπει να διατηρούνται κάτω από τα 45 mg/L, με εξαίρεση τις περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλης διάρκειας αποθήκευση των υγρών αποβλήτων σε ταμιευτήρες, γίνεται άρδευση ευπρόσβλητων στη νιτρορρύπανση ζωνών ή γίνεται εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα. Στις περιπτώσεις αυτές, οι μέσες συγκεντρώσεις αζώτου πρέπει να μην υπερβαίνουν τα 15 mg/L.

Για τη διαδικασία της απολύμανσης, όπου αυτή είναι εφαρμόσιμη, χρησιμοποιούνται οι τεχνικές της χλωρίωσης, οζόνωσης ή υπεριώδους ακτινοβολίας, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω. Σε κάθε περίπτωση, και στον βαθμό που η επεξεργασία συνίσταται στην ελάχιστη απαιτούμενη κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης, θα εξασφαλίζεται γινόμενο

υπολειμματικού χλωρίου επί χρόνο επαφής μεγαλύτερο ή ίσο με 30 mg\*min/L, και ελάχιστος χρόνος επαφής τα 30 min. Για απολύμανση με UV, πρέπει να εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 70 mWsec/cm<sup>2</sup> στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του UV συστήματος δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 50%. Θα πρέπει, μετά από κατάλληλη μελέτη, η οποία συμπεριλαμβάνεται στη μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής της μονάδας, να τεκμηριώνεται επαρκώς η αποτελεσματικότητα αλλά και η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της διεργασίας της απολύμανσης. Για νερό βιομηχανικών διεργασιών θα πρέπει να εφαρμόζονται, από την ίδια τη βιομηχανία, τα εκάστοτε απαιτούμενα πρόσθετα, προχωρημένα συστήματα επεξεργασίας για απομάκρυνση ιόντων και άλλων διαλυμένων ενώσεων ή/και στοιχείων. Τέλος, θα πρέπει με κατάλληλη μελέτη να τεκμηριώνεται η επάρκεια του εδαφικού συστήματος να επιτυγχάνει συγκράτηση οργανικών.

Η κείμενη νομοθεσία, ωστόσο, ορίζει και μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων στα λύματα, οι οποίες παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα:

Μέταλλο	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)
Al (αργίλιο)	5
As (αρσενικό)	0.1
Be (βηρύλλιο)	0.1
Cd (κάδμιο)	0.01
Co (κοβάλτιο)	0.05
Cr (χρώμιο)	0.1
Cu (χαλκός)	0.2
F (φθόριο)	1.0
Fe (σίδηρος)	3.0
Li (λίθιο)	2.5
Mn (μαγγάνιο)	0.2
Mo (μολυβδαίνιο)	0.01
Ni (νικέλιο)	0.2
Pb (μόλυβδος)	0.1
Se (σελήνιο)	0.02
V (βανάδιο)	0.1
Zn (ψευδάργυρος)	2.0
Hg (υδράργυρος)	0.002
B (Βόριο)	2

Εικόνα 9: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων (πηγή: Κοινή Υπουργική Απόφαση 145116/2011)

Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων για τις παραμέτρους της ανωτέρω εικόνας καθορίζεται σε 12 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα εγκαταστάσεων επεξεργασίας που εξυπηρετούν ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 200.000 κατοίκων αλλά και βιομηχανικά υγρά απόβλητα από βιομηχανικές δραστηριότητες που δεν εμπίπτουν στην κατηγορία των βιομηχανικών τομέων που ορίζονται από την ΚΥΑ 5673/400/1997, δηλαδή τις βιομηχανίες:

- Επεξεργασίας γάλακτος
- Παραγωγής οπωροκηπευτικών προϊόντων
- Παραγωγής και εμφιάλωσης μη αλκοολούχων ποτών
- Μεταποίησης γεώμηλων
- Επεξεργασίας κρέατος
- Επεξεργασίας ζύθου
- Παραγωγής αλκοόλης και αλκοολούχων ποτών
- Παραγωγής ζελατίνας και κόλλας από δέρματα και οστά ζώων
- Παραγωγής ζωοτροφών από φυτικά προϊόντα
- Παραγωγής βύνης
- Επεξεργασίας ιχθύων

Για μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που εξυπηρετούν μικρότερους πληθυσμούς, τα όρια είναι τα ακόλουθα:

50.000 – 200.000 κάτοικοι	4 δειγματοληψίες/έτος
10.000 – 50.000 κάτοικοι	2 δειγματοληψίες/έτος
2.000 – 10.000 κάτοικοι	1 δειγματοληψία/έτος
≤ 2.000 κάτοικοι και ιδιωτικά συστήματα	Μη υποχρέωση δειγματοληψίας

*Πίνακας 1: Αντιστοίχιση ετήσιων δειγματοληψιών για εντοπισμό μετάλλων με ισοδύναμο πληθυσμό που εξυπηρετεί η μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων (πηγή: Κοινή Υπουργική Απόφαση 145116/2011)*

Τέλος, από την ΚΥΑ ορίζονται και οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα, οι οποίες παρουσιάζονται στην εικόνα που ακολουθεί:

Παράμετρος	CAS	Μέγιστη συγκέντρωση (µg/l)
Alachlor	15972-60-8	0,7
Ανθρακένιο	120-12-7	1
Ατραζίνη	1912-24-9	2
Βενζόλιο	71-43-2	5
Βρωμιούχος διφαινυλαιθέρας	32534-81-9	0,025
Ανθρακο-τετραχλωρίδιο	56-23-5	MA
C10-13 Χλωροαλκάνια	85535-84-8	1,4
Chlorfenvinphos	470-90-6	0,3
Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)	2921-88-2	0,1
Aldrin	309-00-2	MA
Dieldrin	60-57-1	MA
Endrin <sup>†</sup>	72-20-8	MA
Isodrin	465-73-6	0,01
DDT ολικό	Δεν	MA
para-para-DDT	50-29-3	MA
1,2 Διχλωροαιθάνιο	107-06-2	20
Διχλωρομεθάνιο	75-09-2	50
Φθαλικό δι(2-αιθυλεξίλιο) – (ΦΔΕΕ-DEHP)	117-81-7	10
Diuron	330-54-1	1,0
Ενδοσουλφάνιο	115-29-7	0,01
Φλουορανθένιο	206-44-0	1
Εξαχλωροβενζόλιο	118-74-1	MA
Εξαχλωροβουταδιένιο	87-68-3	0,6
Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	608-73-1	MA
Isoproturon	34123-59-6	1
Ναφθαλένιο	91-20-3	2,4
Εννεύλοφαινόλη [4-εννεύλοφαινόλη]	104-40-5	2

Εικόνα 10: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα (πηγή: Κοινή Υπουργική Απόφαση 145116/2011)

Τα συγκεκριμένα όρια ισχύουν μόνο για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων, ισοδύναμου πληθυσμού τουλάχιστον 100.000 κατοίκων, καθώς και για όλες τις περιπτώσεις βιομηχανικών αποβλήτων από βιομηχανίες που δεν εμπίπτουν σε όσες αναφέρθηκαν ανωτέρω. Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων για τις παραμέτρους τις προηγούμενες εικόνας καθορίζεται στις 2 δειγματοληψίες/έτος.

Να αναφερθεί, τέλος, πως στη χώρα μας υπάρχουν συνολικά 232 μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Οι 30 περιλαμβάνουν μόνο βιολογική επεξεργασία, ενώ οι υπόλοιπες 202 έχουν και διαδικασίες απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου από τα απόβλητα. Καμία, ωστόσο, δεν περιλαμβάνει πρακτικές ανάκτησης ενέργειας.

Βάσει των Οδηγιών της Ε.Ε., η Ελλάδα έχει πετύχει τον στόχο της για τη σωστή συλλογή των αστικών αποβλήτων, ωστόσο πρέπει να προβεί σε επιπλέον ενέργειες για να φτάσει στο 100% της βιολογικής επεξεργασίας τους (υστερεί κατά 0.40 εκατ. p.e. από τον ορισμένο στόχο) ενώ υστερεί και κατά 0.04 εκατ. p.e. από τον στόχο που έχει τεθεί για επεξεργασία αποβλήτων με ταυτόχρονη ανάκτηση φωσφόρου και αζώτου.

Ωστόσο, προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην απόρριψη των υγρών αποβλήτων που γίνεται στη χώρα μας καθώς το 1.9% των υδάτων σε ποταμούς, το 2.6% των υδάτων σε λίμνες, το 2.5% των υδάτων σε μεταβατικά σώματα και το 2% των παράκτιων υδάτων επηρεάζονται αρνητικά από απορρίψεις υγρών αποβλήτων, τομέας στον οποίο πρέπει να προβεί σε ενέργειες η χώρα μας, δεδομένης της εξάρτησής της από το ποιοτικό νερό και τις παραλίες για συνεισφορά στο ΑΕΠ της. (WISE Freshwater, 2020).

Στην Ελλάδα δεν ακολουθείται μια καθορισμένη κατάταξη, έτσι υπάρχει μια εμπειρική κατάταξη της δυναμικότητάς τους ανάλογα με το μέγεθος των εξυπηρετούμενων οικισμών. Σε ποσοστό 92% των Ε.Ε.Λ. λειτουργούν σχάρες, από τις οποίες το 67% βρίσκονται σε κλειστό χώρο στο 84% των οποίων υπάρχει εγκατάσταση απόσμησης. Εξαμμοτές έχει δηλωθεί ότι διαθέτει το 84% των εγκαταστάσεων, το 40% των οποίων βρίσκονται σε 92 κλειστούς χώρους ο οποίοι διαθέτουν στο σύνολό τους εγκατάσταση απόσμησης. Ο τύπος των εξαμμοτών που χρησιμοποιείται συχνότερα είναι ο «αεριζόμενος» (78% των Ε.Ε.Λ.), και σπανιότερα ο εξαμμοτής «βαρύτητας» (15% των Ε.Ε.Λ.). Στις λοιπές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται διάφοροι άλλου τύπου εξαμμοτές. Στο 38% των εγκαταστάσεων λειτουργεί πρωτοβάθμια καθίζηση, στο 90% δευτεροβάθμια επεξεργασία και στο 51% τριτοβάθμια επεξεργασία. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία γίνεται στο 93% με ενεργό ίλη, στο 4% με αεριζόμενες λίμνες, ενώ σε αποσπασματικές περιπτώσεις γίνεται με βιολογικά φίλτρα και βιοδίσκους.

Η τριτοβάθμια επεξεργασία γίνεται στο 52% των εγκαταστάσεων με αφαίρεση αζώτου, στο 35% με αφαίρεση φωσφόρου και στο 14% με αφαίρεση στερεών. Απολύμανση γίνεται στο 87% των εγκαταστάσεων και γίνεται κατά κύριο λόγο με υπερχλωριώδες

νάτριο (84%). Πάχυνση ιλύος γίνεται στο 92% των βιολογικών καθαρισμών. Στο 59% εφαρμόζεται παχυντής βαρύτητας και στο υπόλοιπο 41% μηχανικός παχυντής. Στο 44% των εγκαταστάσεων εφαρμόζεται αερόβια χώνευση ιλύος και στο 13% αναερόβια χώνευση ιλύος. Αφυδάτωση ιλύος εφαρμόζεται στο 86% των Ε.Ε.Λ. κυρίως με ταινιοφιλτρώπρεςσες (71%).

#### 4.5 Τριτοβάθμια επεξεργασία αποβλήτων στην Σαντορίνη

Την 14<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2020 δημοσιεύθηκε στην ιστοσελίδα της ΔΕΥΑΘ Σαντορίνης η απόφαση έγκρισης τροποποίησης Περιβαλλοντικών Όρων, η οποία αφορά την προσθήκη μονάδας τριτοβάθμιας επεξεργασίας και την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για απεριόριστη άρδευση και την παράταση ισχύος σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, για το έργο, «Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας και Καθαρισμού Λυμάτων Οίας» Νομού Κυκλάδων.

Με την έγκριση αυτή ανοίγει ο δρόμος για την υλοποίηση του πρωτοποριακού καινοτόμου συστήματος άρδευσης του κάμπου Μπαξέδων της Οίας, που θα χρησιμοποιεί τις εκροές των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων, κατόπιν κατεργασίας με πρωτόπορα μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων με μεμβράνες. Η μονάδα θα χρησιμοποιεί «εξαντλημένες» μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης για θαλασσινό νερό. Ο όρος «εξαντλημένες» αναφέρεται σε μεμβράνες που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αφαλάτωση θαλασσινού νερού λόγω μικρής σχετικά απόρριψης αλάτων και θα έπρεπε να απορριφθούν στο περιβάλλον, αλλά εξακολουθούν να είναι χρήσιμες για νερό χαμηλής συγκέντρωσης αλάτων, όπως είναι αυτό των κατεργασμένων λυμάτων από τις Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) της Κοινότητας Οίας. Η μονάδα συνεπώς θα εκτελεί την τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων παρέχοντας νερό αρίστης ποιότητας και αποκλείοντας όλους τους παθογόνους μικροοργανισμούς, αλλά και επιβλαβή ιχνοστοιχεία.

Το συνολικό έργο περιλαμβάνει την μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας, αντλιοστάσιο άρδευσης και το δίκτυο άρδευσης που καλύπτει τον κάμπο των Μπαξέδων Οίας. Με την συγκεκριμένη απόφαση δίνεται η δυνατότητα άμεσης χρηματοδότησης και

υλοποίησης του έργου. Να τονίσουμε ότι τέτοιο έργο γίνεται για πρώτη φορά στην Ελλάδα. Το συγκεκριμένο έργο μπορεί άμεσα να συμβάλλει:

- Στην βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου νερού από τις εγκαταστάσεις ΕΕΛ της Οίας, λόγω ανάμιξης του πλεονάσματος του νερού άρδευσης με τις υπάρχουσες εκροές των ΕΕΛ της Οίας.
- Στην αξιοποίηση και ανακύκλωση των υδάτινων πόρων που προέρχονται από αφαλάτωση θαλασσινού νερού και τώρα αποβάλλονται στη θάλασσα.
- Στην παραγωγή νερού για απεριόριστη άρδευση όλων των καλλιεργειών με άριστη και διασφαλισμένης ποιότητας νερό.
- Στην διάθεση του παραγόμενου νερού για άρδευση σε πολύ χαμηλή τιμή για τους αγρότες .
- Στην αγροτική ανάπτυξη της περιοχής της Οίας και την ανάπτυξη νέων δυναμικών καλλιεργειών αλλά και την ενίσχυση των υπάρχουσών καλλιεργειών για τις οποίες προβλέπεται δυνατότητα άρδευσης.
- Στην μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος μέσω της βελτίωσης της ποιότητας των κατεργασμένων λυμάτων αλλά και της χρησιμοποίησης "αχρήστων" μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης για θαλασσινό νερό, αλλά χρήσιμων για κατεργασία λυμάτων, οι οποίες διαφορετικά θα διατίθενται άμεσα στο περιβάλλον ως άχρηστες.

Πρόκειται για μια πρωτοποριακή και καινοτόμο δράση, της οποίας ο σχεδιασμός ξεκίνησε από την προηγούμενη Διοίκηση της Δ.Ε.Υ.Α.Θ. κι προωθείται επιτυχώς και υλοποιείται από την υφιστάμενη Διοίκηση της Επιχείρησης.

#### 4.6 Μελέτη περίπτωσης επεξεργασίας λυμάτων στον οικισμό Έξω Μουλιανών στην Σητεία Κρήτης καθώς και χρηματοδότηση του έργου

##### 4.6.1 Δίκτυο υποδομών

Σχεδόν όλοι οι οικισμοί του Δήμου Σητείας διαθέτουν αποχετευτικά δίκτυα, αν και σε πολλές περιπτώσεις απαιτούνται επεκτάσεις των υφιστάμενων δικτύων. Όσον αφορά τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, λειτουργεί ο βιολογικός καθαρισμός της Σητείας (δυναμικότητας 10000 ι.κ.), ο οποίος δέχεται τα λύματα και των οικισμών Πετρά και Πισκοκέφαλου και ο βιολογικός καθαρισμός Σκοπής (δυναμικότητας 1500 ι.κ.). Οι δύο αυτές εγκαταστάσεις λειτουργούν με σύστημα παρατεταμένου αερισμού. Η πρόταση μεταφοράς λυμάτων στο βιολογικό καθαρισμό της Σκοπής από άλλους οικισμούς παρουσιάζει το μειονέκτημα του μεγάλου κόστους κατασκευής και λειτουργίας.

#### 4.6.2 Περιγραφή συστήματος επεξεργασίας λυμάτων

Με δεδομένη την ανέφικτη οικονομοτεχνικά σύνδεση του οικισμού Έξω Μουλιανών στον κεντρικό βιολογικό καθαρισμό της Σητείας, προτάθηκε η λύση της αποκεντρωμένης διαχείρισης των λυμάτων του οικισμού. Για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας λυμάτων και την υλοποίηση του έργου εκπονήθηκαν οι ακόλουθες μελέτες:

- Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση.
- Μελέτη επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων (άρδευση).
- Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

Για τις ανωτέρω μελέτες έχουν εκδοθεί οι σχετικές εγκρίσεις :

- Η με αρ. πρωτ. 3400/27-09-2004 Απόφαση Προέγκρισης Χωροθέτησης από τη Διεύθυνση ΠΕ.ΧΩ. της Περιφέρειας Κρήτης.
- Η με αρ. πρωτ. 41071/17-08-2004 Άδεια Διάθεσης Λυμάτων από τη Διεύθυνση Υγιεινής της Περιφέρειας Κρήτης.
- Η με αρ. πρωτ. 751/09-03-2005 Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων από τη Διεύθυνση ΠΕ.ΧΩ. της Περιφέρειας Κρήτης.



Τα δεδομένα σχεδιασμού της μονάδας καλύπτουν τους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους και είναι τα εξής:

- Το αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων θα αξιοποιεί την υφιστάμενη υποδομή (αποχέτευση Έξω Μουλιανών, διαθέσιμη έκταση).
- Επιλογή αξιόπιστης τεχνολογίας, για την επίτευξη εκροής υψηλής ποιότητας (τριτοβάθμια), ώστε να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση ελαιώνων και πρασίνου στην περιοχή.
- Άοσμη και αθόρυβη λειτουργία, καθώς η διαθέσιμη έκταση για τη μονάδα είναι σε μικρή απόσταση από τα όρια του οικισμού (100 m από τα πλησιέστερα σπίτια) και στα γειτονικά αγροτεμάχια προσεγγίζουν καλλιεργητές.
- Απλή λειτουργία και συντήρηση. Με δεδομένο το μέγεθος του οικισμού και την δυσκολία σωστής λειτουργίας και συντήρησης μονάδας βιολογικού καθαρισμού σε οικισμό μακριά από τη Σητεία, είναι επιθυμητό να μην απαιτείται συχνή παρουσία συντηρητή-χειριστή.
- Κατασκευή υψηλής ποιότητας για χρόνο ζωής εγκαταστάσεων 20-30 χρόνια τουλάχιστον.
- Λύση οικολογική, φιλική προς το περιβάλλον, με ελάχιστη απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Ελάχιστη ή μηδενική παραγωγή βιολογικής λάσπης.

Με βάση τα προαναφερόμενα, επιλέχθηκε το σύστημα επεξεργασίας λυμάτων του οικισμού Έξω Μουλιανών, το οποίο περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- Προεπεξεργασία και πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων (εσχάρωση, σηπτική δεξαμενή).
- Βιολογική επεξεργασία με βιολογικά φίλτρα προσκολλημένης βιομάζας.
- Απολύμανση (χλωρίωση) της εκροής.
- Διάθεση της εκροής με άρδευση στάγδην ελαιώνων και πρασίνου.

Η επιλογή συστήματος επεξεργασίας με μέθοδο προσκολλημένης βιομάζας (αντί του παρατεταμένου αερισμού-σύστημα αιωρούμενης βιομάζας) οφείλεται στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν, όπως:

- Μεγάλη αξιοπιστία και αντοχή: οι μονάδες προσκολλημένης βιομάζας δεν επηρεάζονται αισθητά από τα απορρυπαντικά, πετρελαιοειδή ή άλλες τοξικές ουσίες, σε αντίθεση με τις συμβατικές μονάδες παρατεταμένου αερισμού.
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης (έως 10 φορές χαμηλότερα κόστη).
- Γενικά αθόρυβη λειτουργία, ακόμα και σε μικρή απόσταση.
- Υπάρχει δυνατότητα πλήρους νιτροποίησης και μερικής απονιτροποίησης των λυμάτων με τη διακοπτόμενη φόρτιση και ανακυκλοφορία.
- Ελάχιστες απαιτήσεις σε επίβλεψη και συντήρηση (μια επίσκεψη συντηρητή κάθε 1-3 μήνες).
- Δεν επηρεάζονται αισθητά από πολύωρες διακοπές ηλεκτρικού ρεύματος.
- Μπορούν να λειτουργούν ακόμη και με ελάχιστο πληθυσμό για κάποιες περιόδους. Προσαρμόζονται εύκολα σε μεγάλες διακυμάνσεις φορτίου, χωρίς επιπτώσεις στην εκροή.
- Οι μονάδες προσκολλημένης βιομάζας παράγουν ελάχιστες ποσότητες δευτεροβάθμιας βιολογικής λάσπης (συγκριτικά με τις μονάδες ενεργού ιλύος-παρατεταμένου αερισμού). Ιδιαίτερα οι μονάδες χαμηλής φόρτισης (βιολογικά αμμόφιλτρα, φίλτρα υφάσματος) δεν παράγουν περίσσεια βιολογικής λάσπης που να χρειάζεται συχνή απομάκρυνση (Δ.Ε.Υ.Α.Σ.,2006).

Η κατασκευή του συστήματος επεξεργασίας λυμάτων του οικισμού Έξω Μουλιανών έγινε από τον ανάδοχο (Διαλυνάς Α.Ε.), ο οποίος επιλέχθηκε μετά από Δημόσιο μειοδοτικό διαγωνισμό (ανοικτό) με αξιολόγηση προσφορών. Ο διαγωνισμός διενεργήθηκε από τη Δ.Ε.Υ.Α.Σ., η οποία είναι και ο φορέας υλοποίησης και λειτουργίας της μονάδας, μέσω της Τεχνικής Υπηρεσίας της.

#### 4.6.3 Χρηματοδότηση του έργου

Η χρηματοδότηση του συστήματος επεξεργασίας λυμάτων στον οικισμό Έξω Μουλιανών έγινε σε μεγάλο ποσοστό από τα Ολοκληρωμένα Προγράμματα Ανάπτυξης Αγροτικού Χώρου (ΟΠΑΑΧ) του ΠΕΠ Κρήτης 2000-2006, τα οποία εφαρμόζονται σε ορεινές ή και μειονεκτικές περιοχές (Περιοχές Παρέμβασης), που εμφανίζουν προβλήματα συγκράτησης του πληθυσμού, απομόνωσης και ανισοτήτων. Έχουν ως στόχους τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των αγροτικών ορεινών και μειονεκτικών περιοχών, την αναδιάρθρωση της τοπικής αγροτικής οικονομίας και γενικά τη βιώσιμη και ολοκληρωμένη ανάπτυξη των περιοχών αυτών, αναδεικνύοντας και αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματά τους.

Στην Κρήτη οι Περιοχές Παρέμβασης περιλαμβάνουν συγκεκριμένα δημοτικά διαμερίσματα και τα προγράμματα που εφαρμόζονται σε αυτές χρηματοδοτούνται:

- είτε από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Αγροτική Ανάπτυξη και Ανασυγκρότηση της Υπαίθρου 2000-2006» (ΟΠΑΑΧ Υπουργείου)
- είτε από το Περιφερειακό Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «ΠΕΠ Κρήτης 2000-2006» (ΟΠΑΑΧ Κρήτης). Τα ΟΠΑΑΧ ΠΕΠ Κρήτης εντάσσονται στον άξονα 5 του ΠΕΠ Κρήτης: «Ανάπτυξη ορεινών, μειονεκτικών και λοιπών αγροτικών περιοχών», στο μέτρο 5.5: «Ολοκληρωμένες Παρεμβάσεις Ανάπτυξης Ειδικών Αγροτικών Περιοχών (Ολοκληρωμένα Σχέδια)».

Τα ΟΠΑΑΧ χρηματοδοτούν υποδομές για τον αγροτικό τομέα, παρεμβάσεις αναβάθμισης των οικισμών και του φυσικού περιβάλλοντος, δράσεις βελτίωσης της ποιότητας ζωής των κατοίκων και των δεξιοτήτων τους καθώς και ενισχύσεις σε ιδιώτες (γεωργούς και μη) για επενδύσεις στον αγροτικό τομέα, αλλά και επιπλέον υποστηρικτικές δράσεις για την ανάδειξη των περιοχών παρέμβασης. ([www.crete-region.gr](http://www.crete-region.gr)) Τα ΟΠΑΑΧ (για την προγραμματική περίοδο 2000-2006) συγχρηματοδοτήθηκαν από εθνικούς πόρους και από το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Προσανατολισμού και Εγγυήσεων-Τμήμα Προσανατολισμού (ΕΓΤΠΕ-Π), το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο (ΕΚΤ). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα ποσοστά χρηματοδότησης του έργου από τα ΟΠΑΑΧ και από εθνικούς πόρους (Δ.Ε.Υ.Α.Σ.):

Προϋπολογισμός έργου	142.000 €
Πηγές χρηματοδότησης	Ποσοστό (%)
ΟΠΑΑΧ	83,75
Δ.Ε.Υ.Α.Σ.	16,25

Πίνακας 2: Ποσοστά χρηματοδότησης του Έργου (πηγή Δ.Ε.Υ.Α. Σητείας (2006), «Κατασκευή συστήματος επεξεργασίας λυμάτων οικισμού Έξω Μουλιανών Δήμου Σητείας με προκατασκευασμένες μονάδες (προμήθεια-εγκατάσταση)- Τεχνικές προδιαγραφές», Τεχνική Υπηρεσία Δ.Ε.Υ.Α. Σητείας, Κρήτη.

Από τα προαναφερόμενα προκύπτει ότι το συγκεκριμένο σύστημα έχει πολύ μικρότερο κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος συγκριτικά με τα συμβατικά συστήματα επεξεργασίας αστικών λυμάτων (π.χ. σύστημα παρατεταμένου αερισμού) και απαιτεί λιγότερο εξειδικευμένο προσωπικό στην επίβλεψη, λειτουργία και γενικά διαχείρισή του. Αυτό συνεπάγεται ότι η χρηματοδότησή του είναι εφικτή, ακόμα και σε περιπτώσεις ΟΤΑ που αντιμετωπίζουν οικονομικά προβλήματα (π.χ. ανεπάρκεια εσόδων). Λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει και λαμβάνοντας υπόψη τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, η εφαρμογή του κρίνεται κατάλληλη και σε άλλους οικισμούς ή δήμους.

#### 4.6 Τάσεις, προοπτικές και σπουδαιότητα αξιοποίησης των υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα

Η ορθολογική και αποτελεσματική διαχείριση των αστικών υγρών αποβλήτων εξυπηρετεί:

- Την ανάγκη για συμμόρφωση με τις Ευρωπαϊκές περιβαλλοντικές απαιτήσεις.
- Την προστασία υγείας του ανθρώπου.
- Την πρόσβαση σε κατάλληλο νερό ποιότητας.
- Την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και των οικοσυστημάτων
- Την ενημέρωση και την συμμετοχή του κοινού.
- Την εξοικονόμηση ενεργειακών και υδάτινων πόρων

Στην Ελλάδα παρατηρούνται κυρίως υγροί και σχετικά ψυχροί χειμώνες και ξηρά και θερμά καλοκαίρια, ενώ η βροχόπτωση εμφανίζει μια μέση τιμή των 874mm/έτος.

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

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

- Στην προστασία από τη ρύπανση των επιφανειακών υδάτων, όφελος που προκύπτει από τη μη διάθεση των υγρών αποβλήτων στους υδάτινους αποδέκτες.
- Στη διατήρηση και ορθολογική διαχείριση των αποθεμάτων του «γλυκού» νερού που αποτελεί σημαντικό αναπτυξιακό παράγοντα.
- Στη χρήση των υγρών αποβλήτων για άρδευση που μπορεί να συμβάλλει στην μείωση της υπερεκμετάλλευσης των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων και στην προστασία τους από την υφαλμύρωση.

Τα οφέλη για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων είναι κυρίως προστασία του περιβάλλοντος και οικονομικά οφέλη. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι (Χρυσανθοπούλου, 2018):

Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων συνεισφέρει στην αειφόρο και ορθολογιστική διαχείριση των υδατικών πόρων. Επίσης είναι απόλυτα συνδεδεμένη με την κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης.

- Καλύτερη προσαρμογή στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής καθώς αυξάνονται τα συνολικά αποθέματα πόσιμου νερού.
- Μείωση ενεργειακού κόστους σε σχέση με την άντληση υπογείου νερού, την εισαγωγή και την αφαλάτωση.
- Διαθέτει χρήσιμα θρεπτικά συστατικά για τη γεωργία όπως για παράδειγμα άζωτο και φώσφορο. Αυτό συνεπάγεται στη μείωση της χρήσης λιπασμάτων αν και έχει αποδειχτεί πως η συνεισφορά σε αυτό είναι μικρή.

- Το ανακτημένο νερό είναι ζωτικής σημασίας για τη γεωργία καθώς αποτελεί μόνιμη οικονομική πηγή νερού και δεν επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες
- Αύξηση της ποσότητας στερεών αποβλήτων από της μονάδες επεξεργασίας με αποτέλεσμα την δημιουργία πολύτιμων παραγώγων όπως βελτιωτικά εδάφους και βιοκαύσιμα.
- Το κόστος τριτοβάθμιας επεξεργασίας για σκοπούς επαναχρησιμοποίησης εκροών είναι χαμηλότερο από εναλλακτικές πηγές αρδεύσιμου νερού.
- Σε εφαρμογές όπως η άντληση από βαθιά υπόγεια ύδατα, η κατασκευή φραγμάτων και η αφαλάτωση θαλασσινού νερού υπολογίζονται πιο πλούσιες από την επαναχρησιμοποίηση των εκροών.
- Ιδιαίτερα σημαντική συμβολή στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και της ευημερίας καθώς ενισχύει το αστικό περιβάλλον μέσω άρδευσης πάρκων κ.τ.λ.
- Μέσω της επαναχρησιμοποίησης ελέγχεται η υπεράντληση υπογείων και επιφανειακών νερών.
- Συμβάλει στην πιο σωστή κατανομή των πόρων γλυκού νερού σε περιοχές με λειψυδρία.
- Βελτίωση της ποιότητας και ποσότητας των επιφανειακών και υπογείων υδάτων.
- Μείωση της συνολικής απόρριψης όπως της απόρριψης θρεπτικών ουσιών στο περιβάλλον και της απώλειας γλυκού νερού στη θάλασσα και τους ευαίσθητους αποδέκτες.
- Αποφεύγεται η διάβρωση του εδάφους σε άνυδρες περιοχές από τον άνεμο καθώς προκύπτει αύξηση της υδρόβιας ζωής και των ζωνών πρασίνου.
- Ενδυναμώνεται το οικοσύστημα με την συμβολή στη δημιουργία ρευμάτων υγροτόπων και λιμνών.

Η έλλειψη νερού τα τελευταία χρόνια έχει οδηγήσει την διεθνή κοινότητα στην προσπάθεια εξεύρεσης νέων πηγών νερού, όπως είναι τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, όταν αποφεύγεται η διάθεσή τους σε υδάτινους αποδέκτες, μπορούν να αξιοποιηθούν με διάφορους τρόπους, σημαντικότεροι των οποίων είναι άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων με σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη (Angelakis et al, 2002), η χρήση αυτών στην βιομηχανία και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων (Σακελαρίου-Μακραντωνάκη κα, 2004).

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων βιολογικών σταθμών, αποτελεί μία διεθνής πρακτική, η οποία βρίσκει εφαρμογή στα εδάφη, σε καλλιεργούμενες και προβληματικές εκτάσεις, σε εγκαταστάσεις και σε χρήσεις εντός των αστικών συγκροτημάτων (Asano, 1998),(Asano, 2002). Η εφαρμογή της προτεινόμενης επαναχρησιμοποίησης στην Χώρα μας μέχρι σήμερα αφορά κυρίως την άρδευση εκτάσεων καλλιεργήσιμων και μη, στην πραγματικότητα όμως κινείται ερευνητικά, χωρίς να υπάρχει ένας εθνικός ολοκληρωμένος σχεδιασμός.

Η άρδευση των καλλιεργειών είναι ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος επαχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων, διότι α) αποφεύγεται η υποβάθμιση των υδατικών αποδεκτών, β) επιτυγχάνεται η φυσική τροφοδοσία του εδάφους και των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, γεγονός που μπορεί να μειώσει την ανάγκη προσθήκης χημικών λιπασμάτων (Πανώρας και Ηλίας, 1999) και γ) αποτελούν ένα επιπλέον υδατικό πόρο, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές όπου οι βροχοπτώσεις είναι ιδιαίτερα ανεπαρκής (Σακελαρίου – Μακραντωνάκη κα, 2004)

Η μελέτη της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης των υγρών αστικών λυμάτων σε εδάφη, θα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψη της όλες τις παραμέτρους από άποψη χωροταξίας, χημικής, γεωλογικής, γεωχημικής, περιβαλλοντικής και υγειονομολογικής, ώστε

να εξασφαλιστεί η επιθυμητή ,ασφαλής επαναχρησιμοποίηση (Καλαβρουζιώτης κα, 2004)

#### 4.8 Βιολογικός σταθμός επεξεργασίας λυμάτων στο Αγρίνιο

Ο Δήμος Αγρινίου είχε αναθέσει την μελέτη του Βιολογικού σταθμού επεξεργασίας λυμάτων της πόλης, το 1980, σε χώρο λίγο έξω από το Δοκίμι, με τελικό αποδέκτη την λίμνη Λυσιμαχεία. Το σχέδιο αυτό δεν υλοποιήθηκε διότι οι συζητήσεις περί του θέματος σε κυβερνητικά και τοπικά επίπεδα, ευνόησαν την λύση ενός σταθμού που θα κάλυπτε μεγαλύτερη περιοχή από την πόλη και θα απέφευγε την λίμνη Λυσιμαχεία ως αποδέκτη.

Η οριστική θέση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων αποφασίστηκε το 1984 και αμέσως μετά ανατέθηκαν οι επιμέρους μελέτες τόσο των εγκαταστάσεων όσο και των αγωγών που θα μετέφεραν τα λύματα όλων των βορείων παραλίμνιων οικισμών. Οι μελέτες ήταν έτοιμες το 1988 αλλά το κόστος κατασκευής υπερέβαινε τις δυνατότητες του Δήμου και η υλοποίησή του δρομολογήθηκε το 1993 όταν εντάχθηκε στο Ταμείο Συνοχής της ΕΕ (Δ.Ε.Υ.Α.Α , 1995).

Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων της πόλεως του Αγρινίου, ακολουθείται σύστημα παρατεταμένου αερισμού, με νιτροποίηση και απονιτροποίηση παράλληλα με απομάκρυνση φωσφόρου και τριτοβάθμια επεξεργασία.

Τα λύματα του πολεοδομικού συγκροτήματος του Αγρινίου συλλέγονται στο Κεντρικό Αντλιοστάσιο το οποίο έχει κατασκευαστεί σε απόσταση 9,5χλμ περίπου ανατολικά της θέσης των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων, πλησίον του νοτιοανατολικού ορίου του Αεροδρομίου. Ο σχεδιασμός του αντλιοστασίου έχει γίνει ώστε μελλοντικά να εξυπηρετήσει παράλληλα και το σύνολο των βορείων παραλιμνίων οικισμών της Τριγωνίδας μετά την κατασκευή των δικτύων τους και των έργων μεταφοράς ως την θέση αυτή. Το κεντρικό Α/Σ αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο τεχνολογικά έργο δεδομένου ότι πρέπει να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά και με ασφάλεια σε εξαιρετικά δυσχερείς λειτουργικές παραμέτρους όπως την κατάθλιψη σε πολύ μεγάλη απόσταση έντονα μεταβαλλόμενων παροχών ανεπεξέργαστων λυμάτων. Πέραν των τριών συγκροτημάτων άντλησης, το έργο είναι εξοπλισμένο με Η/Ζ ικανό να καλύπτει την λειτουργία του συστήματος σε περιπτώσεις προσωρινής διακοπής της ηλεκτροδότησης από την ΔΕΗ, με προχωρημένο σύστημα απόσμισης, αυτόματα ελεγχόμενες ηλεκτροβάνες, με ηλεκτρομαγνητικούς μετρητές παροχής και με πλήρη σειρά οργάνων ελέγχου. Επιπλέον το αντλιοστάσιο διαθέτει υψηλού επιπέδου σύστημα αυτοματισμού, ελεγχόμενο από το επιτελικό κέντρο διαχείρισης της μονάδας επεξεργασίας (Δ.Ε.Υ.Α.Α α , 1995).



Από το Κεντρικό Αντλιοστάσιο τα λύματα καταθλίβονται προς την μονάδας προεπεξεργασίας τις ΜΕΥΑ μέσω δίδυμου καταθλιπτικού αγωγού PVC 6 atm, ονομαστικής διαμέτρου κάθε κλάδου 630mm (Δ.Ε.Υ.Α.Α, 1995).

Η προκαταρκτική επεξεργασία αποτελεί αμιγώς μηχανική διαδικασία και έχει ως στόχο την απομάκρυνση κυρίως ανόργανων και αδρανών υλικών, τα οποία δεν είναι δυνατόν να υποστούν βιολογική επεξεργασία ενώ παράλληλα μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές φθορές στα μηχανήματα και στις σωληνώσεις που ακολουθούν. Η προκαταρκτική επεξεργασία αποτελείται από την εσχάρωση και την εξάμμωση (Δ.Ε.Υ.Α.Α, 1995).

Στο συγκεκριμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων του Αγρινίου και για ειδικούς λόγους που σχετίζονται με το ευαίσθητο τεχνικά και μεγάλου μήκους έργο κατάθλιψης, η πλήρης μονάδα εσχάρωση είναι εγκαταστημένη στο κτιρίου του Κεντρικού Α/Σ, ανάντη των συγκροτημάτων άντλησης. Αποτελείται από ζεύγος επίπεδων εσχάρων, αυτόματα καθοριζόμενων. Στις εσχάρες, με απόσταση ράβδων 10mm, κατακρατούνται όλα τα στερεά υλικά με αντίστοιχες διαστάσεις όπου συνίσταται κυρίως από ξύλα, κουρέλια, πλαστικά υλικά κα. Τα υλικά αυτά συλλέγονται με αυτοματοποιημένες διαδικασίες σε κάδους, αφού έχουν πρώτα συμπυκνωθεί και στην συνέχεια μεταφέρονται στους χώρους απόθεσης των απορριμμάτων (Δ.Ε.Υ.Α.Α, 1995).

Ως επόμενη διαδικασία για το στάδιο της προεπεξεργασίας καθίσταται η εξάμμωση-λιποσυλλογή όπου συντελείτε στην πρώτη μονάδα που συναντάτε στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων, αμέσως μετά την προσαγωγή των λυμάτων από το Κεντρικό Αντλιοστάσιο. Αποτελείται από ζεύγος επιμηκών πρισματικών δεξαμενών, εγκαταστημένων εντός του κτιρίου με την μονάδα επεξεργασίας της ιλύος. Η αμμοκράτηση επιτυγχάνεται με υποβρύχια διάχυση αέρα και με μοντελοποιημένη διαδικασία που έχει την ικανότητα να διατηρεί σε αιώρηση τα οργανικά και τα αιωρούμενα φορτία, ενώ επιτρέπει την ευχερή καθίζηση της άμμου και των λοιπών λεπτομερών αδρανών υλικών. Παράλληλα, σε πλευρικό διάυλο πραγματοποιείται η συγκέντρωση των λιπιδών ουσιών και των ελαίων τα οποία κρίνονται ανεπιθύμητα για την εξέλιξη της διαδικασίας. Τόσο τα λεπτομερή στερεά όσο και οι λιπώδης ουσίες συλλέγονται σε κάδους και δοχεία αντίστοιχα και απομακρύνονται από την μονάδα προς τους χώρους απόθεσης των απορριμμάτων.

Μετά την απομάκρυνση των ανόργανων και αδρανών υλικών στην προκαταρκτική επεξεργασία, τα λύματα περιέχουν σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων και διαλυμένων στο νερό στερεών, τα οποία αποτελούν άριστες πηγές τροφής για πρωτόζωα, φύκι και πολλές ποικιλίες από βακτήρια που περιέχονται στην ενεργό ιλύ.

Έτσι τα διαλυμένα στερεά, με αμιγείς βιολογικές διαδικασίες αυστηρά ελεγχόμενες, μετατρέπονται σε αιωρούμενα στερεά τα οποία στην συνέχεια υπό συνθήκες ηρεμίας καθιζάνουν στις δεξαμενές καθίζησης, με αποτέλεσμα να μειώνεται έτσι το διαλυμένο οργανικό φορτίο.

Μετά την εξάμμωση τα λύματα παροχετεύονται στο ζεύγος των δεξαμενών βιολογικής αποφωσφόρωσης όπου υπό αναερόβιες συνθήκες απομακρύνεται ο φώσφορος. Στις δεξαμενές αυτές η διατήρηση των λυμάτων σε αιώρηση επιτυγχάνεται με δύο βραδύστροφους επιδαπέδιους αναδευτήρες κατακόρυφου άξονα.

Στην συνέχεια τα λύματα εισέρχονται στον κυρίως βιολογικό αντιδραστήρα που αποτελείται από δύο δεξαμενές μορφής οξειδωτικής τάφρου. Η διαδικασία νιτροποίησης – απονιτροποίησης συντελείται εντός των δεξαμενών αυτών σε ελεγχόμενες, μεταβαλλόμενου όγκου, αεριζόμενες και ανοξικές ζώνες.

Στις ανοξικές ζώνες, αναπτύσσονται ετερότροφα βακτήρια τα οποία καταναλώνουν το οξυγόνο των νιτρικών αλάτων το οποίο ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα, στις ίδιες ζώνες, οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν και ενώσεις άνθρακα και έτσι απομακρύνουν ένα μέρος του οργανικού φορτίου που υπάρχει στα λύματα.

Στις αεριζόμενες ζώνες παρέχεται αέρας από οχτώ επιφανειακούς αεριστήρες (ρότορες) οριζοντίου άξονα και οι συνθήκες μεταβάλλονται σε έντονα αερόβιες. Σε αυτές τις συνθήκες, λαμβάνουν δράση τα αυτότροφα βακτήρια τα οποία προκαλούν και την διαδικασία της νιτροποίησης, μετατρέποντας την αμμωνία που υπάρχει στα λύματα σε νιτρικά ιόντα. Ταυτόχρονα, καταναλώνεται και το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού φορτίου όπου απελευθερώνεται στον αέρα υπό την μορφή του διοξειδίου του άνθρακα (Δ.Ε.Υ.Α.Α, 1995).

Βάσει των τεχνικών χαρακτηριστικών των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων για την πόλη του Αγρινίου, αποτελείται από εσχάρες 2 τεμ. με πλάτος 800mm και με διάκενο 8mm . Το αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης έχει διαστάσεις 3x10 lit/sec και H = 27,17 m ενώ η δίδυμη δεξαμενή εξάμμωσης σημειώνεται με μήκος 15 m, πλάτος 2,5 για τον εξάμμωτή και 1,5 m για το κανάλι λιπών με ύψος 3,40 m.

Για την μονάδα βιολογικής επεξεργασίας, το φρεάτιο επιλογής μικροοργανισμών έχει όγκο  $V = 135,5 \text{ m}^3/\text{δεξ.}$ , η δεξαμενή αποφωσφόρωσης  $V = 462 \text{ m}^3/\text{δεξ.}$  και η δεξαμενή αερισμού (ανοξική, οξειδωτική ζώνη) με  $V = 6.205 \text{ m}^3/\text{δεξ.}$  Η δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης σημειώνεται με διάμετρο 30m και μέσο βάθος 3,97 m.

Το αντλιοστάσιο αφρών παράγει  $2 \times 9,70 \text{ lit/sec}$  με  $H = 13,5 \text{ m}$  ενώ για το αντλιοστάσιο στραγγισμάτων τα τεχνικά χαρακτηριστικά σημειώνονται σε  $H = 13,7 \text{ m}$  και σε  $2 \times 59,7 \text{ lit/sec}$ . Για το αντλιοστάσιο ιλύος στην ανακυκλοφορία ιλύος σημειώνονται  $4 \times 125 \text{ lit/sec}$  και  $H = 4,5 \text{ m}$  ενώ για την περίσσεια ιλύος παρατηρούνται  $2 \times 27,77 \text{ lit/sec}$  με  $H = 15 \text{ m}$ .

Στην μονάδα επεξεργασίας ιλύος η μηχανική τράπεζα πάχυνσης έχει διαστάσεις  $L \times N \times H = 5,96 \times 2,95 \times 1,35$  και η παροχή λάσπης πραγματοποιείται με ρυθμό  $96 \text{ m}^3/\text{h}$ , ενώ η ταινιοφιλτρώπρεσσα έχει διαστάσεις  $L \times N \times H = 6,66 \times 3,01 \times 2,37$  και παροχή λάσπης  $96 \text{ m}^3/\text{h}$  επίσης. Οι δοσιμετρικές αντλίες για την προσθήκη του πολυηλεκτρολύτη σημειώνονται σε  $300 - 3000 \text{ l/h}$  και  $15\text{m}$ .

Τέλος, για την μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας, η μονάδα διύλισης στην επιφάνεια φιλτράρισης σημειώνεται σε  $25,2 \text{ m}^2/\text{κλίνη}$  (Δ.Ε.Υ.Α.Α, 1995).

Η Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων της περιοχής του Αγρινίου, συνιστά μια μονάδα με πλήρη τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενώ η λειτουργία της ανταποκρίνεται πλήρως στις προδιαγραφές της ΕΕ για την ορθή επεξεργασία των αποβλήτων βάσει της Οδηγίας 91/271/EEC. Ωστόσο, σχετικά με τα χημικά αποτελέσματα για την ποιότητα των εκροών διαπιστώνεται ότι, λόγω της μη σωστής λειτουργίας της διαδικασίας της απονιτροποίησης, παρουσιάζεται μεγάλος αριθμός νιτρικών έναντι των απαιτούμενων ποσοτήτων από την νομοθεσία της ΕΕ. Μετά την επεξεργασία των αποβλήτων της από την υπάρχουσα ΜΕΥΑ που έχει σχεδιαστεί για την κάλυψη αναγκών όχι μόνο της πόλεως του Αγρινίου αλλά και για την περιοχή του Αγγελοκάστρου, η παραγόμενη ιλύς διατίθεται σε υπάρχοντες χώρους απόθεσης απορριμμάτων, χωρίς να ακολουθεί περαιτέρω χρήση και διάθεση.

Το ίδιο συμβαίνει και με το διαυγασμένο νερό, το οποίο πλήρως επεξεργασμένο και αποχλωριωμένο, διατίθεται σε φυσικό αποδέκτη που είναι ο Αχελώος ποταμός. Δεδομένου της περίσσειας της ποσότητας των νιτρικών κατά την έξοδο των αποβλήτων από την μονάδα, διαπιστώνεται ότι μαζί με την εκροή, διατίθενται υψηλές ποσότητες νιτρικών στον Αχελώο ποταμό. Ο Αχελώος ποταμός ή Ασπροπόταμος είναι ένα από

τα μεγαλύτερα ποτάμια της Ελλάδος. Πηγάζει στην Ήπειρο, στις νότιες πλαγιές του όρους Περιστέρι (νότια της Πίνδου) διασχίζει τον κάμπο του Αγρινίου και διανύοντας μία διαδρομή 200 χλμ. χύνεται εκεί που ο Πατραϊκός κόλπος συναντά το Ιόνιο πέλαγος. Είναι ο δεύτερος σε μήκος ποταμός της Ελλάδας. Η λεκάνη απορροής του καλύπτει έκταση 5.572 km<sup>2</sup>, το ύψος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 1.620 mm, ο μέσος ετήσιος όγκος υετού 8.860x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, η δε μέση ετήσια απορροή του εκτιμάται σε 7.800 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> νερού. Έχει υποστεί ουσιαστικές αλλοιώσεις από την κατασκευή των υδροηλεκτρικών φραγμάτων για την παραγωγή ενέργειας και την άρδευση των περιοχών όπως της Μεσοχώρας με ωφέλιμη χωρητικότητα 228 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> νερού, Συκιάς με 502 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, από το οποίο σημείο προγραμματίζεται να γίνει και η εκτροπή μέσω σήραγγας 600 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> νερού προς τη Θεσσαλία, Κρεμαστών με 4.700 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, Καστρακίου με 1.000 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, Ταυρωπού με 400 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> και Στράτου με 150 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Από τα νερά του ποταμού αρδεύονται περίπου τα 370.000 στρέμματα γεωργικής γης. Η διαδρομή γίνεται εξ' ολοκλήρου σε ελληνικό έδαφος και επιπλέον αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ποτάμια οικοσυστήματα της χώρας. Γενικότερα είναι ο σπουδαιότερος ποταμός από πλευράς υδροηλεκτρικής παραγωγής ενέργειας και αρκετά σημαντικός από πλευράς γεωργικής αξιοποίησης για την ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας ([www.minagric.gr](http://www.minagric.gr)).

Βάσει των χαρακτηριστικών των εκροών των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων από την Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων της πόλεως του Αγρινίου, αισθητές ποσότητες νιτρικών της τάξεως 8 – 10.5 mg/l αποτίθενται στον Αχελώο ποταμό. Δεδομένου του μεγάλου υδατικού δυναμικού του ποταμού, και των αρκετά υψηλών τιμών βροχοπτώσεων (μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 1.620 mm), γίνεται εύκολα αντιληπτό το γεγονός ότι δεν παρουσιάζεται πρόβλημα νιτρορύπανσης ή ευτροφισμού, εφόσον δίνεται η δυνατότητα στον ποταμό να ανανεώνει τα νερά του με γρήγορο ρυθμό. Ωστόσο, αν αναλογιστεί κανείς το γεγονός ότι η περιοχή του Αγρινίου μαζί με του Αγγελοκάστρου κατέχουν ένα ποσό γεωργικών καλλιεργειών ίση με 115.800 στρέμματα, όπου κατά επέκταση γίνεται χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, εύκολα συνειδητοποιείται το πρόβλημα που θα μπορούσε να δημιουργηθεί στην ποιότητα των υδάτων του ποταμού συναρτήσει με την μείωση των υδατικών αποθεμάτων του. Ως γνωστό, από την χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων, μέρος του αζώτου απορροφάται από τις καλλιέργειες (νιτρικό άζωτο κατά προτίμηση), ενώ η περίσσεια αυτών, σε μορφή νιτρικών ιόντων ή αμμωνιακών, εκπλένεται, με αποτέλεσμα να καταλήγει σε

λίμνες και ποτάμια της περιοχής. Οπότε συναρτήσσει του προαναφέροντος γεγονότος, μαζί και με την απόθεση ποσότητας νιτρικών των επεξεργασμένων λυμάτων, εκτιμάται πιθανός κίνδυνος για την παρουσία του προβλήματος της νιτρορύπανσης περισσότερο για τις λίμνες που τροφοδοτούνται από τον Αχελώο ποταμό.

Η πιθανότητα επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για την περιοχή του Αγρινίου και της μείζονος περιοχής, χαρακτηρίζεται ως μη μελλοντική ενέργεια. Οι καλλιέργειες της περιοχής όπως το καλαμπόκι, το βαμβάκι, τα κτηνοτροφικά είδη κα. αρδεύονται με νερό από τον Αχελώο ποταμό, μέσω καναλιών κυρίως, εκτός από την περιοχή του Λεσινίου όπου η άρδευση γίνεται με τεχνητή βροχή δηλαδή με υπόγειους σωλήνες. Η άρδευση με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα της περιοχής θα μπορούσε να εφαρμοστεί, εφόσον όμως πραγματοποιούνταν όλες οι απαραίτητες μετρήσεις και αναλύσεις των εκροών προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στο έπακρο. Βάσει των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού που ενδείκνυται να χρησιμοποιηθεί για άρδευση στα εδάφη, το άζωτο των νιτρικών κυμαίνεται σε μικρότερο των 5 mg/L ώστε να μην ασκεί καμία επίδραση στις καλλιέργειες, σε 5-30 mg/L για ελάχιστη έως μέτρια επίδραση στην καλλιέργεια και άνω των 30 mg/L για μεγάλη επίδραση (U.C.C.C., 1974, Ayers and Tanji 1981, Ayers and Westcot 1985, Westcot and Ayers 1985). Συναρτήσσει των ποσοτήτων των εκροών που εκρέουν από την μονάδα που είναι της τάξεως των 8-10mg/l, συνειδητοποιείται ότι το νερό από τις ΕΕΛ Αγρινίου κατατάσσεται σε εκείνο με την ελάχιστη έως μέτρια επίδραση σε καλλιέργειες. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί ότι με την παρουσία των νιτρικών του αζώτου και των όξινων ανθρακικών επηρεάζονται οι ευπαθείς καλλιέργειες όπως είναι το τριφύλλι (Λοϊζίδου Μ., 2006). Η περιεκτικότητα των νιτρικών γενικότερα, πέρα από το γεγονός ότι θα μπορούσε να ρυθμιστεί βάσει σωστών τεχνητών αποφάσεων για την συγκεκριμένη περίπτωση, κρίνεται επαρκής για την ανάπτυξη ορισμένων από τα καλλιεργητικά είδη της περιοχής, ενώ θα πρέπει να πραγματοποιηθεί και εδώ περαιτέρω έρευνα για την επίδραση αυτών στις καλλιέργειες της περιοχής.

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Μελέτες περίπτωσης

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε ορισμένες εγκαταστάσεις διαχείρισης υγρών αποβλήτων, ώστε να γίνει γνωστός ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν, καθώς και οι ποσότητες νερού που ανακτούν και τα κατά πόσο χρησιμοποιούν νέες τεχνολογίες.

Στην Ευρώπη, και συγκεκριμένα στη Ζυρίχη της Ελβετίας, υπάρχει μια πρότυπη μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, μία από τις 18.000 που υπάρχουν σε όλη την Ευρώπη, και συνεισφέρει τα μέγιστα στη διατήρηση εξαιρετικής ποιότητας στο νερό που περιβάλλει την ελβετική πόλη, η οποία βρέχει από την ομώνυμη λίμνη.

Δίπλα από την πόλη βρίσκεται το εργοστάσιο Werdhoelzli, το μεγαλύτερο εργοστάσιο επεξεργασίας λυμάτων στην Ελβετία και ένα από τα πιο σύγχρονα. Διαχειρίζεται σε ετήσια βάση περίπου 70-80 εκατομμύρια κυβικά μέτρα λυμάτων. Μια παρτίδα λυμάτων βρίσκεται συνολικά 19 ώρες εντός της μονάδας ώστε να υποστεί όλα τα στάδια επεξεργασίας που προσφέρει, τα οποία και είναι:

- Μηχανική επεξεργασία
- Βιολογική επεξεργασία
- Ιζηματοποίηση
- Οζονισμός και φιλτράρισμα

Ας δούμε όμως αναλυτικά τις διαδικασίες και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί η συγκεκριμένη, υπερσύγχρονη μονάδα.

Δεδομένου ότι η μονάδα έχει περιορισμένη χωρητικότητα, έχει γίνει η πρόβλεψη για δεξαμενές όπου, σε περίπτωση που τα λύματα είναι μεγάλης ποσότητας λόγω έντονης βροχόπτωσης, μέρος αυτών αποθηκεύεται εκεί και επεξεργάζεται σε δεύτερο χρόνο, ενώ οι υπόγειες αυτές δεξαμενές, δίπλα από τη μονάδα, ξεπλένονται απ' όλα τα ιζήματα που έχουν κατακαθίσει σε αυτές.

Ακόμα και εάν ούτε αυτές οι δεξαμενές αποβούν αρκετές, τότε υπάρχει «βαλβίδα» εκτόνωσης του συστήματος, με μια σειρά αγωγών να στέλνουν στον παραπλέοντα ποταμό το νερό της βροχής κατ' αποκλειστικότητα.

Η πρώτη φάση, της μηχανικής επεξεργασίας, γίνεται σε τρία στάδια. Αρχικά, το εισερχόμενο νερό περνά από τη φάση του screening, δηλαδή της εσχάρωσης. Εκεί, μεγάλες σχάρες κλίσης 45° κατακρατούν αντικείμενα όμως κόπρανα και χαρτικά.



Εικόνα 11: Η διαδικασία της εσχάρωσης στο εργοστάσιο της Ζυρίχης (πηγή: Google- Zurich Werdhoezli: How does a sewage treatment plant work?)

Ακολούθως, τα λύματα περνούν από τις αμμοπαγίδες και ελαιοπαγίδες. Εκεί, η άμμος στο νερό κατακάθεται, ώστε στη συνέχεια να απομακρυνθεί, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με τα έλαια και τα λίπη τα οποία ανέρχονται στην επιφάνεια του μίγματος και απομακρύνονται με κατάλληλες διατάξεις.

Χωρίς πλέον στέρεα αντικείμενα εντός του, το νερό πηγαίνει στους πρωτογενείς διαυγαστές (clarifier). Στις διατάξεις αυτές, η ροή του νερού είναι πολύ μικρή, κάτι που επιτρέπει σε μικροστερεές ουσίες, οι οποίες δεν ήταν εφικτό να απομακρυνθούν από τα προηγούμενα στάδια της μηχανικής επεξεργασίας, να κατακαθίσουν και να σχηματίσουν τη λυματική λάσπη (sludge). Από εδώ και πέρα, το νερό και η λάσπη που έχει δημιουργηθεί χωρίζονται, με το καθένα να υφίσταται διαφορετική επεξεργασία.

Η λάσπη αντλείται από τους πρωτογενείς διαυγαστές στην πρωτοβάθμια επεξεργασία της, την προ-πάχυνση (pre-thickening). Εκεί, η λάσπη παραμένει για περίπου 10 ώρες σε μεγάλες δεξαμενές, με σκοπό να χάσει μέρος της υγρασίας της, δεδομένου ότι αποτελείται από 98% υγρασία στο στάδιο που βρίσκεται. Στις δεξαμενές αυτές, με

κατάλληλες διατάξεις αναδύεται αργά, ώστε να επιτρέψει στα σωματίδια να κατακαθίσουν και στην υγρή φάση της λάσπης να ανέλθει στην επιφάνεια.

Το υγρό στοιχείο, στη συνέχεια, μεταφέρεται στους πρωτογενείς διαυγαστές, εκεί που ήταν προηγουμένως το νερό. Τα ιζήματα που σχηματίζουν λάσπη θα μεταφερθούν στην επόμενη φάση επεξεργασίας τους, τις κύριες δεξαμενές χώνευσης. Εκεί, θερμαίνονται σε θερμοκρασία 38 βαθμών και αφήνονται για τρεις εβδομάδες ώστε να υποστούν ζύμωση. Κατά τη μακροχρόνια αυτή διαδικασία, οι μικροοργανισμοί της λάσπης απελευθερώνουν οργανικές ουσίες, υπό τη μορφή μεθανίου, διοξειδίου του άνθρακα και νερού. Η λάσπη, την ίδια στιγμή περιβάλλεται από αντλίες οι οποίες δεσμεύουν το παραγόμενο αέριο. Το μεθάνιο που παράγεται, καθαρίζεται και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για θέρμανση σπιτιών, με 5.000 νοικοκυριά στη Ζυρίχη να θερμαίνονται από το αέριο αυτό που ανακτάται.

Μετά τις κύριες δεξαμενές χώνευσης, η λάσπη, που ακόμα έχει μεγάλο ποσοστό υγρασίας, μεταφέρεται στις δευτερεύουσες δεξαμενές, εκεί που συνεχίζεται η αποδόμηση της ύλης από μικροοργανισμούς, για να ακολουθήσει το στάδιο της αφυδάτωσης της λάσπης. Εκεί, η λάσπη περιστρέφεται από φυγοκεντρικές αντλίες σε ταχύτητες 50 g/s ώστε να διαχωριστεί από το νερό που βρίσκεται σε αυτές. Πλέον, η λάσπη περνά στην στέρεη φάση, και ακολούθως μεταφέρεται με ταινίες μεταφοράς προς τη διαδικασία της καύσης της, εκεί όπου καίγεται μαζί με τη λάσπη από άλλα εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων της περιοχής. Με τη θερμότητα που παράγεται, καλύπτονται όλες οι ανάγκες θέρμανσης του εργοστασίου, ενώ τα αέρια της καύσης φιλτράρονται ώστε να μπορέσουν να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα με ασφάλεια.

Την ίδια στιγμή, η στάχτη από την καύση συγκεντρώνεται και μεταφέρεται προς υγειονομική ταφή, με τη μονάδα να σχεδιάζει στο μέλλον να ανακτήσει και φώσφορο από αυτή.

Δεδομένου ότι όλη η μονάδα γειτνιάζει με υδροφορέα, όλες οι σωληνώσεις μεταφοράς νερού, λάσπης και εν γένει λυμάτων είναι υπερυψωμένη, σχηματίζοντας εντός του εργοστασίου ένα υπερυψωμένο δίκτυο αγωγών, δίπλα από τους οποίους περνάν και καλώδια για το ρεύμα και τη μεταφορά δεδομένων.

Ας συνεχίσουμε με τη διαχείριση του νερού, στο σημείο αυτό. Μετά τους πρωτογενείς διαυγαστές, το νερό πάει προς τη βιολογική επεξεργασία. Εκεί, το νερό ρέει αργά σε λωρίδες των δύο δεξαμενών ανά ζευγάρι, καθ' οδόν προς τους δευτερογενείς



διαναγαστές. Κατά τη διάρκεια αυτή, μικροοργανισμοί καθορίζουν το νερό. Σε κάθε δεξαμενή, στη μία λωρίδα εγχέονται μικροοργανισμοί για καθαρισμό του νερού, ενώ η άλλη αναδεύεται. Με την ανάδευση, παγιδεύεται οξυγόνο, το οποίο μετατρέπει την αμμωνία των λυμάτων σε νιτρικά άλατα. Στη συνέχεια, οι λωρίδες εναλλάσσουν τη διαδικασία τους. Η δεξαμενή που δεν αναδεύεται, δεν έχει πλέον πολύ οξυγόνο, άρα τα νιτρικά άλατα μετατρέπονται σε άζωτο. Εντός των δεξαμενών υπάρχουν προπέλες αλλά και αεριστές ώστε να αναδεύουν και να παροχετεύουν οξυγόνο στα λύματα.

Στο τέλος κάθε δεξαμενής, εγχέεται στο νερό σιδηρούν άλας, το οποίο αντιδρά με τον φώσφορο και τον αναγκάζει να κατακαθίσει από το νερό που οδεύει στους δευτερογενείς διαναγαστές. Εκεί, υπάρχει μια πολύ αργή διασταυρωμένη ροή, κάθετα προς το νερό ώστε να κατακαθίσουν ιζήματα από τις διεργασίες του βιολογικού καθαρισμού. Τα ιζήματα αυτά θα μεταφερθούν στα στάδια επεξεργασίας λάσπης με τη σειρά τους.

Ακολουθεί το επόμενο στάδιο επεξεργασίας για το νερό, που είναι αυτό του οζονισμού. Εκεί, στο νερό προστίθεται στο νερό αέριο όζον. Το όζον αντιδρά με τους μικρορυπαντές που υπάρχουν στο νερό στη φάση αυτή, όπως χημικά από φάρμακα, κατάλοιπα εντομοκτόνων ορμόνες. Οι δεξαμενές που έχουν μέσα τους το νερό μαζί με το όζον είναι φτιαγμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνουν τη δυνατότητα στο όζον να αντιδράσει με όλη την ποσότητα του νερού. Το όζον που διαφεύγει από το νερό παγιδεύεται και καταστρέφεται.

Τέλος, έρχεται το φιλτράρισμα, εκεί όπου το νερό καθαρίζεται όπως και το νερό στη φύση: ρέει διαμέσου μιας στρώσης άμμου, η οποία κρατά και τα τελευταία απομεινάρια επιβλαβών ουσιών καθώς και αυτά που αποδεσμεύτηκαν από το νερό λόγω του όζοντος στο προηγούμενο στάδιο.



Εικόνα 12: Αποψη της μονάδας επεξεργασίας στη Ζυρίχη (πηγή: [https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik\\_u\\_recht/stadtrat/weitere-politikfelder/smartcity/projekte/energieverbund-altstetten.html](https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/stadtrat/weitere-politikfelder/smartcity/projekte/energieverbund-altstetten.html))

Με το νερό πλέον, πλήρως επεξεργασμένο, απελευθερώνεται στον υδροφόρο ορίζοντα και συγκεκριμένα στον παραπλέοντα ποταμό της Ζυρίχης, όπου και επανεισέρχεται καθαρό στον κύκλο του νερού πλέον.

Έχοντας επεκταθεί με αρκετή λεπτομέρεια σε ορισμένες πρότυπες εγκαταστάσεις του εξωτερικού, είναι σκόπιμο να εξετάσουμε και κάποιες ελληνικές εφαρμογές, προκειμένου να γίνει ορατό το κατά πόσο συμπορευόμαστε ως χώρα με τις ξένες πρακτικές. Όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω, στην Ελλάδα υπάρχουν αυτή τη στιγμή 232 μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Μια από αυτές είναι και η μονάδα των Ιωαννίνων.

Πρόκειται για μια μονάδα που εξυπηρετεί την πόλη των Ιωαννίνων και τους εγγύς σε αυτή οικισμούς, δεχόμενη κατά μέσο όρο 15.600 m<sup>3</sup> λυμάτων ανά ημέρα. Πρόκειται για έναν τριτοβάθμιο σταθμό επεξεργασίας, ο οποίος το 2026, που αναμένεται να τελειώσουν όλα τα έργα επέκτασής του, θα μπορεί να εξυπηρετεί περί τα 135.000 άτομα.

Ας δούμε τεχνικά πώς αναπτύσσεται η μονάδα. Στην είσοδο των εγκαταστάσεων έχουν κατασκευαστεί μονάδες υποδοχής και προεπεξεργασίας των λυμάτων, έχοντας δύο σταθμούς εργασίας:

Το **σύστημα εσχάρωσης**, όπου από τα βοθρολύματα που εναποτίθενται απομακρύνονται μεγάλα στερεά αντικείμενα. Η μονάδα διαθέτει τρεις αυτοκαθαριζόμενες σχάρες, ονομαστικής παροχής 500 L/sec, οι οποίες σε ημερήσια βάση μπορούν να συγκρατήσουν περίπου 5,5 m<sup>3</sup>. Τα εσχαρίσματα αυτά συμπιέζονται (αφυδάτωση), με σκοπό να μειωθεί ο όγκος τους μέχρι και κατά 60%.

Τη **δεξαμενή εξάμμωσης**, μήκους 6240 mm και πλάτους 1000 mm, η οποία διαθέτει κοχλία συλλογής άμμου στον πυθμένα της δεξαμενής και δεύτερο κοχλία απαγωγής άμμου. Η συγκεκριμένη διάταξη πετυχαίνει απομάκρυνση του 90% των αιωρούμενων στερεών, διαμέτρου 200 – 250 μm. Η άμμος που καθιζάνει στον πυθμένα του κάθε εξαμμοτή μεταφέρεται μέσω αντλιών. Ημερησίως, απομακρύνεται περίπου 1,05 m<sup>3</sup> άμμου, με την ποσότητα αυτή να συλλέγεται από κάδους. Σε κάθε εξαμμοτή είναι διαμορφωμένος εκατέρωθεν χώρος ηρεμίας των λυμάτων, πλάτους 1,5 m, όπου συλλέγονται τα επιπλέοντα λιπαρά στοιχεία. Με ειδικό ξέστρο, οδηγούνται προς τα φρεάτια των λιπών. Υπολογίζεται πως καθημερινά παράγονται πάνω από 2000 m<sup>3</sup> λιπών.

**Κοχλίες απομάκρυνσης** εσχαρισμάτων και άμμου, οι οποίες οδηγούν ό,τι έχει περισυλλεχθεί σε κάδο συλλογής απορριμμάτων.

Τη **μονάδα απόσμησης**, στην οποία συνδέονται όλες οι ανωτέρω διατάξεις και η οποία ελαχιστοποιεί τις δυσάρεστες οσμές. Στους προς απόσμηση χώρους έχουν κατασκευαστεί αεραγωγοί, με δυνατότητα ρύθμισης της παροχής του αέρα στους επιμέρους κλάδους. Η απόσμηση γίνεται με χημική εξουδετέρωση των οσμών και συγκεκριμένα με οξειδωση. Το οξειδωτικό μέσο είναι υπεροξειδίου του υδρογόνου. Το συγκρότημα απόσμησης αποτελείται από τα ακόλουθα:

- Πληντηρίδα τριών σταδίων
- Μονάδα αποθήκευσης και δοσομέτρησης του υπεροξειδίου του υδρογόνου.
- Σωλήνες τροφοδοσίας, ανακυκλοφορίας των διαλυμάτων, απαγωγής διαλύματος και εκκένωσης
- Ανεμιστήρα
- Αντλίες ανακυκλοφορίας
- Σύστημα ρύθμισης και ελέγχου pH.

Μετά και την απόσπηση, τα λύματα μεταφέρονται στην πρωτοβάθμια καθίζηση, με χρήση ανυψωτών λυμάτων, οι οποίοι είναι τρεις αντλίες δυναμικότητας 500 L/s. Η πρωτοβάθμια καθίζηση λαμβάνει χώρα σε δύο δεξαμενές ακτινικής ροής, διαμέτρου 24 m και μέσου βάθους 3 m. Οι δεξαμενές είναι εξοπλισμένες με ακτινικό ξέστρο για ανάδευση του περιεχομένου τους. Στο στάδιο αυτό, απομακρύνεται το 50% των αιωρούμενων στερεών καθώς και το 10% των κοπρανωδών βακτηριδίων.



*Εικόνα 13: Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων Ιωαννίνων (πηγή: Λέκκα, 2013)*

Μετά την πρωτοβάθμια καθίζηση, ακολουθούν δύο γραμμές λειτουργίας στη μονάδα: το πρωτογενώς επεξεργασμένο λύμα, οδηγείται με υπερχειλίση στην αναερόβια δεξαμενή βιολογικής απομάκρυνσης (γραμμή λυμάτων), ενώ η λάσπη που έχει καθιζάνει οδηγείται με βαρύτητα στον παχυντή (γραμμή ιλύος).

Η διαδικασία εδώ θυμίζει αρκετά τον διαχωρισμό στην αντίστοιχη μονάδα της Ζυρίχης. Στη γραμμή των λυμάτων, τα λύματα πάνω πλέον για αποφωσφόρηση, αξιοποιώντας την αναερόβια δεξαμενή. Εκεί, απελευθερώνεται ο φώσφορος, γίνεται πρόσληψη άνθρακα από τα λύματα, τα οποία σχηματίζουν πολυφωσφορικά βακτηρίδια, τα οποία υπό αερόβιες συνθήκες, στη δεξαμενή αερίσμου, επαναπροσλαμβάνουν τον φώσφορο και δημιουργούν πλούσια σε φώσφορο λάσπη. Η απομάκρυνση αυτής πετυχαίνει και

τη μείωση των συγκεντρώσεων φωσφόρου στα λύματα. Η δεξαμενή φωσφόρου εξοπλίζεται και με αναδευτήρες ώστε να μην υπάρχει απόθεση στερεών στον πυθμένα. Κατά τη διαδικασία απομάκρυνσης του φωσφόρου, επιτυγχάνεται αφαίρεση του 70% της συγκέντρωσής του στα λύματα, απομακρύνοντας δηλαδή 350 kg φωσφόρου ανά ημέρα. Για περαιτέρω απομείωση του ποσοστού φωσφόρου στο μίγμα, γίνεται προσθήκη χημικών αλάτων Fe, ώστε να γίνει ιζηματοποίηση που κατακρατά επιπλέον φώσφορο.

Από τη μονάδα αερισμού, τα λύματα οδηγούνται στον μεριστή παροχής, όπου ισοκατανέμεται η παροχή τους στις δεξαμενές καθίζησης. Παραπλεύρως του μεριστή βρίσκονται και οι αντλίες δοσομέτρησης σιδήρου, παροχής 350 L/h, για τη χημική κατακρήμνιση του φωσφόρου στις δεξαμενές τελικής καθίζησης. Το διάλυμα που χρησιμοποιείται στη μονάδα είναι το  $\text{FeClSO}_4$ , με περιεκτικότητα σιδήρου ίση με 12%.

Η συλλογή της καθιζάνουσας ιλύος γίνεται με ξέστρο, αναρτημένο σε γέφυρα. Το ξέστρο στηρίζεται στη γέφυρα με εύκαμπτους ράβδους, οι οποίοι στο κάτω μέρος τους φέρουν λεπίδες απόξεσης του πυθμένα. Οι λεπίδες μεταφέρουν την καθιζάνουσα ιλύ στο φρεάτιο απαγωγής και καλύπτουν όλη την επιφάνεια του πυθμένα, μην αφήνοντας νεκρά σημεία.

Στις δεξαμενές τελικής καθίζησης γίνονται οι ακόλουθες διαδικασίες:

- **Διαύγαση του μικτού υγρού**, ώστε να επιτυγχάνονται τα επιθυμητά όρια εκροής στην έξοδο. Η απαίτηση αυτή αφορά τόσο στο επιθυμητό όριο για τη συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών, όσο και τις τιμές συγκέντρωσης ρύπων που έχουν σημαντική συνιστώσα σωματιδιακού φορτίου.
- **Πάχυνση του μικτού υγρού**, ώστε να εξασφαλίζεται η επιθυμητή συγκέντρωση στερεών στην ιλύ ανακυκλοφορίας.
- **Αποθήκευση στερεών του μικτού υγρού**, κατά τη διάρκεια υψηλών υδραυλικών φορτίσεων και πάχυνσή του, ώστε να καταστεί δυνατή η επιστροφή του στον βιοαντιδραστήρα μέσω της εσωτερικής ανακυκλοφορίας και επομένως τη διατήρηση της απόδοσης της βιολογικής βαθμίδας σε υψηλά επίπεδα.

Ακολουθούν οι τελικές διαδικασίες της φίλτρανσης, χλωρίωσης, αποχλωρίωσης και μετά-αερισμού. Από το φιλτράρισμα, απομακρύνεται το 80% σχεδόν των

αιωρούμενων σωματιδίων, με τη συγκέντρωση των δευτεροβάθμιων καθιζήσεων στην έξοδο να είναι της τάξης των 10 mg/L. Για τη χλωρίωση, χρησιμοποιείται διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου, 13-15% κατ' όγκο, με τη διαδικασία να διαρκεί περίπου 42 min. Στην έξοδο της χλωρίωσης, η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση κολοβακτηρίων είναι 100 MPN/ 100 ml, 5 τάξεις πιο κάτω από την είσοδο των λυμάτων για χλωρίωση, με τη συγκέντρωση τότε να είναι  $10^7$  MPN/ 100 ml. Ακολουθεί η αποχλωρίωση με ένυδρο θειώδες νάτριο στην έξοδο της δεξαμενής χλωρίωσης. Σκοπός της αποχλωρίωσης είναι να μειωθεί το υπολειμματικό χλώριο σε συγκέντρωση το πολύ 0.5 mg/L. Τέλος, το νερό εμπλουτίζεται με οξυγόνο σε δεξαμενές μετά-αερισμού. Οι δεξαμενές αυτές είναι εξοπλισμένες με ισχυρούς επιφανειακούς ανεμιστήρες. Ο χρόνος παραμονής των λυμάτων στη δεξαμενή μετά-αερισμού είναι περίπου 15 min.

Τέλος, μετά και τον μετά-αερισμό, τα επεξεργασμένα λύματα μεταφέρονται με αγωγούς στην έξοδο της εγκατάστασης, στον αποδέκτη που είναι η τάφρος Λαψίστας.

Ας δούμε τώρα τί γίνεται και στη γραμμή ιλύος της μονάδας.

Εκεί, τα στάδια επεξεργασίας είναι:

- Παχυντής
- Αναερόβια χώνευση πρωτοβάθμιας ιλύος
- Δεξαμενές αποθήκευσης – ομογενοποίησης χωνεμένες πρωτοβάθμιας και βιολογικής ιλύος
- Αφυδάτωση ιλύος
- Δεξαμενή νιτροποίησης – απονιτροποίησης – αερισμού

Στον παχυντή μεταφέρεται υπό την επίδραση της βαρύτητας η ίλος που συγκατείται από την πρωτοβάθμια καθίζηση. Αυτός, είναι εξοπλισμένος με αναμοχλευτή, με τη λάσπη να αφήνεται περί τις 21 ώρες να διαχωρίσει τα συστατικά της υπό την επίδραση σταθερής αναμόχλευσης.

Στην αναερόβια χώνευση η ίλος θερμαίνεται σε θερμοκρασία 34-36 °C πριν μπει για χώνευση, όπου εκεί θα μείνει περίπου για 25 μέρες. Εκεί, θα απομακρυνθεί σταδιακά το βιοαέριο, το οποίο συλλέγεται και μεταφέρεται σε αεροφυλάκια για τροφοδότηση των καυστήρων θέρμανσης νερού, τη μηχανή συμπαραγωγής ενέργειας και τους

πυρσούς καύσης για το πλεονάζον βιοαέριο. Από τη διαδικασία αυτή απομακρύνεται το 50% τουλάχιστον των πτητικών στερεών.

Στις δεξαμενές αποθήκευσης – ομογενοποίησης, μεταφέρεται η χωνεμένη πρωτοβάθμια ιλύς και η περίσσεια βιολογική ιλύς. Στις κυκλικές δεξαμενές που αποθηκεύονται, προετοιμάζονται για τη διαδικασία της αφυδάτωσης. Υπάρχει και εδώ σύστημα αναμόχλευσης, αλλά με έγχυση αέρα.

Ακολούθως, γίνεται η αφυδάτωση της λάσπης, η οποία επιτυγχάνεται φυγοκεντρικά, διαχωρίζοντας την υγρασία από το μίγμα. Υπάρχει ένα σύστημα φυγοκεντρητών, με διάμετρο τυμπάνου 530 mm και εσωτερικό μήκος τυμπάνου 2.250 mm. Η συνολική ποσότητα αφυδατωμένης ιλύος που παράγεται ανά ημέρα είναι 43 m<sup>3</sup>.

Τέλος, γίνεται ακόμα μια διαδικασία χώνευσης της αφυδατωμένης ιλύος, κατά την οποία απελευθερώνεται βιοαέριο, υπό τη μορφή μεθανίου. Αυτό, μελλοντικά θα τροφοδοτεί τη μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας του εργοστασίου. Για την ώρα, ωστόσο, απλά καίγεται σε πυρσούς καύσης βιοαερίου.

Τέλος, υπάρχει και η διαδικασία απαγωγής του αζώτου από τη λάσπη. Η δεξαμενή απονιτροποίησης αποτελείται από ένα σύστημα προανοξικής δεξαμενής το οποίο ακολουθεί ένα βιοαντιδραστήριο με εναλλασσόμενες αερόβιες και ανοξικές ζώνες.

Στην προανοξική δεξαμενή γίνεται η προ-απονιτροποίηση. Εδώ, γίνεται μετατροπή των νιτρικών οξέων σε αέριο άζωτο. Για τη διατήρηση του ανοξικού περιβάλλοντος, τα λύματα αναδεύονται αργά σε υποβρύχιους αναδευτήρες.

Στις οξειδωτικές τάφους, υπάρχουν διατάξεις αερισμού με 12 βούρτσες μαζί με 4 αναδευτήρες. Εδώ, σχηματίζονται αερόβιες και ανοξικές ζώνες, οι οποίες ορίζονται από τις φλέβες ροής στις οποίες διαχέεται ο εισερχόμενος αέρας. Για τη βελτίωση της κατανάλωσης του συστήματος αερισμού, η λειτουργία ρυθμίζεται με βάση τις μετρήσεις του διαλυμένου οξυγόνου. Χρησιμοποιείται υπερχειλίση στην έξοδο κάθε δεξαμενής αερισμού. Εκεί, υπάρχουν και μετρητές νιτρικών και αμμωνίας που μεταφέρουν σήματα στο κέντρο ελέγχου της εγκατάστασης για να ρυθμίζεται η εσωτερική ανακυκλοφορία.

Τέλος, στη μονάδα δεν εφαρμόζεται ακόμα κάποια από τις τεχνικές τριτοβάθμιας επεξεργασίας.



*Εικόνα 14: Δεξαμενή αποφωσφόρησης στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων Ιωαννίνων (Λέκκα, 2013)*

Ακόμα μια, τελευταία, περίπτωση που θα εξετάσουμε, είναι αυτή του μεγαλύτερου εργοστασίου παραγωγής λυμάτων στην Ελλάδα, του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας (ΚΕΛΨ). Πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων στην Ευρώπη και διεθνώς, με δυναμικότητα ισοδύναμου πληθυσμού 5.600.000 κατοίκων και μέση παροχή εισερχόμενων λυμάτων της τάξης των 730.000 m<sup>3</sup>. Οι εγκαταστάσεις του ΚΕΛ Ψυττάλειας λειτουργούν ως εξής:

Γίνεται αρχικά προ-επεξεργασία λυμάτων στην Ακροκέραμο, απέναντι από την Ψυττάλεια, με απομάκρυνση των βαρέων στερεών, εσχάρωση, εξάμμωση και απόσμηση καθώς και προ-επεξεργασία των λυμάτων της που έρχονται από το νησί της Σαλαμίνας. Τα προεπεξεργασμένα λύματα μεταφέρονται με υποθαλάσσιους αγωγούς στην Ψυττάλεια. Εκεί συνεχίζεται η επεξεργασία των λυμάτων στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης στις οποίες συλλέγεται η πρωτοβάθμια λάσπη. Στην συνέχεια τα πρωτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα υφίστανται προχωρημένη δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία με το σύστημα της ενεργού ιλύος για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και τη σημαντική ελάττωση του φορτίου αζώτου. Αυτή η επεξεργασία συντελείται στη βιολογική βαθμίδα, που αποτελείται από τους βιοαντιδραστήρες και τις δεξαμενές τελικής καθίζησης, στις οποίες καθιζάνει η βιολογική ιλύς. Η τελική εκροή του ΚΕΛΨ έχει αποδέκτη τον Σαρωνικό Κόλπο στον



οποίο διατίθεται μέσω υποθαλάσσιου συστήματος αγωγών βαθιάς διάχυσης. Μέσω της επεξεργασίας τα αιωρούμενα στερεά και το οργανικό φορτίο των λυμάτων μειώνονται κατά 93% περίπου και το ολικό άζωτο μειώνεται κατά 80% περίπου. Μέρος της τελικής εκροής υφίσταται διύλιση (με αμμόφιλτρα) και απολύμανση (με διατάξεις υπεριώδους ακτινοβολίας) για επαναχρησιμοποίησή της στις εγκαταστάσεις της νήσου Ψυττάλειας.

Η παραγόμενη πρωτοβάθμια ιλύς και η περίσσεια βιολογική ιλύς από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης περιέχουν τα βιοστερεά δηλαδή το οργανικό προϊόν της επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Στις εγκαταστάσεις της Ψυττάλειας, η επεξεργασία της ιλύος περιλαμβάνει τα επόμενα στάδια: πάχυνση της ιλύος (για την πρωτοβάθμια ιλύ σε δεξαμενές βαρύτητας και για την περίσσεια βιολογική ιλύ σε τράπεζες μηχανικής πάχυνσης), ακολούθως, για το σύνολο της ιλύος, χώνευση (αναερόβια, μεσοφιλική, υψηλού ρυθμού), αφυδάτωση και τελικά θερμική ξήρανση. Το παραγόμενο προϊόν της μονάδας ξήρανσης (120 - 150 tn/d με ξηρότητα περίπου 92%) αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και αξιοποιείται ως καύσιμο σε εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου ή θερμοηλεκτρικά εργοστάσια.

Κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης της μεικτής ιλύος παράγεται βιοαέριο, το οποίο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) σε ποσοστό 61-65% και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) σε ποσοστό 34-38%. Το παραγόμενο βιοαέριο αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε δύο μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας (ΣΗΘΕ) συνολικής δυναμικότητας 11,4 MWe. Επιπρόσθετα, στις εγκαταστάσεις του ΚΕΛΨ περιλαμβάνεται μονάδα ΣΗΘΕ με καύση φυσικού αερίου, για τη θερμική υποστήριξη της μονάδας ξήρανσης ιλύος, δυναμικότητας 12,9 MWe. Με τις μονάδες ΣΗΘΕ καλύπτεται μεγάλο μέρος των θερμικών αναγκών του ΚΕΛΨ (για την χώνευση και την ξήρανση της ιλύος) και των ηλεκτρικών αναγκών των εγκαταστάσεων του ΚΕΛΨ, ενώ η πλεονάζουσα ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας πωλείται στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου. Τόσο οι εγκαταστάσεις του ΚΕΛΨ στον Ακροκέραμο όσο και στην Ψυττάλεια διαθέτουν σημαντικές εκτάσεις πρασίνου. Ειδικότερα στην Ψυττάλεια από το 2008 οι χώροι πρασίνου αυξήθηκαν σημαντικά με την δημιουργία δασυλλίου στην θέση των πρώην χώρων προσωρινής απόθεσης ιλύος, οι οποίοι αποκαταστάθηκαν πλήρως και δενδροφυτεύτηκαν. Το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας αποτελεί το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό έργο στην Ελλάδα με αξιοσημείωτα στοιχεία αειφορίας (αξιοποίηση βιοστερεών, βιοαερίου και επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων

εκροών) και η συμβολή του στην προστασία του περιβάλλοντος είναι καίριας σημασίας για τη χώρα μας.

Το ΚΕΛΨ είναι σ' ένα σημαντικό ποσοστό ενεργειακά αυτοεξυπηρετούμενο, αφού πέρα από το βιοαέριο αξιοποιεί κι άλλες μορφές ενέργειας που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων. Τμήμα από το επεξεργασμένο νερό χρησιμοποιείται για ψεκασμούς, ψύξη μηχανημάτων, παρασκευή χημικών διαλυμάτων, αλλά και το πότισμα της χλωρίδας του νησιού. Ενώ η λάσπη η οποία παράγεται, αφυδατώνεται, αποξηραίνεται, γίνεται σκόνη και χρησιμοποιείται σαν εναλλακτικό καύσιμο στην τσιμεντοβιομηχανία. Σημειωτέον, ότι αποτελεί καλύτερο καύσιμο από τον λιγνίτη. Επιπλέον, στη Ψυττάλεια υπάρχει και υδροηλεκτρικός σταθμός, ο οποίος παράγει ρεύμα για τις ανάγκες του νησιού.



*Εικόνα 15: Άποψη της μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Ψυττάλεια (πηγή: διαδίκτυο)*

Τέλος, ας ρίξουμε μια ματιά σε ορισμένα νούμερα του ΚΕΛΨ, τα οποία δείχνουν και τη δυναμική του. Η πρωτοβάθμια καθίζηση λαμβάνει χώρα σε έξι δεξαμενές καθίζησης διαστάσεων 100 x 2 x 3 (m), με τον συνολικό όγκο να αγγίζει τα 36.000 m<sup>3</sup>. Υπάρχουν δώδεκα βιοαντιδραστήρες, συνολικού όγκου 298.000 m<sup>3</sup>, εξήντα τέσσερις δεξαμενές τελικής καθίζησης, συνολικής επιφάνειας 52.000 m<sup>2</sup>.

Η μονάδα αφυδάτωσης διαθέτει 6 φυγοκεντρικούς αφυδατωτές, δυναμικότητας 70 m<sup>3</sup>/h έκαστος, υπάρχουν 4 γραμμές ξήρανσης, με δυναμικότητα εξάτμισης 8,6 tn/h η καθεμία, καθώς και δύο αεροφυλάκια (χωρητικότητας 5.600 m<sup>3</sup> έκαστο).

Τέλος οι τρεις μονάδες ΣΗΘΕ που διαθέτει το νησί έχουν μικτή ισχύ 24,2 Mwe, με τις δύο εξ' αυτών να λειτουργούν με το ανακτώμενο βιοαέριο από τα απόβλητα και την τρίτη να λειτουργεί με φυσικό αέριο το οποίο παίρνει από το δίκτυο διανομής φυσικού αερίου στην Ελλάδα. Με τις μονάδες αυτές, το εργοστάσιο καλύπτει τις ίδιες ανάγκες θέρμανσης, ενώ υπάρχει και περίσσεια ηλεκτρισμού, η οποία δίνεται, όπως αναφέρθηκε, στο δίκτυο διανομής και μεταφοράς ρεύματος.

Μπορεί να γίνει σαφές πως η Ελλάδα βαδίζει στα ίδια χνάρια με τις υπόλοιπες, πιο αναπτυγμένες, χώρες. Το κομμάτι στο οποίο υστερούν οι μονάδες της χώρας μας δεν είναι το ποιοτικό, με τα επεξεργασμένα απόβλητα να πληρούν όλες τις αυστηρές προδιαγραφές. Η υστέρηση των μονάδων έγκειται στο κατά πόσο εκμεταλλεύονται στο έπακρο την πρώτη ύλη που έρχεται, τα λύματα.

Όπως αναφέρθηκε, τα λύματα έχουν πολύ μεγάλες προοπτικές ανάκτησης ενέργειας και θρεπτικών στοιχείων, κάτι το οποίο παραβλέπεται σε μεγάλο βαθμό στη χώρα μας. Δεδομένου ότι μόνο η Ψυττάλεια, η μεγαλύτερη μονάδα της χώρας, μπορεί και παράγει θέρμανση και ηλεκτρισμό από το βιοαέριο, είναι σαφές πως καθημερινά χάνονται τεράστια ποσά ενέργειας σε άλλες μονάδες που απλά επεξεργάζονται τα λύματα, τα επιστρέφουν στον υδροφόρο ορίζοντα και ό,τι απομένει απλά καίγεται ή πάει προς υγειονομική ταφή. Εκεί εντοπίζεται και το επόμενο βήμα στον συγκεκριμένο κλάδο στην Ελλάδα: να γίνουν όλες αυτές οι μονάδες ενεργειακά αυτόνομες και, εάν είναι εφικτό, να γίνουν και μικροπαραγωγοί ρεύματος για το δίκτυο ηλεκτρισμού, αλλά και παραγωγοί θρεπτικών συστατικών όπως ο φώσφορος, η χρήση του οποίου για την τόνωση της αγροτικής παραγωγής, σε συνδυασμό με την επερχόμενη έλλειψή του, τον καθιστούν εν δυνάμει υπερπολύτιμο πόρο για την εθνική οικονομία.

### **ΤΟ ΙΣΡΑΗΛΙΝΟ ΘΑΥΜΑ ΜΕ ΤΟ ΝΕΡΟ**

Το Ισραήλ, ως άνυδρη χώρα, αναγκάστηκε από πολύ νωρίς, εδώ και τουλάχιστον εξήντα χρόνια, να αναζητήσει λύσεις για να αυξήσει την επάρκεια και να μειώσει τη σπατάλη νερού. Επένδυσε για δεκαετίες στην έρευνα και την κατασκευή υποδομών και πλέον θεωρείται πρωτοπόρο σε πολλούς τομείς, όπως η αφαλάτωση και η στάγδην άρδευση. Σήμερα ετοιμάζεται για ακόμα ένα άλμα: να γίνει, από το 2026, η πρώτη

χώρα στον κόσμο στην οποία το 100% της κατανάλωσης για την ύδρευση και τη βιομηχανία θα προέρχεται από αφαλάτωση και το 2030 η πρώτη στην οποία σχεδόν το 100% των αστικών λυμάτων θα επαναχρησιμοποιείται μετά από επεξεργασία στη γεωργία.

Εως το 2005, η κύρια πηγή νερού στο Ισραήλ ήταν η θάλασσα (έτσι ονομάζεται η λίμνη) της Γαλιλαίας. Το 2002, έπειτα από μια παρατεταμένη λειψυδρία, η χώρα αποφάσισε να προχωρήσει στην κατασκευή μεγάλων μονάδων αφαλάτωσης κατά μήκος των ακτών της. Οπως εξηγεί στην «Κ» η Ολγα Σλέπνερ, από την Αρχή Υδάτων του Ισραήλ, μέσα σε δέκα χρόνια κατασκευάστηκαν στη χώρα πέντε μεγάλα εργοστάσια: το πρώτο το 2005 στο Ασκελον (115 εκατ. m<sup>3</sup>/έτος), ακολουθούμενο από το Παλμαχίμ το 2007 (90 εκατ. m<sup>3</sup>/έτος), τη Χαντέρα το 2010 (137 εκατ. m<sup>3</sup>/έτος), το Σορέκ το 2013 (150 εκατ. m<sup>3</sup>/έτος) και το Ασντόντ το 2015 (100 εκατ. m<sup>3</sup>/έτος).

Το μοντέλο που ακολούθησε το Ισραήλ για την τόσο ταχεία ανάπτυξη των υποδομών είναι η συνεργασία με τον ιδιωτικό τομέα: όλες οι μονάδες αφαλάτωσης είναι ιδιωτικές (ανήκουν σε δύο εταιρείες) και κατασκευάστηκαν σε σύμπραξη με το δημόσιο (ΣΔΙΤ). Το συμβόλαιο περιλαμβάνει τη συντήρηση και λειτουργία των εργοστασίων για 25 έτη και την πώληση του νερού στο κράτος σε μια συγκεκριμένη τιμή (τη στιγμή αυτή, 0,50 ευρώ/κυβικό, από 0,70 πριν από πέντε χρόνια). Παράλληλα, εδώ και δεκαετίες η χώρα προχώρησε σε μια πολύ μεγάλη αναδιάρθρωση των υποδομών της, προκειμένου να αντιμετωπίσει το ελλειμματικό ισοζύγιο του πλουσιότερου σε νερό Βορρά και εντελώς άνυδρου Νότου: δημιούργησε μέσω της κρατικής εταιρείας υδάτων Mekorot έναν «εθνικό μεταφορέα», ένα ενιαίο δίκτυο που καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της χώρας, επιτρέποντας και την ενιαία τιμολόγηση του νερού, από όποια πηγή και αν προέρχεται.

Σήμερα βρίσκεται υπό κατασκευήν το μεγαλύτερο εργοστάσιο αφαλάτωσης στον κόσμο στο Σορέκ με στόχο να λειτουργήσει το 2023, το οποίο θα παράγει 200 εκατ. m<sup>3</sup>/έτος. Επίσης σε διαδικασία διαγωνισμού βρίσκονται ακόμα δύο μονάδες, μία βόρεια της Χάιφα για επιπλέον 100 εκατ. m<sup>3</sup>/έτος και η επέκταση του Ασντόντ για επιπλέον 100 εκατ. m<sup>3</sup>/έτος. Με αυτόν τον τρόπο, αναφέρει η κ. Σλέπνερ, το Ισραήλ θα καλύψει με αφαλάτωση έως το 2026 το 100% των αναγκών ύδρευσης, από 80% σήμερα.

Το θαλασσινό νερό στην περιοχή μας έχει υψηλή αλατότητα, περίπου 40.000ppm (μέρη διαλυμένων αλάτων ανά εκατομμύριο), και μέσω της μονάδας γίνεται 240 ppm», Το νερό έρχεται στη μονάδα μέσω τριών αγωγών, μήκους 1,25 χλμ., από βάθος 15 μέτρων. Η απορρόφηση είναι αργή, περίπου 45.000 m<sup>3</sup>/ώρα (περίπου μία πισίνα το λεπτό), ώστε να μην απορροφώνται ψάρια. Κατόπιν υφίσταται δύο στάδια προεπεξεργασίας που απομακρύνουν κάθε σωματίδιο. Στη συνέχεια το νερό αφαλατώνεται μέσω αντίστροφης ώσμωσης. Κατά τη διαδικασία αυτή ανακτάται το 45% της ενέργειας που χρειάζεται το εργοστάσιο. Το μισό από το νερό που απορροφάται από τη θάλασσα μετατρέπεται σε πόσιμο, ενώ το άλλο μισό είναι “συμπυκνωμένο”, καθώς έχει το σύνολο του αλατιού. Αυτό επιστρέφεται στη θάλασσα μπροστά στο εργοστάσιο, όπου αναμειγνύεται με το νερό που χρησιμοποιείται για την ψύξη του παρακείμενου εργοστασίου.

Όσον αφορά την επίδραση του αλμολοίπου (δηλαδή του υπολείμματος της επεξεργασίας στο εργοστάσιο αφαλάτωσης) στο θαλάσσιο περιβάλλον, η εταιρεία υποστηρίζει ότι είναι από τα ζητήματα που έχουν πλέον επιλυθεί. Γίνεται έλεγχος δύο φορές το έτος, με δείγματα από το νερό και τους οργανισμούς του πυθμένα. Το αλμολοίπο έχει 80.000 ppm αλάτων όταν εισέρχεται στη θάλασσα και σε απόσταση δέκα μέτρων από την έξοδο έχει μόλις 1% περισσότερη αλατότητα από το θαλασσινό νερό. Τα χημικά που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία του νερού, λ.χ. για να εμποδίζεται η σκλήρυνση των μεμβρανών της αντίστροφης ώσμωσης, είναι κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια, τα οποία αναθεωρούνται ανά κάποια χρόνια, ανάλογα με την εξέλιξη της επιστήμης.

Πάντως κανένα από τα εργοστάσια αφαλάτωσης δεν βασίζεται στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για να καλύπτει τις ανάγκες του (χρησιμοποιεί ρεύμα από το δίκτυο). Το νέο εργοστάσιο στο Σορέκ θα καλύπτει μέρος των αναγκών του από φωτοβολταϊκά. Το ενεργειακό κόστος είναι σήμερα 3,3 KW/m<sup>3</sup> νερού, από 4-4,5 KW/m<sup>3</sup> πριν από λίγα χρόνια, και στα νέα εργοστάσια θα είναι στα 2,9 KW/m<sup>3</sup>. Τέλος, όσον αφορά τις 53.000 μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στο εργοστάσιο της Χαντέρα, περίπου το 12% ανανεώνεται κάθε δέκα χρόνια και συνήθως πωλείται σε εταιρείες που έχουν ανάγκη για παραγωγή χαμηλότερης ποιότητας νερού.

Στο Ισραήλ οι ανάγκες ύδρευσης αντιπροσωπεύουν το 40% της συνολικής κατανάλωσης νερού. Το 51% όμως αφορά την άρδευση. Στον τομέα αυτό η χώρα πρωτοπορεί τεχνολογικά, έχοντας αναπτύξει τη στάγδην άρδευση και άλλες μεθόδους περιορισμού της σπατάλης νερού εδώ και δεκαετίες, καταφέροντας να καλλιεργήσει μεγάλα τμήματα της ερήμου. Επιπλέον, μεγάλο μέρος των αναγκών (45%) καλύπτεται από επεξεργασμένα λύματα, τα οποία διοχετεύονται στις αγροτικές περιοχές με χωριστό δίκτυο. Περίπου το 87% των λυμάτων στη χώρα καθαρίζονται και χρησιμοποιούνται στη γεωργία. Πρόκειται για το υψηλότερο ποσοστό στον κόσμο, με δεύτερο υψηλότερο την Ισπανία με 20%. Το νερό που αντλείται από τη θάλασσα είναι σε 4 ώρες από τη Μεσόγειο στα σπίτια μας. Έπειτα από 72 ώρες αφότου καταλήξει στην αποχέτευση έχει καθαριστεί και χρησιμοποιείται στη γεωργία, έως και 470 χλμ. μακριά. Έως το 2030 θα καθαρίζεται σχεδόν το σύνολο των λυμάτων και θα μεταφέρεται και στις πιο απομακρυσμένες καλλιέργειες για άρδευση, υποκαθιστώντας την ανάγκη για γεωτρήσεις». Η Netafim είναι η μεγαλύτερη εταιρεία στον κόσμο στην ανάπτυξη συστημάτων άρδευσης. Σήμερα το 95% της γεωργίας στο Ισραήλ χρησιμοποιεί στάγδην άρδευση. Παράλληλα, αυξάνεται συνεχώς το ποσοστό του επαναχρησιμοποιούμενου νερού στην άρδευση, 30% το 2015, 45% σήμερα. Σε όλο τον πλανήτη η κλιματική αλλαγή αλλάζει τις συνθήκες για τη γεωργία. Ο τρόπος που χρησιμοποιείται σήμερα θα είναι επαρκής για ακόμη 5-7 χρόνια, αλλά δεν θα μπορεί να λειτουργήσει σε 15 χρόνια. Η αλλαγή δεν θα έρθει μόνο μέσα από τους αγρότες, αλλά και τις ιδιωτικές εταιρείες και τις κυβερνήσεις. Σήμερα μιλάμε για «γεωργία ακριβείας», δηλαδή τη χρήση τεχνολογίας πληροφοριών ώστε να εξασφαλίζεται ότι η καλλιέργεια και το έδαφος θα λάβει αυτό ακριβώς που χρειάζεται για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής, ελαχιστοποιώντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

## Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα – Προτάσεις

Για να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί από παγκόσμιους οργανισμούς γύρω από τη βιώσιμη ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος, θα πρέπει ο τρόπος με τον οποίο διαχειρίζονται τα απόβλητα να αλλάξει άρδην. Η διαχείριση των αποβλήτων είναι σημαντικός παράγοντας στην εξασφάλιση καθαρού νερού για όλους, για την εξάλειψη της πείνας και της φτώχειας αλλά και για τη μείωση των επιβλαβών εκπομπών.

Οι εταιρείες διαχείρισης νερού και αποβλήτων είναι υπεύθυνες για το 3-7% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Δεν θα πρέπει να παραβλέπεται η συνεισφορά που θα έχει στο περιβάλλον μια εξάλειψη των ποσοστών αυτών. Υπενθυμίζεται πως μόνο οι μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων καταναλώνουν το 0.8% της ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την Ε.Ε.

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού θα μπορούσε επίσης να μειώσει και τα ποσά ενέργειας που ξοδεύονται για την απόκτηση αυτού. Ο νέος αγροτικός νόμος της Ε.Ε. που θα μπει σε εφαρμογή από το 2023 θα μπορούσε να οδηγήσει σε ντιρεκτίβες για επανάχρηση νερού εξαπλάσιας τάξης, από τα 1.7 δις κυβικά μέτρα στα 6.6 δις, μειώνοντας κατά 5% την πίεση που ασκείται στα αποθέματα νερού.

Η ενθάρρυνση των πρακτικών επανάχρησης νερού χωρίς να τίθεται σε δεύτερη μοίρα η δημόσια υγεία απαιτεί την θέσπιση συγκεκριμένων, καλά ορισμένων και αυστηρών προτύπων ποιότητας για το νερό. Η αστυνόμευση της δημόσιας υγείας θα πρέπει να είναι δομικός πυλώνας σε ένα σύστημα επαναχρησιμοποίησης νερού.

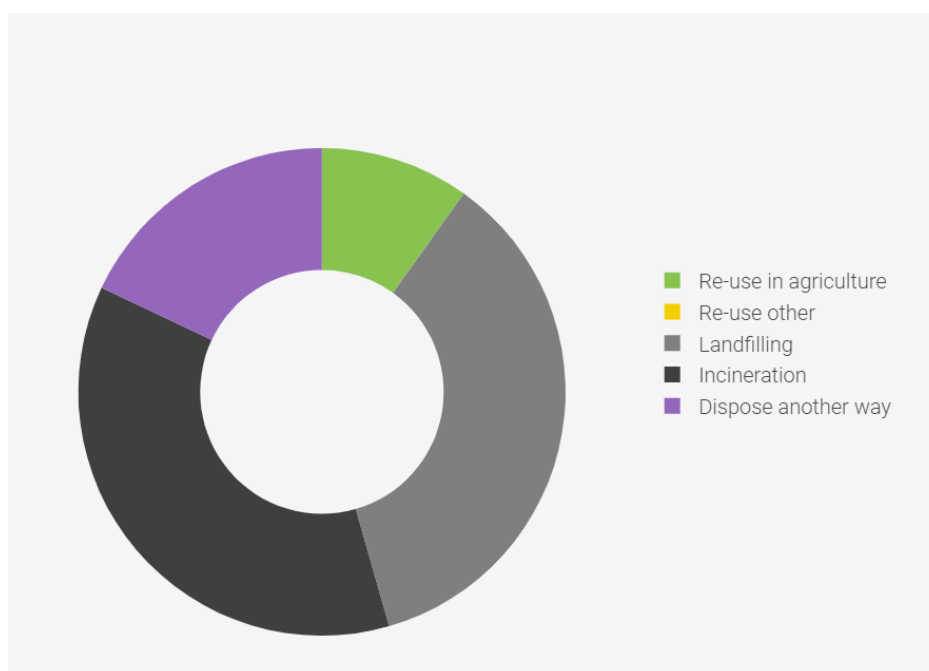
Υπάρχει ανάγκη για νέες και προηγμένες τεχνολογίες, που θα κάνουν οικονομικά βιώσιμη την ανάκτηση θρεπτικών στοιχείων σε μεγαλύτερα ποσοστά. Απαιτείται επίσης και η συμπερίληψη στοιχείων που μέχρι στιγμής δεν καθίσταται οικονομικά βιώσιμο να ανακτηθούν από τα λύματα.

Για να συμβεί αυτό, απαιτούνται σαφώς και επενδύσεις στον τομέα των υποδομών για το νερό. Για να μπορέσει η Ε.Ε. να πετύχει τους στόχους που έχει θέσει ενόψει 2030 για το κλίμα, απαιτούνται συνολικές επενδύσεις 90 δις ευρώ στον τομέα του νερού και των αποβλήτων. Οι πόροι από τα απόβλητα όμως μπορούν να συνδράμουν σε αυτό. Εκτιμάται πως το 60-70% της εκτιμώμενης αξίας των υγρών αποβλήτων σε όλη την

Ε.Ε. παραμένει αναξιοποίητο. Μιλάμε, δηλαδή, για θερμότητα, ενέργεια, θρεπτικές ουσίες, μέταλλα, ορυκτά, χημικά κ.λπ.

Τέλος, για να επιτευχθεί η μετάβαση από την απλή μείωση της ρύπανσης στην ανάκτηση πόρων, θα πρέπει να τεθεί αυτό ως στόχος από τις πρώιμες φάσεις σχεδιασμού των νέων επενδύσεων, όπου είναι εφικτό. Δεν υπάρχει ούτε χρόνος για χάσιμο αλλά ούτε και υγρά λύματα.

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η βιβλιογραφική ανασκόπηση και μελέτη της θεωρίας αλλά και των σύγχρονων πρακτικών που χρησιμοποιούνται στον τομέα της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων. Μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό πως η νοοτροπία αλλά και η τεχνολογία αναφορικά με τη διαχείρισή τους προχωρά με γοργά βήματα. Σε αυτή τη διαδρομή η χώρα μας δεν θα πρέπει να μείνει πίσω. Πρόταση λοιπόν είναι η Ελλάδα, μια χώρα με ουκ ολίγα πρόστιμα από την Ε.Ε. (συνολικά 111,2 εκατ. ευρώ μόνο για το 2019) για περιβαλλοντικές παραβάσεις, να δει την ευκαιρία και να την αξιοποιήσει. Υπάρχει η δυναμική για ανάκτηση χρήσιμων πόρων από τη διαχείριση λυμάτων. Μην ξεχνάμε, άλλωστε πως ως χώρα η Ελλάδα παράγει πολλά απόβλητα αναλογικά με τον πληθυσμό της. Με αριθμούς του 2018, το ποσό αυτό είναι ίσο με 11.9 εκατ. p.e (potential energy), το οποίο ισούται με 24 εκατομμύρια μπιανιέρες με απόβλητα ή 2.37 εκατ. m<sup>3</sup>.



Εικόνα 16: Γράφημα της διαχείρισης της απόβλητης λάσπης στην Ελλάδα το 2018 (πηγή: WISE Freshwater)



Ωστόσο, η Ελλάδα βρίσκεται αρκετά ψηλά στο ποσοστό των αποβλήτων της που διαχειρίζεται με τριτοβάθμιες επεξεργασίες. Βάσει στοιχείων της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος, η Ελλάδα βρίσκεται στην 6<sup>η</sup> θέση της λίστας σε όλη την Ευρώπη, περνώντας το 87% των υγρών της αποβλήτων από τέτοιες μεθόδους επεξεργασίας, όντας πίσω μόνο από τις Ολλανδία, Αυστρία, Γερμανία, Δανία και Ελβετία. Φαίνεται λοιπόν πως είναι περισσότερο ζήτημα του τί παίρνει πίσω η Ελλάδα από τα αστικά της απόβλητα παρά το εάν τα διαχειρίζεται.

Δεδομένου ότι η χώρα μας, όπως και πολλές άλλες του Ευρωπαϊκού Νότου, αντιμετωπίζει έντονη ενεργειακή φτώχεια, είναι αναγκαία η υιοθέτηση πρακτικών για ανάκτηση ενέργειας για θέρμανση και ηλεκτρισμό από τα απόβλητα, με την ενεργειακή κρίση του τελευταίου έτους να ξεγυμνώνει πολλά από τα σημεία στον ενεργειακό χάρτη που η χώρα μας έχει αδρανήσει.

## Βιβλιογραφία

- (χ.χ.). Ανάκτηση Δεκέμβριος 18, 2022, από ΕΥΔΑΠ: <https://www.eydap.gr/>
- Diamanti, M. (2022). *Infrastructure Solutions: No wastewater to waste*. European Investment Bank.
- Farago, M., Damgaard, A., Madsen, J., Andersen, J., Thornberg, D., Andersen, M., & Rygaard, M. (2021). From wastewater treatment to water resource recovery: Environmental and economic impacts of full-scale implementation. *Water Research*, 204. doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117554>
- Rowe, D., & Abdel-Magid, I. (1995). *Handbook of Wastewater Reclamation and Recovery*. London: CRC Press. doi:<https://doi.org/10.1201/9780138752514>
- Urban waste water treatment in Europe. (2021, Νοέμβριος 18). European Environment Agency.
- Urban waste water treatment in European "Big Cities" in 2016. (2020, Αύγουστος 17). European Environment Agency.
- Water used this year (millions of liters)*. (2022, Νοέμβριος 27). Ανάκτηση από worldometer: <https://www.worldometers.info/water/>
- Αγγελέτου, Μ. (2009). *Σύγκριση νομοθετικού πλαισίου διαχείρισης υδατικών πόρων Ευρωπαϊκής Ένωσης και Ελλάδας*. Αθήνα: Διαπανεπιστημιακό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών, Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων, Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος.
- Γκοτούδης, Α. (2015). *Οικολογική Διαχείριση Νερού*. Θεσσαλονίκη.
- ΚΥΑ 145116/2011. (2011, Μάρτιος 8). 354(2). Αθήνα, Ελλάδα: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας.
- Μποτσιβάλης, Γ. (2021). *Αστικός κύκλος νερού: Από την πηγή-στον καταναλωτή-στο περιβάλλον*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Διπλωματική Εργασία.
- Μπουλμπουλή, Μ. (2007). *Μονάδες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων (Μ.Ε.Υ.Α.) - έξι Δημοτικών Διαμερισμάτων του Δήμου Ερεσού-Αντίσσης - και Αξιοποίηση Παραγόμενου Νερού*. Μυτιλήνη: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σχολή Περιβάλλοντος, Τμήμα Περιβάλλοντος, Θεοφράσειο Π.Μ.Σ. "Περιβαλλοντική & Οικολογική Μηχανική".
- Παρθένη, Σ. (2007). Προοπτικές και προβλήματα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων παραγόμενων εκρών των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων πόλεως Αγρινίου.
- Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23/10/2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων (L 327 EL 22.12.2000). (χ.χ.).
- Οδηγία 91/271/ΕΟΚ. (1997, Μάρτιος 14). 192. Αθήνα, Ελλάδα: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας.

<https://www.koinignomi.gr/news/koinonia/koinonika/2020/09/14/tritovathmia-epexergasia-apovlition-sti-santorini.html>

[https://www.ekdd.gr/ekdda/files/ergasies\\_esta/T2/028/10129.pdf](https://www.ekdd.gr/ekdda/files/ergasies_esta/T2/028/10129.pdf)

Το Ισραηλινό θάυμα με το νερό: <https://www.kathimerini.gr/society/562071574/to-israilino-thayma-me-to-nero/>