



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ

Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

Διαχείριση Αποβλήτων

Διπλωματική Εργασία

**“ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ: ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ
ΕΥΒΟΙΑΣ”**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΗ

ΣΑΚΚΑ ΜΑΡΙΑ – Α.Μ. 166047

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Κορνάρος Μιχαήλ

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Κομίλης Δημήτριος

ΠΑΤΡΑ , 2026

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω προσωπικά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Κορνάρο Μιχαήλ για τη βοήθεια και καθοδήγηση του στην πορεία της εργασίας αυτής, αλλά και τους καθηγητές μας στο ΕΑΠ για τις γνώσεις που μας μετέδωσαν όλα αυτά τα χρόνια.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον μπαμπά μου, για την στήριξη του στο μεταπτυχιακό μου.

Πάνω από όλα όμως θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύζυγο μου αλλά και τις δίδυμες κόρες μας Σοφία και Ιωάννα για την βοήθεια, την υπομονή που έδειξαν στις ατέλειωτες ώρες διαβάσματος και ήταν δίπλα μου στο ταξίδι του μεταπτυχιακού όπως και σε κάθε μου βήμα.

Περίληψη

Η διαχείριση των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα περιβαλλοντικής προστασίας στις σύγχρονες βιομηχανικές κοινωνίες. Η ανάπτυξη της βιομηχανικής δραστηριότητας συμβάλλει σημαντικά στην οικονομική ανάπτυξη, ωστόσο συνοδεύεται συχνά από αυξημένες πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον και ιδιαίτερα στους υδατικούς πόρους. Η ορθολογική διαχείριση των αποβλήτων και η εφαρμογή αποτελεσματικών τεχνολογιών επεξεργασίας αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για τη διασφάλιση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και τη συμμόρφωση με το ισχύον ευρωπαϊκό και εθνικό θεσμικό πλαίσιο.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των πρακτικών διαχείρισης υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, με ιδιαίτερη έμφαση στον Νομό Εύβοιας. Στο πλαίσιο της μελέτης εξετάζονται το θεσμικό και κανονιστικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση των αποβλήτων, οι βασικές τεχνολογίες επεξεργασίας που εφαρμόζονται στη βιομηχανία, καθώς και οι περιβαλλοντικές προκλήσεις που σχετίζονται με τη βιομηχανική δραστηριότητα στην περιοχή. Παράλληλα, πραγματοποιείται ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τη διάθεση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, καθώς και αξιολόγηση των πρακτικών διαχείρισης που εφαρμόζονται σε τοπικό επίπεδο. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται σε περιπτώσεις περιβαλλοντικών πιέσεων που έχουν καταγραφεί στη Στερεά Ελλάδα, αναδεικνύοντας την ανάγκη ενίσχυσης των μηχανισμών ελέγχου και της εφαρμογής σύγχρονων τεχνολογιών επεξεργασίας. Τα αποτελέσματα της εργασίας αναδεικνύουν τη σημασία της ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιομηχανικών αποβλήτων, της ανάπτυξης κατάλληλων υποδομών επεξεργασίας και της ενσωμάτωσης των αρχών της κυκλικής οικονομίας στη βιομηχανική παραγωγή. Η εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην προστασία των υδατικών πόρων και στη βιώσιμη ανάπτυξη της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Λέξεις Κλειδιά

Διαχείριση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, Περιβαλλοντική διαχείριση, Βιομηχανική δραστηριότητα, Υδατικοί πόροι, Περιβαλλοντική νομοθεσία, Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, Νομός Εύβοιας, Κυκλική οικονομία.

Abstract

The management of liquid industrial waste is one of the most important environmental protection issues in modern industrial societies. The development of industrial activity contributes significantly to economic growth, however, it is often accompanied by increased pressures on the natural environment and especially on water resources. The rational management of waste and the implementation of effective treatment technologies are basic prerequisites for ensuring environmental sustainability and compliance with the current European and national institutional framework.

The purpose of this thesis is to investigate the practices of liquid industrial waste management in the Region of Central Greece, with particular emphasis on the Prefecture of Evia. The study examines the institutional and regulatory framework governing waste management, the basic treatment technologies applied in industry, as well as the environmental challenges related to industrial activity in the region. At the same time, an analysis of the environmental impacts associated with the disposal of liquid industrial waste is carried out, as well as an evaluation of the management practices applied at the local level. Particular reference is made to cases of environmental pressures that have been recorded in Central Greece, highlighting the need to strengthen control mechanisms and the implementation of modern treatment technologies. The results of the work highlight the importance of integrated management of industrial waste, the development of appropriate treatment infrastructures and the integration of the principles of the circular economy in industrial production. The implementation of sustainable management practices can contribute substantially to the protection of water resources and the sustainable development of the Central Greece Region.

Key Words

Liquid industrial waste management, Environmental management, Industrial activity, Water resources, Environmental legislation, Region of Central Greece, Prefecture of Evia, Circular economy.

Περιεχόμενα

	Ευχαριστίες	ΣΕΛ	2
	Περίληψη	ΣΕΛ	3
	Λέξεις Κλειδιά	ΣΕΛ	3
	Abstract	ΣΕΛ	3
	Key Words	ΣΕΛ	4
	Περιεχόμενα	ΣΕΛ	4
	Κατάλογος Σχημάτων / Πινάκων	ΣΕΛ	5
	Εισαγωγή	ΣΕΛ	6

1.1	Διαχείριση αποβλήτων	ΣΕΛ	7
1.1.1	Διαχείριση υγρών αποβλήτων	ΣΕΛ	9
1.1.2	Διαχείριση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων	ΣΕΛ	15
1.1.3	Πηγές και σύνθεση βιομηχανικών αποβλήτων	ΣΕΛ	16
1.2	Επιπτώσεις βιομηχανικών αποβλήτων	ΣΕΛ	17
1.2.1	Επιπτώσεις των βιομηχανικών λυμάτων στα υδάτινα σώματα	ΣΕΛ	18
1.2.2	Επιπτώσεις των βιομηχανικών λυμάτων στο έδαφος	ΣΕΛ	19
1.2.3	Επιπτώσεις των βιομηχανικών λυμάτων στην ποιότητα του αέρα	ΣΕΛ	20
1.2.4	Επιπτώσεις των βιομηχανικών λυμάτων στην ανθρώπινη υγεία	ΣΕΛ	21
2.1	Νομοθετικό πλαίσιο για τα βιομηχανικά απόβλητα	ΣΕΛ	22
2.1.1	Οδηγία 91/271/ΕΟΚ - Επεξεργασία Αστικών Λυμάτων	ΣΕΛ	23
2.1.2	Πλαίσιο για τα ύδατα (Οδηγία πλαισίου για τα νερά 2000/60/ΕΟΚ)	ΣΕΛ	24
2.2	Ελληνική νομοθεσία - Κύρια πλαίσια & Υποχρεώσεις	ΣΕΛ	25
2.2.1	Εθνικό πλαίσιο για απόβλητα - Ν.4819/2021	ΣΕΛ	26
2.2.2	Αστικά και βιομηχανικά απόβλητα	ΣΕΛ	27
3.1	Βασικές μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	ΣΕΛ	28
3.1.1	Φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας	ΣΕΛ	28
3.1.2	Χημικές μέθοδοι επεξεργασίας	ΣΕΛ	29
3.1.3	Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας	ΣΕΛ	31
3.2	Διάθεση και επαναχρησιμοποίηση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων	ΣΕΛ	32
3.3	Σύγχρονες τεχνολογίες - Τάσεις	ΣΕΛ	34
4.1	Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας	ΣΕΛ	36
4.1.1	Κύριες βιομηχανικές δραστηριότητες στη Στερεά Ελλάδα	ΣΕΛ	37
4.1.2	Υποδομές διαχείρισης υγρών αποβλήτων	ΣΕΛ	39
4.2	Βασικά περιβαλλοντικά ζητήματα στην Περιφέρεια	ΣΕΛ	40
4.3	Μελέτη περίπτωσης - Νομός Εύβοιας	ΣΕΛ	41
4.4	Υφιστάμενες υποδομές επεξεργασίας στον Νομό Εύβοιας	ΣΕΛ	45
4.5	Ανάλυση Βιομηχανικών δραστηριοτήτων στην Εύβοια	ΣΕΛ	47
4.6	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην Εύβοια	ΣΕΛ	58
	Συμπεράσματα	ΣΕΛ	63
	Βιβλιογραφία	ΣΕΛ	66

Κατάλογος Σχημάτων / Πινάκων

Σχήμα 1	Αριθμός ετήσιων δημοσιεύσεων σχετικά με τα βιομηχανικά λύματα	ΣΕΛ	16
Σχήμα 2	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις βιομηχανικών αποβλήτων	ΣΕΛ	18
Σχήμα 3	Αναερόβια χώνευση λυμάτων στην βιομηχανία τροφίμων	ΣΕΛ	52
Σχήμα 4	Στρατηγικές ενίσχυσης αναερόβιας χώνευσης των αποβλήτων της βιομηχανίας τροφίμων	ΣΕΛ	54
Σχήμα 5	Μηχανισμός αναερόβιας χώνευσης λυμάτων στην βιομηχανία τροφίμων	ΣΕΛ	55

Σχήμα 6	Περιοχή μελέτης με κλίμακα 1/100.000 και σταθμοί δειγματοληψίας 1/1.250	ΣΕΛ	61
Πίνακας 1	Σύγκριση αερόβιας και αναερόβιας διαδικασίας	ΣΕΛ	32
Πίνακας 2	Σύγκριση διάθεσης και επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αποβλήτων	ΣΕΛ	34
Πίνακας 3	Αναδυόμενες τεχνολογίες και τάσεις στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας	ΣΕΛ	36
Πίνακας 4	Πίνακας κατηγοριοποίησης μονάδων	ΣΕΛ	47
Πίνακας 5	Πίνακας τύπων αποβλήτων και ανάλυση περιβαλλοντικού κινδύνου	ΣΕΛ	48
Πίνακας 6	Χαρακτηριστικά τροφίμων αποβλήτων	ΣΕΛ	50
Πίνακας 7	Τύποι μεταλλευτικών αποβλήτων	ΣΕΛ	56
Πίνακας 8	Οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης του ICM	ΣΕΛ	57
Πίνακας 9	Κατανομή μεγέθους κόκκων, περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα και ανθρακικό ασβέστιο των ιζημάτων στην περιοχή που έγινε η μελέτη	ΣΕΛ	61
Πίνακας 10	Κατανομή μεγέθους κόκκων επανυπολογισμένη χωρίς χαλίκι και συνολικές συγκεντρώσεις μετάλλων στα ιζήματα, στην περιοχή της μελέτης	ΣΕΛ	62

Εισαγωγή

Η βιομηχανική ανάπτυξη αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες οικονομικής δραστηριότητας και τεχνολογικής προόδου στις σύγχρονες κοινωνίες. Παράλληλα όμως με τα οφέλη που προσφέρει, η βιομηχανική παραγωγή συνδέεται συχνά με σημαντικές περιβαλλοντικές πιέσεις, ιδιαίτερα όσον αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων που παράγονται κατά τη διαδικασία παραγωγής. Μεταξύ αυτών, τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα αποτελούν μία από τις σημαντικότερες κατηγορίες ρύπανσης, καθώς μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την ποιότητα των υδάτινων πόρων, των εδαφών και των φυσικών οικοσυστημάτων. Η ορθολογική διαχείριση των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων αποτελεί βασικό στοιχείο της περιβαλλοντικής πολιτικής τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Τα τελευταία χρόνια, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο κανονισμών και οδηγιών με στόχο την προστασία των υδατικών πόρων, την πρόληψη της ρύπανσης και την προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης των αποβλήτων. Στο πλαίσιο αυτό, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, στην επεξεργασία πριν από την τελική διάθεση και στην προώθηση πρακτικών επαναχρησιμοποίησης και κυκλικής οικονομίας. (ΥΠΕΝ,2021)

Στην Ελλάδα, η διαχείριση των βιομηχανικών αποβλήτων παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της συγκέντρωσης σημαντικών βιομηχανικών δραστηριοτήτων σε ορισμένες περιφέρειες της χώρας. Μία από αυτές είναι η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, η οποία αποτελεί μία από τις σημαντικότερες βιομηχανικές περιοχές της χώρας, με έντονη παρουσία μεταποιητικών μονάδων σε κλάδους όπως η μεταλλουργία, η χημική βιομηχανία και η βιομηχανία τροφίμων. Η ανάπτυξη αυτών των δραστηριοτήτων έχει συμβάλει σημαντικά

στην οικονομία της περιοχής, αλλά ταυτόχρονα έχει δημιουργήσει αυξημένες απαιτήσεις για αποτελεσματική διαχείριση των παραγόμενων αποβλήτων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση του Νομού Εύβοιας, όπου η παρουσία βιομηχανικών μονάδων σε συνδυασμό με την εγγύτητα σε σημαντικούς υδατικούς πόρους καθιστά τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων κρίσιμο ζήτημα για την προστασία του περιβάλλοντος. Η εμπειρία προηγούμενων δεκαετιών σε ορισμένες περιοχές της Στερεάς Ελλάδας, όπως η περίπτωση της ρύπανσης του ποταμού Ασωπού, ανέδειξε τη σημασία της αποτελεσματικής εφαρμογής των περιβαλλοντικών κανονισμών και της ανάπτυξης σύγχρονων υποδομών επεξεργασίας αποβλήτων. (ΥΠΕΝ,2021)

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των πρακτικών διαχείρισης υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, με έμφαση στον Νομό Εύβοιας. Πιο συγκεκριμένα, η εργασία εξετάζει το θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση των αποβλήτων, τις τεχνολογίες επεξεργασίας που εφαρμόζονται, καθώς και τις περιβαλλοντικές προκλήσεις που προκύπτουν από τη βιομηχανική δραστηριότητα στην περιοχή. Η μελέτη αυτή επιδιώκει να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των υφιστάμενων πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων και να αναδείξει τις βασικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι τοπικοί φορείς και οι βιομηχανικές μονάδες στην προσπάθεια εφαρμογής βιώσιμων λύσεων. Παράλληλα, επιχειρείται η ανάδειξη της σημασίας της ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων και της ενσωμάτωσης των αρχών της κυκλικής οικονομίας για την προστασία των υδατικών πόρων και του φυσικού περιβάλλοντος.

1.1. Διαχείριση Αποβλήτων

Στις μέρες μας έντονο φαινόμενο είναι η διάθεση των αποβλήτων να οδηγεί σε άμεσες και έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως είναι η κατάληψη γης, η εξάντληση των πόρων, η ενίσχυση της υπερθέρμανσης του πλανήτη εξαιτίας του μεθανίου και άλλων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ακόμα παρατηρούμε έντονα τη δηλητηρίαση από το νερό εξαιτίας της υγειονομικής ταφής, όπως επίσης και τη όξυνσης. Παρατηρούνται επιπλέον έντονες τοξικές επιπτώσεις από τις εκπομπές στην ατμόσφαιρα στην περίπτωση της αποτέφρωσης. Οι άμεσες αυτές επιπτώσεις όπου παρουσιάζονται από την κακή ή λάθος διαχείριση των αποβλήτων αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό αλλά συγκριτικά μικρό μερίδιο της κλιματικής αλλαγής, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζεται και σοβαρή εξάντληση των πόρων, έχοντας παρόμοιες επιπτώσεις οι οποίες συνδέονται, με έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυτό συμβαίνει κατά κύριο λόγο διότι τα έμμεσα αποτελέσματα των αποβλήτων συνδέονται με την εξόρυξη αλλά και την επεξεργασία διαφορετικών πόρων για την παραγωγή διαφορετικών τύπων προϊόντων. Παράλληλα παρατηρείται από πολλές βιομηχανίες το γεγονός πως

εστιάζουν κυρίως στον τομέα της παραγωγής και όχι στις εισροές, έτσι δημιουργούνται έμμεσα και οι επιπτώσεις από λάθος στον τρόπο διαχείρισης, οι οποίες δύναται να είναι σε πολλές περιπτώσεις καταστροφικότερες παρουσιάζοντας, το υψηλότερο δυναμικό σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τους. (Ameer Mubaslat, 2021)

Στο πέρασμα των ετών η διαχείριση των αποβλήτων καλείται να είναι αποδοτική όσο ποιο σύντομα γίνεται, στοχεύοντας την εξοικονόμηση πόρων, αλλά και στο να είναι καλυμμένη νομικά σε κάθε χώρα και όσο το δυνατόν ποιο φιλική απέναντι στο περιβάλλον. Η διαχείριση αποβλήτων πρέπει να έχει δυνατότητα να αντιμετωπίσει και κρίσεις περιβαλλοντικές, αλλά και να μειώνει κινδύνους σοβαρούς για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Θεωρείται ένα από τα πιο βασικά εφόδια της ανθρωπότητας όμως για αυτό πρέπει η χρήση της να γίνεται κατά κύριο λόγο ορθολογικά. (Vikki Edmonson et al.,2018)

Αν πρέπει να ορίσουμε την διαχείριση αποβλήτων, τότε είναι οι διαφορετικές προσεγγίσεις και διαδικασίες οι οποίες σχεδιάζονται και εφαρμόζονται με σκοπό τον εντοπισμό, τον έλεγχο και τη διαχείριση των διαφορετικών τύπων αποβλήτων από την παραγωγή τους μέχρι την απόρριψή τους. Η πλήρης εφαρμογή των διαδικασιών διαχείρισης αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της πρόληψης και της επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων, και της ανακύκλωσης όπου είναι δυνατόν, έχει και μπορεί να βοηθήσει περαιτέρω στην αποφυγή σημαντικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων όταν αξιολογούνται από την οπτική γωνία του κύκλου ζωής τους. Όμως είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι άμεσες επιπτώσεις όπως οι εκπομπές και οι έμμεσες επιπτώσεις όπως η εξάντληση των πόρων. Σε θεωρητικό επίπεδο οι χειρότερες πρακτικές διάθεσης αποβλήτων για τα μικτά αλλά και τα ξεχωριστά συλλεγόμενα απόβλητα είναι η αποτέφρωση αλλά και η υγειονομική ταφή. Τα απόβλητα κατά κύριο λόγο χωρίζονται σε κατηγορίες όπως είναι τα αστικά στερεά απόβλητα, τα υγρά απόβλητα και τους αέριους ρύπους. (Ameer Mubaslat, 2021)

Ως γνωστόν τα βιομηχανικά απόβλητα είναι αποτέλεσμα υγρών αποβλήτων ή στερεών ή από συνδυασμό αυτών των δύο. Σύνηθες φαινόμενο είναι τα βιομηχανικά απόβλητα να απορρίπτονται, σε χώρους υγειονομικής ταφής ή σε υδάτινα σώματα. Ο τομέας που σχετίζεται με την βιωσιμότητα του περιβάλλοντος μέχρι σήμερα αντιμετωπίζει σοβαρές προκλήσεις σχετικά με την ραγδαία ανάπτυξη των βιομηχανιών. Έτσι έχουμε ως αποτέλεσμα, η διάθεση των αποβλήτων να επιφέρει κινδύνους σχετικά με την ανθρώπινη υγεία και βιωσιμότητα αλλά και σοβαρούς περιβαλλοντικούς κινδύνους. Έχουν υπάρξει αρκετές τεχνικές οι οποίες αναπτύχθηκαν τα προηγούμενα χρόνια με στόχο την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών, έτσι ανακαλύπτουμε πως οι πιο βιώσιμοι τρόποι είναι, η ανακύκλωση των αποβλήτων, η μετατροπή αυτών σε ενεργεία, όπως και η βελτίωση της

αποτελεσματικότητας των οδών και των τεχνικών διάθεσης, και ούτω καθεξής.
(Darshan Singh, 2023)

1.1.1 Διαχείριση υγρών αποβλήτων

Τον πιο σημαντικό ρόλο σχετικά με την διαχείριση των υγρών αποβλήτων τον φέρει το νερό, το οποίο είναι βασικό σε οικοσυστήματα αλλά και σε βιοχημικούς κύκλους των στοιχείων και στην ανάπτυξη τους. Θεωρείται τόσο σημαντικό που σαν ουσία δεν μπορεί να αντικατασταθεί από οτιδήποτε άλλο καθώς κρατάει σε φυσιολογικά επίπεδα τις ισορροπίες στην φύση. Οι φυσικές όπως και οι χημικές ιδιότητες που περιέχονται στο νερό, έχουν τη δυνατότητα να στηρίζουν τους βιολογικούς κύκλους, ενώ οι θερμικές του ιδιότητες διατηρούν σε φυσιολογικά όσο δυνατόν είναι εφικτό επίπεδα γεωλογικές αλλά και κλιματικές συνθήκες. Παρόλα αυτά πλέον η ποιότητα στο νερό δεν παύει να εξαρτάται την ανθρώπινη παρουσία και το κατά πόσο παρεμβαίνει στη φύση και συνεπώς στο νερό. (Κουσούρης Θεόδωρος, 1998) Το νερό θεωρείται το βασικότερο αγαθό μέσω του οποίου διαδίδονται μολυσματικές ασθένειες αλλά και παθογόνοι μικροοργανισμοί, που αναπτύσσονται και ζουν σε λύματα, έτσι μολύνονται και πολλοί υδάτινοι αποδέκτες. Μερικές εντερικές ασθένειες που προκύπτουν από μολυσμένα νερά είναι ο τύφος, η δυσεντερία, η χολέρα ή ηπατίτιδα και άλλα. Σύμφωνα με μελέτες γύρω στα 10 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους από ασθένειες σχετικές με την μόλυνση των υδάτων. Οι πιο πολλοί μικροοργανισμοί είναι κομμάτι της φυσικής χλωρίδας και φυσικών υδάτων, όμως πολλοί από αυτούς εξαφανίζονται εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας ή λόγω φυσικών φαινομένων. Στο νερό φαίνεται να υπάρχουν κάποια βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά τα οποία εξαρτώνται από την χρήση που το χρειαζόμαστε, καθώς και μετά την χρήση του αυτό φαίνεται να έχει μολυνθεί και τα ποιοτικά αυτά χαρακτηριστικά να είναι αλλοιωμένα, για αυτό και απαιτείται ξεχωριστή επεξεργασία πριν καταλήξει στους τελικούς αποδέκτες. (Σίσκος Παναγιώτης & Σκουλός Μιχάλης, 2010)

Την επεξεργασία των λυμάτων την επιβάλει η σχετική οδηγία της ευρωπαϊκής ένωσης και ειδικότερα της ευρωπαϊκής οικονομικής κοινότητας, πιο συγκεκριμένα επιβάλλεται με την 91/271/ΕΟΚ και αφορά όλους τους δήμους, όπως και τις κοινότητες. Με βάση την οδηγία αυτή τα απόβλητα χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα την προέλευση τους. Οι κατηγορίες αυτές είναι τα υγρά γεωργικά απόβλητα, τα υγρά οικιακά απόβλητα αλλά και τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα. Τα υγρά οικιακά απόβλητα προκύπτουν από ανθρώπινη δραστηριότητα και συγκεντρώνονται σε κοινούς αγωγούς αποχέτευσης, που καταλήγουν στο εκάστοτε κοινοτικό σύστημα αποχέτευσης. Σε μια πόλη η συλλογή αποβλήτων, δύναται να γίνει με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι το χωριστικό σύστημα στο οποίο υπάρχει

διαφορετικό δίκτυο το οποίο σχετίζεται με την συλλογή και μεταφορά ακαθαρσιών και διαφορετικό δίκτυο μεταφοράς όμβριων υδάτων. Ο δεύτερος τρόπος είναι το παντορροϊκό σύστημα, το οποίο περιέχει και εισροές από επιφανειακά ή υπόγεια νερά, αλλά και όμβρια ύδατα. Η παροχή που διαθέτουν τα λύματα στα δίκτυα αποχέτευσης αυξομειώνεται με βάση τις εποχιακές διακυμάνσεις, της ημέρες κάθε εβδομάδας ή με βάση τις ώρες κάθε ημέρας. Η προέλευση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων προέρχεται από παραγωγικές βιομηχανικές διαδικασίες, από πλύσεις χώρων, δαπέδων και εξοπλισμών, λόγω ψύξης και θέρμανσης εγκαταστάσεων, αλλά και από απόβλητα τα οποία παράγονται από απορροές λόγω βροχοπτώσεων. Τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα έχουν τα ποιο πολλά είδη ρυπαντών αν αυτά συσχετιστούν με τα αστικά υγρά απόβλητα, για το λόγο αυτό επιβάλλεται να προσδιορίζονται χωριστά σε κάθε βιομηχανική δραστηριότητα. Ενώ τα υγρά γεωργικά απόβλητα δύναται να είναι παράγωγα οποιασδήποτε άλλης μορφής, ή υποπροϊόντα από γεωργικές δραστηριότητες, χωρίς κάποια ιδιαίτερη οικονομική αξία, με αποτέλεσμα να είναι οικονομικά ασύμφορη η διαχείριση και επεξεργασία τους. (Αυλωνίτης Δημήτρης & Αυλωνίτης Σταμάτης, 2014)

Η μέση παροχή λυμάτων έχει τέσσερεις βασικούς παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται, αυτοί είναι η τιμή του νερού, το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων της εκάστοτε περιοχής, την διαθεσιμότητα του νερού αλλά και την ιστορία και τον πολιτισμό κάθε τόπου. (Αυλωνίτης Δημήτρης & Αυλωνίτης Σταμάτης, 2014) Ως υγρό απόβλητο χαρακτηρίζουμε το νερό το οποίο λόγω της χρήσης του, μέσα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες έχει υποστεί αλλαγή στις φυσικές, βιολογικές και χημικές του ιδιότητες. Ως αστικά λύματα ορίζουμε τα υγρά απόβλητα τα οποία δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της χρήσης νερού σε διαδικασίες καθαριότητας σε εγκαταστάσεις οποιασδήποτε κατοικημένης περιοχής, σαν βασικό τους συστατικό είναι το νερό, που έχει ξένες προσμίξεις, καθιστώντας το ακατάλληλο και επηρεάζοντας αρνητικά τους τελικούς αποδέκτες. Αποδέκτες για υγρά απόβλητα, είναι οι φυσικοί υποδοχείς, οι οποίοι καταλήγουν στα λύματα, ή έπειτα από επεξεργασία ή για τελική διάθεση, όπως υπόγεια ή επιφανειακά νερά, στο υπέδαφος ή στο έδαφος. Ως ρύπανση θέτουμε την ανεπιθύμητη μεταβολή στα ποιοτικά χαρακτηριστικά, που διαθέτει το νερό, εξαιτίας δραστηριοτήτων σε βαθμό που η ανθρώπινη υγεία μπορεί να τεθεί σε κίνδυνο, με αποτέλεσμα η ποιότητα ζωής να υποβαθμίζεται, προκαλώντας βλάβες και σε φυσικά οικοσυστήματα. Ενώ ως μόλυνση ορίζουμε την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών, στο νερό, εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. (Ayhan Demirbas, 2021)

Τα υγρά αστικά απόβλητα (λύματα) αποτελούνται κατά κύριο λόγο από νερό (περίπου 99,9%) και περιέχουν μικρές αλλά σημαντικές συγκεντρώσεις αιωρούμενων και διαλυμένων οργανικών και ανόργανων ουσιών, οι οποίες προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά διακρίνονται σε φυσικά, χημικά και βιολογικά. Στα φυσικά

χαρακτηριστικά περιλαμβάνονται το χρώμα, η οσμή, η θολότητα, η πυκνότητα και η θερμοκρασία, ενώ στα χημικά περιλαμβάνονται το pH, η σκληρότητα, καθώς και η παρουσία οργανικών και ανόργανων συστατικών. Τα βιολογικά χαρακτηριστικά αφορούν κυρίως στην παρουσία μικροοργανισμών, κοπρανόδους προέλευσης, όπως και σαπροφυτικών και παθογόνων ειδών, τα οποία διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στις διεργασίες βιοαποδόμησης, έτσι μετατρέπονται οι ασταθείς οργανικές ενώσεις σε σταθερότερες ανόργανες μορφές και συμβάλλουν στον περιορισμό επιβλαβών μικροβίων. Οι ουσίες οι οποίες περιέχονται στα λύματα κατατάσσονται σε οργανικές, στερεές και τοξικές. Οι τοξικές προέρχονται κυρίως από βιομηχανικές εκροές και περιέχουν βαρέα μέταλλα, όπως είναι ο χαλκός, ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, το αρσενικό και το χρώμιο. (Anwar F. Al Yaqout, 2003)

Τα υγρά απόβλητα παρουσιάζουν και φυσικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι δυνατόν να κατανεμηθούν, με βάση το μέγεθος που έχουν τα σωματίδια, το χρώμα και την θολότητα τους, τα οποία είναι ενδεικτικά χαρακτηριστικά σχετικά με την προέλευση και την ηλικία τους, αυτό οφείλεται στην κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου, από πλήθος μικροοργανισμών, οι οποίοι διασπούν τις οργανικές ενώσεις που περιέχονται στα εν λόγω απόβλητα. Ακόμα είναι σημαντική η εκτίμηση της εκπομπής υγρών αποβλήτων, της πυκνότητας τους, της αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας τους. Βασικό επιπλέον είναι το ειδικό βάρος, η σχετική πυκνότητα, όπως και η οσμή η οποία προκαλείται λόγω της διάσπασης της οργανικής ύλης. Από τα βασικότερα χαρακτηριστικά αξίζει να σημειωθεί, η περιεκτικότητα σε ολικά στερεά, τα οποία αποτελούνται από καθιζάνοντα, κolloειδή, διαλυμένα ή επιπλέοντα. Αναλυτικότερα τα στερεά αποτελούνται από, ολικά πτητικά στερεά (TVS), μη πτητικά στερεά (TFS), ολικά διαλυόμενα στερεά (TDS) (TS-TSS), ολικά στερεά (TS), πτητικά αιωρούμενα στερεά (VSS), σταθερά αιωρούμενα στερεά (FSS), καθιζάνοντα στερεά, ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), ολικά πτητικά διαλυόμενα στερεά (VDS) (TVS-TSS), σταθερά διαλυόμενα στερεά (FDS). Πολλοί οργανισμοί είναι αδύνατον να ανιχνευτούν στα υγρά λύματα χωρίς τη χρήση μικροσκοπίου, συνήθως τους οργανισμούς αυτούς τους βρίσκουμε σε επιφανειακά νερά και σε απόβλητα. Οι βασικότεροι από αυτούς είναι οι μύκητες ή ζυμομύκητες, τα βακτήρια, τα τριχόζωα, τα αραχαιδή τα πρωτόζωα αλλά και τα φύκη. Πολλοί παθογόνοι οργανισμοί που περιέχονται σε απόβλητα είναι πολύ πιθανό να προέρχονται από απεκκρίσεις ζώων ή ακόμα και ανθρώπων που είτε είναι προσβεβλημένοι, είτε είναι φορείς μολυσματικών ασθενειών. (Αυλωνίτης Δημήτρης & Αυλωνίτης Σταμάτης, 2014)

Τα χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες, στα οργανικά στερεά, τα αέρια και ανόργανα. Σε σχέση με τα οργανικά στερεά τα πιο βασικά οργανικά συστατικά τα οποία περιέχουν είναι τα λίπη και έλαια με περιεκτικότητα

10%, οι υδατάνθρακες σε περιεκτικότητα από 25% μέχρι 50% αλλά και οι πρωτεΐνες με περιεκτικότητα σε ποσοστό από 40% έως και 60%. Για να γίνει σωστή εκτίμηση των οργανικών συστατικών και του ρυπαντικού φορτίου ενός αποβλήτου χρησιμοποιείται η ποσότητα οξυγόνου η οποία απαιτείται για την οξείδωση της οργανικής ύλης. Το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) μετρά το οξυγόνο που καταναλώνουν οι μικροοργανισμοί κατά τη βιολογική αποδόμηση της οργανικής ύλης σε αερόβιες συνθήκες, με τον δείκτη BOD₅ να αντικατοπτρίζει την οξείδωση του μεγαλύτερου μέρους των εύκολα βιοαποδομήσιμων ουσιών σε πέντε ημέρες. Το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD) εκφράζει την ποσότητα οξυγόνου που χρειάζεται για την πλήρη χημική οξείδωση των οργανικών συστατικών σε CO₂ και H₂O, χρησιμοποιώντας ισχυρά οξειδωτικά μέσα υπό όξινες συνθήκες και σε περίπτωση που απαιτείται, χρησιμοποιεί καταλύτη για ουσίες που δεν οξειδώνονται εύκολα. Ο Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC) προσδιορίζει τον συνολικό οργανικό άνθρακα μέσω θερμικής οξείδωσης σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ το Ολικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (TOD) έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει την κατανάλωση οξυγόνου κατά την πλήρη θερμική οξείδωση με καταλύτη. Συμπληρωματικά το Θεωρητικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (ThOD) έχει τη δυνατότητα να υπολογιστεί από τη γνωστή χημική σύσταση των οργανικών ενώσεων, με βάση τις στοιχειομετρικές σχέσεις των αντιδράσεων οξείδωσης. (Anwar F. Al Yaqout, 2003)

Σχετικά με τα ανόργανα συστατικά αυτά είναι το άζωτο το οποίο βρίσκεται σε αστικά υγρά απόβλητα σε μορφή αμμωνίας και είναι προαπαιτούμενο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Είναι το pH που έχει την δυνατότητα, να επηρεάσει τη διαδικασία επεξεργασίας των αποβλήτων, τα χλωρίδια τα οποία έχουν βασική προέλευση από αποστραγγισμένα νερά και απ τον άνθρωπο. Στα ανόργανα συστατικά συγκαταλέγεται και το θείο, ως προαπαιτούμενο για την σύνθεση κυστεΐνης βασική πρωτεΐνη των μικροοργανισμών, ο φώσφορος όπου συμβάλει στην ανάπτυξη απαιτούμενων μικροοργανισμών σε εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού. Ο φώσφορος παρουσιάζεται με τη μορφή του ορθοφωρικού, οργανικού ή πολυφωσφορικού. Ακόμα παρατηρούμε στα ανόργανα συστατικά αλκαλικότητα η οποία σχετίζεται με την παρουσία ανθρακικών και διττανθρακικών αλάτων όπως το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλλιο και η αμμωνία αλλά και υδροξειδίων. Περιέχονται ακόμα διάφορα τοξικά στοιχεία και ενώσεις όπως ιόντα χαλκού, αργύρου, μολύβδου, ανιόντα χρωμικού, αρσενικό, βόριο και κυανιούχα ιόντα. (Kalpesh Trivedi et al., 2024)

Σχετικά με τα αέρια αυτά διακρίνονται σε διαλυμένο οξυγόνο (DO), βασικό χαρακτηριστικό των υδάτων, το οξυγόνο αυτό μειώνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία με τη μείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Το DO είναι παράμετρος ελέγχου της ρύπανσης ενός υδάτινου

οικοσυστήματος, πρέπει ανάλογα με τη χρήση του και τους κανονισμούς να βρίσκεται επάνω από κάποια επίπεδα. Τα αέρια έχουν επιπλέον το μεθάνιο (CH), το οποίο δεν περιέχεται στα απόβλητα αλλά σχηματίζεται από ειδικούς μικροοργανισμούς, κατά την διάρκεια της αναερόβιας αποσύνθεσης οργανικών ενώσεων των αποβλήτων. (Kalpesh Trivedi et al., 2024)

Τα αστικά λύματα χαρακτηρίζονται από σημαντικό βιολογικό φορτίο, το οποίο οφείλεται κυρίως στην παρουσία βακτηρίων, ιών, πρωτόζωων και άλλων μικροοργανισμών που απαντώνται σε υψηλές συγκεντρώσεις όπως είναι τα κολοβακτηρίδια. Στα βιολογικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνονται η τοξικότητα η οποία μπορεί να είναι χρόνια (TUC) ή οξεία (TUA), έχοντας καθοριστικό ρόλο στην εκτίμηση της τοξικότητας των υγρών αποβλήτων. Περιέχονται ακόμα ειδικοί μικροοργανισμοί όπως βακτήρια ιοί κλπ, οι οποίοι έχουν καθοριστικό ρόλο στην αποδοτικότητα μια μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και δίνουν την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης της εκροής. Βασικό ρόλο έχουν επιπλέον τα κολοβακτηρίδια κοπράνων (FC) και τα ολικά κολοβακτηρίδια (TC), όπου με την χρήση τους εκτιμάται η παρουσία μικροοργανισμών και η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης των αποβλήτων. (Mohammad Boshir Ahmed et al., 2017)

Αξίζει να σημειωθεί κάπου εδώ πως υπάρχει ένας βασικός συμβατικός ρύπος στα υγρά απόβλητα που χρήζει άμεσης απομάκρυνσης, είναι το στοιχείο του άνθρακα (C), και είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς αυτός ενώνεται με ενώσεις όπως στο άζωτο και το φώσφορο. Επίσης μεγάλη προσοχή θέλουν και οι στερεές ουσίες είτε αυτές είναι διαλυμένες, αδιάλυτες, επιπλέουσες, κολλοειδής, καθιζάνουσες ή αιωρούμενες, αλλά και οι μικροοργανισμοί οι οποίοι συνδέονται άρρηκτα με την επεξεργασία αλλά και ποιότητα των υγρών αποβλήτων. (ΥΠΕΝ, 2025)

Καθώς περνάνε τα χρόνια και η τεχνολογία εξελίσσεται, ταυτόχρονα με την επιστήμη, η διαχείριση και επεξεργασία είναι γνώριμες έννοιες στο πεδίο των υγρών αποβλήτων. Η επεξεργασία των αποβλήτων, από οτιδήποτε είναι υγρό απόβλητο όπως (πχ. Βρόχινο νερό με ρυπαντικό φορτίο και χημικά ή απόβλητα από βιομηχανικές διαδικασίες κλπ, ή νερά από ανθρωπογενή χρήση), έχει ως στόχο τον καθαρισμό τους ταυτόχρονα με την ελαχιστοποίηση των ρύπων αλλά και την αφαίρεση παραγόντων οι οποίοι καθίστανται εξαιρετικά επικίνδunami και μολυσματικοί. (Peace Amoatey & Richard Bani, 2016)

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων έχει σαν βασικό σκοπό της την οργάνωση και τον έλεγχο, τόσο όσο αφορά την αποθήκευση τους, τις μετρήσεις σχετικά με αυτά, την νομοθεσία και επεξεργασία τους, όσο και την πρόληψη σχετικά με την παραγωγή τους, την μεταφορά τους, ποιο συγκεκριμένα το δίκτυο μεταφοράς τους, την απόθεση τους ή οποιαδήποτε διαφορετική χρήση τους. (Vikki Edmonson et al., 2018)

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται η ανάπτυξη και η σταδιακή εφαρμογή πλήθους νέων τεχνολογιών, οι οποίες δοκιμάζονται είτε σε πιλοτικό επίπεδο είτε σε περιορισμένη κλίμακα. Μερικές από αυτές είναι αναμενόμενο να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στο άμεσο μέλλον, διότι συνδέονται άμεσα με την αποδοτική και ευφυή διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Ανάμεσα στις σημαντικότερες τεχνολογίες συγκαταλέγονται οι έξυπνοι μετρητές και αισθητήρες, η επικοινωνία μεταξύ μηχανών (Machine to Machine–M2M), το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), αλλά και οι προηγμένες υποδομές μέτρησης (Advanced Metering Infrastructure –AMI). Παράλληλα, ιδιαίτερη σημασία αποκτούν τα συστήματα απομακρυσμένης εποπτείας και Τήλε-ελέγχου, τα οποία επιτρέπουν τη συνεχή παρακολούθηση και τον άμεσο έλεγχο των δικτύων. Η ενσωμάτωση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης δίνει τη δυνατότητα ανάλυσης μεγάλου όγκου δεδομένων, συμβάλλοντας τόσο στην πρόγνωση μελλοντικών τάσεων όσο και στην έγκαιρη πρόβλεψη κρίσιμων καταστάσεων ή συμβάντων. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να λειτουργήσουν είτε αυτόνομα είτε συνδυαστικά, ανάλογα με τις ανάγκες κάθε συστήματος. Αν το δούμε συνολικά, η εφαρμογή των παραπάνω λύσεων διαμορφώνει ένα ποιο ολοκληρωμένο πλαίσιο έξυπνης διαχείρισης υγρών αποβλήτων, με το οποίο αποτελεί βασικό πυλώνα της σύγχρονης αντίληψης των «έξυπνων πόλεων» (smart cities). Με τον τρόπο αυτό συμβάλει στη βιωσιμότητα, την περιβαλλοντική προστασία και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών. (Evangelos Syrmos et al., 2023) Παράλληλα, οι νέες τεχνολογίες επιτρέπουν τη μείωση του κόστους και της κατανάλωσης ενέργειας στη διαχείριση του νερού και των υγρών αποβλήτων. Μέσω υπολογιστικών μοντέλων και έξυπνων συστημάτων αντλιών, αισθητήρων και αυτοματισμών, βελτιώνεται η συνολική απόδοση των δικτύων. Τα επιμέρους συστήματα μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και με το κέντρο ελέγχου μέσω υποδομών υπολογιστικού νέφους, ενώ η αξιοποίηση τεχνολογιών IoT, τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης ενισχύει την ανάλυση δεδομένων και την πρόβλεψη κρίσιμων καταστάσεων. Ο κύκλος ζωής κατά τον οποίο παρουσιάζονται οι νέες τεχνολογίες διαφέρει, διότι οι τεχνολογίες αυτές, ομαδοποιούνται σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες σχετικά με τον κύκλο ζωής τους. Οι κατηγορίες αυτές κάνουν παραλληλισμούς με plásματα του ζωικού βασιλείου, έτσι έχουμε την κατηγορία του αλόγου, του ελέφαντα και του λαγού (Manmeet Singh & Suhaib Ahmed, 2021)

Όταν ένα σύστημα διαχείρισης υγρών αποβλήτων είναι αποδοτικό και λειτουργεί με επιτυχία τότε έχει αυξημένα υγειονομικά, περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά οφέλη. Σημαντικό όμως είναι παράλληλα για να συμβεί αυτό να λαμβάνονται τα κατάλληλα στοιχεία ώστε να προβλέπονται έκτατες συνθήκες όπως είναι πχ οι καιρικές, μπορούμε να θέσουμε ως παράδειγμα μια ενδεχόμενη υψηλή βροχόπτωση, κάτι τέτοιο θα μπορούσε να οδηγήσει σε υπερχείλισης ενός μικτού βαρυτικού δικτύου μεταφοράς υγρών αποβλήτων κ.α. Οι σωστές

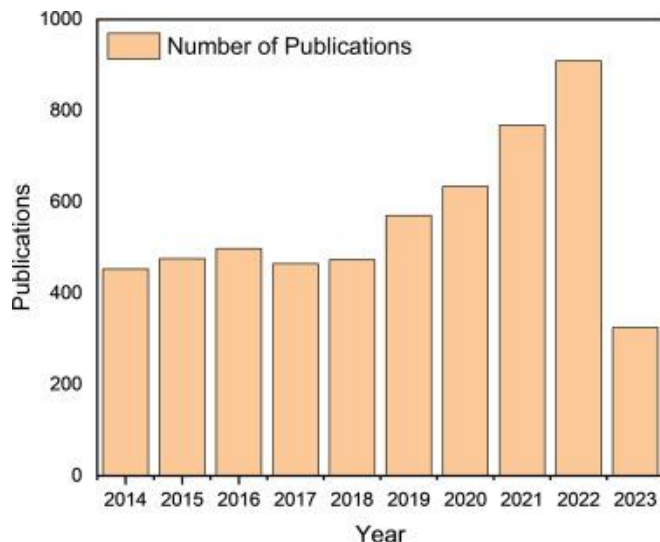
προβλέψεις βοηθούν και προλαμβάνουν αποτελεσματικά και με ασφάλεια πλήθος δύσκολων καταστάσεων, καθώς ζούμε σε μια εποχή κατά την οποία τα μετεωρολογικά φαινόμενα όλο και χειροτερεύουν εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Για τον λόγο αυτό τα υγρά απόβλητα είναι άρρηκτα συνδεδεμένα, με την διαχείριση του νερού. Με την σειρά του, το νερό είναι το βασικότερο αγαθό της ανθρωπότητας και όλων των έμβιων αλλά και άβιων οργανισμών του πλανήτη. (Vikki Edmonson et al.,2018)

1.1.2 Διαχείριση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων

Ως βιομηχανικά απόβλητα, μπορούμε να θέσουμε τα υγρά λύματα από διάφορες βιομηχανίες ή άλλες εγκαταστάσεις, όπως είναι οι κλωστοϋφαντουργίες, μεταλλευτικές βιομηχανίες, χημικές βιομηχανίες, βιομηχανίες που σχετίζονται με πετρέλαιο κ.α. , οι οποίες περιλαμβάνουν λύματα από παραγόμενα ή χρησιμοποιημένα υλικά. Καθώς το βιοτικό επίπεδο και η παγκόσμια οικονομία αναπτύσσονται, αυτό μας οδηγεί σε επέκταση διάφορων βιομηχανιών. Οι οποίες έχουν βασικό ρόλο στη σύγχρονη κοινωνία την οποία ζούμε, οι βιομηχανίες αυτές μας παρέχουν βασικά προϊόντα απαραίτητα για την επιβίωση του ανθρώπου. Παρόλα αυτά οι βιομηχανίες αυτές, δημιουργούν παγκόσμια ανησυχία, καθώς μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές επιπτώσεις και στο περιβάλλον αλλά και στην ανθρώπινη υγεία. Το ζήτημα αυτό σε αρκετές αναπτυσσόμενες χώρες, είναι ιδιαίτερα οξύ καθώς τα βιομηχανικά απόβλητα απορρίπτονται στο περιβάλλον χωρίς να έχουν υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία. Έχοντας σαν αποτέλεσμα τα βιομηχανικά απόβλητα να είναι μια από τις πιο γρήγορα αναπτυσσόμενες πηγές ρύπανσης σε παγκόσμιο επίπεδο, απειλείται άμεσα η ευημερία των ατόμων αλλά και η οικολογική ισορροπία. Οι βιομηχανικές δραστηριότητες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα παγκοσμίως, πράγμα που δημιουργεί προκλήσεις στην θέσπιση ενιαίων πρωτοκόλλων για τη διαχείριση και την επεξεργασία των αποβλήτων. Ως συνέπεια, οι ρυθμιστικοί φορείς αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην αποτελεσματική παρακολούθηση των πρακτικών διάθεσης αποβλήτων αυτών των βιομηχανιών. (Shehu Habibu et al., 2025)

Τα υγρά βιομηχανικά λύματα προέρχονται από διάφορες βιομηχανίες, όπως είναι η βιομηχανία τροφίμων, φαρμάκων, η χημική, η κλωστοϋφαντουργία και η βιομηχανία ποτών. Πολλά από αυτά τα λύματα περιέχουν ρύπους όπως είναι διάφορες οργανικές ενώσεις, τοξικές και χημικές ουσίες, βαρέα μέταλλα, έχοντας όλα αυτά σοβαρές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Όταν τα λύματα απορρίπτονται με λάθος τρόπο τότε, μολύνονται και τα υδάτινα σώματα, ο αέρας το έδαφος και έτσι προκαλούνται διάφορα οικολογικά προβλήματα, υποβαθμίζονται τα υδάτινα οικοσυστήματα και εκφυλίζεται η οικολογική ποικιλομορφία. Επίσης έχοντας επαφή με τους ρύπους αυτούς είναι δυνατόν να

δημιουργηθούν πολλά προβλήματα υγείας νευρικές διαταραχές, ανάπτυξη καρκίνων, γενετικές ανωμαλίες, δηλητηριάσεις κ.α. (Shehu Habibu et al., 2025)



ΣΧΗΜΑ 1: Αριθμός ετήσιων δημοσιεύσεων σχετικά με τα βιομηχανικά λύματα. (Shehu Habibu et al., 2025)

Στο παραπάνω σχήμα 1 παρατηρούμε την τάση να δημοσιεύονται πλήθος από άρθρα σχετικά με τα βιομηχανικά απόβλητα, η πορεία αυτή κατά τα έτη 2014 έως το 2023 παρατηρείται με σταθερές αυξήσεις αλλά και κάμψεις. Η τάση αυτή μπορεί να αποδοθεί ιδιαίτερα σε παράγοντες οι οποίοι σχετίζονται ιδιαίτερα με την ανησυχία των ατόμων και της επιστήμης για τον σοβαρό αντίκτυπο που έχουν τα απόβλητα αυτά στην υγεία των ανθρώπων και στο περιβάλλον. Παρατηρούμε ακόμα στο σχήμα αυτό ότι έχει βασικές ερευνητικές πληροφορίες, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για συνεχή έρευνα και ανάπτυξη για την αντιμετώπιση αυτού του πιεστικού ζητήματος για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. (Shehu Habibu et al., 2025)

1.1.3 Πηγές και σύνθεση βιομηχανικών αποβλήτων

Τα βιομηχανικά απόβλητα είναι αποτέλεσμα παραγωγής από διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες και διαφέρουν ανάλογα τη σύνθεση ή τα χαρακτηριστικά τους, ανάλογα τον τύπο κάθε βιομηχανίας και την μέθοδο παραγωγής, όπως και την φύση του εκάστοτε παραγόμενου προϊόντος. Οι πιο συνηθισμένες πηγές από όπου παράγονται βιομηχανικά απόβλητα είναι η χημική βιομηχανία, η κατασκευή χάρτου, η επεξεργασία μετάλλων, εξόρυξη πετρελαίου όπως και η κλωστοϋφαντουργία όπως αναφέραμε παραπάνω. Οι οργανικοί ρύποι που περιέχονται στα βιομηχανικά λύματα περιέχουν πτητικές οργανικές

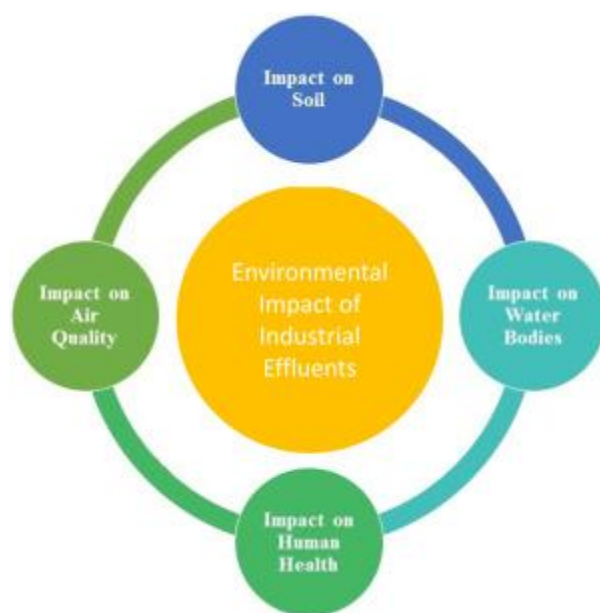
ενώσεις (VOCs), αλλά και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs), όπως και άλλους έμμονους οργανικούς ρύπους (POPs). Οι οργανικές αυτές ενώσεις είναι αποτέλεσμα χρήσης χρωμάτων, συγκολλητικών ουσιών αλλά και διάφορων διαλυτών. Στα βιομηχανικά λύματα εντοπίζουμε και ανόργανες ενώσεις όπως είναι τα οξέα, τα άλατα και οι βάσεις. Εντοπίζονται ιδιαίτερα ο μόλυβδος, ο υδράργυρος και το κάδμιο διότι χρησιμοποιούνται σε διάφορες βιομηχανικές διεργασίες. Επιπροσθέτως εντοπίζονται ζιζανιοκτόνα, επιβραδυντικά φλόγας και πλήθος από φυτοφάρμακα. Ανάλογα το στάδιο παραγωγής τους διακρίνουμε και άλλα χαρακτηριστικά όπως τη χημική ζήτηση οξυγόνου, τα συνολικά αιωρούμενα στερεά, τη βιοχημική ζήτηση οξυγόνου, το pH και τα συνολικά διαλυμένα στερεά. Αν αυτές οι παράμετροι είναι σε ψηλά επίπεδα τότε έχουμε και ψηλά επίπεδα ρύπων στα λύματα, με αποτέλεσμα πλήθους αρνητικών συνεπειών στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. (Shehu Habibu et al., 2025)

Τα βιομηχανικά απόβλητα είναι δυνατόν να χαρακτηριστούν ανάλογα την περίπτωση από υψηλή συγκέντρωση σε διάφορες τοξικές ουσίες ή από υψηλό οργανικό φορτίο, έχοντας ως παράδειγμα την παρουσία από βαρέα μέταλλα όπως ο μόλυβδος και ο υδράργυρος τα οποία είναι δυνατόν να προκαλέσουν πολύ σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις σε περιβάλλον και ανθρώπινη υγεία. Οι συγκεντρώσεις του BOD₅ και COD από απόβλητα διυλιστηρίων συνήθως έχουν τιμές από 10 έως 1.000 mg ένα προς ένα, και από 50 έως 4.000 mg ένα προς ένα αντίστοιχα. Παρατηρούμε πως η επεξεργασία των μολυσμένων υδάτων από βιομηχανίες όπως είναι τα πετροχημικά (π.χ. νερά μολυσμένα με πετρέλαιο, απόβλητα διυλιστηρίων πετρελαίου, ύδατα από πετρελαιοπηγές, νερά απορροής από διυλιστήρια) έχει ως σκοπό να απομακρύνονται από αυτά διάφορα οργανικά προϊόντα ντίζελ (C10, C40 κλπ), υδρογονάνθρακες, BTEX (όπως τολουόλιο, αιθυλένιο, ξυλένιο, βενζόλιο). Ακόμα από βιομηχανίες χάρτου σε μίγματα χαρτοπολτού παρατηρούνται σύνθετα μίγματα ενώσεων ξύλου, ή ακόμα και ανόργανα ιόντα και ενώσεις. Σε μη επεξεργασμένα λύματα οι συγκεντρώσεις BOD₅ είναι επίσης υψηλές ξεκινώντας από 200 έως και 800mg ένα προς ένα. Οι ενώσεις όπου ευθύνονται για το BOD₅ στα μη επεξεργασμένα λύματα βασίζονται κυρίως στα οργανικά οξέα (π.χ. οξικά), στα σάκχαρα και στις αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη). (Shehu Habibu et al., 2025)

1.2.Επιπτώσεις βιομηχανικών αποβλήτων

Είναι σημαντικό να αναλύσουμε και διερευνήσουμε την επίδραση που έχουν τα βιομηχανικά απόβλητα σε διάφορα συστατικά του περιβάλλοντος, στα οποία εμπεριέχεται το νερό, ο αέρας και το έδαφος. Όπως και την ποιότητα αυτών, αλλά και τα πρότυπα χρήσης του απ τον άνθρωπο. Σημαντικό είναι να αναλυθούν τυχόν κίνδυνοι για την υγεία των ανθρώπων, που

σχετίζονται έχοντας έρθει σε επαφή με τέτοιους ρύπους. Επιπλέον καλό θα ήταν να υπάρξει μια ιδιαίτερη ευαισθητοποίηση σχετικά με την επείγουσα ανάγκη για πιο αποτελεσματικά μέτρα για τον έλεγχο και την πρόληψη της βιομηχανικής ρύπανσης, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των επιπτώσεων των βιομηχανικών λυμάτων. (Shehu Habibu et al., 2025)



ΣΧΗΜΑ 2: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
(Shehu Habibu et al., 2025)

1.2.1 Επιπτώσεις των βιομηχανικών λυμάτων στα υδάτινα σώματα

Τα βιομηχανικά λύματα είναι δυνατόν να αποτελέσουν σημαντικό αντίκτυπο στα υδάτινα σώματα, στα οποία εμπεριέχονται τα ποτάμια, οι λίμνες και οι ωκεανοί. Όταν απορρίπτονται σε υδάτινα σώματα, τα βιομηχανικά απόβλητα έχουν δυνατότητα να προκαλέσουν μεταβολή στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού, οδηγώντας σε σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Μία από τις πιο σημαντικές επιπτώσεις των βιομηχανικών αποβλήτων στα υδάτινα σώματα είναι η μόλυνση των υδάτινων πηγών με ρύπους. Τα βιομηχανικά απόβλητα είναι πιθανό, να περιέχουν μια σειρά ρύπων, συμπεριλαμβανομένων βαρέων μετάλλων, οργανικών ενώσεων και τοξικών χημικών ουσιών, οι οποίες μπορούν να συσσωρευτούν στο νερό και να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υδρόβια ζωή. Ως παράδειγμα μπορούμε να θέσουμε, τα υψηλά

επίπεδα βαρέων μετάλλων όπως ο μόλυβδος, το κάδμιο και ο υδράργυρος μπορούν να προκαλέσουν αναπτυξιακά και αναπαραγωγικά προβλήματα σε ψάρια και άλλους υδρόβιους οργανισμούς. Το ίδιο και οι οργανικοί ρύποι όπως οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ) και τα πολυχλωρισμένα διφαινύλια (PCB) μπορούν να είναι τοξικά στοιχεία για τους υδρόβιους οργανισμούς, προκαλώντας μείωση των πληθυσμών τους και ακόμη και εξαφάνιση σε ορισμένες περιπτώσεις. Τα βιομηχανικά απόβλητα επιπροσθέτως συμβάλουν στον ευτροφισμό, ο οποίος είναι μια διαδικασία στην διάρκεια της οποίας τα υδάτινα σώματα υπερφορτώνονται με άζωτο και φώσφορο όπως και επιπλέον πρόσθετα θρεπτικά συστατικά. Όμως αυτό δεν είναι απαραίτητα μια φυσιολογική διαδικασία καθώς ο ευτροφισμός είναι δυνατόν να οδηγήσει σε πολλαπλασιασμό πλήθους επιβλαβών ανθών των φυκιών και άλλων υδρόβιων φυτών, μειώνοντας κατά συνέπεια τα επίπεδα οξυγόνου στο νερό. Αυτή η μείωση του οξυγόνου μπορεί να επιφέρει σοβαρές συνέπειες, συμπεριλαμβανομένης της θνησιμότητας των ψαριών και άλλων υδρόβιων οργανισμών. Επιπροσθέτως, η ανάπτυξη αυτών των φυτών μπορεί να φράξει τις εισροές νερού και να περιορίσει τη ροή του νερού, οδηγώντας σε διαταραχές στην παροχή νερού και την άρδευση. (Shehu Habibu et al., 2025)

Ακόμα μια βασική επίδραση η οποία παρατηρείται από τα βιομηχανικά απόβλητα στα υδάτινα σώματα είναι η αλλοιώσεις που προκαλούνται σε φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού. Ως παράδειγμα μπορούμε να δούμε τα υψηλά επίπεδα αιωρούμενων στερεών στα βιομηχανικά απόβλητα τα οποία είναι δυνατόν, να οδηγήσουν σε θολότητα και να μειώσουν τη διαφάνεια του νερού, περιορίζοντας τη διείσδυση του φωτός και τη φωτοσύνθεση στα υδρόβια φυτά. Με όμοιο τρόπο, η απόρριψη όξινων ή αλκαλικών λυμάτων μπορεί να μεταβάλει το pH του νερού, οδηγώντας σε αλλαγές στο υδάτινο οικοσύστημα και επηρεάζοντας την επιβίωση των υδρόβιων οργανισμών. Έτσι έχουμε σαν αποτέλεσμα, τα βιομηχανικά απόβλητα, να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στα υδάτινα σώματα, συμπεριλαμβανομένης της μόλυνσης από ρύπους, του ευτροφισμού και της αλλοίωσης των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των υδάτινων σωμάτων. Οι επιπτώσεις αυτές είναι δυνατόν να έχουν σοβαρές συνέπειες για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, υπογραμμίζοντας παράλληλα την ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση και επεξεργασία των βιομηχανικών λυμάτων για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεών τους στα υδάτινα σώματα. (Shehu Habibu et al., 2025)

1.2.2 Επιπτώσεις των βιομηχανικών λυμάτων στο έδαφος

Η επίδραση που έχουν τα βιομηχανικά λύματα στο έδαφος, είναι σοβαρή περιβαλλοντική ανησυχία. Τα βιομηχανικά απόβλητα είναι πιθανό να περιέχουν μια σειρά από ρύπους στους

οποίους συμπεριλαμβάνονται και τα βαρέα μέταλλα, οι οργανικές ενώσεις, όπως και τοξικές χημικές ουσίες, όπου μπορούν να περάσουν στο έδαφος, έχοντας σοβαρές και κυρίως ιδιαίτερα επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στην ανάπτυξη των φυτών. Το έδαφος ρυπαίνεται καθώς απορρίπτονται σε αυτό βιομηχανικά απόβλητα, βαρέα μέταλλα όπως ο μόλυβδος, το κάδμιο και ο υδράργυρος οδηγώντας σε μακροχρόνια ρύπανση. Καθώς τα μέταλλα συσσωρεύονται στο έδαφος, προκαλείται μείωση στη γονιμότητα του, συνεπώς και μείωση της παραγωγής από καλλιέργειες, αλλά και πλήθος προβλημάτων υγείας σε ζώα και ανθρώπους από την κατανάλωση μολυσμένων τροφίμων. Οργανικοί ρύποι όπως τα πολυχλωρισμένα διφαινύλια (PCB) και οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH) μπορούν επίσης να περάσουν στο έδαφος μέσω βιομηχανικών λυμάτων. Αυτές οι οργανικές ενώσεις μπορούν να υπάρχουν συνεχώς στο έδαφος για μεγάλο χρονικό διάστημα και είναι πιθανό σε μεγάλο ποσοστό να είναι τοξικές για τους μικροοργανισμούς του εδάφους και άλλους οργανισμούς που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της υγείας του εδάφους. Αυτό είναι δυνατόν, να οδηγήσει σε μειωμένη γονιμότητα του εδάφους, μειωμένη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών και μειωμένες αποδόσεις καλλιεργειών.

Τα βιομηχανικά απόβλητα, μπορούν επίσης να συμβάλουν στη διάβρωση και τη συμπύκνωση του εδάφους, αυτό είναι ένα γεγονός το οποίο μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες για την παραγωγικότητα του εδάφους. Μια τέτοια ρύπανση είναι εφικτό να μεταβάλει τη δομή του εδάφους, καθιστώντας το πιο ευάλωτο στη διάβρωση και τη συμπύκνωση. Οδηγώντας με αυτόν τον τρόπο, σε μειωμένη ικανότητα συγκράτησης νερού και διαθεσιμότητας θρεπτικών συστατικών στο έδαφος, επηρεάζοντας την ανάπτυξη των φυτών και τις αποδόσεις των καλλιεργειών. Εν κατακλείδι τα βιομηχανικά λύματα μπορούν επίσης να έχουν έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία και την παραγωγικότητα του εδάφους μολύνοντας τους υπόγειους υδατικούς πόρους, κυρίως τα υπόγεια ύδατα σε ρηχά υδροφορείς. Όταν τα λύματα απορρίπτονται στο έδαφος, μπορούν να διεισδύσουν στα υπόγεια ύδατα, οδηγώντας σε μόλυνση των υπόγειων υδάτων. Αυτά τα μολυσμένα υπόγεια ύδατα μπορούν στη συνέχεια να συμβάλουν στη μόλυνση του εδάφους και σε προβλήματα υγείας του εδάφους. (Shehu Habibu et al., 2025)

1.2.3 Επιπτώσεις των βιομηχανικών λυμάτων στην ποιότητα του αέρα

Στην ποιότητα του αέρα τα βιομηχανικά απόβλητα παρουσιάζουν σημαντικές επιδράσεις, κυρίως σε περιοχές με συγκεντρωμένες βιομηχανικές δραστηριότητες. Η απόρριψη τέτοιων αποβλήτων απελευθερώνει μια σειρά από ρύπους στον αέρα όπως σωματίδια, αέρια, πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), όπου έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις σε ζώα, στο περιβάλλον αλλά και σε ανθρώπους. Μια από τις πιο βασικές επιπτώσεις είναι η απελευθέρωση σωματιδίων

στον αέρα όπου προκύπτουν από σειρά διεργασιών στις οποίες περιλαμβάνονται και διεργασίες καύσης των αποβλήτων αυτών, όπως και διεργασίες παραγωγής. Αν αυτά τα σωματίδια περάσουν στο αναπνευστικό σύστημα και συγκεκριμένα στους πνεύμονες προκαλούν σοβαρά προβλήματα και επιδεινώνουν πλήθος από υπάρχουσες παθήσεις όπως είναι καρδιακές νόσοι, άσθμα κλπ. Ακόμα παρατηρούμε απ τα εν λόγω απόβλητα απελευθέρωση αερίων όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου και το διοξείδιο του θείου. Τα αέρια έχουν σημαντική συμβολή στον σχηματισμό ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οδηγώντας σε νέφος και άλλες επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Ως παράδειγμα μπορούμε να δούμε, την έκθεση σε υψηλά επίπεδα διοξειδίου του θείου μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα, ενώ η έκθεση σε οξείδια του αζώτου μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό όξινης βροχής, η οποία μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και τις υποδομές όπως διάβρωση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς. (Shehu Habibu et al., 2025)

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) είναι ένας άλλος σημαντικός ρύπος που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από βιομηχανικά λύματα. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) μπορούν να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα από μια σειρά βιομηχανικών διεργασιών, όπως η βαφή, η εκτύπωση και η παραγωγή πλαστικών και άλλων χημικών ουσιών. Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) μπορεί να προκαλέσει μια σειρά από προβλήματα υγείας, όπως ερεθισμό των ματιών, αναπνευστικά προβλήματα και νευρολογικές επιπτώσεις. Επιπροσθέτως, τα βιομηχανικά λύματα είναι πιθανό να συμβάλουν στην κλιματική αλλαγή απελευθερώνοντας αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Είναι σημαντικό να τονίσουμε πως βιομηχανικές δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων μπορούν να απελευθερώσουν διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και άλλα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, συμβάλλοντας στην υπερθέρμανση του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή. Έτσι παρατηρούμε ως συνέπεια ότι, τα βιομηχανικά απόβλητα μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα, συμβάλλουν σημαντικά στην έκλυση αερίων, πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Έχοντας έτσι σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, γεγονός που υπογραμμίζει την ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση και επεξεργασία των βιομηχανικών λυμάτων, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο αντίκτυπός τους στην ποιότητα του αέρα και να προστατεύεται η ευημερία των ανθρώπων και το περιβάλλον. (Shehu Habibu et al., 2025)

1.2.4 Επιπτώσεις των βιομηχανικών λυμάτων στην ανθρώπινη υγεία

Σοβαρό αντίκτυπο παρουσιάζουν τα βιομηχανικά απόβλητα στην ανθρώπινη υγεία, ιδίως σε βιομηχανικές περιοχές. Η απόρριψη βιομηχανικών αποβλήτων καθώς απελευθερώνει σειρά ρύπων στο περιβάλλον, περιέχει οργανικές ενώσεις, βαρέα μέταλλα και τοξικές χημικές ουσίες, οι οποίες έχουν αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα της υγείας. Μία από τις βασικές επιπτώσεις των βιομηχανικών λυμάτων στην ανθρώπινη υγεία είναι η μόλυνση των πηγών νερού. Τα βιομηχανικά λύματα μπορούν να μολύνουν πηγές νερού όπως ποτάμια, λίμνες και υπόγεια ύδατα με ρύπους όπως μόλυβδο, κάδμιο και υδράργυρο. Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα αυτών των βαρέων μετάλλων μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα υγείας όπως νευρολογικές βλάβες, νεφρική βλάβη και αναπτυξιακά προβλήματα στα παιδιά. (Shehu Habibu et al., 2025)

Τα βιομηχανικά λύματα μπορούν επιπλέον να περιέχουν οργανικούς ρύπους όπως πολυχλωρισμένα διφαινύλια PCB και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες PAH, οι οποίοι μπορούν να εισέλθουν στο ανθρώπινο σώμα μέσω νερού και τροφίμων. Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα αυτών των οργανικών ενώσεων μπορεί να οδηγήσει σε μια σειρά προβλημάτων υγείας, προβλήματα που σχετίζονται με την αναπαραγωγή, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου, και αναπτυξιακά προβλήματα στα παιδιά. Η έκθεση σε βιομηχανικά λύματα μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αναπνευστικά προβλήματα. Οι βιομηχανικές δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων, μπορούν να απελευθερώσουν ρύπους όπως σωματίδια, οξείδια του αζώτου και διοξείδιο του θείου στον αέρα, τα οποία μπορούν να εισπνευστούν στους πνεύμονες και να προκαλέσουν αναπνευστικές διαταραχές όπως χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια και άσθμα. Επιπροσθέτως, η έκθεση σε βιομηχανικά λύματα μπορεί επίσης να οδηγήσει σε προβλήματα επαγγελματικής υγείας. Οι εργαζόμενοι σε βιομηχανίες όπως η μεταποίηση, η εξόρυξη και η χημική παραγωγή μπορούν να εκτεθούν σε υψηλά επίπεδα βιομηχανικών λυμάτων και συναφείς ρύποι, οδηγώντας σε προβλήματα υγείας όπως ερεθισμό του δέρματος, αναπνευστικά προβλήματα και νευρολογικές επιπτώσεις. Συνοψίζοντας, τα βιομηχανικά λύματα μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, γεγονός που υπογραμμίζει την ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση και επεξεργασία των βιομηχανικών λυμάτων, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο αντίκτυπός τους στην ανθρώπινη υγεία και να προστατευθεί η δημόσια υγεία. Είναι σημαντικό να εφαρμοστούν μέτρα όπως συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης της ρύπανσης, καθώς και αυστηροί κανονισμοί και μηχανισμοί επιβολής, για την ελαχιστοποίηση της απόρριψης βιομηχανικών αποβλήτων και των συναφών ρύπων στο περιβάλλον και την προστασία της ανθρώπινης υγείας. (Shehu Habibu et al., 2025)

2.1 Νομοθετικό πλαίσιο για τα βιομηχανικά απόβλητα

Η προστασία των υδατικών πόρων είναι ο βασικός στόχος της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς η ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων έχει σοβαρές επιπτώσεις τόσο στο φυσικό περιβάλλον όσο και στη δημόσια υγεία. Για αυτό τον λόγο, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ένα ολοκληρωμένο νομοθετικό πλαίσιο το οποίο ρυθμίζει τη συλλογή, την επεξεργασία και τη διάθεση των λυμάτων, με βασικό στόχο τη μείωση της ρύπανσης και τη διασφάλιση της αιεφόρου διαχείρισης των υδάτων. Σε αυτό το πλαίσιο έχει ενταχθεί και η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η οποία θέτει συγκεκριμένες υποχρεώσεις στα κράτη-μέλη και καθορίζει τεχνικά και ποιοτικά πρότυπα για την προστασία των υδάτινων αποδεκτών.

2.1.1 Οδηγία 91/271/ΕΟΚ – Επεξεργασία Αστικών λυμάτων

Η οδηγία αυτή ξεκίνησε με διάφορες προθεσμίες και απαιτήσεις να σχηματίζεται στις 29 Μαΐου 1991. Μέχρι το 1998 όπου η επιτροπή έδωσε έγκριση για την οδηγία με στόχο την διευκρίνιση όρων και κανόνων, λόγω διαφορετικών ερμηνειών στα κράτη μέλη. Η 98/15/ΕΚ ξεκίνησε να ισχύει από τις 27 Μαρτίου 1998. Ενώ άλλες προθεσμίες ισχύουν για χώρες που προσχώρησαν στην ΕΕ από το 2004 και μετά. Αυτές αναφέρονται διεξοδικότερα στις Συνθήκες Προσχώρησης με καθεμία από τις ενδιαφερόμενες χώρες.

Η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ καθορίζει κανόνες οι οποίοι σχετίζονται με την συλλογή, επεξεργασία και διάθεση αστικών λυμάτων, όπως και κανόνες για την μεταχείριση λυμάτων, από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς, έχοντας ως στόχο την προστασία του περιβάλλοντος από τις σοβαρές επιβλαβείς επιπτώσεις των απορριμμάτων στο υδάτινο περιβάλλον. Οι βασικοί κανόνες όπου καθορίζονται βάση της οδηγίας είναι η υποχρέωση συλλογής λυμάτων από κράτη μέλη της Ε.Ε. (ευρωπαϊκής ένωσης) τα οποία υποχρεούνται να διαθέτουν συστήματα αποχέτευσης σε οικισμούς άνω των 2.000 ισοδύναμων κατοίκων, και σε περιοχές που από έντονα οικονομικές δραστηριότητες παράγονται λύματα. Ακόμα βασικοί κανόνες είναι η υποχρέωση επεξεργασίας των λυμάτων αυτών πριν τη διάθεσή τους. Τα αστικά λύματα υποχρεωτικά πρέπει να υποβάλλονται αρχικά σε δευτεροβάθμια επεξεργασία (βιολογικό καθαρισμό) σε οικισμούς άνω των 2.000 κατοίκων και έπειτα σε τριτοβάθμια επεξεργασία η οποία είναι πιο αυστηρή, όταν τα λύματα απορρίπτονται σε περιοχές με ευτροφισμό ή σε πιο ευαίσθητες περιοχές όπως π.χ. κλειστοί κόλποι, λίμνες κ.α. Τα βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν ακόμη βασικούς κανόνες στην συγκεκριμένη οδηγία. Τα βιομηχανικά λύματα που καταλήγουν σε αστικό αποχετευτικό σύστημα πρέπει, να μην εμποδίζουν τη λειτουργία των βιολογικών καθαρισμών αλλά και να προεπεξεργάζονται. Βασικά είναι ακόμη τα όρια των ρύπων όπου πρέπει να έχουν ποιοτικά πρότυπα εκροής θέτοντας συγκεκριμένα όρια για το

COD (χημικά απαιτούμενο οξυγόνο), το BOD₅ (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο), για το άζωτο το φώσφορο σε ευαίσθητες περιοχές και τα αιωρούμενα στερεά.

Βασικός κανόνας της οδηγίας 91/271/ΕΟΚ, είναι πραγματοποιούνται έλεγχοι και εκτεταμένη παρακολούθηση, καθώς τα κράτη μέλη έχουν την υποχρέωση να υποβάλλουν εκθέσεις στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, να διασφαλίζουν σωστή λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας και να κάνουν τακτικές μετρήσεις ποιότητας εκροής, ακόμα υποχρεούνται να προστατεύουν τους υδάτινους αποδέκτες. Επιπλέον σημαντικό είναι η διάθεση λυμάτων πρέπει να γίνεται με τρόπο που να μην υποβαθμίζει ποτάμια, λίμνες, θάλασσες, να προστατεύει οικοσυστήματα και να μην δημιουργεί κινδύνους για την υγεία έμβιων οργανισμών και ανθρώπων. Ο βασικός στόχος αυτής της οδηγίας είναι η μείωση της υδάτινης ρύπανσης από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα σε όλο το εύρος της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

2.1.2 Πλαίσιο για τα ύδατα (Οδηγία πλαισίου για τα νερά 2000/60/ΕΚ)

Το Ευρωπαϊκό πλαίσιο για τα ύδατα (Water Framework Directive) δεν είναι μόνο για τα λύματα καθώς θέτει αι γενικότερους στόχους, προστασίας όλων των υδάτινων σωμάτων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, κατανοώντας τη σημασία της προστασίας και διατήρησης του υδάτινου περιβάλλοντος στην Κοινότητα προχώρησε στη διαμόρφωση μιας Οδηγίας Πλαισίου που θα θεσπίζει τις βασικές αρχές μιας βιώσιμης πολιτικής των υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ θεσπίζει ένα πλαίσιο κοινοτικής δράσης σχετικά ε τον τομέα της πολιτικής των υδάτων ή αλλιώς όπως την ονομάζουμε "οδηγία πλαίσιο για τα νερά", η οποία δημιουργήθηκε έπειτα από μια μακροχρόνια περίοδο διαπραγματεύσεων και συζητήσεων ανάμεσα σε κράτη μέλη της Ε.Ε, έτσι τέθηκε σε ισχύ στις 22 Δεκεμβρίου 2000. Η εν λόγω οδηγία συνδυάζει πλήθος στόχων , ποσοτικών, οικολογικούς και ποιοτικούς για την προστασία υδάτινων οικοσυστημάτων και την καλή κατάσταση όλων των υδατικών πόρων και θέτει ως βασική ιδέα την ολοκληρωμένη διαχείριση τους στη γεωγραφική κλίμακα των Λεκανών Απορροής Ποταμών. Επιπροσθέτως προσδιορίζει εκ νέου έννοιες όπως Λεκάνη Απορροής, η οποία περιέχει τα εσωτερικά επιφανειακά (λίμνες, ποταμιά) αλλά και υπόγεια ύδατα, μεταβατικά όπως εκβολές ποταμών και δέλτα και παράκτια οικοσυστήματα. (ΥΠΕΝ, 2000)

Η οδηγία για περιοχή λεκάνης απορροής ορίζει μια σειρά απαραίτητων ενεργειών οι οποίες πρέπει να υλοποιηθούν σε προκαθορισμένες προθεσμίες, με αυτόν τον τρόπο ο κεντρικός στόχος της οδηγίας είναι η αποτροπή μεγαλύτερης υποβάθμισης όλων των υδάτων και η επίτευξη "καλής κατάστασης". Για να επιτευχθούν οι στόχοι της οδηγίας σημαντική είναι η ύπαρξη οικονομικών αρχών και εργαλείων όπως και η εφαρμογή ολοκληρωμένων

προγραμμάτων μέτρων. Σημαντική είναι εκ παραλλήλως και η συνολική αντιμετώπιση όλων των χρήσεων και υπηρεσιών νερού, συνυπολογίζοντας την αξία του νερού για το περιβάλλον, την υγεία, την ανθρώπινη κατανάλωση και την κατανάλωση σε παραγωγικούς τομείς, η Οδηγία 2000/60/ΕΚ δημιουργεί και εισάγει επίσης νέες προσεγγίσεις στην αντιμετώπιση κινδύνων από τις πλημμύρες και την ξηρασία. Στην χώρα μας οι επιπτώσεις της εν λόγω οδηγίας μόνο θετικά αποτελέσματα μπορούν να φέρουν. Η αποτελεσματική εφαρμογή της Οδηγίας θα δημιουργήσει τις απαραίτητες συνθήκες για τη στήριξη μιας πολιτικής που θα οδηγήσει στην ικανοποιητική και αποτελεσματική προστασία καθώς και στην ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των πολύτιμων υδατικών μας πόρων. (ΥΠΕΝ, 2000)

Στην χώρα μας έχουν εγκριθεί πλήθος σχεδίων διαχείρισης λεκανών απορροής ποταμών των υδατικών διαμερισμάτων της χώρας. Τα σχέδια διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων στη Δυτική Πελοπόννησο (GR01), τη Βόρεια Πελοπόννησο (GR02), την Ανατολική Πελοπόννησο (GR03), στην Αττική (GR06) αλλά και την Ανατολική Στερεά Ελλάδα (GR07) έχουν εγκριθεί από την Εθνική Επιτροπή Υδάτων και δημοσιευτεί στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης (ΦΕΚ 1004 Β'/24-4-2013). Επιπροσθέτως, τα Σχέδια Διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων σε Ήπειρο (GR05), Ανατολική Μακεδονία (GR11) και Θράκη (GR12) έχουν εγκριθεί από την Εθνική Επιτροπή Υδάτων και δημοσιευτεί στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης στα ΦΕΚ 2292 Β'/13-9-2013, 2291 Β'/13-9-2013 και 2290 Β'/13-9-2013 αντίστοιχα. Τα Σχέδια Διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων στην Δυτική Στερεά Ελλάδα (GR04), την Θεσσαλία (GR08), τη Δυτική Μακεδονία (GR09) όπως και στην Κεντρική Μακεδονία (GR10) έχουν ολοκληρωθεί. (ΥΠΕΝ, 2000)

Σύμφωνα με την οδηγία 2000/60/ΕΚ, η ποιότητα των νερών πρέπει να επιτυγχάνει "καλή οικολογική & χημική κατάσταση", απαιτείται συντονισμός όλων των πολιτικών μέτρων για να επιτευχθούν όλοι οι στόχοι διαδοχικά και επιπλέον τα κράτη μέλη οφείλουν να καταρτίζουν σχέδια διαχείρισης για τις λεκάνες απορροής σε ποτάμια με μέτρα για ελέγχους σε οποιαδήποτε πηγή ρύπανσης.

2.2 Ελληνική νομοθεσία – Κύρια πλαίσια & Υποχρεώσεις

Η διαχείριση αποβλήτων και λυμάτων στην Ελλάδα διέπεται από ένα εκτεταμένο θεσμικό πλαίσιο, το οποίο έχει διαμορφωθεί κυρίως στο πλαίσιο της εναρμόνισης με την ευρωπαϊκή περιβαλλοντική νομοθεσία. Κεντρικό ρόλο κατέχει ο Ν. 4819/2021, που θεσπίζει τις βασικές αρχές της ιεράρχησης των αποβλήτων και της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού, ενώ παράλληλα η ΚΥΑ 5673/400/1997 ρυθμίζει τη συλλογή και επεξεργασία αστικών και

βιομηχανικών λυμάτων, θέτοντας συγκεκριμένες υποχρεώσεις για την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος. (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε)

2.2.1 Εθνικό πλαίσιο για απόβλητα – Ν.4819/2021

Το νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με τη διαχείριση αποβλήτων στην Ελλάδα έχει αναδιαρθρωθεί με τον Ν.4819/2021, ο οποίος έχει την ιδιότητα να εναρμονίζει την Ελληνική νομοθεσία με τις οδηγίες της Ε.Ε. Ο νόμος αυτός υιοθετεί αρχές όπως είναι η ευθύνη του παραγωγού (Extended Producer Responsibility - EPR), κατηγορίες αποβλήτων όπως αστικά απόβλητα, τα επικίνδυνα και μη επικίνδυνα απόβλητα, τα βιοαπόβλητα, τα απόβλητα συσκευασιών, τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων, τα οχήματα στο τέλος κύκλου ζωής τους, τα μεταχειρισμένα ελαστικά, τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων και οι χρησιμοποιημένοι συσσωρευτές. Ακόμα μια βασική αρχή του νόμου είναι η ιεράρχηση αποβλήτων με την εξής σειρά (πρόληψη → επαναχρησιμοποίηση → ανακύκλωση → ανάκτηση → τελική διάθεση). Βασικές επιπλέον είναι και οι υποχρεώσεις διαχωρισμού βιοαποβλήτων και αύξησης της ανακύκλωσης με βάση το Άρθρο 50 Βιολογικά απόβλητα (βιοαπόβλητα) (Άρθρο 22 της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ όπως έχει αντικατασταθεί με την παρ. 19 του άρθρου 1 της Οδηγίας (ΕΕ) 2018/851. (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε)

Ο Ν. 4843/2021 (ΦΕΚ 193/Α' 20.10.2021) Ενσωμάτωσε την Οδηγία (ΕΕ) 2018/2002 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11ης Δεκεμβρίου 2018 «σχετικά με την τροποποίηση της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση», έγινε προσαρμογή στον Κανονισμό 2018/1999/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11ης Δεκεμβρίου 2018 σχετικά με τη διακυβέρνηση της Ενεργειακής Ένωσης και της Δράσης για το Κλίμα και στον κατ' εξουσιοδότηση Κανονισμό 2019/826/ΕΕ της Επιτροπής, της 4ης Μαρτίου 2019, «για την τροποποίηση των Παραρτημάτων VIII και IX της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με το περιεχόμενο των περιεκτικών αξιολογήσεων του δυναμικού αποδοτικής θέρμανσης και ψύξης» και συναφείς ρυθμίσεις για την ενεργειακή απόδοση στον κτιριακό τομέα, καθώς και την ενίσχυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και του ανταγωνισμού στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, και άλλες επείγουσες διατάξεις (1. Μέρος Ζ: Αποσαφήνιση ρυθμίσεων του ν. 4819/2021, Άρθρο 65: τροποποίηση άρθρου 132) (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε)

Με τον παρόντα νόμο θεσπίζεται ένα ποιο ενιαίο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων δίνοντας έμφαση στην πρόληψη, την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωσή τους. Θεσπίζοντας έτσι μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας τα οποία αποσκοπούν στην πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, στη

μείωση των αρνητικών συνεπειών της παραγωγής και στην διαχείριση των αποβλήτων, την αύξηση της ανακύκλωσης, τον περιορισμό του συνολικού αντίκτυπου της χρήσης των πόρων και τη βελτίωση της αποδοτικότητάς τους με στόχο τη μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία. Σε παράλληλα πλαίσια, περιέχονται διατάξεις, οι οποίες αφορούν στην οργάνωση και λειτουργία του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης (Ε.Ο.ΑΝ.), ενώ ρυθμίζονται και άλλα συναφή ζητήματα.) (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε)

2.2.2 Αστικά και βιομηχανικά απόβλητα

Στην Ελλάδα η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ έχει ενσωματωθεί με ΚΥΑ («μέτρα και όροι για την επεξεργασία λυμάτων»). Τα μέτρα και οι όροι τα οποία προβλέπονται κατά την ΚΥΑ 5673/400/1977, σχετικά με τα βιομηχανικά απόβλητα τα οποία διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα αφορούν κυρίως στην προστασία των δικτύων και των εγκαταστάσεων βιολογικού καθαρισμού, αλλά και στην μη ρύπανση των υδάτινων αποδεκτών. Τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα πρέπει να υποβάλλονται σε υποχρεωτική προκαταρκτική επεξεργασία. Τα βιομηχανικά λύματα επιτρέπεται να οδηγούνται σε αποχετευτικό δίκτυο μόνο εφόσον έχουν υποστεί κατάλληλη προκαταρκτική επεξεργασία για να μην αναστέλλουν τη λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού, για να μην είναι τοξικά για τους μικροοργανισμούς της επεξεργασίας και για να μην προκαλούνται φθορές στα δίκτυα. Ακόμα υποχρεωτική είναι η τήρηση ορίων εκπομπών θέτοντας οριακές τιμές για τη θερμοκρασία, τα αιωρούμενα στερεά, το απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5 , COD), το pH αλλά και για τις επικίνδυνες ουσίες (βαρέα μέταλλα, τοξικές ενώσεις). Σημαντική είναι και η απαγόρευση επικίνδυνων ουσιών όπως και η απόρριψή τους για ουσίες οι οποίες προκαλούν αφρούς, καθιζήσεις ή οσμές, εκρηκτικές, τοξικές ή διαβρωτικές ουσίες αλλά και για ουσίες οι οποίες θέτουν σε κίνδυνο το εκάστοτε προσωπικό ή το περιβάλλον. Σημαντική είναι και η θέσπιση αδειών και περιβαλλοντικών όρων καθώς σε κάθε βιομηχανία πρέπει να υπάρχει άδεια διάθεσης αποβλήτων και απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων (ΑΕΠΟ) κατά την οποία καθορίζονται τα σημεία έλεγχου, τα όρια των ρύπων και ο τρόπος διάθεσης τους. Ακόμα επιβάλλεται η υποχρεωτική παρακολούθηση (monitoring), καθώς οι επιχειρήσεις οφείλουν να πραγματοποιούν τακτικά δειγματοληψίες, να διαθέτουν τα αποτελέσματα στις αρμόδιες αρχές σε δήμους και περιφέρειες αλλά και να τηρούν αρχεία με τις εν λόγω μετρήσεις. (ΥΠΕΝ, 2025)

Ιδιαίτερα σημαντικός θεωρείται και ο ρόλος των δήμων και της περιφέρειας, καθώς και της ίδιας της πολιτείας αναλαμβάνοντας τις ευθύνες της, καθώς η Ελληνική νομοθεσία δίνει αρμοδιότητες και σε περιφέρειες και σε δήμους σε θέματα περιβάλλοντος και διαχείρισης. Οι Δήμοι και οι ΔΕΥΑ συντηρούν αποχετευτικά δίκτυα και μονάδες επεξεργασίας στα πλαίσια

του συστήματος ύδρευσης/αποχέτευσης, ελέγχουν τις απορρίψεις βιομηχανικών λυμάτων, ελέγχουν και επιτηρούν αν τηρούνται ή εφαρμόζονται περιβαλλοντικοί όροι σε τοπικό επίπεδο, εκτελώντας περιφερειακούς ή δημοτικούς ελέγχους, έχοντας ως στόχο τη σωστή διάθεση αποβλήτων, ακόμα μπορούν να απαγορεύσουν σύνδεση στο δίκτυο αν δεν πληρούνται οι όροι αλλά και να επιβάλλουν πρόσθετα τέλη ή κυρώσεις. (ΥΠΕΝ, 2025)

Στο πλαίσιο υπηρεσιών ύδρευσης/αποχέτευσης, οι δήμοι μέσω τοπικών τους ΔΕΥΑ, είναι υπεύθυνοι για την διαχείριση αποβλήτων και τις υποδομές, ενώ οι περιφέρειες έχουν ρόλο εποπτείας και ασκούν ελέγχους για συμμόρφωση με το δίκαιο. Σε περίπτωση παραβίασης κανόνων – όρων ή νομοθεσίας και μη συμμόρφωσης επιβάλλονται διοικητικά πρόστιμα, ποινικές ευθύνες όπου προβλέπεται και γίνεται διακοπή σύνδεσης με το δίκτυο. (ΥΠΕΝ, 2025)

3.1 Βασικές μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Θεωρείται απόλυτα κατανοητό μετά από όσα αναφέραμε στα παραπάνω κεφάλαια πως με τις επιπτώσεις, οι οποίες προκύπτουν από τα υγρά απόβλητα και ιδιαίτερα από τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα, είναι επιτακτική ανάγκη να βρεθούν λύσης βιώσιμης διαχείρισης τους. Έτσι ώστε οι επιπτώσεις να μειωθούν στο ελάχιστο και να υπάρξει ευημερία στο περιβάλλον αλλά και λιγότερες συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός αναλυτικότερα πλήθος χημικών, βιολογικών αλλά και φυσικών μεθόδων μπορούν να συμβάλουν σε αυτό το αποτέλεσμα. (Danny D. Reible, 2010)

3.1.1 Φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας

Σχετικά με τις φυσικές μεθόδους επεξεργασίας για το νερό και για τα λύματα, αυτές βασίζονται ιδιαίτερα σε διεργασίες οι οποίες σχετίζονται με το διαχωρισμό στερεών από τα υγρά μέσα, χωρίς να μεταβάλλονται χημικά οι ρύποι. Βασικός στόχος της φυσικής επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών (TSS), όπως και μέρος των ρύπων οι οποίοι προσκολλούνται σε αυτά. Έτσι μειώνεται το ρυπαντικό φορτίο, πριν ξεκινήσουν τα επόμενα στάδια επεξεργασίας. (Danny D. Reible, 2010)

Αρχικά μια βασική και ευρέως γνωστή μέθοδος είναι η καθίζηση (sedimentation), κατά τη διάρκεια της οποίας τα σωματίδια τα οποία έχουν την μεγαλύτερη πυκνότητα σε σχέση με το νερό, κατακάθονται στον πυθμένα της εκάστοτε δεξαμενής, με την επίδραση της βαρύτητας. Η μέθοδος της καθίζησης συμβάλει αδιαμφισβήτητα στην μείωση του ρυπαντικού φορτίου, καθώς κατά τη διάρκεια χρήσης της απομακρύνεται η άμμος, η λάσπη και άλλα οργανικά

αιωρούμενα στερεά. Επιπλέον μειώνεται σημαντικά η θολότητα και συγκεντρώνονται τα αιωρούμενα στερεά (TSS). Πλήθος ρύπων όπως είναι τα βαρέα μέταλλα, παθογόνοι μικροοργανισμοί αλλά και φωσφορικά, προσκολλώνται σε στερεά σωματίδια και έτσι απομακρύνονται έμμεσα με αυτά. Η μέθοδος της καθίζησης χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο ως πρωτοβάθμια επεξεργασία πριν φτάσουμε σε βιολογικά στάδια. (Danny D. Reible, 2010)

Σειρά έχει η μέθοδος της διήθησης (filtration), κατά την οποία συνίσταται η διέλευση του νερό μέσα από πορώδη μέσα όπως χαλίκι, άμμο, ενεργό άνθρακα ή και μεμβράνες, τα οποία πορώδη μέσα συγκρατούν, μέρος των μικροοργανισμών αλλά και σωματίδια. Η μέθοδος της διήθησης συμβάλει την μείωση των ρύπων απομακρύνοντας λεπτόκοκκα αιωρούμενα στερεά τα οποία δεν κατακάθονται εύκολα, συμβάλει ιδιαίτερα στην μείωση των βακτηρίων και των οργανικών υπολειμμάτων, σε περιπτώσεις χρήσης οργανικού άνθρακα, επιτυγχάνεται η απομάκρυνση οργανικών ρύπων μέσω της προσρόφησης και βελτιώνεται η διαύγεια όπως και τα οργανοληπτικά υπολείμματα. (Danny D. Reible, 2010)

Κατά την μέθοδο δε, της φυγοκέντρωσης (centrifugation), η μέθοδος αυτή βασίζεται στην φυγόκεντρη δύναμη με στόχο τον διαχωρισμό των υγρών από τα στερεά απόβλητα και το αντίστροφο, επιταχύνοντας έτσι την διαδικασία της καθίζησης. Η φυγοκέντρωση συμβάλει στην μείωση του ρυπαντικού φορτίου αιωρούμενων στερεών, πριν την έναρξη της χημικής ή βιολογικής επεξεργασίας. Ακόμα απομακρύνει πολύ λεπτά αιωρούμενα στερεά τα οποία δεν κατακάθονται με τη μέθοδο της φυσικής καθίζησης. Σημαντικό είναι να σημειώσουμε ότι χρησιμοποιείται ιδιαίτερα σε βιομηχανικά απόβλητα και για την πάχυνση της ιλύος. (Danny D. Reible, 2010)

Συνοψίζοντας οι φυσικές μέθοδοι μειώνουν τη συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών (TSS), απομακρύνουν μέρος ανόργανων αλλά και οργανικών ρύπων, οι οποίοι προσκολλώνται σε στερεά, προστατεύουν και βελτιστοποιούν τη λειτουργία των επόμενων σταδίων επεξεργασίας βιολογικά και χημικά αλλά περιορίζουν και τη θολότητα των αποβλήτων αυτών. (Danny D. Reible, 2010)

3.1.2 Χημικές μέθοδοι επεξεργασίας

Οι χημικές μέθοδοι επεξεργασίας έχουν βασιστεί στην προσθήκη πλήθους χημικών ουσιών στο νερό ή στα λύματα, έχοντας ως βασικό στόχο την μετατροπή των ρύπων σε μικρότερο βαθμό τοξικές, διαλυτές ή ποιο εύκολα απομακρύσιμες μορφές. Οι χημικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την απομάκρυνση διαλυμένων ρύπων, οι οποίοι δεν είναι εφικτό να απομακρυνθούν με φυσικές μεθόδους όπως αναφέραμε παραπάνω. Στις

χημικές μεθόδους κατατάσσεται η μέθοδος της εξουδετέρωσης (neutralization), κατά την διάρκεια της οποίας ρυθμίζεται το pH με την διαδικασία προσθήκης βάσεων ή και οξέων, με στόχο το νερό να έχει τιμές pH οι οποίες θα είναι κατάλληλες για παραπάνω επεξεργασία ή διάθεση στο περιβάλλον. Η εξουδετέρωση αντιμετωπίζει αλκαλικά ή και όξινα απόβλητα όπως είναι τα βιομηχανικά λύματα, προστατεύει τα επόμενα στάδια και κυρίως στάδια πριν την βιολογική επεξεργασία, όπως και μειώνει την τοξικότητα ουσιών τα οποία εξαρτώνται από το pH. (Frank R. Spellman, 2009)

Μια ακόμα μέθοδος της χημικής επεξεργασίας υγρών και βιομηχανικών αποβλήτων είναι η χημική κατακρήμνιση (chemical precipitation), η οποία περιλαμβάνει την προσθήκη αντιδραστηρίων για παράδειγμα άλατα σιδήρου, αλουμινίου, ή ασβεστίου, τα οποία αντιδρούν όταν υπάρχουν στα υγρά μείγματα διαλυμένοι ρύποι και σχηματίζουν αδιάλυτα στερεά που ονομάζονται ιζήματα. Τα ιζήματα αυτά μπορούν να απομακρυνθούν είτε με διήθηση είτε με καθίζηση. Η χημική κατακρήμνιση αντιμετωπίζει ρύπους όπως φωσφορικά και θρεπτικά άλατα, κάποια είδη τοξικών ανόργανων ενώσεων, βαρέα μέταλλα όπως μόλυβδο (Pb), το κάδμιο (Cd), ο υδράργυρος (Hg) και το χρώμιο (Cr) και επιπλέον αντιμετωπίζει διαλυμένα αιωρούμενα στερεά μέσω της κροκίδωσης. (Frank R. Spellman, 2009)

Η διεργασία της κροκίδωσης ή αλλιώς συσσωμάτωσης (Coagulation – Flocculation) θεωρείται μια χημική διαδικασία κατά την διάρκεια της οποίας προστίθενται κροκιδωτικά υλικά όπως είναι ο χλωριούχος σίδηρος, ο θειικός αργίλιος κ.α., τα οποία προκαλούν συσσωμάτωση σε λεπτά αιωρούμενα και κολλοειδή σωματίδια και σε μεγαλύτερα σωματίδια της κροκίδες. Η εν λόγω διαδικασία αντιμετωπίζει μικροοργανισμούς, το χρώμα τη θολότητα, τα κολλοειδή όπως και τα πολύ λεπτά αιωρούμενα στερεά, όπως και την οργανική ύλη. (Frank R. Spellman, 2009)

Μια πρόσθετη διαδικασία χημικής επεξεργασίας είναι η οξείδωση (oxidation), κατά την οποία με τη χρήση ισχυρών οξειδωτικών παραγόντων για παράδειγμα το όζον, το χλώριο, το υπεροξείδιο του υδρογόνου, μετατρέπονται οι οργανικοί και ανόργανοι ρύποι. Με την διεργασία της οξείδωσης αντιμετωπίζονται οι οσμές και το χρώμα των αποβλήτων, αντιμετωπίζονται παθογόνοι μικροοργανισμοί με τη μέθοδο απολύμανσης, αντιμετωπίζονται ακόμα ορισμένες ανόργανες τοξικές ουσίες όπως είναι τα κυανιούχα αλλά και οργανικές ενώσεις όπως είναι τα φυτοφάρμακα, τα απορρυπαντικά και οι φαινόλες. (Frank R. Spellman, 2009)

Εν κατακλείδι, οι χημικές μέθοδοι συμβάλλουν στην μετατροπή διαλυμένων ρύπων, σε στερεά τα οποία δύναται να απομακρυνθούν μηχανικά, συμβάλλουν στην απολύμανση του νερού, μειώνουν την συγκέντρωση τοξικών αλλά και επικίνδυνων ουσιών και συμπληρώνουν / ενισχύουν τις φυσικές αλλά και βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας. (Frank R. Spellman, 2009)

3.1.3 Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας

Οι βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας βασίζονται αναλυτικότερα στην δράση κατά την οποία οι μικροοργανισμοί (ιδιαίτερα τα βακτήρια), οι οποίοι χρησιμοποιούν την οργανική ύλη λυμάτων ως πηγή άνθρακα και ενέργειας, μετατρέπουν τα απόβλητα σε ποιο απλές και λιγότερο επιβλαβείς ενώσεις. Οι οργανικοί ρύποι αποικοδομούνται από μικροοργανισμούς, οι οποίοι διασπούν τους οργανικούς ρύπους μέσα από ενζυμικές αντιδράσεις, στο πλαίσιο μεταβολισμού τους. Η συγκεκριμένη διαδικασία περιέχει διάφορα στάδια, όπως η προσρόφηση των οργανικών ενώσεων απ την επιφάνεια πλήθους μικροβιακών κυττάρων. Στη συνέχεια γίνεται διάσπαση των ενζύμων, αλλά και άλλων σύνθετων οργανικών μορίων όπως είναι οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες και τα λίπη σε ποιο απλής μορφής ουσίες. Στο τέλος προκύπτει η μετατροπή των τελικών προϊόντων, όπως είναι το καθαρό νερό (H_2O), η νέα βιομάζα στην οποία περιέχονται τα μικροβιακά κύτταρα αλλά και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Έτσι μειώνεται σημαντικά το οργανικό φορτίο από τα λύματα (BOD, COD) και περιορίζεται η τοξικότητα των αποβλήτων. (Frank R. Spellman, 2009)

Στις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας κατατάσσονται και η αερόβια επεξεργασία, η οποία πραγματοποιείται με την παρουσία του διαλυμένου οξυγόνου. Οι μικροοργανισμοί κάνουν χρήση οξυγόνου, ορίζοντας το ως τελικό δέκτη ηλεκτρονίων με στόχο την οξείδωση της οργανικής ύλης. Αναλυτικότερα στα χαρακτηριστικά του, περιλαμβάνονται η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), νερού (H_2O), αλλά και βιομάζας. Με την αερόβια επεξεργασία η διαδικασία εξελίσσεται ποιο γρήγορα και ποιο σταθερά, χρησιμοποιείται σε ευρύ πλαίσιο σε συστήματα όπως είναι η ενεργός ιλύς και άλλα βιολογικά φίλτρα αλλά και επιτυγχάνεται σε μέγιστο βαθμό η απομάκρυνση οργανικών ρύπων όπως και αμμωνίας (νιτροποίηση). Δεν παύει όμως έκτος από θετικά να έχει και μειονεκτήματα καθώς με την διαδικασία αυτή παράγεται μεγαλύτερη ποσότητα ιλύος αλλά και απαιτείτε παροχή οξυγόνου πράγμα το οποίο σημαίνει και υψηλό ενεργειακό κόστος. (Frank R. Spellman, 2009)

Η αναερόβια επεξεργασία είναι ακόμα μια βιολογική μέθοδος επεξεργασίας κατά την οποία απουσία οξυγόνου, οι μικροοργανισμοί έχουν τη δυνατότητα να διασπάσουν την οργανική ύλη με τη μέθοδο ζυμωτικών και μεθανογόνων διεργασιών. Κατά την αναερόβια διαδικασία

προκύπτουν προϊόντα όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), αλλά και μικρή ποσότητα βιομάζας. Κατά την αναερόβια διαδικασία αξιοποιείται ενεργειακά το βιοαέριο, παρουσιάζεται μικρότερη παραγωγή της ιλύος και η εν λόγω διαδικασία είναι καταλληλότερη για λύματα με ψηλό οργανικό φορτίο, όπως είναι τα βιομηχανικά. Παρόλα αυτά παρουσιάζει και μειονεκτήματα όπως η μη επιτυχής και πλήρης απομάκρυνση φωσφόρου και αζώτου, αλλά και η πρόκληση οσμών σε περίπτωση που δεν έχουν γίνει οι απαραίτητοι έλεγχοι. Επιπλέον είναι ποιο ευαίσθητη και αργή σε μεταβολές του pH και της θερμοκρασίας. (Frank R. Spellman, 2009)

Η σύγκριση της αερόβιας και αναερόβιας διαδικασίας φαίνεται καλύτερα και αναλυτικότερα στον παρακάτω πίνακα.

Χαρακτηριστικά	Αερόβια επεξεργασία	Αναερόβια επεξεργασία
Παρουσία οξυγόνου	Απαραίτητη	Απουσία
Τελικά προϊόντα	CO_2 , H_2O , βιομάζα	CH_4 , CO_2
Ρυθμός αποικοδόμησης	Γρήγορος	Αργός
Παραγωγή ιλύος	Υψηλή	Χαμηλή
Ενεργειακή απαίτηση	Υψηλή	Χαμηλή
Ενεργειακό όφελος	Κανένα	Παραγωγή βιοαερίου

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ (Frank R. Spellman, 2009)

Συμπερασματικά, οι βιολογικές μέθοδοι έχουν τη δυνατότητα να αξιοποιήσουν την φυσική μεταβολική ικανότητα που έχουν οι μικροοργανισμοί με βασικό στόχο τους την απομάκρυνση των οργανικών ρύπων. Η επιλογή είτε της αναερόβιας είτε της αερόβιας διαδικασίας εξαρτάται ανάλογα από την σύσταση την οποία έχουν τα λύματα, τις ενεργειακές απαιτήσεις κάθε εγκατάστασης αλλά και από το οργανικό φορτίο. (Frank R. Spellman, 2009)

3.2 Διάθεση και επαναχρησιμοποίηση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων

Είναι εξαιρετικά σημαντικό η διάθεση των βιομηχανικών υγρών αποβλήτων να γίνεται με τρόπους ασφαλείς και βιώσιμους για το περιβάλλον, τους έμβιους αλλά και άβιους οργανισμούς. Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι που σχετίζονται με τη διάθεση των αποβλήτων αυτών, είναι η απόρριψη στο αποχετευτικό σύστημα, η οποία επιτρέπεται έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία με σκοπό την τήρηση θεσμοθετημένων ορίων σε βαρέα μέταλλα, pH, COD και BOD, όπως και με τον όρο να μην προκαλείται βλάβη στο δίκτυο ή τον βιολογικό καθαρισμό. Μια ακόμα σημαντική μέθοδος είναι η αποθήκευση των υγρών

βιομηχανικών αποβλήτων η οποία όμως δεν είναι μόνιμη αλλά τίθεται ως προσωρινή λύση, σε περιπτώσεις που δεν δύναται να επεξεργαστούν άμεσα ή σε περιπτώσεις που απαιτείται εξισορρόπηση φορτίου. Η μέθοδος της αποθήκευσης, πρέπει να πραγματοποιείται υπό όρους οι οποίοι είναι, οι δεξαμενές να είναι σταθερές, να λειτουργούν ορθά τα συστήματα ελέγχου και ασφαλείας, να γίνεται πρόληψη διαρροών και οσμών στον περιβάλλοντα χώρο. Επιπροσθέτως υπάρχει και η μέθοδος της φυσικοχημικής σταθεροποίησης κατά την οποία λαμβάνει χώρα η εξουδετέρωση με την οποία ρυθμίζεται και το pH, έπειτα λαμβάνει χώρα η εξουδετέρωση, η κροκίδωση/ συσσωμάτωση και έπειτα η οξείδωση κατά την οποία γίνεται αναγωγή επικίνδυνων ουσιών. Βασικός στόχος όλων των παραπάνω μεθόδων κρίνεται η μετατροπή των ρυπαντών, σε λιγότερο τοξικές και σαθρότερες μορφές. (Frank R. Spellman, 2009)

Όσο αφορά τον τομέα της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, η επαναχρησιμοποίηση λαμβάνει χώρα έπειτα, από επαρκή επεξεργασία (βιολογική, μεμβράνες και φυσικοχημική). Τα απόβλητα είναι δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθούν σε διαδικασίες άρδευσης σε δεντροφυτεύεις, αστικού πράσινου, σε γεωργικές καλλιέργειες, έχοντας απαιτήσεις όπως είναι το μικροβιακό φορτίο, ο έλεγχος σε άλατα αλλά και έλεγχος σε βαρέα μέταλλα. Ακόμα σημαντικό είναι να αξιολογείται και η βιομηχανική χρήση, να γίνεται σωστή πλύση του εξοπλισμού, να τροφοδοτούνται οι λέβητες με επιπλέον επεξεργασία και οι παραγωγικές διαδικασίες να μην υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού. Τα συστήματα ψύξης είναι εξίσου σημαντικά καθώς λειτουργούν ως πύργοι ψύξης και ως θερμικές μονάδες με βασικό στόχο την παραγωγή ενέργειας. (WHO, 2006)

Η μέθοδος της επαναχρησιμοποίησης επηρεάζεται από πλήθος περιβαλλοντικών παραγόντων όπως είναι ο κίνδυνος ρύπανσης υπόγειων υδάτων αλλά και του εδάφους, ο ευτροφισμός λόγω φωσφόρου και αζώτου. Ακόμα επηρεάζεται από την ποιότητα του επεξεργασμένου νερού, όπως είναι τα βαρέα μέταλλα, οι οργανικοί ρύποι και παθογόνοι μικροοργανισμοί. Επηρεάζεται από τις κλιματικές συνθήκες και τη διαθεσιμότητα του νερού. Επηρεάζεται από την κατάσταση της κοινωνικής αποδοχής και της δημόσιας υγείας και κυρίως από τις δραστηριότητες του ανθρώπου, όπως είναι για παράδειγμα οι αγροτικές δραστηριότητες. (WHO, 2006)

Τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα φυσικά σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα και με οικονομικούς παράγοντες, όπως είναι, πιθανά πρόστιμα ή τέλη απόρριψης τους. Κόστη μεταφοράς και αποθήκευσης, κόστη εγκατάστασης και λειτουργίας μονάδων επεξεργασίας. Όπως σχετίζονται και με την εξοικονόμηση κόστους από μειωμένη κατανάλωση πόσιμου νερού. Τέλος στις μέρες μας υπάρχουν πλήθος από κίνητρα σχετικά με επιδοτήσεις για επένδυση σε

πράσινες τεχνολογίες και βιώσιμη ανάπτυξη. Συμπερασματικά η επαναχρησιμοποίηση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων εξοικονομεί υδάτινους πόρους, προσφέρει οικονομικά οφέλη, μειώνει τη ρύπανση. Αλλά έχει και απαιτήσεις όπως συνεχής έλεγχος ποιότητας, αυστηρή συμμόρφωση σε σχέση με τη νομοθεσία, κοινωνική αποδοχή και σωστή επεξεργασία. Η διάθεση είναι λύση ανάγκης, ενώ η επαναχρησιμοποίηση είναι λύση βιωσιμότητας και εξοικονόμησης πόρων. (WHO, 2006)

Κριτήριο	Διάθεση αποβλήτων	(απόρριψη)	Επαναχρησιμοποίηση εξεργασμένων αποβλήτων
Σκοπός	Απαλλαγή από απόβλητα με ασφαλείς τρόπους		Αξιοποίηση αποβλήτων ως δευτερογενείς υδάτινοι πόροι
Απαιτούμενη επεξεργασία	Βασική ως πλήρης (εξαρτάται απ τη νομοθεσία)		Επεξεργασία & απολύμανση υψηλής ποιότητας
Περιβαλλοντική επίδραση	Κίνδυνος ρύπανσης με λάθος τρόπους διάθεσης		Μείωση ρύπανσης & εξοικονόμηση φυσικών πόρων
Κατανάλωση φυσικού νερού	Δεν μειώνεται		Σημαντική μείωση
Κίνδυνος για δημόσια υγεία	Υπάρχει σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων		Πολύ χαμηλός με σωστούς ελέγχους
Οικονομικό κόστος	Κόστη διάθεσης & πρόστιμα		Αρχικό κόστος & μακροπρόθεσμα οφέλη
Νομοθετικές απαιτήσεις	Όρια εκπομπών & άδειες απόρριψης		Ποιο αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας
Κοινωνική αποδοχή	Συχνά ουδέτερη		Συχνά χαμηλή (ψυχολογικοί παράγοντες)
Βιωσιμότητα	Χαμηλή		Υψηλή
Παραδείγματα	Απόρριψη σε υδάτινους αποδέκτες ή αποχετεύσεις		Ψύξη, βιομηχανική χρήση, άρδευση

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (WHO, 2006)

3.3 Σύγχρονες τεχνολογίες – Τάσεις

Στις μέρες μας, λαμβάνουν χώρα πλήθος καινοτόμων τεχνολογιών, για την επεξεργασία υγρών βιομηχανικών αποβλήτων. Οι τεχνολογίες αυτές είναι μεμβρανικές διεργασίες, προηγμένες οξειδώσεις (AOPs) και βιοαντιδραστήρες. Κατά τη διάρκεια μεμβρανικών διαδικασιών χρησιμοποιούνται διεργασίες νανοφίλτρασης, υπερδιήθησης, μικροδιήθησης

και αντιστροφής όσμωσης με στόχο το διαχωρισμό μικροβιολογικών, στερεών αλλά και ιοντικών ρύπων, από τα υγρά απόβλητα. Το βασικό πλεονέκτημα όμως των μεμβρανικών διαδικασιών είναι η υψηλή αποτελεσματικότητα σε μικρές συγκεντρώσεις ρύπων, έχοντας την δυνατότητα ανακύκλωσης νερού. (Λιακού Αθηνά, 2020)

Οι προηγμένες οξειδώσεις (Advanced Oxidation Processes – AOPs), είναι τεχνικές όπως UV/H₂O₂, O₃/UV, Fenton και ηλεκτροχημικές οξειδώσεις, οι οποίες λαμβάνουν χώρα κατά την αποδόμηση οργανικών ρύπων, οι οποίοι είναι ανθεκτικοί σε συμβατικές μεθόδους. Βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η καταστροφή οργανικών τοξικών οργανικών ρύπων, μειώνοντας έτσι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των υγρών αποβλήτων. Οι βιοαντιδραστήρες (bioreactors) δε, είναι μικροβιακοί ή ενζυμικοί αντιδραστήρες, οι οποίοι αξιοποιούν φυσικούς μηχανισμούς αποδόμησης για βιολογική επεξεργασία αποβλήτων. Περιέχουν μορφές SBR (Sequencing Batch Reactor), MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) και Anaerobic Digesters. Βασικό πλεονέκτημα των βιοαντιδραστήρων είναι η παραγωγή βιοαερίου, η δυναμική διαχείριση ποικιλίας αποβλήτων και η χαμηλότερη ενεργειακά κατανάλωση. (Λιακού Αθηνά, 2020)

Σημαντική μέθοδος όσο κυλούν τα χρόνια είναι και η αυτοματοποίηση σε συνδυασμό με έξυπνα συστήματα ελέγχου, όπως συστήματα SCADA και IoT sensors, τα οποία χρησιμοποιούνται για συνεχόμενη παρακολούθηση ρύπων, ροής όπως και ενεργειακής κατανάλωσης. Ακόμα σημαντικοί θεωρούνται οι αλγόριθμοι της τεχνητής νοημοσύνης (AI), αλλά και μηχανικής μάθησης οι προβλέπουν τάσεις και ρυθμίζουν παραμέτρους σε πραγματικό χρόνο. Τα συστήματα αυτά πλεονεκτούν στην βελτιστοποίηση κατανάλωσης ενέργειας και χημικών ουσιών, αυξάνουν την δυναμικότητα της επεξεργασίας χωρίς να χρειάζονται σημαντική επέκταση στις υποδομές. Όπως και μειώνουν τυχόν σφάλματα και απώλειες έχοντας μεγαλύτερη αξιοπιστία των διεργασιών. (Λιακού Αθηνά, 2020)

Στις παγκόσμιες τάσεις βιώσιμης διαχείρισης απόβλητων, περιλαμβάνεται η κυκλική οικονομία κατά τη διάρκεια της οποίας μετατρέπονται τα απόβλητα σε πρώτες ύλες ή σε ενέργεια (π.χ. παραγωγή βιοαερίου ή ανακύκλωση πλαστικών κλπ). Οι πράσινες χημικές διαδικασίες, όπως είναι η ελαχιστοποίηση σε τοξικά χημικά και η χρήση βιοδιασπώμενων καταλυτών. Στις παγκόσμιες τάσεις ανήκει και η ψηφιοποίηση και τα smart monitoring κατά την οποία γίνεται χρήση αισθητήρων, cloud computing αλλά και AI, με στόχο την συνεχή βελτίωση της απόδοσης. Τέλος με τα zero liquid discharge (ZLD), γίνεται ολοκληρωμένη επεξεργασία με στόχο τον αποκλεισμό παροχών που αφήνουν περιθώρια για διοχέτευση υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον. (Λιακού Αθηνά, 2020)

Τεχνολογία/Τάση	Οφέλη	Εφαρμογές
Μεμβρανικές διεργασίες (MF, UF, NF, RO)	Υψηλή απομάκρυνση στερεών και ιοντικών ρύπων, δυνατότητα ανακύκλωσης νερού	Επεξεργασία βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, καθαρισμός νερού παραγωγής, επαναχρησιμοποίηση νερού
Προηγμένες οξειδώσεις (AOPs) (UV/H ₂ O ₂ , O ₃ /UV, Fenton)	Μείωση τοξικότητας, καταστροφή ανθεκτικών οργανικών ρύπων	Βιομηχανικά απόβλητα με οργανικούς ρύπους, επεξεργασία λυμάτων φαρμακευτικών ή χημικών βιομηχανιών
Βιοαντιδραστήρες (MBBR, SBR, Anaerobic Digesters)	Δυναμική διαχείριση αποβλήτων, παραγωγή βιοαερίου, χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση	Βιολογική σταθεροποίηση ιλύος, βιολογική επεξεργασία λυμάτων, παραγωγή ενέργειας από οργανικά απόβλητα
Αυτοματοποίηση & Έξυπνα Συστήματα Ελέγχου (SCADA, IoT, AI)	Αυξημένη απόδοση, μείωση σφαλμάτων, βελτιστοποίηση ενέργειας και χημικών	Ρύθμιση παραμέτρων, πρόβλεψη ρύπων, παρακολούθηση διεργασιών σε πραγματικό χρόνο
Κυκλική Οικονομία & (ZLD)	Ελαχιστοποίηση αποβλήτων, ανακύκλωση πρώτων υλών, μηδενική εκροή λυμάτων	Μετατροπή αποβλήτων σε πρώτη ύλη, παραγωγή ενέργειας, πλήρης επαναχρησιμοποίηση νερού
Πράσινες Χημικές Διεργασίες	Μείωση τοξικών χημικών, χρήση βιοδιασπώμενων καταλυτών	Βιομηχανίες χημικών, φαρμακευτικών, επεξεργασία υγρών αποβλήτων φιλικών προς το περιβάλλον
Ψηφιοποίηση & Smart Monitoring	Συνεχής βελτίωση απόδοσης, πρόβλεψη προβλημάτων	Παρακολούθηση ποιότητας νερού και αποβλήτων, ενεργειακή διαχείριση, συντήρηση εξοπλισμού

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ (Λιακού Αθηνά, 2020)

4.1 Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας

Σχετικά με την περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, όπου είναι και στο επίκεντρο της παρούσας εργασίας, ως προς την γεωγραφική της θέση αξίζει να σημειωθεί ότι βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της Ελλάδας αποτελώντας σύνδεσμο ανάμεσα σε νότια και βόρεια χώρα, περιλαμβάνοντας νησιωτικές αλλά και ηπειρωτικές περιοχές. Στην περιφέρεια ανήκει επιπλέον και η ενότητα της Εύβοιας, η οποία αποτελεί και το μοναδικό νησιωτικό τμήμα της. Η στερεά Ελλάδα συνορεύει με τη νότια με την Αττική, δυτικά με τη Δυτική Ελλάδα και

βόρεια με τη Θεσσαλία. Επιπλέον διαθέτει εκτεταμένο παράκτιο μέτωπο, στον κορινθιακό και τον Ευβοϊκό κόλπο. Διοικητικά, αποτελείται από πέντε συνολικά Περιφερειακές ενότητες, Βοιωτίας, Φωκίδας, Φθιώτιδας, Ευρυτανίας και Εύβοιας. Έχει επίσης ως έδρα την πόλη της Λαμίας. Στην περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας περιλαμβάνονται ημιαστικές περιοχές αλλά και εκτεταμένες αγροτικές και ορεινές ζώνες, όπως και αστικά κέντρα. Σχετικά με το φυσικό αλλά και γεωμορφολογικό της περιβάλλον, χαρακτηρίζεται από ποικιλία σε ορεινούς όγκους (π.χ. Παρνασσός, Οίτη, Όρος ΌΧΗ), παράκτιες και νησιωτικές περιοχές αλλά και πεδινές εκτάσεις (π.χ. Κωπαΐδα). Η ποικιλία αυτή είναι εμφανές ότι επηρεάζει την ανάπτυξη της βιομηχανίας, τη γεωργική παραγωγή, τη χωροθέτηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, αλλά και τις υποδομές μεταφορών και δικτύων. Η περιφέρεια διαθέτει ακόμα σημαντικούς υδάτινους πόρους όπως παράκτιες ζώνες, ποτάμια αλλά και υπόγεια υδροφόρα συστήματα.

Η περιφέρεια σχετίζεται άμεσα ή και έμμεσα με περιβαλλοντικά ζητήματα, καθώς οι παράκτιες περιοχές και οι πεδινές είναι ποιο ευάλωτες σε υποβάθμιση οικοσυστήματος, σε ρύπανση υδάτων και σε επιπτώσεις από βιομηχανικές εκροές. Επίσης είναι εμφανώς αυξημένες οι περιβαλλοντικές πιέσεις λόγω της συνύπαρξης, γεωργίας, βιομηχανίες και κατοικημένων περιοχών ταυτόχρονα. Ακόμα η περιβαλλοντική ποικιλία συνδέεται άρρηκτα με την εμφάνιση φαινομένων ρύπανσης και ανάγκη για ορθολογική διαχείριση φυσικών και υδάτινων πόρων. Έτσι κρίνεται αναγκαίο να χτιστεί ένα ποιο ολοκληρωμένο σχέδιο με στόχο την προστασία των υδάτινων σωμάτων, να ακολουθείται ασφαλώς κατά γράμμα η εφαρμογή της περιβαλλοντικής νομοθεσίας και επιβάλλεται να γίνεται σε κάθε περίπτωση σωστή και ολοκληρωμένη διαχείριση στα υγρά απόβλητα.

Σχετικά με τον τομέα των οικονομικών αλλά και τους τομείς παραγωγής που δραστηριοποιούνται στην ΠΕ.ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, παρατηρείται μεικτή οικονομική δραστηριότητα καθώς διαθέτει τρεις τομείς, αρχικά πρωτογενή τομέα με κτηνοτροφία και γεωργία, έπειτα δευτερογενή τομέα με μεταποίηση και βιομηχανία και έπειτα τριτογενή τομέα με παροχή πλήθους υπηρεσιών αλλά και τουρισμό. Είναι σημαντικό να αναφερθεί συμπληρωματικά και η παρουσία βιομηχανικών και μεταποιητικών μονάδων με έδρα την Εύβοια, τη Βοιωτία και την Φθιώτιδα. Η εμπορική αλλά και βιομηχανική δραστηριότητα ενισχύεται και λόγω της κοντινής απόστασης από την Αττική.

4.1.1 Κύριες βιομηχανικές δραστηριότητες στη Στερεά Ελλάδα

Σχετικά με το δευτερογενή τομέα στη Στερεά Ελλάδα γενικότερα υπάρχει έντονη η παρουσία της μεταποίησης και της βιομηχανίας, καθώς η βιομηχανική δραστηριότητα είναι αναπόσπαστο τμήμα της τοπικής οικονομίας και ανάπτυξης. Η ανάπτυξη της βιομηχανίας

συνδέεται ιδιαίτερα με την ύπαρξη λιμένων και οδικών αξόνων, την γεωγραφική εγγύτητα ως προς την Αττική και τη διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού. Η ποιο μεγάλη συγκέντρωση βιομηχανικών μονάδων, εντοπίζεται στην Βοιωτία και ιδιαίτερα στην Τανάγρα και τα Οινόφυτα. Στις περιοχές αυτές εντοπίζονται πολλές μεταποιητικές βιομηχανίες και μονάδες παραγωγής όπως είναι βιομηχανίες πλαστικών, μετάλλου, χημικών, δομικών και οικοδομικών υλικών. Στις μονάδες αυτές παρατηρείται έντονη παραγωγή σε υγρά βιομηχανικά απόβλητα, ανάγκη για ειδική επεξεργασία εκροών και αυξημένη κατανάλωση νερού. Πλήθος επιχειρήσεων παρόλη την διάθεση αδειών λειτουργίας αλλά και των περιβαλλοντικών όρων κάτω από τους οποίους πρέπει να λειτουργούν, αυτές αναπτύχθηκαν διάσπαρτα χωρίς οργανωμένη βιομηχανική ζώνη, χωρίς έλεγχο και χωρίς κάποιο ενιαίο σχεδιασμό χωροθέτησης.

Στην περιφέρεια λαμβάνει χώρα η λειτουργία, μονάδων επεξεργασίας μεταλλικών αποβλήτων, ανακύκλωσης αλουμινίου και επεξεργασίας μεταλλικών αποβλήτων, όπως και επεξεργασίας βιομηχανικών υποπροϊόντων. Στον νομό Βοιωτίας ο οποίος θεωρείται ο σημαντικότερος περιβαλλοντικός πυρήνας στη Στερεά στον τομέα της μεταλλουργίας και ανακύκλωσης μεταλλικών αποβλήτων, στο Σχηματάρι, τα Οινόφυτα και στην Τανάγρα λειτουργούν πολυάριθμες μονάδες συλλογής, διαλογής και επεξεργασίας scrap σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων, καθώς και μονάδες ανακύκλωσης αλουμινίου και χαλκού. Όπως είναι η ΕΛΒΑΛ ΧΑΛΚΟΡ στην οποία αξιοποιούνται τα μεταλλικά απόβλητα σαν πρώτη ύλη με στόχο παραγωγή νέων κραμάτων. Υπάρχει ακόμα και το συγκρότημα Αλουμίνιον της Ελλάδος στον Άγιο Νικόλαο Βοιωτίας. Παράλληλα λειτουργούν μονάδες επεξεργασίας βιομηχανικών υποπροϊόντων, όπως σκωρίες μεταλλουργίας και κατάλοιπα καύσης, με στόχο την ανάκτηση μετάλλων και την παραγωγή δευτερογενών υλικών. Στη Φθιώτιδα, λειτουργούν μονάδες βαριάς μεταλλουργικής δραστηριότητας, κυρίως στην περιοχή της Λοκρίδας και της Λάρυμνας, όπου λειτουργούν εγκαταστάσεις επεξεργασίας μεταλλευμάτων και μεταλλουργικών καταλοίπων, με κυριότερη τη δραστηριότητα της μεταλλουργίας νικελίου. Εκεί βρίσκεται και το εργοστάσιο της ΛΑΡΚΟ, το οποίο δημιουργεί σημαντικές ποσότητες σκωρίας όπως και στερεών βιομηχανικών υποπροϊόντων, τα οποία υφίστανται επεξεργασία ή προσωρινή αποθήκευση για πιθανή αξιοποίηση σε τεχνικά έργα και δομικά υλικά. Παράλληλα στο νομό λειτουργούν μικρότερες μονάδες συλλογής και επεξεργασίας μεταλλικών αποβλήτων (scrap), οι οποίες εξυπηρετούν τις ανάγκες της τοπικής και περιφερειακής βιομηχανίας.

Στη Φωκίδα η δραστηριότητα επεξεργασίας μεταλλικών αποβλήτων συνδέεται κυρίως με την εξόρυξη και επεξεργασία βωξίτη και τα υποπροϊόντα αυτής της δραστηριότητας. Στη γύρω περιοχή λειτουργούν εγκαταστάσεις υποστήριξης της μεταλλευτικής δραστηριότητας, καθώς

και μονάδες διαχείρισης στερεών βιομηχανικών αποβλήτων που προκύπτουν από την εξόρυξη και τη μεταφορά μεταλλευμάτων. Τα υπολείμματα αυτά περιέχουν μεταλλευτικά κατάλοιπα, στείρα υλικά και μικρές ποσότητες μεταλλικών αποβλήτων, τα οποία οδηγούνται ή σε αξιοποίηση ή σε ελεγχόμενη απόθεση. Ταυτόχρονα στην Ευρυτανία επικρατεί πάνω κάτω παρόμοια κατάσταση με τη Φωκίδα. Ενώ στο νομό Εύβοιας και κυρίως στις περιοχές Χαλκίδας και Αλιβερίου, είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη η βιομηχανική δραστηριότητα σχετικά με τη χαλυβουργία και την επεξεργασία μεταλλικών αποβλήτων. Καθώς λειτουργούν μονάδες επεξεργασίας παλιοσίδηρου και μεταλλικών υπολειμμάτων από βιομηχανικές εγκαταστάσεις, που οδηγούνται σε τεμαχισμό και επαναχρησιμοποίηση ως δευτερογενείς πρώτες ύλες. Η Χαλυβουργική Ελλάδος, ενώ σήμερα συνεχίζει να υπάρχει δραστηριότητα στη διαχείριση σκωρίας, τέφρας και άλλων βιομηχανικών καταλοίπων από ενεργειακές και μεταλλουργικές μονάδες. Οι εγκαταστάσεις αυτές εξυπηρετούν κυρίως την ανακύκλωση μετάλλων και τη μείωση των αποβλήτων που οδηγούνται σε τελική διάθεση.

Οι δραστηριότητες επεξεργασίας και ανακύκλωσης των υπολειμμάτων αυτών, συμβάλουν στην κυκλική οικονομία, τη μείωση στερεών αποβλήτων και την επαναχρησιμοποίηση πρώτων υλών. Όμως παράλληλα παρατηρείται η δημιουργία υγρών αποβλήτων, με ψηλό ρυπαντικό φορτίο και ανάγκη για ειδικές τεχνολογίες καθαρισμού και ελέγχου.

Ακόμα στην περιφέρεια λειτουργούν και μονάδες ελαφριάς βιομηχανίας όπως είναι , βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, ξυλουργικές επιχειρήσεις, μονάδες τυποποίησης αγροτικών προϊόντων και παραγωγής γεωργικών εφοδίων και λιπασμάτων. Δραστηριότητες οι οποίες συνδέονται άρρηκτα με την απασχόληση του τοπικού πληθυσμού και την τοπική αγροτική παραγωγή. Αυτές παράγουν οργανικά απόβλητα με υψηλές ανάγκες για βιολογική επεξεργασία.

4.1.2 Υποδομές Διαχείρισης Υγρών Αποβλήτων

Η περιφέρεια Στερεάς διαθέτει υποδομές σχετικά με τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων στα πλαίσια ο περιφερειακού σχεδιασμού, ο ιδιωτικών εγκαταστάσεων βιομηχανιών, όπως και τοπικής αυτοδιοίκησης ιδίως μέσω των ΔΕΥΑ δήμων. Στις υποδομές παρουσιάζονται διαφορετικά επίπεδα λειτουργικής αποτελεσματικότητας, σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς την πληρότητα, ανομοιογένεια στην τεχνολογία επεξεργασίας. Η διαχείριση αστικών λυμάτων είναι πιο ανεπτυγμένη από τη διαχείριση βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, για αυτό και έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα τα συστήματα επεξεργασίας αστικών λυμάτων, στα πλαίσια της περιφέρειας. Στα κύρια αστικά κέντρα έχουν αναπτυχθεί και είναι σε λειτουργία μονάδες επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ), όπως και αποχετευτικά δίκτυα, σε πόλεις όπως η Λαμία, η Χαλκίδα ή η Λειβαδιά. Στις εγκαταστάσεις αυτές εξυπηρετούνται

κυρίως οικιακά και αστικά λύματα, βιομηχανικά λύματα ή και σε κάποιες περιπτώσεις και προεπεξεργασμένα λύματα. Η λειτουργία των μονάδων αυτών έχει διαφορές ως προς την τεχνολογική επάρκεια, ως προς την δυναμικότητα και κυρίως ως προς τον βαθμό επεξεργασίας τους δηλαδή, πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια.

Σχετικά με την διαχείριση των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, πλήθος βιομηχανικών μονάδων, διαθέτουν συστήματα βιολογικής ή φυσικοχημικής επεξεργασίας, ιδιωτικές εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας και σε πολλές περιπτώσεις γίνεται χρήση ιδιωτικών αδειοδοτημένων μονάδων, έτσι τα υγρά απόβλητα μεταφέρονται για επεξεργασία και εκτός Περιφέρειας. Εντοπίζεται σημαντική έλλειψη σε κεντρικές υποδομές οδηγώντας τις βιομηχανίες σε αποσπασματική διαχείριση, δυσκολία ελέγχου εκροών και αυξημένα κόστη.

Οι υποδομές επεξεργασίας που ήδη υπάρχουν παρουσιάζουν ανάγκες σε ποιο εξειδικευμένο προσωπικό, ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση όπως και περιορισμένη δυνατότητα υποδοχής βιομηχανικών αποβλήτων υψηλού ρυπαντικού φορτίου. Σε πολλές περιπτώσεις τα αστικά δίκτυα επιβαρύνονται από βιομηχανικές εκροές καθώς δεν υπάρχουν ξεχωριστά δίκτυα για βιομηχανικά απόβλητα. Σε περιπτώσεις απουσίας ολοκληρωμένων συστημάτων παρακολούθησης, αυξάνεται ο κίνδυνος σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις και δυσχεραίνεται ο έλεγχος ποιότητας εκροών. Τα τελευταία χρόνια υλοποιούνται ή σχεδιάζονται έργα μέσα από περιφερειακά προγράμματα χρηματοδότησης και μέσα από εθνικούς και ευρωπαϊκούς πόρους. Οι επενδύσεις αφορούν στην αναβάθμιση εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, στην επέκταση των αποχετευτικών δικτύων, όπως και στην ενσωμάτωση πρακτικών κυκλικής οικονομίας. Παρόλα αυτά υπάρχει η ανάγκη για δημιουργία νέων μονάδων επεξεργασίας, όπως και σύγχρονων εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων μέσω ΣΔΙΤ. Οι πόλεις που αναφέρονται στον σχεδιασμό νέων εγκαταστάσεων είναι η πόλη της Λαμίας και της Χαλκίδας.

4.2 Βασικά περιβαλλοντικά ζητήματα στην Περιφέρεια

Η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας αντιμετωπίζει σωρεία σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων τα οποία επηρεάζουν τόσο την ποιότητα ζωής των κατοίκων όσο και τη βιωσιμότητα των φυσικών της πόρων. Η ρύπανση των υδάτινων συστημάτων, και ιδιαίτερα του Ασωπού ποταμού, αποτελεί ένα από τα πλέον εμβληματικά περιβαλλοντικά ζητήματα, με χρόνια συσσώρευση βιομηχανικών ρύπων και συνεχιζόμενες δυσκολίες στην ουσιαστική εξυγίανση της περιοχής. Παράλληλα, η διαχείριση των στερεών αποβλήτων παραμένει πρόκληση: η Περιφέρεια και οι Δήμοι έχουν εκφράσει ανησυχίες για προτεινόμενες μονάδες καύσης απορριμμάτων λόγω των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων που αυτές

πυρκαγιών, που αποτελούν επαναλαμβανόμενο κίνδυνο, ιδιαίτερα σε ορεινές και δασικές εκτάσεις, με έμφαση στην εκπαίδευση και τον συντονισμό μεταξύ υπηρεσιών. Ταυτόχρονα, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως η αύξηση των θερμοκρασιών, η λειψυδρία και η αυξημένη συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων, επιδεινώνουν τα περιβαλλοντικά προβλήματα και απαιτούν ολοκληρωμένες πολιτικές προσαρμογής και μείωσης των επιπτώσεων. Η συνδυασμένη αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και της ποιότητας ζωής στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας.

4.3 Μελέτη περίπτωσης – Νομός Εύβοιας

Ο δεύτερος κατά σειρά μεγαλύτερος νομός της Ελλάδας είναι ο Νομός Ευβοίας ο οποίος χαρακτηρίζεται, από έντονη γεωγραφική ποικιλομορφία. Καθώς, συνδυάζει πεδινές εκτάσεις, με ορεινούς όγκους έχοντας παράλληλα εκτεταμένο παράκτιο μέτωπο. Ο λόγος που αναπτύχθηκε βιομηχανικά ήδη από την δεκαετία του 1960 είναι διότι γειτνιάζει με την Αττική άρα βρίσκεται και σε ευνοϊκή θέση. Ο περισσότερος πληθυσμός βρίσκεται κυρίως στην Χαλκίδα αλλά και σε παράκτιους οικισμούς. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε μεγάλο ποσοστό η οικονομική δραστηριότητα των κατοίκων της Εύβοιας, βασίζεται σε δραστηριότητες όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία, ο τουρισμός αλλά και η βιομηχανία. Στο βιομηχανικό τομέα, κυρίως στην ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας και των Οινόφυτων-Ασωπού, παρατηρείται έντονη δραστηριότητα, κατά την οποία ασκούνται ιδιαίτερα πιέσεις ως προς τους υδάτινους πόρους. Παρατηρείται επίσης η συνύπαρξη παλαιών αλλά και σύγχρονων εγκαταστάσεων, επηρεάζει άμεσα το επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας όπως και την ποιότητα των εφαρμοζόμενων πρακτικών διαχείρισης υγρών αποβλήτων.

Οι κύριες βιομηχανίες παραγωγής υγρών αποβλήτων στο νομό σχετίζονται με τσιμεντοβιομηχανίες, βιομηχανίες ποτών και τροφίμων, χημικές και μεταλλευτικές βιομηχανίες, λατομεία και εξορυκτικές δραστηριότητες. Σχετικά με τις τσιμεντοβιομηχανίες που δραστηριοποιούνται έως το 2013 λειτουργούσε στην Χαλκίδα εργοστάσιο της ΑΓΕΤ Ηρακλής, το οποίο έπειτα από την οικονομική κρίση και την πτώση στις οικοδομικές δραστηριότητες έκλεισε. Όμως είναι ακόμα ενεργό το εργοστάσιο στο Μυλάκι Αλιβερίου το οποίο έχει έναρξη λειτουργίας από το 1982. Το εργοστάσιο στο Μυλάκι θεωρείται, από τα

μεγαλύτερα και ποιο σύγχρονα εργοστάσια τσιμέντου στην Ελλάδα, καθώς παράγει τσιμέντο και για την ελληνική αγορά και για εξαγωγές. Επιπλέον διαθέτει και ιδιωτικό λιμάνι για την πραγματοποίηση φόρτωσης τσιμέντου και πρώτων υλών. (Lafarge) Στις τσιμεντοβιομηχανίες τα υγρά απόβλητα προέρχονται κυρίως από διαδικασίες ψύξης, πλύσης μηχανημάτων και καθαρισμού πρώτων υλών. Περιέχουν αιωρούμενα στερεά, υψηλές τιμές pH, ανόργανα άλατα και βαρέα μέταλλα. Για αυτό και η ανεπαρκής επεξεργασία μπορεί να προκαλέσει ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. (K. Syamala Devi et al., 2017)

Σχετικά με τις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών στο νομό, η Εύβοια αποτελεί μία από τις σημαντικές περιοχές της Ελλάδας στον τομέα της αγροτικής παραγωγής και της μεταποίησης τροφίμων. Η γεωγραφική της θέση, το εύφορο έδαφος και η μεγάλη αγροτική παραγωγή έχουν συμβάλει στην ανάπτυξη πολλών βιομηχανιών τροφίμων και ποτών. Στην περιοχή λειτουργούν τόσο μεγάλες βιομηχανικές μονάδες όσο και μικρότερες μεταποιητικές επιχειρήσεις που αξιοποιούν τοπικές πρώτες ύλες όπως σύκα, ελιές, γάλα, κρασί και δημητριακά. Μια από τις πιο γνωστές βιομηχανίες πλέον είναι η Palirria Souliotis, η οποία έχει το βασικό της εργοστάσιο στα Πολιτικά Ευβοίας. Η εταιρεία δραστηριοποιείται στην παραγωγή έτοιμων γευμάτων και κονσερβοποιημένων προϊόντων, όπως τα γνωστά ντολμαδάκια, γεμιστά λαχανικά και διάφορα άλλα μεσογειακά πιάτα. Η Palirria εξάγει τα προϊόντα της σε περισσότερες από 60 χώρες του εξωτερικού και αποτελεί μία από τις σημαντικότερες ελληνικές εταιρείες στον κλάδο των έτοιμων τροφίμων. Ακόμα ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται και η εταιρεία τροφίμων, HQF (Hellenic Quality Foods), η οποία ανήκει στον όμιλο του Ι. Φιλίππου και δραστηριοποιείται στην επεξεργασία και εμπορία προϊόντων κοτόπουλου. Η εταιρεία διαθέτει σύγχρονες εγκαταστάσεις και παράγει νωπά και κατεψυγμένα προϊόντα κοτόπουλου, τα οποία διατίθενται σε όλη την ελληνική αγορά αλλά και στο εξωτερικό. Η δραστηριότητά της συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη του κλάδου των πουλερικών στην Ελλάδα. Ακόμα δραστηριοποιείται στην παραγωγή και εμπορία προϊόντων ζαχαροπλαστικής KANAKI.

Σχετικά με τον τομέα της επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων δραστηριοποιείται και η Envia Life, η οποία ειδικεύεται στην τυποποίηση και εμπορία αποξηραμένων σύκων και εδρεύει στον Ταξιάρχη της Βόρειας Εύβοιας, τόπο παραγωγής εξαιρετικής ποιότητας σύκου. Τα σύκα της Εύβοιας θεωρούνται προϊόν υψηλής ποιότητας και αποτελούν σημαντικό εξαγωγίμο προϊόν της περιοχής. Η εταιρεία συμβάλλει στη διάδοση αυτού του παραδοσιακού προϊόντος σε πολλές διεθνείς αγορές όπως είναι η Κίνα. Παράλληλα, η Almada η οποία ξεκίνησε δειλά τη δραστηριότητά της το 1990 δραστηριοποιείται στην επεξεργασία και τυποποίηση ξηρών καρπών και αποξηραμένων φρούτων με έδρα την Αμάρυνθο. Η εταιρεία συνεργάζεται με παραγωγούς από διάφορες περιοχές της Ελλάδας και διαθέτει σύγχρονες εγκαταστάσεις

διαλογής και συσκευασίας προϊόντων όπως αμύγδαλα, φουντούκια και καρύδια. Στην Εύβοια λειτουργούν επίσης αρκετές επιχειρήσεις που σχετίζονται με την παραγωγή ψωμιού και προϊόντων ζύμης, όπως η Άρτος & Ζύμη Αλιμπινίσης. Η οποία ξεκίνησε το 1956 και παράγει αρτοσκευάσματα και κατεψυγμένα προϊόντα ζύμης για την αγορά της εστίασης και του λιανεμπορίου με έδρα τη Χαλκίδα.

Σχετικά με τον τομέα της τυροκομίας και των γαλακτοκομικών στο νομό Εύβοιας δραστηριοποιούνται ποιο μικρές μονάδες, όπως η Τυροκομική Εύβοιας, η οποία παράγει παραδοσιακά τυριά αξιοποιώντας τοπικό γάλα από κτηνοτροφικές μονάδες της περιοχής. Τα προϊόντα αυτά διατίθενται κυρίως στην ελληνική αγορά και συμβάλλουν στη διατήρηση της παραδοσιακής τυροκομικής παραγωγής. Σημαντικό παράδειγμα μικρών τυροκομικών επιχειρήσεων αποτελούν η Biofarm Α.Ε., με έδρα την Κάρυστο Ευβοίας, καθώς και το τυροκομείο Πέππα Γεώργιου και ΣΙΑ Ο.Ε., το οποίο δραστηριοποιείται στην περιοχή Ζάρακες Ευβοίας. Παράλληλα, στα Στύρα Ευβοίας λειτουργεί η Maltezos Farm, ενώ στον Δήμο Καρύστου δραστηριοποιούνται επίσης τα τυροκομεία Βασιλείου και Γιαννακάρη. Ωστόσο, οι προαναφερθείσες επιχειρήσεις αποτελούν μόνο ένα ενδεικτικό δείγμα, καθώς στον νομό Ευβοίας δραστηριοποιούνται και άλλοι παραγωγοί τυροκομικών προϊόντων, τόσο στη νότια όσο και στη βόρεια και κεντρική περιοχή του νησιού.

Σημαντική στην περιοχή είναι φυσικά και η παρουσία οινοποιείων, όπως το κτήμα Αβαντίς το οποίο εδρεύει στην Χαλκίδα και δραστηριοποιείται στην παραγωγή ελληνικών κρασιών. Το οινοποιείο χρησιμοποιεί σταφύλια από τοπικούς αμπελώνες και τα προϊόντα του έχουν διακριθεί σε διεθνείς διαγωνισμούς. Στην περιοχή εδρεύουν και άλλα φυσικά οινοποιεία όπως η Vriniotis Winery στη Βόρεια Εύβοια, το Lykos Winery στην Ερέτρια, και άλλες μικρότερες οινοποιητικές μονάδες. Όπως είναι το Montofoli Wine Estate, το Κτήμα Τριανταφύλλη, ο οινοποιητικός συνεταιρισμός Καρύστου –Μαρμαρίου, που εδρεύουν εντός του Δήμου Καρύστου. Φυσικά σε όλο το εύρος του νομού, εδρεύουν και άλλες οινοποιητικές μονάδες μικρότερες από τις προαναφερθείσες. Επιπλέον, στην περιοχή δραστηριοποιούνται και άλλες επιχειρήσεις όπως η Dirfys Mushrooms, η οποία παράγει και τυποποιεί μανιτάρια, καθώς και διάφορες μικρότερες μονάδες που ασχολούνται με την επεξεργασία ελαιολάδου, μελιού και άλλων αγροτικών προϊόντων.

Στο σύνολο τους, οι βιομηχανίες τροφίμων και ποτών της Εύβοιας φέρουν σημαντικό ρόλο στην οικονομία της περιοχής. Δημιουργώντας θέσεις εργασίας, στηρίζοντας τους τοπικούς παραγωγούς και προωθώντας τα ελληνικά προϊόντα στην εγχώρια και διεθνή αγορά. Η ανάπτυξη του αγροδιατροφικού τομέα συμβάλλει όχι μόνο στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής αλλά και στη διατήρηση της παραδοσιακής ελληνικής διατροφής. Παρόλα αυτά οι

βιομηχανίες αυτές όσο μικρές η μεγάλες και αν είναι, παράγουν απόβλητα με υψηλό οργανικό φορτίο (BOD, COD), λίπη, έλαια και θρεπτικά στοιχεία (άζωτο και φώσφορο). Η εποχικότητα της παραγωγής δημιουργεί έντονες διακυμάνσεις στη σύσταση και την ποσότητα των αποβλήτων, γεγονός που δυσχεραίνει τη σταθερή λειτουργία των συστημάτων επεξεργασίας.

Βασικές είναι ακόμα οι χημικές αλλά και μεταλλευτικές δραστηριότητες στο νομό Εύβοιας, την οικονομική δραστηριότητα του νομού Εύβοιας διαδραματίζουν επίσης οι χημικές και μεταλλευτικές δραστηριότητες, οι οποίες έχουν μακρά παράδοση στην περιοχή. Στον τομέα της μεταλλευτικής βιομηχανίας ξεχωρίζει η δραστηριότητα της ΛΑΡΚΟ Γενική Μεταλλευτική και Μεταλλουργική Α.Ε., η οποία δραστηριοποιείται στην εξόρυξη και επεξεργασία νικελίου στη βόρεια Εύβοια και στη Λάρυμνα. Παράλληλα, στον νομό λειτουργούν βιομηχανίες που σχετίζονται με την παραγωγή τσιμέντου και δομικών υλικών, όπως η ΑΓΕΤ Ηρακλής, θυγατρική του ομίλου Holcim, η οποία διατηρεί σημαντικές εγκαταστάσεις στην περιοχή του Μυλάκι Ευβοίας. Οι δραστηριότητες αυτές συμβάλλουν σημαντικά στη βιομηχανική παραγωγή και την απασχόληση της περιοχής, ενισχύοντας παράλληλα τη βιομηχανική φυσιογνωμία του νομού. Τα απόβλητα αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνουν βαρέα μέταλλα (Cr, Ni, Pb), τοξικές οργανικές ενώσεις και όξινα ή αλκαλικά διαλύματα. Πρόκειται για την πιο επικίνδυνη κατηγορία αποβλήτων από πλευράς περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Στον νομό υπάρχει σημαντική δραστηριότητα εξόρυξης λατομικών υλικών, κυρίως αδρανών υλικών και μαρμάρων. Οι δραστηριότητες αυτές συνδέονται με την τοπική οικονομία, καθώς τροφοδοτούν κατασκευαστικά έργα και τη βιομηχανία δομικών υλικών. Η χωροθέτηση λατομείων πρέπει να γίνεται σε καθορισμένες λατομικές περιοχές και σύμφωνα με την ισχύουσα περιβαλλοντική και χωροταξική νομοθεσία. Προβλέπεται ότι οι εξορυκτικές δραστηριότητες πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, τη συμβατότητα με άλλες χρήσεις γης (τουρισμός, γεωργία, οικισμοί). Όπως και την αποκατάσταση των λατομικών χώρων μετά το τέλος της εκμετάλλευσης. Σε ορισμένες περιοχές της Εύβοιας (π.χ. νότια Εύβοια – περιοχή Καρύστου) η εξορυκτική δραστηριότητα είναι έντονη λόγω των διαθέσιμων πετρωμάτων και πρώτων υλών. (ΥΠΕΝ) Τα υγρά απόβλητα λατομείων περιέχουν κυρίως αιωρούμενα στερεά, λάσπη και ανόργανα υλικά. Αν και παρουσιάζουν χαμηλή τοξικότητα, η ανεξέλεγκτη διάθεσή τους είναι δυνατόν να προκαλέσει αυξημένη θολότητα και αλλοίωση της φυσικής κατάστασης των υδάτινων σωμάτων.

4.4 Υφιστάμενες υποδομές επεξεργασίας στο Νομό Εύβοιας

Στον Νομό Εύβοιας λειτουργεί ένα δίκτυο εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, το οποίο περιλαμβάνει τόσο δημοτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων όσο και ιδιωτικές μονάδες επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων. Οι υποδομές αυτές έχουν αναπτυχθεί σταδιακά τις τελευταίες δεκαετίες, κυρίως μετά την εφαρμογή της ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής νομοθεσίας για την επεξεργασία αστικών λυμάτων, η οποία αποσκοπεί στην προστασία του υδατικού περιβάλλοντος από τη ρύπανση. Οι σημαντικότερες δημοτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) εντοπίζονται κυρίως σε μεγαλύτερους αστικούς οικισμούς και τουριστικές περιοχές του νησιού, όπως η Χαλκίδα, η Ερέτρια, η Κάρυστος, το Αλιβέρι και η Ιστιαία. Οι μονάδες αυτές εξυπηρετούν κυρίως αστικά λύματα που συλλέγονται μέσω των τοπικών αποχετευτικών δικτύων και επεξεργάζονται με βιολογικές μεθόδους πριν από τη διάθεσή τους στο περιβάλλον. Σε αρκετές περιπτώσεις εφαρμόζονται συστήματα ενεργού ιλύος ή παρατεταμένου αερισμού, τα οποία αποτελούν ευρέως διαδεδομένες τεχνολογίες δευτεροβάθμιας επεξεργασίας για την απομάκρυνση οργανικού φορτίου και αιωρούμενων στερεών από τα λύματα.

Παράλληλα, στην περιοχή λειτουργούν και ιδιωτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που ανήκουν σε μεγάλες βιομηχανικές μονάδες, ιδιαίτερα στους τομείς της μεταλλουργίας, των τροφίμων και των χημικών προϊόντων. Οι εγκαταστάσεις αυτές εφαρμόζουν συνήθως συνδυασμό φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών επεξεργασίας, προκειμένου να μειωθούν οι συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων πριν από τη διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και πιο σύγχρονες τεχνολογίες, όπως συστήματα μεμβρανών βιοαντιδραστήρα (MBR), τα οποία συνδυάζουν τη βιολογική επεξεργασία με τη διήθηση μέσω μεμβρανών για την επίτευξη υψηλής ποιότητας εκροής. Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων πραγματοποιείται είτε σε φυσικούς υδάτινους αποδέκτες, όπως ποτάμια και θαλάσσιες περιοχές, είτε μέσω αποχετευτικών συστημάτων που καταλήγουν σε οργανωμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί στον τομέα της επεξεργασίας λυμάτων, η επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού παραμένει περιορισμένη στον Νομό Εύβοιας. Οι περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης αφορούν κυρίως δευτερεύουσες χρήσεις, όπως η ψύξη μηχανημάτων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις ή ο καθαρισμός χώρων και εξοπλισμού. Ένα σημαντικό ζήτημα που παρατηρείται στις υφιστάμενες υποδομές είναι η ανομοιογένεια τόσο στον τεχνολογικό εξοπλισμό όσο και στο επίπεδο λειτουργικής απόδοσης των εγκαταστάσεων. Πολλές από τις εγκαταστάσεις έχουν κατασκευαστεί πριν από αρκετές δεκαετίες και λειτουργούν με παλαιότερα συστήματα επεξεργασίας, τα οποία δεν ανταποκρίνονται πλήρως στις σύγχρονες περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Η παλαιότητα του εξοπλισμού, σε συνδυασμό με την ανεπαρκή συντήρηση ή τον περιορισμένο εκσυγχρονισμό, μπορεί να οδηγήσει σε

μειωμένη αποδοτικότητα της επεξεργασίας και σε περιστασιακές υπερβάσεις των επιτρεπόμενων ορίων εκπομπών.

Συνεπώς, καθίσταται αναγκαία η αναβάθμιση και ο εκσυγχρονισμός των υφιστάμενων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, με στόχο τη βελτίωση της αποδοτικότητας, τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την ενίσχυση της βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων στην περιοχή. Η ενσωμάτωση σύγχρονων τεχνολογιών επεξεργασίας, καθώς και η προώθηση της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων, αποτελούν βασικές προτεραιότητες για τη βιώσιμη ανάπτυξη του Νομού Εύβοιας.

Νομοθετικά οι περισσότερες βιομηχανικές μονάδες διαθέτουν Αποφάσεις Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ), ωστόσο η εφαρμογή τους δεν είναι πάντα αποτελεσματική. Οι έλεγχοι από τις αρμόδιες υπηρεσίες πραγματοποιούνται αποσπασματικά, λόγω περιορισμένων ανθρώπινων και οικονομικών πόρων. Παρατηρούνται περιπτώσεις μη συμμόρφωσης με τα θεσμοθετημένα όρια εκπομπών, ιδιαίτερα σε μικρότερες ή παλαιότερες μονάδες. Τα βασικά προβλήματα εντοπίζονται στο υψηλό κόστος επενδύσεων για σύγχρονες εγκαταστάσεις επεξεργασίας και στη γραφειοκρατική καθυστέρηση στην ανανέωση των περιβαλλοντικών αδειών. Σε πολλές περιπτώσεις οι βιομηχανίες επίσης σε περίπτωση ελέγχου, όταν δεν συμμορφώνονται με την κείμενη, υπάρχουσα νομοθεσία, φαίνεται να χρηματίζουν στελέχη ελεγκτικών επιτροπών, με στόχο να μην λάβουν πρόστιμα και επιπλέον κυρώσεις.

Η διαχείριση των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στον Νομό Εύβοιας αντιμετωπίζει αρκετές δυσκολίες. Ένα μεγάλο πρόβλημα είναι ότι πολλές από τις εγκαταστάσεις είναι παλιές και δεν ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις για καθαρότερη και ασφαλέστερη επεξεργασία των αποβλήτων. Η αναβάθμισή τους απαιτεί σημαντικό κόστος, κάτι που πολλές φορές είναι δύσκολο για τις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις. Παράλληλα, οι έλεγχοι που γίνονται στις βιομηχανίες δεν είναι πάντα αρκετά συχνοί ή λεπτομερείς, με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος να περνούν από “ψιλά” κάποιες περιβαλλοντικές παραβάσεις. Επιπλέον, η γεωγραφική διάταξη των βιομηχανιών σε περιοχές που δεν είναι εύκολα προσβάσιμες δυσκολεύει τη μεταφορά των αποβλήτων προς τις μονάδες επεξεργασίας, ενώ οι κοινωνικές αντιδράσεις στις περιοχές που έχουν ιστορικό ρύπανσης δυσκολεύουν την αποδοχή νέων έργων. Η έλλειψη εμπιστοσύνης των κατοίκων προς τις βιομηχανικές δραστηριότητες δημιουργεί πρόσθετη πίεση και καθιστά απαραίτητη την ανάπτυξη στρατηγικών που συνδυάζουν τεχνολογικές λύσεις, οικονομική στήριξη και επικοινωνία με τις τοπικές κοινωνίες. Παρά τις δυσκολίες, οι εξελίξεις στην τεχνολογία δίνουν ελπίδα για μια πιο βιώσιμη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Οι σύγχρονες μέθοδοι, όπως τα συστήματα

μεμβρανών και οι βιοαντιδραστήρες, βελτιώνουν την απομάκρυνση ρύπων και επιτρέπουν ακόμα και την ανάκτηση χρήσιμων υλικών από τα απόβλητα. Ταυτόχρονα, η χρήση έξυπνων συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης επιτρέπει να εντοπίζονται άμεσα προβλήματα στην ποιότητα του νερού, προλαμβάνοντας μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Σημαντικό ρόλο παίζουν και τα ευρωπαϊκά προγράμματα χρηματοδότησης, που στηρίζουν έργα πράσινης μετάβασης και κυκλικής οικονομίας. Μέσα από αυτά, οι επιχειρήσεις μπορούν να επενδύσουν σε νέες τεχνολογίες και να μειώσουν τα απόβλητα στην πηγή, ενώ παράλληλα ενισχύεται η επαναχρησιμοποίηση νερού. Η μελλοντική διαχείριση των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων φαίνεται να κινείται προς ολοκληρωμένες λύσεις που συνδυάζουν τεχνολογική καινοτομία, οικονομική στήριξη και κοινωνική αποδοχή, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιώσιμη ανάπτυξη της περιοχής.

4.5 Ανάλυση Βιομηχανικών Δραστηριοτήτων στην Εύβοια

Η Εύβοια αποτελεί μία από τις πλέον βιομηχανικά ανεπτυγμένες περιοχές της χώρας, λόγω της γεωγραφικής της θέσης, της εγγύτητας με την Αθήνα και της διαθεσιμότητας φυσικών πόρων. Οι δραστηριότητες αυτές συμβάλλουν σημαντικά στην τοπική και εθνική οικονομία, ενώ παράλληλα δημιουργούν περιβαλλοντικές προκλήσεις που σχετίζονται κυρίως με τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Στην Εύβοια αναπτύσσονται διάφοροι κλάδοι βιομηχανικής δραστηριότητας όπως προαναφέραμε, οι οποίοι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής, τσιμεντοβιομηχανίες οι οποίες, αξιοποιούν πρώτες ύλες όπως ασβεστόλιθο και άργιλο, παράγουν επιπλέον απόβλητα με υψηλό φορτίο αιωρούμενων στερεών. Βιομηχανίες τροφίμων στις οποίες περιλαμβάνονται τα ελαιολιβερά, τα τυροκομεία και μονάδες επεξεργασίας κρέατος. Τα απόβλητα χαρακτηρίζονται από υψηλό οργανικό φορτίο (BOD, COD). Επιπλέον εδρεύουν μεταλλουργικές βιομηχανίες, που σχετίζονται κυρίως με την επεξεργασία μετάλλων (π.χ. νικέλιο, σίδηρος). Παράγοντας απόβλητα με βαρέα μέταλλα. Όπως και χημικές βιομηχανίες όπου περιλαμβάνουν παραγωγή λιπασμάτων, χρωμάτων και άλλων χημικών προϊόντων, με σύνθετα και συχνά επικίνδυνα υγρά απόβλητα. (ΥΠΕΝ, 2025)

Κλάδος	Αριθμός μονάδων (εκτίμηση)	Περιοχή
Τσιμεντοβιομηχανίες	2–3	Χαλκίδα, Αλιβέρι
Βιομηχανίες τροφίμων	15–25	Βόρεια & Κεντρική Εύβοια
Μεταλλουργικές	3–5	Λάρυμνα, Μαντούδι
Χημικές	2–4	Περιοχή Χαλκίδας & Οινόφυτων

Τα υγρά απόβλητα όπου παράγονται στο νομό Εύβοιας έχουν μεταξύ τους διαφοροποιήσεις σχετικά με την δραστηριότητα της εκάστοτε επιχείρησης – βιομηχανίας, ως προς τη σύσταση αλλά και το ποσοστό επικινδυνότητας τους. Σχετικά με τα απόβλητα τσιμεντοβιομηχανιών παρατηρούμε, ότι χαρακτηρίζονται ιδιαίτερα από μεγάλη συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών, χαμηλό οργανικό φορτίο και αλκαλικό pH. Απόβλητα από βιομηχανίες τροφίμων παρουσιάζουν υψηλό οργανικό φορτίο (BOD, COD), αιωρούμενα στερεά και θρεπτικά όπως το άζωτο και ο φώσφορος αλλά και λιπαρές ουσίες και έλαια. Σχετικά με τις χημικές βιομηχανίες αυτές χαρακτηρίζονται από σύνθετη χημική σύσταση, τοξικές και ενίοτε μη βιοδιασπώμενες ουσίες, όπως και διακυμάνσεις σχετικά με τη σύσταση των αποβλήτων αυτών. Όσο για απόβλητα από μεταλλουργικές δραστηριότητες, αυτά περιέχουν όξινο ή αλκαλικό pH, τοξικές ενώσεις, αλλά και βαρέα μέταλλα όπως σίδηρος, νικέλιο ή και χρώμιο κ.α. (ΥΠΕΝ, 2025)

Κλάδος	Κύρια χαρακτηριστικά αποβλήτων	Περιβαλλοντικός κίνδυνος
Τσιμεντοβιομηχανίες	Αιωρούμενα στερεά, υψηλό pH	Μέτριος
Τρόφιμα	Υψηλό BOD/COD, λίπη, θρεπτικά	Υψηλός
Μεταλλουργικές	Βαρέα μέταλλα, τοξικότητα	Πολύ υψηλός
Χημικές	Τοξικές/σύνθετες ενώσεις	Πολύ υψηλός

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (ΥΠΕΝ, 2025)

Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στην περιοχή της Εύβοιας πραγματοποιείται με συνδυασμό φυσικών, χημικών και βιολογικών μεθόδων, ανάλογα με τον τύπο και τη ρύπανση των αποβλήτων. Η επεξεργασία τους εξαρτάται άμεσα από την φυσικοχημική σύσταση αλλά και προέλευση τους. Σχετικά με διάφορους βιομηχανικούς κλάδους οι οποίοι παράγουν απόβλητα με ποιο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, εκεί αναγκαστικά εφαρμόζονται εξειδικευμένες αλλά και συνδυαστικές μέθοδοι επεξεργασίας. (ΥΠΕΝ, 2025)

Αναλυτικότερα σχετικά με όσα αναφέρονται στα παραπάνω κεφάλαια τα υγρά απόβλητα από τσιμεντοβιομηχανίες χαρακτηρίζονται σε μεγάλο ποσοστό από αλκαλικότητα, όπως και μεγάλη συγκέντρωση σε αιωρούμενα στερεά, με περιορισμένο οργανικό φορτίο. Η επεξεργασία των αποβλήτων αυτών έχει βάση σε φυσικοχημικές αλλά και χημικές διεργασίες, χωρισμένες σε στάδια. Στο στάδιο της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι δυνατόν να εφαρμοστεί η εσχάρωση, με στόχο την απομάκρυνση μεγάλων σωματιδίων και καθίζηση

με στόχο την απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών μέσω της βαρύτητας. Σε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμόζεται επίπλευση για την απομάκρυνση ελαφρών σωματιδίων. Σειρά έχει στην πορεία η φυσικοχημική επεξεργασία, με κύρια διεργασία την εξουδετέρωση του pH, για να επιτευχθεί η σταθεροποίηση των αποβλήτων και συμμόρφωση με τα περιβαλλοντικά όρια διάθεσης. Επιπλέον, διεργασίες κροκίδωσης – συσσωμάτωσης χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση της απομάκρυνσης λεπτόκοκκων στερεών. Η βιολογική επεξεργασία δεν εφαρμόζεται ευρέως, λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας σε βιοδιασπώμενες οργανικές ουσίες. (D. FREEDA GNANA RANI et al., 2005)

Τα απόβλητα από βιομηχανίες τροφίμων δε, παρουσιάζουν υψηλό οργανικό φορτίο, όπως εκφράζεται μέσω των παραμέτρων BOD και COD, καθώς και σημαντικές συγκεντρώσεις λιπών, ελαίων και θρεπτικών συστατικών (άζωτο και φώσφορος). Η επεξεργασία τους περιλαμβάνει αρχικά πρωτοβάθμιες διεργασίες, όπως εσχάρωση για την απομάκρυνση στερεών υπολειμμάτων και επίπλευση διαλυμένου αέρα (DAF) για την απομάκρυνση λιπών και ελαίων. Η καθίζηση συμβάλλει στη μείωση των αιωρούμενων στερεών. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία αποτελεί το βασικό στάδιο και πραγματοποιείται με βιολογικές μεθόδους, όπως η διεργασία ενεργού ιλύος και τα βιολογικά φίλτρα, όπου μικροοργανισμοί αποδομούν τις οργανικές ενώσεις. Σε περιπτώσεις υψηλού οργανικού φορτίου εφαρμόζεται αναερόβια χώνευση, η οποία παρουσιάζει το πλεονέκτημα της παραγωγής βιοαερίου. Η τριτοβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνει απομάκρυνση θρεπτικών στοιχείων για την αποτροπή φαινομένων ευτροφισμού, καθώς και απολύμανση μέσω χλωρίωσης ή υπεριώδους ακτινοβολίας, ιδίως όταν τα επεξεργασμένα λύματα πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν. (A. Saravanan et al., 2023)

Τα λύματα που παράγονται από τις βιομηχανίες τροφίμων αποτελούν την κύρια πηγή περιβαλλοντικής ρύπανσης. Περιέχουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών, οργανικών συστατικών (άνθρακα, άζωτο), ανόργανων ουσιών και αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία πρέπει να υποβάλλονται σε σωστή επεξεργασία όταν απορρίπτονται απευθείας στα λύματα. Οι παράμετροι ποιότητας των λυμάτων είναι το pH, η θερμοκρασία, η εμφάνιση, η οσμή, τα συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS), τα συνολικά αιωρούμενα στερεά (TSS). Επιπλέον, παρουσιάζουν επίσης εξάντληση οξυγόνου ως Βιοχημική απαίτηση οξυγόνου (BOD) και Χημική απαίτηση οξυγόνου (COD), η οποία βοηθά στη μέτρηση της ποιότητας του νερού. Η ποιότητα των αποβλήτων μετράται προσδιορίζοντας την απαίτηση οξυγόνου για τη σταθεροποίηση των αποβλήτων. Η υψηλή ποσότητα BOD και COD υποδηλώνει την αύξηση της απώλειας προϊόντος στη ροή αποβλήτων. Η συνήθης μέθοδος μέτρησης BOD είναι η μέθοδος αραίωσης και η μέθοδος αναπνευσομετρίας. Το COD βασίζεται σε βιοαποικοδομήσιμα και μη βιοαποικοδομήσιμα στοιχεία στα λύματα. Ο υψηλότερος λόγος

BOD/COD υποδεικνύει εύκολα βιοδιασπώμενες ουσίες, ενώ ο χαμηλότερος λόγος BOD/COD υποδεικνύει στοιχεία χαμηλής βιοδιασπώμενης ή μη βιοδιασπώμενης φύσης. Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη, έως το 2030 μπορεί να προκύψει παγκόσμιο έλλειμμα 40% μεταξύ της αναμενόμενης ζήτησης και της διαθέσιμης προσφοράς. Η συγκέντρωση και η σύνθεση των λυμάτων επεξεργασίας τροφίμων ποικίλλει από ουσίες υψηλότερης περιεκτικότητας σε ουσίες χαμηλής και μεσαίας περιεκτικότητας σε οργανικά φορτία, θρεπτικά συστατικά, αιωρούμενα στερεά. (A. Saravanan et al., 2023)

Λύματα από τη βιομηχανία τροφίμων	ΓΑΛΟΣ	Διοικητικό Συμβούλιο	TSS	pH	Ολικό άζωτο	Συνολικός φώσφορος
Γαλακτοκομικά προϊόντα	920–9000 mg/L	400–6100 mg/L	100–850 mg/L	4,0–9,0	10–250 mg/L	9–120 mg/L
Πουλερικά	850–1250 mg/L	600–1000 mg/L	0,7–1,5 mg/L	5,5–7,3	--	--
Διαδικασία αλείας	250–12000 mg/L	300–47000 mg/L	95–6500 mg/L	5,7–7,5	100–500 mg/L	--
Φρούτα και λαχανικά	3500–11500 mg/g	1050–2600 mg/g	250–1500 mg/g	4,5–5,5	--	10–28 mg/g
Ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο	110–3400 mg/L	60–1820 mg/L	5–1500 mg/L	6,0–10,0	--	--
Κοπριά γαλακτοπαραγωγών βοοειδών	550–21000 mg/L	--	0,14–4,5 mg/g	5,0–7,5	120–2500 mg/L	--
Ζυθοποιείο	1250–2000 mg/L	1200–3600 mg/L	50–3000 mg/L	4,5–7,6	25–80 mg/L	10–50 mg/L
Ποτό	228–2990 mg/L	130–350 mg/L	--	5,2–9,8	--	--
Φυτικό λάδι	250–22300 mg/L	800–3790 mg/L	--	3,5–5,1	--	--

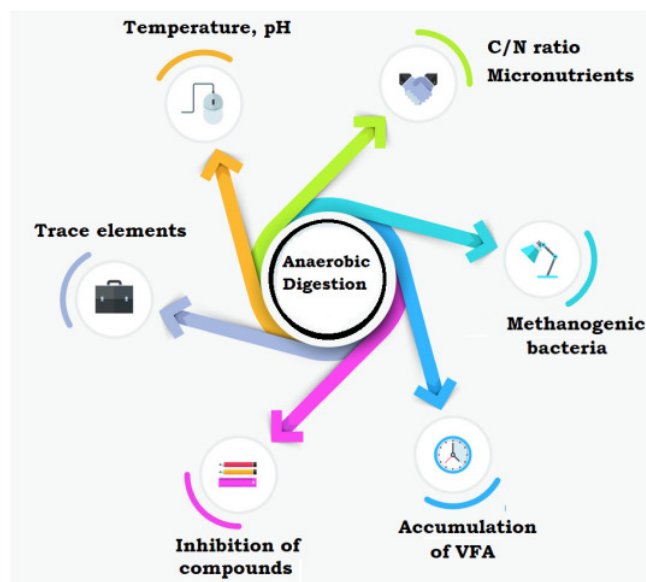
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (A. Saravanan et al., 2023)

Στον παραπάνω πίνακα αναφέρονται αναλυτικότερα τα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων από μονάδες επεξεργασίας τροφίμων. Η ανάλυση αυτών πραγματοποιείται από διαφορετικές μεθόδους και όργανα, καθώς γίνεται ανάλυση στο pH χρησιμοποιώντας πεχαμετρικό μετρητή, ολικά αιωρούμενα στερεά με βαρυμετρική μέθοδο, COD με μέθοδο κλειστής αναρροής και BOD. Τα δείγματα λυμάτων στην έρευνα αυτή λήφθηκαν από γαλακτοκομικά και εργοστάσια επεξεργασίας κρέατος πριν από την επεξεργασία. Ελήφθησαν διάφοροι παράγοντες όπως COD, BOD, ολικά αιωρούμενα σωματίδια, pH, χλωρίδια, άζωτο και συγκέντρωση φωσφόρου. Εάν τα απόβλητα δεν υποβληθούν σε επεξεργασία, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε σοβαρά προβλήματα. Ωστόσο, τα απόβλητα από τα γαλακτοκομικά εργοστάσια έχουν υψηλή συγκέντρωση πρωτεϊνών, υδατανθράκων και υψηλή συγκέντρωση COD, BOD, pH, χλωριδίων σε σύγκριση με τα εργοστάσια επεξεργασίας κρέατος που έχουν υψηλή συγκέντρωση αζώτου, φωσφόρου και συνολικών αιωρούμενων σωματιδίων. (A. Saravanan et al., 2023)

Τα λύματα που παράγονται από διαφορετικές βιομηχανίες τροφίμων ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο των προϊόντων που κατασκευάζονται και τις αντίστοιχες πρώτες ύλες τους. Ανάλογα με τον τύπο των βιομηχανιών επεξεργασίας τροφίμων, τα λύματα περιέχουν υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη και έλαια, οργανικά και ανόργανα άλατα κλπ., τα οποία προστίθενται ως απαιτήσεις παραγωγής στη διαδικασία παραγωγής. Γενικοί τύποι ρύπων νερού περιλαμβάνουν παθογόνους οργανισμούς, απαιτήσεις οξυγόνου, θρεπτικά συστατικά, μικροπλαστικά, ιζήματα κλπ. Η γκάμα των τροφίμων παρουσιάζει διαφορετικές προκλήσεις όσον αφορά τα λύματα. Παραδείγματα: φρούτα και λαχανικά για κονσερβοποίηση και συντήρηση, ψάρια, κρέας και πουλερικά, γαλακτοκομικά προϊόντα και γλυκά, ποτά, σνακ. Στις βιομηχανίες επεξεργασίας φυτικών ελαίων, το έλαιο απορρίπτεται με τα λύματα, γεγονός που έχει σοβαρές επιπτώσεις στο υδάτινο οικοσύστημα. Αυτή η περιεκτικότητα σε έλαιο μπορεί να μετατραπεί σε πτητικά λιπαρά οξέα μέσω της αναερόβιας χώνευσης. Στις βιομηχανίες ζυθοποιίας, ποτών και τροφίμων με βάση το άμυλο, η περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά και οργανικούς υδατάνθρακες είναι υψηλή στη φύση, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε βιοαέριο μέσω αναερόβιας διεργασίας. (A. Saravanan et al., 2023)

Μια σημαντική διεργασία για τα απόβλητα αυτά είναι η αναερόβια χώνευση (AX), μια διαδοχική διαδικασία για τον καθαρισμό των βιομηχανικών λυμάτων. Αυτά μπορεί να απελευθερωθούν με τη μορφή λυμάτων που ενσωματώνουν τοξικά απόβλητα τα οποία πρέπει να αποβληθούν από το σύστημα δείχνει την αναερόβια χώνευση λυμάτων της βιομηχανίας τροφίμων. Για την αποτελεσματική διάθεση και ανάκτηση πόρων από τα τοξικά λύματα, πρέπει να προσδιοριστεί η ποιότητά τους. Επιπλέον, η ποιότητα των λυμάτων έχει αντίκτυπο στους παρακείμενους πόρους όπου απορρίπτονται. Κυρίως, επηρεάζει τα υδάτινα

οικοσυστήματα στα οποία αποστραγγίζονται τα απόβλητα. Η ΑΧ χρησιμοποιείται κυρίως για την επεξεργασία ιλύος λυμάτων και επειδή μεγάλες ποσότητες αυτών των ρύπων αποστραγγίζονται στο σύστημα αποχέτευσης, οι τοξικοί ρύποι καταστρέφονται πριν αποσταλούν. Τα λύματα με υψηλή συγκέντρωση οργανικών αποβλήτων υποβάλλονται καταλληλότερα σε επεξεργασία με ΑΧ. (Α. Saravanan et al., 2023)



ΣΧΗΜΑ 3: ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ (Α. Saravanan et al., 2023)

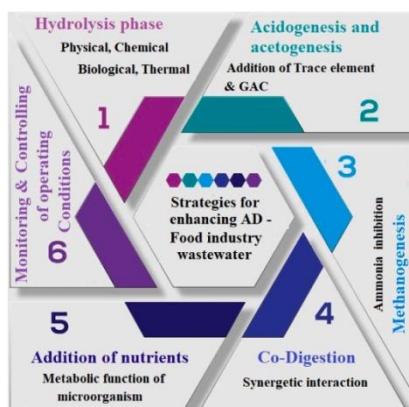
Κατά την αναερόβια χώνευση, πραγματοποιείται η επεξεργασία οργανικών αποβλήτων τα οποία μετατρέπονται σε χρησιμότερα προϊόντα. Τα τελικά προϊόντα από τη διεργασία βιοαερίου περιλαμβάνουν τον διαχωρισμό του νερού από αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και το αέριο μεθάνιο (CH_4), μαζί με άλλα αέρια σε μικρές ποσότητες όπως άζωτο, υδρογόνο κλπ. Μεταξύ άλλων αερίων, το μεθάνιο (βιοαέριο) που παράγεται σε μεγάλες ποσότητες εξεργάζεται ξανά και μετατρέπεται σε θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια. Με αποτέλεσμα, η μετασχηματισμένη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτές τις ίδιες τις μεταποιητικές βιομηχανίες, καθώς μειώνει το κόστος που δαπανάται για ενέργεια. Το παραγόμενο αέριο - CH_4 , επιπλέον μπορεί να προκαλέσει επιβλαβείς επιπτώσεις και να επηρεάσει τις κλιματικές συνθήκες όταν εκτίθεται στο περιβάλλον. Έτσι, το αέριο μεθάνιο χρησιμοποιείται για ευεργετικές πτυχές στη βιομηχανία. Όλες οι παραπάνω συνθήκες αποδεικνύουν ότι η χώνευση απουσία οξυγόνου υπερβαίνει κατά πολύ την ανάγκη για αερόβια χώνευση. Εκτός από τα μειονεκτήματα, η έλλειψη γνώσης σχετικά με τις συνθήκες λειτουργίας μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητική καθοδήγηση ολόκληρης της διαδικασίας, για την οποία θα πρέπει να ελεγχθεί το όργανο για σφάλματα. Από τις

αναφερόμενες περιπτώσεις, η πλειονότητα των παραπόνων σχετίζεται με τις συνθήκες λειτουργίας με διαρροές. Αυτές οι συνθήκες με τη σειρά τους επηρεάζονται από χαρακτηριστικά όπως η θερμοκρασία, το pH, η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, ο χρόνος κατακράτησης και ο Ρυθμός Φόρτισης Οργανικών Υλικών (OLR). Η θερμοκρασία είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, καθώς είναι κρίσιμο για την τυποποίηση της μικροβιακής διακυτταρικής ενζυμικής δραστηριότητας στη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 0 έως 75 °C, η οποία ομαδοποιείται περαιτέρω σε τρεις κατηγορίες: ψυχρόφιλη (0–20 °C), μεσόφιλη (20–42 °C) και θερμοφιλή (42–75 °C). Η διαδικασία επεξεργασίας βιοαερίου πραγματοποιείται και στα τρία εύρη θερμοκρασίας, αλλά πιθανότατα λειτουργεί εντός του μεσόφιλου και θερμοφιλικού εύρους. Ακόμα κι αν η θερμοκρασία αλλάζει, αποτρέπεται από τη διαδικασία πριν ξεπεραστεί το όριο. Η πέψη λαμβάνει χώρα σε βέλτιστη θερμοκρασία 35 °C και για κάθε πτώση 10 °C, το ήμισυ της βακτηριακής δραστηριότητας μειώνεται. Ανάλογα με τα εύρη θερμοκρασίας, ο ρυθμός αντίδρασης ποικίλλει. Η μεθανογένεση (παραγωγή μεθανίου) διπλασιάστηκε υπό θερμοφίλες συνθήκες σε σύγκριση με εκείνη σε ψυχρόφιλες συνθήκες. Επίσης, υπό θερμοφίλες συνθήκες, υπάρχει μικρότερη αναστολή λόγω της αμμωνίας από ότι σε μεσόφιλες συνθήκες. (A. Saravanan et al., 2023)

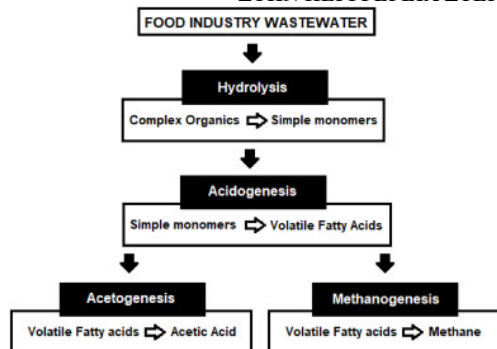
Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας είναι το pH, όπου κάθε μικρόβιο στην αναερόβια χώνευση έχει το δικό του συγκεκριμένο βέλτιστο pH ανάπτυξης. Η αποικοδόμηση λαμβάνει χώρα εντός ενός κατάλληλου εύρους pH 5,5-8,0 μονάδων. Διαπιστώθηκε ότι η παραγωγή μεθανίου ήταν χαμηλότερη στην περιοχή pH από 5,5 έως 6,0 μονάδες και μέγιστη σε τιμές άνω των 7,0 μονάδων. Το βέλτιστο εύρος pH είναι 6,8-7,2 μονάδες. Το κύριο μειονέκτημα για την αναερόβια χώνευση είναι τα βακτήρια που σχηματίζουν οξύ μαζί με το υποπροϊόν και η προϋπόθεση για να ξεπεραστεί αυτό είναι η διατήρηση του pH εντός του κατάλληλου εύρους, όπως αναφέρθηκε. Με βάση τις βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις, διαπιστώθηκε ότι η συνεχής φόρτωση νερού υψηλής περιεκτικότητας σε ενισχυμένους αντιδραστήρες μπορεί να προκαλέσει την αντίδραση των βακτηρίων που σχηματίζουν οξύ σε μεγάλο βαθμό με το νερό και την αύξηση του pH, το οποίο όταν απελευθερώνεται ως λύματα προκαλεί επιβλαβείς επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους. Για την παραγωγή μεθανίου, πρέπει να διατηρείται το εύρος pH 4-9 όπου συχνά αναπτύσσονται τα μεθανογόνα. Επομένως, είναι υποχρεωτικό ένα ρυθμιστικό διάλυμα για τη διατήρηση του pH εντός του μεθανογενετικού ορίου. Τα μικρόβια, και ιδιαίτερα τα βακτήρια, απαιτούν μικρή συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών όπως άζωτο, φώσφορο, σίδηρο, ψευδάργυρο κ.λπ., για να λάβει χώρα η μικροβιακή ανάπτυξη. Η απουσία αυτών των θρεπτικών συστατικών έχει μεγάλο αντίκτυπο στην απόδοση της μικροβιακής δραστηριότητας. Όλα αυτά τα θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται από τα βακτήρια για την

εκτέλεση της ΑΧ δεν υπάρχουν στα λύματα ανά πάσα στιγμή. Σε αυτήν την περίπτωση, τα απαραίτητα συμπληρώματα θα πρέπει να παρέχονται πριν από την επεξεργασία της ΑΧ. Στο τέλος της διαδικασίας, μια μικρή περίσσεια θρεπτικών συστατικών θα πρέπει να παραμένει στα λύματα για να διασφαλιστεί η επαρκής χρήση από τα βακτήρια. Ο Ρυθμός Φόρτωσης Οργανικών Υλικών (OLR) είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην ΑΧ που αντιστοιχεί στην παραγωγή και τη σταθερότητα του βιοαερίου. Είναι η αναλογία της ποσότητας οργανικών υλικών που υπάρχουν στην τροφοδοσία προς τη χωρητικότητα του χωνευτηρίου. Με την αύξηση του OLR, η παραγωγή μεθανίου αυξάνεται επίσης λόγω της αυξημένης ανάπτυξης μικροβίων. Αλλά εάν ο OLR είναι πολύ υψηλός, τα ανασταλικά οργανικά οξέα θα αρχίσουν να συσσωρεύονται, με αποτέλεσμα μια όξινη κατάσταση η οποία είναι ακατάλληλη για μικροβιακή ανάπτυξη. (A. Saravanan et al., 2023)

Υπάρχουν στρατηγικές με στόχο την ενίσχυση της αναερόβιας χώνευσης με στόχο την μείωση όσο δυνατόν περισσότερο στο ρυπαντικό φορτίο που περιέχουν τα υγρά απόβλητα βιομηχανίας τροφίμων, μερικές από αυτές φαίνονται αναλυτικότερα και στα παρακάτω σχήματα και είναι η ενίσχυση στη φάση της υδρόλυσης κατά την οποία μειώνεται το μέγεθος των σωματιδίων με άλεση και χάντρες FW, με σκοπό την ενίσχυση παραγωγής βιοαερίου. Ωστόσο, η υπερβολική μείωση του μεγέθους των σωματιδίων έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση και τη μείωση της παραγωγής βιοαερίου. Ενίσχυση της οξεογένεσης και της ακετογένεσης, με προσθήκη του ιχνοστοιχείου TE και με συν – πέψη, προσθήκη ενεργού άνθρακα, και θρεπτικών συστατικών. Φυσικά όλες αυτές οι διαδικασίες απαιτούν και σωστή επίβλεψη αλλά και αυστηρό έλεγχο σε συνθήκες λειτουργίας. (A. Saravanan et al., 2023)



ΣΧΗΜΑ 4: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ (A. Saravanan et al., 2023)



ΣΧΗΜΑ 5: ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Σχετικά με τα απόβλητα από μεταλλουργικές βιομηχανίες αυτά χαρακτηρίζονται ιδιαίτερα από έντονη παρουσία βαρέων μετάλλων και άλλων τοξικών ουσιών αυτό αυτομάτως τα καθιστά τρομερά επικίνδυνα και για τη δημόσια υγεία και για το περιβάλλον. Η επεξεργασία τους βασίζεται κυρίως σε φυσικοχημικές διεργασίες. Η εξουδετέρωση του pH αποτελεί κρίσιμο στάδιο, καθώς επιτρέπει τη μετατροπή των διαλυμένων μετάλλων σε αδιάλυτες μορφές. Ακολουθεί καθίζηση των βαρέων μετάλλων, συχνά σε συνδυασμό με διεργασίες κροκίδωσης – συσσωμάτωσης για τη βελτίωση της απομάκρυνσης. Σε επόμενα στάδια εφαρμόζονται τεχνολογίες υψηλής απόδοσης, όπως διήθηση με μεμβράνες και προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα, για την απομάκρυνση υπολειμματικών ρύπων. Η βιολογική επεξεργασία είναι περιορισμένη, λόγω της τοξικότητας των αποβλήτων και της ανασταλτικής δράσης τους στους μικροοργανισμούς. (Matinde, E et al., 2018)

Η παραγωγή μετάλλων περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια: την εξόρυξη, τον εμπλουτισμό και την κατεργασία. Κατά την εξόρυξη, το μέταλλευμα ανακτάται μέσω επιφανειακών ή υπόγειων μεθόδων, ενώ προηγείται συχνά η απομάκρυνση των υπερκείμενων και στείρων πετρωμάτων. Στη συνέχεια εφαρμόζονται διεργασίες θραύσης, λειοτρίβησης και ταξινόμησης για την προετοιμασία του υλικού. Ο εμπλουτισμός αποσκοπεί στην αύξηση της περιεκτικότητας σε χρήσιμα μέταλλα, μέσω φυσικών και φυσικοχημικών μεθόδων διαχωρισμού. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή συμπυκνώματος και μεταλλευτικών αποβλήτων, με τα τέλματα να αποτελούν την κυριότερη κατηγορία απορριμμάτων. Η τελική κατεργασία του συμπυκνώματος πραγματοποιείται με πυρομεταλλουργικές ή υδρομεταλλουργικές μεθόδους για την ανάκτηση των μετάλλων. Τα μεταλλευτικά απόβλητα, αν και χαμηλής οικονομικής αξίας, ενδέχεται να προκαλέσουν σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ιδιαίτερα λόγω της πιθανής δημιουργίας όξινης απορροής μεταλλείων. Για τον λόγο αυτό, η σύγχρονη μεταλλευτική δραστηριότητα δίνει έμφαση στη βιώσιμη διαχείρισή τους, σύμφωνα με τις ισχύουσες περιβαλλοντικές απαιτήσεις. (Matinde, E et al., 2018)

Τύπος αποβλήτου	Περιγραφή
Υπερκείμενα πετρώματα	Υλικά που απομακρύνονται για την αποκάλυψη του κοιτάσματος· συνήθως αποθηκεύονται και ενδέχεται να συμβάλλουν σε όξινες απορροές.
Στείρα πετρώματα	Πετρώματα με χαμηλή περιεκτικότητα σε μέταλλα, μη οικονομικά εκμεταλλεύσιμα, με πιθανή συμβολή σε περιβαλλοντικά προβλήματα ανάλογα με τη σύστασή τους.
Τέλματα εμπλουτισμού	Λεπτόκοκκα υπολείμματα μετά τον εμπλουτισμό, συχνά σε μορφή πολφού, που περιέχουν νερό και υπολείμματα αντιδραστηρίων.
Μεταλλουργικές σκωρίες	Υποπροϊόντα τήξης και εξευγενισμού μετάλλων, με πιθανή αξιοποίηση αλλά και κινδύνους λόγω παρουσίας βαρέων μετάλλων.
Υγρά απόβλητα	Νερά διεργασιών που περιέχουν διαλυμένα μέταλλα και χημικές ουσίες, προερχόμενα από εμπλουτισμό και κατεργασία.
Ιλύες επεξεργασίας	Στερεά υπολείμματα από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων, συχνά επικίνδυνα λόγω συγκέντρωσης ρύπων.
Όξινη απορροή μεταλλείων	Όξινα υγρά που προκύπτουν από την οξείδωση θειούχων ορυκτών, πλούσια σε μέταλλα και θειικά ιόντα.
Αέριοι ρύποι	Εκπομπές σωματιδίων και αερίων κατά τις μεταλλουργικές διεργασίες, συχνά τοξικές.
Απόβλητα μετά τη χρήση	Υλικά που απορρίπτονται μετά τη χρήση μεταλλικών προϊόντων (π.χ. ηλεκτρονικά απόβλητα).

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΤΥΠΟΙ ΜΕΤΑΛΕΥΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (Matinde, E et al., 2018)

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν καταβληθεί σημαντικές προσπάθειες για την ενσωμάτωση της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων. Πολλές μεταλλευτικές εταιρείες και βιομηχανικοί οργανισμοί έχουν υιοθετήσει πρακτικές που στοχεύουν στην υπεύθυνη εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο περιβαλλοντικές όσο και κοινωνικές παραμέτρους. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί το πλαίσιο των δέκα αρχών του Διεθνούς Συμβουλίου Μεταλλείων και Μετάλλων (ICMM), το οποίο περιλαμβάνει ζητήματα επιχειρηματικής ηθικής, προστασίας ανθρωπίνων δικαιωμάτων, διαχείρισης κινδύνου, υγείας και ασφάλειας, περιβαλλοντικής επίδοσης, διατήρησης της βιοποικιλότητας, υπεύθυνης διαχείρισης υλικών και κοινωνικής συνεισφοράς. Οι αρχές αυτές ευθυγραμμίζονται με διεθνή πρότυπα και πρωτοβουλίες, όπως η Διακήρυξη του Ρίο, οι κατευθυντήριες γραμμές της Παγκόσμιας Τράπεζας και οι συμβάσεις της Διεθνούς Οργάνωσης Εργασίας. Ωστόσο, παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί, δεν έχει επιτευχθεί ακόμη μια πλήρως ενοποιημένη προσέγγιση για την εφαρμογή της βιωσιμότητας στον εξορυκτικό κλάδο. Για τον λόγο αυτό, κρίνεται αναγκαία η υιοθέτηση στρατηγικών «κλειστού βρόχου», οι οποίες στοχεύουν στη μείωση της παραγωγής αποβλήτων μέσω επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης. Παράλληλα, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών αποκατάστασης

εδαφών και στη χρήση προηγμένων τεχνικών διαχείρισης αποβλήτων. (Tayebi-Khorami M et al., 2019)

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για ορυκτές πρώτες ύλες οδηγεί τόσο στην εξάντληση των πλουσιότερων κοιτασμάτων όσο και στην εκμετάλλευση φτωχότερων, γεγονός που συνεπάγεται σημαντική αύξηση του όγκου των παραγόμενων αποβλήτων. Κατά συνέπεια, η αποτελεσματική διαχείρισή τους καθίσταται κρίσιμη για τη βιωσιμότητα της μεταλλευτικής δραστηριότητας. Σύγχρονες προσεγγίσεις προτείνουν την αντιμετώπιση των μεταλλευτικών αποβλήτων όχι ως περιβαλλοντικό πρόβλημα, αλλά ως δυνητικό πόρο. Στο πλαίσιο αυτό, προωθούνται στρατηγικές που περιλαμβάνουν τη μείωση, την επανεπεξεργασία, την αποθήκευση, την επαναχρησιμοποίηση και την αποκατάσταση των αποβλήτων, με στόχο την αξιοποίησή τους σε μελλοντικές εφαρμογές. Ιδιαίτερη πρόκληση αποτελεί η διαχείριση ιστορικών τελμάτων, τα οποία, μέσω κατάλληλης επανεπεξεργασίας, μπορούν να αποδώσουν τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά οφέλη. Η πρακτική αυτή εφαρμόζεται ολοένα και περισσότερο σε σύγχρονες μεταλλευτικές εγκαταστάσεις. Παράλληλα, αναπτύσσονται νέες τεχνολογίες που επιτρέπουν την αξιοποίηση των αποβλήτων, όπως η αλκαλική ενεργοποίηση, η οποία οδηγεί στην παραγωγή υλικών με ικανοποιητικές μηχανικές ιδιότητες, κατάλληλων για χρήση ως υλικά λιθογόμωσης ή ως δομικά υλικά. Επιπλέον, διερευνάται η ανάκτηση μετάλλων μέσω καινοτόμων μεθόδων, όπως οι υδρομεταλλουργικές τεχνικές, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου οι συμβατικές μέθοδοι κρίνονται μη αποδοτικές. Τα μεταλλευτικά τέλματα, λόγω της λεπτής κοκκομετρίας και της σχετικής ομοιογένειάς τους, παρουσιάζουν σημαντικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης, κυρίως στον κατασκευαστικό τομέα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τσιμεντοειδή υλικά για την παραγωγή δομικών προϊόντων, όπως τούβλα ή κεραμικά υλικά. Ωστόσο, η αξιοποίησή τους περιορίζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η πιθανότητα έκπλυσης τοξικών στοιχείων, καθώς και από τη σύνθετη και ετερογενή ορυκτολογική τους σύσταση, η οποία ενδέχεται να επηρεάσει τις τελικές ιδιότητες των παραγόμενων υλικών. (Tayebi-Khorami M et al., 2019)

Αρχή	Περιγραφή
Επιχειρηματική ηθική και χρηστή διακυβέρνηση	Υιοθέτηση διαφανών και ηθικών πρακτικών διοίκησης
Ενσωμάτωση βιώσιμης ανάπτυξης	Ενσωμάτωση των αρχών της βιωσιμότητας στη λήψη αποφάσεων
Σεβασμός δικαιωμάτων ανθρωπίνων	Διασφάλιση και προώθηση των θεμελιωδών δικαιωμάτων

Διαχείριση κινδύνου	Εφαρμογή αποτελεσματικών στρατηγικών για τον εντοπισμό και τον περιορισμό κινδύνων
Υγεία και ασφάλεια	Διασφάλιση ασφαλών συνθηκών εργασίας
Περιβαλλοντική απόδοση	Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των δραστηριοτήτων
Βιοποικιλότητα και χρήση γης	Προστασία οικοσυστημάτων και ορθολογικός σχεδιασμός χρήσεων γης
Διαχείριση υλικών	Υπεύθυνη χρήση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση πόρων
Κοινωνική συνεισφορά	Ενίσχυση της τοπικής κοινωνίας και της βιώσιμης ανάπτυξης
Διαφάνεια και επικοινωνία	Αναφορά, επικοινωνία και ανεξάρτητη επαλήθευση επιδόσεων

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΟΙ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ICMM (Tayebi-Khorami M et al., 2019)

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι οι αρχές βιώσιμης ανάπτυξης του ICMM συγκροτούν ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο υπεύθυνης εξορυκτικής δραστηριότητας, το οποίο ενσωματώνει τόσο τις οικονομικές όσο και τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές διαστάσεις της βιωσιμότητας. Δίνεται έμφαση στην ηθική επιχειρηματική διακυβέρνηση, στη διαφάνεια και στη λήψη αποφάσεων με γνώμονα τη βιώσιμη ανάπτυξη, ενώ παράλληλα προάγονται ζητήματα όπως ο σεβασμός των ανθρωπίνων δικαιωμάτων, η υγεία και η ασφάλεια των εργαζομένων και η αποτελεσματική διαχείριση κινδύνων. Επιπλέον, ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στην περιβαλλοντική προστασία μέσω της μείωσης των επιπτώσεων, της διατήρησης της βιοποικιλότητας και της υπεύθυνης διαχείρισης των υλικών, συμπεριλαμβανομένης της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης, ενώ τέλος αναδεικνύεται και ο κοινωνικός ρόλος των μεταλλευτικών επιχειρήσεων μέσω της συνεισφοράς τους στις τοπικές κοινωνίες. (Tayebi-Khorami M et al., 2019)

4.6 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην Εύβοια

Ο νομός Εύβοιας χαρακτηρίζεται από έντονη βιομηχανική ανάπτυξη, συμβάλλοντας καθοριστικά στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής, ωστόσο συνοδεύεται από σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, κυρίως λόγω της παραγωγής και διάθεσης υγρών αποβλήτων. Οι επιπτώσεις αυτές αφορούν τόσο τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα όσο και τα ευαίσθητα οικοσυστήματα της περιοχής. Η δε ρύπανση των υδατικών πόρων από βαρέα μέταλλα

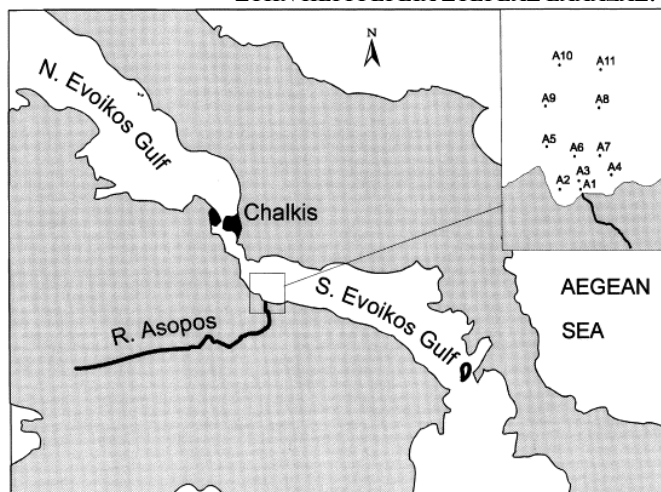
αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα στη Στερεά Ελλάδα, με ιδιαίτερη ένταση στην ευρύτερη περιοχή του Ασωπός ποταμός και της Κεντρικής Εύβοιας. Το εξασθενές χρώμιο (Cr(VI)), το οποίο χρησιμοποιείται εκτενώς σε βιομηχανικές δραστηριότητες, χαρακτηρίζεται από υψηλή τοξικότητα και καρκινογόνο δράση. Μελέτες έχουν καταγράψει συγκεντρώσεις Cr(VI) στα υπόγεια ύδατα που υπερβαίνουν κατά πολύ τα επιτρεπόμενα όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, γεγονός που καθιστά το πρόβλημα κρίσιμο τόσο για τη δημόσια υγεία όσο και για τη βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων. (Economou – Eliopoulos et al., 2013)

Η προέλευση της ρύπανσης από χρώμιο στην περιοχή αποτελεί αντικείμενο επιστημονικής συζήτησης, καθώς προκύπτει από συνδυασμό ανθρωπογενών και φυσικών παραγόντων. Από τη μία πλευρά, η ανεξέλεγκτη διάθεση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στον υδροφόρο ορίζοντα έχει συμβάλει σημαντικά στην αύξηση των συγκεντρώσεων Cr(VI) . Από την άλλη, το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, το οποίο περιλαμβάνει οφιόλιθους και νικελιούχα λατεριτικά κοιτάσματα στην Κεντρική Εύβοια, αποτελεί φυσική πηγή χρωμίου και άλλων μετάλλων. Ωστόσο, η υψηλή συγκέντρωση του Cr(VI) στα υπόγεια ύδατα δεν μπορεί να εξηγηθεί αποκλειστικά από φυσικές διεργασίες, γεγονός που υποδεικνύει τη σημαντική συμβολή των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η χωρική κατανομή της ρύπανσης παρουσιάζει σαφή διαφοροποίηση μεταξύ των περιοχών, με αυξανόμενη τάση συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων από τη λεκάνη του Ασωπού προς τη Θήβα και περαιτέρω προς την Εύβοια. Η τάση αυτή αντανακλά τόσο τη γεωλογική σύσταση των εδαφών όσο και τη μεταφορά ρύπων μέσω υδρογεωλογικών διεργασιών. Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων Cr , Ni , Fe , Mn και Co στα εδάφη υποδηλώνει ότι τα μεταλλοφόρα πετρώματα της περιοχής συμβάλλουν σημαντικά στο φυσικό υπόβαθρο ρύπανσης, το οποίο όμως ενισχύεται από ανθρωπογενείς επιδράσεις. (Economou – Eliopoulos et al., 2013)

Ιδιαίτερα ανησυχητική αξίζει να σημειωθεί πως είναι η κατάσταση των υπόγειων υδάτων, όπου παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις Cr(VI) . Οι υψηλότερες τιμές καταγράφονται κυρίως σε ρηχούς νεογενείς υδροφορείς, γεγονός που υποδηλώνει άμεση επίδραση από επιφανειακές πηγές ρύπανσης, όπως τα βιομηχανικά απόβλητα. Αντίθετα, οι βαθύτεροι υδροφορείς εμφανίζουν σημαντικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις, γεγονός που τους καθιστά πιο ασφαλείς ως πηγές υδροδότησης. Η διαφοροποίηση αυτή ενισχύει την άποψη ότι η ρύπανση σχετίζεται κυρίως με ανθρωπογενείς δραστηριότητες και ανεπαρκή διαχείριση αποβλήτων. Η παρουσία χρωμίου στο έδαφος και στα υπόγεια ύδατα έχει σημαντικές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στη γεωργική παραγωγή. Παρότι η βιοσυσσώρευση του χρωμίου στα φυτά είναι σχετικά περιορισμένη, οι συγκεντρώσεις που καταγράφονται υπερβαίνουν συχνά τις φυσιολογικές τιμές, γεγονός που ενδέχεται να

επηρεάζει την τροφική αλυσίδα. Επιπλέον, η συνεχής έκθεση των υδροφόρων σε ρύπους επιδεινώνει την ποιότητα των υδατικών πόρων. Τα δεδομένα αυτά αναδεικνύουν την ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, με στόχο την πρόληψη περαιτέρω ρύπανσης και την προστασία των φυσικών πόρων. Συνολικά, η περιβαλλοντική επιβάρυνση της περιοχής Ασωπού – Εύβοιας αποδεικνύεται αποτέλεσμα σύνθετης αλληλεπίδρασης φυσικών και ανθρωπογενών διεργασιών. Η έντονη παρουσία Cr(VI) στους ρηχούς υδροφορείς, σε συνδυασμό με τη χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων, καταδεικνύει ότι η ανεπαρκής διαχείριση των βιομηχανικών αποβλήτων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της ρύπανσης. Ως εκ τούτου, η υιοθέτηση ολοκληρωμένων στρατηγικών διαχείρισης, που περιλαμβάνουν τον έλεγχο των εκροών, την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων και τη χρήση ασφαλέστερων υδροφόρων, κρίνεται απαραίτητη για τη βιώσιμη ανάπτυξη της περιοχής. (Economou – Eliopoulos et al., 2013)

Σχετικά με τον Νότιο Ευβοϊκό κόλπο ο οποίος επηρεάζεται έντονα από τη γεωχημεία και τα παράκτια ιζήματα καθώς οι ρύποι μεταφέρονται από συστήματα ποταμών, βασικός αποδέκτης είναι ο Ασωπός ποταμός. Ο ποταμός λειτουργεί ως βασικός δίαυλος μεταφοράς βιομηχανικών αποβλήτων από μια έντονα βιομηχανοποιημένη λεκάνη απορροής, στην οποία δραστηριοποιούνται εκατοντάδες μονάδες (χημικές, μεταλλουργικές και κλωστοϋφαντουργικές). Τα μεταλλικά φορτία μεταφέρονται κυρίως μέσω αιωρούμενων σωματιδίων και κolloειδών και εναποτίθενται στα παράκτια ιζήματα, επηρεάζοντας άμεσα τη σύσταση και τη γεωχημεία τους. Η περιοχή μελέτης αποτελεί χαρακτηριστική περίπτωση μικτής επίδρασης φυσικών και ανθρωπογενών πηγών μετάλλων. Από τη μία πλευρά, η παρουσία οφιόλιθων και άλλων πετρωμάτων στη λεκάνη απορροής του Ασωπού οδηγεί σε φυσικό εμπλουτισμό των ιζημάτων σε στοιχεία όπως το Cr και το Ni. Από την άλλη πλευρά, τα βιομηχανικά λύματα συνεισφέρουν σημαντικά σε μέταλλα όπως το Cd και ο Cu. Η διάκριση μεταξύ φυσικής και ανθρωπογενούς προέλευσης αποτελεί κρίσιμο ζήτημα για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, καθώς οι υψηλές συγκεντρώσεις δεν υποδηλώνουν πάντα απαραίτητα ρύπανση αλλά μπορεί να αντανakλούν γεωλογικό υπόβαθρο. (Michael Angelidis & Maria Aloupi, 2000)



ΣΧΗΜΑ 6: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1/100.000 ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ 1/1250 (Michael Angelidis & Maria Aloupi, 2000)

Δείγμα	Βάθος (μ)	Χαλίκι (%)	Άμμος (%)	Λάσπη + άργιλος (%)	OC (%)	CaCO ₃ (%)
A1	3	1,98	85,79	12,23	0,45	23,03
A2	10	0	0	100,00	0,95	19,06
A3	10	0	39,95	60,05	1,22	18,70
A4	10	0	1,25	98,75	0,97	19,35
A5	20	1,42	25,70	72,88	0,69	23,54
A6	20	0	0,67	99,33	0,75	18,75
A7	20	0	0	100,00	0,91	18,81
A8	30	0	0	100,00	0,70	17,04
A9	30	0	0	100,00	0,78	17,37
A10	32	0	0,72	99,28	0,65	18,86
A11	32	0,00	1,08	98,92	0,74	18,39

Δείγμα	Λάσπη + άργιλος (%)	Άμμος (%)	Al (%)	Cd (μg/g)	Χρόμιο (μg/g)	Cu (μg/g)	Fe (%)	Li (μg/g)	Mn (μg/g)	Ni (μg/g)	Pb (μg/g)	Zn (μg/g)
A1	12,48	87,52	4,27	0,317	305	11,4	1,93	20,7	331	246	7,29	39,5
A2	100	0	6,10	0,256	404	42,3	5,23	41,0	529	671	26,6	106
A3	60,05	39,95	4,23	0,652	332	30,9	3,38	30,8	425	370	23,0	89,8
A4	98,75	1,25	5,57	0,360	374	43,0	4,88	37,7	517	607	36,0	108

A5	73,93	26,07	5,09	0,128	247	25,0	3,45	35,7	445	264	23,1	75,8
A6	99,33	0,67	6,30	0,201	355	37,8	4,90	42,8	505	511	30,0	106
A7	100	0	5,00	0,179	376	41,7	5,02	43,9	498	564	36,7	127
A8	100	0	5,04	0,141	343	35,0	5,06	51,6	552	698	28,2	129
A9	100	0	4,53	0,095	284	28,9	4,54	51,8	523	286	21,3	109
A10	99,28	0,72	3,75	0,116	263	23,3	4,48	50,7	536	299	29,4	94,4
A11	98,92	1,08	4,01	0,126	277	22,6	4,50	48,6	524	318	27,7	92,6

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΟΚΩΝ, ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΠΟΥ ΕΓΙΝΕ Η ΜΕΛΕΤΗ (Michael Angelidis & Maria Aloupi, 2000)

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΟΚΚΩΝ ΕΠΑΝΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΗ ΧΩΡΙΣ ΧΑΛΙΚΙ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (Michael Angelidis & Maria Aloupi, 2000)

Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης με βάση τους παραπάνω πίνακες δείχνουν ότι τα ιζήματα της περιοχής είναι κατά κύριο λόγο λεπτόκοκκα, με ποσοστά ιλύος και αργίλου που προσεγγίζουν το 100% στους περισσότερους σταθμούς δειγματοληψίας. Μόνο στην περιοχή των εκβολών του ποταμού παρατηρείται παρουσία πιο χονδρόκοκκου υλικού. Η περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα παραμένει γενικά χαμηλή ($\approx 0,45-1,22\%$), ενώ τα ανθρακικά άλατα παρουσιάζουν σχετικά ομοιόμορφη κατανομή ($\sim 17-23\%$). Τα χαρακτηριστικά αυτά υποδηλώνουν σχετικά σταθερές συνθήκες ιζηματογένεσης, όπου η λεπτόκοκκη φάση παίζει κυρίαρχο ρόλο στη δέσμευση και κατανομή των μετάλλων. Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στα ιζήματα παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των στοιχείων. Συγκεκριμένα, τα επίπεδα Cd, Cu, Pb και Zn εμφανίζονται σχετικά χαμηλά σε σύγκριση με άλλες παράκτιες περιοχές της Ελλάδας, ενώ τα Cr και Ni παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένες τιμές (π.χ. Cr έως $\sim 400 \mu\text{g/g}$ και Ni έως $\sim 700 \mu\text{g/g}$). Η διαφοροποίηση αυτή υποδηλώνει ότι τα υψηλά επίπεδα Cr και Ni σχετίζονται κυρίως με φυσικές διεργασίες αποσάθρωσης των πετρωμάτων, ενώ τα υπόλοιπα μέταλλα ενδέχεται να σχετίζονται περισσότερο με ανθρωπογενείς εισροές. Η ανάλυση του εκχυλισμένου (με ασθενές οξύ) κλάσματος των μετάλλων παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τη βιοδιαθεσιμότητα και την ανθρωπογενή προέλευση τους. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το Cd και ο Cu παρουσιάζουν σημαντικό ποσοστό στα βιοδιαθέσιμα κλάσματα, γεγονός που υποδηλώνει ισχυρή σύνδεση με βιομηχανικές δραστηριότητες. Αντίθετα, το Cr εμφανίζει πολύ χαμηλό ποσοστό εκχυλισιμότητας ($\sim 9\%$), παρόμοιο με αυτό φυσικών στοιχείων όπως το Al και το Fe, επιβεβαιώνοντας τη γεωλογική του προέλευση. Τα δεδομένα αυτά

αποτελούν κρίσιμο εργαλείο για τη διάκριση μεταξύ φυσικής και ανθρωπογενούς ρύπανσης.
(Michael Angelidis & Maria Aloupi, 2000)

Η χωρική ανάλυση των δεδομένων δείχνει ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις ανθρωπογενών μετάλλων εντοπίζονται κοντά στις εκβολές του Ασωπού και μειώνονται σημαντικά με την απόσταση από την ακτή. Η τάση αυτή καταδεικνύει ότι ο ποταμός αποτελεί σημειακή πηγή ρύπανσης, ενώ η διασπορά των ρύπων περιορίζεται χωρικά. Επιπλέον, η επίδραση του Στενού του Ευρίπου συμβάλλει στη μεταφορά αιωρούμενων σωματιδίων και στη διασπορά μετάλλων, περιορίζοντας τη συσσώρευσή τους αλλά επεκτείνοντας την περιοχή επιρροής. Τα ισχυρά παλιρροιακά ρεύματα της περιοχής παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διασπορά των ρύπων και στη διαμόρφωση της γεωχημείας των ιζημάτων. Η συνεχής ανάμιξη των υδάτων εμποδίζει τη συγκέντρωση υψηλών επιπέδων ρύπανσης σε συγκεκριμένα σημεία, οδηγώντας σε σχετικά ομοιόμορφη κατανομή ορισμένων μετάλλων. Ωστόσο, κοντά στις εκβολές του ποταμού, όπου η επίδραση των ποτάμιων εισροών είναι ισχυρότερη, παρατηρείται εντοπισμένη αύξηση των συγκεντρώσεων. Τα αποτελέσματα της μελέτης αναδεικνύουν τον καθοριστικό ρόλο των ποτάμιων συστημάτων ως φορέων μεταφοράς βιομηχανικής ρύπανσης προς το θαλάσσιο περιβάλλον. Η ύπαρξη βιοδιαθέσιμων μορφών μετάλλων κοντά στις εκβολές υποδηλώνει ότι η διαχείριση των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στη λεκάνη απορροής είναι ανεπαρκής. Συνεπώς, η αποτελεσματική επεξεργασία των αποβλήτων πριν την απόρριψή τους, καθώς και η συνεχής παρακολούθηση των ποτάμιων εκροών, αποτελούν κρίσιμα μέτρα για την προστασία των παράκτιων οικοσυστημάτων. Συνολικά, η γεωχημική συμπεριφορά των μετάλλων στα ιζήματα του Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου καταδεικνύει ότι η ρύπανση αποτελεί αποτέλεσμα συνδυασμού φυσικών διεργασιών και ανθρωπογενών παρεμβάσεων. Ο ποταμός Ασωπός λειτουργεί ως βασική σημειακή πηγή για ορισμένα μέταλλα, κυρίως το Cd και τον Cu, ενώ άλλα στοιχεία όπως το Cr και το Ni σχετίζονται κυρίως με το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής. Η διαφοροποίηση αυτή υπογραμμίζει την ανάγκη για ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διαχείριση των βιομηχανικών αποβλήτων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις φυσικές όσο και τις ανθρωπογενείς συνιστώσες της ρύπανσης.
(Michael Angelidis & Maria Aloupi, 2000)

Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξέτασε τις πρακτικές διαχείρισης υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, με ιδιαίτερη έμφαση στον Νομό Εύβοιας. Μέσα από την ανάλυση της σχετικής βιβλιογραφίας, του θεσμικού πλαισίου και των διαθέσιμων δεδομένων για τη βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής, προκύπτουν ορισμένα βασικά συμπεράσματα σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση και τις προκλήσεις

που αντιμετωπίζει η περιβαλλοντική διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας αποτελεί μία από τις σημαντικότερες βιομηχανικές περιοχές της χώρας, με ισχυρή παρουσία βιομηχανικών δραστηριοτήτων κυρίως στις περιοχές της Βοιωτίας αλλά και της Εύβοιας. Η ανάπτυξη αυτή έχει συμβάλει σημαντικά στην οικονομική δραστηριότητα της περιοχής, ωστόσο συνοδεύεται από αυξημένες περιβαλλοντικές πιέσεις, ιδιαίτερα σε σχέση με τη διαχείριση των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων.

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων αποτελεί κρίσιμο ζήτημα για τη βιώσιμη ανάπτυξη της περιοχής, καθώς απαιτεί την ανάπτυξη κατάλληλων υποδομών επεξεργασίας, την εφαρμογή αποτελεσματικών μηχανισμών ελέγχου και την πλήρη εναρμόνιση με τις ευρωπαϊκές και εθνικές περιβαλλοντικές πολιτικές. Παρά την ύπαρξη θεσμικού πλαισίου και περιβαλλοντικών κανονισμών, η πρακτική εφαρμογή των μέτρων διαχείρισης εμφανίζει συχνά σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των επιμέρους περιοχών και βιομηχανικών μονάδων. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη βιομηχανική δραστηριότητα έχουν καταγραφεί ιστορικά σε διάφορες περιοχές της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, όπου η συγκέντρωση βιομηχανικών μονάδων συνδέθηκε με φαινόμενα ρύπανσης επιφανειακών και υπόγειων υδάτων καθώς και με υποβάθμιση φυσικών οικοσυστημάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση του ποταμού Ασωπού, η οποία ανέδειξε τις συνέπειες της ανεπαρκούς διαχείρισης βιομηχανικών αποβλήτων και την ανάγκη ενίσχυσης των μηχανισμών περιβαλλοντικού ελέγχου.

Η ανάλυση των πρακτικών διαχείρισης υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στον Νομό Εύβοιας δείχνει ότι, παρά την ύπαρξη τεχνολογικών λύσεων και θεσμικού πλαισίου, η εφαρμογή ολοκληρωμένων πρακτικών διαχείρισης παραμένει σε αρκετές περιπτώσεις περιορισμένη. Η θεωρητική προσέγγιση της ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων δίνει έμφαση στην πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, στην επαναχρησιμοποίηση και στην επεξεργασία πριν από τη διάθεση στο περιβάλλον. Στην πράξη, ωστόσο, η διαχείριση συχνά επικεντρώνεται κυρίως στο τελικό στάδιο επεξεργασίας, χωρίς να εφαρμόζονται επαρκώς μέτρα πρόληψης και με περιορισμένη αξιοποίηση των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης. Επιπλέον, η περιορισμένη διαθεσιμότητα συστηματικών δεδομένων και μηχανισμών συνεχούς παρακολούθησης των απορρίψεων καθιστά δύσκολη την πλήρη αξιολόγηση των μακροχρόνιων επιπτώσεων στους υδατικούς πόρους της περιοχής. Η σύγκριση με πρακτικές που εφαρμόζονται σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες αναδεικνύει επίσης την ανάγκη για ενίσχυση της εφαρμογής σύγχρονων τεχνολογιών επεξεργασίας, καθώς και για μεγαλύτερη συμμετοχή των τοπικών κοινωνιών και των αρμόδιων φορέων στη διαδικασία περιβαλλοντικής διακυβέρνησης.

Συνολικά, μπορεί να διαπιστωθεί ότι οι πρακτικές διαχείρισης υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στην περιοχή παρουσιάζουν πρόοδο, ωστόσο δεν μπορούν ακόμη να χαρακτηριστούν πλήρως ολοκληρωμένες και βιώσιμες. Η αποτελεσματική προστασία των υδατικών πόρων απαιτεί την ενίσχυση των ελεγκτικών μηχανισμών, την ανάπτυξη σύγχρονων υποδομών επεξεργασίας, καθώς και την ενσωμάτωση των αρχών της κυκλικής οικονομίας στη βιομηχανική παραγωγή. Η ενίσχυση των πολιτικών πρόληψης, η προώθηση τεχνολογιών καθαρότερης παραγωγής και η συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την επίτευξη βιώσιμης διαχείρισης των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας και ειδικότερα στον Νομό Εύβοιας.

Συνοψίζοντας, παρόλο που έχουν αναπτυχθεί σημαντικές τεχνολογίες και μέθοδοι για τη διαχείριση και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, εξακολουθούν να υπάρχουν ουσιαστικά προβλήματα που περιορίζουν την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους. Ένα από τα κυριότερα ζητήματα είναι η ανεπαρκής ή μη ομοιόμορφη εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων επεξεργασίας, ιδιαίτερα σε αναπτυσσόμενες περιοχές, γεγονός που οδηγεί σε απόρριψη ρύπων στο περιβάλλον χωρίς την απαραίτητη επεξεργασία. Επιπλέον, η παρουσία επικίνδυνων ουσιών, όπως βαρέα μέταλλα και τοξικές οργανικές ενώσεις, καθιστά τη διαχείριση των αποβλήτων πιο σύνθετη και απαιτητική, ενώ οι δυσκολίες στον έλεγχο και την παρακολούθηση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων εντείνουν το πρόβλημα. Παράλληλα, διαπιστώνεται ότι λείπει σε μεγάλο βαθμό μια ολοκληρωμένη και συντονισμένη προσέγγιση σε διεθνές επίπεδο, με ενιαία πρότυπα και αποτελεσματικούς μηχανισμούς ελέγχου. Επίσης, αν και οι σύγχρονες τεχνολογίες, όπως τα συστήματα αισθητήρων, το υπολογιστικό νέφος και η τεχνητή νοημοσύνη, προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες βελτίωσης, δεν έχουν ακόμη ενσωματωθεί πλήρως σε όλα τα συστήματα διαχείρισης. Η περιορισμένη αξιοποίηση δεδομένων και η έλλειψη προληπτικού σχεδιασμού δυσχεραίνουν την έγκαιρη αντιμετώπιση κρίσιμων καταστάσεων, όπως ακραία καιρικά φαινόμενα ή υπερχειλίσσεις δικτύων.

Με βασικό στόχο λοιπόν, τη βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης, κρίνεται απαραίτητη η ενίσχυση των υποδομών επεξεργασίας, η συστηματική εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών και η καλύτερη παρακολούθηση των αποβλήτων σε όλα τα στάδια διαχείρισης. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι η πρόληψη, μέσω μείωσης της παραγωγής ρύπων στην πηγή, καθώς και η ενίσχυση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας και της εφαρμογής της. Τέλος, η συνεχής έρευνα, η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση της κοινωνίας αποτελούν βασικούς παράγοντες για την επίτευξη μιας πιο βιώσιμης και αποτελεσματικής διαχείρισης των υδατινών πόρων, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας.

Βιβλιογραφία

- Almanda <https://www.almanda.gr/etaireia> (12/03/2026)
- Ameer Mubaslat, " Introduction to Waste Management", ISBN: 978-9957-67-886-9 , 2021

https://www.researchgate.net/profile/Ameer-Mubaslat-2/publication/356345257_Introduction_to_Waste_Management/links/61963c00d7d1af224b01c91e/Introduction-to-Waste-Management.pdf (27/12/2025)
- Anwar F. Al Yaqout, " Assessment and analysis of industrial liquid waste and sludge disposal at unlined landfill sites in arid climate", " Waste Management", Volume 23, Issue 9, Pages 817-824, 2003.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X03000369> (19/01/2026)
- A. Saravanan, P. Senthil Kumar, Gayathri Rangasamy, R. Hariharan, R.V. Hemavathy, P.D. Deepika, Krithika Anand, S. Karthika, "Strategies for enhancing the efficacy of anaerobic digestion of food industry wastewater: An insight into bioreactor types, challenges, and future scope", Chemosphere, Volume 310, January, 136856, 2023.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653522033495> (17/04/2026)
- Ayhan Demirbas, " Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes", " Energy Conversion and Management", Volume 52, Issue 2, Pages 1280-1287, 2011.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890410004279> (19/01/2026)
- Danny D. Reible, "FUNDAMENTALS OF Environmental Engineering", ISBN: 1-56670-047-7, CRC Press, 2010.

file:///C:/Users/PC/Downloads/10.1201_9780203755303_previewpdf.pdf (26/02/2026)
- Darshan Singh, " Chapter 17 - Advances in industrial waste management", " Waste Management and Resource Recycling in the Developing World", 2023.

<https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/pii/B9780323904636000270> (16/01/2026)
- D. FREEDA GNANA RANI, K. ARUNKUMAR AND S.R. SIVAKUMAR, "PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS OF WASTE WATER FROM CEMENT UNITS", 2005

<https://www.icontrolpollution.com/articles/physico-chemical-analysis-of-waste-water-from-cement-units-.pdf> (15/04/2026)

- Economou-Eliopoulos M, Megremi I, Atsarou C, Theodoratou C, & Vasilatos C, " Spatial Evolution of the Chromium Contamination in Soils from the Assopos to Thiva Basin and C. Evia (Greece) and Potential Source(s): Anthropogenic versus Natural Processes", Geosciences, 3(2), 140-158,2013.

<https://www.mdpi.com/2076-3263/3/2/140> (17/04/2026)

- Evialife <https://evialife.gr/about-us/> (12/03/2026)
- Evangelos Syrmos, Vasileios Sidiropoulos, Dimitrios Bechtsis, Fotis Stergiopoulos, Eirini Aivazidou, Dimitris Vrakas, Prodromos Vezinias, Ioannis Vlahavas, " An Intelligent Modular Water Monitoring IoT System for Real-Time Quantitative and Qualitative Measurements", 23 January 2023.

<https://doi.org/10.3390/su15032127> (05/02/2026)

- Frank R. Spellman, "Water and Wastewater Treatment Plant Operations", ISBN: 98-1-4200-7530-4, CRC Press, 2009.

- Hellenic Quality Foods AET

<https://www.hqf.gr/> (12/03/2026)

file:///C:/Users/PC/Downloads/10.1201_9781420075311_previewpdf.pdf (05/02/2026)

- J.F. Artiola, " Chapter 21 - Industrial Waste and Municipal Solid Waste Treatment and Disposal", Environmental and Pollution Science (Third Edition), Pages 377-391, 2019.

<https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/pii/B9780128147191000215>

(14/04/2026)

- Kalpesh Trivedi, Karan Marvaniya, Priyanka Dobariya, K.C. Pathak, Ketan Patel, Bhaumik Sutariya, Archana Sharma, Shilpi Kushwaha, " Assessment and characterization of solid and hazardous waste from inorganic chemical industry: Potential for energy recovery and environmental sustainability", "Journal of Environmental Management", Volume 367, 2024.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030147972402022X> (22/01/2026)

- K. Syamala Devi, V. Vijaya Lakshmi and A. Alakanandana, "IMPACTS OF CEMENT INDUSTRY ON ENVIRONMENT – AN OVERVIEW", ISSN (Online): 2347-4793, Asia Pacific Journal of Resear, 2017.

[https://www.researchgate.net/profile/Kuruva-](https://www.researchgate.net/profile/Kuruva-Devi/publication/323029097_Impacts_of_Cement_Industry_on_Environment_-)

[Devi/publication/323029097_Impacts_of_Cement_Industry_on_Environment_-](https://www.researchgate.net/profile/Kuruva-Devi/publication/323029097_Impacts_of_Cement_Industry_on_Environment_-)

[An Overview/links/5a7d72cd458515dea40f98f5/Impacts-of-Cement-Industry-on-Environment-An-Overview.pdf](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517306945) (12/03/2026)

- Lafarge, "Milaki Plant", HERACLES Group

<https://www.lafarge.gr/en/milaki-plant> (12/03/2026)

- Vikki Edmondson, Martin Cerny, Michael Lim, Barry Gledson, Steven Lockley, John Woodward, "A smart sewer asset information model to enable an 'Internet of Things' for operational wastewater management", "Automation in Construction", Volume 91, Pages 193-205, July 2018.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517306945> (16/01/2026)

- Manmeet Singh, Suhaib Ahmed, "IoT based smart water management systems: A systematic review", "Materials today: PROCEEDINGS", Volume 46, Part 11, Pages 5211-5218, 2021.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320364701> (05/02/2026)

- Matinde, E., Simate, G.S. & Ndlovu, S., "Mining and metallurgical wastes: A review of recycling and re-use practices", The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, vol. 118. pp. 825-844, 2018.

https://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S2225-62532018000800007&script=sci_arttext
(17/04/2026)

- Michael O Angelidis, Maria Aloupi, "Geochemical Study of Coastal Sediments Influenced by River-Transported Pollution: Southern Evoikos Gulf, Greece", Marine Pollution Bulletin, Volume 40, Issue 1, January, Pages 77-82, 2000.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X99001745> (17/04/2026)

- Mohammad Boshir Ahmed, John L. Zhou, Huu Hao Ngo, Wenshan Guo, Nikolaos S. Thomaidis, Jiang Xu, "Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: A critical review", "Journal of Hazardous Materials", Volume 323, Part A, , Pages 274-298, 5 February 2017.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389416303867> (24/02/2026)

- Palirria Souliotis S.A. – Πολιτικά Ευβοίας

<https://www.paliria.com/h-etairia/> (12/03/2026)

- Peace Amoatey, Richard Bani, "Wastewater Management", Research Gate, 02/2016.

[file:///C:/Users/PC/Downloads/14587%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/14587%20(1).pdf) (16/01/2026)

- Shehu Habibu, Mustapha Balarabe Idris, Abdullahi Haruna Birniwa, Shehu Sa'ad Abdullahi, Abubakar Ibrahim Tukur, Sani Muhammad Gumel, "Chapter 2 - Environmental impact and management of industrial effluents", Biorefinery of Industrial Effluents for a Sustainable Circular Economy", Pages 11-25, 2025.

<https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/pii/B9780443218019000021>
(05/02/2026)

- Tayebi-Khorami M, Edraki M, Corder G, Golev A, "Re-Thinking Mining Waste through an Integrative Approach Led by Circular Economy Aspirations", 2019

<https://www.mdpi.com/2075-163X/9/5/286> (17/04/2026)

- World Health Organization (WHO), "WHO GUIDELINES FOR THE SAFE USE WASTEWATER , EXTRETA AND GREYWATER", VOLYME IV, EXTRETA AND GREYWATER USE IN AGRICULTURE, ISBN: 92-4-154686-7, 2009

[https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=01B64IJhqY0C&oi=fnd&pg=PP2&dq=World+Health+Organization+\(WHO\)+Guidelines+for+the+Safe+Use+of+Wastewater,+Excreta+and+Greywater+\(2006\).+%E2%86%92+%CE%A0%CF%81%CF%8C%CF%84%CF%85%CF%80%CE%BF+%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%BF+%CE%B3%CE%B9%CE%B1+%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AC+%CF%8C%CF%81%CE%B9%CE%B1,+%CE%AC%CF%81%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7+%CE%BA%CE%B1%CE%B9+%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1+%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CF%8C%CF%83%CE%B9%CE%B1%CF%82+%CF%85%CE%B3%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82.&ots=jUnIs-kSTA&sig=Q0lT18pOYYcsgxSzK9sIap1k09c&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=01B64IJhqY0C&oi=fnd&pg=PP2&dq=World+Health+Organization+(WHO)+Guidelines+for+the+Safe+Use+of+Wastewater,+Excreta+and+Greywater+(2006).+%E2%86%92+%CE%A0%CF%81%CF%8C%CF%84%CF%85%CF%80%CE%BF+%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%BF+%CE%B3%CE%B9%CE%B1+%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AC+%CF%8C%CF%81%CE%B9%CE%B1,+%CE%AC%CF%81%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7+%CE%BA%CE%B1%CE%B9+%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1+%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CF%8C%CF%83%CE%B9%CE%B1%CF%82+%CF%85%CE%B3%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82.&ots=jUnIs-kSTA&sig=Q0lT18pOYYcsgxSzK9sIap1k09c&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
(27/02/2026)

- Αυλωνίτης, Δημήτρης, Αυλωνίτης, Σταμάτης, "Προστασία Περιβάλλοντος", ISBN: 9789605081140, Εκδόσεις: ;Ιων, 22/01/2014.
- Άρτος & Ζύμη Αλιμπινίσης <https://www.alibinisis.gr/etairia/> 13/03/2026

- ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε , ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ, " Ν. 4819/2021 (ΦΕΚ 129/Α` 23.7.2021)

https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/n-48192021-fek-129a-2372021?utm_source
(25/02/2026)

- Κουσούρης Θεόδωρος, "Το Νερό στη Φύση, στην Ανάπτυξη, στην Προστασία του Περιβάλλοντος", ISBN: 960-85952-6-6, Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), 1998.

https://epublishing.ekt.gr/sites/ektpublishing/files/ebooks/Monograph_01_The_Water.pdf
(19/01/2026)

- Λιακού Αθηνά, "Ανακύκλωση & επαναχρησιμοποίηση βιομηχανικών αποβλήτων", Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιά, 2020.

https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/12822/Liakou_%ce%a4%ce%9c%ce%a31805.pdf?sequence=1&isAllowed=y (27/02/2026)

- Οδηγία 91/271/ΕΟΚ — επεξεργασία των αστικών λυμάτων

https://eur-lex.europa.eu/EL/legal-content/summary/urban-waste-water-treatment.html?utm_source (24/02/2026)

- ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ : Η περιφέρεια μας

<https://pste.gov.gr/periferia-2> (01/03/2026)

βιομηχανικό μητρώο: <https://pste.gov.gr/exipni-periferia/viomichaniko-mitroo/> (02/03/2026)

Αποκατάσταση υποχρηματοδότησης Στερεάς Ελλάδας: <https://pste.gov.gr/apokatastasi-yPOCHRIMATODOTISIS-STER/> (02/03/2026)

- Σίσκος Παναγιώτης, Σκουλός Μιχάλης, "Χημεία περιβάλλοντος", ISBN-13: 9789602662977, Εκδόσεις: Συμμετρία, 2010.
- ΥΠΕΝ, "ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΑ", 2000.

<https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoi-poroi/odigia-plaisio-gia-ta-nera/> (24/02/2026)

- ΥΠΕΝ, " ΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΟΙΚΙΣΜΩΝ", 2025.

<https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2025/12/%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82-%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82-%CE%9B%CF%85%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%83%CE%B5-%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CF%8D%CF%82-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D%CF%82.docx.pdf> (23/01/2026)

- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ, “ Περιβάλλον – Κλιματική Αλλαγή”.

<https://www.mfa.gr/exoteriki-politiki/pagkosmia-zitimata/perivallon-klimatiki-allagi/>
(04/03/2026)