

02.2026

διαΝΕΟσις

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Διαχείριση υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα: Υφιστάμενη κατάσταση, προβλήματα και προτάσεις πολιτικής

Κωνσταντίνος Αραβώσης, Μάρκος Μαργαρίτης,
Ευάγγελος Σιώκας, Κοραλία Βαλλιάνου,
Αριστείδης Ραφωματιώτης, Μαίρη Ατζέμη,
Χρήστος Καλαντζής, Νικόλαος Ζαπαντιώτης

Φεβρουάριος 2026

Ερευνητική Ομάδα

Κωνσταντίνος Αραβώσης

Καθηγητής και Κάτοχος Έδρας UNESCO για την Πράσινη Καινοτομία και Κυκλική Οικονομία ΕΜΠ

Δρ Μάρκος Μαργαρίτης

Διδάκτωρ-Μεταδιδάκτωρ Μηχανικός ΕΜΠ σε θέματα Διαχείρισης Στερεών και Υγρών Αποβλήτων, Συνεργάτης Έδρας UNESCO για την Πράσινη Καινοτομία και Κυκλική Οικονομία ΕΜΠ

Δρ Ευάγγελος Σιώκας

Διδάκτωρ Μηχανικός ΕΜΠ σε θέματα Οικονομικής και Στρατηγικής Ανάλυσης της Τεχνολογίας και Καινοτομίας, Επιστημονικός Συνεργάτης Έδρας UNESCO για την Πράσινη Καινοτομία και Κυκλική Οικονομία ΕΜΠ, Αναπλ. Καθηγητής ΔΕΟ ΠΑΠΕΛ

Κοραλία Βαλλιάνου

Περιβαλλοντολόγος-Ερευνήτρια στην Έδρα UNESCO για την Πράσινη Καινοτομία και Κυκλική Οικονομία ΕΜΠ

Αριστείδης Ραψωματιώτης

Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ και Υποψήφιος Διδάκτωρ σε θέματα Ψηφιακής Οικονομίας, Συνεργάτης Έδρας UNESCO για την Πράσινη Καινοτομία και Κυκλική Οικονομία ΕΜΠ

Δρ Μαίρη Ατζέμη

Διδάκτωρ Μηχανικός ΕΜΠ σε θέματα Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Αξιοποίησης Πόρων, Συνεργάτης Έδρας UNESCO για την Πράσινη Καινοτομία και Κυκλική Οικονομία ΕΜΠ

Χρήστος Καλαντζής

Υπ. Διδάκτωρ και Ερευνητής στην Έδρα UNESCO για την Πράσινη Καινοτομία και Κυκλική Οικονομία ΕΜΠ

Νικόλαος Ζαπαντιώτης

Ερευνητής στην Έδρα UNESCO για την Πράσινη Καινοτομία και Κυκλική Οικονομία ΕΜΠ

Περιεχόμενα

Ευρετήριο Σχημάτων	6
Ευρετήριο Πινάκων	7
Ευρετήριο Πλαισίων	9
Αρктиκόλεξα	10
Πλαίσιο μελέτης	14
Επιτελική Σύνοψη	15
1 Εισαγωγή	25
1.1. Ορισμός υγρών αποβλήτων	27
1.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων	29
1.2.1. Φυσικά χαρακτηριστικά	29
1.2.2. Χημικά χαρακτηριστικά.....	29
1.2.3. Βιολογικά χαρακτηριστικά.....	31
1.3. Συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	33
1.3.1. Συστήματα επεξεργασίας για μικρές περιοχές.....	34
1.3.2. Συστήματα επεξεργασίας για μεγάλες περιοχές.....	37
1.3.2.1. Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	37
1.3.2.2. Στάδια επεξεργασίας και διάθεσης παραγόμενης ιλύος.....	44
1.4. Ευαίσθητες περιοχές και πληθυσμοί	47
1.5. Δείκτες αποτελεσματικότητας και περιβαλλοντικές επιπτώσεις	49
1.5.1. Αναγκαιότητα ύπαρξης δεικτών παρακολούθησης.....	50
1.5.2. Δείκτες παρακολούθησης αστικών αποβλήτων	53
1.5.3. Δείκτες παρακολούθησης βιομηχανικών αποβλήτων.....	55
1.5.4. Δείκτες παρακολούθησης ιλύος	56
2 Κυκλική οικονομία στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων	58
2.1. Εισαγωγή	59
2.2. Αρχές της κυκλικής οικονομίας.....	63
2.3. Πολιτικές για ανακύκλωση, ανανέωση και αποτελεσματική χρήση πόρων.....	65

2.3.1. Ευρωπαϊκό θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο αναφορικά με τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.....	67
2.3.2. Χρονοδιάγραμμα ρυθμιστικών πρωτοβουλιών σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση υδάτων σε επίπεδο ΕΕ.....	70
2.3.3. Εθνικό θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο αναφορικά με τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.....	72
2.4. Εφαρμογές κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση υγρών αποβλήτων	78
2.4.1. Δυνατότητες χρήσης ανακτημένου νερού.....	79
2.4.2. Δυνατότητες επεξεργασίας ιλύος	89
3 Καταγραφή υφιστάμενης κατάστασης.....	97
3.1. Εμπλεκόμενοι φορείς.....	100
3.2. Υφιστάμενη διαχείριση υγρών αποβλήτων.....	106
3.2.1. Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων	110
3.2.2. Οικισμοί προτεραιότητας.....	112
3.2.3. Ανάγκες οικισμών προς συμμόρφωση.....	121
3.2.4. Συμμόρφωση και επιβολή προστίμων	125
3.2.5. Αυστηροποίηση Ευρωπαϊκής Οδηγίας.....	126
3.3. Υπάρχοντα συστήματα και υποδομές στην Ελλάδα.....	128
3.3.1. Δημόσια συστήματα και υποδομές.....	128
3.3.2. Ιδιωτικά συστήματα και υποδομές.....	133
3.3.3. Παραγωγή και διαχείριση ιλύος.....	139
3.4. Όρια εκπομπών υγρών αποβλήτων	145
4 Προβλήματα και προκλήσεις	148
4.1. Νομικά ζητήματα	154
4.2. Διαχειριστικά και τεχνικά ζητήματα.....	156
5 Καλές πρακτικές και νέες τεχνολογίες	163
5.1. Χαρτογράφηση παραδειγμάτων καλών πρακτικών εξωτερικού.....	165
5.1.1. Μία καινοτόμος κυκλική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στο Billund της Δανίας	166
5.1.2. Άμεση ανάκτηση πόσιμου νερού στο Windhoek της Ναμίμπια	168
5.1.3. Αποτελεσματικά συστήματα αποκεντρωμένης επεξεργασίας λυμάτων στο Dar es Salaam της Τανζανίας	169
5.1.4. Κεντρική επεξεργασία λυμάτων μεγάλης κλίμακας ως πηγή ενέργειας στο Αμβούργο της Γερμανίας	169
5.1.5. Κοινωνικά εμπόδια στην ανακύκλωση ούρων σε αποκεντρωμένα συστήματα αποχέτευσης	170
5.1.6. Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, διαφοροποίηση καλλιεργειών και καταναλωτική αποδοχή στην Ouardanine της Τυνησίας.....	171

5.1.7. Προηγμένη επεξεργασία λυμάτων για επαναχρησιμοποίηση σε μικρούς οικισμούς εκτός δικτύου στην ισραηλινή έρημο Negev.....	172
5.1.8. Βιώσιμη διαχείριση λυμάτων και θρεπτικών ουσιών στην επαρχιακή Γεωργία για την αντιμετώπιση της ρύπανσης στη Μαύρη Θάλασσα.....	172
5.1.9. Συστήματα ελεγχόμενου εμπλουτισμού του υδροφόρου ορίζοντα για φυσική και βιώσιμη τεχνολογία ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων.....	173
5.1.10. Αστικός σχεδιασμός με έμφαση στο νερό για τη μητροπολιτική Λίμα του Περού – Wastewater Treatment Park-The Children’s Park.....	174
5.1.11. Η επιτυχής εφαρμογή των τεχνητών υγροτόπων στην Αίγυπτο.....	175
5.1.12. Οικολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση στη γεωργία στην Ινδία.....	176
5.2. Νέες τεχνολογίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	178
5.2.1. Το δυναμικό των φυκών στη φυτοαποκατάσταση βιομηχανικών λυμάτων και την αξιοποίηση της παραγόμενης βιομάζας.....	179
5.2.2. Η ανακύκλωση των υποπροϊόντων φρούτων για εφαρμογές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	180
5.2.3. Ηλεκτροκλωστές νανοϊνών και συνθετικές μεμβράνες.....	181
5.2.4. Η πράσινη νανοτεχνολογία στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων.....	181
5.2.5. Αντιβακτηριακά νανο-αντιδραστήρια με βάση οξείδια μετάλλων για τη διαχείριση υγρών αποβλήτων.....	182
5.2.6. Σύνθεση νανοσωματιδίων οξειδίου του σιδήρου.....	182
5.2.7. Ενσωμάτωση της μικροβιακής επεξεργασίας για προηγμένη βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων.....	183
5.2.8. Η χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης και Μηχανικής Μάθησης στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων.....	184
6 Συμπεράσματα και προτάσεις πολιτικής.....	186
6.1. Συμπεράσματα.....	188
6.1.1. Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων και οικισμοί προτεραιότητας.....	188
6.1.2. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και ιλύος.....	192
6.2. Προτάσεις.....	194
6.2.1. Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων και οικισμοί προτεραιότητας.....	194
6.2.2. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και ιλύος.....	200
6.3. Σύνοψη συμπερασμάτων και προτάσεων.....	202
Βιβλιογραφία.....	203
Ελληνική.....	203
Ξενόγλωσση.....	207

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1.	Κατανομή κατανάλωσης υδατικών πόρων στην Ελλάδα	60
Σχήμα 2.	Χρονοδιάγραμμα των Οδηγιών της ΕΕ σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση υδάτων (1980-2020).....	71
Σχήμα 3.	Τρόποι διάθεσης της ιλύος στην Ελλάδα (2016).....	90
Σχήμα 4.	Ποσοστό πληθυσμού συνδεδεμένο τουλάχιστον σε δευτεροβάθμια εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ανά χώρα (2021).....	108
Σχήμα 5.	Εξέλιξη της σύνδεσης του πληθυσμού της Ελλάδας σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	109
Σχήμα 6.	Αριθμός συμμορφούμενων και μη συμμορφούμενων οικισμών προτεραιότητας, ανά περιφέρεια.....	115
Σχήμα 7.	Απεικόνιση των μεθόδων επεξεργασίας της ιλύος από τις υφιστάμενες ΕΕΛ.....	131
Σχήμα 8.	Βασικές αιτίες περιβαλλοντικών θεσμικών παραβάσεων σε δείγμα 26 ΜΕΛ.....	155
Σχήμα 9.	Βασικές αιτίες του προβλήματος της μη λειτουργικότητας των έργων σε ένα δείγμα 26 ΜΕΛ.....	156
Σχήμα 10.	Σχηματική αναπαράσταση του βιοδιυλιστηρίου στο Billund της Δανίας.....	167
Σχήμα 11.	Σχηματική προσέγγιση της μονάδας κεντρικής επεξεργασίας λυμάτων στο Αμβούργο της Γερμανίας.....	170

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1.	Απαιτήσεις για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων που διέπονται από τα άρθρα 4 και 5 της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων.....	55
Πίνακας 2.	Επιτρεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων.....	81
Πίνακας 3.	Ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων (2020/741/ΕΚ)	84
Πίνακας 4.	Οφέλη και κίνδυνοι της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων για το περιβάλλον	87
Πίνακας 5.	Οφέλη και κίνδυνοι της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων για την κοινωνία.....	88
Πίνακας 6.	Οφέλη και κίνδυνοι της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων για την οικονομία	88
Πίνακας 7.	Ρόλος των εμπλεκόμενων φορέων στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων.....	102
Πίνακας 8.	Εξέλιξη ποσοστού του πληθυσμού που είναι συνδεδεμένο τουλάχιστον σε δευτεροβάθμια εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ανά χώρα (2000-2021).....	107
Πίνακας 9.	Ποσοστό πληθυσμού της Ελλάδας συνδεδεμένο σε κάποια εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων.....	110
Πίνακας 10.	Κατανομή οικισμών προτεραιότητας, ανά προτεραιότητα και ποσοστό συμμόρφωσης	113
Πίνακας 11.	Κατανομή οικισμών προτεραιότητας, ανά περιφέρεια και ποσοστό συμμόρφωσης	114
Πίνακας 12.	Κατηγοριοποίηση των οικισμών προτεραιότητας σε μη συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.....	116
Πίνακας 13.	Οικισμοί προτεραιότητας με πλήρεις λειτουργικές υποδομές και ελλιπείς συνδέσεις ή μετρήσεις εκροής.....	117
Πίνακας 14.	Οικισμοί προτεραιότητας με παλιότερα κατασκευασμένα έργα (δικτύων και ΕΕΛ), τα οποία εμφανίζουν προβλήματα	118
Πίνακας 15.	Οικισμοί προτεραιότητας με ενταγμένα ή υπό ένταξη έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, με σχεδιασμό ολοκλήρωσης στην παρούσα προγραμματική περίοδο	118
Πίνακας 16.	Οικισμοί προτεραιότητας με ενταγμένα ή υπό ένταξη έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, χωρίς σχεδιασμό ολοκλήρωσης στην παρούσα προγραμματική περίοδο	119

Πίνακας 17.	Οικισμοί προτεραιότητας με ανάγκες σε υποδομές (κατασκευή ή συμπλήρωση) ενταγμένες σε εθνικούς πόρους και ΤΑΑ-Ωριμα.....	120
Πίνακας 18.	Οικισμοί προτεραιότητας με ανάγκες σε υποδομές (κατασκευή ή συμπλήρωση) χωρίς την απαιτούμενη ωριμότητα μελετών-Ανώριμα.....	121
Πίνακας 19.	Καταμερισμός χρηματοδότησης για την επίλυση των τεχνικών προβλημάτων των οικισμών προτεραιότητας (€).....	124
Πίνακας 20.	Κατανομή των ΕΕΛ ανά περιφέρεια στο σύνολο της χώρας.....	129
Πίνακας 21.	Μέθοδοι επεξεργασίας λυμάτων στις υφιστάμενες ΕΕΛ.....	130
Πίνακας 22.	Παρουσίαση των ΕΕΛ που πραγματοποιούν επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων.....	132
Πίνακας 23.	Παρουσίαση των ΕΕΛ που πραγματοποιούν διάθεση της παραγόμενης ιλύος για επαναχρησιμοποίηση.....	133
Πίνακας 24.	Ανώτατες επιτρεπόμενες τιμές φυσικοχημικών και οικοτοξικών παραμέτρων.....	136
Πίνακας 25.	Αριθμός νομικών μονάδων, κύκλος εργασιών και απασχολούμενοι ανά έτος (2011-2021) για την οικονομική δραστηριότητα επεξεργασίας λυμάτων (NACE rev. 2, κωδικός E3700), στο σύνολο της χώρας.....	138
Πίνακας 26.	Ιλύες από τον βιομηχανικό κλάδο του Παραρτήματος III της ΚΥΑ 5673/400/1997.....	141
Πίνακας 27.	Ιλύες από τους Οργανισμούς Κοινής Ωφελείας (ΟΚΩ).....	141
Πίνακας 28.	Στόχοι παραγωγής συνολικής βιολογικής ιλύος έως το 2030 σε ισοδύναμα ξηρά στερεά (total dry solids) ανά έτος.....	142
Πίνακας 29.	Όρια συγκεντρώσεων υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε υπονόμους και ρέματα.....	146
Πίνακας 30.	Τρόπος παρακολούθησης και ελέγχου λυμάτων.....	147
Πίνακας 31.	Περιοχές με έργα συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων, όπου πραγματοποιήθηκαν επιτόπιες επισκέψεις την περίοδο 2019-2020.....	151
Πίνακας 32.	Κατάλογος επιτόπιων επισκέψεων από τον οργανισμό JASPERS.....	152
Πίνακας 33.	Ευρήματα της μελέτης αναφορικά με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των 61 ΕΕΛ που εξετάστηκαν.....	159

Ευρετήριο Πλαισίων

Πλαίσιο 1.	Συμπεράσματα για τα δημόσια συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων.....	188
Πλαίσιο 2.	Συμπεράσματα για τους οικισμούς προτεραιότητας.....	189
Πλαίσιο 3.	Συμπεράσματα για τα ιδιωτικά συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων.....	192
Πλαίσιο 4.	Ευρήματα σχετικά με την υιοθέτηση πρακτικών κυκλικής οικονομίας από τις ΕΕΛ.....	193
Πλαίσιο 5.	Τεχνικές προτάσεις βελτίωσης.....	195
Πλαίσιο 6.	Διαχειριστικές και οργανωτικές προτάσεις βελτίωσης.....	197
Πλαίσιο 7.	Προτάσεις για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και ιλύος.....	200

Αρκτικόλεξα

Ελληνικά

ΑΕΠΟ	Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων
ΔΑ	Δίκτυο Αποχέτευσης
ΔΕΥΑ	Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης και Αποχέτευσης
ΕΔΕΥΑ	Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΕΛ	Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων
ΕΕΤΑΑ	Ελληνική Εταιρεία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης
ΕΚΔΔΑ	Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ	Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη
ΕΣΔΑ	Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων
ΕΣΠΑ	Εταιρικό Σύμφωνο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΤΠΑ	Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΥΑΘ	Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης
ΕΥΔΑΠ	Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας
ΕΥΔ ΠΕΡ	Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Περιφέρειας
ΗΜΑ	Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων
ΙΝΣΕΤΕ	Ινστιτούτο του Συνδέσμου Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων
ΚΑΑ	Κεντρικός Αποχετευτικός Αγωγός
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΜΕΛ	Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων
ΜΙΠ	Μονάδες Ισοδύναμου Πληθυσμού
ΜΚΟ	Μη Κερδοσκοπικοί Οργανισμοί
ΜΠΕ	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΟΚΩ	Οργανισμοί Κοινής Ωφελείας
ΠΕΠ	Περιφερειακό Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
ΠΠΔ	Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις
ΣΒΑ	Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης
ΣΔΙΤ	Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα
ΥΑ	Υπουργική Απόφαση
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
ΦοΔΣΑ	Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΧΥΤΑ	Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

Ξερόγλωσσα

AI	Artificial Intelligence
ANN	Artificial Neural Networks
BOD	Biochemical Oxygen Demand
BOD₅	Biochemical Oxygen Demand, 5 ημερών
BORDA	Bremen Overseas Research and Development Association
C-BOD	Carbonaceous Biochemical Oxygen Demand
CCBRT	Community-Based Rehabilitation
COD	Chemical Oxygen Demand
DEWATS	Decentralized Wastewater Treatment Systems
DPR	Direct Potable Reuse
DS	Dry Solids
EC	Electrical Conductivity
FAO	Food and Agriculture Organization
FC	Fecal Coliforms
FWS	Free Water Surface
IARI	Indian Agricultural Research Institute
IONPs	Iron Oxide Nanoparticles
IPR	Indirect Potable Reuse
MAR	Managed Aquifer Recharge
ML	Machine Learning
N-BOD	Nitrogenous Biochemical Oxygen Demand
NF	Nanofiltration
pH	pH Value
RBF	Riverbank Filtration
SAT	Soil Aquifer Treatment
SPM	Suspended Particulate Matter
SSF	Sub Surface Flow
TC	Total Coliforms
tDS	Total Dissolved Solids (Τόνοι Ξηράς Ουσίας)
ThOD	Theoretical Oxygen Demand
TN	Total Nitrogen
TOC	Total Organic Carbon
TOD	Total Oxygen Demand
TP	Total Phosphorus
TSS	Total Suspended Solids
TUA	Toxic Unit Acute

TUC	Toxic Unit Chronic
UV	Ultraviolet
UVC	Ultraviolet C
WECF	Women Engage for a Common Future
WSUD	Water Sensitive Urban Design
WWAP	World Water Assessment Programme

Χημικά στοιχεία

Al	Aluminium (Αργίλιο)
Ag	Silver (Άργυρος)
As	Arsenic (Αρσενικό)
B	Boron (Βόριο)
Ba	Barium (Βάριο)
C	Carbon (Άνθρακας)
Ca	Calcium (Ασβέστιο)
Ca(OH)₂	Calcium hydroxide (Υδροξείδιο του ασβεστίου)
Ca²⁺	Calcium cation (Κατιόν ασβεστίου)
CaO	Calcium oxide (Οξείδιο του ασβεστίου)
Cd	Cadmium (Κάδμιο)
CH₄	Methane (Μεθάνιο)
Cl₂	Chlorine (Χλώριο)
ClO₂	Chlorine dioxide (Διοξείδιο του κλωρίου)
CN⁻	Cyanide (Κυανούχα)
Co	Cobalt (Κοβάλτιο)
CO₂	Carbon dioxide (Διοξείδιο του άνθρακα)
Cr	Chromium (Χρώμιο)
Cr(VI)	Hexavalent chromium (Εξαασθενές χρώμιο)
Cu	Copper (Χαλκός)
CuO	Copper oxide (Οξείδιο του χαλκού)
F⁻	Fluoride (Φθορίδιο)
Fe	Iron (Σίδηρος)
Fe₂O₃	Iron oxide (Τριοξείδιο του σιδήρου)
H₂	Hydrogen (Υδρογόνο)
H₂S	Hydrogen sulfide (Υδρόθειο)
Hg	Mercury (Υδράργυρος)
Inorg. P	Inorganic phosphorus (Ανόργανος φώσφορος)
K	Potassium (Κάλιο)
Mg	Magnesium (Μαγνήσιο)
Mn	Manganese (Μαγγάνιο)

Mo	Molybdenum (Μολυβδαίνιο)
N	Nitrogen (Άζωτο)
Na	Sodium (Νάτριο)
NaHSO₃	Sodium bisulfite (Όξινοθειώδες νάτριο)
Ni	Nickel (Νικέλιο)
NH₃	Ammonia (Αμμωνία)
NO₂⁻	Nitrite ions (Νιτρώδη ιόντα)
NO₃⁻	Nitrate ions (Νιτρικά ιόντα)
O₂	Oxygen (Οξυγόνο)
O₃	Ozone (Όζον)
Org. N	Organic nitrogen (Οργανικό άζωτο)
Org. N + NH₃ + NH₄⁺	Kjeldahl nitrogen (Άζωτο Kjeldahl)
Org. P	Organic phosphorus (Οργανικός φώσφορος)
P	Phosphorus (Φώσφορος)
Pb	Lead (Μόλυβδος)
Se	Selenium (Σελήνιο)
Sn	Tin (Κασσίτερος)
SO₂	Sulfur dioxide (Διοξείδιο του θείου)
SO₄²⁻	Sulfate ions (Θειικά)
TiO₂	Titanium dioxide (Διοξείδιο του τιτανίου)
TP	Total phosphorus (Ολικός φώσφορος)
Zn	Zinc (Ψευδάργυρος)
ZnO	Zinc oxide (Οξείδιο του ψευδαργύρου)

Πλαίσιο μελέτης

Μία από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές και οικονομικές προκλήσεις στην Ελλάδα, αλλά και στο εξωτερικό, είναι η βιώσιμη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Η Ελλάδα από τη δεκαετία του 1990, με αφετηρία την Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, έχει ξεκινήσει μια συστηματική προσπάθεια ανάπτυξης υποδομών διαχείρισης υγρών αποβλήτων και εναρμόνισης με την υπερκείμενη νομοθεσία. Ωστόσο, η χώρα έχει βρεθεί πολλές φορές αντιμέτωπη με ευρωπαϊκές κυρώσεις για ζητήματα συλλογής και επεξεργασίας αποβλήτων, παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης και των προβλημάτων στη διαχείριση υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, περιλαμβάνοντας τη χαρτογράφηση των καλών πρακτικών στο εξωτερικό και διαμορφώνοντας προτάσεις πολιτικής. Στόχος της μελέτης είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων που θα υποστηρίξουν τον σχεδιασμό και τη χάραξη πολιτικής σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, σε ό,τι αφορά τη διαχείριση υγρών αποβλήτων υπό το πρίσμα της κυκλικής οικονομίας και της αειφορίας.

Αναθέτουσα αρχή του παρόντος έργου μελέτης με τίτλο «Διαχείριση υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα: Υφιστάμενη κατάσταση, προβλήματα και προτάσεις πολιτικής» είναι η αστική μη κερδοσκοπική εταιρεία διαΝΕΟσις και ανάδοχος το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, με τη συμμετοχή της Έδρας UNESCO για την Πράσινη Καινοτομία και Κυκλική Οικονομία. Η μελέτη διεξάχθηκε με τη χρήση επίσημων δευτερογενών δεδομένων, όπως έχουν προκύψει μέσα από εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση, εξέταση υφιστάμενων μελετών και συνεργασία με εμπλεκόμενους φορείς.

Η μελέτη αναδεικνύει ζητήματα που αφορούν τόσο την ανεπάρκεια υποδομών και διαδικασιών όσο και τη δυσλειτουργία υφιστάμενων συστημάτων, λόγω οικονομοτεχνικών περιορισμών ή έλλειψης εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού. Παρά τις προκλήσεις, η χώρα σημειώνει σημαντική πρόοδο, με συνεχιζόμενες προσπάθειες εναρμόνισης προς την εθνική και την ευρωπαϊκή νομοθεσία. Οι προτεινόμενες πολιτικές στοχεύουν στην αντιμετώπιση των υφιστάμενων προκλήσεων, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις διαθέσιμες τεχνολογίες και τα υπάρχοντα χρηματοδοτικά εργαλεία.

Επιτελική Σύνοψη

Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη εξετάζει τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, αναλύοντας τη σημερινή κατάσταση, τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο τομέας και τις δυνατότητες βελτίωσης μέσω σύγχρονων τεχνολογιών και πολιτικών παρεμβάσεων. Ειδικότερα, διερευνώνται οι υφιστάμενες υποδομές και τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων, ενώ παράλληλα αξιολογείται το ισχύον θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο. Στο πλαίσιο αυτό, η μελέτη καταγράφει βέλτιστες πρακτικές από το εξωτερικό, που μπορούν να προσφέρουν χρήσιμα διδάγματα για την ελληνική πραγματικότητα.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας, οι οποίες μπορούν να συμβάλουν στη βιώσιμη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, ενισχύοντας την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υδάτων και τη βέλτιστη αξιοποίηση της παραγόμενης ιλύος. Παράλληλα, παρουσιάζονται καινοτόμες τεχνολογίες επεξεργασίας, οι οποίες δύνανται να βελτιώσουν την αποδοτικότητα, να μειώσουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και να ενισχύσουν τη βιωσιμότητα των υφιστάμενων υποδομών.

Ένα σημαντικό σκέλος της μελέτης αφορά την αξιολόγηση της υφιστάμενης διαχείρισης λυμάτων στην Ελλάδα, τόσο σε επίπεδο δημόσιων όσο και ιδιωτικών υποδομών. Η ανάλυση αυτή περιλαμβάνει την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας των μονάδων επεξεργασίας, τον εντοπισμό κενών συμμόρφωσης με την ευρωπαϊκή νομοθεσία και την ανάδειξη κρίσιμων νομικών, οικονομικών και τεχνικών ζητημάτων. Επιπλέον, εξετάζονται κοινωνικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων.

Τέλος, η μελέτη καταλήγει σε συγκεκριμένες προτάσεις πολιτικής και στρατηγικές παρεμβάσεις, με στόχο την αναβάθμιση της διαχείρισης των λυμάτων στην Ελλάδα. Οι προτάσεις αυτές αποσκοπούν στη βελτίωση των υποδομών, στη συμμόρφωση με τις ευρωπαϊκές απαιτήσεις, στην προώθηση της κυκλικής οικονομίας και την ενίσχυση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, διασφαλίζοντας παράλληλα την προστασία της δημόσιας υγείας και την ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων.

Διαχείριση υγρών αποβλήτων και κυκλική οικονομία

Τα υγρά απόβλητα αποτελούν κύρια πηγή ρύπανσης των υδάτων, ιδίως όταν απορρίπτονται ακατέργαστα στο φυσικό περιβάλλον, γεγονός που επιδεινώνεται λόγω της αστικοποίησης και της αύξησης του πληθυσμού. Η ανάγκη για την επεξεργασία τους είναι επιτακτική, καθώς προστατεύει τη δημόσια υγεία, τους υδατικούς πόρους και τα έμβια όντα. Στόχος της επεξεργασίας λυμάτων είναι η απομάκρυνση μη επιθυμητών αντικειμένων, θρεπτικών ουσιών και βαρέων μετάλλων, πριν τα λύματα διοχετευθούν ξανά στο περιβάλλον ή επαναχρησιμοποιηθούν.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, τα αστικά λύματα πρέπει να υποβάλλονται τουλάχιστον σε δευτεροβάθμια επεξεργασία για την απομάκρυνση βλαβερών ουσιών, όπως θρεπτικών ουσιών και βαρέων μετάλλων, ενώ τα σύγχρονα συστήματα ενσωματώνουν και τριτοβάθμια στάδια για ανακύκλωση και ανάκτηση πόρων.

Η προσέγγιση της κυκλικής οικονομίας στο νερό προωθεί την επαναχρησιμοποίηση και την ανάκτηση χρήσιμων συστατικών, μειώνοντας τη σπατάλη και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το επεξεργασμένο νερό μπορεί να αξιοποιηθεί για άρδευση, εμπλουτισμό υδροφορέων ή βιομηχανικές χρήσεις, ενώ η ιλύς για κομποστοποίηση ή ενεργειακή ανάκτηση.

Καθώς η λειψυδρία στην Ευρώπη επιδεινώνεται, ιδιαίτερα στις μεσογειακές χώρες, με μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού και των υδατικών πόρων να βρίσκονται υπό πίεση, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) προωθεί την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, μειώνοντας την κατανάλωση γλυκού νερού και ενισχύοντας τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτων. Ο Κανονισμός επαναχρησιμοποίησης νερού, που τέθηκε σε ισχύ τον Ιούνιο του 2023, θέτει ελάχιστες απαιτήσεις για την ποιότητα, την παρακολούθηση και τη διαχείριση κινδύνων, με τα κράτη-μέλη να διατηρούν ευελιξία στην εφαρμογή του.

Σε εθνικό επίπεδο, η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων, οι υψηλές ανάγκες της γεωργίας (86% της κατανάλωσης νερού) και η αυξημένη ζήτηση κατά την τουριστική περίοδο καθιστούν αναγκαία την εφαρμογή στρατηγικών επαναχρησιμοποίησης. Στην παρούσα μελέτη, αναλύεται τόσο το ευρωπαϊκό όσο και το εθνικό νομικό πλαίσιο που αφορά στη διαχείριση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.

Σε αυτό το πλαίσιο, κρίνεται σκόπιμη η ανάλυση των εφαρμογών της κυκλικής οικονομίας και των δυνατοτήτων αξιοποίησης του ανακτημένου νερού από τα επεξεργασμένα λύματα. Επίσης, προσδιορίζεται η βέλτιστη χρήση του νερού, ανάλογα με τις ανάγκες, όπως για άρδευση καλλιεργειών, για εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων ή για αστικές, οικιακές, βιομηχανικές και περιβαλλοντικές εφαρμογές. Τέλος, εξετάζονται οι δυνατότητες αξιοποίησης

της επεξεργασμένης ιλύος, μέσω μεθόδων όπως η διάθεση στο έδαφος, η υγειονομική ταφή, η κομποστοποίηση και άλλες τεχνικές επεξεργασίας.

Υφιστάμενη κατάσταση

Η παρούσα μελέτη αξιολογεί την υφιστάμενη κατάσταση της διαχείρισης υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, εξετάζοντας αρχικά τους οικισμούς προτεραιότητας και τις ανάγκες τους, και στη συνέχεια τα υφιστάμενα δημόσια και ιδιωτικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων. Στόχος της διερεύνησης της υφιστάμενης κατάστασης είναι η ανάδειξη των προβλημάτων και των προκλήσεων που αντιμετωπίζονται στη διαχείριση των λυμάτων στη χώρα, προκειμένου να προταθούν λύσεις βελτίωσης και αντιμετώπισής τους.

Από τη μελέτη συμπεραίνεται ότι η Ελλάδα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο στη διαχείριση των αστικών λυμάτων, καταλαμβάνοντας την 4η θέση στην Ευρώπη για τη σύνδεση του πληθυσμού με Μονάδες Επεξεργασίας Λυμάτων (ΜΕΛ). Από τη δεκαετία του 1990, η χώρα υλοποιεί έργα συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων, με σκοπό την ενίσχυση της ποιότητας των υδάτινων αποδεκτών και την προστασία των υδάτων και των παράκτιων περιοχών. Σήμερα, οι περισσότερες πόλεις διαθέτουν αποχετευτικά δίκτυα και μονάδες βιολογικού καθαρισμού, ωστόσο η ανάγκη για περαιτέρω επεξεργασία παραμένει, κυρίως για τους μικρούς οικισμούς με πληθυσμό κάτω των 2.000 κατοίκων.

Η Ελλάδα καταβάλλει συνεχιζόμενες προσπάθειες για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων της βάσει της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ, μέσω της υλοποίησης του Εθνικού Επιχειρησιακού Σχεδίου Υποδομών Λυμάτων. Το Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο για τα υγρά απόβλητα, στο πλαίσιο των Οδηγιών της ΕΕ, δίνει προτεραιότητα στις επενδύσεις και τη συμμόρφωση με τις κανονιστικές διατάξεις, διασφαλίζοντας ότι οι πόροι κατανέμονται αποτελεσματικά στις περιοχές που έχουν μεγαλύτερη ανάγκη.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat για το 2021, η Ελλάδα έχει επιδείξει ισχυρή δέσμευση σε αυτά τα πρότυπα, με το 95% του πληθυσμού να είναι συνδεδεμένο τουλάχιστον σε εγκαταστάσεις δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, κατατάσσοντας την Ελλάδα στην 4η θέση στην Ευρώπη όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των λυμάτων. Αυτό το υψηλό ποσοστό συνδεσιμότητας υποδηλώνει μια ισχυρή εφαρμογή των συστημάτων επεξεργασίας σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Η ευθύνη της διαχείρισης, η οποία κατανέμεται μεταξύ της κεντρικής και της τοπικής αυτοδιοίκησης, περιλαμβάνει όχι μόνο την τήρηση των Κανονισμών της ΕΕ, αλλά και σημαντικές τοπικές προσπάθειες για την κατασκευή και τη συντήρηση των απαραίτητων υποδομών.

Οικισμοί και δημόσια συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων

Μέχρι σήμερα, το 50% των οικισμών είναι σε συμμόρφωση, ενώ σε περιοχές όπως η Αττική και η Στερεά Ελλάδα, οι οικισμοί που δεν έχουν συμμορφωθεί είναι περισσότεροι. Οι οικισμοί Δ΄ προτεραιότητας, με πληθυσμό κάτω των 2.000 κατοίκων, δεν δικαιούνται χρηματοδότηση για δίκτυα αποχέτευσης, αν και οι πιέσεις από τον τουρισμό ενδέχεται να τους καταστήσουν Γ΄ προτεραιότητας.

Αναφορικά με τα υφιστάμενα συστήματα και τις υποδομές στην Ελλάδα, η επεξεργασία των λυμάτων βασίζεται κυρίως στη δευτεροβάθμια επεξεργασία, χρησιμοποιώντας μεθόδους απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου. Παρά ταύτα, η χώρα αντιμετωπίζει προβλήματα με ημιτελείς συνδέσεις και παλαιές υποδομές, για την αποκατάσταση των οποίων χρηματοδοτούνται έργα μέσω εθνικών πόρων και του ΕΣΠΑ. Εν τω μεταξύ, με την αναθεώρηση της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ από την ΕΕ, η Ελλάδα καλείται να προσαρμοστεί σε νέους στόχους για την κυκλική οικονομία και τη μείωση της ρύπανσης, προωθώντας την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων.

Επιπλέον, η βελτίωση της επεξεργασίας ιλύος αποτελεί κρίσιμο ζήτημα, καθώς μόλις το 57% των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) εφαρμόζει σύγχρονες μεθόδους επεξεργασίας ιλύος. Η μηχανική αφυδάτωση παραμένει η πιο διαδεδομένη μέθοδος, ακολουθούμενη από τη μηχανική πάχυνση. Οι εξελίξεις αυτές καταδεικνύουν την ανάγκη για άμεσες και συντονισμένες δράσεις, προκειμένου να ενισχυθεί η διαχείριση λυμάτων και ιλύος σε εθνικό επίπεδο και να εξασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας.

Συνοψίζοντας, από τη διερεύνηση της υφιστάμενης κατάστασης των δημόσιων συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων προκύπτουν οι κάτωθι προκλήσεις:

- Η ανάγκη για ενισχυμένη επεξεργασία υγρών αποβλήτων για μικρούς οικισμούς (κάτω από 2.000 κατοίκους) είναι σημαντική, καθώς οι υφιστάμενοι μηχανισμοί διαχείρισης δεν είναι επαρκείς.
- Σημαντικός αριθμός οικισμών δεν έχουν ολοκληρώσει τις συνδέσεις τους στα συστήματα αποχέτευσης, ενώ πολλές από τις υπάρχουσες υποδομές είναι παλιές και δεν λειτουργούν αποτελεσματικά.
- Η Ελλάδα αντιμετωπίζει σημαντικές απώλειες στα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης λόγω διαρροών, κάτι που επιβαρύνει το σύστημα και καθιστά την αποτελεσματική διαχείριση των υδάτων και αποβλήτων πιο δύσκολη.
- Η Ελλάδα δεν έχει ολοκληρώσει πλήρως τη συμμόρφωσή της με την Οδηγία για τα αστικά λύματα, παρόλο που υπήρχε η υποχρέωση από το 2005.

- Με τις πρόσφατες αναθεωρήσεις της Οδηγίας από την ΕΕ, η Ελλάδα καλείται να προσαρμοστεί στους νέους στόχους της κυκλικής οικονομίας, όπως η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων και η μείωση της ρύπανσης, απαιτώντας εκσυγχρονισμό των υποδομών και των διαδικασιών.

Ιδιωτικά συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων

Αναφορικά με την υφιστάμενη κατάσταση των ιδιωτικών συστημάτων διαχείρισης υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, η λειτουργία τους διέπεται από συγκεκριμένα όρια και προδιαγραφές. Οι επιχειρήσεις οφείλουν είτε να συμμορφώνονται με τα θεσμοθετημένα όρια των φυσικοχημικών παραμέτρων είτε να προχωρούν σε ιδιωτική επεξεργασία των λυμάτων τους, ανάλογα με τη δραστηριότητά τους. Παρόλο που η επεξεργασία λυμάτων είναι ζωτικής σημασίας για τη δημόσια υγεία και την περιβαλλοντική προστασία, η καταγεγραμμένη συμβολή της στην εθνική οικονομία, όπως αποτυπώνεται από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), εμφανίζεται περιορισμένη σε επίπεδο νομικών μονάδων, απασχόλησης και κύκλου εργασιών. Ωστόσο, η έλλειψη ολοκληρωμένης επίσημης καταγραφής και δημόσιας πληροφόρησης από αρμόδιους φορείς καθιστά δύσκολη την αποτύπωση της πραγματικής έκτασης και σημασίας του τομέα, επηρεάζοντας τον σχεδιασμό πολιτικών και την αποτελεσματική παρακολούθηση της τήρησης του θεσμικού πλαισίου.

Διαχείριση ιλύος

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε και η διαχείριση της ιλύος στην Ελλάδα, ως βασικού παραπροϊόντος της επεξεργασίας λυμάτων, η οποία είναι κρίσιμη για την περιβαλλοντική προστασία και τη βιώσιμη αξιοποίησή της. Σύμφωνα με τα ευρήματα της μελέτης, το 57% των ΕΕΛ επεξεργάζεται την παραγόμενη ιλύ, ενώ 8 μονάδες τη διαθέτουν για επαναχρησιμοποίηση. Επιπλέον, διάφοροι βιομηχανικοί κλάδοι παράγουν και διαχειρίζονται σημαντικές ποσότητες ιλύος, που προκύπτει από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων των διεργασιών τους. Τα επόμενα χρόνια αναμένεται αύξηση του ποσοστού επεξεργασίας και διάθεσης της ιλύος, καθιστώντας αναγκαία την αποτελεσματική αξιοποίησή της.

Συμμόρφωση και αυστηροποίηση Οδηγιών

Καθώς ο στόχος του Εθνικού Επιχειρησιακού Σχεδίου Λυμάτων είναι η ολοκλήρωση έργων αποχέτευσης και επεξεργασίας, σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, η Ελλάδα, αν και υποχρεούταν να συμμορφωθεί από το 2005, υπέστη επιβολή προστίμων λόγω καθυστερήσεων, όπως στην περίπτωση 6 οικισμών της Ανατολικής Αττικής το 2015 και της Ελευσίνας το 2018. Το 2020 επιβλήθηκαν νέα πρόστιμα και η Τεχνική Γραμματεία

Λυμάτων παρακολουθεί τα έργα για την αποφυγή νέων κυρώσεων. Η Τεχνική Γραμματεία Λυμάτων παρακολουθεί συστηματικά την πρόοδο των έργων, παρεμβαίνει όπου χρειάζεται και καταθέτει προτάσεις για τη σωστή λειτουργία τους μετά την ολοκλήρωσή τους. Στόχος είναι η αποφυγή νέων λαθών και προστίμων λόγω μη συμμόρφωσης των οικισμών.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε την αναθεώρηση της Οδηγίας για την επεξεργασία αστικών λυμάτων με στόχο τη μείωση της ρύπανσης και την ενίσχυση της βιώσιμης ανάπτυξης. Η αναθεώρηση περιλαμβάνει αυστηρότερες απαιτήσεις για την επεξεργασία λυμάτων, όπως δευτεροβάθμια επεξεργασία έως το 2035, τρίτοβάθμια επεξεργασία έως το 2045 και προσθήκη επεξεργασίας τετάρτου βαθμού για την αφαίρεση μικρορύπων. Παράλληλα, ενθαρρύνεται η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων σε περιοχές με υδατική πίεση, προάγοντας τη βιώσιμη χρήση των υδατικών πόρων.

Προβλήματα και προκλήσεις

Παρά τη δυναμική που διαμορφώθηκε τη δεκαετία του 1990 και με τις προθεσμίες που ορίστηκαν για την κατασκευή και λειτουργία ΕΕΛ να χρονολογούνται περίπου μία δεκαετία αργότερα, παρατηρήθηκαν σημαντικά προβλήματα τις δεκαετίες του 2000 και του 2010 στην εναρμόνιση της χώρας με την Οδηγία, οδηγώντας πολλές φορές σε υποχρέωση καταβολής προστίμων από την ΕΕ.

Τα ευρήματα της υφιστάμενης κατάστασης της παρούσας μελέτης εμπλουτίστηκαν με δεδομένα από δευτερογενείς εκθέσεις και επιτόπιους ελέγχους, προσφέροντας μια πληρέστερη και πιο σφαιρική εικόνα των προβλημάτων και προκλήσεων που αντιμετωπίζει η Ελλάδα στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Αυτή η συνδυασμένη προσέγγιση επιτρέπει τη βαθύτερη κατανόηση των δυσχερειών που εμφανίζονται στα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων, αναδεικνύοντας τις κρίσιμες αδυναμίες και τα σημεία που απαιτούν άμεση παρέμβαση. Οι εντοπισμένες προκλήσεις, οι οποίες ταξινομούνται σε νομικά και οικονομοτεχνικά ζητήματα, αποτυπώνονται στη συνέχεια.

Σε ό,τι αφορά θεσμικά ζητήματα, εντοπίστηκε σε αρκετές περιπτώσεις αδυναμία εφαρμογής του νομικού πλαισίου, με βασικούς παράγοντες να είναι η αναποτελεσματική περιβαλλοντική παρακολούθηση και ο έλεγχος των έργων. Αναδείχθηκαν, επίσης, οικονομοτεχνικά ζητήματα γύρω από τις φυσικές υποδομές και το ανθρώπινο δυναμικό, όπως οι χρονικές και τεχνικές ασυμβατότητες και οι διαχειριστικές και οικονομικές αδυναμίες των φορέων. Σύμφωνα με επίσημες πηγές, σημαντικό ζήτημα αποτελεί και η παράλειψη σύνταξης ολοκληρωμένων σχεδίων ένταξης και λειτουργίας των υποδομών στα εκάστοτε τοπικά συστήματα.

Διαχρονικά έχει υπάρξει σημαντική πρόοδος στην επίλυση των ζητημάτων, ενώ πολλά από τα προβλήματα που καταγράφηκαν μεταξύ 2019 και 2023 έχουν υπαχθεί σε χρηματοδότηση για την επίλυσή τους, σύμφωνα με δεδομένα του 2023. Ωστόσο, κρίνεται απαραίτητο να υλοποιηθεί μια νέα σειρά παρεμβάσεων σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, για την πλήρη εναρμόνιση με το υπερκείμενο κοινοτικό πλαίσιο, την επίτευξη των εθνικών στόχων και την υιοθέτηση των αρχών της κυκλικής οικονομίας.

Παράλληλα, η αναθεώρηση της Οδηγίας για την επεξεργασία αστικών λυμάτων και η αυστηροποίηση των προτύπων από την ΕΕ υποχρεώνουν τις χώρες της ΕΕ να ενσωματώσουν αυστηρότερα πρότυπα και κριτήρια στην επεξεργασία των λυμάτων και να προωθήσουν την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, ιδιαίτερα σε περιοχές με υδατική πίεση, διασφαλίζοντας έτσι καλύτερη προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος.

Καλές πρακτικές και νέες τεχνολογίες

Έχοντας εντοπίσει τις προκλήσεις που συνδέονται με τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα και την επιτακτική ανάγκη για τεχνολογικές και διαχειριστικές εξελίξεις στη διαχείριση του όγκου και της τοξικότητας των παραγόμενων λυμάτων, ιδίως στις αστικές περιοχές, η έρευνα εμβαθύνει στις ευκαιρίες που προσφέρουν οι προηγμένες τεχνολογίες επεξεργασίας, όπως η βιολογική επεξεργασία και η ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών. Ακολουθεί εκτενής αναφορά σε διεθνή παραδείγματα καλών πρακτικών στον τομέα της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, τα οποία αναδεικνύουν την αποτελεσματικότητα και τη βιωσιμότητα των εφαρμοζόμενων λύσεων.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται νέες και καινοτόμες τεχνολογίες επεξεργασίας, καθώς και λύσεις για την ανάκτηση πόρων, οι οποίες συνεισφέρουν στη βελτιωμένη διαχείριση των υδάτων και την προστασία του περιβάλλοντος. Οι τεχνολογίες αυτές δεν αποσκοπούν μόνο στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων, αλλά και στη μετατροπή των αποβλήτων σε πόρο, προωθώντας την επαναχρησιμοποίησή τους στο πλαίσιο μιας κυκλικής οικονομίας. Η προσέγγιση αυτή ευθυγραμμίζεται με τους ευρύτερους στόχους της αειφορίας, υποστηρίζοντας την οικονομική ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα των πόρων.

Συμπεράσματα και προτάσεις

Η αύξηση του ποσοστού συμμόρφωσης των οικισμών από 44% το 2020 σε 53% το 2023 και η ένταξη πολλών έργων σε χρηματοδοτικά προγράμματα αποτελούν σημαντικές εξελίξεις προς τη βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας και της δημόσιας υγείας. Παρά τη σημαντική πρόοδο στον εκσυγχρονισμό των υποδομών διαχείρισης λυμάτων, παραμένουν σημεία

βελτίωσης, η επίλυση των οποίων μπορεί να αναβαθμίσει σημαντικά τη συνολική λειτουργία των ΕΕΛ της χώρας.

Η διασφάλιση της ωριμότητας των έργων και της ορθής κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης των ΕΕΛ και των δικτύων αποχέτευσης παραμένει πρόκληση για αρκετούς οικισμούς. Οι φορείς διαχείρισης αντιμετωπίζουν δυσκολίες λόγω έλλειψης τεχνικής εξειδίκευσης και υποστελέχωσης, οδηγώντας σε αναποτελεσματική λειτουργία, ελλιπή συντήρηση και καθυστερημένη αντιμετώπιση βλαβών. Επιπλέον, ο μεγάλος όγκος εργασίας των στελεχών των φορέων επιβαρύνει περαιτέρω την αποδοτικότητα των έργων. Παράλληλα, η ενεργοβόρα λειτουργία των ΕΕΛ αυξάνει σημαντικά το κόστος λειτουργίας τους, δυσχεραίνοντας την οικονομική διαχείριση των φορέων και την είσπραξη χρημάτων μέσω χρηματοδοτήσεων.

Επιπροσθέτως, οι πιέσεις από την αύξηση του τουρισμού, ειδικά τους θερινούς μήνες, είναι μεγάλες και απαιτούν ειδική μέριμνα για την ορθολογική διαχείριση των λυμάτων στους οικισμούς Δ΄ προτεραιότητας.

Οι προτάσεις βελτίωσης των εντοπισμένων προκλήσεων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τις τεχνικές λύσεις για την αναβάθμιση και τον εκσυγχρονισμό των ΕΕΛ, και τις διαχειριστικές και οργανωτικές διαδικασίες για την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση των ΕΕΛ. Ενδεικτικά, ακολουθούν μερικές από τις σημαντικότερες.

Τεχνικές προτάσεις βελτίωσης

- Χρήση σύγχρονων τεχνολογιών τηλεμετρίας.
- Εκπόνηση μελετών για αδειοδότηση έργων.
- Χρήση «compact» συστημάτων για τη διαχείριση λυμάτων στους οικισμούς Δ΄ προτεραιότητας.
- Ενίσχυση του ποσοστού κάλυψης των ιδιωτικών συνδέσεων.
- Ολοκλήρωση έργων και συνδέσεων.
- Εκσυγχρονισμός και αναβάθμιση δικτύων υποδομών.

Διαχειριστικές και οργανωτικές προτάσεις βελτίωσης

- Διεξαγωγή εκπαιδευτικών προγραμμάτων για την ενίσχυση τεχνικής και διαχειριστικής κατάρτισης των φορέων, εξοικείωση με βέλτιστες πρακτικές και ανάπτυξη δεξιοτήτων.
- Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) για την αποτελεσματική και οικονομικά βιώσιμη συντήρηση και αναβάθμιση των υποδομών, και την αντιμετώπιση του μεγάλου όγκου εργασίας των φορέων διαχείρισης και της υποστελέχωσής τους, βελτιώνοντας την υλοποίηση έργων σε χρόνο και κόστος και διασφαλίζοντας τη διαφάνεια των διαδικασιών.

- Μείωση ενεργειακού κόστους μέσα από την υλοποίηση έργων ενεργειακής αναβάθμισης και τεχνοοικονομική ανάλυση του κόστους λειτουργίας των ΕΕΛ.
- Ανάπτυξη συνεργασιών μεταξύ Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) και άλλων φορέων για ανταλλαγή εμπειριών και βέλτιστων πρακτικών, καθώς και λήψη κοινών πρωτοβουλιών.
- Ενοποιήσεις ΔΕΥΑ για την ενίσχυση της ανταλλαγής γνώσεων, τη βελτίωση των δραστηριοτήτων διαχείρισης και λειτουργίας, τον διαμοιρασμό τεχνικής εξειδίκευσης, τη διεκδίκηση χρηματοδοτήσεων και την οικονομική διαχείριση μέσα από οικονομία κλίμακας.
- Ανάπτυξη εργαλείων για τη χρηματοδότηση μελετών ωρίμανσης, συμβάλλοντας στη συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.
- Εντατικοποίηση περιβαλλοντικών ελέγχων και ενεργοποίηση μητρώου περιβαλλοντικών ελεγκτών για τη βελτίωση αδειοδότησης, τον εντοπισμό παρεμβάσεων και την αύξηση ελέγχων.
- Συνεργασία με φορείς με εξειδικευμένη τεχνογνωσία για τη βελτίωση έργων και υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών, μέσω ΣΔΙΤ, βελτιώνοντας την υλοποίηση έργων σε χρόνο και κόστος και διασφαλίζοντας τη διαφάνεια των διαδικασιών.

Η εφαρμογή πρακτικών κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα παραμένει περιορισμένη, ιδιαίτερα όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση της εκροής και της ιλύος από τις ΕΕΛ, γεγονός που παρατηρείται και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Συνεπώς, κρίνονται επιτακτικά η ανάγκη υιοθέτησης βιώσιμων πρακτικών και ο εκσυγχρονισμός των ΕΕΛ για την ορθολογική διαχείριση των υγρών αποβλήτων, σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές. Η Ελλάδα προωθεί την αύξηση της επαναχρησιμοποίησης της ιλύος σε εφαρμογές όπως η γεωργία, η αποκατάσταση εδαφών, η παραγωγή βιοαερίου και η ενεργειακή αξιοποίηση. Ωστόσο, η συνεχής αύξηση της παραγόμενης ιλύος, η οποία εκτιμάται τα επόμενα χρόνια, απαιτεί ενίσχυση των μεθόδων ανακύκλωσης και αναβάθμιση των εγκαταστάσεων, ώστε να βελτιωθεί η διαχείριση των αποβλήτων και να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, απαιτείται ο εκσυγχρονισμός του θεσμικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και την επεξεργασία της ιλύος, με έμφαση στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών. Η παροχή κινήτρων και η προσέλκυση επενδύσεων σε καινοτόμες λύσεις είναι κρίσιμες για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας στη διαχείριση αποβλήτων.

Ιδιαίτερη προτεραιότητα πρέπει να δοθεί στην ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος, όπως η αναερόβια χώνευση, μέσω πολιτικών που απλοποιούν τις διαδικασίες αδειοδότησης και ενθαρρύνουν ιδιωτικές επενδύσεις. Η ενίσχυση της συνεργασίας και της ανταλλαγής τεχνογνωσίας μεταξύ των

φορέων διαχείρισης υγρών αποβλήτων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών. Η αξιοποίηση της εμπειρίας από ΔΕΥΑ, οι οποίες έχουν εφαρμόσει επιτυχώς στρατηγικές επαναχρησιμοποίησης λυμάτων και ιλύος, μπορεί να λειτουργήσει ως πολύτιμη βάση γνώσης, διευκολύνοντας τη διάδοση βέλτιστων πρακτικών και την εφαρμογή καινοτόμων λύσεων στον κλάδο.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Φεβρουάριος 2026

Εισαγωγή



Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων αποτελεί μία από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές προκλήσεις στη σύγχρονη εποχή, ιδιαίτερα σε χώρες με αυξημένο βαθμό αστικοποίησης, όπως η Ελλάδα. Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην αξιολόγηση των υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης των υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, αναλύοντας τις προκλήσεις, τις ευκαιρίες και τις ανάγκες για τεχνολογική και διαχειριστική βελτίωση.

Τα υγρά απόβλητα περιλαμβάνουν υδατικούς πόρους που έχουν υποστεί ρύπανση λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, όπως οικιακές, εμπορικές, βιομηχανικές και αγροτικές διεργασίες. Η ορθολογική διαχείριση αυτών των αποβλήτων είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας και την προστασία των οικοσυστημάτων, καθώς η ανεξέλεγκτη απόρριψή τους στο περιβάλλον μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές επιπτώσεις, όπως η ρύπανση των υδάτων και η διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας.

Στην Ελλάδα, τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων και η υποδομή διαχείρισης έχουν βελτιωθεί σημαντικά ως αποτέλεσμα της εφαρμογής της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ. Αυτή η Οδηγία προβλέπει τη δημιουργία κατάλληλων συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων για την προστασία των υδατικών πόρων. Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει σημειωθεί, εξακολουθούν να αντιμετωπίζονται προκλήσεις που σχετίζονται με την ολοκλήρωση και την αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων, καθώς και την ανάγκη προσαρμογής στις αυξημένες πιέσεις που ασκούνται από την αστικοποίηση και την κλιματική αλλαγή.

Για την πληρέστερη κατανόηση του ζητήματος, πριν από τη διερεύνηση της υφιστάμενης κατάστασης που ακολουθεί, πραγματοποιείται ανάλυση της έννοιας των υγρών αποβλήτων που αποτελούν αντικείμενο της παρούσας μελέτης. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται ο ορισμός και τα βασικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων, καθώς και οι μέθοδοι επεξεργασίας που εφαρμόζονται στις εγκαταστάσεις διαχείρισής τους. Η ανάλυση αυτή παρέχει το απαραίτητο υπόβαθρο για την αξιολόγηση των υφιστάμενων πρακτικών και την ανάδειξη βέλτιστων λύσεων στον τομέα της διαχείρισης λυμάτων.

1.1. Ορισμός υγρών αποβλήτων

Ως υγρά απόβλητα ορίζονται τα οικιακά ή αστικά λύματα, καθώς και τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα, που αναφέρονται στην υπ. αριθμ. 5673/40θ/1997 ΚΥΑ (Β´ 192), ανεξαρτήτως μεγέθους βιομηχανικής εγκατάστασης.

Ειδικότερα, ισχύει η κάτωθι επεξήγηση των όρων:

- **Αστικά λύματα:** Τα οικιακά λύματα ή το μίγμα οικιακών με βιομηχανικά υγρά απόβλητα ή και όμβρια ύδατα.
- **Οικιακά λύματα:** Τα λύματα από περιοχές κατοικίας και υπηρεσιών που προέρχονται κυρίως από τις λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού και τις εμπορικές δραστηριότητες.
- **Βιομηχανικά υγρά απόβλητα:** Οποιαδήποτε υγρά απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα.

Τα υγρά απόβλητα περιέχουν ρυπογόνες και μολυσματικές ουσίες, και η απευθείας διάθεσή τους σε έναν φυσικό, συνήθως υδάτινο, αποδέκτη εγκυμονεί κινδύνους και δύναται να προκαλέσει σοβαρές περιβαλλοντικές και υγειονομικές επιπτώσεις. Οι συνέπειες αυτές επηρεάζουν τόσο την ποιότητα του ίδιου του αποδέκτη όσο και τα οικοσυστήματα που εξαρτώνται από αυτόν, συμπεριλαμβανομένων των υδρόβιων οργανισμών και, κατ' επέκταση, της ανθρώπινης υγείας μέσω της αλυσίδας τροφίμων και της κατανάλωσης νερού.

Η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ της 21ης Μαΐου 1991 εκδόθηκε με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της απόρριψης των υγρών αποβλήτων και αφορά στην ολοκληρωμένη διαχείρισή τους. Ειδικότερα, η Οδηγία αποσκοπεί στην προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος της ΕΕ από τις αρνητικές επιπτώσεις των αστικών λυμάτων, όπως ο ευτροφισμός. Θεσπίζει κοινές διατάξεις για όλη την ΕΕ σχετικά με τη συλλογή, την επεξεργασία και την απόρριψη των λυμάτων. Επίσης, καλύπτει τα λύματα που προκύπτουν από βιομηχανικές δραστηριότητες, όπως η επεξεργασία τροφίμων και η ζυθοποιία, θέτοντας προδιαγραφές για την επεξεργασία και διάθεση αυτών των αποβλήτων, προκειμένου να

προστατευθεί το υδάτινο οικοσύστημα. Σύμφωνα με την εν λόγω Οδηγία, ισχύουν οι κάτωθι ορισμοί:

- **Αστικά λύματα** θεωρούνται τα υγρά απόβλητα που προέρχονται, κυρίως, από χώρους υγιεινής, κουζίνες, πλυντήρια και γενικά από διαδικασίες καθαριότητας κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων κλπ. Στην κατηγορία των αστικών λυμάτων περιλαμβάνονται και αυτά των εστιατορίων, των ξενοδοχείων, των δημόσιων υπηρεσιών, των καταστημάτων, των γραφείων κλπ. Επομένως, τα αστικά λύματα περιλαμβάνουν κατά βάση υπολείμματα τουαλέτας, απόνερα λουτρού και κουζίνας, απόνερα λάτρας και καθαριότητας. Τα βασικά συστατικά των αστικών λυμάτων είναι οι οργανικές ουσίες (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη, έλαια, φαινόλες, επιφανειακά τασιενεργές¹ ουσίες), οι ανόργανες ουσίες (άζωτο, φώσφορο, διάφορα άλατα) και διάφορα στερεά. Εμπεριέχονται, επίσης, κολλώδεις ουσίες, μικροοργανισμοί, τοξικές ουσίες, μέταλλα, ικνοστοιχεία, καθώς και διαλυμένα αέρια, όπως αμμωνία (NH_3), υδρόθειο (H_2S) κ.ά.
- **Αποστραγγιζόμενα και εισρέοντα λύματα** είναι αυτά που εισέρχονται στο αποχετευτικό δίκτυο. Πρόκειται για ύδατα εξωτερικής προέλευσης, που εισέρχονται στο αποχετευτικό δίκτυο διά μέσου διαρροών των συνδέσεων, ρωγμών και ανοιγμάτων ή πορωδών τοιχωμάτων. Τα νερά εισροής είναι όμβρια ύδατα, που εισέρχονται στο αποχετευτικό δίκτυο από τα φρεάτια συλλογής όμβριων, τις υδρορροές, τα στραγγιστικά υπογείων και θεμελίων ή διά μέσου των ανθρωποθυρίδων.²
- **Βιομηχανικά λύματα** ονομάζονται τα απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται από κάποια εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν εμπεριέχονται στα οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα. Πρόκειται για τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των Α΄ υλών που χρησιμοποιούνται. Δεν συμπεριλαμβάνονται τα λύματα του προσωπικού, τα οποία εμπεριέχονται στα αστικά λύματα.
- **Γεωργικά υγρά απόβλητα** είναι τα απόβλητα που παράγονται από οποιαδήποτε γεωργική δραστηριότητα, όπως είναι, για παράδειγμα, οι εντατικές κτηνοτροφικές μονάδες.

¹ Οι τασιενεργές (επιφανειοδραστικές) ουσίες δρουν στην επιφάνεια δύο μη αναμιγνυόμενων φάσεων, μεταβάλλοντας την επιφανειακή τάση.

² Φρεάτια πρόσβασης σε αποχετευτικά δίκτυα, τα οποία επιτρέπουν συντήρηση και επιθεώρηση των αγωγών.

1.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Ο προσδιορισμός και η αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων είναι απαραίτητες ενέργειες για τον καθορισμό του βαθμού επεξεργασίας τους. Παράλληλα, συμβάλλουν στον έλεγχο της τήρησης των απαιτήσεων για την ασφαλή διάθεσή τους στο περιβάλλον. Σύμφωνα με την Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ (Food and Agriculture Organization – FAO), τα χαρακτηριστικά αυτά κατατάσσονται σε φυσικά, χημικά και βιολογικά, και αναλύονται στη συνέχεια.

1.2.1. Φυσικά χαρακτηριστικά

- **Θερμοκρασία:** Σημαντική παράμετρος για τον σχεδιασμό και τη λειτουργία των βιολογικών διεργασιών στις ΕΕΛ.
- **Αγωγιμότητα:** Παράμετρος με την οποία αξιολογείται η ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής, ειδικά για γεωργική χρήση.
- **Θολότητα:** Αποτιμά την ποιότητα της εκροής.
- **Διαπερατότητα:** Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της εκροής για απολύμανση με UV.
- **Χρώμα** (ανοιχτό καφέ, γκρι, μαύρο): Παράμετρος με την οποία εκτιμάται η κατάσταση των λυμάτων, κυρίως χρονικά, δηλαδή φρέσκα λύματα ή λύματα που έχουν υποστεί σήψη.
- **Οσμή:** Παράμετρος με την οποία καθορίζεται εάν οι οσμές αποτελούν πρόβλημα.
- **Πυκνότητα:** Παράμετρος με την οποία καθορίζεται η σχέση όγκου και βάρους των λυμάτων.
- **Στερεές ουσίες:** Ουσίες αιωρούμενες, επιπλέουσες, καθιζάνουσες, διαλυτές, διαλυμένες και κατανομή μεγέθους σωματιδίων.

1.2.2. Χημικά χαρακτηριστικά

Τα χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων διακρίνονται σε οργανικά και ανόργανα χαρακτηριστικά ανάλογα με τη χημική τους σύσταση. Οι οργανικοί δείκτες, όπως το BOD (Biochemical Oxygen Demand) και το COD (Chemical Oxygen Demand), παρέχουν πληροφορίες για το επίπεδο οργανικού φορτίου των λυμάτων και για την επάρκεια οξυγόνου στο νερό,

που είναι απαραίτητο για τους αερόβιους μικροοργανισμούς και τους ανώτερους οργανισμούς του υδάτινου οικοσυστήματος.

Οργανικά χαρακτηριστικά

- **C-BOD (Carbonaceous Biochemical Oxygen Demand – Ανθρακική Βιοχημική Απαίτηση σε Οξυγόνο):** Το οξυγόνο που χρειάζεται για τη βιολογική αποικοδόμηση των ανθρακούχων οργανικών ενώσεων των υγρών αποβλήτων.
- **N-BOD (Nitrogenous Biochemical Oxygen Demand – Αζωτούχα Βιοχημική Απαίτηση σε Οξυγόνο):** Το οξυγόνο που απαιτείται για τη βιολογική αποικοδόμηση των αζωτούχων οργανικών ενώσεων των υγρών αποβλήτων.
- **BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand, 5 ημερών – Βιοχημική Απαίτηση σε Οξυγόνο, 5 ημερών):** Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου, το οποίο απαιτείται/καταναλώνεται από τους αερόβιους μικροοργανισμούς του περιβάλλοντος για τη βιολογική αποικοδόμηση/βιοοξειδωση 1L αποβλήτου στους 20°C και για χρονικό διάστημα πειράματος 5 ημερών.
- **COD (Chemical Oxygen Demand – Χημική Απαίτηση σε Οξυγόνο):** Το ποσό του οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση των οργανικών ενώσεων των υγρών αποβλήτων, σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και νερό (H₂O).
- **TOC (Total Organic Carbon – Συνολικός Οργανικός Άνθρακας):** Χρησιμοποιείται συμπληρωματικά με το BOD, αλλά σπανίως, καθώς πρόκειται για μέτρηση με πολύ μεγάλη ευαισθησία, δηλαδή πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης.
- **Συγκεκριμένες οργανικές ενώσεις και κατηγορίες ενώσεων:** Απαιτείται προσδιορισμός της παρουσίας συγκεκριμένων οργανικών ενώσεων για την εκτίμηση των απαραίτητων ειδικών μέτρων που πρέπει να ληφθούν για την απομάκρυνσή τους κατά τον σχεδιασμό της ΕΕΛ.

Ανόργανα χαρακτηριστικά

- **pH (-log[H⁺]):** Το μέτρο της οξύτητας ή της αλκαλικότητας των υγρών αποβλήτων.
- **Αλκαλικότητα (Σ HCO₃⁻ + CO₃²⁻ + OH⁻ - H⁺):** Το μέτρο της ρυθμιστικής ικανότητας των υγρών αποβλήτων (της ικανότητάς τους να εξουδετερώνουν οξέα).
- **Χλωριούχα:** Παράμετρος για την εκτίμηση της ποιότητας της επεξεργασμένης εκροής, ειδικά για την επαναχρησιμοποίηση για γεωργική χρήση (άρδευση).
- **Θειικά (SO₄²⁻):** Παράμετρος για την εκτίμηση της πιθανότητας δημιουργίας οσμών και της δυνατότητας επεξεργασίας της ιλύος.
- **Μέταλλα:** ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg), κάλιο (K), νάτριο (Na), χρώμιο (Cr), χαλκός (Cu), κοβάλτιο (Co), μόλυβδος (Pb), κάδμιο (Cd),

υδράργυρος (Hg), μολυβδαίνιο (Mo), νικέλιο (Ni), σίδηρος (Fe), σελήνιο (Se), αρσενικό (As), ψευδάργυρος (Zn), κασσίτερος (Sn).

- Για την εκτίμηση της καταλληλότητας της εκροής για επαναχρησιμοποίηση.
- Για την εκτίμηση της τοξικότητας.

Ωστόσο, ίχνη ορισμένων μετάλλων είναι απαραίτητα για μερικές βιολογικές διεργασίες.

- **Φωσφορικές ενώσεις:** Χρησιμοποιούνται ως δείκτης παρουσίας των θρεπτικών συστατικών στα υγρά απόβλητα. Οι οξειδωμένες μορφές μπορούν να ληφθούν ως μέτρο του βαθμού οξείδωσης:
 - Ανόργανος φώσφορος (Inorg. P).
 - Οργανικός φώσφορος (Org. P).
 - Ολικός φώσφορος (TP).
- **Αζωτούχες ενώσεις:** Χρησιμοποιούνται ως μέτρο της παρουσίας θρεπτικών συστατικών, καθώς και του βαθμού αποσύνθεσης στα υγρά απόβλητα. Οι οξειδωμένες μορφές μπορούν να ληφθούν ως μέτρο του βαθμού οξείδωσης:
 - Αμμωνία σε αέρια μορφή (NH_3).
 - Οργανικό άζωτο (Org. N).
 - Άζωτο Kjeldahl ($\text{Org. N} + \text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$).
 - Νιτρώδη ιόντα (NO_2^-).
 - Νιτρικά ιόντα (NO_3^-).
- **Διάφορα αέρια [οξυγόνο (O_2), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), αμμωνία (NH_3), υδρόθειο (H_2S), μεθάνιο (CH_4):** Παρουσία/απουσία συγκεκριμένων αερίων.

1.2.3. Βιολογικά χαρακτηριστικά

Τα βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων αναφέρονται στο σύνολο των μικροοργανισμών που περιέχονται σε αυτά και αποτελούν κρίσιμες παραμέτρους για την αξιολόγηση της ποιότητας των αποβλήτων. Αυτά τα χαρακτηριστικά παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τον βαθμό επεξεργασίας που απαιτείται πριν από τη διάθεση των αποβλήτων στο περιβάλλον. Οι μικροοργανισμοί, όπως βακτήρια, ιοί και άλλοι παθογόνοι οργανισμοί, μπορεί να προκαλέσουν επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το οικοσύστημα, καθιστώντας αναγκαία την επαρκή απομάκρυνσή τους κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στα απόβλητα μπορεί να αποτελέσει πηγή μετάδοσης ασθενειών, γεγονός που καθιστά επιτακτικές την παρακολούθηση και τη σωστή διαχείριση αυτών των βιολογικών παραμέτρων.

- **Ολικά Κολοβακτηριοειδή (Total Coliforms – TC) και Κολοβακτηριοειδή Κοπράνων (Fecal Coliforms – FC)**
Για την εκτίμηση της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών και την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης των υγρών αποβλήτων. Ένα από τα βασικότερα βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων είναι η

παρουσία του βακτηρίου *Escherichia coli*. Η παράμετρος αυτή αφορά κυρίως τα υγρά απόβλητα αστικής κατανάλωσης, ενώ η σύσταση των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων διαφέρει ανάλογα με την εκάστοτε παραγωγική διαδικασία. Συνήθως, τα βιομηχανικά απόβλητα δεν περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς και τα οργανικά τους συστατικά είναι κυρίως χημικής προέλευσης παρά βιολογικής. Επίσης, βασικό είδος κολοβακτηριοειδούς αποτελεί το *Enterobacter aerogenes*.

- **Ειδικοί μικροοργανισμοί**

Στην κατηγορία αυτήν ανήκουν βακτήρια (μονοκύτταροι προκαρυωτικοί οργανισμοί), μύκητες (ετερότροφοι, αερόβιοι, ευκαρυωτικοί οργανισμοί), ιοί (μπορούν να προκαλέσουν επιδημικές κρίσεις), πρωτόζωα (μονοκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί), μικροφύκη (αυτότροφοι οργανισμοί που φωτοσυνθέτουν και μπορεί να συνδέονται με φαινόμενα ευτροφισμού), έλμινθες (επιβλαβείς για την υγεία των ανθρώπων). Για την εκτίμηση της παρουσίας των συγκεκριμένων μικροοργανισμών που συνδέονται με τη λειτουργία της ΕΕΛ και την επαναχρησιμοποίηση της εκροής.

- **Τοξικότητα, Οξεία (άμεση) Τοξικότητα (ΤΥΑ) και Χρόνια Τοξικότητα (ΤΥΧ)**

Για την εκτίμηση της τοξικότητας των υγρών αποβλήτων. Οι παράμετροι αυτές αφορούν κυρίως τα βιομηχανικά απόβλητα, τα οποία ενδέχεται να περιέχουν σημαντικές συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών. Καθώς οι εκροές ΕΕΛ μπορούν να δράσουν ανασταλτικά σε διάφορους υδρόβιους μικροοργανισμούς, ο έλεγχος της τοξικότητας αποτελεί σημαντική παράμετρο μέτρησης για την παρακολούθηση της ποιότητας των αποβλήτων. Τα υγρά απόβλητα εμπεριέχουν οργανικές ενώσεις, τα οποία αποτελούν έναν τοξικό ρύπο, ο οποίος πρέπει να απομακρυνθεί. Βασικό συστατικό όλων αυτών των ενώσεων είναι ο άνθρακας (C), το άζωτο (N) και ο φώσφορος (P). Επίσης, εμπεριέχονται στερεές ουσίες (αδιάλυτες, διαλυμένες, κολλοειδείς, επιπλέουσες, αιωρούμενες, καθιζάνουσες) και μικροοργανισμοί που συνδέονται με την ποιότητα και την απαιτούμενη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

1.3. Συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Τα υγρά απόβλητα συνιστούν μία από τις βασικές πηγές ρύπανσης των υδατικών πόρων, όταν διατίθενται απευθείας στο φυσικό περιβάλλον χωρίς να υφίστανται την κατάλληλη επεξεργασία. Η αυξανόμενη παραγωγή λυμάτων, αποτέλεσμα της εντεινόμενης αστικοποίησης και της αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού, καθιστά την επεξεργασία τους αναγκαία για την προστασία της δημόσιας υγείας, τη διατήρηση των υδατικών πόρων και την ασφάλεια των οικοσυστημάτων. Στην κατεύθυνση αυτήν, η ύπαρξη ολοκληρωμένων συστημάτων αποχέτευσης καθίσταται υποχρεωτική για τις αστικές περιοχές που ξεπερνούν έναν κατώτατο πληθυσμιακό αριθμό, με τα λύματα να απαιτούν τουλάχιστον δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία πριν από την τελική διάθεσή τους στο περιβάλλον. Στο πλαίσιο της ΕΕ, έχει καταβληθεί σημαντική προσπάθεια για την ανάπτυξη δικτύων αποχέτευσης και συστημάτων επεξεργασίας αστικών λυμάτων (ΕΕΛ).

Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων καθορίζεται από την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, η οποία θεσπίζει τις απαιτήσεις για την επεξεργασία και διάθεση αυτών των αποβλήτων. Ο βασικός στόχος της επεξεργασίας λυμάτων είναι η απομάκρυνση ανεπιθύμητων ουσιών, θρεπτικών στοιχείων και βαρέων μετάλλων, προκειμένου τα λύματα είτε να επαναχρησιμοποιηθούν είτε να απορριφθούν στο περιβάλλον με ασφάλεια. Στην πρωτοβάθμια επεξεργασία, αφαιρείται περίπου το 60% των αιωρούμενων στερεών, κυρίως μέσω μηχανικής φίλτραρίσματος και κατακρήμνισης, ενώ ο αερισμός (αναμόχλευση) βοηθά στην απομάκρυνση οργανικών ρύπων μέσω της επαφής των λυμάτων με οξυγόνο.

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία, η οποία βασίζεται κυρίως σε βιολογικές διεργασίες, μπορεί να απομακρύνει περισσότερο από το 90% των αιωρούμενων στερεών και των οργανικών ρύπων. Σε αυτήν τη φάση, χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί που διασπούν τα οργανικά συστατικά των λυμάτων με τη βοήθεια του οξυγόνου.

Ένα επιπλέον σημαντικό όφελος της επεξεργασίας λυμάτων είναι η δυνατότητα ανακύκλωσης και ανάκτησης πολύτιμων συστατικών, όπως ο φώσφορος και διάφορα μέταλλα. Αυτή η διαδικασία μειώνει τη συνολική ποσότητα των αποβλήτων, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση αυτών

των πόρων, συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος και στη βιώσιμη οικονομία.

Επίσης, η επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού αποτελεί μία σημαντική στρατηγική για την αειφόρο διαχείριση των υδατικών πόρων. Το επεξεργασμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση, βιομηχανικές διαδικασίες, ακόμη και για μη πόσιμες χρήσεις, όπως η καθαριότητα και το πότισμα δημόσιων χώρων. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού συνεισφέρει στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων και μειώνει την πίεση στους φυσικούς υδατικούς πόρους, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα των αστικών και αγροτικών περιοχών.

Η αποτελεσματική διαχείριση των λυμάτων απαιτεί τη χρήση κατάλληλων συστημάτων επεξεργασίας, τα οποία διαφέρουν ανάλογα με το μέγεθος και τις ανάγκες της κάθε περιοχής. Στα επόμενα υποκεφάλαια, παρουσιάζονται διάφορα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων που εφαρμόζονται τόσο σε μεγάλες όσο και σε μικρές περιοχές, αναλύοντας τις τεχνολογίες και τις προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση της αποτελεσματικότητας της επεξεργασίας. Επίσης, αναλύεται η διαδικασία που πραγματοποιείται για τη διαχείριση της ιλύος, η οποία προκύπτει από την επεξεργασία των λυμάτων.

1.3.1. Συστήματα επεξεργασίας για μικρές περιοχές

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας οικιακών λυμάτων στις μικρές περιοχές διαφέρουν σημαντικά από εκείνες των μεγάλων περιοχών, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους λειτουργίας και συντήρησης των μεγαλύτερων συστημάτων, το οποίο συχνά είναι αδύνατον να καλυφθεί από τους τοπικούς φορείς. Ως αποτέλεσμα, έχουν αναπτυχθεί συστήματα που προσφέρουν μια πιο οικονομική και βιώσιμη λύση για τις μικρές κοινότητες. Αυτά τα συστήματα χαρακτηρίζονται από χαμηλότερο κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης, ενώ ταυτόχρονα περιορίζουν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο, καθιστώντας τα πιο προσβάσιμα και αποτελεσματικά για περιοχές με περιορισμένους πόρους.

Συστήματα σηπτικών δεξαμενών ή βόθρων

Τα συστήματα σηπτικών δεξαμενών ή βόθρων αποτελούν παραδοσιακές μεθόδους επεξεργασίας λυμάτων, που εφαρμόζονται κυρίως σε μεμονωμένες κατοικίες ή μικρής κλίμακας οικιστικά συγκροτήματα. Η λειτουργία τους βασίζεται στην καθίζηση των αιωρούμενων στερεών και στην αναερόβια χώνευση της ιλύος στον πυθμένα της δεξαμενής. Παρόλο που στο παρελθόν αποτελούσαν κοινή πρακτική, η χρήση τους έχει περιοριστεί λόγω της ανάπτυξης τεχνολογικά προηγμένων συστημάτων διαχείρισης λυμάτων, όπως οι στεγανοί βόθροι και τα σύγχρονα

δίκτυα αποχέτευσης, τα οποία διασφαλίζουν αυξημένη προστασία των υπόγειων υδατικών πόρων. Στη σύγχρονη εφαρμογή, οι σηπτικές δεξαμενές εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε περιοχές με χαμηλές παροχές λυμάτων, παρέχοντας μια απλή και οικονομικά προσιτή λύση διαχείρισης, με περιορισμένο, όμως, βαθμό επεξεργασίας και αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης για την αποφυγή περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Υγειονομική Διάταξη Ε1β/221/1965, άρθρο 9).

Εδαφικά συστήματα

Στα εδαφικά συστήματα, τα επεξεργασμένα απόβλητα εναποτίθενται στο έδαφος σε ρυθμούς συμβατούς με τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που πραγματοποιούνται σε αυτό (Reed et al., 1995· Kadlec & Knight, 1996· Αγγελάκης & Tsobanoglous, 1995· Τσιχριντζής, 2000· Καραμούζης, 2003).

Ο σχεδιασμός αυτών των συστημάτων εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, όπως τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων, οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και ο τρόπος τελικής διάθεσης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αξιολόγηση παραμέτρων όπως η συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων, η περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά, η παρουσία θρεπτικών συστατικών (άζωτο, φώσφορος), η οργανική ύλη, καθώς και πιθανές τοξικές ουσίες που μπορούν να επηρεάσουν την περιβαλλοντική συμβατότητα του συστήματος.

Τα εδαφικά συστήματα επεξεργασίας διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Συστήματα βραδείας διήθησης ή εφαρμογής.
- Συστήματα επιφανειακής απορροής.
- Συστήματα ταχείας διήθησης.
- Συστήματα συνδυασμένων τύπων.

Συστήματα δεξαμενών σταθεροποίησης

Στα συστήματα δεξαμενών σταθεροποίησης, πραγματοποιούνται μία ή περισσότερες διαδοχικές διεργασίες που οφείλονται στη μικροβιακή δραστηριότητα, καθώς και στην ανάπτυξη κατώτερων φυτών και ζώων εντός του συστήματος.

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία πραγματοποιείται στην αναερόβια δεξαμενή, η οποία έχει σχεδιαστεί για την αφαίρεση των αιωρούμενων στερεών κατά βάση και κάποιου μέρους του BOD. Κατά τη διάρκεια της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας στη δεξαμενή, το μεγαλύτερο μέρος του υπόλοιπου BOD απομακρύνεται με τη βοήθεια των φυκιών και ετερότροφων βακτηρίων. Τέλος, η τριτοβάθμια επεξεργασία στη δεξαμενή ωρίμανσης στοχεύει στην απομάκρυνση των παθογόνων και των θρεπτικών συστατικών (κυρίως του αζώτου).

Συστήματα υδροχαρών φυτών

Τα συστήματα υδροχαρών φυτών είναι παρεμφερή με τα συστήματα των δεξαμενών σταθεροποίησης. Η διαφορά έγκειται στο ότι στα υδροχαρή φυτά γίνεται περαιτέρω επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Αυτά τα συστήματα αξιοποιούν την ικανότητα των υδροχαρών φυτών να απορροφούν θρεπτικά συστατικά και ρύπους από τα λύματα, συμβάλλοντας στην περαιτέρω βιολογική αποδόμηση και τον καθαρισμό του νερού. Τα συστήματα υδροχαρών φυτών διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Συστήματα με επιπλέοντα υδροχαρή φυτά.
- Συστήματα με βυθισμένα υδροχαρή φυτά.

Συστήματα τεχνητών υγροτόπων

Τα συστήματα τεχνητών υγροτόπων για την επεξεργασία λυμάτων αφορούν την επεξεργασία προεπεξεργασμένων λυμάτων. Αυτά τα συστήματα εκμεταλλεύονται τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που συντελούνται μέσω της αλληλεπίδρασης του εδάφους, του νερού, του αέρα και των φυτών. Η βασική τους λειτουργία στηρίζεται σε μια σειρά μηχανισμών, όπως το φιλτράρισμα, η καθίζηση των αιωρούμενων στερεών και η μεταφορά αερίων, οι οποίοι συνδυάζονται για την απομάκρυνση των ρύπων και την αναγέννηση του νερού.

Τα συστήματα τεχνητών υγροτόπων είναι δύο τύπων:

- **Τύπος Α΄ : Συστήματα Ελεύθερης Επιφάνειας ή Επιφανειακής Ροής (FWS)**
Τα Συστήματα Επιφανειακής Ροής (FWS) αποτελούν λεκάνες με επίμηκες σχήμα, των οποίων το βάθος μεταβάλλεται ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα μακρόφυτα και τις απαιτήσεις της επεξεργασίας. Η προεπεξεργασία των λυμάτων περιλαμβάνει διήθηση για την αφαίρεση των μεγαλύτερων σωματιδίων και τη μείωση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών. Τα Συστήματα FWS λειτουργούν με συνεχή τροφοδοσία, και τα λύματα που εισέρχονται στη λεκάνη έρχονται σε άμεση επαφή με την ατμόσφαιρα.

Στο ανώτερο στρώμα του νερού επικρατούν αερόβιες συνθήκες, ενώ τα βαθύτερα στρώματα είναι αναερόβια. Οι αερόβιοι και αναερόβιοι μικροοργανισμοί, που αιωρούνται ή καθιζάνουν στο κάτω μέρος της λεκάνης, αποδομούν το οργανικό υλικό. Το άζωτο απομακρύνεται μέσω νιτροποίησης και απονιτροποίησης, ενώ ο φώσφορος αφαιρείται κυρίως από την επιφάνεια επαφής μεταξύ του νερού και του εδάφους, μέσω απορρόφησης και καθίζησης.

Η αφαίρεση άλλων μετάλλων, όπως το αλουμίνιο, ο σίδηρος, το ασβέστιο και τα αργιλώδη μέταλλα, πραγματοποιείται μέσω άμεσης απορρόφησης από το έδαφος. Η μείωση της συγκέντρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών επιτυγχάνεται μέσω της συνδυασμένης δράσης φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών, όπως η ακτινοβολία UV, η καθίζηση και η οξείδωση.

- **Τύπος Β΄ : Συστήματα Υποεπιφανειακής Ροής (SSF)**

Τα Συστήματα Υποεπιφανειακής Ροής (SSF) είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη μέθοδος επεξεργασίας λυμάτων στην Ευρώπη. Σε αυτά τα συστήματα, τοποθετείται ένα αδρανές υλικό στη λεκάνη για να υποστηρίξει την ανάπτυξη των μακρόφυτων. Το βάθος του υλικού κυμαίνεται από 0,2 έως 0,8 μέτρα, ανάλογα με το είδος των μακρόφυτων που χρησιμοποιούνται.

Τα Συστήματα SSF εμφανίζουν υψηλότερη απόδοση σε σύγκριση με τα Συστήματα Επιφανειακής Ροής (FWS), καθώς εξασφαλίζουν αποτελεσματικότερη επεξεργασία σε μικρότερη επιφάνεια.

1.3.2. Συστήματα επεξεργασίας για μεγάλες περιοχές

Τα υγρά απόβλητα μιας πόλης συλλέγονται μέσω του συστήματος αποχέτευσης, το οποίο δέχεται απόβλητα από οικιακές δραστηριότητες, όμβρια ύδατα, εισροές από υπόγεια ή επιφανειακά νερά, καθώς και βοθρολύματα. Σημειώνεται ότι ορισμένοι πληθυσμοί δεν είναι ακόμη συνδεδεμένοι με το δίκτυο αποχέτευσης και εξυπηρετούνται κυρίως μέσω σπηπτικών βόθρων (Νταρακάς, 2010).

Το σύστημα αποχέτευσης καταλήγει σε έναν Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (ΚΑΑ), ο οποίος με τη σειρά του συνδέεται με μια ΕΕΛ. Στην ΕΕΛ, τα απόβλητα υπόκεινται σε επεξεργασία για την απομάκρυνση των ρυπογόνων και βλαβερών ουσιών, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας του νερού και την προστασία του περιβάλλοντος. Η επεξεργασία αυτή περιλαμβάνει μια σειρά από φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες που αποσκοπούν στην εξάλειψη των επιβλαβών συστατικών από τα λύματα πριν από την τελική τους διάθεση ή ανακύκλωση.

1.3.2.1. Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Τα κύρια στάδια της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι τα εξής:

- Προεπεξεργασία.
- Πρωτοβάθμια επεξεργασία.
- Δευτεροβάθμια επεξεργασία.
- Τριτοβάθμια επεξεργασία.

Στάδιο 1: Προεπεξεργασία

Στην προεπεξεργασία των λυμάτων απομακρύνονται ουσίες που είναι επιβλαβείς για τον μηχανολογικό εξοπλισμό και ενδέχεται να προκαλέσουν προβλήματα στη συντήρηση και λειτουργία των ΕΕΛ. Σε αυτό το στάδιο απομακρύνονται λίπη, άμμος, μικρά τεμάχια πλαστικού και ξύλου, ενώ πραγματοποιείται εξισορρόπηση της παροχής των λυμάτων και εξομάλυνση του ρυπαντικού φορτίου.

Συνήθως χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι:

- Εσχάρωση για την απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων.
- Άλεση για τον τεμαχισμό μεγάλων αντικειμένων σε στερεά μικρότερου μεγέθους.
- Εξάμμωση για την απομάκρυνση άμμου.
- Λιποσυλλογή για την απομάκρυνση ελαίου και λιπών.
- Εξισορρόπηση παροχής για την εξασφάλιση της ομοιόμορφης παροχής στα επόμενα στάδια.

Τα στερεά παραπροϊόντα της προεπεξεργασίας διατίθενται μέσω μεθόδων διάθεσης στερεών απορριμμάτων, όπως η υγειονομική ταφή ή η ανακύκλωση, ανάλογα με την περίπτωση. Τα λίπη και τα έλαια, όταν δεν είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν, απομακρύνονται με καύση σε ειδικούς κλιβάνους (Metcalf & Eddy, Inc, 2011).

Στάδιο 2: Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Στην πρωτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνεται ένα σημαντικό ποσοστό των αιωρούμενων στερεών, των οργανικών ουσιών, του BOD, καθώς και των θρεπτικών συστατικών αζώτου και φωσφόρου. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται κυρίως μέσω δύο μηχανισμών: της καθίζησης, που απομακρύνει αιωρούμενα σωματίδια με μέγεθος από 0,1 έως 0,0001 mm, και της επίπλευσης, που εξαλείφει τα ελαφρά στερεά.

Τα παραπροϊόντα της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν την πρωτογενή λάσπη, η οποία απαιτεί επιπλέον επεξεργασία για να παχυνθεί, να σταθεροποιηθεί και να αξιοποιηθεί ενεργειακά. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται μέσω διεργασιών αναερόβιας ή αερόβιας χώνευσης (παραγωγή βιοαερίου). Μετά την επεξεργασία, η λάσπη μπορεί να διατεθεί σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), υπό την προϋπόθεση ότι δεν είναι τοξική, προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

Στάδιο 3: Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Στη δευτεροβάθμια επεξεργασία επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των βιο-αποικοδομήσιμων οργανικών ουσιών και των αιωρούμενων στερεών με τη χρήση βιολογικών, φυσικών και χημικών διεργασιών.

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των αστικών λυμάτων έπεται της πρωτοβάθμιας και αποσκοπεί στην περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου (BOD) και των αιωρούμενων στερεών (SS), ενώ παράλληλα συμβάλλει στη μείωση των αζωτούχων (N) και φωσφορικών (P) ενώσεων, που ενδέχεται να παραμένουν στα υγρά απόβλητα.

Δεδομένου ότι το ρυπαντικό φορτίο στα αστικά λύματα αποτελείται κυρίως από οργανικές ουσίες (περίπου 70%), η βιολογική επεξεργασία βασίζεται στη βιοχημική αποικοδόμηση και μετατροπή των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα, τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται με καθίζηση. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία διακρίνεται ανάλογα με τους μικροοργανισμούς που εμπλέκονται στην αποδόμηση και σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών σε:

- **Αερόβια**, όπου πραγματοποιείται διάσπαση και σταθεροποίηση από αερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς.
- **Αναερόβια**, όπου πραγματοποιείται διάσπαση και σταθεροποίηση από αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς.
- **Αερόβια-αναερόβια**, όπου πραγματοποιείται διάσπαση και σταθεροποίηση και από τα τρία είδη των οργανισμών (αερόβιοι, αναερόβιοι και επαμφοτερίζοντες).

Κατά τη διάρκεια της βιολογικής διαδικασίας, οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν μέρος της τροφής (υποστρώματος) για τις λειτουργικές τους ανάγκες και για τη σύνθεση της κυτταρικής τους δομής. Οι κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν:

- **Αερισμό** για την οξείδωση των οργανικών ουσιών.
- **Νιτροποίηση-απονιτροποίηση** για την αφαίρεση του αζώτου.
- **Καθίζηση** για την απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων.
- **Φιλτράρισμα** για την απομάκρυνση των εναπομεινάντων σωματιδίων.

Τα παραπροϊόντα της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν το **βιοαέριο**, το οποίο μπορεί να περιέχει έως και 75% μεθάνιο (CH_4), και τη **δευτερογενή λάσπη**, η οποία πρέπει να υποστεί πάχυνση (από 1% σε 5% αιωρούμενα στερεά). Η λάσπη αυτή στη συνέχεια οδηγείται είτε σε μονάδες αερόβιας ή αναερόβιας σταθεροποίησης και ενεργειακής αξιοποίησης είτε

αφυδατώνεται με τεχνικές διήθησης (π.χ. κλίνες ξήρανσης, φιλτρόπρεσες) ή φυγοκέντριση. Μετά την αφυδάτωση, η λάσπη οδηγείται σε μονάδες κομποστοποίησης ή θάβεται με υγειονομικό τρόπο σε ΧΥΤΑ, εφόσον δεν είναι τοξική. Συνήθως, η πρωτογενής και η δευτερογενής λάσπη επεξεργάζονται μαζί.

Στάδιο 4: Τριτοβάθμια επεξεργασία

Στα λύματα περιέχονται ουσίες που προέρχονται από βιομηχανικές δραστηριότητες, οι οποίες δεν απομακρύνονται μέσω των κοινών εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Επιπλέον, οι αυστηρές προδιαγραφές για τη διάθεση κατεργασμένων λυμάτων σε αποδέκτες, των οποίων τα νερά χρησιμοποιούνται για την ύδρευση οικισμών, απαιτούν τη χρήση προηγμένων διαδικασιών καθαρισμού, όπως η τριτοβάθμια επεξεργασία (Tchobanoglous et al., 2003).

Η τριτοβάθμια επεξεργασία ακολουθεί τη δευτεροβάθμια και στοχεύει στην περαιτέρω απομάκρυνση στερεών, οργανικού φορτίου, χρώματος, αμμωνιακών, νιτρικών, φωσφορικών και άλλων ρυπαντών, όπως βαρέα μέταλλα, αρσενικό (As), τοξικές οργανικές ενώσεις, θειούχα (S_2^-) και κυανιούχα (CN^-), που αποτελούν μη συμβατικούς ρύπους του νερού.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για την τριτογενή επεξεργασία των αποβλήτων είναι η διήθηση με μεμβράνες, η χημική επεξεργασία και ο συνδυασμός των τεχνικών προσρόφησης και ιοντοεναλλαγής με χρήση φυσικών και οργανικά τροποποιημένων ορυκτών.

Διήθηση με μεμβράνες

Η χρήση μεμβρανών για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία, η οποία επιτυγχάνει υψηλή απόδοση στην απομάκρυνση των ρύπων που περιέχονται σε αυτά. Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η ικανότητά της να απομακρύνει αποτελεσματικά τόσο το οργανικό φορτίο όσο και τα διαλυμένα άλατα. Ωστόσο, η εφαρμογή της διήθησης με μεμβράνες είναι περιορισμένη, καθώς συνεπάγεται υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη κατανάλωση ενέργειας που απαιτεί η διαδικασία, καθώς και στις ανάγκες για τακτική αντικατάσταση ή καθαρισμό των μεμβρανών. Επιπλέον, η διαχείριση και διάθεση του παραγόμενου πυκνού διαλύματος συνιστά μια ιδιαίτερα πολύπλοκη και κοστοβόρα διαδικασία (Κάτσου, 2011).

Χημική επεξεργασία

Η χημική επεξεργασία περιλαμβάνει μια σειρά διεργασιών, όπως η εξουδετέρωση, η χημική κατακρήμνιση, η κροκίδωση και η απολύμανση, με

σκοπό την οξείδωση ουσιών που δεν μπορούν να αποικοδομηθούν βιολογικά. Παρά τα πλεονεκτήματα αυτών των διαδικασιών, η μέθοδος αυτή ενδέχεται να οδηγήσει σε αυξημένη παραγωγή ιλύος, λόγω της προσθήκης χημικών ουσιών και των ιζημάτων που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια των χημικών αντιδράσεων.

Συνδυασμός των διεργασιών προσρόφησης και ιοντοεναλλαγής

Ο συνδυασμός των διεργασιών προσρόφησης και ιοντοεναλλαγής με φυσικά και τροποποιημένα ορυκτά, όπως ζεόλιθος και βερμικουλίτης, προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις άλλες μεθόδους. Αυτά περιλαμβάνουν το χαμηλό κόστος και τη μεγάλη διαθεσιμότητα των ορυκτών, την απλότητα της λειτουργίας και την ικανότητα να απομακρύνουν ταυτόχρονα οργανικούς και ανόργανους ρυπαντές από τα υγρά απόβλητα.

Συνήθως χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι:

- **Προσθήκη κροκιδωτικών-συσσωμάτωση και κροκίδωση**
Πρόκειται για μια φυσικοχημική διαδικασία που χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου (COD). Η κροκίδωση και η συσσωμάτωση επιτρέπουν την κατακρήμιση αιωρούμενων και κολλοειδών ρύπων, οι οποίοι στη συνέχεια απομακρύνονται σε δεξαμενές καθίζησης.
- **Διύλιση-φιλτράρισμα**
Περιλαμβάνει διάφορες παραλλαγές διήθησης, όπως διήθηση χώρου ή επιφάνειας, χρησιμοποιώντας μέσα όπως άμμος, ανθρακίτης ή συνθετικές ίνες και μεμβράνες. Η διήθηση σε πολλαπλές κλίνες είναι η πιο κοινή διάταξη προχωρημένης επεξεργασίας, στοχεύοντας στην απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών που δεν απομακρύνθηκαν από τις δεξαμενές καθίζησης.
- **Απολύμανση**
Σκοπός της απολύμανσης είναι η καταστροφή ή αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών για την προστασία της δημόσιας υγείας. Οι μέθοδοι απολύμανσης περιλαμβάνουν τη χρήση ισχυρών οξειδωτικών παραγόντων (όπως Cl_2 , ClO_2 , O_3) ή υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Η απολύμανση καταστρέφει ή αδρανοποιεί τους μικροοργανισμούς σε ποσοστό 98-99,9%, εμποδίζοντας την εξάπλωση ασθενειών στα ζώα και τους ανθρώπους. Η αδρανοποίηση αναφέρεται στην παρεμπόδιση της ανάπτυξης ή αναπαραγωγής των μικροοργανισμών, χωρίς απαραίτητα να τους σκοτώνει (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017).

Οι συννηθέστερες μέθοδοι απολύμανσης είναι:

- **Χλωρίωση**

Το χλώριο (Cl_2) χρησιμοποιείται για την απολύμανση των υγρών αποβλήτων, καθώς καταστρέφει τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Η διαδικασία απαιτεί προσοχή στον χρόνο επαφής του χλωρίου με τα απόβλητα, ο οποίος πρέπει να είναι τουλάχιστον 30-40 λεπτά για να εξασφαλιστεί αποτελεσματική απολύμανση. Η δόση του χλωρίου εξαρτάται από την αρχική του απαίτηση, την εξασθένησή του κατά τη διάρκεια της επαφής και την απαιτούμενη συγκέντρωση του υπολειπόμενου χλωρίου.

Σε πολλές ΕΕΛ εφαρμόζεται αποχλωρίωση των χλωριωμένων εκροών, που επιτυγχάνεται με τη χρήση διοξειδίου του θείου (SO_2) ή του όξινου θειώδους νατρίου (NaHSO_3) συνήθως. Σε περιπτώσεις προχωρημένης επεξεργασίας, για την απομάκρυνση της υπολειμματικής οργανικής ύλης, χρησιμοποιείται κοκκώδης ενεργός άνθρακας, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αποχλωρίωση των χλωριωμένων εκροών (Zagklis et al., 2022).

- **Οζόνωση**

Το όζον (O_3), λόγω της υψηλής οξειδωτικής του ικανότητας, είναι αποτελεσματικό στην αποικοδόμηση σύνθετων οργανικών ουσιών στα υγρά απόβλητα. Παράγεται επιτόπου μέσω ηλεκτρικών εκκενώσεων από υγρό οξυγόνο, απαιτώντας υψηλή κατανάλωση ενέργειας.

Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων παραγωγής του και το υψηλό κόστος λειτουργίας τους. Η οζόνωση ενδείκνυται σε περιπτώσεις όπου τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα δεν πρέπει να περιέχουν παραπροϊόντα χλωρίωσης και μετά τη χλωρίωση απαιτείται και ένα ακόλουθο στάδιο αποχλωρίωσης.

- **Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία (UV)**

Πραγματοποιείται εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) για την καταστροφή των μικροοργανισμών που περιέχονται στα υγρά απόβλητα. Η μέγιστη καταστροφική ικανότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας επιτυγχάνεται στην περιοχική του UVC, σε μήκος κύματος 255-265 nm, όπου σημειώνεται η μέγιστη απορρόφησή της από τα νουκλεϊνικά οξέα των μικροοργανισμών.

Τα συστήματα απολύμανσης UV διακρίνονται συνήθως σε οριζόντια, όπου οι λυχνίες τοποθετούνται παράλληλα με τη ροή, και κάθετα, όπου οι λυχνίες τοποθετούνται κάθετα σε σχέση με τη ροή των υγρών αποβλήτων.

Η μέθοδος είναι αποτελεσματική για τα περισσότερα είδη μικροοργανισμών, καθώς δεν επιφέρει χημικές μεταβολές στα απόβλητα, οπότε δεν επηρεάζει τον αντίκτυπό τους στον υδάτινο αποδέκτη. Επίσης, δεν υφίσταται τοξική υπολειμματική συγκέντρωση, ενώ ο εξοπλισμός καταλαμβάνει λίγο χώρο και είναι οικονομικά προσιτός. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγεται η απουσία μετρήσιμης υπολειμματικής ποσότητας σε αντίθεση με τη χλωρίωση και το υπολειμματικό χλώριο. Η απολύμανση επιτυγχάνεται μόνο κατά τη διέλευση των υγρών αποβλήτων από τον θάλαμο ακτινοβολήσης, χωρίς να παραμένει κάποια χημική ουσία στο επεξεργασμένο νερό που να μπορεί να συνεχίσει την απολυμαντική δράση σε επόμενα στάδια του συστήματος.

Αντίθετα, στην περίπτωση της χλωρίωσης, το υπολειμματικό χλώριο δρα ως δείκτης αποτελεσματικής απολύμανσης και ταυτόχρονα παρέχει δευτερογενή προστασία έναντι πιθανής επαναμόλυνσης εντός του δικτύου.

Παράλληλα, η έλλειψη μεθόδων ακριβούς μέτρησης της δόσης υπεριώδους ακτινοβολίας αποτελεί σημαντικό περιορισμό, διότι η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης εξαρτάται απόλυτα από την απορροφούμενη δόση. Στην πράξη, παράγοντες όπως η γήρανση των λαμπτήρων, η επικάλυψη ρύπων στις λυχνίες και η μεταβολή της διαπερατότητας του νερού (UV transmittance) επηρεάζουν την πραγματική δόση που λαμβάνουν οι μικροοργανισμοί. Επειδή η δόση δεν μπορεί να μετρηθεί άμεσα με την ίδια ακρίβεια που γίνεται στη χλωρίωση μέσω της παρακολούθησης του υπολειμματικού χλωρίου, ο έλεγχος της διαδικασίας καθίσταται δυσχερής.

Επιπλέον, σε ορισμένους μικροοργανισμούς έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο της φωτοεπισκευής, κατά το οποίο τα κύτταρα που έχουν υποστεί βλάβες στο DNA τους από την ακτινοβολία UV μπορούν, υπό την έκθεση σε ορατό ή φυσικό φως, να ενεργοποιήσουν ενζυμικούς μηχανισμούς επιδιόρθωσης.

Ένα από τα βασικά προβλήματα της απολύμανσης με UV είναι η σταδιακή μείωση της απόδοσης των συσκευών λόγω της φυσικής φθοράς και γήρανσης των λαμπτήρων, οι οποίοι χάνουν μέρος της εκπνεόμενης έντασης με την πάροδο του χρόνου και η περιοδική αντικατάστασή τους είναι επιβεβλημένη, προκειμένου να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη δόση ακτινοβολίας.

Επιπρόσθετα, οι λαμπτήρες και οι επιφάνειες ανάκλασης επηρεάζονται από την απόθεση αλάτων, οργανικών ενώσεων και βιοφίλμ, που μειώνουν τη διαπερατότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας και κατ' επέκταση την απολυμαντική ικανότητα του συστήματος. Η συσσώρευση αυτών των επικαθίσεων καθιστά αναγκαία την τακτική συντήρηση και τον

καθαρισμό είτε με μηχανικά είτε με χημικά μέσα, καθώς και τη χρήση αυτόματων συστημάτων καθαρισμού στις πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις.

1.3.2.2. Στάδια επεξεργασίας και διάθεσης παραγόμενης ιλύος

Ως αποτέλεσμα της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, παράγονται σημαντικές ποσότητες ιλύος, η οποία αποτελεί παραπροϊόν των διεργασιών που πραγματοποιούνται στις ΕΕΛ. Η ιλύς ορίζεται ως το στερεό υπόλειμμα που προκύπτει κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων και κατατάσσεται ως στερεό απόβλητο σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων με τον κωδικό 19 08 05 (EEL 47/16-2-2001, Οδηγία 2000/532/ΕΚ). Η περιβαλλοντική διαχείριση της ιλύος πρέπει να πληροί τις αρχές της Οδηγίας-πλαίσιου για τα Απόβλητα (Οδηγία 2008/98/ΕΚ), που εφαρμόζεται από τις 12 Δεκεμβρίου 2010 και αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας, εισάγοντας τις έννοιες του «ο ρυπαίνων πληρώνει» και της «διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού».

Η ιλύς που προκύπτει από τις διεργασίες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων συνήθως βρίσκεται σε ρευστή ή ημίρρευστη κατάσταση και περιέχει από 0,25% έως 12% κατά βάρος στερεά. Αν και η ιλύς περιέχει πολύτιμα θρεπτικά συστατικά, όπως νιτρικά, φωσφορικά, ιχνοστοιχεία και υψηλό οργανικό φορτίο, ενδέχεται να περιέχει και βλαβερές ουσίες, όπως βαρέα μέταλλα, τοξικές οργανικές ενώσεις και παθογόνους μικροοργανισμούς.

Για να καταστεί η ιλύς ωφέλιμη για διάφορες εφαρμογές, είναι απαραίτητο να απομακρυνθούν οι βλαβερές και επικίνδυνες ουσίες μέσω κατάλληλης επεξεργασίας πριν από τη διάθεσή της στον τελικό αποδέκτη. Μια ολοκληρωμένη στρατηγική διαχείρισης της ιλύος περιλαμβάνει την αποτελεσματική επεξεργασία της και τη διάθεσή της με περιβαλλοντικά ασφαλή τρόπο. Ο σκοπός της επεξεργασίας της ιλύος είναι η μείωση της οργανικής ύλης και των παθογόνων μικροοργανισμών, προκειμένου να επιστραφεί στο περιβάλλον σε όσο το δυνατόν καθαρότερη μορφή.

Τα βασικά στάδια που λαμβάνουν χώρα κατά την επεξεργασία της ιλύος παρουσιάζονται ως ακολούθως:

Στάδιο 1: Προσωρινή αποθήκευση

Η ιλύς, που συλλέγεται στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης, αποθηκεύεται προσωρινά, μέχρις ότου υποβληθεί σε περαιτέρω επεξεργασία ή/και διάθεση. Συνήθως η ιλύς αποθηκεύεται σε ειδικό υποδοχέα στην αρχή της πρωτοβάθμιας δεξαμενής, από τον οποίο απομακρύνεται συνεχώς ή περιοδικά. Επίσης, μπορεί να αναμιχθεί και να αποθηκευτεί η πρωτοβάθμια με τη δευτεροβάθμια ιλύ σε ξεχωριστή δεξαμενή.

Στάδιο 2: Συμπύκνωση/πάχυνση

Στόχος αυτού του σταδίου είναι η συμπύκνωση και η πάχυνση της ιλύος. Η συμπύκνωση μπορεί να επιτευχθεί με σχετική παράταση της παραμονής της ιλύος στη δεξαμενή καθίζησης, γεγονός όμως που επηρεάζει την απόδοση της καθίζησης (Ιωαννίδης & Μαντάς, 1995).

Με την πάχυνση αυξάνεται το ποσοστό των περιεχομένων στερεών κατά 2-3 φορές, γεγονός που οδηγεί σε σχετική ελάττωση του όγκου της ιλύος.

Στάδιο 3: Βιολογική χώνευση (αδρανοποίηση της ιλύος)

Η βιολογική χώνευση αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους και αποτελεσματικούς τρόπους επεξεργασίας της ιλύος, καθώς αποσκοπεί στην αποδόμηση των οργανικών ουσιών που περιέχονται σε αυτήν, μειώνοντας την τοξικότητά της και εξασφαλίζοντας τη δημόσια υγεία. Οι οργανικές ενώσεις που βρίσκονται στα απόβλητα μπορεί να προέρχονται από διάφορες ανθρώπινες ή φυσικές δραστηριότητες και μπορεί να περιλαμβάνουν ουσίες που είναι τοξικές ή επικίνδυνες για το περιβάλλον και την υγεία.

Προς τούτο, καθίσταται επιτακτική η αποδόμησή τους σε άλλες απλούστερες οργανικές ενώσεις πριν από την τελική διαχείριση της ιλύος. Η χώνευση μπορεί να γίνει είτε αναερόβια, υπό ελεγχόμενες συνθήκες σε ειδικές κλειστές δεξαμενές, είτε αερόβια με αερισμό. Οι βασικές διαφορές των δύο μεθόδων αφορούν στον ρυθμό της βιοαποδόμησης και τα τελικά προϊόντα. Η βιολογική σταθεροποίηση της ιλύος εφαρμόζεται σε μεγάλη έκταση σε συνδυασμό με προηγούμενη πύκνωση και ακόλουθη μηχανική αφυδάτωση (Ιωαννίδης & Μαντάς, 1995).

Στάδιο 4: Βελτίωση ιλύος

Η ιλύς, ακόμα και μετά τη διαδικασία της συμπύκνωσης, εξακολουθεί να περιέχει μεγάλο ποσοστό υγρασίας, που ανέρχεται σε 97%-98%, αν τα στερεά είναι οργανικά και δη πρωτεΐνες, και σε 70%-80%, αν τα στερεά είναι ανόργανα, βαριά και κοκκώδη.

Το νερό, που περιέχεται στην ιλύ, είναι δυνατό να βρίσκεται σε μία από τις παρακάτω μορφές, ανάλογα με το είδος του δεσμού ανάμεσα στα μόρια του νερού και της ιλύος:

- Ελεύθερο νερό, το οποίο δεν είναι συνδεδεμένο με τα μόρια της ιλύος.
- Δεσμευμένο νερό με ελκτικές δυνάμεις μέσα στα συσσωματώματα στην ιλύ.
- Επιφανειακό νερό, το οποίο είναι συνδεδεμένο με ελκτικές δυνάμεις.
- Εγκλωβισμένο νερό μέσα στα κελιά που σχηματίζονται στη μάζα της ιλύος.

Συχνά κρίνεται αναγκαία η απομάκρυνση σημαντικού ποσοστού από το «συνδεδεμένο» νερό, εκτός από το «ελεύθερο», προκειμένου να είναι δυνατή η περαιτέρω διαχείριση της ιλύος. Έτσι, στην πράξη παρουσιάζεται η ανάγκη να χρησιμοποιηθεί ενέργεια συσσωματώσεως, προκειμένου να τροποποιηθούν οι εσωτερικές δυνάμεις συνοχής της ιλύος, να διασπαστεί η κολλοειδής σταθερότητα και να «ελευθερωθεί» ποσοστό από το «συνδεδεμένο» νερό, ώστε να απομακρυνθεί εύκολα με μηχανικά μέσα.

Εκεί στοχεύει και η βελτίωση της ιλύος (sludge conditioning), που αποβλέπει στην καλύτερευση των χαρακτηριστικών της πριν από την αφυδάτωση. Οι μέθοδοι που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι η προσθήκη χημικών ουσιών και η θερμική επεξεργασία (Ødegaard & Karlsson, 1994).

Στάδιο 5: Αφυδάτωση και ξήρανση ιλύος

Αυτή η διαδικασία επιτυγχάνει την περαιτέρω μείωση του όγκου της ιλύος, αφαιρώντας το νερό και διευκολύνοντας τη μεταφορά και διάθεσή της (Benjamin et al., 2013). Χρησιμοποιούνται μηχανικές και θερμικές μέθοδοι, και η περιεκτικότητα σε στερεά μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως 90%.

Όταν η ιλύς σταθεροποιηθεί, πραγματοποιείται η τελική της διάθεση. Ο τρόπος διάθεσης της ιλύος καθορίζει σε έναν μεγάλο βαθμό και την απαιτούμενη επεξεργασία της ιλύος, που προηγείται, τόσο για την ελάττωση του προς διάθεση όγκου όσο και για την ποιοτική σύσταση του τελικού προϊόντος (Chen et al., 2002). Στην Ελλάδα, αλλά και στη Ευρώπη εν γένει, οι κυριότεροι τρόποι διάθεσης της λάσπης είναι οι ακόλουθοι:

- Η χρήση στη γεωργία, σαν βελτιωτικό εδάφους.
- Η υγειονομική ταφή σε ΧΥΤΑ, όταν δεν μπορούν να εφαρμοστούν πιο φιλικοί στο περιβάλλον τρόποι διάθεσης.
- Η καύση ή αποτέφρωση, η οποία, όμως, δίνει σαν παραπροϊόν τέφρα που μπορεί να είναι τοξική και πρέπει να διατεθεί σε κατάλληλη χωματερή.
- Η διάθεση στην τσιμεντοβιομηχανία και η χρήση στη δασοκομία, έπειτα από ξήρανση.

Στην Ελλάδα, παρότι υφίστανται πολλές ΕΕΛ με παραγωγή υψηλών ποσοτήτων ιλύος, η επαναχρησιμοποίησή της για σκοπούς, εκτός από την κλασική διάθεση σε ΧΥΤΑ, όπως γεωργία και λιπασματοποίηση είναι ιδιαίτερα περιορισμένη.

1.4. Ευαίσθητες περιοχές και πληθυσμοί

Η διαχείριση των αποβλήτων αποτελεί μια πρόκληση που απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και εκτελεστική επιμέλεια, ιδιαίτερα όταν λαμβάνουμε υπ' όψιν την ύπαρξη ευαίσθητων περιοχών και πληθυσμών. Οι περιοχές αυτές, που μπορεί να είναι εκτεθειμένες σε ευτροφισμό ή να αποτελούν πηγές πόσιμου νερού, απαιτούν αυξημένη προστασία για να διασφαλίζονται η βιωσιμότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων και η δημόσια υγεία. Οι πληθυσμοί που κατοικούν κοντά ή σε αυτές τις ευαίσθητες ζώνες ενδέχεται να επηρεαστούν άμεσα από την ανεξέλεγκτη εκροή ή την ακατάλληλη επεξεργασία υγρών αποβλήτων, επιβαρύνοντας την περιβαλλοντική και κοινωνική τους ευημερία.

Επομένως, η ακριβής κατηγοριοποίηση των περιοχών σε ευαίσθητες και λιγότερο ευαίσθητες αποτελεί ένα κρίσιμο βήμα πριν από την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν την προσέγγιση των Οδηγιών της ΕΕ 91/271/ΕΟΚ και 98/15/ΕΟΚ [εφαρμογή σε εθνικό επίπεδο με το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ)] για το ποιες θεωρούνται ευαίσθητες περιοχές και ποιες είναι οι κατηγορίες πληθυσμών, προκύπτουν οι ακόλουθες κατηγοριοποιήσεις (European Commission, 1998· European Council, 1991):

Ευαίσθητες περιοχές

Κατατάσσεται ως ευαίσθητη ζώνη μια υδατική περιοχή όταν πληροί τουλάχιστον ένα από τα παρακάτω κριτήρια:

- Γλυκά νερά φυσικών λιμνών, δέλτα ποταμών και άλλες παραλιακές περιοχές ή γλυκού νερού υδάτινα σώματα, όπου εμφανίζεται ή υπάρχει πιθανότητα εμφάνισης ευτροφισμού εάν δεν εφαρμοστούν προληπτικά μέτρα.

Για τον περιορισμό των θρεπτικών ουσιών που πρέπει να μειωθούν μέσω επιπλέον επεξεργασίας, μπορεί να εξεταστούν τα εξής σημεία:

- Λίμνες και ποτάμια που καταλήγουν σε λίμνες/ταμιευτήρες/περιοχές με περιορισμένη ανταλλαγή νερού, όπως για παράδειγμα οι όρμοι,

όπου υπάρχει κίνδυνος συσσώρευσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η επεξεργασία πρέπει να περιλαμβάνει την απομάκρυνση φωσφόρου, εκτός εάν αποδειχθεί ότι η απομάκρυνση δεν θα επηρεάσει το επίπεδο του ευτροφισμού. Για τις απορρίψεις από μεγάλες κοινότητες, μπορεί, επίσης, να γίνει εξέταση για αφαίρεση αζώτου.

- Δέλτα ποταμών, κόλποι και άλλες παράκτιες περιοχές με ασθενή εναλλαγή ύδατος ή που δέχονται σημαντικές ποσότητες θρεπτικών ουσιών. Οι απορρίψεις από μικρές κοινότητες συνήθως δεν έχουν μεγάλη σημασία, αλλά στις μεγαλύτερες πρέπει να γίνεται επεξεργασία για την αφαίρεση φωσφόρου ή/και αζώτου, εκτός εάν δεν επηρεάζεται το επίπεδο ευτροφισμού.
- Γλυκά επιφανειακά νερά που χρησιμοποιούνται για παροχή πόσιμου νερού και ενδέχεται να περιέχουν νιτρικά ιόντα πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 46399/1352/1986, αν δεν εφαρμοστούν μέτρα προστασίας.

Λιγότερο ευαίσθητες περιοχές

Ένας θαλάσσιος ή παράκτιος υδάτινος όγκος μπορεί να θεωρηθεί ως λιγότερο ευαίσθητη περιοχή, εάν τα εκτονούμενα λύματα δεν απειλούν το περιβάλλον λόγω της υδρολογικής δομής ή των ιδιαίτερων υδραυλικών συνθηκών που επικρατούν.

Για την αναγνώριση λιγότερο ευαίσθητων περιοχών, λαμβάνεται υπ' όψιν ο κίνδυνος μεταφοράς ρυπαντικών φορτίων σε γειτονικές ζώνες που μπορεί να επηρεαστούν αρνητικά. Επίσης, γίνεται αναγνώριση των ευαίσθητων περιοχών εκτός εθνικών συνόρων.

Στην ταξινόμηση μιας περιοχής ως λιγότερο ευαίσθητης θα πρέπει να εξετάζονται:

- Ανοικτοί κόλποι, δέλτα ποταμών και άλλες παράκτιες περιοχές με καλή ανταλλαγή νερού, όπου δεν παρατηρείται ευτροφισμός ή εξάντληση οξυγόνου, ή όπου η πιθανότητα εμφάνισης τέτοιων φαινομένων λόγω της απόρριψης αστικών λυμάτων είναι απίθανη.

Σε περιπτώσεις ευαίσθητου τελικού αποδέκτη, απαιτείται επιπλέον επεξεργασία των αποβλήτων πριν από την απόρριψη των λυμάτων. Ένας τύπος ευαίσθητων περιοχών είναι αυτές με «ευτροφισμό», όπου θρεπτικά συστατικά, κυρίως άζωτο και φωσφόρος, διεγείρουν την ανάπτυξη των φυκιών και άλλων φυτών, οδηγώντας στην κατανάλωση του οξυγόνου και καταστρέφοντας το φυσικό περιβάλλον. Ο ευτροφισμός παρατηρείται σε φυσικές λίμνες υγρών υδάτων, εκβολές ποταμών και παράκτια, καθώς και στην προετοιμασία των αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση. Στις περιοχές αυτές, οι απορρίψεις λυμάτων πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη μείωση του φορτίου των θρεπτικών συστατικών τους.

1.5. Δείκτες αποτελεσματικότητας και περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων αποτελεί μια σοβαρή πηγή ρύπανσης που επηρεάζει το περιβάλλον, τον υδροφόρο ορίζοντα, το έδαφος και αποτελεί σημαντική απειλή για τη δημόσια υγεία. Τα λύματα είναι πλούσια σε οργανικά θρεπτικά συστατικά και, όταν απελευθερώνονται στους υδάτινους αποδέκτες, όπως θάλασσες, λίμνες και ποτάμια, προκαλούν μεγάλη κατανάλωση οξυγόνου λόγω της αερόβιας διάσπασης από βακτήρια και μύκητες. Η κατανάλωση οξυγόνου σε αυτούς τους αποδέκτες μπορεί να διαταράξει τα οικοσυστήματα, οδηγώντας σε υποβάθμιση της ποιότητας του νερού και απειλή για την υγεία των οργανισμών που εξαρτώνται από αυτούς τους πόρους.

Εξίσου σημαντική με την παρακολούθηση των υγρών αποβλήτων είναι και η συστηματική παρακολούθηση της παραγόμενης ιλύος, καθώς η ιλύς συγκεντρώνει σημαντικό φορτίο οργανικών και ανόργανων ρύπων, βαρέων μετάλλων και παθογόνων μικροοργανισμών. Η μη ορθή διαχείρισή της μπορεί να αναιρέσει τα οφέλη της επεξεργασίας των λυμάτων, να οδηγήσει σε δευτερογενείς ρυπάνσεις και να περιορίσει τις δυνατότητες αξιοποίησής της σε γεωργικές ή άλλες χρήσεις.

Για την αποφυγή αυτών των κινδύνων και την προστασία του περιβάλλοντος είναι κρίσιμη η σωστή επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων. Η εφαρμογή αυστηρών κριτηρίων και δεικτών αποτελεσματικότητας συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών κινδύνων, διασφαλίζοντας παράλληλα την υγεία των ανθρώπων, ιδίως εκείνων που έρχονται σε άμεση ή έμμεση επαφή με τα επαναχρησιμοποιούμενα ύδατα. Η χρήση αυτών των δεικτών είναι θεμελιώδης για τη διατήρηση της ομαλής λειτουργίας των οικοσυστημάτων, την προστασία της πανίδας, της χλωρίδας, των υδροτόπων και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, όπως πολιτιστικών και αρχαιολογικών χώρων (Βουδούρης, 2006).

Οι δείκτες αποτελεσματικότητας στην επαναχρησιμοποίηση υδάτων είναι μετρήσιμοι παράγοντες που αξιολογούν την απόδοση των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης και αναγνωρίζουν τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο περιβάλλον. Οι δείκτες αυτοί εξετάζουν τον βαθμό πρόσβασης του πληθυσμού σε δημόσιες ΜΕΛ και την αποτελεσματικότητα

της δευτεροβάθμιας (βιολογικής) ή/και τριτοβάθμιας (χημικής) επεξεργασίας. Ειδικότερα, εξετάζουν την προσπάθεια μείωσης των υγρών αποβλήτων μέσω της βελτίωσης της επεξεργασίας, με σκοπό τη διασφάλιση της ποιότητας του νερού και την ελαχιστοποίηση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Lazarova, 2017).

1.5.1. Αναγκαιότητα ύπαρξης δεικτών παρακολούθησης

Από όλα τα παραπάνω, αιτιολογείται η αναγκαιότητα ύπαρξης των δεικτών παρακολούθησης και αποτελεσματικότητας των υγρών αποβλήτων και είναι ουσιαστική για πολλούς λόγους (Cassidy, 2020):

- **Αξιολόγηση της ποιότητας του νερού**
Οι δείκτες επιτρέπουν την ακριβή αξιολόγηση της ποιότητας των υγρών αποβλήτων πριν και μετά την επεξεργασία τους, διασφαλίζοντας ότι το επεξεργασμένο νερό που επιστρέφει στο περιβάλλον συμμορφώνεται με τα πρότυπα ποιότητας.
- **Εντοπισμός προβλημάτων**
Μέσω της συνεχούς παρακολούθησης, είναι δυνατόν να εντοπιστούν και να διορθωθούν εγκαίρως προβλήματα στις διαδικασίες επεξεργασίας, αυξάνοντας την αποδοτικότητα και μειώνοντας τον κίνδυνο περιβαλλοντικής ρύπανσης.
- **Βελτίωση της επεξεργασίας**
Οι δείκτες βοηθούν στην αξιολόγηση και τη βελτίωση των μεθόδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη πιο αποδοτικών και οικονομικά βιώσιμων τεχνολογιών.
- **Συμμόρφωση με νομοθεσία**
Η παρακολούθηση διασφαλίζει ότι οι ΕΕΛ συμμορφώνονται με την εθνική και τη διεθνή νομοθεσία περί διαχείρισης αποβλήτων, αποφεύγοντας πιθανές νομικές και οικονομικές συνέπειες.
- **Δημόσια υγεία και προστασία του περιβάλλοντος**
Η σωστή διαχείριση και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων προστατεύει τη δημόσια υγεία από ασθένειες που μεταδίδονται μέσω του νερού και διαφυλάσσει τη βιωσιμότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων.
- **Διαφάνεια και ενημέρωση του κοινού**
Η καταγραφή και δημοσίευση των δεικτών αποτελεσματικότητας παρέχει διαφάνεια και ενημερώνει το κοινό σχετικά με την ποιότητα των υδάτων και τις προσπάθειες που γίνονται για την προστασία του περιβάλλοντος.

Οι παρακάτω δείκτες είναι κρίσιμοι για την κατανόηση της αποτελεσματικής ή μη λειτουργίας των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, εστιάζοντας στην απομάκρυνση των ρύπων πριν από την επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού. Η περιγραφή ορισμένων δεικτών πραγματοποιήθηκε στο κεφάλαιο με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων και ακολουθεί ο τρόπος προσδιορισμού τους.

- **Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)**
Ο προσδιορισμός του δείκτη γίνεται με χρήση διχρωμικού καλίου σε περιβάλλον θειικού οξέος (με την παρουσία αργύρου ή υδραργύρου) για την οξείδωση. Ο εν λόγω δείκτης αποτελεί έναν έμμεσο τρόπο καθορισμού της περιεκτικότητας του νερού σε οργανική ύλη.
- **Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)**
Η μέτρηση του BOD πραγματοποιείται καταγράφοντας την ποσότητα του οξυγόνου που απορροφάται από τα μικρόβια όταν το δείγμα βρίσκεται υπό ειδικές συνθήκες (pH 6,5-7,5, για πέντε ημέρες σε μια θερμοκρασία των 20°C σε ένα σκοτεινό περιβάλλον). Τα υδατικά απόβλητα με υψηλά επίπεδα BOD υποδηλώνουν μικρότερη διαθεσιμότητα οξυγόνου για τους ανώτερους υδρόβιους οργανισμούς της τροφικής αλυσίδας (Balmér et al., 2012).
- **Σύνολο των αιωρούμενων στερεών (TSS)**
Ο δείκτης μετρά τη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων στα λύματα. Η αποτελεσματική επεξεργασία μειώνει τα επίπεδα TSS, εξασφαλίζοντας πιο καθαρό νερό, λιγότερο επιβλαβές για την υδρόβια ζωή (Κουμουσίδου, 2022).
- **Αποτελεσματικότητα αφαίρεσης φωσφόρου και αζώτου**
Συμβάλλει στην ανάπτυξη φυκών και τον ευτροφισμό του αποδέκτη. Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου είναι κρίσιμοι για την πρόληψη του ευτροφισμού στο υδάτινο περιβάλλον.
- **Ποσοστά συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων ανά m³ (πόσιμο και αποδεκτών)**
Πρόκειται για τα μέταλλα Hg, Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Sn, Co κ.ά. Πρέπει να αποφεύγονται οι υπέρμετρες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα επεξεργασμένα ύδατα διότι καταλήγουν στους έμβιους οργανισμούς και ευθύνονται για την εμφάνιση διάφορων διαταραχών στις βιολογικές δράσεις, λόγω της βιοσυσσώρευσης (Duffus, 2002).

Οι προηγμένοι δείκτες αποτελεσματικότητας παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την ποιότητα του επεξεργασμένου νερού, την αποδοτικότητα των διαδικασιών επεξεργασίας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διάθεσης των υγρών αποβλήτων.

- **Δείκτης αραιώσης**

Η διαδικασία αραιώσης παίζει κρίσιμο ρόλο στον προσδιορισμό των επιπέδων ρύπανσης στα υδατορέματα και χαρακτηρίζεται από τον λεγόμενο **δείκτη αραιώσης (stream dilution factor)**. Αυτός ο δείκτης υπολογίζεται ως η αναλογία της απορροής του υδατορέματος προς τον συνολικό όγκο των αποβλήτων που διατίθενται σε αυτό. Οι τιμές του δείκτη μπορεί να κυμαίνονται από 25 έως 100.000, αντανακλώντας το ποσοστό της απορροής του υδατορέματος που προέρχεται από την απόρριψη αστικών ή βιομηχανικών λυμάτων σε αυτό.

- **Ενεργειακή απόδοση**

Αυτός ο δείκτης μετρά την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται ανά μονάδα επεξεργασμένων λυμάτων. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης είναι απαραίτητη για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα των ΕΕΛ.

- **Παραγωγή και διαχείριση ιλύος**

Περιλαμβάνει τη μέτρηση της ποσότητας των βιοστερεών που παράγονται και τον τρόπο επεξεργασίας, χρήσης ή απόρριψής τους. Η αποτελεσματική διαχείριση της λάσπης μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μπορεί να μετατρέψει τα απόβλητα σε πόρο.

- **Ποσοστά επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης νερού**

Υποδεικνύει την αναλογία των επεξεργασμένων λυμάτων που επαναχρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς, όπως γεωργική άρδευση ή βιομηχανικές διεργασίες. Τα υψηλότερα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης μπορούν να μειώσουν σημαντικά τη ζήτηση για γλυκό νερό.

- **Ποιότητα εκροής**

Αναφέρεται στη συνολική ποιότητα του νερού που απορρίπτεται και αξιολογείται από διάφορες παραμέτρους, όπως το pH, η θερμοκρασία και η παρουσία συγκεκριμένων ρύπων, όπως βαρέα μέταλλα ή συνθετικές χημικές ουσίες. Τα πρότυπα για την ποιότητα των λυμάτων ποικίλλουν ανάλογα με τους τοπικούς και περιβαλλοντικούς κανονισμούς.

- **Ποσοστά συμβάντων και συμμόρφωσης**

Αυτοί οι δείκτες παρακολουθούν τη συχνότητα των αποτυχιών της διαδικασίας επεξεργασίας, τις παραβιάσεις περιβαλλοντικών αδειών και άλλα συμβάντα. Τα χαμηλότερα ποσοστά υποδηλώνουν καλύτερο λειτουργικό έλεγχο και κανονιστική συμμόρφωση.

Μέσω της παρακολούθησης αυτών των δεικτών, οι ΕΕΛ μπορούν να βελτιστοποιήσουν τις λειτουργίες τους, να μειώσουν τη ρύπανση, να διασφαλίσουν τη συμμόρφωση με τις περιβαλλοντικές κανονιστικές απαιτήσεις και να συμβάλουν στη βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Συνολικά, οι δείκτες παρακολούθησης και αποτελεσματικότητας είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη βιώσιμης διαχείρισης των υγρών αποβλήτων, εξασφαλίζοντας την προστασία του περιβάλλοντος και τη δημόσια υγεία, ενώ παράλληλα προωθούν την οικονομική αποδοτικότητα και την τεχνολογική πρόοδο.

1.5.2. Δείκτες παρακολούθησης αστικών αποβλήτων

Βάσει της φύσης της σύστασής τους, τα αστικά λύματα περιέχουν πληθώρα ρυπογόνων συστατικών που πρέπει να απομακρυνθούν κατά την επεξεργασία, προκειμένου να επιτευχθεί η μείωση των επιπέδων ρύπανσης και να διασφαλιστεί η ασφάλεια του επεξεργασμένου νερού για απόρριψη στο φυσικό περιβάλλον. Η κατάλληλη επεξεργασία των αστικών λυμάτων είναι καθοριστική για την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και της δημόσιας υγείας. Οι πιθανοί δείκτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή των υγρών αποβλήτων από αστικές περιοχές περιλαμβάνουν παραμέτρους όπως οι κάτωθι:

- **Βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)**
- **Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)**
- **Συνολικά απαιτούμενο οξυγόνο (TOD)**
Αναφέρεται στην ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών (και ορισμένων ανόργανων) ουσιών σε τελικά σταθερά προϊόντα, σε θερμοκρασία 900°C με τη χρήση καταλύτη.
- **Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)**
Ο άνθρακας αποτελεί έναν δείκτη υπολογισμού των οργανικών συστατικών αποβλήτων, επειδή είναι το κύριο συστατικό τους και η βασική πηγή απαίτησης οξυγόνου. Το TOC βασίζεται στη μέτρηση του CO₂ που παράγεται κατά την πλήρη οξείδωση του άνθρακα σε υψηλή θερμοκρασία παρουσία καταλύτη.
- **Θεωρητική απαίτηση οξυγόνου (ThOD)**
Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται θεωρητικά για την οξείδωση κάποιας οργανικής ουσίας. Υπολογίζεται εάν είναι γνωστός ο μοριακός τύπος της οργανικής ύλης.
- **Αλληλοσυσχέτιση ιδιοτήτων και χημικών-βιολογικών συστατικών**
Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχει μια εκτεταμένη αλληλεπίδραση μεταξύ των φυσικών χαρακτηριστικών και των χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων. Ως παράδειγμα, η θερμοκρασία, που είναι μια φυσική παράμετρος, διαδραματίζει ρόλο τόσο στο επίπεδο των διαλυμένων αερίων

στα υγρά απόβλητα όσο και στη βιολογική λειτουργία τους, σύμφωνα με τη σχετική έρευνα (Metcalf & Eddy, 2011).

Ο ακόλουθος **Πίνακας 1**, όπως αποτυπώνεται στην Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, περιλαμβάνει πολλαπλές τιμές που αντανakλούν τη δομή της ίδιας της Οδηγίας, η οποία προβλέπει διακριτές απαιτήσεις για διαφορετικά μεγέθη οικισμών και για διαφορετικά επίπεδα επεξεργασίας (άρθρο 4, παρ. 1-2). Οι διαφορετικές τιμές για BOD₅ και αιωρούμενα στερεά εξυπηρετούν την ανάγκη προσαρμογής στις πραγματικές λειτουργικές δυνατότητες των ΕΕΛ.

Η μεταβλητότητα αυτή τεκμηριώνεται σαφώς στη διεθνή βιβλιογραφία. Το Joint Research Centre (Pistocchi et al., 2019) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής καταγράφει ότι η πραγματική απόδοση των ΕΕΛ επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς και λειτουργικούς παράγοντες και μπορεί να παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις ως προς τη μείωση οργανικού φορτίου και στερεών. Παράλληλα, η αξιολόγηση της Οδηγίας από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission, 2019) αναδεικνύει ότι η εφαρμογή της παρουσιάζει ουσιαστικές αποκλίσεις μεταξύ κρατών-μελών, επιβεβαιώνοντας ότι δεν υπάρχει ενιαίο λειτουργικό πρότυπο σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Αντίστοιχη ετερογένεια έχει καταγραφεί και στην ελληνική εμπειρία. Η μελέτη των Tsagarakis, Mara, Horan και Angelakis (Tsagarakis et al., 2000) δείχνει ότι οι μικρές δημοτικές ΕΕΛ στη χώρα μας εμφανίζουν μεγάλη διακύμανση στην απόδοση, συχνές αποκλίσεις από τα όρια της Οδηγίας, γεγονός που επιβεβαιώνει την ανάγκη ύπαρξης διαβαθμισμένων απαιτήσεων όπως αυτές που αποτυπώνονται στον **Πίνακα 1**.

Οι πολλαπλές τιμές του **Πίνακα 1**, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, αποτελούν αναγκαία ρυθμιστική προσαρμογή στη διαπιστωμένη λειτουργική ποικιλομορφία των εγκαταστάσεων, τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε ελληνικό επίπεδο.

Πίνακας 1. Απαιτήσεις για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων που διέπονται από τα άρθρα 4 και 5 της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων

Δείκτες	Μέγιστη συγκέντρωση	Ελάχιστη εκατοστιαία μείωση
Βιομηχανικές ανάγκες σε οξυγόνο (BOD ₅ στους 20°C) χωρίς νιτροποίηση	25 mg/L O ₂	70-90 40, δυνάμει άρθρου 4 παράγραφος 2
Χημικές ανάγκες σε οξυγόνο (COD)	125 mg/L O ₂	75
Ολικά στερεά αιωρούμενα	35 mg/L* • 35, δυνάμει άρθρου 4 παράγραφος 2 (άνω των 10.000 ι.π.) • 60, δυνάμει άρθρου 4 παράγραφος 2 (2.000-10.000 ι.π.)	• 90, δυνάμει άρθρου 4 παράγραφος 2 (άνω των 10.000 ι.π.) • 70, δυνάμει άρθρου 4 παράγραφος 2 (2.000-10.000 ι.π.)

* Η απαίτηση αυτή είναι προαιρετική

Σημείωση: Εφαρμόζεται η τιμή συγκέντρωσης ή το ποσοστό μείωσης (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1991), ι.π.: ισοδύναμος πληθυσμός.

Πηγή: Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/271/ΕΟΚ

1.5.3. Δείκτες παρακολούθησης βιομηχανικών αποβλήτων

Η διαχείριση του φορτίου ρυπαντών που περιέχουν τα βιομηχανικά απόβλητα είναι κρίσιμη, καθώς παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάλογα με τον κλάδο της βιομηχανίας, τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται και τις μεθόδους παραγωγής. Για την αποτελεσματική διαχείριση, είναι απαραίτητο να υπάρχει σαφής εικόνα για την ποιότητα και την ποσότητα των ρυπογόνων ουσιών που περιέχονται στα βιομηχανικά λύματα. Αν και οι τύποι των ρύπων είναι ποικίλοι, η τοξικότητά τους καθίσταται επικίνδυνη μόνο όταν ξεπερνούν ένα καθορισμένο όριο, το οποίο αναγνωρίζεται ως το ασφαλές όριο.

Η σύσταση των λυμάτων και οι ρύποι που περιέχουν εξαρτώνται από τον τύπο των δραστηριοτήτων που παράγουν τα λύματα. Οι ρύποι διακρίνονται σε ανόργανους, οργανικούς και βιολογικούς. Τα βαρέα μέταλλα, ως ανόργανοι ρύποι, αποτελούν τους πιο κοινούς και ιδιαίτερα τοξικούς παράγοντες, με καρκινογόνες και τοξικές επιδράσεις. Παράλληλα, νιτρώδη, θειώδη, φωσφορικά, φθοριούχα και χλωριούχα άλατα ενδέχεται, επίσης, να προκαλέσουν σοβαρές τοξικές επιπτώσεις. Οι τοξικοί οργανικοί ρύποι περιλαμβάνουν φυτοφάρμακα, όπως εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα, φαινόλες, πολυχλωριωμένα διφαινύλια, αλογονωμένους αρωματικούς υδρογονάνθρακες, φορμαλδεΰδη, απορρυπαντικά, λίπη και έλαια. Επίσης, διάφοροι φυσιολογικοί ρύποι, όπως υδρογονάνθρακες, αλκοόλες, αλδεΰδες, κετόνες και πρωτεΐνες, βρίσκονται συχνά στα λύματα. Τέλος, διάφορα είδη μικροβίων, όπως βακτήρια, μύκητες, άλγη, πλαγκτόν, ιοί και παράσιτα, συνιστούν βιολογικούς ρύπους και ενδέχεται να προκαλέσουν σοβαρές ασθένειες.

Η κατηγοριοποίηση των αποβλήτων γίνεται με τη βοήθεια τριών κατηγοριών ουσιών.

- **Η πρώτη κατηγορία** περιλαμβάνει ουσίες με υψηλή τοξικότητα και επιβλαβή δράση, γεγονός που καθιστά απαγορευτική την είσοδό τους στο δίκτυο και/ή την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων.
- **Η δεύτερη κατηγορία** περιλαμβάνει ουσίες που μπορεί να γίνουν δεκτές στο δίκτυο και την εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων, αλλά σε συγκεντρώσεις που δεν υπερβαίνουν συγκεκριμένα όρια.
- **Η τρίτη κατηγορία** περιλαμβάνει βιοδιασπώμενες ουσίες που επιτρέπεται η είσοδός τους στο δίκτυο και/ή την εγκατάσταση επεξεργασίας, χωρίς περιορισμούς, αλλά με απαραίτητη τη διερεύνηση επιπτώσεων αν πρόκειται για ιδιαίτερα αυξημένες ποσότητες αυτών.

1.5.4. Δείκτες παρακολούθησης ιλύος

Η διαχείριση της ιλύος από τα αστικά λύματα αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές προκλήσεις για τις πόλεις και τις κοινωνίες παγκοσμίως. Ειδικότερα, η εφαρμογή κατάλληλων δράσεων είναι απαραίτητη, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων και των αποβλήτων, ενώ οι σχετικοί δείκτες παρέχουν στους υπεύθυνους φορείς ένα αξιόπιστο εργαλείο για την αξιολόγηση και την ενδεχόμενη βελτίωση των διαδικασιών διαχείρισης ιλύος. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι παρακάτω δείκτες αποτελούν ενδεικτικά παραδείγματα και όχι μία πλήρη και αναλυτική λίστα, καλύπτοντας τις βασικές παραμέτρους που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν κατά την παρακολούθηση και τη διαχείριση της ιλύος:

- **Συνδεδεμένος πληθυσμός σε ΕΕΛ**
Ο συνδεδεμένος πληθυσμός σε ΕΕΛ αναφέρεται στο ποσοστό του πληθυσμού που έχει πρόσβαση και εξυπηρετείται από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων. Αυτός ο δείκτης είναι σημαντικός για να κατανοηθεί πόσο εκτεταμένη είναι η κάλυψη των υπηρεσιών αποχέτευσης και επεξεργασίας σε μια δεδομένη περιοχή, καθώς και για την εκτίμηση του βαθμού προστασίας του περιβάλλοντος από τους αστικούς υδατικούς ρύπους.
- **Ποσοστιαία συμμετοχή μεθόδων αξιοποίησης ιλύος**
Αφορά την κατανομή των διαφορετικών μεθόδων αξιοποίησης της ιλύος, όπως η γεωργική χρήση, η καύση, η χρήση ως καύσιμο, η ταφή σε χώρους διάθεσης αποβλήτων κ.ά. Αυτός ο δείκτης βοηθά στην αξιολόγηση της βιωσιμότητας των τρόπων διαχείρισης της ιλύος και στον προσανατολισμό προς πιο βιώσιμες μεθόδους.

- **Αριθμός, είδος και δυναμικότητα σε τόνους (t) ανά έτος μονάδων αξιοποίησης**
Εστιάζει στον αριθμό των εγκαταστάσεων αξιοποίησης ιλύος, στα είδη αυτών των εγκαταστάσεων (π.χ., γεωργική χρήση, ενεργειακή αξιοποίηση, κομποστοποίηση) και στη συνολική τους δυναμικότητα επεξεργασίας ιλύος σε τόνους ανά έτος. Αυτή η πληροφορία είναι κρίσιμη για τον προγραμματισμό και την ανάπτυξη των υποδομών διαχείρισης ιλύος.
- **Ποσότητα ιλύος ανά κάτοικο και χρόνο σε τόνους ξηρών στερεών (t DS) ανά έτος**
Αντικατοπτρίζει την ποσότητα της παραγόμενης ιλύος ανά κάτοικο που εξυπηρετείται από ΕΕΛ, ανά έτος, εκφραζόμενη σε τόνους ξηρής ύλης. Αυτός ο δείκτης επιτρέπει τη σύγκριση της αποδοτικότητας των ΕΕΛ και την εκτίμηση της επιβάρυνσης που δημιουργεί η ιλύς στο περιβάλλον και στις υποδομές διαχείρισης αποβλήτων.
- **Ποιοτική σύσταση ιλύος (έλεγχος τήρησης ορίων που τίθενται από τη νομοθεσία)**
Αναφέρεται στην ανάλυση των χημικών, βιολογικών και φυσικών παραμέτρων της ιλύος για να διαπιστωθεί αν πληροί τα νομοθετικά καθορισμένα όρια για βαρέα μέταλλα, παθογόνους οργανισμούς, τοξικές ουσίες κ.ά. Η τήρηση αυτών των προδιαγραφών είναι ουσιαστική για την ασφαλή ανακύκλωση ή άλλη μορφή αξιοποίησης της ιλύος, προστατεύοντας ταυτόχρονα τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον.

Κάθε ένας από αυτούς τους δείκτες παίζει έναν σημαντικό ρόλο στην παρακολούθηση και βελτίωση της βιωσιμότητας των συστημάτων διαχείρισης λυμάτων και ιλύος, ενθαρρύνοντας την εφαρμογή πιο αποδοτικών και περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών και πρακτικών.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Φεβρουάριος 2026

Κυκλική οικονομία στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων



2

2.1. Εισαγωγή

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων, όπως αποτυπώθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, απαιτεί εξειδικευμένα συστήματα επεξεργασίας για την ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και την προστασία της δημόσιας υγείας. Στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας, η διαχείριση των υγρών αποβλήτων επεκτείνεται πέρα από την ασφαλή διάθεση, με έμφαση στην ανάκτηση πόρων μέσω διαδικασιών επεξεργασίας και ανακύκλωσης. Η βιώσιμη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι κρίσιμη για τη δημιουργία ενός κυκλικού συστήματος που προάγει την ανακύκλωση, την επαναχρησιμοποίηση πόρων και τη μείωση των αποβλήτων, διασφαλίζοντας παράλληλα τη συνεχιζόμενη προστασία του φυσικού μας περιβάλλοντος.

Η βασική αξιοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων επικεντρώνεται στην εξοικονόμηση νερού, καθώς τα θρεπτικά συστατικά των λυμάτων έχουν περιορισμένη συνεισφορά στην παραγωγή λιπασμάτων. Τα τελευταία έτη, τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να αποτελέσουν μια σημαντική εναλλακτική πηγή νερού, συμβάλλοντας στη διατήρηση των υδατικών πόρων και προάγοντας τη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού, μέσω της κατάλληλης επεξεργασίας, επιτρέπει την επιμήκυνση του κύκλου ζωής αυτού του πολύτιμου αγαθού, ενώ ταυτόχρονα μειώνει την πίεση στους φυσικούς υδατικούς πόρους.

Με τον όρο επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων αναφερόμαστε γενικά στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, έτσι ώστε να μπορούν να ανακτηθούν ως νερό με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους με την κατάλληλη επεξεργασία (άρδευση, εμπλουτισμό υδροφόρου ορίζοντα, νερό πλύσης, καζανάκια, βιομηχανική χρήση κ.ά.). Ως ανακύκλωση ορίζεται η εσωτερική (in situ) ανάκτηση των υγρών αποβλήτων μίας εγκατάστασης και η ανακύκλωσή τους στην παραγωγική διαδικασία της εγκατάστασης αυτής.

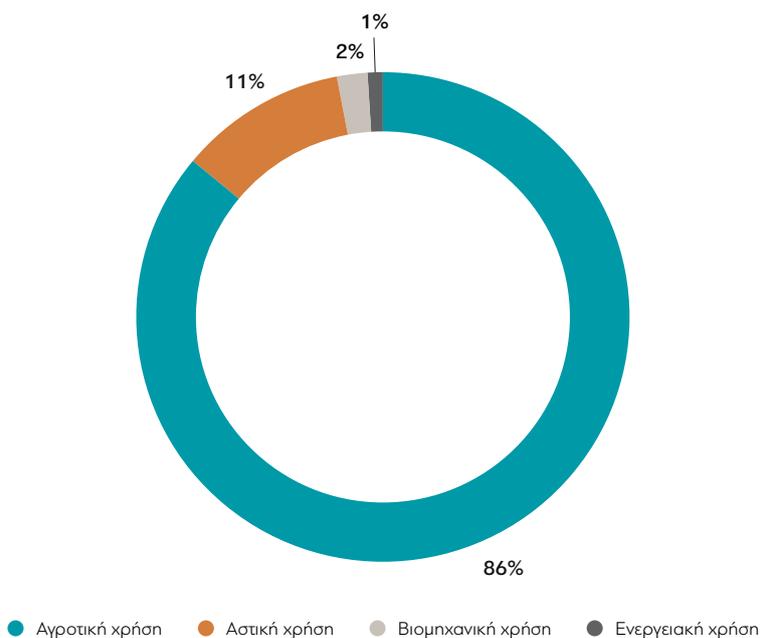
Το νερό που προέρχεται από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση ή την ανακύκλωσή του ονομάζεται ανακτημένο νερό (ΚΥΑ 145116/11) (Ελληνική Δημοκρατία, 2011). Η επαναχρησιμοποίηση αναφέρεται στην παραγωγή νερού μέσα από διαδικασίες επεξεργασίας νερού και εισάγει έναν βρόγχο ανατροφοδότησης (feedback loop) στον κύκλο του νερού. Δεν αποτελεί μία πρόσθετη πηγή νερού, αλλά ένα «προϊόν»

του κύκλου του νερού, το οποίο πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα με την επιθυμητή χρήση (διαφορετικές προδιαγραφές ποιότητας πρέπει να πληρούνται ανάλογα με την τελική χρήση του ανακτημένου νερού) και για αυτό διαφοροποιείται από τα άλλα μέτρα ενίσχυσης των διαθέσιμων υδατικών πόρων, όπως η αφαλάτωση, τα οποία προσφέρουν νέες εισόδους στον κύκλο του νερού (Kirhensteine et al., 2016· Σταθάτου, 2017).

Ειδικά στην Ελλάδα, όπου η έλλειψη επαρκών ποσοτήτων νερού είναι ζωτικής σημασίας, η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων μπορεί να αποτελέσει στρατηγική ενίσχυσης της αειφόρου διαχείρισης των υδατικών πόρων. Με την κατάλληλη επεξεργασία, το επεξεργασμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τομείς υψηλής ζήτησης, όπως η γεωργία, η βιομηχανία και η αστική χρήση, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση φυσικών υδατικών πόρων και προάγοντας τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Η γεωργία και ο τουρισμός, δύο βασικοί πυλώνες της ελληνικής οικονομίας, παρουσιάζουν τεράστιες απαιτήσεις σε νερό και επηρεάζονται άμεσα από τις διαθέσιμες ποσότητες. Σύμφωνα με το παρακάτω γράφημα, η αγροτική χρήση κατέχει τη μεγαλύτερη μερίδα κατανάλωσης νερού στην Ελλάδα (86%), ενώ ακολουθεί η αστική χρήση με ποσοστό 11%, καταδεικνύοντας την κρίσιμη ανάγκη για στρατηγικές επαναχρησιμοποίησης νερού στον αγροτικό τομέα.

Σχήμα 1. Κατανομή κατανάλωσης υδατικών πόρων στην Ελλάδα



Η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων στην Ελλάδα, με υψηλές βροχοπτώσεις στα δυτικά και περιορισμένες βροχές στα ανατολικά, σε συνδυασμό με την αυξημένη ζήτηση κατά την τουριστική περίοδο, απαιτεί την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου υδρολογικού μοντέλου για την επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση εναλλακτικών υδατικών πόρων. Παράλληλα, η αυξημένη μετακίνηση πληθυσμών στα αστικά κέντρα και η ταχεία βιομηχανική ανάπτυξη έχουν οδηγήσει στην υπερκατανάλωση νερού και στη μετατροπή του πολύτιμου αυτού πόρου σε απόβλητο. Συνεπώς, τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα αποτελούν μια αποτελεσματική εναλλακτική μέθοδο παροχής νερού (Sanz & Gawlik, 2014).

Παρότι η Ελλάδα διαθέτει σημαντικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης, η απουσία εκτεταμένων μονάδων τριτοβάθμιας επεξεργασίας αστικών λυμάτων περιορίζει τις δυνατότητες αξιοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων.

Η χρήση ανακυκλωμένου νερού, κυρίως για να καλύψει μέρος των αναγκών του αγροτικού τομέα, καθώς και άλλων τομέων, θα μπορούσε να προσφέρει μια βιώσιμη εναλλακτική λύση για τον μετριασμό των πιέσεων στους διαθέσιμους πόρους γλυκού νερού και να βελτιώσει τη διαθεσιμότητα νερού άρδευσης κατά τη διάρκεια της περιόδου ξηρασίας. Παράλληλα, σε τομείς όπως η βιομηχανία και ο τουρισμός θα μπορούσαν, επίσης, να διερευνηθούν οι δυνατότητες εφαρμογής τεχνολογιών για την επαναχρησιμοποίηση του νερού, προκειμένου να μετριαστούν οι επιπτώσεις της λειψυδρίας, της ξηρασίας, αλλά και της ευπάθειας των συστημάτων εφοδιασμού.

Η επαναχρησιμοποίηση νερού αποτελεί μια εναλλακτική πηγή χρήσης νερού με σημαντικά περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη, τα οποία παρατίθενται ενδεικτικά παρακάτω:

- Αύξηση στη διαθεσιμότητα νερού.
- Οικολογική χρήση των υδατικών πόρων, κάνοντας χρήση του ανακυκλωμένου νερού για μη πόσιμη χρήση, άρα ενισχυμένη διαθεσιμότητα του πόσιμου νερού.
- Μειωμένη υπεράντληση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.
- Μειωμένη κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με τη χρήση βαθέων υπόγειων υδατικών πόρων, εισαγωγή νερού ή αφαλάτωση.
- Μειωμένα φορτία θρεπτικών συστατικών στα νερά υποδοχής.
- Μειωμένο κόστος παραγωγής ως απόρροια της χρήσης υψηλής ποιότητας ανακυκλωμένου νερού.
- Αύξηση της αγροτικής παραγωγής.
- Μειωμένη εφαρμογή λιπασμάτων.
- Αυξημένη προστασία του φυσικού περιβάλλοντος με ενίσχυση των ρεμάτων, υγροτόπων και λιμνών.
- Ενίσχυση της τοπικής οικονομίας και απασχόλησης (π.χ. τουρισμός, γεωργία).

Ωστόσο, ζητήματα όπως το κόστος μεταφοράς νερού, η επιλογή κατάλληλων τεχνολογιών και οι αναγκαίες επενδύσεις για την εξασφάλιση της ποιότητας του ανακτημένου νερού απαιτούν προσεκτικό σχεδιασμό και στρατηγική υλοποίηση των έργων επαναχρησιμοποίησης νερού (RRAPK, 2020).

Στο παρόν κεφάλαιο, αναλύονται οι βασικές αρχές της κυκλικής οικονομίας και οι πολιτικές που αφορούν την ανακύκλωση, ανανέωση και αποτελεσματική χρήση πόρων. Δίνεται έμφαση στην εφαρμογή αυτών των αρχών στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, με κύρια στόχευση στην επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού και στην επεξεργασία της ιλύος, προκειμένου να ενισχυθούν η βιωσιμότητα και η αποδοτική διαχείριση των υδατικών πόρων.

2.2. Αρχές της κυκλικής οικονομίας

Η σύγχρονη οικονομία έχει βασιστεί παραδοσιακά σε ένα γραμμικό μοντέλο παραγωγής, κατανάλωσης και απόρριψης, όπου τα προϊόντα εξαντλούν γρήγορα την ωφέλιμη ζωή τους, δημιουργώντας αειφορικά ζητήματα. Ως απάντηση, τον Δεκέμβριο του 2019, η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία προώθησε μια στρατηγική βασισμένη στην κυκλική οικονομία, στοχεύοντας στη μέγιστη χρήση προϊόντων και στην ανακύκλωση υλικών στο τέλος του κύκλου ζωής τους, με σκοπό τη μεγιστοποίηση της προστιθέμενης αξίας.

Τον Μάρτιο του 2020, το Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία εγκρίθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, αναγνωρίζοντας την κρισιμότητα της βιωσιμότητας και της κλιματικής ουδετερότητας, για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση ανάμεσα στα κράτη-μέλη. Αυτή η προσέγγιση εστιάζει στην αποδοτικότερη χρήση πόρων σε κρίσιμους τομείς, όπως ηλεκτρονικά, μπαταρίες και τρόφιμα, απαιτώντας συνεργασία μεταξύ των επιπέδων διακυβέρνησης (περιφέρειες, δήμοι), της βιομηχανίας, ερευνητικών φορέων, πολιτών και ενδιαφερόμενων μερών.

Το υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδας, ακολουθώντας την ευρωπαϊκή πολιτική, εξέδωσε το αναθεωρημένο Εθνικό Σχέδιο για την Κυκλική Οικονομία τον Νοέμβριο του 2021, εναρμονίζοντάς το με τις νέες Οδηγίες και τις νομοθετικές αλλαγές, διασφαλίζοντας ότι οι εθνικές δράσεις στηρίζουν την ευρωπαϊκή υπόθεση για ένα πιο βιώσιμο μέλλον (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας & Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων, 2021).

Αυτή η ευρωπαϊκή πρωτοβουλία ενσαρκώνει ένα πρότυπο για ένα πράσινο μοντέλο ανάπτυξης που ελαχιστοποιεί την κατανάλωση πόρων και διαχειρίζεται τα απόβλητα ασφαλώς, συμβάλλοντας ταυτόχρονα σε κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη (Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων, 2025). Οι δράσεις αυτές συμπίπτουν με τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών, προωθώντας ένα ολοκληρωμένο και ουδέτερο κλιματικά μέλλον (Κορυφή & Ντινόπουλος, 2020).

Η κυκλική οικονομία βασίζεται στη βέλτιστη χρήση πόρων, στην επέκταση του κύκλου ζωής των προϊόντων, στην αυξημένη ανακύκλωση και τη χρήση

δευτερογενών υλικών και αποβλήτων ως παραγωγικών πόρων. Επιπλέον, ενθαρρύνονται η κυκλικότητα στις παραγωγικές διαδικασίες και η χρήση εναλλακτικών καυσίμων (Κορυζή & Ντινόπουλος, 2020).

Στην κυκλική οικονομία, η επαναχρησιμοποίηση του νερού αποτελεί κρίσιμο στοιχείο, καθώς προσφέρει περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη. Το νερό, ως βασικός διαμοιραζόμενος πόρος, είναι σημαντικό για την ανθρώπινη επιβίωση και υγεία, αλλά είναι επίσης πεπερασμένο, με λιγότερο από το 3% της επιφάνειας της γης να είναι κατάλληλο για πόσιμη χρήση και άρδευση.

Στο παραδοσιακό γραμμικό οικονομικό μοντέλο, το νερό αντλείται από φυσικές πηγές, χρησιμοποιείται και επιστρέφει στο περιβάλλον, συχνά έπειτα από επεξεργασία. Αυτό το μοντέλο έχει οδηγήσει σε περιορισμούς των διαθέσιμων πηγών φρέσκου νερού και έχει ενισχύσει την περιβαλλοντική υποβάθμιση μέσω της διάθεσης υγρών αποβλήτων στο φυσικό περιβάλλον.

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι ολοένα και πιο κρίσιμη, καθώς συμβάλλει στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας. Στην κυκλική οικονομία, ουσίες που υπάρχουν διαλυμένες στα υγρά απόβλητα ανακτώνται και το επεξεργασμένο νερό μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για βιομηχανική χρήση, άρδευση, ακόμα και για πόσιμη χρήση με την κατάλληλη επεξεργασία. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο ελαχιστοποιεί την απώλεια γλυκού νερού, αλλά και προάγει τη χρήση του σε γεωργική άρδευση, περιορίζοντας την ανάγκη για συμπληρωματικά ανόργανα λιπάσματα (CEWP, 2020).

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση θεωρείται ένας αποτελεσματικός πρακτικός τρόπος διάθεσής τους, δεδομένου ότι:

- Εξοικονομούνται φυσικά αποθέματα νερού, τα οποία σε αρκετές περιοχές είναι περιορισμένα.
- Αποτελεί σταθερή πηγή νερού, η οποία δεν εξαρτάται από τη βροχόπτωση.
- Εξασφαλίζεται η ποιότητα του περιβάλλοντος (έδαφος, επιφανειακά και υπόγεια ύδατα), αφού δεν καταλήγουν σε αυτό απορρίψεις λυμάτων.

Αυτή η στρατηγική επαναχρησιμοποίησης του νερού ευθυγραμμίζεται με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ), προάγοντας τη βιωσιμότητα και την κλιματική ουδετερότητα.

2.3. Πολιτικές για ανακύκλωση, ανανέωση και αποτελεσματική χρήση πόρων

Τα περιστατικά λειψυδρίας και ξηρασίας αυξάνονται σημαντικά σε όλη την Ευρώπη κάθε χρόνο. Αξίζει να ειπωθεί ότι τουλάχιστον το 11% του ευρωπαϊκού πληθυσμού και το 17% του εδάφους της ΕΕ αντιμετωπίζουν ζητήματα έλλειψης νερού. Στην περιοχή, δε, της Μεσογείου (Ισπανία, Πορτογαλία, Ελλάδα, Κύπρος, Μάλτα, Νότια Γαλλία, Ιταλία), το 20% σχεδόν του πληθυσμού ζει υπό συνεχή πίεση στα υδάτινα αποθέματα, ενώ, κατά τους θερινούς μήνες, το 50% του πληθυσμού επηρεάζεται από την πίεση σε αυτά.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στο πλαίσιο αντιμετώπισης του φαινομένου αλλά και της ευρύτερης στρατηγικής της για μία πιο κυκλική οικονομία, αναπτύσσει εργαλεία για να βοηθήσει στην ενίσχυση της χρήσης ασφαλών και αποδοτικών τεχνολογιών επαναχρησιμοποίησης νερού. Τα επεξεργασμένα λύματα αποτελούν μια αποτελεσματική εναλλακτική μέθοδο παροχής νερού, συμβάλλοντας τόσο στην εξοικονόμηση νερού όσο και στην αντιμετώπιση της λειψυδρίας. Προς τούτο, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο το 2020 εξέδωσε κατευθυντήριες γραμμές που διευκολύνουν και προτρέπουν τη χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων (νερό από ανάκτηση) για σκοπούς γεωργικής άρδευσης.

Προς τούτο, η ΕΕ θέσπισε τον Κανονισμό επαναχρησιμοποίησης νερού, ο οποίος τέθηκε σε εφαρμογή στις 26 Ιουνίου 2023. Ο εν λόγω Κανονισμός μειώνει την πίεση που δέχονται τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα και προωθεί την αποτελεσματικότερη διαχείριση των υδάτων, σύμφωνα με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας. Συγκεκριμένα, ο Κανονισμός ορίζει τα εξής:

- Εναρμονισμένες ελάχιστες απαιτήσεις ποιότητας νερού για την ασφαλή επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων στη γεωργική άρδευση.
- Εναρμονισμένες ελάχιστες απαιτήσεις παρακολούθησης.
- Διατάξεις διαχείρισης κινδύνου για την αξιολόγηση και την αντιμετώπιση πιθανών πρόσθετων κινδύνων για την υγεία και πιθανών περιβαλλοντικών κινδύνων.
- Απαιτήσεις αδειοδότησης.
- Διατάξεις για τη διαφάνεια, σύμφωνα με τις οποίες βασικές πληροφορίες για κάθε έργο επαναχρησιμοποίησης νερού διατίθενται στο κοινό.

Ο Κανονισμός αυτός, που είναι σε εναρμόνιση με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας, στοχεύει στην αύξηση της διαθεσιμότητας του νερού, αλλά και στην αποδοτικότερη χρήση του. Ειδικά σε περιόδους καύσωνα ή έντονης ξηρασίας, η επαναχρησιμοποίηση νερού για σκοπούς άρδευσης μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην πρόληψη πιθανής ανεπάρκειας συγκομιδής ή έλλειψης τροφίμων. Ωστόσο, επειδή οι κλιματικές και γεωγραφικές συνθήκες διαφοροποιούνται ανάμεσα στα κράτη-μέλη, το κάθε κράτος-μέλος έχει την ευελιξία να αποφασίσει αν θα προβεί σε επαναχρησιμοποίηση νερού για σκοπούς γεωργικής άρδευσης σε τμήμα ή στο σύνολο της επικράτειάς του. Σε ευρύτερη κλίμακα, το κάθε κράτος-μέλος έχει την ευχέρεια να καθορίζει τις λεπτομέρειες των διαδικασιών χορήγησης αδειών ή εγκρίσεων σε εθνικό επίπεδο.

Ο Κανονισμός για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων καθορίζει ελάχιστες απαιτήσεις για την ποιότητα των υδάτων, τη διαχείριση κινδύνου και την παρακολούθηση, ώστε να καταστεί ασφαλής η εκ νέου χρήση του νερού. Να σημειωθεί ότι η επαναχρησιμοποίηση νερού υπόκειται σε σοβαρούς περιορισμούς, καθώς ελλοχεύουν θεωρητικοί κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία. Για αυτόν τον λόγο, η επαναχρησιμοποίηση των υδάτων επιτρέπεται μόνο με άδεια ή έγκριση που παρέχεται από τις αρμόδιες Αρχές των κρατών-μελών. Το σύστημα για τη χορήγηση άδειας παραγωγής και παροχής ανακτημένου νερού προβλέπει γενικές εναρμονισμένες υποχρεώσεις.

Σε κάθε περίπτωση, ο φορέας λειτουργίας μιας εγκατάστασης για την ανάκτηση επαναχρησιμοποιημένου νερού οφείλει να είναι σε συμμόρφωση με τις απαιτήσεις για την ποιότητα των υδάτων που ανακτώνται, συμπεριλαμβανομένων μικροβιολογικών στοιχείων ή πρόσθετων απαιτήσεων για συνεχή παρακολούθηση.

Η ευθυγράμμιση των προτεινόμενων πολιτικών, σύμφωνα με την ισχύουσα ευρωπαϊκή νομοθεσία, είναι υψίστης σημασίας παράγοντας για την επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται μια ανάλυση της ευρωπαϊκής και εθνικής περιβαλλοντικής νομοθεσίας, με επίκεντρο τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων και τις προτάσεις-λύσεις επαναχρησιμοποίησης νερού, κατά την τελευταία 30ετία. Επίσης, διενεργείται μια πρώτη, αλλά εις βάθος συγκριτική ανάλυση των νομικών πρωτοβουλιών, σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο, έχοντας ως στόχο την ανίχνευση των μεταξύ τους διεπιφανειών σύγκλισης και απόκλισης, ενώ, τέλος, παρέχεται μια πρώτη δέσμη προτάσεων, η οποία δύναται να αξιοποιηθεί ως γέφυρα ευθυγράμμισης μεταξύ ευρωπαϊκής και εθνικής νομοθεσίας.

Κρίσιμο ρόλο στην αποτελεσματικότητα των πολιτικών, αλλά και των δράσεων επαναχρησιμοποίησης έχει τόσο η ΕΕ όσο και τα ίδια τα κράτη-μέλη. Τα κράτη-μέλη καλούνται να εντάξουν στο εσωτερικό τους θεσμικό πλαίσιο

τόσο τους Κανονισμούς της ΕΕ, οι οποίοι εντάσσονται αυτόματα στις νομοθεσίες των κρατών-μελών, όσο και τις Οδηγίες της ΕΕ, τις οποίες τα κράτη οφείλουν να εντάξουν μέσα σε κάποιο χρονικό διάστημα που τους δίνεται. Τα κείμενα που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση υδάτων αποτελούν κομμάτι της κοινοτικής και εθνικής νομοθεσίας από το 1980.

Σε εθνικό επίπεδο, το θεσμικό πλαίσιο που καλύπτει την επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού περιλαμβάνει κυρίως την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 5673/400/1997 (Β´ 192) με τίτλο «Μέτρα και Όροι για την επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων», (Ελληνική Δημοκρατία, 1997), η οποία αποτελεί εναρμόνιση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, την Κοινή Υπουργική Απόφαση 145116/2011: «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις» (Ελληνική Δημοκρατία, 2011) και την Κοινή Υπουργική Απόφαση οικ. 191002/2013 - ΦΕΚ 2220/9-9-2013, Τροποποίηση της υπ' αριθμ. 145116/2011 Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Β´ 354) και συναφείς διατάξεις».

2.3.1. Ευρωπαϊκό θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο αναφορικά με τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Στην ΕΕ θεσπίζονται κανόνες, οι οποίοι ρυθμίζουν τη συλλογή, την επεξεργασία και την απόρριψη των λυμάτων. Συγκεκριμένα, σε ευρωπαϊκό επίπεδο υφίστανται οι ακόλουθες Οδηγίες:

Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1991)

Στοχεύει στην προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος της ΕΕ από τον αντίκτυπο των αστικών αποβλήτων (όπως ευτροφισμός). Η εν λόγω νομοθετική πράξη καλύπτει και τα βιομηχανικά απόβλητα, όπως για παράδειγμα από βιομηχανίες γεωργικών τροφίμων (ζυθοποιία).

Τα κράτη-μέλη θα πρέπει να δώσουν τη μεγαλύτερη βαρύτητα στη συλλογή και την επεξεργασία λυμάτων σε αστικά κέντρα με πληθυσμό τουλάχιστον 2.000 ατόμων, καθώς επίσης και στη δευτεροβάθμια επεξεργασία των συλλεχθέντων λυμάτων. Επιπλέον, θα πρέπει να δοθεί έμφαση στην προηγμένη επεξεργασία σε αστικά κέντρα με πληθυσμό άνω των 10.000 ατόμων σε καθορισμένες ευαίσθητες περιοχές, όπως, επίσης, και στη διασφάλιση της ορθής συντήρησης των σταθμών επεξεργασίας. Επιπρόσθετα, πρέπει να εξασφαλιστεί η επάρκεια των αποδόσεων και της λειτουργίας των σταθμών επεξεργασίας υπό όλες τις συνθήκες τοπικές κλιματικές συνθήκες. Σημαντικό παράμετρο αποτελεί η λήψη μέτρων για να περιοριστεί η ρύπανση των υδάτων υποδοχής από υπερχειλίσσεις όμβριων υδάτων σε

ακραίες καταστάσεις, όπως, επίσης, και η παρακολούθηση των επιδόσεων των σταθμών επεξεργασίας και των υδάτων υποδοχής. Τα κράτη-μέλη θα πρέπει να φροντίσουν να τηρούν τις γενικές απαιτήσεις για τα δίκτυα αποχέτευσης, για τις απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, καθώς και για τα βιομηχανικά απόβλητα, τα οποία απορρίπτονται σε αποχετευτικά δίκτυα αστικών λυμάτων. Τέλος, θα πρέπει να δοθεί έμφαση στην εφαρμογή και τήρηση των κριτηρίων για τον κατάλογο των ευαίσθητων και λιγότερο ευαίσθητων περιοχών.

Σύμφωνα με το άρθρο 4 της Οδηγίας, τα κράτη-μέλη οφείλουν να μεριμνούν ώστε πριν από την απόρριψη των αστικών λυμάτων στα αποχετευτικά δίκτυα να υποβάλλονται (τα αστικά λύματα) σε δευτεροβάθμια ή σε ισοδύναμη επεξεργασία. Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με το χρονοδιάγραμμα εφαρμογής, στο άρθρο 4 αναφέρονται τα εξής:

- Το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2000 για όλες τις απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με ισοδύναμους κατοίκους άνω των 15.000.
- Το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005 για όλες τις απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με ισοδύναμους κατοίκους μεταξύ 10.000 και 15.000.
- Το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005 για τα λύματα που αποβάλλονται σε γλυκά ύδατα και σε εκβολές ποταμών, από οικισμούς με ισοδύναμους κατοίκους μεταξύ 2.000 και 10.000.

Οδηγία 98/15/ΕΚ της Επιτροπής της 27ης Φεβρουαρίου 1998, η οποία αποτελεί τροποποίηση της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1998)

Η Οδηγία αυτή αποτελεί τροποποίηση της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ και αφορά απαιτήσεις για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές, στις οποίες παρουσιάζεται ευτροφισμός. Σύμφωνα, λοιπόν, με την Οδηγία αυτήν, αναλόγως των τοπικών συνθηκών, εφαρμόζονται οι παρακάτω παράμετροι: Πρώτη παράμετρος αποτελεί ο ολικός φώσφορος με συγκέντρωση 2 mg/L P (10.000-100.000 ισοδύναμοι κάτοικοι), 1 mg/L P (άνω των 100.000 ισοδύναμων κατοίκων), ελάχιστη εκατοστιαία μείωση 80 και μέθοδο μέτρησης αναφοράς «φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης». Δεύτερη παράμετρο αποτελεί το ολικό άζωτο με συγκέντρωση 15 mg/L P (10.000-100.000 ισοδύναμοι κάτοικοι), 10 mg/L P (άνω των 100.000 ισοδύναμων κατοίκων), ελάχιστη εκατοστιαία μείωση 70-80 και μέθοδο μέτρησης αναφοράς «φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης».

Κανονισμός (ΕΕ) 2020/741 – Σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων, ο οποίος εφαρμόζεται από τις 26 Ιουνίου 2023 (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2020)

Σύμφωνα με το άρθρο 1, ο συγκεκριμένος Κανονισμός ορίζει «τις ελάχιστες απαιτήσεις για την ποιότητα και παρακολούθηση των υδάτων και διατάξεις για τη διαχείριση κινδύνου, για την ασφαλή χρήση ανακτημένου νερού, στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδάτων. Επιπλέον, στόχος του είναι να εγγυηθεί ότι το ανακτημένο νερό είναι ασφαλές για γεωργική άρδευση, διασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτόν υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος και της υγείας του ανθρώπου και των ζώων, προάγοντας την κυκλική οικονομία».

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο εν λόγω Κανονισμός, σύμφωνα με το άρθρο 2, εφαρμόζεται όταν τα επεξεργασμένα αστικά λύματα επαναχρησιμοποιούνται, σύμφωνα με το άρθρο 12 παράγραφος 1 της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ, για γεωργική άρδευση.

Στο πλαίσιο του συγκεκριμένου Κανονισμού, στο άρθρο 5 γίνεται αναφορά στην υποχρέωση της αρμόδιας Αρχής να διασφαλίζει τη θέσπιση σχεδίου διαχείρισης κινδύνου για την επαναχρησιμοποίηση υδάτων, η οποία αφορά στην παραγωγή, στην παροχή και τη χρησιμοποίηση του ανακτημένου νερού.

Συγκεκριμένα, το σχέδιο διαχείρισης κινδύνων στηρίζεται στην αρχή της πρόληψης και θεσπίζεται με βάση το σύστημα επαναχρησιμοποίησης των υδάτων καθολικά, από την είσοδο των λυμάτων έως το σημείο χρήσης. Επίσης, είναι κρίσιμο για το σχέδιο διαχείρισης κινδύνων να εντοπιστούν πιθανές πηγές κινδύνου ή συμβάντων, όπως τυχαίων διαρροών. Επιπλέον, απαιτείται ο προσδιορισμός των περιοχών και των πληθυσμών που διατρέχουν κίνδυνο στις πιθανές επικίνδυνες πηγές που έχουν εντοπιστεί, λαμβάνοντας υπ' όψιν την αρχή της προφύλαξης, καθώς και τη σχετική ενωσιακή και εθνική νομοθεσία, τα έγγραφα καθοδήγησης και τις ελάχιστες απαιτήσεις σε σχέση με την ασφάλεια των τροφών, του περιβάλλοντος και των ανθρώπων. Η αξιολόγηση κινδύνου θα μπορούσε να βασιστεί στη διερεύνηση των διαθέσιμων επιστημονικών μελετών και δεδομένων.

Σύμφωνα με το άρθρο 6, απαιτείται άδεια τόσο για την παραγωγή όσο και για την παροχή ανακτημένου νερού, το οποίο προορίζεται για γεωργική άρδευση. Μάλιστα, η αρμόδια Αρχή, σύμφωνα με το άρθρο 7, επαληθεύει το κατά πόσον υπάρχει συμμόρφωση με τους όρους που καθορίζονται στην άδεια και σε περίπτωση που δεν τηρούνται οι όροι λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα.

Στον σχετικό Κανονισμό ρυθμίζεται και η συνεργασία ανάμεσα στα κράτη-μέλη όταν υπάρχει διασυνοριακό ενδιαφέρον για την επαναχρησιμοποίηση υδάτων.

Παράλληλα, καίριο σημείο αποτελεί και το άρθρο 9, το οποίο αφορά την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των κρατών-μελών. Η ευαισθητοποίηση των κρατών-μελών αποτελεί πολύ σημαντικό κομμάτι, το οποίο πραγματοποιείται μέσω εκστρατειών που περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την προώθηση των πλεονεκτημάτων που συνεπάγεται η ασφαλής επαναχρησιμοποίηση των υδάτων. Επιπλέον, ορίζεται ότι τα κράτη-μέλη διασφαλίζουν ότι παρέχονται στο κοινό επαρκείς και ενημερωμένες πληροφορίες αναφορικά με την επαναχρησιμοποίηση του νερού.

Η επαναχρησιμοποίηση των υδάτων για γεωργική άρδευση γίνεται με τη συνδρομή του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (άρθρο 11). Συγκεκριμένα, τα κράτη-μέλη καταρτίζουν και δημοσιεύουν έως τις 26 Ιουνίου 2026, και επικαιροποιούν κάθε έξι έτη, τα αποτελέσματα του ελέγχου συμμόρφωσης. Επιπρόσθετα, συγκεντρώνουν ετησίως ένα σύνολο δεδομένων με πληροφορίες σχετικά με περιπτώσεις μη συμμόρφωσης με τους όρους που ορίζονται στην άδεια και με πληροφορίες σχετικά με τα μέτρα τα οποία λαμβάνονται. Τέλος, τα κράτη-μέλη διασφαλίζουν ότι η Επιτροπή, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος και το Ευρωπαϊκό Κέντρο Πρόληψης και Ελέγχου Νόσων έχουν πρόσβαση στα δεδομένα αυτά.

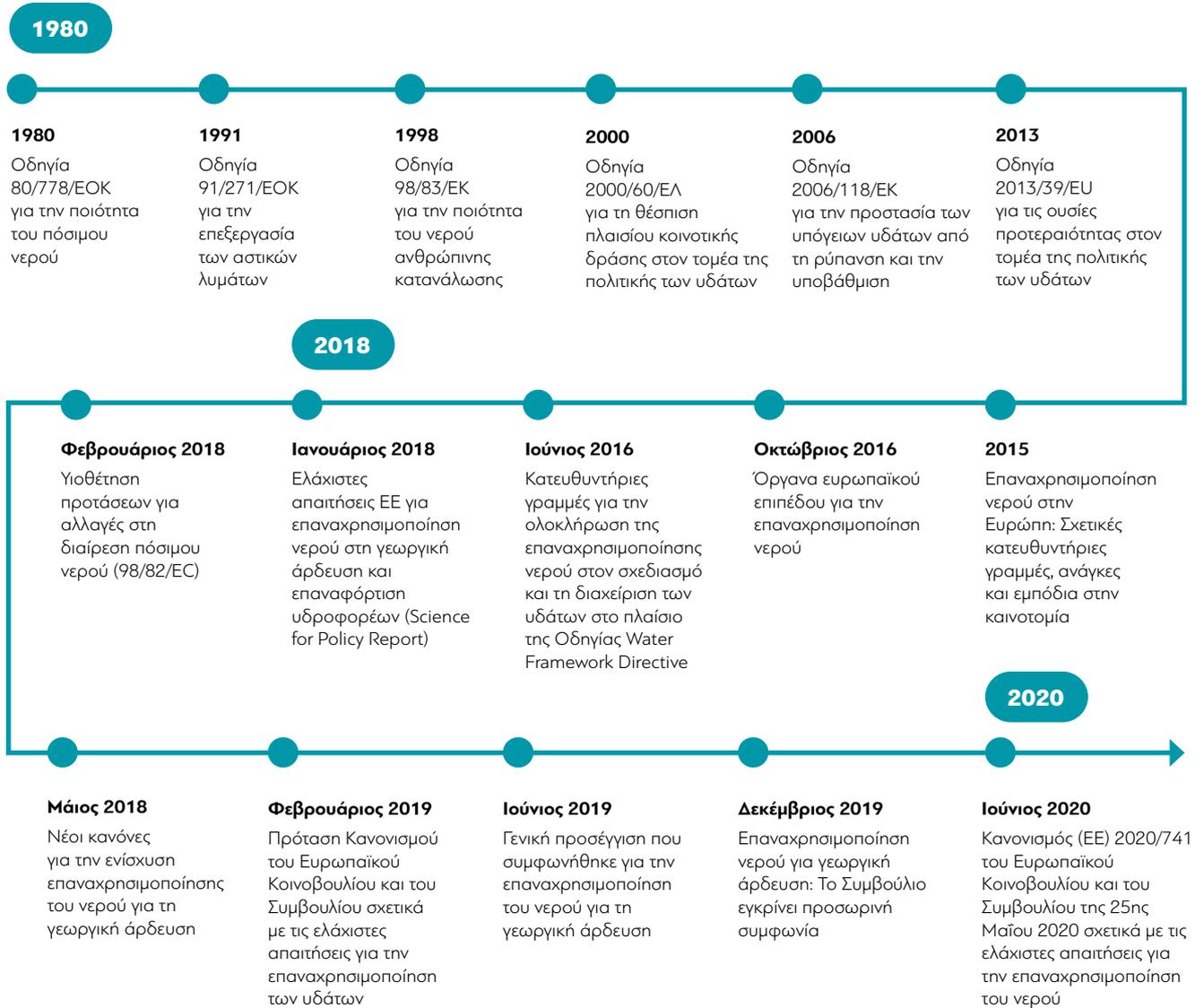
Τέλος, στον εν λόγω Κανονισμό περιλαμβάνονται και κυρώσεις. Σύμφωνα με το άρθρο 15, τα κράτη-μέλη καθορίζουν τις κυρώσεις που εφαρμόζονται σε περίπτωση παραβιάσεων του παρόντος Κανονισμού και λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλισθεί ότι οι Κανονισμοί τηρούνται. Οι προβλεπόμενες κυρώσεις πρέπει να στηρίζονται στην αρχή της αναλογικότητας, να είναι αποτελεσματικές και αποτρεπτικές.

2.3.2. Χρονοδιάγραμμα ρυθμιστικών πρωτοβουλιών σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση υδάτων σε επίπεδο ΕΕ

Η ΕΕ έχει αναπτύξει ένα χαρτοφυλάκιο Οδηγιών που έχουν αναπτυχθεί για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας, και τη ρύθμιση του κύκλου του νερού (Toze, 2006).

Μια συνοπτική αποτύπωση που χρονολογεί τις δράσεις και τις κατευθυντήριες γραμμές που δόθηκαν από την ΕΕ σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση υδάτων από το 1980 έως και το 2020 παρουσιάζεται στο χρονοδιάγραμμα που ακολουθεί (**Σχήμα 2**).

Σχήμα 2. Χρονοδιάγραμμα των Οδηγιών της ΕΕ σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση υδάτων (1980-2020)



Πηγή: Water Reuse Europe (n.d.). *Policy and Regulations*.

Για την καλύτερη κατανόηση του πλαισίου της επαναχρησιμοποίησης νερού προερχόμενο από τα υγρά απόβλητα, παρουσιάζονται περιληπτικά ως ακολούθως τα σχετικά ευρωπαϊκά ρυθμιστικά κείμενα με αντίστροφη χρονολογική σειρά (Toze, 2006):

- **Κανονισμός (ΕΕ) 2020/741** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Μαΐου 2020: Ο πρώτος ευρωπαϊκός Κανονισμός για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων, που ορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση του νερού.

- **Οδηγία για τις ουσίες προτεραιότητας** στον τομέα της πολιτικής των υδάτων (2013/39/EU): Τροποποίηση της Οδηγίας για τα ύδατα. Ορίζει μια λίστα 45 ουσιών προτεραιότητας για τα επιφανειακά ύδατα, που πρέπει να παραμένουν κάτω από τα καθορισμένα ανώτατα όρια που θεωρούνται ασφαλή για τα υδάτινα όντα και τον άνθρωπο.
- **Οδηγία 2006/118/ΕΚ** για την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση: Ορίζει πρότυπα για την ποιότητα των υπόγειων υδάτων και εισάγει μέτρα για την πρόληψη ή τον περιορισμό των εισροών ρύπων στα υπόγεια ύδατα.
- **Οδηγία 2000/60/ΕΚ** για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων: Ορίζει κανόνες για να περιοριστεί η υποβάθμιση των υδάτινων σωμάτων της ΕΕ και να επιτευχθεί καλή κατάσταση για τους ποταμούς, τις λίμνες και τα υπόγεια ύδατα της Ευρώπης έως το 2015.
- **Οδηγία 98/83/ΕΚ** για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης: Προσθέτει απαιτήσεις στην Οδηγία σχετικά με τα υλικά και τις ουσίες που χρησιμοποιούνται στη διανομή πόσιμου νερού.
- **Οδηγία 91/271/ΕΟΚ** για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων: Στοχεύει στην προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις των απορρίψεων αστικών λυμάτων, επιβάλλοντας τη συλλογή και την επεξεργασία λυμάτων από όλες τις αστικές περιοχές εάν έχουν περισσότερους από 2.000 ισοδύναμους κατοίκους.
- **Οδηγία 80/778/ΕΟΚ για την ποιότητα του πόσιμου νερού**: Ορίζει την ποιότητα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση.

2.3.3. Εθνικό θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο αναφορικά με τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Σε εθνικό επίπεδο για τον τομέα της επαναχρησιμοποίησης υδάτων υφίστανται τα ακόλουθα θεσμικά κείμενα:

Κοινή Υπουργική Απόφαση-ΚΥΑ 5673/400/1997 (Β' 192) με τίτλο «Μέτρα και Όροι για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων» (Ελληνική Δημοκρατία, 1997), η οποία αποτελεί εναρμόνιση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ

Η συγκεκριμένη ΚΥΑ εφαρμόζεται στη συλλογή, στην επεξεργασία και τη διάθεση αστικών λυμάτων, καθώς και στην επεξεργασία και τη διάθεση λυμάτων που παρέχονται από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς, οι οποίοι είναι η επεξεργασία του γάλακτος, η παραγωγή οπωροκηπευτικών προϊόντων, η παραγωγή και εμφιάλωση μη αλκοολούχων ποτών, η μεταποίηση γεωμήλων, η βιομηχανία κρέατος, η ζυθοποιία, η παραγωγή αλκοόλης και αλκοολούχων ποτών, η παραγωγή ζωοτροφών από φυτικά προϊόντα, η παραγωγή ζελατίνης και κόλλας από δέρματα και οστά ζώων, οι μονάδες παραγωγής βύνης και η μεταποιητική βιομηχανία ιχθύων.

Επιπλέον, η παρούσα ΚΥΑ ρυθμίζει και τη δημιουργία δικτύων αποχέτευσης στο άρθρο 4. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ρυθμίζει και προσδιορίζει και τις ευαίσθητες ζώνες. Ειδικότερα, σύμφωνα με το άρθρο 5, καταρτίζεται κατάλογος στον οποίο ορίζονται οι περιοχές αυτές και ο οποίος εγκρίνεται με κοινή απόφαση των συναρμόδιων υπουργών. Ο λόγος για τον οποίο προβαίνει στον χαρακτηρισμό κάποιων περιοχών ως ευαίσθητων ζωνών είναι έτσι ώστε τα αστικά λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα πριν απορριφθούν στις περιοχές αυτές και εφόσον προέρχονται από οικισμούς με ισοδύναμους κατοίκους άνω των 10.000 να υποβάλλονται μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 1998 σε επεξεργασία αυστηρότερη από αυτήν που περιγράφεται στο άρθρο 7 (Κεφ. Α΄) της παρούσας απόφασης. Το εν λόγω άρθρο αναφέρει και εξαιρέσεις στη ρύθμιση αυτήν.

Επίσης, πέραν των ευαίσθητων περιοχών, προσδιορίζονται στο άρθρο 6 και οι «λιγότερο ευαίσθητες περιοχές». Οι λιγότερο ευαίσθητες περιοχές διαφέρουν από τις ευαίσθητες στο κομμάτι της επεξεργασίας, αφού οι πρώτες υποβάλλονται σε λιγότερο αυστηρή επεξεργασία συγκριτικά με τις ευαίσθητες (πάντα σύμφωνα με τους όρους του σχετικού άρθρου).

Εν συνεχεία, η ΚΥΑ ρυθμίζει στο άρθρο 7 τις προϋποθέσεις διάθεσης των αστικών λυμάτων από σταθμούς επεξεργασίας, τις οποίες κατατάσσει σε δύο κατηγορίες. Πρώτη κατηγορία είναι η δευτεροβάθμια ή ισοδύναμη επεξεργασία και οι παρεκκλίσεις από αυτήν και στη δεύτερη περιλαμβάνεται η κατάλληλη επεξεργασία.

Στο επόμενο άρθρο ρυθμίζονται τα μέτρα και προϋποθέσεις για τη διοχέτευση βιομηχανικών λυμάτων σε αποχετευτικά δίκτυα και σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Αναφέρεται ότι προτού προβεί κάποιος στη διοχέτευση βιομηχανικών λυμάτων σε αποχετευτικά δίκτυα και σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων πρέπει τα λύματα να υποβληθούν σε προκαταρκτική επεξεργασία, έτσι ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις των σχετικών άρθρων της παρούσας απόφασης. Επιπλέον, θα πρέπει να καταβληθεί το ανάλογο παράβολο.

Η απευθείας διάθεση βιομηχανικών λυμάτων ρυθμίζεται από το άρθρο 9. Ειδικότερα, αναγράφεται ότι μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2000 κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο, προκειμένου να προβεί σε απευθείας διάθεση σε υδάτινο αποδέκτη των βιοαποικοδομήσιμων βιομηχανικών λυμάτων, απαιτείται να ακολουθήσει τα βήματα που ορίζει το σχετικό άρθρο.

Πιο κάτω, στο άρθρο 10, ρυθμίζονται τα μέτρα και οι όροι για τη διάθεση λυμάτων και ιλύος. Συγκεκριμένα, τα επεξεργασμένα λύματα και η ιλύς που παράγεται κατά την επεξεργασία των λυμάτων υποβάλλονται, όταν κρίνεται σκόπιμο, κατά προτεραιότητα σε επαναχρησιμοποίηση. Ο τρόπος διάθεσης των λυμάτων και της ιλύος αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των

αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Αυτό γίνεται με τη λήψη ειδικότερων μέτρων, ανά περίπτωση, τα οποία αναφέρονται στο ίδιο άρθρο.

Επίσης, ρυθμίζονται οι έλεγχοι τήρησης των περιβαλλοντικών όρων, όπως επίσης και η κατάρτιση εκθέσεων, για τις οποίες αρμόδιος ορίζεται ο κάθε νομάρχης.

Τέλος, η ΚΥΑ ρυθμίζει και τις κυρώσεις για όποιον γίνεται αίτιος παράβασης των διατάξεών της, τις μεταβατικές ρυθμίσεις και τα παραρτήματα, τα οποία αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της.

Κοινή Υπουργική Απόφαση 145116/2011: «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις» (Ελληνική Δημοκρατία, 2011)

Η εν λόγω ΚΥΑ εφαρμόζεται, σύμφωνα με το άρθρο 3, τόσο στην προγραμματισμένη επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [η οποία επιτρέπεται για γεωργική χρήση (άρδευση), για την τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων, για αστική και περιαστική χρήση, για βιομηχανική χρήση και για τα υδατικά συστήματα] όσο και στην επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων βιομηχανικών υγρών αποβλήτων που προέρχονται από άλλες βιομηχανικές δραστηριότητες, τα οποία είναι μη επικίνδυνα απόβλητα ή έχουν καταστεί μη επικίνδυνα μετά από επεξεργασία.

Σκοπός της παρούσας ΚΥΑ είναι, σύμφωνα με το άρθρο 1, η προώθηση της αξιοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και η μέσω αυτής εξοικονόμηση υδατικών πόρων, η οποία θα συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων από: α) την προϊούσα λειψυδρία και ξηρασία στην περιοχή της Μεσογείου, καθώς και την αναμενόμενη επιδείνωση του προβλήματος λόγω της κλιματικής αλλαγής, β) την έντονη ταπείνωση ή/και υφαλμύριση των υπόγειων υδροφορέων ορισμένων περιοχών της χώρας από την υπεράντληση, την προϊούσα λειψυδρία και την είσοδο του θαλάσσιου μετώπου σε παραλιακές περιοχές. Επίσης, σκοπός της ΚΥΑ είναι και η βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου μέσω της τροφοδότησης των υπόγειων υδροφορέων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι η διασφάλιση της δημόσιας υγείας.

Στα άρθρα 4 μέχρι και 8 αναγράφονται αναλυτικά οι όροι για την επαναχρησιμοποίηση για άρδευση, τροφοδότηση ή εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων, αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση, επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση και επαναχρησιμοποίηση στα υδατικά συστήματα του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007.

Αναλυτικότερα, σύμφωνα με το άρθρο 4, όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση υπάρχουν δύο τύποι. Ο πρώτος τύπος αφορά την άρδευση με περιορισμούς (περιορισμένη), η οποία εφαρμόζεται μόνο σε καλλιέργειες που τα προϊόντα τους καταναλώνονται έπειτα από θερμική ή άλλη επεξεργασία ή δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος, όπως καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δέντρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων. Ο δεύτερος τύπος αφορά την άρδευση χωρίς περιορισμούς (απεριόριστη), η οποία, μεταξύ άλλων, εφαρμόζεται σε όλα τα άλλα είδη καλλιεργειών, όπως λαχανικά, αμπέλια, καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, ανθοκομικά. Κατά την απεριόριστη άρδευση επιτρέπονται διάφορες μέθοδοι χρήσης του ανακτημένου νερού, συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού, και δεν απαιτούνται περιορισμοί στην πρόσβαση.

Σχετικά με την τροφοδότηση ή τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, αυτή επιτρέπεται, με την επιφύλαξη του άρθρου 8. Πολύ σημαντική ρύθμιση, στο ίδιο άρθρο, αποτελούν οι απαιτήσεις με σκοπό την αποφυγή συσσώρευσης οργανικών ρύπων στα υπόγεια ύδατα, που ενδέχεται να παραβιάσουν μελλοντικές χρήσεις των υπόγειων υδάτων του υδροφορέα.

Στο άρθρο 6 καταγράφεται η αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση, όπου η επαναχρησιμοποίηση για τους σκοπούς αυτούς αφορά κυρίως το αστικό και περιαστικό πράσινο, τις δασικές εκτάσεις, την αναψυχή κ.ά. Απαιτείται μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής της δραστηριότητας που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη χρήση. Στη μελέτη αυτήν, πέραν των ελάχιστων απαιτήσεων που αναφέρονται στην παράγραφο 4 του ίδιου άρθρου, θα εξειδικεύονται τα τυχόν πρόσθετα μέτρα που απαιτούνται ανάλογα με τη χρήση και την έκταση εφαρμογής της.

Εν συνεχεία, ρυθμίζεται η επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση, η οποία περιλαμβάνει, σύμφωνα με το άρθρο 7, τη χρήση νερών ψύξης, την αναπλήρωση νερών λεβήτων και την αξιοποίηση για διάφορες βιομηχανικές εργασίες. Αποκλείεται η εφαρμογή της ως άνω επαναχρησιμοποίησης στις βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Και στην περίπτωση αυτήν απαιτείται μελέτη εφαρμογής με την οποία τεκμηριώνεται η συγκεκριμένη χρήση.

Επιπρόσθετα, το άρθρο 8 μελετά την επαναχρησιμοποίηση στα υδατικά συστήματα του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007. Ειδικότερα, η άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, καθώς και η διοχέτευσή τους με υπεδάφια διάθεση μέσω διήθησης διά μέσου εδαφικού στρώματος προς

υπόγειο υδατικό σύστημα που υπάγεται στις ρυθμίσεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007 επιτρέπονται υπό προϋποθέσεις. Μεταξύ των προϋποθέσεων είναι η προχωρημένη επεξεργασία με μέθοδο μεμβρανών για τα επεξεργασμένα αστικά λύματα οικισμών ή υγρών βιομηχανικών αποβλήτων.

Η άδεια για την επαναχρησιμοποίηση είναι αναγκαία, καθώς απαιτείται από το άρθρο 9, το οποίο ρυθμίζει και τις λεπτομέρειες σχετικά με την έκδοσή της.

Η παρούσα ΚΥΑ ρυθμίζει, επίσης, το περιεχόμενο της άδειας επαναχρησιμοποίησης, τις υποχρεώσεις των φορέων ανακτημένου νερού, τους ελέγχους και τις κυρώσεις.

Κοινή Υπουργική Απόφαση οικ. 191002/2013 - ΦΕΚ 2220/9-9-2013, Τροποποίηση της υπ' αριθμ. 145116/2011 Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Β' 354) και συναφείς διατάξεις» (Ελληνική Δημοκρατία, 2013)

Με τη σχετική ΚΥΑ, τροποποιούνται τα άρθρα 3 παράγραφος 1β, το άρθρο 4 παράγραφος 6, το άρθρο 9 παράγραφος 5, το άρθρο 7 παράγραφος 1 και 5, το άρθρο 8 παράγραφος 3, το άρθρο 9, το άρθρο 10 παράγραφος 3 και 4, το άρθρο 15 και προστίθεται σημείωση στο παράρτημα IV της υπ' αριθμ. 145116/2011 Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Β' 354) και συναφείς διατάξεις».

Στο άρθρο 3 παράγραφος 1β αναφέρεται πλέον ότι η επαναχρησιμοποίηση επιτρέπεται μόνο μέσω διήθησης και όχι μέσω γεώτρησης. Επιπλέον, προστέθηκε ότι σε «ειδικές περιπτώσεις υπόγειων υδατικών συστημάτων που εντάσσονται στο μητρώο προστατευόμενων περιοχών του άρθρου 6 του ΠΔ 51/2007 επιτρέπεται κατ' εξαίρεση η επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση και περιορισμένη άρδευση, χωρίς κατεισδύσεις στον υπόγειο υδροφορέα μόνο σε συγκεκριμένες θέσεις, εφόσον πριν από τη διαδικασία που προβλέπεται στο άρθρο 8 της παρούσας υποβληθεί και εγκριθεί από την αρμόδια Υπηρεσία υδρογεωλογική μελέτη, όπου τεκμηριωμένα θα αποδεικνύεται ότι δεν επηρεάζονται οι υδροφόροι ορίζοντες που εμπίπτουν στο άρθρο 7 του ΠΔ 51/2007, όπως ορίζεται στο εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων του αντίστοιχου Υδατικού Διαμερίσματος».

Το άρθρο 4 παράγραφος 6 αντικαθίσταται και αφορά πλέον τη γνωμοδότηση από τους αρμοδίους για το περιεχόμενο της μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του συστήματος άρδευσης.

Εν συνεχεία, το άρθρο 5 παράγραφος 9 αφορά πλέον τη γνωμοδότηση από τους αρμοδίους για το περιεχόμενο της μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του εμπλουτισμού.

Όσον αφορά το άρθρο 7 παράγραφος 1, προστίθεται το ακόλουθο εδάφιο: «*Η περίπτωση της εσωτερικής ανάκτησης των υγρών αποβλήτων στην ίδια εγκατάσταση και η ανακύκλωσή τους στην παραγωγική διαδικασία δεν αποτελούν επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση, αλλά ανακύκλωση βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, εφόσον αυτά δεν εξέρχονται από αυτήν για άλλες χρήσεις, ούτε διατίθενται στο έδαφος καθ' οιονδήποτε τρόπο. Η ανακύκλωση βιομηχανικών υγρών αποβλήτων στην παραγωγική διαδικασία δεν εφαρμόζεται στις βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, εξαιρουμένων χρήσεων εκτός της κύριας παραγωγικής διαδικασίας, όπως π.χ. νερά ψύξης κλπ., και εφόσον σε κάθε περίπτωση εξασφαλίζεται η μη επαφή τους με το προϊόν».*

Ακολούθως, συμπληρώνεται η παράγραφος 3 του ίδιου άρθρου, η οποία αφορά την κατ' εξαίρεση επαναχρησιμοποίηση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων που δεν υπάγονται στις διατάξεις της υπ' αριθμ. 5673/400/1997 Κοινής Υπουργικής Απόφασης, υπό προϋποθέσεις.

Το άρθρο 9 αντικαθίσταται και προστίθενται, μεταξύ άλλων, η προβλεπόμενη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) και οι εγκεκριμένοι περιβαλλοντικοί όροι [Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ)].

Η αλλαγή στο άρθρο 10 παράγραφος 1 αφορά την αίτηση που απαιτείται για την έκδοση άδειας και η αλλαγή στην παράγραφο 3 του ίδιου άρθρου τον έλεγχο, προκειμένου να διαπιστωθεί ότι η οργάνωση, η κατασκευή και η λειτουργία της εγκατάστασης συμφωνούν με την υποβληθείσα σχετική μελέτη. Την άδεια αφορά και η παράγραφος 4 του ίδιου άρθρου.

Επιπρόσθετα, το άρθρο 15 αντικαθίσταται ως εξής: «*Μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2014 οφείλουν να συμμορφωθούν με τις απαιτήσεις, τους όρους και τους περιορισμούς της παρούσας απόφασης: α) οι χρήστες ή φορείς διαχείρισης οι οποίοι κατά την έναρξη ισχύος της απόφασης επαναχρησιμοποιούν επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, με ανανέωση ή τροποποίηση της υφιστάμενης σχετικής άδειας, β) οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες (επεξεργασίας) παροχής και επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην περίπτωση των έργων/δραστηριοτήτων Α' κατηγορίας με αναθεώρηση/τροποποίηση της ΑΕΠΟ και στην περίπτωση των έργων/δραστηριοτήτων Β' κατηγορίας με ενδεχόμενη επανεξέταση των Πρότυπων Περιβαλλοντικών Δεσμεύσεων (ΠΠΔ)».*

2.4. Εφαρμογές κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση υγρών αποβλήτων

Η κλιμακούμενη παγκόσμια πρόκληση της διαχείρισης των υδάτων καθιστά αναγκαία την επανεκτίμηση της επεξεργασίας των λυμάτων, ενισχύοντας την ανάγκη για ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των πόρων. Στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας, που προωθεί τη μέγιστη αξιοποίηση των πόρων και την ελαχιστοποίηση της σπατάλης, η επαναχρησιμοποίηση του νερού αναδεικνύεται ως κρίσιμο στοιχείο για τη βιωσιμότητα των κοινωνιών. Καθώς η ζήτηση για γλυκό νερό αυξάνεται και οι διαθέσιμοι πόροι περιορίζονται από την υπερεκμετάλλευση, τη ρύπανση και την κλιματική αλλαγή, η στρατηγική διαχείριση των υγρών αποβλήτων προσφέρει λύσεις για την αποτελεσματική χρήση του νερού.

Το Παγκόσμιο Πρόγραμμα Αξιολόγησης Νερού (WWAP) των Ηνωμένων Εθνών, το 2017, υπενθύμισε τη μη βιώσιμη παραμέληση των ευκαιριών διαχείρισης των υγρών αποβλήτων, τονίζοντας ότι το νερό, αφού χρησιμοποιηθεί, απαιτεί ολοκληρωμένη επεξεργασία και επανένταξη στον κύκλο, είτε μέσω της επιστροφής στο περιβάλλον είτε μέσω διαφόρων μορφών επαναχρησιμοποίησης. Το γεγονός ότι περίπου το 48% των υγρών αποβλήτων επιστρέφει στο περιβάλλον χωρίς επεξεργασία δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, τα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα.

Τα δυννητικά οφέλη από την προώθηση της επεξεργασίας και της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων καλύπτουν πολλαπλές διαστάσεις κοινωνικού ενδιαφέροντος. Από την ενίσχυση της ασφάλειας του νερού με την αντιμετώπιση του διαφαινόμενου χάσματος προσφοράς-ζήτησης που προβλέπεται να φτάσει το 40% μέχρι το 2030, έως την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας με το ανεκμετάλλευτο ενεργειακό δυναμικό των υγρών αποβλήτων που επαρκεί για την ηλεκτροδότηση εκατομμυρίων νοικοκυριών. Η ανάκτηση θρεπτικών συστατικών από τα υγρά απόβλητα αποτελεί μια ευκαιρία να μειωθεί σημαντικά η εξάρτηση από τα συμβατικά λιπάσματα, συμβάλλοντας έτσι στην επισιτιστική ασφάλεια με την αντιστάθμιση μέρους της παγκόσμιας ζήτησης θρεπτικών συστατικών για τη γεωργία.

Επιπλέον, η προστασία του περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας μπορεί να επωφεληθεί σε τεράστιο βαθμό από τη βελτιωμένη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Η μείωση των ρύπων και των υπερβολικών θρεπτικών ουσιών

που εισέρχονται στα υδάτινα οικοσυστήματα μπορεί να μετριάσει τις πιέσεις που οδηγούν στην απώλεια της βιοποικιλότητας, στόχος που υπογραμμίζεται από τις παγκόσμιες δεσμεύσεις που ελήφθησαν στο πλαίσιο του Παγκόσμιου Πλαισίου Βιοποικιλότητας του Κουνμίνγκ-Μόντρεαλ. Εξίσου σημαντικός είναι ο ρόλος της διαχείρισης των λυμάτων στην αντιμετώπιση της ισότητας των φύλων και των προβλημάτων υγείας. Οι ευάλωτοι πληθυσμοί, ιδίως οι γυναίκες και τα παιδιά, αντιμετωπίζουν αυξημένους κινδύνους από την ανεπαρκή επεξεργασία των λυμάτων, γεγονός που καθιστά αναγκαίες πολιτικές και πρακτικές με ευαισθησία ως προς το φύλο, οι οποίες εξασφαλίζουν ασφαλή και ισότιμη πρόσβαση στους υδατικούς πόρους.

Τέλος, εν όψει της κλιματικής αλλαγής, η στρατηγική διαχείριση των λυμάτων αναδεικνύεται σε κρίσιμο μέτρο προσαρμογής, επιτρέποντας στις κοινότητες να μετριάσουν την ανασφάλεια όσον αφορά το νερό, συμβάλλοντας παράλληλα στις ευρύτερες προσπάθειες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής. Η ενσωμάτωση βελτιωμένων πρακτικών επεξεργασίας λυμάτων και ανάκτησης πόρων προσφέρει μια πολύπλευρη λύση σε πιεστικές παγκόσμιες προκλήσεις, θέτοντας τα θεμέλια για στρατηγικές βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων που ευθυγραμμίζονται με τους στόχους της Ατζέντας 2030 για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

2.4.1. Δυνατότητες χρήσης ανακτημένου νερού

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού έχει ήδη εφαρμοστεί επιτυχώς σε αρκετά κράτη-μέλη της ΕΕ, ωστόσο παραμένει σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Αυτό ενδέχεται να οφείλεται στην απουσία ενός ενιαίου θεσμικού πλαισίου και ξεκάθαρων κατευθυντήριων γραμμών. Παρά την πρόοδο, το περιθώριο για περαιτέρω αξιοποίηση του επεξεργασμένου νερού είναι εξαιρετικά μεγάλο, καθώς εκτιμάται ότι θα μπορούσε να επαναχρησιμοποιηθεί σε όγκο 6 φορές μεγαλύτερο από τα τρέχοντα επίπεδα. Παράλληλα, περισσότερα από 40 δισεκατομμύρια m^3 λυμάτων υφίστανται επεξεργασία στην Ευρώπη κάθε χρόνο, αλλά μόνο 1 δισ. m^3 των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων, ήτοι το 2,5%, επαναχρησιμοποιείται ετησίως (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, κ.α). Ο όγκος επαναχρησιμοποίησης του νερού αντιπροσωπεύει λιγότερο από το 0,5% της άντλησης γλυκού νερού στην ΕΕ. Στην Ελλάδα, επεξεργάζονται και επαναχρησιμοποιούνται ετησίως 23 εκατομμύρια m^3 λυμάτων. Κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, οι μεγαλύτερες λεκάνες απορροής ποταμών της χώρας φτάνουν δείκτη εκμετάλλευσης νερού έως και 54,8%. Για δείκτη εκμετάλλευσης άνω του 20%, τα υδάτινα αποθέματα θεωρούνται υπό πίεση. Στις υπόλοιπες μεσογειακές χώρες, η επαναχρησιμοποίηση νερού κυμαίνεται ως εξής: η Ιταλία και η Ισπανία επαναχρησιμοποιούν το 12% του επεξεργασμένου νερού, η Μάλτα το 60%, ενώ η Κύπρος φτάνει το 90%, λόγω του πιο έντονου προβλήματος λειψυδρίας που αντιμετωπίζει σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη-μέλη (Interreg, 2023).

Η περιορισμένη επαναχρησιμοποίηση του νερού οφείλεται εν μέρει στην έλλειψη ενημέρωσης των ενδιαφερόμενων μερών και του ευρέως κοινού για τα οφέλη αυτής της πρακτικής. Επίσης, η απουσία ενός συνεκτικού και υποστηρικτικού θεσμικού πλαισίου αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην ευρύτερη εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης σε επίπεδο ΕΕ.

Αξιοσημείωτο είναι ότι απαιτούνται σημαντικές επενδύσεις για την αναβάθμιση των μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων, ενώ η έλλειψη οικονομικών κινήτρων για την εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης στη γεωργία επιβαρύνει τη διαδικασία. Παρ' όλα αυτά, με την προώθηση καινοτόμων προγραμμάτων και τη δημιουργία οικονομικών κινήτρων, είναι εφικτό να ανατραπεί η αντίληψη του κόστους και να ληφθούν υπ' όψιν τα κοινωνικο-οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη της επαναχρησιμοποίησης νερού.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και την επίτευξη των παραπάνω στόχων είναι η διασφάλιση της δημόσιας υγείας και της προστασίας του περιβάλλοντος, με τη θέσπιση κατάλληλων όρων και κριτηρίων. Στην ΚΥΑ 145116/2011, τα υγρά απόβλητα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Στα αστικά λύματα και ορισμένα βιομηχανικά υγρά απόβλητα (που περιλαμβάνονται στους βιομηχανικούς τομείς της ΚΥΑ 5673/400/97). Για αυτήν την κατηγορία υγρών αποβλήτων, οι τρόποι επαναχρησιμοποίησης που μπορούν να εφαρμοστούν είναι η γεωργική χρήση (άρδευση), η τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων, η αστική και περιαστική χρήση, η βιομηχανική χρήση και η επαναχρησιμοποίηση στα υδατικά συστήματα του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007 (προστατευόμενα για ανθρώπινη κατανάλωση).
- Στα βιομηχανικά υγρά απόβλητα (εκτός ΚΥΑ 5673/400/97), τα οποία μπορούν μετά την επεξεργασία τους να επαναχρησιμοποιηθούν για βιομηχανική χρήση, περιορισμένη άρδευση μέσω υπεδάφιου συστήματος άρδευσης και τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στο άρθρο 7 του ΠΔ 51/2007 μόνο μέσω διήθησης. Η ανακύκλωση βιομηχανικών αποβλήτων, η επαναχρησιμοποίηση για πόση, για κολύμβηση (πισίνες) και άλλες οικιακές χρήσεις δεν υπάγονται στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ.

Οι επιτρεπόμενες κατηγορίες που ορίζουν τα πρόσφατα θεσπισμένα κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, που εφαρμόζεται στις υφιστάμενες μονάδες ΕΕΛ, παρουσιάζονται στον **Πίνακα 2**.

Πίνακας 2. Επιτρεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων

Χρήση	Αστικά απόβλητα	Βιομηχανικά με συμβατικούς ρύπους	Άλλα βιομηχανικά απόβλητα
Άρδευση υπό περιορισμούς	✓	✓	✓
Άρδευση χωρίς περιορισμούς	✓	✓	
Βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση	✓	✓	✓
Εμπλουτισμός υδροφορέων	✓	✓	✓
Εμπλουτισμός προστατευόμενων υδροφορέων	✓	✓	
Αστικές χρήσεις	✓	✓	
Περιαστικό πράσινο/αναψυχή	✓	✓	

Πηγή: Επεξεργασία ερευνητικής ομάδας

Με την ΚΥΑ 145116/2011 θεσπίζονται τέσσερις βασικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων ώστε να εξοικονομηθούν υδατικοί πόροι και να αντιμετωπιστούν οι επιπτώσεις ξηρασίας, λειψυδρίας, καθώς και επιπτώσεις υποβάθμισης/υφαλμύρισης των υπόγειων υδροφορέων: η άρδευση, η βιομηχανική χρήση, η τροφοδότηση/εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων και η αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση. Με τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων περιορίζεται η υποβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις μεγάλες ποσότητες λυμάτων που διαφορετικά θα κατέληγαν σε αυτό, καθώς το φορτίο που καταλήγει στον αποδέκτη δεν είναι τόσο έντονα επιβαρημένο λόγω εφαρμογής της τριτοβάθμιας-προχωρημένης επεξεργασίας λυμάτων. Με αναδασώσεις και χρήση ανακτημένου νερού σε αστικές/περιαστικές περιοχές αυξάνεται το περαστικό πράσινο, επηρεάζεται θετικά το μικροκλίμα μιας περιοχής, βελτιώνεται η ποιότητα ζωής των κατοίκων, περιορίζεται η διάβρωση του εδάφους με οφέλη στην τοπική βιοποικιλότητα.

Η επαναχρησιμοποίηση νερού, ανεξαρτήτως χρήσης, διακρίνεται σε άμεση και έμμεση, ανάλογα με το αν έχει προηγηθεί αποθήκευση ή ανάμιξη του ανακτημένου νερού με άλλα νερά (Ελληνική Δημοκρατία, 2011):

- Άμεση επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, χωρίς να προηγηθεί αποθήκευση ή ανάμιξη με άλλα νερά.
- Έμμεση επαναχρησιμοποίηση, ήτοι αποθήκευση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε επιφανειακούς ή υπόγειους ταμιευτήρες πριν από την επαναχρησιμοποίησή τους. Οι αστικές και περιαστικές χρήσεις του ανακτημένου νερού αφορούν κυρίως την άρδευση χώρων αστικού και περιαστικού πρασίνου, δασικών εκτάσεων και χώρων αναψυκής (π.χ. δάση, άλση, νεκροταφεία, πρανή και νησίδες αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα, αυλές σπιτιών, κήποι ξενοδοχείων), την πυρόσβεση, τον καθαρισμό οδών και πεζοδρομίων, την κολύμβηση, την παροχή τεχνητών λιμνών και διακοσμητικών σιντριβανιών, και τις οικιακές δραστηριότητες.

Να τονιστεί ότι η χρήση ανακτημένου νερού πρέπει να διενεργείται σε αυστηρή συμμόρφωση με τα πρότυπα νομοθεσίας για τη διατήρηση της φυσικής χλωρίδας και πανίδας του περιβαλλοντικού αποδέκτη, αλλά και της δημόσιας υγείας. Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα πραγματοποιείται σε συνάρτηση με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων και τις πιθανές συνέπειες για τον περιβαλλοντικό αποδέκτη (Βασιλακοπούλου κ.ά., 2016).

Από τα ανωτέρω, συμπεραίνουμε ότι οι βασικές δραστηριότητες στις οποίες χρησιμοποιείται σήμερα το ανακτημένο νερό είναι: α) η αγροτική άρδευση, β) ο εμπλουτισμός υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, γ) η βιομηχανική χρήση, δ) η αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και ε) η αστική χρήση. Οι μέχρι τώρα έρευνες έχουν δείξει ότι η άμεση επαναχρησιμοποίηση νερού για σκοπούς ύδρευσης προς πόση δεν ενδείκνυται, ενώ υπάρχουν ενδοιασμοί και για τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων που τα νερά τους προορίζονται για πόση. Αντίθετα, σημαντικά ελπιδοφόρες είναι οι προοπτικές επαναχρησιμοποίησης νερού για άρδευση, αστικές χρήσεις (πλην πόσης), περιαστικό πράσινο, δημιουργία ή εμπλουτισμό υδάτινων σωμάτων για αναψυχή, καθώς και για συγκεκριμένες βιομηχανικές δραστηριότητες (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, κ.κ.α).

Ακολούθως, παρουσιάζονται αναλυτικά οι τομείς αξιοποίησης του ανακτημένου νερού, σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση.

Άρδευση καλλιεργειών

Η κατανάλωση υδάτων σε περιοχές της Μεσογείου είναι ιδιαίτερα υψηλή ειδικά σε θερμές και ξηρές περιοχές, όπως η Ελλάδα. Στη γεωργία χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες νερού, ενώ το καλοκαίρι η πίεση στους υδατικούς πόρους αυξάνεται κι άλλο, καθώς οι απαιτήσεις νερού τόσο στον τουριστικό όσο και στον γεωργικό τομέα βρίσκονται σε υψηλή ζήτηση. Το εύρος άντλησης ύδατος θα συνεχίσει να αυξάνεται και τα επόμενα χρόνια, ταυτόχρονα με την άνοδο της θερμοκρασίας. Παράλληλα, η ανάγκη προστασίας των υπόγειων υδάτων και του περιβάλλοντος, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα μείωσης της χρήσης των πρόσθετων λιπασμάτων εξοικονομώντας περιβαλλοντικούς πόρους, είναι οι λόγοι που έχουν συντελέσει στην ολοένα και αυξανόμενη χρήση ανακυκλωμένου νερού για άρδευση των καλλιεργειών τις δύο τελευταίες δεκαετίες (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2019).

Τα κριτήρια ποιότητας του ανακτημένου νερού για άρδευση τίθενται λόγω των δυνητικών κινδύνων από τους παθογόνους μικροοργανισμούς και τις χημικές ουσίες που εμπεριέχονται στην εκροή των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και διαχωρίζονται ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης και την

προοριζόμενη χρήση της αρδευόμενης καλλιέργειας. Συνεπώς, διακρίνονται δύο τύποι επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού από επεξεργασμένα απόβλητα για άρδευση:

- **Περιορισμένη άρδευση:** Αφορά μόνο καλλιέργειες, τα προϊόντα των οποίων καταναλώνονται μετά από θερμική ή άλλου είδους επεξεργασία ή δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή οι καρποί τους δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος κατά τη διαδικασία συλλογής τους. Δεν επιτρέπεται ο καταιονισμός ως μέθοδος άρδευσης και απαγορεύεται η ανθρώπινη πρόσβαση. Παραδείγματα αποτελούν οι καλλιέργειες ζωοτροφών, οι βιομηχανικές καλλιέργειες, τα λιβάδια, οι καλλιέργειες σπόρων και τα δέντρα (μη οπωροφόρα). Απαιτείται δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση των υγρών αποβλήτων, τα οποία θα πρέπει μετά την επεξεργασία τους να συμμορφώνονται με τις ακόλουθες απαιτήσεις συγκέντρωσης: E. Coli ≤ 200 EC/100 mL, BOD < 25 mg/L και TSS < 35 mg/L.
- **Απεριόριστη άρδευση:** Αφορά είδη καλλιέργειας που καταναλώνονται ωμά, δηλαδή λαχανικά, οπωροφόρα δέντρα, αμπέλια και ανθοκομικές καλλιέργειες. Επιτρέπονται διάφοροι τύποι άρδευσης, συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού, και η πρόσβαση του κοινού δεν υπόκειται σε περιορισμούς (Ανδρέου, 2012). Απαιτείται αναβαθμισμένη επεξεργασία (δευτεροβάθμια + τριτοβάθμια + απολύμανση) με υψηλότερες απαιτήσεις ποιότητας των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων: E. Coli ≤ 5 EC/100 mL για το 80% των δειγμάτων, BOD ≤ 0 mg/L για το 80% των δειγμάτων, SS ≤ 10 mg/L για το 80% των δειγμάτων, θολότητα ≤ 2 NTU.

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων (2020/741/EK), η γεωργική άρδευση με ανακτημένο νερό διακρίνεται σε 4 κατηγορίες, όπως παρατίθενται στον **Πίνακα 3** που ακολουθεί.

Πίνακας 3. Ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων (2020/741/EK)

Ελάχιστη κατηγορία ποιότητας ανακτημένου νερού	Κατηγορία καλλιέργειας	Μέθοδος άρδευσης
A	Όλες οι καλλιέργειες εδώδιμων φυτών που καταναλώνονται ωμά, των οποίων το βρώσιμο τμήμα έρχεται σε άμεση επαφή με ανακτημένο νερό, και τα ριζώδη φυτά που καταναλώνονται ωμά.	Όλες οι μέθοδοι άρδευσης.
B	Καλλιέργειες εδώδιμων φυτών που καταναλώνονται ωμά όταν το βρώσιμο μέρος παράγεται πάνω από το έδαφος και δεν βρίσκεται σε άμεση επαφή με ανακτημένο νερό, καλλιέργειες εδώδιμων φυτών των οποίων τα προϊόντα υφίστανται μεταποίηση, καθώς και καλλιέργειες μη εδώδιμων φυτών, συμπεριλαμβανομένων των καλλιεργειών που χρησιμοποιούνται για τη διατροφή γαλακτοπαραγωγικών ζώων ή ζώων που παράγουν κρέας.	Όλες οι μέθοδοι άρδευσης.
Γ	Καλλιέργειες εδώδιμων φυτών που καταναλώνονται ωμά όταν το βρώσιμο μέρος παράγεται πάνω από το έδαφος και δεν βρίσκεται σε άμεση επαφή με ανακτημένο νερό, καλλιέργειες εδώδιμων φυτών των οποίων τα προϊόντα υφίστανται μεταποίηση, καθώς και καλλιέργειες μη εδώδιμων φυτών, συμπεριλαμβανομένων των καλλιεργειών που χρησιμοποιούνται για τη διατροφή γαλακτοπαραγωγικών ζώων ή ζώων που παράγουν κρέας.	Στάγδην άρδευση ή άλλη μέθοδος άρδευσης που αποφεύγει την άμεση επαφή με το βρώσιμο μέρος της καλλιέργειας.
Δ	Καλλιέργειες σπόρων και βιομηχανικές & ενεργειακές καλλιέργειες.	Όλες οι μέθοδοι άρδευσης.

Πηγή: Κανονισμός (ΕΕ) 2020/741 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Μαΐου 2020 σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων. Ανακτήθηκε από: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX:32020R0741>

Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων

Η εφαρμογή του συναντάται για την αύξηση του υπόγειου όγκου νερού, για την αντιμετώπιση της υποβάθμισης/υφαλμύρισης των υπόγειων υδροφορέων και για την αποθήκευση νερού που έχει ανακτηθεί από επεξεργασία υγρών αποβλήτων για μελλοντική χρήση (Παρανυχιανάκης κ.ά., 2009-Σιούτη, 2018).

Ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων γίνεται όταν υπόγεια νερά δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007 (ΚΥΑ 145116/2011, άρθρο 5). Στην τροφοδότηση των υδροφορέων περιλαμβάνονται η υπεδάφια και η επιφανειακή διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (επιφανειακή κατάκλιση). Οι βασικές μέθοδοι τροφοδότησης διακρίνονται στον άμεσο εμπλουτισμό (μέσω γεωτρήσεων υπό πίεση ή βαρύτητας σε ορισμένο βάθος) και στον έμμεσο εμπλουτισμό (μέσω διήθησης εδαφικού στρώματος με υλικό συγκράτησης διαλυτού οργανικού φορτίου και επαρκές βάθος).

Ο **εμπλουτισμός μέσω γεωτρήσεων** επιτρέπεται μόνο με επεξεργασμένα αστικά λύματα ή υγρά βιομηχανικά απόβλητα των βιομηχανικών τομέων που περιλαμβάνονται στο παράρτημα της ΚΥΑ 5673/400/97, μόνο σε

υπόγειους υδροφορείς που δεν προστατεύονται για ανθρώπινη κατανάλωση, έπειτα από προχωρημένη επεξεργασία (δευτεροβάθμια + τριτοβάθμια + απολύμανση) και ποιοτικά χαρακτηριστικά: E. Coli ≤ 2 EC/100 mL για το 80% των δειγμάτων και ≤ 20 EC/100 mL για το 80% των δειγμάτων, BOD ≤ 10 mg/L για το 80% των δειγμάτων, TSS ≤ 2 mg/L για το 80% των δειγμάτων και θολότητα ≤ 2 NTU.

Ο **εμπλουτισμός μέσω διήθησης** επιτρέπεται σε μη προστατευόμενους υδροφορείς για όλα τα υγρά απόβλητα, μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση, με χαρακτηριστικά ποιότητας εκροής E. Coli ≤ 200 EC/100 mL, BOD < 25 mg/L, TSS ≤ 35 mg/L. Ο εμπλουτισμός μέσω διήθησης επιτρέπεται, επίσης, και σε υπόγειους υδροφορείς που προστατεύονται για ανθρώπινη κατανάλωση, μόνο για αστικά λύματα και υγρά βιομηχανικά απόβλητα των βιομηχανικών τομέων που περιλαμβάνονται στο παράρτημα της ΚΥΑ 5673/400/97, έπειτα από προχωρημένη επεξεργασία (δευτεροβάθμια + τριτοβάθμια + απολύμανση) και τα εξής χαρακτηριστικά: E. Coli ≤ 2 EC/100 mL για το 80% των δειγμάτων και ≤ 20 EC/100 mL για το 80% των δειγμάτων, BOD ≤ 10 mg/L για το 80% δειγμάτων, SS ≤ 2 mg/L για το 80% των δειγμάτων και θολότητα ≤ 2 NTU, και πάντα με την εκπόνηση ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης.

Αστικές οικιακές χρήσεις

Σε αυτήν την κατηγορία εντάσσονται οι εφαρμογές οποιασδήποτε χρήσης, εκτός της πόσης, σε αστικές και οικιακές περιοχές. Τα τελευταία χρόνια με το φαινόμενο της αστικοποίησης, οι ανάγκες σε υδατικούς πόρους έχουν αυξηθεί σημαντικά. Οι κυριότερες αστικές χρήσεις του ανακτημένου νερού (ΚΥΑ 145116/2011, άρθρο 6) αναφέρονται κυρίως στις δασικές εκτάσεις, στην αναψυχή, στην αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος, στην πυρόσβεση και τον καθαρισμό οδών. Οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης, μεταξύ άλλων, συμπεριλαμβάνουν το πότισμα συγκεντρωμένων εκτάσεων πρασίνου, όπως δάση, άλση, κοιμητήρια, πρανή και νησίδες αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα, αυλές κατοικιών, ελεύθερος χώρος ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων και εγκαταστάσεων αναψυχής, τη χρήση νερού για την πυρόσβεση, τη συμπύκνωση εδαφών, τον καθαρισμό οδών και πεζοδρομίων, τα διακοσμητικά σιντριβάνια, τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών λιμνών ή υδροβιότοπων, καθώς και για την ενίσχυση παροχής επιφανειακών ρευμάτων.

Επιπλέον, και στον Ευρωπαϊκό Κανονισμό (2020/741/EK) προβλέπεται η επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού για σκοπούς αναψυχής και προτείνεται να ακολουθούνται τα ποιοτικά όρια που ορίζει η εθνική νομοθεσία κάθε κράτους-μέλους. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν στον σχεδιασμό συστημάτων επαναχρησιμοποίησης ανακτημένων υγρών αποβλήτων για αστική χρήση είναι η αξιοπιστία εξυπηρέτησης και η προστασία της δημόσιας υγείας.

Σε αντιστοιχία με τις αρδευτικές, και οι αστικές χρήσεις ανακτημένου νερού επιμερίζονται σε περιορισμένες και απεριόριστες. Οι περιορισμένες χρήσεις αφορούν συγκεκριμένους χώρους όπου η πρόσβαση του κοινού περιορίζεται ή απαγορεύεται (π.χ. φράκτες, χρονικοί περιορισμοί πρόσβασης), ενώ, αντίθετα, οι απεριόριστες αφορούν στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει κανένας περιορισμός σχετικά με την πρόσβαση του κοινού ή την επαφή του με το ανακτημένο νερό. Στις περιπτώσεις της περιορισμένης αστικής και περιαστικής χρήσης ισχύουν οι ίδιοι κανόνες με την περιορισμένη άρδευση και απαγορεύεται το πότισμα με καταιονισμό. Η χρήση ανακτημένου νερού στο αστικό περιβάλλον συνήθως απαιτεί την κατασκευή ξεχωριστού δικτύου για τη διανομή του και απαιτούνται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής της επαναχρησιμοποίησης και η λήψη της σχετικής αδειοδότησης.

Βιομηχανικές χρήσεις

Για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για βιομηχανική χρήση περιλαμβάνονται εφαρμογές όπως νερό ψύξης και αναπλήρωση νερών λεβήτων και δεν εφαρμόζεται στις βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Οι απαιτήσεις του ανακτημένου νερού που προορίζεται για τη βιομηχανία διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος της βιομηχανικής δραστηριότητας. Ενδεικτικά, οι απαιτήσεις για την ποιότητα του νερού ψύξης δεν είναι υψηλές, σε αντίθεση με το νερό τροφοδοσίας λεβήτων που χρήζει υψηλότερης ποιότητας, ούτως ώστε να εξασφαλίζεται η αποφυγή σχηματισμού επικαθίσεων και αποθέσεων στους θερμαντές και κατ' επέκταση η ορθή λειτουργία τους (Λιαντράκη, 2019). Επιπλέον, και στον Ευρωπαϊκό Κανονισμό (2020/741/EK) προβλέπεται η επαναχρησιμοποίηση βιομηχανικών υδάτων και προτείνεται να ακολουθούνται τα ποιοτικά όρια που ορίζει η εθνική νομοθεσία κάθε κράτους-μέλους.

Περιβαλλοντικές χρήσεις

Περιλαμβάνει κατά βάση την αξιοποίηση ανακυκλωμένου νερού για τη δημιουργία νέων ή την ενίσχυση και αποκατάσταση υφιστάμενων υδροτόπων και οικοτόπων, καθώς και την τροφοδότηση και ενίσχυση προβληματικών επιφανειακών και υπόγειων υδατικών συστημάτων. Επιπρόσθετα, περιλαμβάνονται περιβαλλοντικές χρήσεις που στοχεύουν στην ανάπτυξη μιας περιοχής με υψηλή περιβαλλοντική και αισθητική αξία. Ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα. Επιπλέον, και στον Ευρωπαϊκό Κανονισμό (2020/741/EK) προβλέπεται η επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού για περιβαλλοντικούς σκοπούς και προτείνεται να ακολουθούνται τα ποιοτικά όρια που ορίζει η εθνική νομοθεσία κάθε κράτους-μέλους.

Συμπερασματικά, η επαναχρησιμοποίηση του ανακτημένου νερού εξαρτάται από τη φυσική, τη χημική και τη μικροβιολογική του ποιότητα, καθώς και από τους υγειονομικούς κινδύνους που ενέχονται με τη χρήση του. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να υπάρχει επαρκής υποδομή για επαναχρησιμοποίηση, συμπεριλαμβάνοντας την επεξεργασία και ανάκτηση του νερού, το σύστημα διανομής και τις αποθηκευτικές εγκαταστάσεις και δεξαμενές όταν κρίνεται απαραίτητο. Ο έλεγχος των περιοχών όπου πραγματοποιείται η επαναχρησιμοποίηση είναι, επίσης, πρώτιστης σημασίας για την εξάλειψη περιβαλλοντικών και υγειονομικών κινδύνων.

Οφέλη και κίνδυνοι επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων εμπεριέχει σημαντικά οφέλη που σχετίζονται με περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά κριτήρια. Παράλληλα, εγκυμονούν και κίνδυνοι που πρέπει να αντιμετωπίζονται για την προστασία της δημόσιας υγείας, αλλά και του περιβάλλοντος. Ακολουθώς, παρουσιάζονται τα οφέλη και οι αντίστοιχοι κίνδυνοι που απορρέουν από την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων γύρω από τους τρεις πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης.

Πίνακας 4. Οφέλη και κίνδυνοι της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων για το περιβάλλον

Περιβάλλον	
Οφέλη	Κίνδυνοι
Μείωση θαλάσσιας ρύπανσης.	Μείωση της ροής στα υδατικά συστήματα κατόντη της ΕΕΛ, λόγω της μείωσης της απόρριψης των επεξεργασμένων λυμάτων.
Μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε σχέση με άλλες μεθόδους, π.χ. αφαλάτωση.	Κίνδυνος διάδοσης ασθενειών ή μόλυνσης του περιβάλλοντος σε περίπτωση που δεν τηρείται επαρκώς η σχετική νομοθεσία για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ανακτημένου νερού ανάλογα με την τελική χρήση που προορίζεται.
Μειωμένη χρήση λιπασμάτων, καθώς η άρδευση με ανακτημένο νερό τροφοδοτεί το έδαφος και τις καλλιέργειες με θρεπτικά συστατικά.	Αρνητική επίδραση στα υδατικά οικοσυστήματα σε περίπτωση απόρριψης υπολειμματικού κλωρίου. Επίσης, ρυπογόνες ή επικίνδυνες ουσίες που εμπεριέχονται στο ανακτημένο νερό συσσωρεύονται στο έδαφος ή στα υπόγεια ύδατα.
Ενίσχυση των υδατικών συστημάτων, μέσω της αποκατάστασης ρεμάτων, υδροτόπων και λιμνών.	
Αύξηση των περιορισμένων αποθεμάτων γλυκού νερού, ως αποτέλεσμα της μειωμένης εναπόθεσης αποβλήτων, αυξάνοντας έτσι την ανθεκτικότητα του υδάτινου οικοσυστήματος.	
Ενίσχυση της ροής ποταμών και λιμνών.	
Υποστήριξη σε περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα λειψυδρίας.	

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Πίνακας 5. Οφέλη και κίνδυνοι της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων για την κοινωνία

Κοινωνία	
Οφέλη	Κίνδυνοι
Αύξηση θέσεων εργασίας, καθώς με την επαναχρησιμοποίηση νερού ενισχύονται δραστηριότητες αναψυχής και τουρισμού (π.χ. υδροδότηση ξενοδοχειακών μονάδων, πότισμα πάρκων και γηπέδων).	Ασαφείς εικόνες λόγω ελλιπούς ενημέρωσης και λανθασμένων θεωρήσεων για τη δυνατότητα χρήσης ανακτημένου νερού.
Ενίσχυση των αγροτικών κοινοτήτων και επιχειρήσεων, με τη χρήση ανακτημένου νερού ως πηγή άρδευσης στις καλλιέργειες.	
Ορθολογική χρήση των υδατικών πόρων με κάλυψη της ζήτησης για νερό.	

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Πίνακας 6. Οφέλη και κίνδυνοι της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων για την οικονομία

Οικονομία	
Οφέλη	Κίνδυνοι
Αναβάθμιση περιοχών και αξίας της γης, λόγω ανάπτυξης κώρων πρασίνου αρδευόμενων με ανακτημένο νερό.	Υψηλό κόστος επένδυσης, ιδίως σε σύγκριση με τη χρήση πόσιμου νερού που συχνά επιδοτείται ή έχει πολύ χαμηλή τιμολόγηση.
Αναδιαμόρφωση του συστήματος τιμολόγησης του πόσιμου νερού, λόγω της χρήσης ανακτημένου νερού.	
Εξοικονόμηση πόρων στον τομέα επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων.	
Ανάκτηση των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών από τα λύματα για τις καλλιέργειες (κυρίως άζωτο και φώσφορος).	Υψηλό κόστος υποδομών (π.χ. ΕΕΛ, δίκτυα μεταφοράς και διανομής, ειδικός εξοπλισμός και εγκαταστάσεις άρδευσης).
Ενίσχυση της παραγωγικότητας μέσω της αποδοτικότερης χρήσης των πόρων.	
Αύξηση γεωργικής παραγωγικότητας, λόγω χρήσης ανακτημένου νερού για άρδευση καλλιεργειών.	

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Ένας κανόνας με ευρεία ισχύ που θα πρέπει να προσέχουμε είναι ότι απαιτείται συστηματικός έλεγχος της ποιότητας του επαναχρησιμοποιούμενου νερού για την ασφαλή επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων, και ειδικά για γεωργική χρήση, καθώς, επίσης, και έλεγχος συγκεκριμένων παραγόντων που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στα συστήματα άρδευσης. Επειδή τα επεξεργασμένα λύματα συχνά καταλήγουν στα ύδατα φραγμάτων, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν και άλλες παράμετροι που μπορεί να δυσχεράνουν τις κατασκευές φραγμάτων (π.χ. μπετόν της βάσης των φραγμάτων). Τέλος, θα πρέπει να ελέγχεται και η ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού στις περιπτώσεις που αυτό δεν χρησιμοποιείται άμεσα, αλλά αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση, π.χ. κατά τους χειμερινούς μήνες, οπότε η άρδευση πραγματοποιείται από το βρόχινο νερό.

2.4.2. Δυνατότητες επεξεργασίας ιλύος

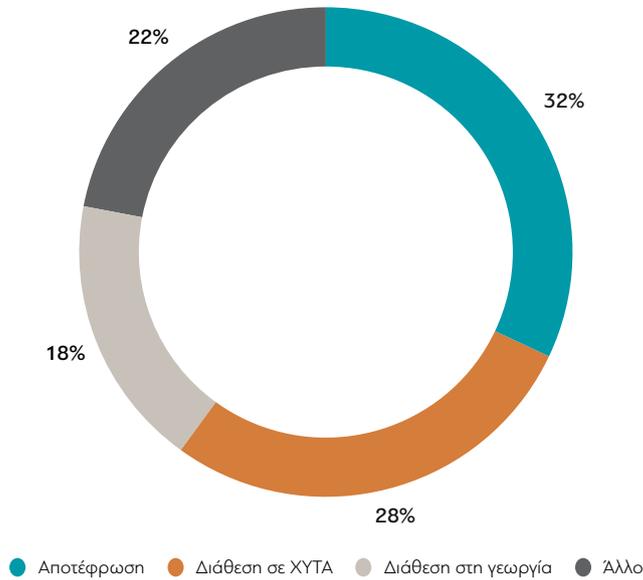
Η ΕΕ έχει καταστήσει πιο αυστηρό το νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων και της ιλύος, μέσα από τη θέσπιση όλο και αυστηρότερων νομοθετικών διατάξεων και Οδηγιών, με στόχο την προώθηση της κυκλικής οικονομίας και βασικά τη μείωση των αποβλήτων (Οδηγία 2018/850/ΕΕ, περί μείωσης της υγειονομικής ταφής των αποβλήτων σε ποσοστό 10% μέχρι το 2035), προτρέποντας όλα τα κράτη-μέλη να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν βιώσιμες μεθόδους διαχείρισης των αποβλήτων.

Πράγματι, και σε εθνικό επίπεδο, η Ελλάδα, έχοντας επιλύσει τα τελευταία χρόνια σε έναν αρκετά καλό βαθμό την επεξεργασία των αποβλήτων, καλείται τώρα να επιλύσει το θέμα της διαχείρισης και διάθεσης της ιλύος. Στόχος για την ιλύ που προέρχεται από τα επεξεργασμένα απόβλητα είναι η αξιοποίησή της ως πόρου οργανικής ουσίας για χρήση στη γεωργία, στη δασοπονία, στις καλλιέργειες ή την ανάκτηση ενέργειας. Να αναφέρουμε ότι, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, απαγορεύεται αυστηρά η εναπόθεση της ιλύος στη θάλασσα και στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Με στόχο τη μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία, η ΕΕ προωθεί πρακτικές που προσβλέπουν στη μετατροπή της ιλύος σε αξιοποιήσιμη πρώτη ύλη, έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία. Πράγματι, η αξιοποίηση της ιλύος στη γεωργία και στην αποκατάσταση εδαφών αποτελεί μια βιώσιμη εναλλακτική μέθοδο, καθώς επιστρέφει στο έδαφος σημαντικά στοιχεία, όπως άζωτο, φώσφορο και οργανικές ουσίες. Σε αδρές γραμμές, στην Ελλάδα, η ιλύς αξιοποιείται στο πλαίσιο της εναρμόνισης με την ευρωπαϊκή νομοθεσία ως ακολούθως:

- Στη γεωργία είτε απευθείας είτε ύστερα από κομποστοποίηση, τηρώντας τους απαιτούμενους περιορισμούς και τις προδιαγραφές.
- Ως καύσιμο στη βιομηχανία και στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας, έπειτα από ξήρανση.
- Στις μονάδες παραγωγής βιοαερίου, ύστερα από αφυδάτωση.
- Στην αποκατάσταση τοπίων, κατόπιν διαδικασιών υγειονομοποίησης, σταθεροποίησης και ξήρανσης.

Στο **Σχήμα 3**, που ακολουθεί, καταγράφονται οι επιλογές διάθεσης της ιλύος στην Ελλάδα.

Σχήμα 3. Τρόποι διάθεσης της ιλύος στην Ελλάδα (2016)



Πηγή: Eurostat Data Browser (n.d.b). *Sewage sludge production and disposal* [env_ww_spd].

Ωστόσο, στην Ελλάδα η διαχείριση της ιλύος από ΕΕΛ δεν γίνεται πάντα με τον πλέον βιώσιμο τρόπο, αν λάβουμε υπ' όψιν ότι λίγες είναι οι εγκαταστάσεις που εφαρμόζουν εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης της ιλύος, πέραν της διάθεσης σε ΧΥΤΑ. Η περιορισμένη επαναχρησιμοποίηση της ιλύος στη χώρα μας οφείλεται κατά βάση στις ασάφειες που υπάρχουν γύρω από το συγκεκριμένο θέμα.

Η χώρα έχει ξεκινήσει μια συστηματική προσπάθεια για την επαναχρησιμοποίηση της ιλύος με στόχο την επίτευξη ακόμη υψηλότερου βαθμού προστασίας της δημόσιας υγείας. Έτσι, τα επόμενα χρόνια αναμένουμε να αναπτυχθούν περαιτέρω στην Ελλάδα οι μέθοδοι επεξεργασίας, επαναχρησιμοποίησης, διάθεσης της ιλύος, εφόσον πληρούνται οι απαραίτητες προϋποθέσεις. Πιο συγκεκριμένα, αναμένεται αύξηση της διάθεσης της ιλύος για γεωργική χρήση και για την αποκατάσταση εδαφών. Ταυτόχρονα, αναμένεται να αυξηθεί το ποσό της ιλύος που διατίθεται για την παραγωγή βιοαερίου και την αξιοποίηση αυτού ως καύσιμου στη βιομηχανία και στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας.

Ακολούθως, πραγματοποιείται μια καταγραφή των βασικών μεθόδων αξιοποίησης ιλύος, με στόχο μια περιβαλλοντικά υπεύθυνη πολιτική.

Διάθεση στο έδαφος – Αγροτικές εκτάσεις

Η υγρή κωνευμένη ιλύς μπορεί να διατεθεί σε συγκεκριμένους αγρούς, ώστε να ενσωματωθεί στο έδαφος με όργωμα κατόπιν αποξήρανσης. Επίσης, ιλύς που έχει υποστεί κώνευση μπορεί να αποξηραθεί με θέρμανση, να αλεστεί και, αφού ενισχυθεί με άζωτο, να διατεθεί στην αγορά ως λίπασμα.

Στην περίπτωση που η ιλύς διατεθεί στο έδαφος, πρέπει να ληφθεί πολύ σοβαρά υπ' όψιν η προστασία της δημόσιας υγείας. Προς τούτο χρειάζεται συστηματικός έλεγχος και επεξεργασία της ιλύος, καθώς πολύπλοκες χημικές ενώσεις και ανθεκτικοί παθογόνοι παράγοντες, όπως αυγά εντερικών παρασίτων, κύστεως ιστολυτικής αμοιβάδας κλπ., μπορεί να επιζούν και να δημιουργήσουν προβλήματα, είτε άμεσα είτε κυρίως έμμεσα, με τις καλλιέργειες και τα εκτρεφόμενα ζώα. Γι' αυτό έχουν οριστεί ανώτατα όρια συγκεντρώσεων για την παρουσία της κάθε χημικής ένωσης στις καλλιέργειες, ώστε να μην υπάρχουν βλαβερές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ομοίως έχουν οριστεί κατόπιν Οδηγίας της ΕΕ οριακές τιμές συγκεντρώσεως και των βαρέων μετάλλων που περιέχονται στην προς διάθεση ιλύ στο έδαφος.

Επίσης, η ιλύς έχει σημαντική λιπασματική αξία λόγω του περιεχομένου της σε ενώσεις, όπως είναι τα νιτρικά, τα φωσφορικά, το κάλιο, το νάτριο και οι χουμικές ενώσεις.

Φυσικά και εδώ τίθενται ανώτατα όρια στις συγκεντρώσεις, καθώς η υψηλή συγκέντρωση θρεπτικών ουσιών μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητα φαινόμενα, όπως ο ευτροφισμός.

Η ιλύ, παρότι διαθέτει υψηλή λιπασματική αξία, δεν αντιμετωπίζεται πάντα ευχάριστα από τους καλλιεργητές, καθώς επικρατεί δυσπιστία γύρω από την ποιότητα της ιλύος, ιδίως λόγω της εικόνας, αλλά και των οσμών της.

Διάθεση στο έδαφος – Άλλες εκτάσεις

Ουσιαστικά πρόκειται για μια εναλλακτική μέθοδο της επαναχρησιμοποίησης στη γεωργία, καθώς η ιλύς διατίθεται και σε άλλες εκτάσεις εκτός από καλλιεργούμενες, με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας, τη συντήρηση και την αναγέννηση των εδαφών. Στη συνέχεια, τα εδάφη δύναται και να καλλιεργηθούν. Τέτοιες εκτάσεις είναι:

- Επικάλυψη των ΧΥΤΑ.
- Παλιά λατομεία.
- Δάση.
- Κήποι.

Η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκατάσταση εγκαταλελειμμένων ή/και καμένων εκτάσεων, καθώς και την ενίσχυσή τους με θρεπτικά συστατικά και οργανική ύλη. Επίσης, η ιλύς μπορεί να βοηθήσει στην αποκατάσταση παλιών λατομείων.

Η μέθοδος γενικά συστήνεται σε περιοχές όπου υπάρχουν διαθέσιμες εκτάσεις πλησίον των ΕΕΛ. Σε ό,τι αφορά τις επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις των ρυπογόνων και βλαβερών ουσιών στην προς διάθεση ιλύ, οι ανώτατες τιμές είναι λιγότερο αυστηρές από αυτές που ορίζονται για τις καλλιέργειες.

Υγειονομική ταφή

Αποτελεί την πιο δημοφιλή μέθοδο διάθεσης της ιλύος, καθώς στην Ελλάδα η χρήση της ξεπέρασε το 70% το 2009, υπερβαίνοντας κατά πολύ τον αντίστοιχο ευρωπαϊκό μέσο όρο. Οι βασικότεροι παράγοντες που λαμβάνονται υπ' όψιν κατά την υγειονομική ταφή είναι:

- Το μέγεθος, ο υπολογιζόμενος χρόνος ζωής και το τοπογραφικό ανάγλυφο του χώρου ταφής.
- Η απόσταση του χώρου ταφής από τον χώρο παραγωγής της ιλύος και η πρόσβαση σε αυτόν.
- Η γεωλογία και η υδρογεωλογία της περιοχής.
- Η ύπαρξη επιφανειακών και υπογείων υδάτων.
- Η μετεωρολογία και οι χρήσεις γης της ευρύτερης περιοχής.

Θα πρέπει ο χώρος ταφής να είναι όσο περισσότερο γίνεται απομακρυσμένος από κατοικημένες περιοχές, τουλάχιστον σε απόσταση 500-1.000 μέτρων, και να ληφθούν υπ' όψιν οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ενώ παράλληλα θα πρέπει να ελέγχεται η ποιότητα των υπόγειων νερών μέσω γεωτρήσεων δειγματοληψίας. Η περιοχική ταφή, μετά την παύση λειτουργίας της ως χώρου υγειονομικής ταφής, θα πρέπει να φυτεύεται με πράσινο για κάποια χρόνια και να χρησιμοποιείται, π.χ., σαν άλσος για αναψυχή.

Η υγειονομική ταφή έχει πολύ χαμηλό κόστος, γεγονός που την καθιστά προτιμυτέα, ωστόσο, λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αλλά και των αντιδράσεων των τοπικών κοινωνιών, δεν ενδείκνυται. Πράγματι, στο πλαίσιο εναρμόνισης της χώρας με την Οδηγία 1999/31/ΕΕ «Περί υγειονομικής ταφής απορριμμάτων» και της προστασίας του περιβάλλοντος, παρατηρείται πτωτική πορεία στην ποσότητα της ιλύος που διατίθεται σε χώρους υγειονομικής ταφής στην Ελλάδα, με τη χρήση να αγγίζει μόλις το 22% το 2016. Στο άμεσο μέλλον, προβλέπεται, σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές Οδηγίες, να οδηγείται σε ταφή μόνο το 5% της ποσότητας της παραγόμενης ιλύος μίας ΕΕΛ, ενώ το υπόλοιπο 95% θα πρέπει να αξιοποιείται με εναλλακτικούς τρόπους διάθεσης.

Κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση πραγματοποιεί επαναφορά και ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών των φυτών που υπάρχουν στα υπολείμματα των καλλιεργειών και στα οργανικά απορρίμματα. Η ιλύς διαθέτει μεγάλες ποσότητες οργανικών ουσιών, οι οποίες χρησιμεύουν για την ενίσχυση της γονιμότητας των εδαφών, αλλά και την αύξηση της φυτικής παραγωγής. Με την κομποστοποίηση αξιοποιούνται πλήρως οι φυσικοχημικές ιδιότητες της ιλύος, με αποτέλεσμα τη φυσική βελτίωση των εδαφών που θα εμπλουτισθούν με το τελικό προϊόν (compost). Παράλληλα, τα θρεπτικά συστατικά που εμπεριέχονται στο τελικό προϊόν συμβάλλουν σημαντικά στη θρέψη των φυτών, ενώ το παραγόμενο compost είναι σταθεροποιημένο και μπορεί να διατεθεί, χωρίς να έχει οίεσδήποτε ανησυχίες για ανεπιθύμητες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Συγκεκριμένα, η κομποστοποίηση είναι μια βιολογική διεργασία αποδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών υπό ελεγχόμενες συνθήκες (θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού) και βασίζεται στην παρουσία μιας μεγάλης ποικιλίας αερόβιων μικροοργανισμών (βακτήρια, μύκητες κλπ.), οι οποίοι αποδομούν τις οργανικές ουσίες, προσλαμβάνοντας με αυτόν τον τρόπο την ενέργεια και τα ζωτικά στοιχεία (άνθρακα, άζωτο κλπ.) που χρειάζονται.

Η κομποστοποίηση οδηγεί σε μείωση ή και εξάλειψη του δυναμικού ρύπανσης της ιλύος, οδηγώντας στην παραγωγή προϊόντων κατάλληλων για διάφορες χρήσεις, όπως ως πρόσθετο για ρύθμιση εδαφών (soil conditioner), ως εδαφοβελτιωτικό (land reclamation), ως φυσικό λίπασμα για τις γεωργικές χρήσεις (agricultural fertilizer) κλπ.

Η κομποστοποίηση είναι μια βιολογική διαδικασία αποδόμησης. Πιθανοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη βιοαποδόμηση είναι οι ακόλουθοι:

- Η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων.
- Η σχέση άνθρακα/αζώτου (C/N).
- Το pH.
- Το ποσοστό υγρασίας.
- Η θερμοκρασία.
- Ο αερισμός.
- Τα τοξικά μέταλλα.

Ασβεστοποίηση

Πρόκειται για μια μέθοδο υγειονομοποίησης και σταθεροποίησης της ιλύος, με χρήση του οξειδίου του ασβεστίου (CaO) ή του ασβέστη σε ένυδρη μορφή $[Ca(OH)_2]$, ώστε να διατηρηθεί το pH του μίγματος σε τιμή 12 ή και άνω. Σε pH μεγαλύτερο του 12, η μεμβράνη παθογόνων οργανισμών

καταστρέφεται. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί CaO , επιτυγχάνεται και σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία συμβάλλει περαιτέρω στην καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών. Αντίθετα, με τη χρήση του Ca(OH)_2 δεν προκύπτει η αυξημένη θερμοκρασία.

Παράλληλα, δεδομένης της χαμηλής διαλυτότητας του ασβέστη στο νερό, μόρια ασβέστη παραμένουν στην ιλύ και έτσι διατηρείται το pH πάνω από 12, ώστε να εμποδίζεται η επανεμφάνιση παθογόνων. Η διαλυτότητα του Ca(OH)_2 προσφέρει ιόντα Ca^{2+} , τα οποία αντιδρούν και δημιουργούν ενώσεις με θειικά/θειούχα στοιχεία, με αποτέλεσμα όχι απλώς την κάλυψη δυσσομιών, αλλά την εξουδετέρωσή τους (Zabaniotou & Theofilou, 2008).

Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος

Η τεχνολογία θερμικής επεξεργασίας των αποβλήτων μετατρέπει τα απόβλητα σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, ενώ ταυτόχρονα αποδεσμεύει θερμική ενέργεια. Στόχος είναι η μείωση των ρυπογόνων ουσιών, η μείωση του όγκου της ιλύος και η μετατροπή της σε ασφαλή ουσία για την εναπόθεσή της στο περιβάλλον, με εύκολη πρόσβαση και παράλληλη αξιοποίηση του θερμιδικού της φορτίου.

Οι θερμικές επεξεργασίες της ιλύος μπορούν να διακριθούν στις ακόλουθες κατηγορίες, με βάση τις απαιτήσεις τους σε αέρα αλλά και τις θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται:

Αποτέφρωση-καύση

Η αποτέφρωση ή καύση ουσιαστικά αποτελεί συνέχεια της θερμικής ξήρανσης και οξειδώνει πλήρως τις οργανικές ουσίες της ιλύος, με τελικά παραγόμενα προϊόντα τα CO_2 , H_2O και αδρανή τέφρα σε μικρή ποσότητα.

Η αποτέφρωση συνήθως πραγματοποιείται σε εγκαταστάσεις μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους, όπου οι επιλογές για διάθεση της ιλύος είναι περιορισμένες. Ενδείκνυται όταν η επαναχρησιμοποίηση της ιλύος δεν είναι εφικτή ή είναι οικονομικά ασύμφορη, όταν η περιοχική αποθήκευση είναι περιορισμένη και, φυσικά, όταν η καύση καθίσταται αναγκαία για λόγους υγειονομοποίησης.

Επίσης, ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της καύσης είναι οι βλαβερές αέριες εκπομπές, γεγονός που καθιστά τη μέθοδο ολόένα και λιγότερο δημοφιλή. Συγκεκριμένα, κατά την καύση της ιλύος εκπέμπονται διοξίνες και φουράνια (PCDD/PCDF), που είναι επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία. Ωστόσο, με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που αποσκοπούν στον έλεγχο των απαερίων και των εκπομπών, ενδέχεται να υπάρξει μείωση στις παρενέργειες της μεθόδου.

Πυρόλυση

Η πυρόλυση πραγματοποιείται σε απουσία οξυγόνου. Η ιλύς δεν καίγεται, αλλά θερμαίνεται (ψήνεται) σε θερμοκρασία 300°C έως 900°C, παράγοντας στερεά που περιέχουν αδρανή υλικά και άνθρακα, καθώς και απαέρια. Τα προϊόντα της πυρόλυσης έχουν θερμομαντική αξία και, ως εκ τούτου, ενδείκνυται η περαιτέρω αξιοποίηση τόσο των στερεών καταλοίπων όσο και των απαερίων.

Αεριοποίηση

Κατά την αεριοποίηση, η ιλύς μετατρέπεται σε εύφλεκτο αέριο και αδρανές υπόλειμμα με τη βοήθεια αέρα ή οξυγόνου, σε υψηλή θερμοκρασία. Η αεριοποίηση μπορεί να θεωρηθεί ως μία παραλλαγή της πυρόλυσης πραγματοποιούμενη με παρουσία οξυγόνου. Και οι δύο μέθοδοι συνδυάζονται ωστόσο, καθώς η αεριοποίηση δύναται να εφαρμοστεί στο στερεό υπόλειμμα της πυρόλυσης.

Υγρή οξείδωση

Πρόκειται για την οξείδωση οργανικών ουσιών που περιέχονται στην ιλύ. Πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες άνω των 260°C και σε πιέσεις μέχρι 150 Μπα. Τα προϊόντα που παράγονται είναι στερεά (υδρογονάνθρακες, πυριτικά υλικά, φωσφορικές ενώσεις, καθώς και βαρέα μέταλλα), υγρά (κυρίως νερό, ανόργανες ουσίες και νιτρικά) και αέρια (CO και CO₂).

Θερμική υδρόλυση

Η θερμική υδρόλυση εφαρμόζεται με σκοπό την αύξηση της ικανότητας ξήρανσής της. Επιτυγχάνει τη μετατροπή των πολύπλοκων οργανικών ενώσεων (πρωτεΐνες, λίπη και κυτταρινικές ίνες) σε απλούστερες χημικές ενώσεις, που μπορούν διατεθούν για κώνευση άμεσα.

Γεωχημική μέθοδος

Η γεωχημική μέθοδος χρησιμοποιεί τεχνητά γεωπολυμερή υλικά, τα οποία προέρχονται από μίξη διάφορων φυσικών υλικών και υπό τις κατάλληλες αναλογίες μπορούν να απομακρύνουν τις ρυπογόνες ουσίες και να αδρανοποιούν-σταθεροποιούν πλήρως την ιλύ.

Η χρήση σε κατάλληλες αναλογίες υψηλής ποιότητας φυσικών υλικών, σε συνδυασμό με ελάχιστες χημικές ουσίες, δίνει τη δυνατότητα δέσμευσης του φορτίου της ιλύος εντός της μάζας του γεωπολυμερούς υλικού, με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός στερεού τελικού προϊόντος, υγειονοποιημένου

και αδρανοποιημένου, το οποίο μπορεί να διατεθεί στο περιβάλλον σαν εδαφοβελτιωτικό, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της κείμενης νομοθεσίας.

Βιομηχανική χρήση

Η βιομηχανική χρήση της επεξεργασμένης ιλύος πραγματοποιείται μέσω καύσης μαζί με ορυκτά καύσιμα σε θερμικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας ή σε εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου, αντικαθιστώντας τον ορυκτό άνθρακα.

Η αξιοποίηση της ιλύος ως εναλλακτικού καυσίμου μπορεί να **μειώσει την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων** και ταυτόχρονα να περιορίσει τις εκπομπές CO₂ και CH₄ (μέσω αντικατάστασης ορυκτών καυσίμων και αποτροπής εκπομπών μεθανίου από ταφή). Παράλληλα, η ίδια η επεξεργασία ή αξιοποίηση της ιλύος συνεπάγεται παραγωγή εκπομπών (CO₂, CH₄), ανάλογα με τη μέθοδο και τις συνθήκες επεξεργασίας (π.χ. αναερόβια χώνευση, κομποστοποίηση). Η καθαρή περιβαλλοντική ωφέλεια εξαρτάται από τη βέλτιστη διαχείριση της διεργασίας (Sharma et al., 2023· Dume et al., 2021· Chen et al., 2018).

Χρήση στην παραγωγή

Η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση της ιλύος για χρήση της στην παραγωγή περιλαμβάνει:

- Την ανάκτηση οργανικής ύλης, φωσφόρου ή/και αζώτου ιδανικά κατόπιν κρυστάλλωσης ή θερμικής επεξεργασίας.
- Την παραγωγή βιοκαυσίμων.
- Την παραγωγή εξειδικευμένων προσθετικών υλών για οικοδομική χρήση, όπως τούβλα και κεραμικά υλικά, μέσω θερμικής επεξεργασίας της ιλύος.
- Την παραγωγή άνθρακα.
- Την παραγωγή κροκιδωτικών (άργιλο ή/και σίδηρο).
- Την παραγωγή δομικών υλικών από αφυδατωμένες ιλύες, όπως ασφαλτικά μίγματα, τσιμέντο, υλικά υπόβασης στην οδοποιία κ.ά.
- Την ανάκτηση εκχυλίσιμων υλικών, όπως λίπος, πρωτεΐνες, ευγενή μέταλλα.
- Την παραγωγή υδρογόνου, όπου το μίκτο αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με απόδοση έως 30%.

Με βάση τα ανωτέρω, υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ των μεθόδων επεξεργασίας και του τελικού τρόπου διάθεσης της ιλύος με βασικό στόχο τη βέλτιστη απόδοση του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων. Η επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας ιλύος καθορίζει τον τελικό τρόπο διάθεσης της ιλύος, καθώς και τις πιθανές χρήσεις του τελικού προϊόντος.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Φεβρουάριος 2026

Καταγραφή υφιστάμενης κατάστασης



Στην Ελλάδα, η διαδικασία διαχείρισης των υγρών αποβλήτων ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1980, όταν η χώρα εντάχθηκε στην ΕΕ ως κράτος-μέλος. Η χώρα έπρεπε να συμμορφωθεί με τις αντίστοιχες πολιτικές της ΕΕ για την αποτελεσματική διαχείριση των αστικών λυμάτων, γεγονός που οδήγησε στην κατασκευή των πρώτων εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων (Prochaska & Zouboulis, 2020).

Η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων προϋποθέτει:

- Συλλογή και επεξεργασία λυμάτων σε όλες τις αστικές περιοχές άνω των 2.000 ατόμων.
- Δευτεροβάθμια επεξεργασία όλων των απορρίψεων από αστικές περιοχές άνω των 2.000 ατόμων και πιο προηγμένη επεξεργασία για αστικές περιοχές άνω των 10.000 ατόμων σε λεκάνες απορροής με ευαίσθητα ύδατα.
- Προέγκριση όλων των απορρίψεων αστικών λυμάτων, των απορρίψεων από τη βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων και των βιομηχανικών απορρίψεων σε συστήματα συλλογής αστικών λυμάτων.
- Παρακολούθηση των επιδόσεων των μονάδων επεξεργασίας και των υδάτων υποδοχής.
- Έλεγχο της διάθεσης και επαναχρησιμοποίησης της ιλύος καθαρισμού λυμάτων και της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων, όποτε κρίνεται σκόπιμο.

Η αποχέτευση και επεξεργασία λυμάτων περιλαμβάνει τη συλλογή, επεξεργασία, διάθεση και γενικότερα τη διαχείριση αστικών λυμάτων, όπως διέπεται από την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ και την ΚΥΑ 5673/400/1997. Σύμφωνα με το ανωτέρω θεσμικό πλαίσιο, όλοι οι οικισμοί με Μονάδες Ισοδύναμου Πληθυσμού (ΜΙΠ) άνω των 2.000 κατοίκων πρέπει να είναι συνδεδεμένοι σε κατασκευασμένα δίκτυα αποχέτευσης και εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Ορμητήριο αποτέλεσε το έτος 1998, όταν οι οικισμοί με ΜΙΠ μεγαλύτερο από 10.000, κοντά στους ευαίσθητους αποδέκτες, θα έπρεπε να εξυπηρετούνται από ΕΕΛ με τριτοβάθμια επεξεργασία, δηλαδή απομάκρυνση αζώτου ή/και φωσφόρου. Το τέλος του 2000 ήταν η τελική προθεσμία υλοποίησης των ΕΕΛ και των αντίστοιχων δικτύων για οικισμούς με ΜΙΠ μεγαλύτερο από 15.000 σε κανονικούς αποδέκτες. Οι εγκαταστάσεις αυτές θα πρέπει να επιτυγχάνουν δευτεροβάθμια επεξεργασία των αποβλήτων. Ως αποτέλεσμα της εφαρμογής της νομοθεσίας αυτής, έχει παρατηρηθεί σημαντική άνοδος στην κατασκευή των αναγκαίων υποδομών.

Το παρόν κεφάλαιο επικεντρώνεται στη διερεύνηση και την αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης στη διαχείριση υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα. Αρχικά, αναλύονται οι φορείς που εμπλέκονται στη διαχείριση των λυμάτων

και ο ρόλος τους. Στη συνέχεια, εξετάζονται οι οικισμοί προτεραιότητας και οι ανάγκες τους, ενώ ακολουθούν τα υπάρχοντα δημόσια και ιδιωτικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων. Παράλληλα, διερευνάται η διαχείριση της ιλύος, η οποία αποτελεί βασικό παραπροϊόν των διαδικασιών επεξεργασίας λυμάτων. Η ορθολογική διαχείρισή της είναι κρίσιμη τόσο για την περιβαλλοντική προστασία όσο και για τη βιώσιμη αξιοποίησή της. Σκοπός αυτής της ανάλυσης είναι η ανάδειξη των κυριότερων προβλημάτων και προκλήσεων που σχετίζονται με τη διαχείριση των λυμάτων, με στόχο τη διαμόρφωση προτάσεων για τη βελτίωση και την αποτελεσματικότερη αντιμετώπισή τους.

3.1. Εμπλεκόμενοι φορείς

Στην Ελλάδα, την ευθύνη για τη διαχείριση των υδάτων και των υγρών αποβλήτων κατέχουν η Κεντρική Διοίκηση και η τοπική αυτοδιοίκηση.

Η Κεντρική Κυβέρνηση είναι υπεύθυνη για την εφαρμογή της εθνικής πολιτικής για τα ύδατα και για την παρακολούθηση της συμμόρφωσης με την ευρωπαϊκή νομοθεσία, όπως η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία αστικών λυμάτων (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1991). Οι περιφέρειες διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην εκπόνηση και υλοποίηση των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, όπως αυτά προβλέπονται από την Οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα 2000/60/ΕΚ (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2000). Στο πλαίσιο αυτό, είναι αρμόδιες για την παρακολούθηση της ποσότητας και ποιότητας των υδατικών πόρων, τον έλεγχο χρήσεων γης που επηρεάζουν τα υδατικά συστήματα και τη συνεργασία με τις Αποκεντρωμένες Διοικήσεις για την εφαρμογή των μέτρων διαχείρισης (OECD, 2021). Οι δήμοι, τέλος, έχουν την ευθύνη για την κατασκευή, τη συντήρηση και την ορθή λειτουργία των σχετικών υποδομών ύδρευσης και αποχέτευσης (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, κ.κ.β.).

Τα σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού, τα οποία καταρτίζονται βάσει των διατάξεων της Οδηγίας-πλαίσιο για τα ύδατα, αντιμετωπίζουν το συνολικό πρόβλημα της ορθολογικής διαχείρισης και της προστασίας των υδατικών πόρων με ολοκληρωμένο και συστηματικό τρόπο, περιλαμβάνοντας, μεταξύ άλλων, προγράμματα μέτρων για την προστασία, την αποκατάσταση και αναβάθμιση επιφανειακών (εσωτερικών, μεταβατικών, παράκτιων) και υπόγειων υδάτων. Μεταξύ των μέτρων που περιλαμβάνονται για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας και της ξηρασίας είναι η προώθηση της επαναχρησιμοποίησης του νερού, ειδικά για αρδευτικούς σκοπούς.

Η χαρτογράφηση των διαδικασιών διαχείρισης υγρών αποβλήτων και των εμπλεκόμενων φορέων είναι καθοριστική για την ολοκληρωμένη καταγραφή και αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης. Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι διαδικασίες διαχείρισης διαφοροποιούνται ανάλογα με την κατηγορία των αποβλήτων, τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά και το μέγεθος της παροχής. Στο πλαίσιο του κεφαλαίου αυτού και για την ολοκληρωμένη καταγραφή των εμπλεκόμενων φορέων, οι διαδικασίες

διαχείρισης υγρών αποβλήτων διακρίνονται σε τρία βασικά στάδια: συλλογή, επεξεργασία και διάθεση.

- **Συλλογή:** Το στάδιο αυτό αφορά τη συλλογή και διοχέτευση των υγρών αποβλήτων σε συστήματα επεξεργασίας. Σημαντικό είναι πως τα υγρά απόβλητα, ανάλογα με την κατηγορία τους, ενδεχομένως να υφίστανται διαφορετική συλλογή για να οδηγηθούν σε επεξεργασία. Για παράδειγμα, τα αστικά υγρά απόβλητα πρέπει να διοχετεύονται στα συστήματα επεξεργασίας μέσω κεντρικών αποχετευτικών δικτύων, σύμφωνα με τις εθνικές ρυθμιστικές διατάξεις για την εναρμόνιση με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.
- **Επεξεργασία:** Σε αυτό το στάδιο τα υγρά απόβλητα υφίστανται ειδική επεξεργασία πριν από την τελική τους διάθεση σε κάποιον φυσικό αποδέκτη ή την επαναχρησιμοποίησή τους. Συγκεκριμένα, τα υγρά απόβλητα χρειάζεται να υποβάλλονται σε επεξεργασία για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών ή γενικότερα μη επιθυμητών στοιχείων, όπως τα βαρέα μέταλλα.
- **Διάθεση:** Το στάδιο αυτό αφορά την απόρριψη, επαναχρησιμοποίηση ή αξιοποίηση των προϊόντων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Ο τρόπος διάθεσης ή απόρριψης των υγρών αποβλήτων πρέπει να μειώνει στο ελάχιστο τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Σε αυτό το πλαίσιο, είναι σκόπιμο επεξεργασμένα υγρά απόβλητα να επαναχρησιμοποιούνται και η παραγόμενη λάσπη να αξιοποιείται.

Στα παραπάνω στάδια συμμετέχει ένα μεγάλο σύνολο εμπλεκόμενων ή ενδιαφερόμενων φορέων. Εμπλεκόμενοι ή ενδιαφερόμενοι φορείς θεωρούνται αυτοί που συμμετέχουν άμεσα στις διαδικασίες του κύκλου ζωής των υγρών αποβλήτων ή αυτοί με έννομα συμφέροντα σε ό,τι αφορά τα υγρά απόβλητα και τις σχετικές παρεμβάσεις.

Ο αριθμός τους παρατηρείται ότι είναι σημαντικά μεγάλος, καθώς περιλαμβάνεται όλο το φάσμα της δημόσιας διοίκησης, της ακαδημαϊκής, της επιστημονικής και της ερευνητικής κοινότητας και των οικονομικών, κοινωνικών και παραγωγικών παραγόντων που σχετίζονται ευρύτερα με την ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας στη χώρα. Με βάση τα παραπάνω, οι εμπλεκόμενοι φορείς μπορούν να συμμετέχουν στον κύκλο των υγρών αποβλήτων με έναν ή και περισσότερους από τους ακόλουθους τρόπους:

- Παραγωγή.
- Συλλογή και μεταφορά.
- Επεξεργασία.
- Απόρριψη.
- Επαναχρησιμοποίηση.
- Αξιοποίηση.

Το σύνολο των εμπλεκόμενων φορέων προέρχεται από διαφορετικά υπόβαθρα, προσδίδοντας μια ποικιλομορφία στον ρόλο που δύναται να διαδραματίσουν. Ο ρόλος του κάθε φορέα διακρίνεται ανάλογα με την οικονομική του δραστηριότητα και αποστολή. Συγκεκριμένα, ο ρόλος ενός φορέα μπορεί να είναι:

- Οικονομικός.
- Συμβουλευτικός/επιστημονικός.
- Νομοθετικός/ρυθμιστικός.
- Εποπτικός.

Στον **Πίνακα 7**, που ακολουθεί, περιγράφεται συνοπτικά ο ρόλος των φορέων, όπως αυτοί προσδιορίζονται αναλυτικότερα στη συνέχεια.

Πίνακας 7. Ρόλος των εμπλεκόμενων φορέων στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων

Κατηγορία φορέα	Οικονομικός	Συμβουλευτικός/ Οικονομικός	Νομοθετικός/ Ρυθμιστικός	Εποπτικός
Κεντρική Διοίκηση	✓		✓	✓
Τοπική αυτοδιοίκηση	✓		✓	✓
Επιστημονικοί και ερευνητικοί φορείς		✓		
Εκπαιδευτικοί φορείς		✓		
Φορείς διαχείρισης υγρών αποβλήτων	✓			✓
Φορείς παραγωγικών κλάδων	✓	✓		
Ιδιωτικές επιχειρήσεις	✓	✓		
Μη Κερδοσκοπικοί Οργανισμοί		✓		
Βιομηχανία	✓			
Καταναλωτές	✓			
Άλλοι περιβαλλοντικοί φορείς	✓	✓		✓

Πηγή: Κορυζή, Α. & Ντινόπουλος, Δ. (2020). Έκθεση χαρτογράφησης ενδιαφερόμενων μερών σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο (Παραδοτέο Α1.Δ2), circulargreece (LIFE-IP, CEI-GREECE).

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω και κατόπιν επισκόπησης ερευνητικών εργασιών από Ελλάδα και εξωτερικό, οι ρόλοι των εμπλεκόμενων φορέων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν, συνοδεία του ρόλου τους για βιώσιμη διαχείριση υγρών αποβλήτων, ως εξής (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020· Kurian, 2006):

Φορείς Κεντρικής Διοίκησης

Οι φορείς Κεντρικής Διοίκησης αποτελούν τους βασικούς νομοθέτες και ρυθμιστές σε ό,τι αφορά το θεσμικό πλαίσιο για τα υγρά απόβλητα, ενώ παράλληλα σχεδιάζουν σε εθνικό επίπεδο τα απαραίτητα συστήματα και τις υποδομές διαχείρισης. Είναι ακόμη υπεύθυνοι για την εναρμόνιση της

χώρας με τις κατευθύνσεις της ΕΕ, περιορίζοντας τα υγρά απόβλητα και μεριμνώντας για τη βιώσιμη διάθεσή τους στα πρότυπα της κυκλικής οικονομίας. Διαδραματίζουν ακόμη εποπτικό και ελεγκτικό ρόλο μέσω διοικητικών προστίμων ή άλλων μέσων εφαρμογής της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει». Στους φορείς Κεντρικής Διοίκησης συγκαταλέγονται τα αρμόδια υπουργεία.

Φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης

Οι φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης έχουν άμεση ευθύνη εφαρμογής του υπερκείμενου θεσμικού πλαισίου για τη διαχείριση των αποβλήτων σε επίπεδο περιφέρειας ή δήμου, αλλά και ελέγχου των δραστηριοτήτων εντός της επικράτειάς τους για τον περιορισμό των παραβάσεων σε θέματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων. Σημαντικός είναι ο ρόλος τους για την καταγραφή δεδομένων που θα χρησιμεύσουν στον σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων, ενώ παράλληλα φέρουν σημαντικό μέρος της ευθύνης για την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση της κοινωνίας. Στους φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης περιλαμβάνονται οι περιφέρειες, οι δήμοι και οι Αναπτυξιακές Εταιρείες Τοπικής Αυτοδιοίκησης.

Επιστημονικοί και ερευνητικοί φορείς

Οι επιστημονικοί και ερευνητικοί φορείς έχουν αποκλειστικό ρόλο στην επιστημονική και τεχνική ανάλυση της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων και, ως εκ τούτου, αποτελούν σημαντικό σύμβουλο για τους υπόλοιπους εμπλεκόμενους φορείς και πρέπει να τοποθετούνται δημόσια για θέματα διαχείρισης αποβλήτων για την πληροφόρηση της κοινωνίας. Κρίσιμη είναι η συμβολή τους στην ανάπτυξη νέων καινοτόμων μεθόδων και τεχνολογιών διαχείρισης αποβλήτων για μεγιστοποίηση της απόδοσης και ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, αλλά και στην έρευνα και καταγραφή δεδομένων για τον κλάδο των υγρών αποβλήτων. Στους επιστημονικούς και ερευνητικούς φορείς περιλαμβάνονται τα ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και τα ερευνητικά κέντρα ή ινστιτούτα.

Εκπαιδευτικοί φορείς

Οι εκπαιδευτικοί φορείς αναλαμβάνουν το βασικό μερίδιο ευθύνης για την ενημέρωση, την ευαισθητοποίηση και την εκπαίδευση της κοινωνίας για την ορθή διαχείριση και τον περιορισμό των υγρών αποβλήτων, αλλά και την υιοθέτηση των πολιτικών διαχείρισης. Ιδιαίτερη σημασία έχει η επαγγελματική εκπαίδευση για ένα επαρκώς καταρτισμένο ανθρώπινο δυναμικό σε επαγγέλματα που σχετίζονται με τη διαχείριση υγρών αποβλήτων. Στους εκπαιδευτικούς φορείς ανήκουν όλες οι μονάδες εκπαίδευσης, όλων των βαθμίδων.

Φορείς διαχείρισης υγρών αποβλήτων

Στην Ελλάδα η διαχείριση των υγρών αποβλήτων σε δημόσιο επίπεδο μέσω των μονάδων βιολογικού καθαρισμού γίνεται από τους φορείς Ύδρευσης και Αποχέτευσης. Ρόλος τους είναι να διασφαλίσουν την απαραίτητη παροχή νερού για τις ανθρώπινες δραστηριότητες, μεριμνώντας παράλληλα για την απομάκρυνση και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Οι περιβαλλοντικές τεχνολογίες αναπτύσσονται συνεχώς και οι φορείς αυτοί χρειάζεται να παραμένουν ενημερωμένοι, συντηρώντας και ανανεώνοντας τις υποδομές διαχείρισης. Σε αυτήν την κατηγορία συγκαταλέγονται η Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (ΕΥΔΑΠ), η Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης (ΕΥΑΘ) και η Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ΕΔΕΥΑ).

Φορείς παραγωγικών κλάδων

Στην Ελλάδα υφίσταται ένας μεγάλος αριθμός φορέων παραγωγικών κλάδων, που οργανώνουν και κατευθύνουν τον ιδιωτικό τομέα σε μεγάλο βαθμό. Σημαντικός είναι ο ρόλος τους για τη διαχείριση αποβλήτων στη μεταφορά και καλλιέργεια των περιβαλλοντικών αξιών στους υποκείμενους οργανισμούς, αλλά και το ανθρώπινο δυναμικό. Παράλληλα, οι φορείς αυτοί διαθέτουν άριστη γνώση των κλάδων που διέπουν λόγω της άμεσης εμπλοκής τους, καθιστώντας τους ικανούς συμβούλους. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα σχετικά επιμελητήρια, επιτροπές, συμβούλια και σύνδεσμοι του ιδιωτικού τομέα.

Ιδιωτικές επιχειρήσεις

Οι ιδιωτικές επιχειρήσεις αποτελούν έναν βασικό παραγωγό υγρών αποβλήτων και ευρύτερα συντελεστή της οικονομίας. Χρειάζεται να επικεντρωθούν στον περιορισμό των υγρών αποβλήτων από τις δραστηριότητές τους, προχωρώντας ακόμη σε δράσεις περιβαλλοντικού οφέλους στο πλαίσιο της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης και της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού. Μεταξύ αυτών βρίσκονται επιχειρήσεις, των οποίων η οικονομική δραστηριότητα περιλαμβάνει υπηρεσίες, όπως μελέτες και συμβουλευτική, και τεχνολογικά προϊόντα σε θέματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων, σε άλλους εμπλεκόμενους φορείς. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν, επομένως, επιχειρήσεις από τον κλάδο περιβαλλοντικών υπηρεσιών και από τους κλάδους με σημαντική παραγωγή αποβλήτων, όπως είναι ο τουρισμός, η γεωργία, η εστίαση κ.ά.

Μη Κερδοσκοπικοί Οργανισμοί

Οι Μη Κερδοσκοπικοί Οργανισμοί (ΜΚΟ) έχουν κεντρικό ρόλο στην ενημέρωση, στην ευαισθητοποίηση και την κινητοποίηση των πολιτών για περιορισμό των αποβλήτων και στην υιοθέτηση των αναγκαίων πολιτικών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ΜΚΟ στον τομέα του Περιβάλλοντος.

Βιομηχανία

Μεγάλο μερίδιο των υγρών αποβλήτων που άπτονται ορθής διαχείρισης είναι τα παραγόμενα από τη βιομηχανία, τα οποία μάλιστα στις περισσότερες των περιπτώσεων αποτελούν πρόκληση στη διαχείριση και επαναξιοποίηση. Η ελληνική βιομηχανία θα χρειαστεί να περιορίσει την ποσότητα υγρών αποβλήτων στο ελάχιστο, προχωρώντας παράλληλα σε πρακτικές βιομηχανικής συμβίωσης σε περιπτώσεις γεωγραφικής συνοχής. Ακόμη, ως οργανισμός φέρει κοινωνική ευθύνη για δράσεις περιβαλλοντικού οφέλους και καλλιέργεια περιβαλλοντικών αξιών στο ανθρώπινο δυναμικό του. Οι φορείς αυτοί περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μερίδιο της βιομηχανίας που παράγει ως υποπροϊόντα υγρά απόβλητα.

Καταναλωτές

Εμπλεκόμενος φορέας σε όλες τις διαδικασίες είναι οι πολίτες, που στην προκειμένη συμμετέχουν ως καταναλωτές. Βασικός τους ρόλος για βιώσιμη διαχείριση των υγρών αποβλήτων είναι ο περιορισμός του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος με τον περιορισμό των υγρών τους αποβλήτων από τις δραστηριότητές τους και η παρακολούθηση και υιοθέτηση των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών. Σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται οι πολίτες μέσα από την εκπροσώπησή τους από φορείς καταναλωτών και διαφόρων κοινωνικών ομάδων.

3.2. Υφιστάμενη διαχείριση υγρών αποβλήτων

Η αποτελεσματική διαχείριση των υγρών αποβλήτων συμβάλλει στη μείωση της ρύπανσης των υδατικών πόρων και στην επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης. Παράλληλα, η συμμόρφωση με τις ευρωπαϊκές Οδηγίες και το θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση των αποβλήτων αποτελεί βασικό ζητούμενο για τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στο πλαίσιο αυτό, η παρακολούθηση της προόδου των ευρωπαϊκών χωρών βασίζεται σε συγκεκριμένους δείκτες, ένας εκ των οποίων είναι το ποσοστό του πληθυσμού που συνδέεται με δημόσιο δίκτυο αποχέτευσης και εξυπηρετείται από ΕΕΛ.

Ο δείκτης αυτός εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό (%) και δεν περιλαμβάνει ιδιωτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε περιοχές όπου η δημιουργία δημόσιου αποχετευτικού δικτύου δεν θεωρείται οικονομικά βιώσιμη. Η ύπαρξη αποδοτικών και ευρείας κάλυψης υποδομών επεξεργασίας λυμάτων αποτελεί δείκτη ανάπτυξης, καθώς συνδέεται άμεσα με τη βελτίωση της ποιότητας ζωής και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Παρότι για ορισμένα έτη δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα, παρατηρείται γενικά μια σταθερή αύξηση της κάλυψης του πληθυσμού, με σαφή βελτίωση ανά πενταετία. Η τάση αυτή αποτυπώνεται σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες, υποδεικνύοντας τόσο την τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων όσο και τη δέσμευση των κρατών-μελών για τη βελτίωση των υποδομών τους, σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές της ΕΕ (Eurostat, 2023).

Πίνακας 8. Εξέλιξη ποσοστού του πληθυσμού που είναι συνδεδεμένο τουλάχιστον σε δευτεροβάθμια εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ανά χώρα (2000-2021)

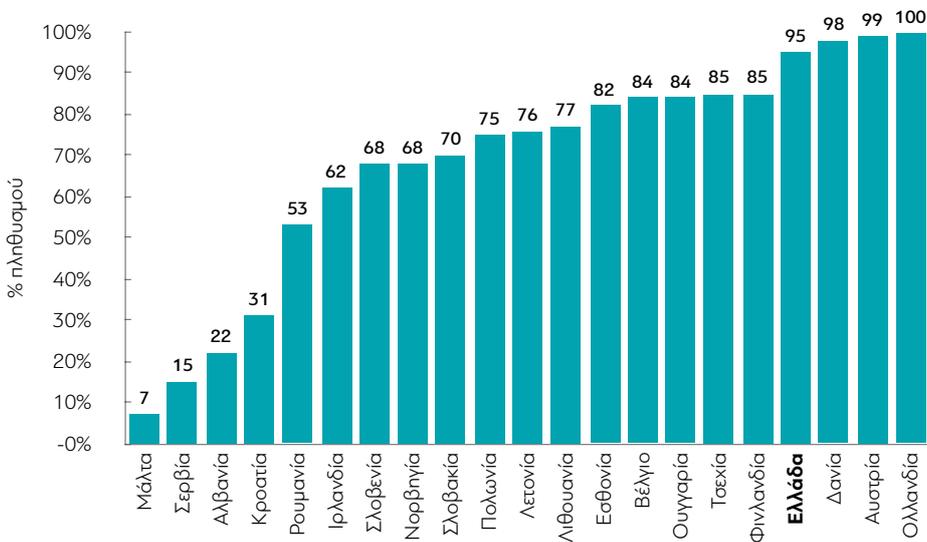
	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Βέλγιο	41%	54%	75%	82%	84%	84%
Βουλγαρία	36%	38%	45%	61%	65%	-
Τσεχία	-	73%	77%	81%	83%	85%
Δανία	93%	-	93%	97%	98%	98%
Γερμανία	-	97%	96%	96%	96%	-
Εσθονία	69%	78%	79%	83%	83%	82%
Ιρλανδία	29%	59%	65%	61%	62%	62%
Ελλάδα	-	-	87%	93%	95%	95%
Ισπανία	80%	93%	93%	85%	87%	-
Γαλλία	77%	80%	78%	80%	80%	-
Κροατία	-	-	37%	37%	37%	31%
Ιταλία	-	54%	-	60%	-	-
Κύπρος	14%	30%	-	-	83%	-
Λετονία	53%	63%	59%	73%	77%	76%
Λιθουανία	-	47%	64%	72%	77%	77%
Λουξεμβούργο	-	-	-	-	-	-
Ουγγαρία	30%	42%	70%	76%	81%	84%
Μάλτα	11%	13%	7%	7%	7%	7%
Ολλανδία	98%	99%	99%	99%	100%	100%
Αυστρία	85%	90%	94%	97%	99%	99%
Πολωνία	50%	58	65%	73%	75%	75%
Πορτογαλία	-	43%	56%	-	-	-
Ρουμανία	-	17%	23%	40%	52%	53%
Σλοβενία	12%	32%	52%	57%	69%	68%
Σλοβακία	-	-	-	64%	69%	70%
Φινλανδία	80%	82%	83%	85%	85%	85%
Σουηδία	94%	94%	94%	95%	96%	-
Ισλανδία	0%	2%	1%	-	-	-
Νορβηγία	-	-	48%	51%	67%	68%
Ελβετία	96%	97%	98%	-	-	-
Ηνωμένο Βασίλειο	91%	99%	100%	-	-	-
Βοσνία	9%	10%	11%	12%	30%	-
Αλβανία	-	-	-	8%	31%	22%
Σερβία	5%	6%	9%	11%	14%	15%
Τουρκία	18%	29%	38%	55%	61%	-

Πηγή: Eurostat Data Browser (n.d.a). Population connected to at least secondary wastewater treatment [sdg_06_20].

Στο **Σχήμα 4** απεικονίζεται το ποσοστό του πληθυσμού που, το 2021, συνδέεται σε κάποια μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων τουλάχιστον δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Επισημαίνεται ότι στο γράφημα περιλαμβάνονται μόνο οι ευρωπαϊκές χώρες για τις οποίες υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα για το συγκεκριμένο έτος, ενώ οι υπόλοιπες εξαιρέθηκαν.

Σύμφωνα με τα δεδομένα, η Ολλανδία κατέχει την πρωτοκαθεδρία στην Ευρώπη, με το 100% του πληθυσμού της να είναι συνδεδεμένο σε εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων. Η Ελλάδα καταλαμβάνει την 4η θέση πανευρωπαϊκά, με το 95% του πληθυσμού της να εξυπηρετείται από υποδομές επεξεργασίας λυμάτων, γεγονός που υποδηλώνει τη σημαντική πρόοδο της χώρας στον τομέα της διαχείρισης υγρών αποβλήτων. Προηγούνται η Δανία και η Αυστρία, με ποσοστά 98% και 99% αντίστοιχα, καταδεικνύοντας υψηλό επίπεδο κάλυψης και συμμόρφωσης με τις ευρωπαϊκές περιβαλλοντικές απαιτήσεις (Water Reuse Europe, n.d.).

Σχήμα 4. Ποσοστό πληθυσμού συνδεδεμένο τουλάχιστον σε δευτεροβάθμια εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ανά χώρα (2021)

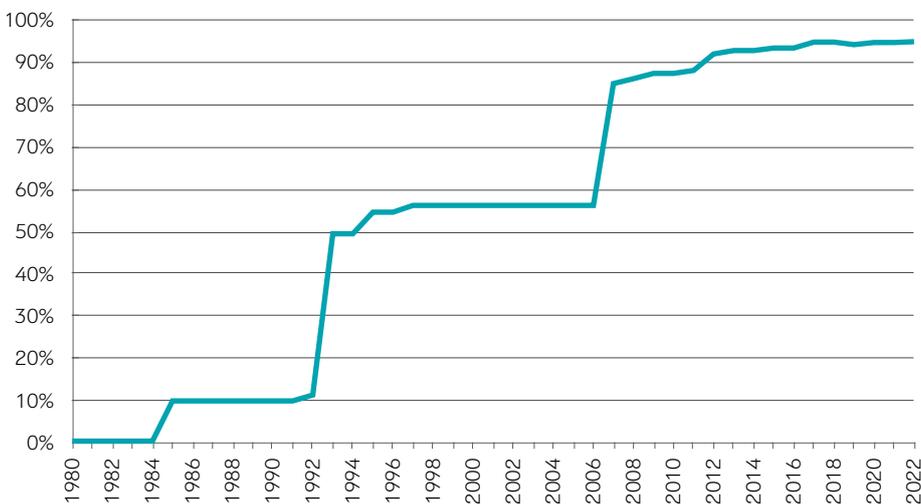


Πηγή: Eurostat Data Browser (n.d.a). Population connected to at least secondary wastewater treatment [sdg_06_20].

Στο ακόλουθο **Σχήμα 5** παρουσιάζεται η εξέλιξη της Ελλάδας αναφορικά με την επεξεργασία υγρών αποβλήτων στο χρονικό διάστημα 2007-2023. Συγκεκριμένα, το Σχήμα απεικονίζει το ποσοστό του πληθυσμού που είναι συνδεδεμένο σε κάποια εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων (OECD, 2021· Eurostat Data Browser, n.d.a). Αν και ο άξονας καλύπτει την περίοδο 1980-2023, τα διαθέσιμα δεδομένα για την Ελλάδα αρχίζουν να εμφανίζονται ουσιαστικά μετά το 2007, οπότε και αποτυπώνεται η πρώτη σαφής

αύξηση της κάλυψης. Από το σημείο αυτό και έπειτα παρατηρείται έντονα ανοδική τάση, η οποία συνεχίζεται σταθερά έως το 2023, αντικατοπτρίζοντας τη σημαντική ενίσχυση των υποδομών επεξεργασίας λυμάτων στη χώρα. Αντιθέτως, η καμπύλη της ΕΕ παρουσιάζει διαθέσιμα δεδομένα από πολύ νωρίτερα και σταθερότερα επίπεδα κάλυψης. Η σύγκλιση που καταγράφεται την τελευταία δεκαετία υποδηλώνει την ταχεία πρόοδο της Ελλάδας στον τομέα αυτόν.

Σχήμα 5. Εξέλιξη της σύνδεσης του πληθυσμού της Ελλάδας σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων



Πηγή: Επεξεργασία συγγραφικής ομάδας από OECD (2021). *Wastewater treatment* και Eurostat Data Browser (n.d.a). *Population connected to at least secondary wastewater treatment* [sdg_06_20].

Σε συνδυασμό με το παραπάνω Σχήμα, στον ακόλουθο **Πίνακα 9** παρουσιάζεται αναλυτικά η ποσοστιαία εξέλιξη του πληθυσμού της Ελλάδας που είναι συνδεδεμένος σε κάποια μορφή εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων κατά την περίοδο 1980-2023. Παρότι για ορισμένα έτη δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά δεδομένα, η γενική τάση αποδεικνύει τη συνεχή αύξηση της κάλυψης του πληθυσμού με υποδομές επεξεργασίας λυμάτων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην τελευταία δεκαετία (2007-2023), όπου παρουσιάζεται αναλυτικά, για κάθε έτος, η αύξηση του ποσοστού σύνδεσης του πληθυσμού σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων (OECD, 2021).

Πίνακας 9. Ποσοστό πληθυσμού της Ελλάδας συνδεδεμένο σε κάποια εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων

Έτος	Ποσοστό πληθυσμού (%)
1980	0,5
1985	10
1992	11,4
1993	49,5
1995	54,6
1997	56,2
2007	85
2008	86,15
2009	87,4
2010	87,4
2011	88,1
2012	92
2013	92,8
2014	92,8
2015	93,4
2016	93,4
2017	94,8
2018	94,8
2019	94,2
2020	94,7
2021	94,7

Πηγή: OECD (2021). *Wastewater treatment*.

Αναφορικά με την απότομη αύξηση που παρατηρείται το 1993, αυτή αποδίδεται πρωτίστως στην έναρξη λειτουργίας μεγάλων κεντρικών Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα την ΕΕΛ Ψυττάλειας, που εξυπηρετεί το Λεκανοπέδιο της Αθήνας. Παράλληλα, καθοριστικό ρόλο διαδραμάτισε η αλλαγή της μεθοδολογίας αποτύπωσης και καταγραφής, όπως αυτή καθορίστηκε από την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ. Συνεπώς, η μεταβολή δεν αντανακλά αιφνίδια ανάπτυξη υποδομών σε εθνική κλίμακα, αλλά μια συνδυασμένη θεσμική και τεχνική τομή, η οποία κατέστη στατιστικά ορατή κατά το συγκεκριμένο έτος.

3.2.1. Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων

Η σημαντική πρόοδος που έχει σημειωθεί στην Ελλάδα όσον αφορά τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων αποτυπώνεται τόσο στη συνεχή αύξηση της κάλυψης του πληθυσμού με ΕΕΛ όσο και στην εφαρμογή στρατηγικών και έργων υποδομής.

Από τη δεκαετία του 1990, η χώρα έχει υλοποιήσει σταδιακά έργα συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων, με βασικούς στόχους τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτινων αποδεκτών, την προστασία των παράκτιων περιοχών και τη συμμόρφωση με τις ευρωπαϊκές περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Πλέον, οι περισσότερες πόλεις διαθέτουν αποχετευτικά δίκτυα και ΜΕΛ που καταλήγουν σε μονάδες επεξεργασίας βιολογικού καθαρισμού πριν από τη διάθεσή τους στους τελικούς υδάτινους αποδέκτες (θάλασσα, λίμνες, ποτάμια). Ωστόσο, παρά τη σημαντική πρόοδο, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις που απαιτούν άμεσες παρεμβάσεις. Πολλές ΜΕΛ αντιμετωπίζουν λειτουργικά προβλήματα, επηρεάζοντας την αποδοτικότητα της επεξεργασίας, ενώ εξακολουθεί να είναι ζητούμενο η ανάπτυξη λύσεων για μικρούς πληθυσμούς (κάτω των 2.000 ισοδύναμων κατοίκων). Παράλληλα, ένα σημαντικό ποσοστό των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης παρουσιάζει απώλειες λόγω διαρροών, επιβαρύνοντας τόσο την επάρκεια των υδατικών πόρων όσο και την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης λυμάτων (Σουφλή, 2023).

- Η Ελλάδα οφείλει να επιταχύνει τις προσπάθειές της για τη διαχείριση των αστικών λυμάτων και καλείται να ανταποκριθεί με μεγαλύτερη ταχύτητα και αποτελεσματικότητα στις διεθνείς υποχρεώσεις της για τη διαχείριση των αστικών λυμάτων. Σε αυτό το πλαίσιο, οι αρμόδιες Αρχές έχουν εκπονήσει το Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Υποδομών Λυμάτων για οικισμούς άνω των 2.000 ισοδύναμων κατοίκων, το οποίο περιλαμβάνει 13 περιφερειακά σχέδια σε όλη τη χώρα.

Για τον σχεδιασμό και την εφαρμογή του Εθνικού Επιχειρησιακού Σχεδίου Υποδομών Λυμάτων υπογράφηκε τον Ιούνιο του 2017 η Επιτελική Προγραμματική Σύμβαση για τη «Μελέτη, κατασκευή και λειτουργία των έργων διαχείρισης λυμάτων των οικισμών Γ΄ Προτεραιότητας στην Ελλάδα», σε επιχειρησιακό επίπεδο από την Τεχνική Γραμματεία Λυμάτων (Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων, 2025).

Στόχος του επιχειρησιακού σχεδίου είναι η βελτίωση του προγραμματισμού και της παρακολούθησης της κατασκευής και λειτουργίας των απαραίτητων έργων με βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων από το Εταιρικό Σύμφωνο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΣΠΑ) 2014-2020 και συμπληρωματικά από εθνικούς πόρους. Η ανάγκη ολοκλήρωσης και λειτουργίας των υποδομών αυτών χρήζει άμεσης διευθέτησης, δεδομένου ότι η χώρα απειλείται με επιβολή προστίμων από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τη μη τήρηση υποχρεώσεων συμμόρφωσης, ήδη από το 2005.

Ένας από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό και την υλοποίηση των έργων διαχείρισης λυμάτων είναι η **κατηγοριοποίηση των οικισμών**. Αυτή η ταξινόμηση εξυπηρετεί τους παρακάτω σκοπούς:

- Επιτρέπει στις αρμόδιες Αρχές να διαθέτουν πόρους και να προγραμματίζουν δράσεις με βάση τη σημασία και την επείγουσα ανάγκη παρέμβασης σε κάθε οικισμό.
- Συνεισφέρει στην προτεραιοποίηση των επενδύσεων και των δράσεων βελτίωσης της υποδομής διαχείρισης λυμάτων, διασφαλίζοντας ότι πιο κρίσιμες περιοχές αντιμετωπίζονται πρώτες.

3.2.2. Οικισμοί προτεραιότητας

Στο πλαίσιο του Εθνικού Επιχειρησιακού Σχεδίου Λυμάτων Οικισμών Προτεραιότητας, που συνδέεται με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, έχει διαμορφωθεί συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση των οικισμών της χώρας. Οι οικισμοί κατατάσσονται σε Α΄, Β΄ και Γ΄ προτεραιότητας με βάση τους ισοδύναμους κατοίκους τους και τον τύπο του αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων, ως εξής:

- **Οικισμοί Α΄ προτεραιότητας:** (έτος ολοκλήρωσης έργων 1998 με βάση την Οδηγία) οικισμοί με πληθυσμό άνω των 10.000 ισοδύναμων κατοίκων και εκροή σε ευαίσθητο αποδέκτη.
- **Οικισμοί Β΄ προτεραιότητας:** (έτος ολοκλήρωσης έργων 2000 με βάση την Οδηγία) οικισμοί με πληθυσμό άνω των 15.000 ισοδύναμων κατοίκων και εκροή σε κανονικό (δηλαδή, όχι ευαίσθητο) αποδέκτη.
- **Οικισμοί Γ΄ προτεραιότητας:** (έτος ολοκλήρωσης έργων 2005 με βάση την Οδηγία) οικισμοί με πληθυσμό 2.000 έως 10.000 ισοδύναμους κατοίκους και εκροή σε οποιονδήποτε αποδέκτη και οικισμοί με πληθυσμό 10.000 έως 15.000 ισοδύναμους κατοίκους και εκροή σε κανονικό αποδέκτη.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Εθνικού Επιχειρησιακού Σχεδίου Λυμάτων, στο σύνολο της χώρας και των **13 περιφερειών**, έχουν καταγραφεί **482 οικισμοί προτεραιότητας**, κατηγοριοποιημένοι ως εξής:

- Δεκαεννέα (19) οικισμοί ως Α΄ προτεραιότητας.
- Εξήντα τέσσερις (64) οικισμοί ως Β΄ προτεραιότητας.
- Τριακόσιοι ενενήντα εννέα (399) οικισμοί ως Γ΄ προτεραιότητας.

Οι συνολικοί ισοδύναμοι κάτοικοι που καλύπτονται από τους 482 αυτούς οικισμούς ανέρχονται στα 11.924.420 άτομα. Η αναλυτική κατανομή έχει ως εξής:

- Α΄ προτεραιότητας: 6.599.387 ισοδύναμοι κάτοικοι.
- Β΄ προτεραιότητας: 3.206.977 ισοδύναμοι κάτοικοι.
- Γ΄ προτεραιότητας: 2.114.506 ισοδύναμοι κάτοικοι.

Η κατάταξη όλων των οικισμών προτεραιότητας της χώρας συνοψίζεται ως ακολούθως στον **Πίνακα 10**, στον οποίο παρουσιάζονται και τα ποσοστά συμμόρφωσης και μη των οικισμών στις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ.

Πίνακας 10. Κατανομή οικισμών προτεραιότητας, ανά προτεραιότητα και ποσοστό συμμόρφωσης

Οικισμός	Αριθμός οικισμών	Σύνολο ισοδύναμων κατοίκων	Αριθμός σε συμμόρφωση	Συμμόρφωση (%)	Μη συμμόρφωση (%)
Οικισμοί Α΄ προτεραιότητας	19	6.599.387	16	84	16
Οικισμοί Β΄ προτεραιότητας	64	3.206.977	56	87,5	12,5
Οικισμοί Γ΄ προτεραιότητας	399	2.114.506	182	46	54
Σύνολο	482	11.920.870	254	53	47

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Στο Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων εντάσσονται συνολικά 482 οικισμοί προτεραιότητας. Από αυτούς, 254 οικισμοί, ποσοστό λίγο πάνω από το 50%, έχουν επιτύχει συμμόρφωση με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ (Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων, 2025). Ωστόσο, το γεγονός ότι σχεδόν το ήμισυ των οικισμών εξακολουθεί να βρίσκεται εκτός συμμόρφωσης υπογραμμίζει την ανάγκη για επιτάχυνση της υλοποίησης των απαιτούμενων έργων επεξεργασίας και διαχείρισης λυμάτων. Οι ελλείψεις αυτές ενδέχεται να οδηγήσουν σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αλλά και χρηματικές κυρώσεις από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή λόγω μη τήρησης των προθεσμιών συμμόρφωσης.

Στον **Πίνακα 11**, που ακολουθεί, παρουσιάζεται η κατανομή των οικισμών προτεραιότητας ανά περιφέρεια, καθώς και το ποσοστό αυτών που έχουν συμμορφωθεί με τις προβλέψεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ.

Η Κεντρική Μακεδονία διαθέτει τον μεγαλύτερο αριθμό οικισμών προτεραιότητας στη χώρα, με 105 οικισμούς, αριθμός σχεδόν διπλάσιος από την επόμενη περιφέρεια, τη Στερεά Ελλάδα, η οποία περιλαμβάνει 53 οικισμούς. Ακολουθεί η Αττική με 49 οικισμούς. Αντίθετα, οι περιφέρειες με τον μικρότερο αριθμό οικισμών είναι τα Ιόνια Νησιά (13), η Δυτική Μακεδονία (15) και το Βόρειο Αιγαίο (16).

Αναφορικά με τη συμμόρφωση των οικισμών σε επίπεδο περιφέρειας, παρατηρείται από τον **Πίνακα 11** ότι τα Ιόνια Νησιά έχουν το υψηλότερο ποσοστό συμμόρφωσης, ήτοι 92%, ακολουθούμενα από τη Δυτική Μακεδονία με συμμόρφωση οικισμών 80%. Ωστόσο, ο μικρός αριθμός οικισμών

στις περιφέρειες αυτές μπορεί να δημιουργήσει παραμορφωμένη εικόνα στην ποσοστιαία ανάλυση.

Αναφορικά με τα επίπεδα μη συμμόρφωσης, η Αττική παρουσιάζει τον χαμηλότερο βαθμό συμμόρφωσης, καθώς μόλις το 16% των οικισμών που την απαρτίζουν βρίσκεται σε συμμόρφωση. Ακολουθεί η Στερεά Ελλάδα, με το ποσοστό συμμόρφωσης των οικισμών να μην ξεπερνά το 34%.

Πίνακας 11. Κατανομή οικισμών προτεραιότητας, ανά περιφέρεια και ποσοστό συμμόρφωσης

Περιφέρεια	Σύνολο οικισμών	Οικισμοί σε συμμόρφωση	Οικισμοί σε μη συμμόρφωση	Ποσοστό συμμόρφωσης
Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης	36	21	15	58%
Αττικής	49	8	41	16%
Βορείου Αιγαίου	16	7	9	44%
Δυτικής Ελλάδας	35	17	18	49%
Δυτικής Μακεδονίας	15	12	3	80%
Ηπείρου	22	14	8	64%
Θεσσαλίας	36	17	19	47%
Ιονίων Νήσων	13	12	1	92%
Κεντρικής Μακεδονίας	105	65	40	62%
Κρήτης	30	21	9	70%
Νοτίου Αιγαίου	36	22	14	61%
Πελοποννήσου	36	20	16	56%
Στερεάς Ελλάδας	53	18	35	34%
Σύνολο	482	254	228	53%

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Ανάλυση σε απόλυτους αριθμούς

Η απεικόνιση των δεδομένων σε απόλυτους αριθμούς επιτρέπει μια πιο σαφή κατανόηση της κατάστασης. Στις περισσότερες περιφέρειες, οι οικισμοί που έχουν συμμορφωθεί με την Οδηγία υπερτερούν αυτών που δεν έχουν συμμορφωθεί. **Εξαιρέση αποτελούν η Αττική και η Στερεά Ελλάδα**, όπου οι μη συμμορφούμενοι οικισμοί είναι **σημαντικά περισσότεροι** από τους συμμορφούμενους.

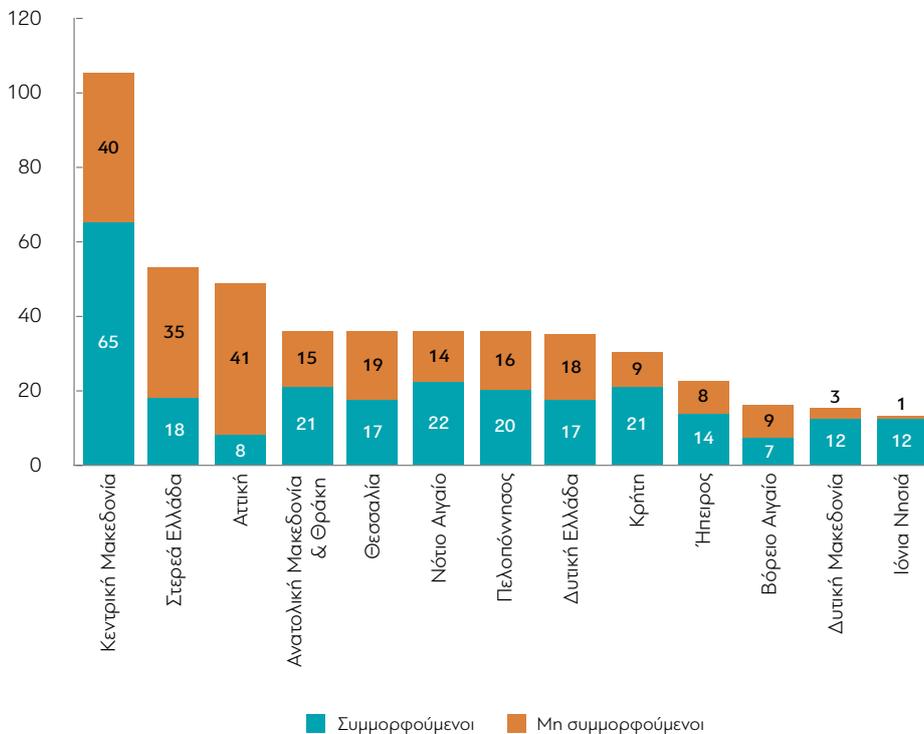
- **Αττική:** 41 οικισμοί σε μη συμμόρφωση έναντι μόλις 8 σε συμμόρφωση.
- **Στερεά Ελλάδα:** 35 οικισμοί σε μη συμμόρφωση έναντι 18 σε συμμόρφωση.

Επιπλέον, στο **Βόρειο Αιγαίο, στη Δυτική Ελλάδα και τη Θεσσαλία**, οι οικισμοί σε μη συμμόρφωση υπερτερούν των συμμορφούμενων, αλλά με

μικρή διαφορά (κατά 1-2 οικισμών), γεγονός που υποδηλώνει μια σχετική ισορροπία.

Στο ακόλουθο **Σχήμα 6** παρουσιάζεται η κατανομή των συμμορφούμενων και μη συμμορφούμενων οικισμών ανά περιφέρεια, ώστε να αποτυπωθεί πιο ξεκάθαρα η διαφορά ανάμεσα στις περιοχές με σημαντική καθυστέρηση και σε αυτές που έχουν σημειώσει πρόοδο στην επεξεργασία αστικών λυμάτων.

Σχήμα 6. Αριθμός συμμορφούμενων και μη συμμορφούμενων οικισμών προτεραιότητας, ανά περιφέρεια



Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Αναφορικά με τους 228 οικισμούς που δεν συμμορφώνονται με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, στον **Πίνακα 12** κατατάσσονται οι οικισμοί αυτοί σύμφωνα με τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν.

Επίσης, ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή των κατηγοριών αυτών, προσφέροντας μια πιο σαφή εικόνα των ζητημάτων που καθιστούν δύσκολη τη συμμόρφωση των εν λόγω οικισμών με την ευρωπαϊκή νομοθεσία.

Πίνακας 12. Κατηγοριοποίηση των οικισμών προτεραιότητας σε μη συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ

Κατηγοριοποίηση των μη συμμορφούμενων οικισμών προτεραιότητας, με βάση τον τρόπο αντιμετώπισης	Αριθμός οικισμών			
	Α΄ & Β΄	Γ΄	Σύνολο	Σύνολο (%)
Οικισμοί σε συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	72	182	254	53%
Οικισμοί σε μη συμμόρφωση	11	217	228	47%
Οικισμοί με πλήρεις λειτουργικές υποδομές και ελλιπείς συνδέσεις ή μετρήσεις εκροής (εν δυνάμει C)	1	13	14	6%
Οικισμοί με παλιότερα κατασκευασμένα έργα (δικτύων και ΕΕΛ), τα οποία εμφανίζουν προβλήματα	0	7	7	3%
Οικισμοί με ενταγμένα ή υπό ένταξη έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, με σχεδιασμό ολοκλήρωσης στη συγκεκριμένη προγραμματική περίοδο	7	129	136	60%
Οικισμοί με ενταγμένα ή υπό ένταξη έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, χωρίς σχεδιασμό ολοκλήρωσης στη συγκεκριμένη προγραμματική περίοδο	1	22	23	10%
Οικισμοί με ανάγκες σε υποδομές (κατασκευή ή συμπλήρωση) ενταγμένες σε εθνικούς πόρους – Ωριμα	2	20	22	10%
Οικισμοί με ανάγκες σε υποδομές (κατασκευή ή συμπλήρωση) και ωριμότητα μελετών, χωρίς διασφάλιση χρηματοδότησης κατά την τρέχουσα περίοδο	0	2	2	0,5%
Οικισμοί με ανάγκες σε υποδομές (κατασκευή ή συμπλήρωση), χωρίς την ωριμότητα μελετών – Ανώριμα	0	24	24	10,5%
Σύνολο	83	399	482	100%

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Αναφορικά με τη νέα προγραμματική περίοδο 2021-2027, πρέπει να σημειωθεί ότι οι οικισμοί με ενταγμένα έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, που θα ολοκληρωθούν στην προγραμματική περίοδο ΕΣΠΑ 2021-2027, ανέρχονται συνολικά σε 74, εκ των οποίων οι 9 είναι οικισμοί Α΄ και Β΄ προτεραιότητας, ενώ οι υπόλοιποι είναι Γ΄ προτεραιότητας.

Οικισμοί με πλήρεις λειτουργικές υποδομές και ελλιπείς συνδέσεις ή μετρήσεις εκροής (εν δυνάμει C)

Στην κατηγορία αυτήν εντάσσονται 14 οικισμοί από τους 228 που δεν είναι σε πλήρη συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ. Ειδικότερα, πρόκειται για οικισμούς προτεραιότητας οι οποίοι έχουν υλοποιήσει τις απαραίτητες υποδομές για τη διαχείριση των λυμάτων τους, αλλά δεν έχουν ολοκληρωθεί πλήρως οι συνδέσεις των ιδιωτικών κτηρίων ή η καταγραφή των μετρήσεων εκροής. Αυτοί οι οικισμοί δεν απαιτούν επιπλέον υποδομές, καθώς οι βασικές λειτουργικές υποδομές είναι ήδη παρούσες.

Οι οικισμοί αυτοί καταγράφονται ως «εν δυνάμει συμμορφούμενοι» και η ολοκλήρωση των υποχρεώσεων εξαρτάται από την ενεργοποίηση των αρμόδιων φορέων για την ολοκλήρωση των ιδιωτικών συνδέσεων και

τη σωστή λειτουργία των υποδομών. Επίσης, είναι απαραίτητο οι φορείς λειτουργίας των συγκεκριμένων οικισμών να καταχωρίσουν τις μετρήσεις εκροής στις βάσεις δεδομένων του ΥΠΕΝ.

Στον **Πίνακα 13**, που ακολουθεί, παρουσιάζεται η καταγραφή των οικισμών που εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία ανά περιφέρεια (Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων, 2025).

Πίνακας 13. Οικισμοί προτεραιότητας με πλήρεις λειτουργικές υποδομές και ελλείψεις συνδέσεις ή μετρήσεις εκροής

Περιφέρεια	Αριθμός οικισμών
Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης	1
Αττικής	1
Δυτικής Ελλάδας	3
Θεσσαλίας	1
Κεντρικής Μακεδονίας	2
Κρήτης	1
Νοτίου Αιγαίου	1
Πελοποννήσου	3
Στερεάς Ελλάδας	1
Σύνολο	14

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025).
Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Οικισμοί με παλαιότερα κατασκευασμένα έργα (δικτύων και ΕΕΛ), τα οποία εμφανίζουν προβλήματα

Σε αυτήν την κατηγορία εμπίπτουν 7 οικισμοί από τους 228 που δεν είναι σε συμμόρφωση συνολικά. Σε κάποιους οικισμούς προτεραιότητας, η κατασκευή των αναγκαίων υποδομών έχει ολοκληρωθεί, αλλά έχουν καταστεί μη λειτουργικές, με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η αναβάθμισή τους, προκειμένου να καλύπτονται οι απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ. Στον **Πίνακα 14**, που ακολουθεί, καταγράφονται, ανά περιφέρεια, οι οικισμοί που εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία (Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων, 2025).

Πίνακας 14. Οικισμοί προτεραιότητας με παλιότερα κατασκευασμένα έργα (δικτύων και ΕΕΛ), τα οποία εμφανίζουν προβλήματα

Περιφέρεια	Αριθμός οικισμών
Αττικής	1
Βορείου Αιγαίου	2
Δυτικής Ελλάδας	1
Κεντρικής Μακεδονίας	1
Στερεάς Ελλάδας	2
Σύνολο	7

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Οικισμοί με ενταγμένα ή υπό ένταξη έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, με σχεδιασμό ολοκλήρωσης στη συγκεκριμένη προγραμματική περίοδο

Σε αυτήν την κατηγορία εμπίπτουν 136 οικισμοί από τους 228 που δεν είναι σε συμμόρφωση συνολικά. Οι αναγκαίες υποδομές διαχείρισης λυμάτων για αυτούς τους οικισμούς δεν έχουν συμμορφωθεί με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ, αλλά διαθέτουν την απαραίτητη ωριμότητα σε επίπεδο μελετών και απαιτούμενων αδειοδοτήσεων για την έναρξη κατασκευής των έργων αυτών. Στον **Πίνακα 15**, που ακολουθεί, καταγράφονται ανά περιφέρεια οι οικισμοί που εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία (Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων, 2025).

Πίνακας 15. Οικισμοί προτεραιότητας με ενταγμένα ή υπό ένταξη έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, με σχεδιασμό ολοκλήρωσης στην παρούσα προγραμματική περίοδο

Περιφέρεια	Αριθμός οικισμών
Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης	11
Κεντρικής Μακεδονίας	25
Δυτικής Μακεδονίας	3
Ηπείρου	7
Θεσσαλίας	14
Ιονίων Νήσων	0
Δυτικής Ελλάδας	11
Στερεάς Ελλάδας	23
Αττικής	22
Πελοποννήσου	4
Βορείου Αιγαίου	3
Κρήτης	7
Νοτίου Αιγαίου	6
Σύνολο	136

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Οικισμοί με ενταγμένα ή υπό ένταξη έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, χωρίς σχεδιασμό ολοκλήρωσης στη συγκεκριμένη προγραμματική περίοδο

Σε αυτήν την κατηγορία εμπίπτουν 23 οικισμοί από τους 228 που δεν είναι σε συμμόρφωση συνολικά, με ενταγμένα ή υπό ένταξη έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, με δυνατότητα ολοκλήρωσης στην επόμενη προγραμματική περίοδο. Στον **Πίνακα 16** καταγράφονται, ανά περιφέρεια, οι οικισμοί που εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία (Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων, 2025).

Πίνακας 16. Οικισμοί προτεραιότητας με ενταγμένα ή υπό ένταξη έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, χωρίς σχεδιασμό ολοκλήρωσης στην παρούσα προγραμματική περίοδο

Περιφέρεια	Αριθμός οικισμών
Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης	2
Κεντρικής Μακεδονίας	3
Θεσσαλίας	1
Στερεάς Ελλάδας	4
Αττικής	2
Πελοποννήσου	6
Βορείου Αιγαίου	3
Δυτικής Ελλάδας	1
Ηπείρου	1
Σύνολο	23

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Οικισμοί με ανάγκες σε υποδομές (κατασκευή ή συμπλήρωση) ενταγμένες σε εθνικούς πόρους & ΤΑΑ-Ωριμα

Σε αυτήν την κατηγορία εμπίπτουν 22 οικισμοί από τους 228 που δεν είναι σε συμμόρφωση συνολικά. Με τον όρο ώριμα έργα νοούνται τα έργα υποδομών σε οικισμούς για τα οποία έχουν ολοκληρωθεί οι μελέτες και οι διαδικασίες αδειοδότησης, έχει εξασφαλιστεί η χρηματοδότηση και είναι έτοιμα να προχωρήσουν σε υλοποίηση. Ο όρος χρησιμοποιείται στο πλαίσιο του **Εθνικού Επιχειρησιακού Σχεδίου Λυμάτων** (Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων, 2025). Στον **Πίνακα 17** καταγράφονται, ανά περιφέρεια, οι οικισμοί που εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία.

Πίνακας 17. Οικισμοί προτεραιότητας με ανάγκες σε υποδομές (κατασκευή ή συμπλήρωση) ενταγμένες σε εθνικούς πόρους και ΤΑΑ-Ωριμα

Περιφέρεια	Αριθμός οικισμών
Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης	1
Πελοποννήσου	3
Στερεάς Ελλάδας	5
Δυτικής Ελλάδας	1
Αττικής	2
Κρήτης	2
Κεντρικής Μακεδονίας	2
Βορείου Αιγαίου	1
Θεσσαλίας	2
Νοτίου Αιγαίου	3
Σύνολο	22

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025).
Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Οικισμοί με ανάγκες σε υποδομές (κατασκευή ή συμπλήρωση) και ωριμότητα μελετών, χωρίς προγραμματισμό χρηματοδότησης κατά την τρέχουσα περίοδο

Ένας μικρός αριθμός οικισμών, 2 στον αριθμό, και συγκεκριμένα στην Περιφέρεια Αττικής, με ανάγκες σε υποδομές, που διαθέτουν ωριμότητα μελετών, δεν έχουν διασφαλίσει χρηματοδότηση κατά την τρέχουσα περίοδο (Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων, 2025).

Οικισμοί με ανάγκες σε υποδομές (κατασκευή ή συμπλήρωση) χωρίς την απαιτούμενη ωριμότητα μελετών-Ανώριμα

Απομένει ένας αριθμός οικισμών Γ΄ προτεραιότητας, για τους οποίους δεν έχει ολοκληρωθεί η σύνταξη των απαραίτητων μελετών και, επομένως, δεν διαθέτουν ωριμότητα εκτέλεσης έργων. Πρόκειται για 24 οικισμούς στο σύνολο. Αυτή η κατηγορία των οικισμών βρίσκεται πιο μακριά χρονικά από την κάλυψη των υποχρεώσεων με βάση την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ. Στον Πίνακα 18 καταγράφονται, ανά περιφέρεια, οι οικισμοί που εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία.

Πίνακας 18. Οικισμοί προτεραιότητας με ανάγκες σε υποδομές (κατασκευή ή συμπλήρωση) χωρίς την απαιτούμενη ωριμότητα μελετών-Ανώριμα

Περιφέρεια	Αριθμός οικισμών
Αττικής	11
Δυτικής Ελλάδας	1
Θεσσαλίας	1
Ιονίων Νήσων	1
Κεντρικής Μακεδονίας	7
Νοτίου Αιγαίου	3
Σύνολο	24

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Οικισμοί Δ΄ προτεραιότητας

Μία από τις πιο σημαντικές κατηγορίες για τη διαχείριση λυμάτων στην Ελλάδα αφορά τους οικισμούς Δ΄ προτεραιότητας. Πρόκειται για οικισμούς με πληθυσμό αιχμής <2.000 ισοδύναμων κατοίκων, οι οποίοι δεν εξυπηρετούνται, μέχρι και σήμερα, από κάποιο δίκτυο αποχέτευσης. Εκτιμάται ότι η συνολική τους πληθυσμιακή κάλυψη ανέρχεται σε περίπου 2,5 εκατομμύρια ισοδύναμους κατοίκους.

Για την πλήρη εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ είναι απαραίτητο να ληφθεί υπ' όψιν και η διαχείριση των λυμάτων αυτών των οικισμών. Στη σημερινή τους κατάσταση, τα αστικά λύματα αυτών των οικισμών αποχετεύονται είτε σε απορροφητικούς βόθρους είτε σε δίκτυα ομβρίων, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται σοβαρά το περιβάλλον. Η υφιστάμενη πρακτική οδηγεί σε ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων.

Παρόλο που για τους οικισμούς Δ΄ προτεραιότητας δεν προβλέπεται θεσμική υποχρέωση για την κατασκευή δικτύου αποχέτευσης, απαιτείται η εφαρμογή άλλων κατάλληλων συστημάτων για την αποδοτική διαχείριση και επεξεργασία των λυμάτων. Αυτά τα συστήματα μπορεί να περιλαμβάνουν μικρής κλίμακας ΕΕΛ ή άλλες τεχνολογίες που είναι κατάλληλες για την κλίμακα αυτών των οικισμών.

3.2.3. Ανάγκες οικισμών προς συμμόρφωση

Οι **εν δυνάμει συμμορφούμενοι οικισμοί** αποτελούν το 6% των μη συμμορφούμενων οικισμών. Πρόκειται για οικισμούς στους οποίους δεν έχουν ολοκληρωθεί οι ιδιωτικές συνδέσεις ή παρατηρούνται ελλείψεις στις μετρήσεις εκροής. Για αυτές τις περιπτώσεις έχει προβλεφθεί δαπάνη κατασκευής της εξωτερικής διακλάδωσης της σύνδεσης των ιδιοκτησιών, παρέχοντας οικονομικά κίνητρα, ενώ έχει θεσπιστεί και δεσμευτικό χρονοδιάγραμμα για

τους ιδιοκτήτες με ποινές. Παράλληλα, οι φορείς λειτουργίας είναι υπεύθυνοι για την αποτελεσματική λειτουργία και συντήρηση των εγκαταστάσεων.

Το 3% των οικισμών σε μη συμμόρφωση αφορά **οικισμούς με προβληματικές δομές**, δηλαδή με έργα που έχουν ολοκληρωθεί παλαιότερα (κυρίως προ εικοσαετίας) και εμφανίζουν προβλήματα, λόγω της παρατεταμένης μη λειτουργίας των ΕΕΛ που οδήγησε σε καταστροφή του εξοπλισμού, της εισροής θαλασσινού νερού λόγω ελλείψεων στεγανότητας, προκαλώντας προβλήματα λειτουργίας, της καθυστερημένης ή ελλιπούς σύνδεσης στο δίκτυο και της υπερδιαστασιολόγησης των εγκαταστάσεων. Η υπερδιαστασιολόγηση οδηγεί σε περιορισμένη αποτελεσματικότητα και αξιοποίηση των έργων, καθώς οι εγκαταστάσεις είχαν αρχικά σχεδιαστεί για να καλύψουν στο μέλλον και οικισμούς του δήμου που δεν ήταν οικισμοί προτεραιότητας και στους οποίους τελικά δεν κατασκευάστηκε δίκτυο.

Για την αντιμετώπιση της υπερδιαστασιολόγησης, πλέον, για τα ανώριμα έργα, ο σχεδιασμός γίνεται με βάση τους ισοδύναμους κατοίκους του ΥΠΕΝ, προβλέποντας πληθυσμιακή αύξηση 130% στην 20ετία. Για τα ώριμα έργα, γίνεται έλεγχος του σχεδιασμού για να καλύπτει το έργο στην 20ετία το 130% του σημερινού πληθυσμού αιχμής των οικισμών.

Σχετικά με την ανακατασκευή των ΕΕΛ και σύμφωνα με την εξαμηνιαία αναφορά της Τεχνικής Γραμματείας Λυμάτων του Δεκεμβρίου του 2023, έχουν καταγραφεί οι ανάγκες αποκατάστασης των υποδομών και έχουν προϋπολογιστεί οι απαραίτητες μελέτες και το κόστος των έργων για κάθε οικισμό. Σε συνεργασία με το υπουργείο Εσωτερικών, έχει προγραμματιστεί η χρηματοδότηση από Πρόγραμμα Εθνικών Πόρων για την αποκατάσταση των προβληματικών υποδομών, συνολικού κόστους €16.000.000.

Οι **οικισμοί με ενταγμένα ή υπό ένταξη έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, για τους οποίους προβλεπόταν η ολοκλήρωση στη συγκεκριμένη προγραμματική περίοδο**, αποτελούν το 80% των μη συμμορφούμενων οικισμών. Πρόκειται για οικισμούς που διαθέτουν την απαραίτητη ωριμότητα σε επίπεδο μελετών και απαιτούμενων αδειοδοτήσεων για την έναρξη κατασκευής των έργων. Ειδικότερα, οι υποδομές που απαιτούνταν για την ολοκλήρωση των έργων αυτών επρόκειτο να καλυφθούν από τους διαθέσιμους πόρους των Επιχειρησιακών Προγραμμάτων του ΕΣΠΑ 2014-2020 (κατά κύριο λόγο από το πρόγραμμα «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη – ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ»). Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι για τους 46 από τους 182 οικισμούς τα έργα έχουν ολοκληρωθεί, οι οικισμοί θεωρούνται πλέον σε συμμόρφωση με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ και συμπεριλαμβάνονται στους 254 οικισμούς σε συμμόρφωση. Συνολικά, τα έργα έχουν ενταχθεί σε χρηματοδότηση από τα ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ και ΠΕΠ 2014-2020, η οποία ανέρχεται σε €1.197.321.078.

Οι οικισμοί με ενταγμένα ή υπό ένταξη έργα στο ΕΣΠΑ 2014-2020, με δυνατότητα ολοκλήρωσης στην επόμενη προγραμματική περίοδο, ανέρχονται σε 23, ενώ επιπλέον δύο οικισμοί, με ανάγκες σε υποδομές δικτύου αποχέτευσης και ΕΕΛ, **προβλέπεται να χρηματοδοτηθούν από το ΕΣΠΑ 2021-2027**. Τέλος, 22 οικισμοί έχουν ενταγμένα έργα σε προγράμματα που χρηματοδοτούνται από εθνικούς πόρους. Όσα από τα έργα αυτά είναι επιλέξιμα για συγχρηματοδότηση θα υποβληθούν προς ένταξη στο ΕΣΠΑ, ενώ τα υπόλοιπα θα συνεχίσουν να υλοποιούνται με εθνικούς πόρους.

Για τους οικισμούς Γ΄ προτεραιότητας, οι οποίοι δεν διαθέτουν ωριμότητα εκτέλεσης έργων, καθώς δεν έχουν ολοκληρωθεί οι μελέτες τους, προβλέπεται χρηματοδότηση από το ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ. Οι προϋπολογισμοί των έργων για τους 24 οικισμούς που παρουσιάζονται στον κάτωθι **Πίνακα 19** είναι ενδεικτικοί. Οι τελικοί προϋπολογισμοί θα οριστικοποιηθούν με την ολοκλήρωση των απαραίτητων μελετών.

Στον **Πίνακα 19** παρουσιάζεται αναλυτικά ο καταμερισμός για τη χρηματοδότηση των τεχνικών προβλημάτων των οικισμών προτεραιότητας, σύμφωνα με το Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Πίνακας 19. Καταμερισμός χρηματοδότησης για την επίλυση των τεχνικών προβλημάτων των οικισμών προτεραιότητας (€)

Οικισμοί Γ' ανά περιφέρεια		Οικισμοί σε συμμόρφωση	Οικισμοί με ολοκληρωμένα έργα μετά το ΕΣΠΑ 2007-2013	Οικισμοί με προβληματικές υποδομές		Συγχρηματοδότηση ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ ΚΑΙ ΠΕΠ 2014-2020*						Οικισμοί με ώριμα έργα ενταγμένα σε εθνικούς πόρους		Οικισμοί με ανάγκες υποδομών με προγραμματισμό συγχρηματοδότησης από ΕΣΠΑ 2021-2027			
Περιφέρεια	Αριθμός οικισμών	Ο οικισμοί με ολοκληρωμένα έργα	Οικισμοί με ολοκληρωμένα έργα	Αριθμός οικισμών	Έργα υποκατάστασης υποδομών με προβλήματα	Οικισμοί όπου προβλέπονται έργα από ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ		Οικισμοί όπου προβλέπονται έργα από ΕΠ ΥΜΕΠΕΡΑΑ με εκχώρηση σε ΕΥΔ ΠΕΡ		Οικισμοί με έργα ΕΤΠΑ από ΠΕΠ		Οικισμοί με έργα από εθνικούς πόρους		Οικισμοί με άμεσα ώριμα έργα		Οικισμοί με ανώριμα έργα	
						Αριθμός Οικισμών	Ποσά για έργα (€)	Αριθμός Οικισμών	Ποσά για έργα (€)	Αριθμός Οικισμών	Ποσά για έργα (€)	Αριθμός Οικισμών	Ποσά για έργα (€)	Αριθμός Οικισμών	Ποσά για έργα (€)	Αριθμός Οικισμών	Ποσά για έργα (€)
Αν. Μακεδονίας & Θράκης	36	21	1	0	0	10	44.317.121	5	27.071.112	0	0	1	1.935.160	0	0	0	0
Αττική	49	8	1	1	2.000.000	11	113.936.206	10	175.497.334	1	29.273.008	2	16.533.289	2	381.502.882	11	323.200.000
Βορείου Αιγαίου	16	7	0	2	3.000.000	0	0	2	16.992.362	1	4.025.642	1	1.601.000	0	0	0	0
Δυτικής Ελλάδας	35	17	3	1	5.000.000	13	78.796.438	1	14.782.439	0	0	1	1.500.00	0	0	1	3.544.230
Δυτικής Μακεδονίας	15	12	0	0	0	2	8.130.021	3	5.722.520	0	0	0	0	0	0	0	0
Ηπείρου	22	14	0	0	0	4	38.336.845	1	6.826.342	2	26.719.374	0	0	0	0	0	0
Θεσσαλίας	36	17	1	0	0	5	35.282.692	11	43.742.350	0	0	2	0	0	0	1	6.895.000
Ιονίων Νήσων	13	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6.668.595
Κεντρικής Μακεδονίας	105	65	2	1	1.000.000	23	104.863.117	15	88.099.027	0	0	2	5.757.636	0	0	7	26.390.00
Κρήτης	30	21	1	0	0	7	25.171.661	1	3.857.072	1	6.520.528	2	2.800.00	0	0	0	0
Νοτίου Αιγαίου	36	22	1	0	0	9	34.184.562	5	28.923.389	0	0	3	13.644.948	0	0	3	25.200.00
Πελοποννήσου	36	20	3	0	0	6	29.317.598	2	12.954.236	0	0	3	12.011.680	0	0	0	0
Στερέας Ελλάδας	53	18	1	2	5.000.000	17	140.200.771	14	53.777.311	0	0	5	2.910.000	0	0	0	0
Σύνολο οικισμών	482	254	14	7		107		70		5		22		2		24	
Μερικά σύνολα σε ευρώ (€)					16.000.000		652.537.032		478.245.495		66.538.552		58.693.713		381.502.882		391.897.825
Προϋπολογισμοί σε ευρώ (€)	2.815.561.935		Εθνικοί πόροι	74.693.713													
			ΕΣΠΑ	2.740.868.222								1.197.321.078				773.400.707	

* Περιλαμβάνονται και 14 οικισμοί που είναι ήδη συμμορφωμένοι.

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

3.2.4. Συμμόρφωση και επιβολή προστίμων

Από την παραπάνω ανάλυση καθίσταται σαφές ότι ο στόχος του Εθνικού Επιχειρησιακού Σχεδίου Λυμάτων για τους οικισμούς προτεραιότητας είναι η ολοκλήρωση των απαραίτητων έργων κατασκευής δικτύων και εγκαταστάσεων διαχείρισης αστικών αποβλήτων το συντομότερο και με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ. Η συμμόρφωση με την Οδηγία δεν συνιστά απλώς μια νομική υποχρέωση για τη χώρα, αλλά έχει ουσιαστική συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος και στη διασφάλιση της δημόσιας υγείας.

Η Ελλάδα είχε την υποχρέωση από το 2005 να συμμορφωθεί με την Κοινοτική Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για τους οικισμούς με πληθυσμό άνω των 2.000 ισοδύναμων κατοίκων, η οποία προβλέπει ότι όλοι αυτοί οι οικισμοί πρέπει να διαθέτουν δίκτυα και εγκαταστάσεις διαχείρισης των αστικών αποβλήτων. Η μη συμμόρφωση έχει οδηγήσει στην επιβολή προστίμων στους φορείς διαχείρισης από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με τη χώρα να καταβάλλει μεγάλα ποσά από το 2007 λόγω κυρώσεων.

Ειδικότερα, μία περίπτωση επιβολής προστίμου στην Ελλάδα λόγω μη συμμόρφωσης με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ αφορά σε έξι οικισμούς της Ανατολικής Αττικής, οι οποίοι διαπιστώθηκε ότι δεν είχαν συμμορφωθεί με την Οδηγία έως το 2015 (InfoCuria - Case Law, 2024). Ως αποτέλεσμα επιβλήθηκε στην Ελλάδα, από το Δικαστήριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πρόστιμο κατ' αποκοπήν ύψους €10 εκατ. και χρηματική ποινή €3,64 εκατ. ανά εξάμηνο καθυστέρησης. Το Δικαστήριο είχε διαπιστώσει ήδη από το 2007 την πρώτη παράβαση της Ελλάδας· στη συνέχεια, όμως, η χώρα παραβίασε και την υποχρέωση συμμόρφωσης προς την απόφαση αυτήν, στοιχείο που συνιστά δεύτερη, αυτοτελή παράβαση.

Επιπλέον, το 2018, το Δικαστήριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποφάνθηκε ότι η Ελλάδα, μη λαμβάνοντας τα αναγκαία μέτρα για την εγκατάσταση αποχετευτικού δικτύου των αστικών λυμάτων σε περιοχή της Ελευσίνας και μη υποβάλλοντας σε επεξεργασία αυστηρότερη της δευτεροβάθμιας τα αστικά λύματα της περιοχής αυτής πριν από την απόρριψή τους στην ευαίσθητη περιοχή του κόλπου της Ελευσίνας, παραβίασε τις υποχρεώσεις για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018). Για την εν λόγω παράβαση, το Δικαστήριο επέβαλε στην Ελλάδα κατ' αποκοπήν πρόστιμο και χρηματική ποινή ανά εξάμηνο καθυστέρησης στην εφαρμογή των αναγκαίων μέτρων.

Παράλληλα, η Ελλάδα το 2020 έλαβε από την ευρωπαϊκή κοινότητα νέα προειδοποιητική επιστολή με επιβολή νέων βαρύτερων προστίμων σε περίπτωση που δεν πραγματοποιηθούν τα αναγκαία έργα που προβλέπονται από το Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Στο πλαίσιο αυτό, η Τεχνική Γραμματεία Λυμάτων παρακολουθεί συστηματικά την εξέλιξη των έργων, παρεμβαίνει όταν παραστεί ανάγκη και καταθέτει προτάσεις για τη διασφάλιση της ορθής λειτουργίας των έργων, όταν οριστικοποιηθεί η κατασκευή τους. Στόχος είναι η αποφυγή περαιτέρω αστοχιών και η αποτροπή νέων προστίμων για τη μη συμμόρφωση των οικισμών.

3.2.5. Αυστηροποίηση Ευρωπαϊκής Οδηγίας

Τον Οκτώβριο του 2022, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε την αναθεώρηση της Οδηγίας για την επεξεργασία αστικών λυμάτων, ευθυγραμμίζοντάς την με τους στόχους της ΕΕ για το κλίμα, την κυκλική οικονομία και τη μείωση της ρύπανσης (European Parliament, 2024). Αυτή η νομοθετική πρωτοβουλία αποτελεί έναν πυλώνα της ευρωπαϊκής στρατηγικής για τη βιώσιμη ανάπτυξη, με σκοπό την ενίσχυση της προστασίας της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος. Λίγο καιρό αργότερα, τον Απρίλιο του 2024, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ενέκρινε τη νέα αναθεώρηση των προτύπων για τη διαχείριση των υδάτων και την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, με στόχο να καλύψει τις αυξανόμενες ανάγκες για έναν πιο βιώσιμο και υγιεινό τρόπο ζωής.

Ειδικότερα, οι βασικές διατάξεις της αναθεώρησης περιλαμβάνουν τα εξής:

- Μέχρι το 2035, τα αστικά λύματα θα υποβάλλονται σε δευτερογενή επεξεργασία, δηλαδή απομάκρυνση της βιοαποδομήσιμης οργανικής ύλης, πριν απορριφθούν στο περιβάλλον, σε όλους τους οικισμούς με πληθυσμό 1.000 ισοδύναμων κατοίκων.
- Μέχρι το 2039, η τριτοβάθμια επεξεργασία, ήτοι η αφαίρεση αζώτου και φωσφόρου, θα εφαρμόζεται σε όλες τις ΜΕΛ που καλύπτουν πληθυσμό 150.000 ισοδύναμων κατοίκων και άνω.
- Μέχρι το 2045, η τριτοβάθμια επεξεργασία θα εφαρμόζεται σε όλες τις ΜΕΛ που καλύπτουν πληθυσμό 10.000 ισοδύναμων κατοίκων και άνω.
- Μία πρόσθετη επεξεργασία, τετάρτου βαθμού, μέσω της οποίας θα αφαιρείται ένα ευρύ φάσμα μικρορύπων, θα είναι υποχρεωτική για όλες τις εγκαταστάσεις που καλύπτουν πληθυσμό άνω των 150.000 ισοδύναμων κατοίκων (και άνω των 10.000 ισοδύναμων κατοίκων βάσει αξιολόγησης κινδύνου) έως το 2045.

Η παρακολούθηση θα περιλαμβάνει αυστηρά κριτήρια για την ανίχνευση ιών, παθογόνων, χημικών ρύπων και άλλων επικίνδυνων ουσιών, διασφαλίζοντας ότι η δημόσια υγεία και το περιβάλλον προστατεύονται σε όλα τα επίπεδα της διαδικασίας επεξεργασίας.

Ταυτόχρονα, οι χώρες της ΕΕ θα ενθαρρυνθούν να προωθήσουν την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων σε περιοχές που αντιμετωπίζουν

υδατική πίεση, παρέχοντας βιώσιμες λύσεις για την αποτελεσματική αξιοποίηση των πόρων και τη μείωση της εξάρτησης από φυσικούς υδατικούς πόρους, ιδίως σε περιοχές που πλήττονται από ξηρασίες και άλλες περιβαλλοντικές πιέσεις.

3.3. Υπάρχοντα συστήματα και υποδομές στην Ελλάδα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συστήματα διαχείρισης των υγρών αποβλήτων που εντοπίζονται στην Ελλάδα και διαχειρίζονται τόσο από τον δημόσιο τομέα όσο και από τον ιδιωτικό. Επιπλέον, εξετάζεται και η διαχείριση της ιλύος στην Ελλάδα, ως βασικού παραπροϊόντος της επεξεργασίας λυμάτων, η οποία είναι κρίσιμη για την περιβαλλοντική προστασία και τη βιώσιμη αξιοποίησή της.

3.3.1. Δημόσια συστήματα και υποδομές

Στην Ελλάδα, η διαχείριση των υγρών αποβλήτων πραγματοποιείται μέσω ΕΕΛ, οι οποίες είναι ειδικά διαμορφωμένες για τη σωστή επεξεργασία των αποβλήτων. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι μέθοδοι επεξεργασίας των λυμάτων που εφαρμόζονται στις υφιστάμενες ΕΕΛ, με βάση τα δεδομένα που αντλήθηκαν από τη Γενική Γραμματεία Συντονισμού Διαχείρισης Αποβλήτων του υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ) (Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων, 2025).

Τα καταγεγραμμένα δεδομένα καταδεικνύουν την ύπαρξη συνολικά 275 ΕΕΛ στις 13 περιφέρειες της Ελλάδας, με έτη λειτουργίας που κυμαίνονται από το 1980 για τις παλαιότερες μονάδες έως το 2023 για τις πιο πρόσφατες. Η Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας καταγράφει τον μεγαλύτερο αριθμό ΕΕΛ, με 67 μονάδες, ενώ ακολουθεί η Στερεά Ελλάδα με 30 ΕΕΛ. Αντίθετα, οι Περιφέρειες Αττικής, Βορείου Αιγαίου, Δυτικής Μακεδονίας, Ηπείρου και Ιονίων Νήσων περιλαμβάνουν μικρότερο αριθμό ΕΕΛ, με 12, 11, 11, 10 και 12 αντίστοιχα.

Αναφορικά με τη **συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ**, από τις συνολικά 275 ΕΕΛ, οι 169, δηλαδή το 61%, είναι σε πλήρη συμμόρφωση. Εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι σε κάθε περιφέρεια το ποσοστό των ΕΕΛ που συμμορφώνονται με την εν λόγω Οδηγία ξεπερνά το 50%. Χαρακτηριστικά, στη Δυτική Μακεδονία, το 82% των ΕΕΛ (9 από 11) είναι σε συμμόρφωση, ενώ στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, το 75% των ΕΕΛ (18 από 24) πληρούν τις απαιτήσεις. Αντίθετα, η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας καταγράφει το χαμηλότερο ποσοστό συμμόρφωσης, με μόλις το 47% των ΕΕΛ να είναι σε συμφωνία με την Οδηγία, το οποίο είναι αισθητά

χαμηλότερο σε σύγκριση με τις υπόλοιπες περιφέρειες. Επιπλέον, δεν παρατηρείται σαφής σύνδεση μεταξύ του έτους ίδρυσης των ΕΕΛ και του βαθμού συμμόρφωσης αυτών.

Επιπλέον, φαίνεται να υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ των οικισμών που ανήκουν σε Α΄, Β΄ και Γ΄ προτεραιότητα και της συμμόρφωσης των ΕΕΛ. Συγκεκριμένα, το 53% των 482 οικισμών και το 61% των 275 ΕΕΛ είναι σε συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ. Αντίστοιχα, η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας παρουσιάζει το χαμηλότερο ποσοστό συμμόρφωσης τόσο σε επίπεδο ΕΕΛ όσο και σε επίπεδο οικισμών, με ποσοστά 34% και 47%, αντίστοιχα. Παρομοίως, η Περιφέρεια Θεσσαλίας καταγράφει 47% συμμόρφωση για τους οικισμούς και 50% για τις ΕΕΛ.

Ο **Πίνακας 20** παρατίθεται για να αποτυπώσει αναλυτικά τον αριθμό των ΕΕΛ ανά περιφέρεια, καθώς και τα ποσοστά συμμόρφωσης με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.

Πίνακας 20. Κατανομή των ΕΕΛ ανά περιφέρεια στο σύνολο της χώρας

Περιφέρεια	Σε συμμόρφωση	Σε μη συμμόρφωση	Σύνολο ΕΕΛ	Ποσοστό ΕΕΛ σε συμμόρφωση
Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης	18	6	24	75%
Αττικής	7	5	12	58%
Βορείου Αιγαίου	8	3	11	73%
Δυτικής Ελλάδας	13	6	19	68%
Δυτικής Μακεδονίας	9	2	11	82%
Ηπείρου	8	2	10	80%
Θεσσαλίας	9	9	18	50%
Ιονίων Νήσων	6	6	12	50%
Κεντρικής Μακεδονίας	35	22	57	61%
Κρήτης	13	11	24	54%
Νοτίου Αιγαίου	13	10	23	57%
Πελοποννήσου	16	8	24	67%
Στερεάς Ελλάδας	14	16	30	47%
Σύνολο	169	106	275	61%

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

Αναφορικά με την **ακολουθούμενη μέθοδο επεξεργασίας των λυμάτων**, παρατηρείται ότι από το σύνολο των 275 ΕΕΛ της χώρας, οι 158, δηλαδή το 57%, εφαρμόζουν κάποια μέθοδο επεξεργασίας, ενώ οι υπόλοιπες 117 δεν αναφέρουν την εφαρμογή καμίας διαδικασίας επεξεργασίας. Ο **Πίνακας 21** παραθέτει αναλυτικά τις μεθόδους επεξεργασίας λυμάτων που εφαρμόζονται

στις υφιστάμενες ΕΕΛ και τον αριθμό των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν κάθε μέθοδο.

Πίνακας 21. Μέθοδοι επεξεργασίας λυμάτων στις υφιστάμενες ΕΕΛ

Μέθοδος επεξεργασίας λυμάτων	Αριθμός ΕΕΛ
Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου και απολύμανση	60
Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου και απολύμανση	32
Δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση	24
Άλλη αυστηρότερη επεξεργασία	15
Δευτεροβάθμια επεξεργασία	11
Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου	8
Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου	7
Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση φωσφόρου και απολύμανση	1
Σύνολο	158

Πηγή: Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων.

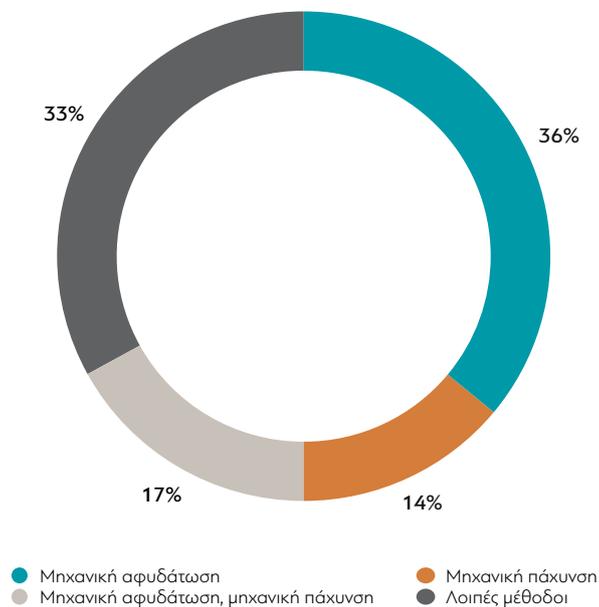
Η δευτεροβάθμια επεξεργασία λυμάτων με απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου, καθώς και η απολύμανση αποτελούν τη δημοφιλέστερη μέθοδο επεξεργασίας, εφαρμοζόμενη από το 38% των ΕΕΛ που πραγματοποιούν επεξεργασία. Ακολουθεί η δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου και απολύμανση, η οποία εφαρμόζεται από το 20% των ΕΕΛ.

Αξιοσημείωτο είναι ότι από τις 158 ΕΕΛ που εφαρμόζουν μεθόδους επεξεργασίας, οι 128 είναι σε συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, ενώ μόνο οι 30 δεν τηρούν την εν λόγω νομοθεσία. Αυτό υποδηλώνει ότι η επεξεργασία λυμάτων εφαρμόζεται σε μεγάλο ποσοστό από τις συμμορφούμενες με την Οδηγία ΕΕΛ. Σημειώνεται, επίσης, ότι δεν παρατηρείται συσχέτιση μεταξύ της μεθόδου επεξεργασίας και της γεωγραφικής περιφέρειας.

Αναφορικά με την επεξεργασία ιλύος, παρατηρείται ότι το 57% των ΕΕΛ (158 από τις 275) εφαρμόζει κάποια μέθοδο επεξεργασίας ιλύος, ενώ το υπόλοιπο 43% (117 ΕΕΛ) δεν αναφέρει εφαρμογή τέτοιας μεθόδου. Από τις 158 ΕΕΛ που πραγματοποιούν επεξεργασία ιλύος, οι 128 είναι σε συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.

Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος επεξεργασίας ιλύος είναι η μηχανική αφυδάτωση, η οποία εφαρμόζεται από 57 ΕΕΛ, ακολουθούμενη από τη μηχανική πάχυνση, που εφαρμόζεται από 23 ΕΕΛ. Στο παρακάτω **Σχήμα 7**, παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των δημοφιλέστερων μεθόδων επεξεργασίας ιλύος.

Σχήμα 7. Απεικόνιση των μεθόδων επεξεργασίας της ιλύος από τις υφιστάμενες ΕΕΛ



Πηγή: ΥΜΕΠΕΡΑΑ (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα: Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη 2014-2020) και ίδια επεξεργασία.

Συνεχίζοντας με την αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης, γίνεται μια περαιτέρω **ανάλυση στην εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στις υπάρχουσες υποδομές των ΕΕΛ σε εθνικό επίπεδο**. Παρατηρείται ότι η εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης αποβλήτων είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Συγκεκριμένα, μόνο 2 από τις 275 ΕΕΛ εφαρμόζουν επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων. Πρόκειται για τις εγκαταστάσεις της Παροικιάς στον Δήμο Πάρου και των Μολάων στον Δήμο Μονεμβασιάς. Και οι 2 ΕΕΛ είναι σε συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ και, εκτός από την επεξεργασία λυμάτων, πραγματοποιούν και επεξεργασία και διάθεση της παραγόμενης ιλύος.

Στις υπόλοιπες ΕΕΛ της χώρας, η διάθεση των υγρών αποβλήτων γίνεται σε κάποιον υδάτινο αποδέκτη, γεγονός που καθιστά δύσκολη την εναρμόνιση με τους στόχους της ΕΕ για κυκλική οικονομία και βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα παραπάνω ευρήματα αντανακλούν τις διαπιστώσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας, η οποία αναφέρει ότι η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων παραμένει περιορισμένη τόσο στην Ελλάδα όσο και σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες.

Πίνακας 22. Παρουσίαση των ΕΕΛ που πραγματοποιούν επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων

Όνομα ΕΕΛ	Πάρος (Παροικιά)	Μολάοι
Κωδικός ΕΕΛ	EL422015014	EL2540110125
Περιφέρεια	Νοτίου Αιγαίου	Πελοποννήσου
Έτος έναρξης λειτουργίας	2001	2018
Σε συμμόρφωση	✓	✓
Μέθοδος επεξεργασίας λυμάτων	Άλλη αυστηρότερη επεξεργασία	Άλλη αυστηρότερη επεξεργασία
Μέθοδος επεξεργασίας ιλύος	Μηχανική αφυδάτωση	Άλλη αυστηρότερη επεξεργασία
Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων	1.870 m ³ /έτος σε έκταση 15 km ²	16.162 m ³ /έτος σε έκταση 1.293 km ²
Διάθεση παραγόμενης ιλύος σε τόνους των ξηρών στερεών (dry solids)/έτος	328	42
Διάθεση παραγόμενης ιλύος σε ποσοστό στερεών παραγόμενης ιλύος	82%	22%

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας & Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων (x.x.). *Wastewater Treatment Plants*.

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μια ανάλυση σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση της ιλύος που εμπεριέχεται στα υγρά απόβλητα. Οχτώ ΕΕΛ στη χώρα εφαρμόζουν επαναχρησιμοποίηση της παραγόμενης ιλύος, εκ των οποίων 2 δεν συμμορφώνονται με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ. Στις υπόλοιπες ΕΕΛ, η ιλύς καταλήγει συνήθως σε ΧΥΤΑ, προκαλώντας περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Από τις 8 ΕΕΛ που επαναχρησιμοποιούν την ιλύ, οι 5 εφαρμόζουν κομποστοποίηση για τη διάθεσή της. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με τη διεθνή βιβλιογραφία, η οποία καταδεικνύει την περιορισμένη αξιοποίηση των συστατικών της ιλύος στην Ελλάδα. Αναλυτικά, οι ΕΕΛ που πραγματοποιούν επαναχρησιμοποίηση ιλύος παρατίθενται στον **Πίνακα 23**.

Πίνακας 23. Παρουσίαση των ΕΕΛ που πραγματοποιούν διάθεση της παραγόμενης ιλύος για επαναχρησιμοποίηση

Όνομα ΕΕΛ	Πάτρα	Ναύπακτος	Πύργος	Θέρμη	Νεάπολη	Λεωνίδιο	Θεσσαλονίκη	Ψιττάλεια
Κωδικός ΕΕΛ	EL232001014	EL231019013	EL233001017	EL1220180315	EL2540040124	EL2520140127	EL122001013	EL300001011
Περιφέρεια	Δυτικής Ελλάδας	Δυτικής Ελλάδας	Δυτικής Ελλάδας	Κεντρικής Μακεδονίας	Πελοποννήσου	Πελοποννήσου	Κεντρικής Μακεδονίας	Αττικής
Έτος έναρξης λειτουργίας	2001	2000	2002	1993	2020	2023	2000	1994
Σε συμμόρφωση	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Μέθοδος επεξεργασίας λυμάτων	Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου, και απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου	Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου	Δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση	Άλλη αυστηρότερη επεξεργασία	Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου και απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου και απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου
Μέθοδος επεξεργασίας ιλύος	Μηχανική αφυδάτωση	Ηλιακή ξήρανση	Μηχανική πάχυνση	Μηχανική αφυδάτωση	Άλλη αυστηρότερη επεξεργασία	Μηχανική πάχυνση	Πάχυνση σε βαρυντικούς παχυντές, μηχανική πάχυνση, αναερόβια σταθεροποίηση, μηχανική αφυδάτωση, θερμική ξήρανση	Θερμική ξήρανση
Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων	Δεν αναφέρεται	Δεν αναφέρεται	Δεν αναφέρεται	Δεν αναφέρεται	Δεν αναφέρεται	Δεν αναφέρεται	Δεν αναφέρεται	Δεν αναφέρεται
Διάθεση παραγόμενης ιλύος σε τόνους των ξηρών στερεών (dry solids)/έτος	1.777	85	170	46	48	48	19.455	34.380
Διάθεση παραγόμενης ιλύος σε ποσοστό στερεών παραγόμενης ιλύος	20,5%	65%	20%	20%	22%	45%	24,2%	92,8%
Τρόπος διάθεσης ιλύος	Κομποστοποίηση	Κομποστοποίηση	Άλλη μέθοδος	Κομποστοποίηση	Άλλη μέθοδος	Κομποστοποίηση	Αξιοποίηση στη γεωργία και κομποστοποίηση	Ενεργειακή αξιοποίηση

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας & Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων (κ.κ.). *Wastewater Treatment Plants*.

3.3.2. Ιδιωτικά συστήματα και υποδομές

Στην Ελλάδα, εκτός από τα δημόσια συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων, λειτουργούν και ιδιωτικά συστήματα διαχείρισης, τα οποία συνήθως απευθύνονται σε μικρότερες κλίμακες, όπως ιδιωτικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται το δικό τους δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης. Επιπλέον, παρατηρούνται προσωπικές ή επιχειρηματικές πρωτοβουλίες για την εγκατάσταση και λειτουργία συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων σε περιορισμένες γεωγραφικές περιοχές ή ιδιωτικά κτήρια.

Τα ιδιωτικά συστήματα διαχείρισης βασίζονται συχνά σε συμβάσεις μεταξύ των ιδιοκτητών ακινήτων ή των διαχειριστών και εταιρειών παροχής υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης, οι οποίες καθορίζουν τις παρεχόμενες

υπηρεσίες, τους όρους λειτουργίας, τις τιμές και τις ευθύνες κάθε μέρους. Αυτά τα συστήματα συχνά παρέχουν εναλλακτικές λύσεις, ειδικά σε περιοχές όπου ο δημόσιος τομέας αδυνατεί να καλύψει πλήρως τις ανάγκες των κατοίκων ή των επιχειρήσεων.

Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα συμβάσεων μεταξύ εταιρειών και δημόσιου τομέα για τη διαχείριση υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα:

- **Με δήμους για αποχετεύσεις και επεξεργασία υγρών αποβλήτων:** Πολλοί δήμοι στην Ελλάδα έχουν συνάψει συμβάσεις με εταιρείες για τη διαχείριση των αποχετεύσεων και την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Αυτές οι συμβάσεις περιλαμβάνουν τη συλλογή και μεταφορά των αποβλήτων, καθώς και τη λειτουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας.
- **Με νοσοκομεία για τα απόβλητα υγειονομικής φροντίδας:** Νοσοκομεία και ιατρικές μονάδες έχουν συνάψει συμβάσεις με εταιρείες για τη διαχείριση των αποβλήτων υγειονομικής φροντίδας. Αυτές οι συμβάσεις καλύπτουν τη συλλογή, μεταφορά και ασφαλή επεξεργασία των επικίνδυνων αποβλήτων τους (Σταματάκη, 2021).
- **Με τουριστικά κέντρα για τα υγρά απόβλητα:** Σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση αριθμ. οικ. 145116/2011, δύνανται ξενοδοχεία και τουριστικά κέντρα να συνάπτουν συμβάσεις με εταιρείες για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων τους. Αυτές οι συμβάσεις καλύπτουν τη συλλογή, μεταφορά και επεξεργασία των αποβλήτων που προέρχονται από τις δραστηριότητές τους.
- **Με βιομηχανικές εγκαταστάσεις για τα απόβλητα παραγωγής:** Μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις συνάπτουν συμβάσεις με εταιρείες για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων παραγωγής τους. Αυτές οι συμβάσεις καλύπτουν τη συλλογή, μεταφορά, επεξεργασία και διάθεση των αποβλήτων, σύμφωνα με τους κανονισμούς περί περιβαλλοντικής προστασίας.

Στην κατηγορία των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, η ελληνική νομοθεσία καθορίζει εξειδικευμένες διαδικασίες για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ανάλογα με τον τομέα δραστηριότητας. Η ανάγκη εφαρμογής αυτών των διαδικασιών συχνά καθιστά απαραίτητη τη χρήση ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ιδίως σε περιπτώσεις όπου οι δημόσιες υποδομές δεν είναι επαρκείς ή εξειδικευμένες για την κάλυψη αυτών των αναγκών.

Περιβαλλοντική αδειοδότηση και διάθεση αποβλήτων

Στην Ελλάδα, όλα τα έργα και δραστηριότητες, ανεξαρτήτως τομέα (δημόσιος ή ιδιωτικός), που ενδέχεται να επηρεάσουν το περιβάλλον μέσω της κατασκευής ή λειτουργίας τους, υπάγονται στη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης. Στο πλαίσιο αυτής της διαδικασίας, ο φορέας υλοποίησης του έργου ή της δραστηριότητας υποχρεούται να προετοιμάσει μια Μελέτη

Εκτίμησης και Αξιολόγησης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) και να εξασφαλίσει την έκδοση της αντίστοιχης Άδειας Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ).

Σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 4014/2011, η ΑΕΠΟ ενσωματώνει όλες τις απαραίτητες άδειες και εγκρίσεις που απαιτούνται από την ισχύουσα νομοθεσία και πρέπει να εκδοθούν από τους αρμόδιους φορείς. Με αυτήν τη διαδικασία, καταργούνται οι αλληλοεπικαλυπτόμενες αδειοδοτήσεις και ενσωματώνονται σε ένα ενιαίο έγγραφο διάφορες άδειες, όπως είναι η άδεια διάθεσης λυμάτων και οι άδειες διαχείρισης αποβλήτων, είτε επικίνδυνων είτε μη. Επιπλέον, στην ΑΕΠΟ περιλαμβάνονται οι περιβαλλοντικοί όροι που προτείνονται από τους συναρμόδιους φορείς, καθώς και ρητές διατάξεις που καθορίζουν τους όρους και τους περιορισμούς που είναι υποχρεωτικό να τηρούνται καθ' όλη τη διάρκεια κατασκευής και λειτουργίας του έργου.

Βάσει του Νόμου 4014 του 2011, οι «βιομηχανικές δραστηριότητες και συναφείς εγκαταστάσεις» (9η Ομάδα της Υπουργικής Απόφασης 1958/2012) για να εγκατασταθούν και να λειτουργήσουν πρέπει να έχουν ενεργή ΑΕΠΟ ή Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ).

Κατά την αδειοδότηση και τους ελέγχους που ακολουθούν από τις κατάλληλες Αρχές, οι βιομηχανίες επικεντρώνονται στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων τους, δίνοντας έμφαση στην ασφαλή διαχείριση αυτών.

Για παράδειγμα, σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση 1836/2018 (ΦΕΚ Β' 1793/21.05.2018) για την «Έγκριση του Ειδικού Κανονισμού Λειτουργίας Δικτύου Αποχέτευσης της Εταιρείας Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης ΑΕ (ΕΥΑΘ)», σε περιοχές όπου υπάρχει δίκτυο αποχέτευσης, οι επιχειρήσεις οφείλουν να συνδέονται σε αυτό. Η διαδικασία σύνδεσης καθορίζεται από τους κανονισμούς της αρμόδιας διοικητικής Αρχής του δικτύου, όπως είναι η ΕΥΔΑΘ για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Στην περίπτωση των βιομηχανιών, απαιτείται ειδική άδεια διάθεσης που συμπεριλαμβάνει την υποχρέωση διαχωρισμού των αστικών λυμάτων από τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα, καθώς και την υποχρέωση επεξεργασίας και παρακολούθησης των βιομηχανικών ρευμάτων πριν από την έκλυσή τους στο δίκτυο.

Οι επιχειρήσεις του κλάδου της μαζικής εστίασης, όπως εστιατόρια, ταβέρνες και ψητοπωλεία, έχουν την υποχρέωση να απομονώνουν τα μαγειρικά λίπη και έλαια που έχουν χρησιμοποιηθεί, πριν αυτά φτάσουν στο σύστημα αποχέτευσης, προκειμένου να τα συλλέξουν για ανακύκλωση ή άλλη σχετική επεξεργασία σύμφωνα με τις εγκώριες [Υπουργική Απόφαση 1836/2018 (ΦΕΚ Β' 1793/21.05.2018)] και τις ευρωπαϊκές νομοθεσίες, όπως ορίζονται στο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων και τον ευρωπαϊκό Κανονισμό. Παράλληλα, απαιτείται η εγκατάσταση και λειτουργία ειδικών λιποσυλλεκτών για την παγίδευση των λιπών και ελαίων που δεν μπορούν

να απομονωθούν από την πηγή. Τέλος, οι επιχειρήσεις αυτές πρέπει να διατηρούν, επίσης, αρχείο που θα περιλαμβάνει τις συμβάσεις με εγκεκριμένες επιχειρήσεις για τη συλλογή των λιπών και ελαίων, καθώς και τα αποδεικτικά στοιχεία της αποκομιδής τους.

Η διάθεση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων στο δίκτυο αποχέτευσης της ΕΥΑΘ επιτρέπεται μόνο εφόσον οι τιμές των παραμέτρων των υγρών αποβλήτων δεν υπερβαίνουν τα όρια που καθορίζονται στην Υπουργική Απόφαση. Σε περίπτωση που οι τιμές των παραμέτρων υπερβούν τα καθορισμένα όρια, οι επιχειρήσεις υποχρεούνται να επεξεργαστούν τα λύματα είτε στις ΕΕΛ είτε σε εγκαταστάσεις της ΕΥΑΘ.

Επιπρόσθετα, οι επιχειρήσεις οφείλουν να κατασκευάσουν με δική τους δαπάνη τις αναγκαίες εγκαταστάσεις επεξεργασίας των βιομηχανικών αποβλήτων, προκειμένου να προστατεύσουν το δίκτυο αποχέτευσης, τις ΕΕΛ και τη Μονάδα Κατεργασίας Αποβλήτων από λίπη, έλαια, οξέα, μέταλλα, τοξικές ουσίες και άλλα ανεπιθύμητα υλικά, τα οποία παρουσιάζονται στον **Πίνακα 24**, σύμφωνα με το άρθρο 5, παράγραφο 2 και το Παράρτημα ΙΙΙ της ΥΑ 1836/2018.

Πίνακας 24. Ανώτατες επιτρεπόμενες τιμές φυσικοχημικών και οικολογικών παραμέτρων

Παράμετρος	Ανώτατη τιμή
Ολικά αιωρούμενα στερεά	350 mg/L
BOD ₅	350 mg/L
COD	1.000 mg/L
Ολικό άζωτο	100 mg/L
Τοξικότητα MINNTOX	Μέχρι 50%

Πηγή: Πίνακας Ι Παραρτήματος Ι της Υπουργικής Απόφασης 1836/2018 (ΦΕΚ Β' 1793/21.05.2018).

Η διάθεση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων μέσω βυτιοφόρων οχημάτων σε περιοχές που δεν διαθέτουν δίκτυο αποχέτευσης αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο διάθεσης. Ωστόσο, σε αντίθεση με τη διάθεση μέσω δικτύου αποχέτευσης, η μέθοδος αυτή δεν είναι πάντοτε οργανωμένη ή υπό το ίδιο επίπεδο ελέγχου. Υπάρχουν ζητήματα ικνηλασιμότητας, διαχωρισμού των αποβλήτων και ακριβούς χαρτογράφησης των δικτύων, ενώ η έλλειψη άμεσων ελέγχων στα σημεία δειγματοληψίας μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο κίνδυνο ανεξέλεγκτης ρύπανσης.

Στο πλαίσιο της διαχείρισης υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, οι ΣΔΙΤ είναι κοινές και συμβάλλουν στη βελτίωση των υποδομών και των υπηρεσιών. Ωστόσο, εντοπίζονται προβλήματα ανεπαρκούς δημόσιας πληροφόρησης και καταγραφής αυτών των συνεργασιών από τους αρμόδιους φορείς,

γεγονός που περιορίζει τη διαθέσιμη πληροφορία κατά τον σχεδιασμό και καθιστά δυσχερή τον έλεγχο της τήρησης του θεσμικού πλαισίου από τον ιδιωτικό τομέα.

Δεδομένα από ΕΛΣΤΑΤ

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, αναζητώντας δεδομένα σχετικά με τις περιπτώσεις εταιρειών που αναπτύσσουν ιδιωτικά συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, οι έρευνες στράφηκαν και στην Ελληνική Στατιστική Εταιρεία (ΕΛΣΤΑΤ), η οποία όμως ως κεντρικός φορέας καταγραφής (στατιστικών) δεδομένων δεν διαθέτει κατηγορία οικονομικής δραστηριότητας που να επικεντρώνεται στη διαχείριση υγρών αποβλήτων αποκλειστικά.

Σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές Οδηγίες για τη στατιστική ταξινόμηση οικονομικών δραστηριοτήτων στην ΕΕ «NACE», χρησιμοποιείται η ταξινόμηση «Παροχή Νερού, Επεξεργασία Λυμάτων, Διαχείριση Αποβλήτων και Δραστηριότητες Εξυγίανσης», η οποία χωρίζεται σε επιμέρους κατηγορίες οικονομικής δραστηριότητας (ενδέχεται να διαφοροποιούνται ονομαστικά ανά το έτος):

- Συλλογή, επεξεργασία και παροχή νερού (E36).
- Επεξεργασία λυμάτων (E37).
- Συλλογή μη επικίνδυνων αποβλήτων (E38.11).
- Συλλογή επικίνδυνων αποβλήτων (E38.12).
- Επεξεργασία και διάθεση μη επικίνδυνων αποβλήτων (E38.21).
- Επεξεργασία και διάθεση επικίνδυνων αποβλήτων (E38.22).
- Αποσυναρμολόγηση παλαιών ειδών (E38.32).
- Ανάκτηση διαλεγμένου υλικού (E38.32).
- Δραστηριότητες εξυγίανσης και άλλες υπηρεσίες για τη διαχείριση αποβλήτων (E39.00).

Η διαχείριση υγρών αποβλήτων αφορά μερικές από τις παραπάνω κατηγορίες, είτε ολικώς είτε μερικώς. Συγκεκριμένα, η «Επεξεργασία λυμάτων» υπάγεται ολικώς, ενώ η «Ανάκτηση διαλεγμένου υλικού» μερικώς, καθότι ανάκτηση μπορεί να πραγματοποιηθεί μετά την επεξεργασία και υγρών και στερεών αποβλήτων. Σε αυτό το πλαίσιο, χρησιμοποιώντας δεδομένα από την ΕΛΣΤΑΤ, παρατίθενται τα παρακάτω αποτελέσματα που αφορούν αποκλειστικά την επεξεργασία λυμάτων και την οικονομική δραστηριότητα νομικών μονάδων στην Ελλάδα. Οι νομικές μονάδες, όπως ορίζονται στο παράρτημα του Κανονισμού (ΕΟΚ) αριθμ. 696/93, είναι:

- είτε νομικά πρόσωπα, των οποίων η ύπαρξη αναγνωρίζεται από τον νόμο, ανεξάρτητα από τα άτομα ή τους οργανισμούς που τα κατέχουν ή που είναι μέλη τους,
- είτε φυσικά πρόσωπα, που ασκούν μια οικονομική δραστηριότητα ως ελεύθεροι επαγγελματίες.

Πίνακας 25. Αριθμός νομικών μονάδων, κύκλος εργασιών και απασχολούμενοι ανά έτος (2011-2021) για την οικονομική δραστηριότητα επεξεργασίας λυμάτων (NACE rev. 2, κωδικός E3700), στο σύνολο της χώρας

Έτος	Αριθμός νομικών μονάδων	Κύκλος εργασιών (σε κιλ. €)	Αριθμός απασχολούμενων
2011	x	x	x
2012	x	x	x
2013	x	x	x
2014	503	57.298	1.222
2015	459	60.009	1.226
2016	428	63.283	1.048
2017	450	59.499	936
2018	442	64.760	953
2019	449	71.394	1.035
2020	444	71.210	1.047
2021	449	75.604	1.098

Σημείωση: Από το 2022 και έπειτα δεν παρέχονται ξεχωριστά στατιστικά στοιχεία για τους υποκλάδους του τομέα E' (παροχή νερού, επεξεργασία λυμάτων, διαχείριση αποβλήτων & δραστηριότητες εξυγίανσης: υποκλάδοι: E36-E39), συμπεριλαμβανομένου και του υποκλάδου E37 (επεξεργασία λυμάτων).

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Η δημοσιοποίηση δεδομένων για τις οικονομικές δραστηριότητες επεξεργασίας λυμάτων ξεκίνησε από το 2014 και ύστερα, όπου παρατηρείται μία κάθοδος στον αριθμό των οικονομικών μονάδων, όπως και του ανθρώπινου δυναμικού, με μια μικρότερη σχετικά άνοδο να ακολουθεί. Την ίδια πορεία ακολουθεί ο κύκλος εργασιών, ο οποίος μάλιστα φαίνεται το έτος 2021 να ξεπερνά τον κύκλο εργασιών του έτους 2014, παρόλο που το έτος 2014 δραστηριοποιούνται περισσότερες οικονομικές μονάδες και απασχολείται περισσότερο ανθρώπινο δυναμικό. Το γεγονός αυτό πιθανότατα να οφείλεται στη διεύρυνση της αγοράς επεξεργασίας λυμάτων.

Οι παραπάνω πληροφορίες αναδεικνύουν την τρέχουσα κατάσταση της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, ωστόσο είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι τα παρατεθέντα στοιχεία είναι ενδεικτικά και χρήζουν περαιτέρω επεξεργασίας και αναβάθμισης για την πλήρη κατανόηση της εικόνας του τομέα.

Η έλλειψη επαρκών και ακριβών δεδομένων για την κατάσταση των ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων περιορίζει σημαντικά τη δυνατότητα εκτίμησης του πραγματικού μεγέθους και της ανάπτυξης του τομέα. Επιπλέον, το γεγονός ότι δεν υπάρχει επίσημη καταγραφή από αρμόδιο δημόσιο φορέα ή οργανισμό, ο οποίος να παρέχει συγκεντρωμένα και αξιόπιστα στοιχεία, καθιστά δύσκολη την αναλυτική παρακολούθηση και την επακριβή αξιολόγηση των επιπτώσεων των εν λόγω δραστηριοτήτων στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Η απουσία αυτής της πληροφόρησης,

όπως προαναφέρθηκε, επηρεάζει τη δυνατότητα ακριβούς εκτίμησης και ανάλυσης της πραγματικής κατάστασης στον τομέα αυτόν, κάτι που είναι κρίσιμο για την αποτελεσματική διαχείριση των περιβαλλοντικών ρίσκων και τη βιωσιμότητα των υδατικών πόρων της χώρας.

3.3.3. Παραγωγή και διαχείριση ιλύος

Όπως έχει αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, η διαχείριση της ιλύος αποτελεί ένα κρίσιμο ζήτημα για την αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων, καθώς η ορθολογική διαχείρισή της δεν είναι μόνο απαραίτητη για την προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και για τη βιώσιμη αξιοποίησή της. Η ιλύς, ως παραπροϊόν των ΕΕΛ, έχει έναν σημαντικό ρόλο στην ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση, ενώ η διαχείρισή της απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή λόγω των περιβαλλοντικών και υγειονομικών επιπτώσεων που μπορεί να προκαλέσει. Στη συνέχεια, παρατίθενται στοιχεία για την ιλύ ανάλογα με την προέλευσή της.

Ιλύς δημόσιων συστημάτων και υποδομών

Με τη λειτουργία των ΕΕΛ για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων, παράγονται σημαντικές ποσότητες ιλύος, οι οποίες αναμένεται να αυξηθούν όταν ολοκληρωθούν οι απαιτούμενες ΕΕΛ στη χώρα. Η ιλύς, ως δευτερεύον προϊόν των ΕΕΛ, αποτελεί έναν τύπο στερεών αποβλήτων που απαιτεί κατάλληλη διαχείριση. Στην Ελλάδα, η παραγωγή ιλύος αυξάνεται συνεχώς και αναμένεται να σημειώσει περαιτέρω αύξηση τα επόμενα χρόνια (Λέγος, 2011). Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 3.3.1, το 57% των υφιστάμενων ΕΕΛ στην Ελλάδα προχωρά σε επεξεργασία της παραγόμενης ιλύος, ενώ 8 ΕΕΛ διαχειρίζονται την ιλύ για επαναχρησιμοποίηση. Το ποσοστό της επεξεργασίας και διάθεσης αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά στα επόμενα χρόνια.

Ιλύς από ΕΕΛ πόλεων & τουριστικών μονάδων

Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) (Πίνακας 27), η ιλύς, προερχόμενη από ΕΕΛ πόλεων και τουριστικών μονάδων, το 2018 ήταν 106.384 tDS/έτος και αναμένεται έως το 2025 να έχει φτάσει στις 135.659 tDS/έτος, με τελική πρόβλεψη το 2030 τις 148.918 tDS/έτος.

Η ολοένα και αυξανόμενη παραγωγή ιλύος σχετίζεται με το γεγονός ότι η Ελλάδα, ως παγκοσμίως αναγνωρισμένος τουριστικός προορισμός, κάθε χρόνο προσελκύει εκατομμύρια επισκέπτες. Σύμφωνα με τελευταία μελέτη του Ινστιτούτου του Συνδέσμου Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων (ΙΝΣΕΤΕ), το 2023 ο αριθμός των αφίξεων τουριστών ανήλθε σε 36,1 εκατ. το 2023, αυξημένες κατά +6,1% έναντι του 2019 (34,0 εκατ.) και κατά +20,8% έναντι του 2022 (29,9 εκατ.).

Ωστόσο, η αυξημένη ροή τουριστών επιβαρύνει σημαντικά τις υποδομές και τους φυσικούς πόρους της Ελλάδας, ειδικά κατά τους θερινούς μήνες. Οι τουριστικές περιοχές, συγκεκριμένα, βιώνουν έντονες εποχικές πιέσεις, με τις ΕΕΛ να υφίστανται σημαντικό φόρτο. Η αποτελεσματική επεξεργασία των λυμάτων κρίνεται καθοριστική, ιδίως για τις παραθαλάσσιες περιοχές, όπου τα επεξεργασμένα νερά επιστρέφουν στη θάλασσα, την οποία απολαμβάνουν οι λουόμενοι.

Πέραν της αύξησης των λυμάτων λόγω του τουρισμού, η αναγκαιότητα επεξεργασίας των λυμάτων, και της ιλύος συγκεκριμένα, προκύπτει και από το γεγονός ότι, παρόλο που ο πληθυσμός της Ελλάδας προβλέπεται να μειωθεί 20-30% έως το 2100 σύμφωνα με τη Eurostat, οι κατά κεφαλήν υδατικοί πόροι στην Ελλάδα πρόκειται εξίσου να σημειώσουν μείωση έως τα μέσα του 21ου αιώνα (Chenoweth, 2011· Ferronato & Torretta, 2019).

Σύμφωνα με δεδομένα της ΕΥΔΑΠ, το μεγαλύτερο εργοστάσιο επεξεργασίας λυμάτων στη χώρα είναι αυτό της Ψυττάλειας στην Αθήνα, καθοριστικό για τη διαχείριση των λυμάτων στην περιοχή και με σημαντικό ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος και τη βελτίωση της ποιότητας του νερού στον Σαρωνικό κόλπο. Με παραγωγή 800 τόνων λάσπης ανά ημέρα, το εργοστάσιο αυτό εξυπηρετεί το ένα τρίτο του πληθυσμού της χώρας, κάτι που επισημαίνει την τεράστια κλίμακα λειτουργίας του και τη σημασία του για τη δημόσια υγεία και ασφάλεια.

Από την άλλη πλευρά, σύμφωνα με την ΕΥΑΘ, το εργοστάσιο στη Θεσσαλονίκη, αν και μικρότερο σε κλίμακα συγκριτικά με την Ψυττάλεια, επίσης εξυπηρετεί σημαντικό μέρος του πληθυσμού, καθώς η δυναμικότητά του φτάνει τις 120.000 κυβικών μέτρων επεξεργασίας ανά ημέρα με ημερήσια παραγωγή 160 τόνων αφυδατωμένης ιλύος. Η δραστηριότητά του είναι κρίσιμη για τη διαχείριση των λυμάτων στη Βόρεια Ελλάδα, δείχνοντας την αναγκαιότητα ύπαρξης και συντήρησης τέτοιων εγκαταστάσεων.

Ιλύς από τον βιομηχανικό κλάδο του Παραρτήματος III της ΚΥΑ 5673/400/1997

Οι βιομηχανικοί κλάδοι που περιλαμβάνονται στον **Πίνακα 26** παράγουν ιλύ από ειδικές διαδικασίες επεξεργασίας, όπως η επεξεργασία γάλακτος, η ζυθοποιία, η παραγωγή αλκοολούχων και μη ποτών, καθώς και η επεξεργασία κρέατος και άλλων ζωικών προϊόντων. Η ιλύς που προκύπτει από αυτούς τους τομείς διαφέρει από την ιλύ των αστικών αποβλήτων και άλλων κατηγοριών βιομηχανικών αποβλήτων, όπως οι χημικές και ορυκτές βιομηχανίες, οι οποίες παράγουν πιο επικίνδυνα απόβλητα. Η ιλύς από αυτούς τους τομείς περιέχει κυρίως βιολογικά υλικά που απαιτούν διαφορετικές μεθόδους επεξεργασίας και διαχείρισης, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφαλής επαναχρησιμοποίηση ή η απομάκρυνσή τους.

Πίνακας 26. Ιλύες από τον βιομηχανικό κλάδο του Παραρτήματος III της ΚΥΑ 5673/400/1997

I. Επεξεργασία του γάλακτος.
II. Παραγωγή οπωροκηπευτικών προϊόντων.
III. Παραγωγή και εμφιάλωση μη αλκοολούχων ποτών.
IV. Μεταποίηση γεωμήλων.
V. Βιομηχανία κρέατος.
VI. Ζυθοποιία.
VII. Παραγωγή αλκοόλης και αλκοολούχων ποτών.
VIII. Παραγωγή ζωοτροφών από φυτικά προϊόντα.
IX. Παραγωγή ζελατίνας και κόλλας από δέρματα και οστά ζώων.
X. Μονάδες παραγωγής βύνης.
XI. Μεταποιητική βιομηχανία ιχθύων.

Πηγή: ΚΥΑ 5673/400/1997

Η συνολική ποσότητα ιλύος που παράγεται από τον παραπάνω βιομηχανικό κλάδο (του Παραρτήματος III της ΚΥΑ 5673/400/1997) της χώρας, για το έτος αναφοράς (2018), ανέρχεται σε 41.757 t, σύμφωνα με τα στοιχεία της πλατφόρμας του Ηλεκτρονικού Μητρώου Αποβλήτων (ΗΜΑ). Με τυπική περιεκτικότητα ιλύος σε στερεά ίση με 18%, η συνολική παραγόμενη ποσότητα ξηράς ιλύος για το έτος αναφοράς υπολογίσθηκε σε 7.516 t ξηράς ιλύος (Ελληνική Δημοκρατία, 1997).

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί εκτίμηση της διαχρονικής εξέλιξης έως το 2030 των ποσοτήτων ιλύος που παράγονται από τις παραπάνω επιχειρήσεις, θεωρήθηκε ότι αυτή ακολουθεί τον μέσο ρυθμό μεταβολής του δείκτη βιομηχανικής παραγωγής της τελευταίας 3ετίας (2016-2019), ο οποίος, σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ, είναι 3%.

Πίνακας 27. Ιλύες από τους Οργανισμούς Κοινής Ωφελείας (ΟΚΩ)

35.12: Μετάδοση ηλεκτρικού ρεύματος.
35.13: Διανομή ηλεκτρικού ρεύματος.
35.22: Διανομή αέριων καυσίμων μέσω αγωγών.
49.31: Αστικές και προαστικές κερσαίες μεταφορές επιβατών.
52.21: Δραστηριότητες συναφείς με τις κερσαίες μεταφορές.
52.22: Δραστηριότητες συναφείς με τις πλωτές μεταφορές.
52.23: Δραστηριότητες συναφείς με τις αεροπορικές μεταφορές.
52.24: Διακίνηση φορτίων.
61: Τηλεπικοινωνίες.
84.22: Δραστηριότητες άμυνας.

Πηγή: Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων – ΗΜΑ (<https://wrm.ypeka.gr/>).

Σύμφωνα με τα στοιχεία του ΗΜΑ, στο σύνολό της η παραγόμενη υγρή ιλύς από τους Οργανισμούς Κοινής Ωφελείας (ΟΚΩ) στην Ελλάδα, για το έτος αναφοράς (2018), ανέρχεται σε 671,4 t. Με τυπική περιεκτικότητα ιλύος σε στερεά ίση με 18%, η συνολική παραγόμενη ποσότητα ξηράς ιλύος από τον κλάδο των ΟΚΩ για το έτος αναφοράς υπολογίσθηκε σε 121 t ξηράς ιλύος.

Η ποσότητά της από το 2022 έως το 2030 παρέμεινε σταθερή και ίση με 120 t ξηράς ιλύος, λαμβάνοντας υπ' όψιν την εξέλιξη των ισοδύναμων κατοίκων της χώρας.

Πίνακας 28. Στόχοι παραγωγής συνολικής βιολογικής ιλύος έως το 2030 σε ισοδύναμα ξηρά στερεά (total dry solids) ανά έτος

Προέλευση	2018	Στόχος 2025	Στόχος 2030
Ιλύες από ΕΕΛ πόλεων και τουριστικών μονάδων	106.384	135.659	148.918
Ιλύες βιομηχανίας (ΚΥΑ 5673/400/1997)	7.516	9.219	10.667
Ιλύες ΟΚΩ	121	120	120
Συνολική παραγωγή ιλύος (επικράτεια)	114.021	144.998	159.704

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2020). Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων 2020-2030.

Στόχοι διαχείρισης για τις ιλύες αστικού τύπου

Το ΕΣΔΑ 2020-2030, όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει, κάνει σαφείς τους στόχους διαχείρισης που έχουν τεθεί για τα λύματα αστικού τύπου. Συγκεκριμένα, ο Πίνακας 28 επισημαίνει τις κρίσιμες στοχεύσεις που έχουν καθοριστεί για τη βελτίωση των πρακτικών διαχείρισης των αστικών λυμάτων στην Ελλάδα. Οι συγκεκριμένοι στόχοι αναλύονται παρακάτω:

- Ολοκληρωμένο δίκτυο διαχείρισης ιλύος από τις αστικές ΕΕΛ και τους Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ)**
 Επιδιώκει τη δημιουργία και τη λειτουργία ενός συνεκτικού και αποτελεσματικού δικτύου, που θα διασφαλίζει τη συλλογή, την επεξεργασία και την ασφαλή διάθεση της ιλύος από τις ΕΕΛ σε συνεργασία με τους ΦοΔΣΑ.
- Εναλλακτικές επιλογές αξιοποίησης επ' ωφελεία της γεωργίας ή διάθεσης με κριτήριο τη μέγιστη περιβαλλοντική αξία. Έως το 2030 θα πρέπει να ανακτάται το 95% της κατά μάζα επί ξηρού παραγόμενης ιλύος αστικού τύπου και το 5% να οδηγείται σε υγειονομική ταφή**
 Η ανακύκλωση της ιλύος στη γεωργία είναι μια ελκυστική επιλογή, καθώς η ιλύς μπορεί να παρέχει πλούσια θρεπτικά συστατικά για τα φυτά και να βελτιώσει τη δομή του εδάφους. Η χρήση της ιλύος στη γεωργία απαιτεί συνήθως την επεξεργασία της για να καταστεί ασφαλής, μειώνοντας τους παθογόνους μικροοργανισμούς και τα βαρέα μέταλλα σε αποδεκτά

επίπεδα. Επιπρόσθετα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας, για παράδειγμα μέσω της παραγωγής βιοαερίου σε αναερόβιες διεργασίες, ή ως πρώτη ύλη σε διάφορες βιομηχανικές διαδικασίες. Το 2030, ως χρονικός ορίζοντας, έχει τεθεί ως το σημείο καμπής για την επίτευξη της σχεδόν πλήρους ανάκτησης και αξιοποίησης της ιλύος. Αυτό σημαίνει ότι οι σχετικές υποδομές, τεχνολογίες και διαδικασίες πρέπει να έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί αποτελεσματικά εντός της επόμενης δεκαετίας. Το εναπομείναν 5% που δεν θα ανακτάται, θα διατίθεται με τον πιο ασφαλή και βιώσιμο τρόπο, προτιμώντας την υγειονομική ταφή μόνο ως τελευταίο μέσο διάθεσης, μετά τον αποκλεισμό όλων των άλλων δυνατοτήτων αξιοποίησης.

- **Ενημέρωση/ευαισθητοποίηση παραγωγών ιλύος αστικού τύπου, σχετικά με τις δυνατότητες ορθής διαχείρισης**
Σημαντική θεωρείται η εκπαίδευση και ενημέρωση των φορέων παραγωγής ιλύος, για τις δυνατότητες και τις βέλτιστες πρακτικές στη διαχείριση, ώστε να ενθαρρυνθεί η υιοθέτηση πιο βιώσιμων μεθόδων.
- **Ελαχιστοποίηση της διάθεσης σε ΧΥΤΑ και εφαρμογή αυτής κατόπιν αποκλεισμού όλων των άλλων τεχνικών αξιοποίησης**
Πρωθεί τον περιορισμό της διάθεσης της ιλύος σε ΧΥΤΑ, δίνοντας προτεραιότητα σε όλες τις άλλες διαθέσιμες και βιώσιμες τεχνικές αξιοποίησης, όπως η ανακύκλωση και η ενεργειακή αξιοποίηση.

Η ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος αποτελεί μια ενδιαφέρουσα προοπτική για την ενίσχυση του ενεργειακού ισοζυγίου μιας χώρας. Η διαδικασία αυτή συνήθως περιλαμβάνει την αναερόβια διάσπαση της ιλύος για την παραγωγή βιοαερίου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ενέργειας, ή την καύση της ιλύος για την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Τα οφέλη της ενεργειακής ανάκτησης περιλαμβάνουν τη μείωση του όγκου των αποβλήτων, την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας και τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα (Karagiannidis, 2011).

Ωστόσο, υπάρχουν σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για την εφαρμογή τέτοιων προγραμμάτων (Karagiannidis, 2011), όπως:

- **Κόστος συλλογής και μεταφοράς:** Τα έξοδα συλλογής και μεταφοράς της ιλύος στις μονάδες επεξεργασίας μπορεί να είναι σημαντικά και να επηρεάσουν το γενικό κόστος του έργου.
- **Κόστος διάθεσης τέφρας:** Στην περίπτωση της καύσης της ιλύος, η παραγόμενη τέφρα πρέπει να διαχειριστεί με ασφαλή και βιώσιμο τρόπο, πράγμα που επιφέρει επιπρόσθετο κόστος.
- **Καυσαέρια:** Τα αέρια που παράγονται από την καύση της ιλύος πρέπει να καθαρίζονται για να μην απελευθερώνουν επικίνδυνες εκπομπές στο περιβάλλον.

- **Συσκευές επεξεργασίας:** Η επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών και εξοπλισμού για την επεξεργασία της ιλύος είναι κρίσιμη και πρέπει να γίνει λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ειδικές ανάγκες και τις διαθέσιμες τεχνικές.

Οι παραπάνω στόχοι επιδιώκουν να συνδυάσουν την ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος με την παραγωγική αξιοποίηση των παραγόμενων ιλύων, επιδιώκοντας τη μεγιστοποίηση της οικονομικής και περιβαλλοντικής τους αξίας.

3.4. Όρια εκπομπών υγρών αποβλήτων

Η λειτουργία τόσο των δημόσιων όσο και των ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα διέπεται από συγκεκριμένα όρια εκπομπών και απαιτήσεις παρακολούθησης, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας. Τα όρια αυτά διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τελικό αποδέκτη των αποβλήτων: Όταν η εκροή οδηγείται σε δημόσιο αποχετευτικό δίκτυο, τα κριτήρια είναι λιγότερο αυστηρά, καθώς προβλέπεται περαιτέρω επεξεργασία στις δημοτικές ΕΕΛ. Αντιθέτως, όταν τα απόβλητα καταλήγουν απευθείας σε φυσικούς υδάτινους αποδέκτες (ρέματα, ποτάμια, λίμνες, θάλασσα), εφαρμόζονται πολύ αυστηρότερα όρια για να αποφευχθεί η επιβάρυνση των οικοσυστημάτων.

Σε αυτό το πλαίσιο, ο παρακάτω **Πίνακας 29** παρουσιάζει τα όρια συγκεντρώσεων υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε υπονόμους και ρέματα (Παπακωνσταντίνου, 2002). Τα στοιχεία αυτά υπογραμμίζουν την ανάγκη διαφοροποίησης της περιβαλλοντικής πολιτικής ανάλογα με τη χρήση και τον τελικό αποδέκτη, αλλά και τη σημασία της τήρησης ενός ενιαίου πλαισίου αναφοράς για όλες τις βιομηχανικές δραστηριότητες.

Πίνακας 29. Όρια συγκεντρώσεων υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε υπονόμους και ρέματα

Παράμετρος	Υπόνομοι	Ρέματα
pH	6-9	6-9
Θερμοκρασία	35°C	28°C
Διαλυμένο οξυγόνο	-	3 mg/L ελάχιστο
BOD ₅	500 mg/L (μέγιστο)	40 mg/L
COD	1.000 mg/L μέγιστο	120 mg/L
Αιωρούμενα στερεά (ss)	500 mg/L	50 mg/L
Ογκώδη στερεά	1,5 cm	0
Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)	3.000 mg/L	1.000 mg/L
Απορρυπαντικά	50 mg/L	5 mg/L
Λίπη-Έλαια (ζωικά-φυτικά)	40 mg/L	5 mg/L
Οργανικά έλαια	15 mg/L	1 mg/L
Αμμωνία	25 mg/L	10 mg/L
Νιτρώδη	4 mg/L	1 mg/L
Νιτρικά	20 mg/L	4 mg/L
Φώσφορος	10 mg/L	40 mg/L
Θειώδη	1 mg/L	40 mg/L
Θειικά	1.500 mg/L	1.000 mg/L
Υδροθείο	1 mg/L	1 mg/L
Αργίλιο	10 mg/L	1 mg/L
Αντιμόνιο	5 mg/L	0,5 mg/L
Αρσενικό	0,5 mg/L	0,5 mg/L
Βάριο	20 mg/L	2 mg/L
Βηρύλλιο	30 mg/L	3 mg/L
Βόριο	10 mg/L	2 mg/L
Βρώμιο	10 mg/L	1 mg/L
Κάδμιο	0,5 mg/L	0,05 mg/L
Χρώμιο	2 mg/L	1 mg/L
Κοβάλτιο	10 mg/L	2 mg/L
Χαλκός	1 mg/L	0,2 mg/L
Κυανιούχα	3 mg/L	0,1 mg/L
Φθόριο	20 mg/L	2 mg/L
Σίδηρος	15 mg/L	2 mg/L
Μόλυβδος	5 mg/L	0,5 mg/L
Μαγγάνιο	10 mg/L	1 mg/L
Υδράργυρος	0,01 mg/L	0,01 mg/L
Μολυβδαίνιο	10 mg/L	2 mg/L
Νικέλιο	10 mg/L	0,5 mg/L
Φαινόλες	5 mg/L	0,5 mg/L
Σελήνιο	0,2 mg/L	0,02 mg/L
Άργυρος	5 mg/L	0,5 mg/L
Θάλλιο	2 mg/L	0,2 mg/L
Κασσίτερος	10 mg/L	1 mg/L
Τιτάνιο	10 mg/L	2 mg/L
Ουράνιο	5 mg/L	1 mg/L
Ψευδάργυρος	20 mg/L	0,5 mg/L
Ολικά κολοβακτηριοειδή	-	1.000/100 mL
Κολοβακτηρίδια	-	200/100 mL
Ελεύθερο κλώριο	-	0,4 mg/L
Χρώμα	-	Να μην προσδιορίζεται χρωματομετρικά σε 6:1 αραιώση

Πηγή: Όρια εκπομπών υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε υπονόμους και ρέματα (Παπακωνσταντίνου, 2002).

Σε αυτό το σημείο, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι τα υγρά απόβλητα από διαφορετικές βιομηχανικές δραστηριότητες παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις στη σύνθεσή τους, ανάλογα με τον τύπο της βιομηχανίας και τους ρύπους που εκλύονται. Εντός της ίδιας βιομηχανίας, η σύνθεση των ρύπων μπορεί να ποικίλλει σημαντικά, εξαρτώμενη από το είδος των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα, στην επεξεργασία φρούτων, οι ρύποι που παράγονται συνδέονται άμεσα με τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες, καθιστώντας κάθε βιομηχανική μονάδα υπεύθυνη για την παραγωγή ενός μοναδικού μίγματος ρύπων. Αντίστοιχα, τα απόβλητα από την κλωστοϋφαντουργία χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές σε δείκτες COD και BOD, καθώς και έντονο χρωματισμό, ενώ τα απόβλητα της βυρσοδεψίας περιέχουν σημαντικές ποσότητες μετάλλων, όπως το χρώμιο και το κάδμιο.

Αυτό έχει ως συνέπεια τη χρήση κοινών βασικών δεικτών παρακολούθησης των λυμάτων, οι οποίοι ενδέχεται να διαφοροποιούνται και να εμπλουτίζονται με επιπλέον δείκτες, ανάλογα με τη φύση των ρυπογόνων ουσιών και την κατηγορία της εκάστοτε βιομηχανικής δραστηριότητας. Ο τρόπος παρακολούθησης αυτών των παραμέτρων πραγματοποιείται είτε στην έξοδο του συστήματος της βιολογικής επεξεργασίας είτε στην έξοδο της δεξαμενής τελικής απορροής των βιομηχανικών αποβλήτων, ανάλογα με την παράμετρο που εξετάζεται κάθε φορά.

Πίνακας 30. Τρόπος παρακολούθησης και ελέγχου λυμάτων

Παράμετρος	Τρόπος παρακολούθησης/Θέσεις μετρήσεων
Υγρά απόβλητα βιομηχανίας	Στην έξοδο του συστήματος βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων ανάλυση για τις παραμέτρους: BOD ₅ (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο), COD (χημικά απαιτούμενο οξυγόνο), TSS (ολικά αιωρούμενα στερεά), ελεύθερο χλώριο, λίπη, έλαια
	Στην έξοδο της δεξαμενής τελικής απορροής των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων ως προς τις παραμέτρους: pH (δείκτης οξύτητας), TSS (ολικά αιωρούμενα στερεά), TDS (ολικά διαλυμένα στερεά), υδρογονάνθρακες, COD (χημικά απαιτούμενο οξυγόνο), BOD (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο), F ⁻ (φθορίδιο), Cl ₂ (χλώριο), SO ₄ ²⁻ (θειικά), Al (αργίλιο), Ag (άργυρος), As (αρσενικό), Ba (βάριο), B (βόριο), Co (κοβάλτιο), Mn (μαγγάνιο), Mo (μολυβδαίνιο), Se (σελήνιο), Fe (σίδηρος διαλυτός και ολικός), Cu (χαλκός), Cr(VI) (εξασθενές χρώμιο), Cr (χρώμιο), Zn (ψευδάργυρος), Ni (νικέλιο διαλυτό), Cd (κάδμιο διαλυτό), Pb (μόλυβδος διαλυτός), Sn (κασσίτερος), CN ⁻ (κυανούχα)

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Φεβρουάριος 2026

Προβλήματα και προκλήσεις



Η διερεύνηση της υφιστάμενης κατάστασης των δημόσιων συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα αναδεικνύει σημαντικές αδυναμίες και προκλήσεις στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Συνοπτικά, η ανάγκη για ενισχυμένη επεξεργασία στα μικρότερα συστήματα αποχέτευσης, η παλαιότητα των υποδομών και οι ελλείψεις στη σύνδεση οικισμών στα δίκτυα αποχέτευσης αποτελούν βασικά σημεία που απαιτούν άμεση παρέμβαση. Παράλληλα, οι διαρροές στα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης επιβαρύνουν τη λειτουργία του συστήματος, καθιστώντας πιο δύσκολη την αποτελεσματική διαχείριση των πόρων. Ενδεικτικά, η Ελλάδα δεν έχει ολοκληρώσει πλήρως τη συμμόρφωσή της με την Οδηγία για τα αστικά λύματα, και με τις νέες απαιτήσεις της ΕΕ για την κυκλική οικονομία προκύπτει η ανάγκη για εκσυγχρονισμό των υποδομών και αναβάθμιση των διαδικασιών. Σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, οι ΕΕΛ αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα, λόγω υπερφόρτωσης, τεχνικών βλαβών ή ανεπαρκούς συντήρησης. Κατά συνέπεια, τα λύματα καταλήγουν σε θάλασσες, ποτάμια και υπόγεια νερά, προκαλώντας μικροβιολογική και χημική ρύπανση, έντονη δυσοσμία, προβλήματα στην τοπική γεωργία και σοβαρές απειλές για την υγεία των κατοίκων. Παρά τις παρεμβάσεις που έχουν γίνει σε ορισμένες περιοχές, τα προβλήματα παραμένουν συχνά άλυτα, αναδεικνύοντας την ανάγκη για επείγουσες και ολοκληρωμένες λύσεις στη διαχείριση των λυμάτων. Ενδεικτικά παραδείγματα προβλημάτων:

- **Πάτμος:** Η ΕΕΛ δεν λειτουργεί από τον Ιούνιο του 2025, με αποτέλεσμα λύματα να εκρέουν στη θάλασσα και ακόμη και στις βρύσες σπιτιών, προκαλώντας σοβαρή ρύπανση και προβλήματα δημόσιας υγείας.
- **Μύκονος:** Υπερφόρτωση της ΕΕΛ και διαρροές ακατέργαστων λυμάτων σε παραλίες, όπως ο Πλατύς Γιαλός, γεγονός που επαναλαμβάνεται συχνά.
- **Χανιά:** Προβλήματα δυσοσμίας και περιοδική μη λειτουργία της ΕΕΛ, με διαρροές λυμάτων στη θάλασσα, ιδιαίτερα στις περιοχές Χαλέπα και Σόδου.
- **Ζάκυνθος:** Υπερφόρτωση και διαρροές λυμάτων σε οικισμούς, με ρύπανση ποταμών και ακτών.
- **Άνδρος:** Η ποιότητα των υδάτων επηρεάζεται από τους πολλούς απορροφητικούς βόθρους και την εκτός σχεδίου δόμηση, που μολύνουν τα υπόγεια νερά με μικροβιολογικές και χημικές ουσίες, καθιστώντας πολλές πηγές ακατάλληλες.
- **Βέροια:** Τα ανεπεξέργαστα λύματα και η λάσπη καταλήγουν στον Αλιάκμονα μέσω της Τάφρου 66, με σοβαρές συνέπειες για το πότισμα των καλλιεργειών. Επί επτά χρόνια εναποτίθεται βιολογική λάσπη από άλλες περιοχές και βιομηχανίες, καθιστώντας την ΕΕΛ τον μεγαλύτερο ρυπαντή του Νομού Ημαθίας, χωρίς ουσιαστικά μέτρα αντιμετώπισης.
- **Μενεμένη Θεσσαλονίκης:** Στις εκβολές του Δενδροποτάμου, η περιοχική χαρακτηρίζεται από έντονη δυσοσμία και αποπνικτική ατμόσφαιρα, καθώς τα λύματα συνεχίζουν να καταλήγουν στον Θερμαϊκό κόλπο, παρά μερικές παρεμβάσεις τα τελευταία χρόνια.

- **Καμένα Βούρλα:** Σοβαρά προβλήματα στη λειτουργία της ΕΕΛ έχουν ως αποτέλεσμα λύματα να καταλήγουν στη θαλάσσια περιοχή του Κάμπινγκ ΕΟΤ, κοντά στην έξοδο της εγκατάστασης.

Παρόμοιες προκλήσεις εντοπίζονται και από επιτόπιους ελέγχους που έχουν πραγματοποιηθεί στις ΕΕΛ της χώρας. Στο σημείο αυτό, εισάγονται τα ευρήματα από τους εν λόγω επιτόπιους ελέγχους, αξιοποιώντας πληροφορίες και αποτελέσματα για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης.

Ειδικότερα, με έτος αναφοράς το 2019, αποτυπώθηκε η υφιστάμενη κατάσταση των ελληνικών ΕΕΛ από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής και Αστικής Πολιτικής Κύπρος-Ελλάδα), οδηγώντας στην αναγνώριση διαχειριστικών, κατασκευαστικών ή και λειτουργικών δυσχερειών, στην κατανόηση των αδυναμιών και στη διατύπωση προτάσεων βελτίωσης. Στο πλαίσιο αυτό, αξιολογήθηκε μέσω δευτερογενών δεδομένων εκθέσεων της Ελλάδας προς την ΕΕ το σύνολο των 482 αναγνωρισμένων οικισμών, με στόχο την αναγνώριση και επιλογή των περιπτώσεων για επιτόπιες επισκέψεις. Τελικά επιλέχθηκαν 26 οικισμοί για επιτόπιες επισκέψεις, ένα δείγμα που αντιστοιχεί περίπου στο 10% των οικισμών με έργα αποχέτευσης και επεξεργασίας λυμάτων και καλύπτει 9 από τις 13 περιφέρειες της χώρας.

Πίνακας 31. Περιοχές με έργα συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων, όπου πραγματοποιήθηκαν επιτόπιες επισκέψεις την περίοδο 2019-2020

A/A	Περιφέρεια	Περιφερειακή Ενότητα	Οικισμός	Προγραμματισμός	Ημερομηνία επίσκεψης
1	Κεντρικής Μακεδονίας	Ημαθίας	Αλεξάνδρεια Ημαθίας		26/8/2019
2	Δυτικής Ελλάδας	Ηλείας	Αμαλιάδα		27/11/2019
3	Δυτικής Ελλάδας	Ηλείας	Αρχαία Ολυμπία		29/11/2019
4	Στερεάς Ελλάδας	Φθιώτιδας	Αταλάντη		19/9/2019
5	Θεσσαλίας	Λάρισας	Βερδικούσα		28/8/2019
6	Στερεάς Ελλάδας	Φωκίδας	Γαλαξίδι		6/12/2019
	Στερεάς Ελλάδας	Φωκίδας	Δελφοί		6/12/2019
7	Δυτικής Ελλάδας	Ηλείας	Γαστούνη-Βαρθολομίο		28/11/2019
8	Δυτικής Ελλάδας	Ηλείας	Ζακάρω		30/8/2019
9	Κεντρικής Μακεδονίας	Χαλκιδικής	Ιερισσός		4/9/2019
10	Νοτίου Αιγαίου	Καλύμνου, Καρπάθου, Κω, Ρόδου	Καρδάμaina		26/11/2019
11	Στερεάς Ελλάδας	Ευρυτανίας	Καρπενήσι		11/12/2019
12	Βορείου Αιγαίου	Ικαρίας, Σάμου	Κοκκάρι		9/12/2019
13	Στερεάς Ελλάδας	Εύβοιας	Λουτρά Αιδηψού		9/12/2019
14	Πελοποννήσου	Αργολίδας, Αρκαδίας	Λυγουριό		9/9/2019
15	Πελοποννήσου	Αργολίδας, Αρκαδίας	Μεγαλόπολη		13/1/2020
16	Αττικής	Πειραιώς, νήσων	Μέθανα		17/12/2019
17	Κεντρικής Μακεδονίας	Σερρών	Νέα Ζίχνη		18/11/2019
18	Κεντρικής Μακεδονίας	Χαλκιδικής	Νέα Ρόδα		5/9/2019
19	Δυτικής Ελλάδας	Αιτωλοακαρνανίας	Νεοχώρι		13/9/2019
20	Ιονίων Νήσων	Λευκάδας	Νυδρί		19/12/2019
	Ιονίων Νήσων	Λευκάδας	Λευκάδα		19/12/2019
21	Κεντρικής Μακεδονίας	Χαλκιδικής	Ουρανούπολη		6/9/2019
22	Αττικής	Πειραιώς, νήσων	Πόρος-Γαλατάς		3/10/2019
23	Πελοποννήσου	Λακωνίας, Μεσσηνίας	Πύλος		13/12/2019
24	Βορείου Αιγαίου	Ικαρίας, Σάμου	Σάμος		9/12/2019
25	Νοτίου Αιγαίου	Καλύμνου, Καρπάθου, Κω, Ρόδου	Σκάλα Πάτμου		24/10/2019
26	Κεντρικής Μακεδονίας	Θεσσαλονίκης	Χαλάστρα και Ανατολικό		16/9/2019
		Περιοχές στις οποίες πραγματοποιήθηκε επίσκεψη την περίοδο Αύγουστος 2019-Σεπτέμβριος 2019			
		Περιοχές στις οποίες πραγματοποιήθηκε επίσκεψη την περίοδο Νοέμβριος 2019-Ιανουάριος 2020			
		Συνδυαστικά με το Γαλαξίδι			
		Συνδυαστικά με το Νυδρί			

Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής και Αστικής Πολιτικής (DG REGIO), Ελλάδα-Κύπρος (2020β). Τεχνική βοήθεια για την παρακολούθηση της λειτουργικότητας υποδομών διαχείρισης αστικών λυμάτων και προτάσεις για προκαταρκτικές ενέργειες σε υποδομές που δεν συμμορφώνονται με την Οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (Οδηγία 91/271/ΕΟΚ).

Επιπλέον, το 2020 πραγματοποιήθηκε μελέτη από την DG REGIO, στο πλαίσιο έργου για την αποτελεσματική εφαρμογή παρεμβάσεων στον τομέα του νερού, εστιάζοντας σε 35 ΔΕΥΑ και στην αποδελτίωσή τους μέσω εκθέσεων. Η μελέτη αυτή περιλάμβανε την αξιολόγηση 62 ΕΕΛ για την καταγραφή των τεχνικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων. Αυτές οι επιτόπιες αξιολογήσεις και μελέτες καθίστανται σημαντικά εργαλεία για την κατανόηση των προβλημάτων και για την ανάπτυξη στρατηγικών που θα ενισχύσουν τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, υπογραμμίζοντας τις ανάγκες για εκσυγχρονισμό και αναβάθμιση των υποδομών και διαδικασιών.

Συνεπώς, στο κεφάλαιο αυτό, η καταγραφή των προβλημάτων και των προκλήσεων είναι ολιστική, συμπεριλαμβάνοντας δεδομένα τόσο από τη διερεύνηση της υφιστάμενης κατάστασης της παρούσας μελέτης όσο και από τα ευρήματα των δευτερογενών εκθέσεων και των επιτόπιων ελέγχων. Αυτή η συνδυασμένη προσέγγιση επιτρέπει μια πληρέστερη κατανόηση των δυσχερειών που αντιμετωπίζουν τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα, αναδεικνύοντας τις κρίσιμες αδυναμίες στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων και τα σημεία που απαιτούν άμεση παρέμβαση. Μέσω αυτών των πληροφοριών, αποτυπώνονται όχι μόνο τα προβλήματα που σχετίζονται με τις υποδομές και τις διαδικασίες, αλλά και οι διαχειριστικές, κατασκευαστικές και λειτουργικές προκλήσεις που συνδέονται με την εφαρμογή των σχετικών κανονιστικών πλαισίων, όπως η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.

Πίνακας 32. Κατάλογος επιτόπιων επισκέψεων από τον οργανισμό JASPERS

ΔΕΥΑ	Επιτόπια επίσκεψη	Συμπλήρωση ερωτηματολογίου
Αιγαλείας	14/09/2022	21/11/2022
Πάτρας	14/09/2022	01/12/2022
Κω	14/10/2022	25/10/2022
Λέσβου	11/11/2022	21/11/2022
Κοζάνης	07/10/2022	03/11/2022
Ιωαννίνων	06/10/2022	23/12/2022
Βόλου	23/11/2022	20/12/2022
Σερρών	08/11/2022	05/12/2022
Λαμίας	24/11/2022	11/01/2023
Ρεθύμνου	18/01/2023	27/01/2023
Κομοτηνής	25/11/2022	-
Νάουσας	10/11/2022	-

Πηγή: European Investment Bank – JASPERS (2023). SUMMARY REPORT - Screen-ing of 12 investment projects and assessment of the capacity of the respective Water Service Providers (DEYAs).

Τέλος, το 2023 πραγματοποιήθηκε νέα αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης μέσω επιτόπιων επισκέψεων από τον οργανισμό JASPERS, μια σύμπραξη της ΕΕ και της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων. Στην εν λόγω διαδικασία ελέγχθηκαν 12 ΕΕΛ και αξιολογήθηκαν οι αντίστοιχες Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης-Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ), οι οποίες εξυπηρετούν συνολική έκταση 7.152 km² και πληθυσμό 1.072.000, περίπου το 10% του πληθυσμού της Ελλάδας.

Κατά την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης εντοπίστηκαν μέσα από συναντήσεις με εμπλεκόμενους φορείς και από τη συλλογή και επεξεργασία επίσημων δευτερογενών δεδομένων σημαντικά ζητήματα που αφορούν, κυρίως, την αδυναμία εφαρμογής του νομικού πλαισίου, οικονομοτεχνικά ζητήματα και την έλλειψη ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού στις περιοχές εγκατάστασης των ΕΕΛ.

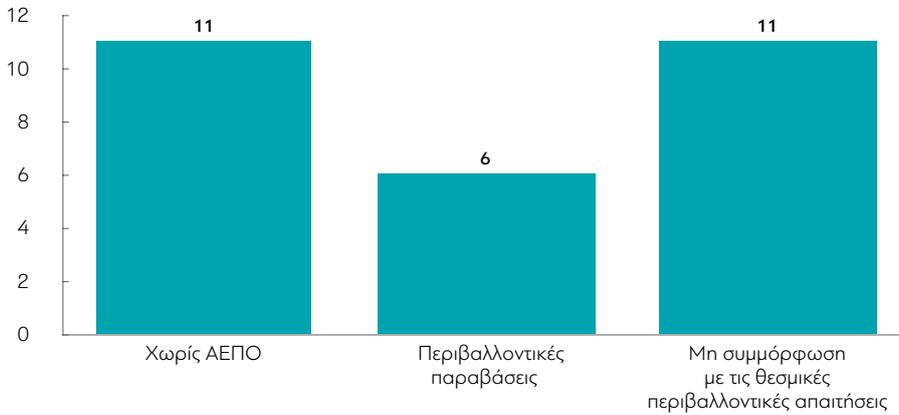
4.1. Νομικά ζητήματα

Από την εξέταση της υφιστάμενης κατάστασης προέκυψε ότι στο σύνολο των 482 οικισμών στην Ελλάδα που εμπίπτουν στην Οδηγία 91/271/ΕΟΚ παρατηρείται σημαντικό ποσοστό οικισμών με έργα που εμφανίζονται σε μη συμμόρφωση, καθώς και οικισμών χωρίς κατασκευασμένες υποδομές [Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής και Αστικής Πολιτικής (DG REGIO), Ελλάδα-Κυπρος, 2020β]. Εμφανίζεται, δηλαδή, σημαντική αδυναμία συμμόρφωσης με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ έπειτα από 30 έτη ισχύος, με έναν από τους βασικούς παράγοντες να είναι η αναποτελεσματική περιβαλλοντική παρακολούθηση και ο έλεγχος των έργων.

Σύμφωνα με προαναφερθείσες επιτόπιες επισκέψεις για τα έτη 2019 και 2023, οι περιβαλλοντικές επιθεωρήσεις και οι περιβαλλοντικοί έλεγχοι κρίνονται ανεπαρκείς, καθώς δεν καλύπτουν το σύνολο των έργων στα οποία διαπιστώθηκε μη τήρηση των αναγκαίων περιβαλλοντικών δεσμεύσεων. Επιπλέον, οι επιθεωρήσεις και οι έλεγχοι φαίνεται να πραγματοποιούνται σποραδικά και ενδεχομένως χωρίς επαρκή ενημέρωση όλων των ενδιαφερόμενων μερών ως προς τα αποτελέσματα των ελέγχων, ακόμα και όταν διαπιστώνονται περιβαλλοντικές παραβάσεις.

Ειδικότερα, το 2019, στα 11 από τα 26 έργα που πραγματοποιήθηκε επιτόπια επίσκεψη, δηλαδή στο 40% του δείγματος, διαπιστώθηκε απουσία περιβαλλοντικής αδειοδότησης. Ακόμη, οι αρμόδιες ελεγκτικές Αρχές εντόπισαν βεβαιωμένες περιβαλλοντικές παραβάσεις σε 6 έργα, δηλαδή στο 20% του δείγματος, ενώ παρατηρήθηκε περιορισμένη συμμόρφωση της τάξης του 20% των ενεργών έργων.

Σχήμα 8. Βασικές αιτίες περιβαλλοντικών θεσμικών παραβάσεων σε δείγμα 26 ΜΕΛ



Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής και Αστικής Πολιτικής (DG REGIO), Ελλάδα-Κύπρος (2020β). Τεχνική βοήθεια για την παρακολούθηση της λειτουργικότητας υποδομών διαχείρισης αστικών λυμάτων και προτάσεις για προκαταρκτικές ενέργειες σε υποδομές που δεν συμμορφώνονται με την Οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (Οδηγία 91/271/ΕΟΚ).

Την παραπάνω εικόνα επιβεβαιώνουν και οι επιτόπιες επισκέψεις το 2023, διαμορφώνοντας μια συνολική και διαχρονική εικόνα αμέλειας υποχρεώσεων που ανακύπτουν στη διαχείριση των έργων. Ενδεικτικά, παρατηρείται η έλλειψη έγκαιρης ανανέωσης των ΑΕΠΟ των έργων, καθώς και η καθυστέρηση ή η μη ανταπόκριση στην ετήσια καταχώριση λειτουργικών δεδομένων στην Εθνική Βάση παρακολούθησης της λειτουργίας των ΕΕΛ του ΥΠΕΝ. Συνεπώς, προκύπτει η ανάγκη για πιο αποτελεσματική και συνεπή παρακολούθηση και διαχείριση των περιβαλλοντικών πτυχών των έργων, ούτως ώστε να αποτρέπονται τα παραπάνω φαινόμενα.

4.2. Διαχειριστικά και τεχνικά ζητήματα

Κατά την αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης, διαπιστώθηκαν σημαντικά ζητήματα οικονομικού, τεχνικού και οργανωτικού ενδιαφέροντος, πέραν των νομικών ζητημάτων. Ανάμεσα στις βασικές αιτίες μη συμμόρφωσης με την Οδηγία για τα υγρά απόβλητα βρίσκονται τεχνικές και χρονικές ασυμβατότητες κατά την υλοποίηση των έργων και κατά τη μελέτη ή/και την κατασκευή των έργων. Επίσης, παρατηρείται αδυναμία των φορέων, που σχετίζονται με τη διαχείριση αστικών λυμάτων, να ανταποκριθούν στις αυξημένες οικονομικές και τεχνικές απαιτήσεις των έργων αυτών. Στο ακόλουθο **Σχήμα 9** παρουσιάζεται η συχνότητα εμφάνισης των παραπάνω ζητημάτων, λαμβάνοντας υπ' όψιν και την αδυναμία περιβαλλοντικής παρακολούθησης που προαναφέρθηκε ως νομικό ζήτημα.

Σχήμα 9. Βασικές αιτίες του προβλήματος της μη λειτουργικότητας των έργων σε ένα δείγμα 26 ΜΕΛ



Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής και Αστικής Πολιτικής (DG REGIO), Ελλάδα-Κύπρος (2020β). *Τεχνική βοήθεια για την παρακολούθηση της λειτουργικότητας υποδομών διαχείρισης αστικών λυμάτων και προτάσεις για προκαταρκτικές ενέργειες σε υποδομές που δεν συμμορφώνονται με την Οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (Οδηγία 91/271/ΕΟΚ).*

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρήθηκε οικονομική και διαχειριστική αδυναμία των φορέων να λειτουργήσουν επαρκώς τις ΕΕΛ. Συγκεκριμένα, σε ό,τι αφορά τη διαχειριστική

αδυναμία, οι φορείς δεν έχουν τη δυνατότητα, λόγω έλλειψης εξειδικευμένου προσωπικού, να λειτουργήσουν αποδοτικά τα έργα σύμφωνα με τους κανόνες της μηχανικής και της επιστήμης, αδρανώντας σε θέματα συντήρησης και έγκαιρης αντιμετώπισης βλαβών, με αποτέλεσμα τα έργα να απαξιώνονται με τον χρόνο. Συνεπώς, παρατηρείται υψηλό ποσοστό υποστελέχωσης και, πιο συγκεκριμένα, έλλειψη σε τεχνικά καταρτισμένο προσωπικό, όπως οι μηχανικοί. Ταυτόχρονα, ο ιδιαίτερα επιφορτισμένος όγκος εργασίας που απαιτείται για την κατασκευή και τη λειτουργία των έργων συνδράμει στην περαιτέρω επιβράδυνση της ολοκλήρωσης και της συντήρησής τους. Ακόμη, λόγω της οικονομικής αδυναμίας, τα έργα βραχυπρόθεσμα μπορεί να υπολειπθούν ή μακροπρόθεσμα ακόμα και να σταματούν τη λειτουργία τους.

Στο 40% των περιπτώσεων περίπου (10 από τις 26 περιπτώσεις που αποτυπώθηκαν κατά το έτος αναφοράς το 2019) παρατηρήθηκαν χρονικές και τεχνικές ασυμβατότητες κατά την υλοποίηση των έργων, με αποτέλεσμα τα έργα στο σύνολό τους να παραμένουν ανενεργά για σημαντικό χρονικό διάστημα, με αρνητικές συνέπειες τόσο στα δομικά στοιχεία των υποδομών τους όσο και στον εγκατεστημένο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (όπως ισχυρή διάβρωση), ο οποίος μπορεί στο διάστημα αυτό να υπέστη βανδαλισμό ή κλοπή [Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής και Αστικής Πολιτικής (DG REGIO), Ελλάδα-Κύπρος, 2020β]. Επίσης, αξίζει να επισημανθεί ότι οι υποδομές διαχείρισης των αποβλήτων χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλό ενεργειακό κόστος λειτουργίας, σε βαθμό που επηρεάζει την ικανότητα εξόφλησης των οφειλών. Τα προβλήματα της αποπληρωμής των οφειλών δημιουργούν εμπόδια στην πρόσβαση σε χρηματοδοτήσεις, με αποτέλεσμα την υπολειτουργία των έργων και την ατελή υλοποίησή τους.

Σημαντικά ζητήματα παρατηρήθηκαν και τα δύο έτη (2019 και 2023) και στις υποδομές, σε ό,τι αφορά το δίκτυο αποχέτευσης συγκεκριμένα, όπως η εισροή θαλασσινού νερού ή όμβριων υδάτων σε δίκτυα αποχέτευσης ή η ελλιπής σύνδεση των πολιτών με το δίκτυο, ώστε τελικά οι ΕΕΛ να παραμένουν ανενεργές ή να υπολειτουργούν.

Σημειώνεται, επίσης, αναποτελεσματική πολιτική κινήτρων και μέτρων εφαρμογής της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ για τη σύνδεση των πολιτών σε κατασκευασμένα δίκτυα αποχέτευσης, γεγονός που δεν επιτρέπει την αποτελεσματική λειτουργία τους. Λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα τα παραπάνω ζητήματα, συστήνεται να πραγματοποιηθούν συνενώσεις, συμπράξεις και συνέργειες ανάμεσα στις ΔΕΥΑ, καθώς και άλλους εμπλεκόμενους φορείς. Η συνεργασία ανάμεσα στις ΔΕΥΑ μπορεί να ενδυναμώσει τη λειτουργία των ΕΕΛ σε όλη τη χώρα, καθώς και να δώσει την ευκαιρία ανταλλαγής εμπειριών και βαθύτερης κατανόησης των προκλήσεων και των ευκαιριών. Παράλληλα, τέτοιες συνεργασίες μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη κοινών πρωτοβουλιών, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα των διαδικασιών και των υποδομών.

Μέσα από το δείγμα των ΕΕΛ που ελέγχθηκαν επιτόπια το 2019, αναδείχθηκαν ζητήματα πριν από το στάδιο λειτουργίας, όπου διαπιστώθηκαν αστοχίες σε έργα (περίπου στο 60% των έργων – 15 από τις 26 περιπτώσεις) που μπορεί να οφείλονται σε ατέλειες της μελέτης ή της κατασκευής των έργων [σε ΕΕΛ, Δίκτυα Αποχέτευσης (ΔΑ), Κεντρικούς Αποχετευτικούς Αγωγούς (ΚΑΑ) ή αγωγούς διάθεσης λυμάτων] [Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής και Αστικής Πολιτικής (DG REGIO), Ελλάδα-Κύπρος, 2020β]. Η εικόνα αυτή επιβεβαιώνεται το 2023 και σε μεγαλύτερο επίπεδο, όπου παρατηρήθηκε ελλιπής και μη ολοκληρωμένος σχεδιασμός (European Investment Bank – JASPERS, 2023).

Συγκεκριμένα, σε καμία από τις ΕΕΛ που ελέγχθηκαν το 2023 δεν υπήρξε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο τοπικής ανάπτυξης και λειτουργίας των μονάδων. Τα έγγραφα των έργων καταρτίζονται ελλείψει ενός Τοπικού Ρυθμιστικού Σχεδίου για την ύδρευση ή και ευρύτερα. Τα διαθέσιμα σχέδια εστιάζουν στο επίπεδο λειτουργίας των μονάδων, όπου και εκεί διαπιστώθηκαν ζητήματα σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως η ανεπαρκής ανάλυση της οικονομικής βιωσιμότητας των έργων.

Όπως προαναφέρθηκε, η απουσία ολοκληρωμένου σχεδιασμού και μελέτης σκοπιμότητας έχει ως αποτέλεσμα τα έγγραφα των έργων να επικεντρώνονται περισσότερο σε συγκεκριμένες τεχνικές λύσεις, ενώ άλλα θέματα, όπως η προσιότητα των τιμολογίων και η οικονομική βιωσιμότητα του έργου, δεν έχουν εκπονηθεί διεξοδικά ακόμη και σε απλοποιημένο επίπεδο.

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης λειτουργούν συμπληρωματικά με τα ευρήματα αποδελτίωσης σε τεχνικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε 35 ΔΕΥΑ από την DG Regio [Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής και Αστικής Πολιτικής (DG REGIO), Ελλάδα-Κύπρος, 2020β]. Συγκεκριμένα, στην εν λόγω μελέτη, η οποία επικεντρώθηκε σε κάποιες από τις υφιστάμενες ΕΕΛ, έγινε μια προσπάθεια καταγραφής των τεχνικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των ΕΕΛ, διερευνώντας ένα μέρος των υφιστάμενων ΕΕΛ της χώρας, οι οποίες παρουσιάζονται στον **Πίνακα 33**, που ακολουθεί, σε συνδυασμό με λειτουργικά χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 33. Ευρήματα της μελέτης αναφορικά με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των 61 ΕΕΛ που εξετάστηκαν

ΔΕΥΑ	ΕΕΛ	Οικισμοί προτεραιότητας	Ποσοστό (%) κατασκευής ΔΑ	Ποσοστό (%) κατασκευής ιδιωτικών συνδέσεων	Συνδεσιμότητα πληθυσμού (%)	Δυναμικότητα ΕΕΛ (ι.κ.)*
ΟΡΕΣΤΙΑΔΑΣ	ΟΡΕΣΤΙΑΔΑΣ	ΟΡΕΣΤΙΑΔΑ (Α)	90	100	100	30.000
ΟΡΕΣΤΙΑΔΑΣ	ΝΕΑ ΒΥΣΣΑΣ	ΝΕΑ ΒΥΣΣΑ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΝΕΣΤΟΥ	ΝΕΣΤΟΥ	ΧΡΥΣΟΥΠΟΛΗ (Β)	100	100	65	20.827
ΝΕΣΤΟΥ	ΝΕΣΤΟΥ	ΚΕΡΑΜΩΤΗ (Γ)	90	90	0	20.827
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ (Β)	100	100	98	74.500
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	ΦΕΡΩΝ	ΦΕΡΕΣ (Γ)	94	100	75	7.000
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	ΜΑΚΡΗΣ	ΜΑΚΡΗ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ	ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ	ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ (Β)	100	100	98	27.000
ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ	ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ	ΣΥΒΟΤΑ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΞΩΝΑ ΧΑΝΙΩΝ	ΝΕΑΣ ΚΥΔΩΝΙΑΣ	ΝΕΑ ΚΥΔΩΝΙΑ (Β)	100	100	85	60.000
ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ (Β)	100	100	100	39.000
ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	ΕΛΟΥΝΤΑΣ	ΕΛΟΥΝΤΑ (Γ)	100	100	100	5.000
ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	ΝΕΑΠΟΛΗΣ	ΝΕΑΠΟΛΗ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΦΑΙΣΤΟΥ	ΜΑΤΑΛΩΝ	ΜΑΤΑΛΑ (Γ)	100	100	100	11.800
ΦΑΙΣΤΟΥ	ΜΟΙΡΩΝ	ΜΟΙΡΕΣ (Γ)			ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΟ	8.500
ΦΑΙΣΤΟΥ	ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	ΤΥΜΠΑΚΙ (Γ)	100	100	100	9.000/10.700
ΦΑΙΣΤΟΥ	ΖΑΡΟΥ	ΖΑΡΟΣ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΘΗΒΑΣ	ΘΗΒΑΣ	ΘΗΒΑ (Α)	100	100	90	40.000
ΘΗΒΑΣ	ΘΗΒΑΣ	ΒΑΓΙΑ (Γ)	100	90	100	
ΚΥΜΗΣ-ΑΛΙΒΕΡΙΟΥ	ΑΛΙΒΕΡΙΟΥ	ΑΛΙΒΕΡΙ (Γ)	98	98	98	15.000
ΚΥΜΗΣ-ΑΛΙΒΕΡΙΟΥ	ΚΥΜΗΣ	ΚΥΜΗ (Γ)				15.000
ΑΓΙΑΣ	ΑΓΙΑΣ	ΑΓΙΑ (Γ)	90	100	70	9.000
ΑΓΙΑΣ	ΑΓΙΟΚΑΜΠΟΥ	ΑΓΙΟΚΑΜΠΟΣ (Γ)	80	100	30	11.385
ΑΓΙΑΣ	ΑΓΙΟΚΑΜΠΟΥ	ΒΕΛΙΚΑ (Γ)	60	100	25	11.385
ΑΓΙΑΣ	ΑΓΙΟΚΑΜΠΟΥ	ΣΩΤΗΡΙΤΣΑ (Γ)	50	100	15	11.385
ΜΕΤΕΩΡΩΝ	ΚΑΛΑΜΠΑΚΑΣ	ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ (Γ)	97	100	100	21.666
ΦΑΡΚΑΔΟΝΑΣ	ΟΙΧΑΛΙΑΣ	ΟΙΧΑΛΙΑ (Γ)	65	95	0	4.200
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	ΚΑΡΔΙΤΣΑ (Β)	98	100	100	56.050
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	ΚΑΡΔΙΤΣΟΜΑΓΟΥΛΑ (Γ)	100	100	90	56.050
ΛΑΡΙΣΑΣ	ΓΙΑΝΝΟΥΛΗΣ	ΓΙΑΝΝΟΥΛΗ (Γ)	100	100	60	10.583
ΛΑΡΙΣΑΣ	ΓΙΑΝΝΟΥΛΗΣ	ΦΑΛΛΗΝΗ (Γ)	100	100	40	10.583
ΛΑΡΙΣΑΣ	ΛΑΡΙΣΑΣ	ΛΑΡΙΣΑ (Β)	100	100	100	227.500
ΧΙΟΥ	ΧΙΟΥ	ΧΙΟΣ (Β)	95	100	100	32.500
ΛΑΓΚΑΔΑ	-	ΛΑΓΚΑΔΑΣ (Γ)	95	100	100	18.333
ΛΑΓΚΑΔΑ	-	ΚΑΒΑΛΑΡΙ (Γ)				

ΔΕΥΑ	ΕΕΛ	Οικισμοί προτεραιότητας	Ποσοστό (%) κατασκευής ΔΑ	Ποσοστό (%) κατασκευής ιδιωτικών συνδέσεων	Συνδεσιμότητα πληθυσμού (%)	Δυναμικότητα ΕΕΛ (ι.κ.)*
ΛΑΓΚΑΔΑ	-	ΛΑΓΥΝΑ (Γ)				
ΛΑΓΚΑΔΑ	-	ΑΣΣΗΡΟΣ (Γ)				
ΛΑΓΚΑΔΑ	-	ΖΑΓΚΛΙΒΕΡΙ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΛΑΓΚΑΔΑ	-	ΣΟΧΟΣ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΚΙΛΚΙΣ	ΚΙΛΚΙΣ	ΚΙΛΚΙΣ (Α)	100	100	100	26.000
ΚΙΛΚΙΣ	ΧΩΡΥΓΙΟΥ	ΧΩΡΥΓΙ (Γ)	100	100	100	3.100
ΚΙΛΚΙΣ	ΝΕΑΣ ΣΑΝΤΑΣ	ΝΕΑ ΣΑΝΤΑ (Γ)	100	100	100	4.100
ΠΑΙΟΝΙΑΣ	ΕΥΡΩΠΟΥ	ΕΥΡΩΠΟΣ (Γ)	100	100	100	2.700
ΠΑΙΟΝΙΑΣ	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟΥ	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ (Γ)	100	100	100	13.000
ΠΑΙΟΝΙΑΣ	ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑΣ	ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΣΚΥΔΡΑΣ	ΣΚΥΔΡΑΣ	ΣΚΥΔΡΑ (Γ)	100	100	100	20.000
ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ	ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ	ΚΑΤΕΡΙΝΗ (Β)	98	100	100	130.000
ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ	ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ	ΣΒΟΡΩΝΟΣ (Γ)	100	100	80-90	130000
ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ	ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ	ΚΑΡΙΤΣΑ (Γ)				130.000
ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ	ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ	ΒΡΟΝΤΟΥ (Γ)				130.000
ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ	ΚΟΡΙΝΟΥ	ΚΟΡΙΝΟΣ (Γ)	100	100	100	20.000
ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ	ΚΟΡΝΟΥ	ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΣ (Γ)				20.000
ΒΙΣΑΛΤΙΑΣ	ΝΙΓΡΙΤΑΣ	ΝΙΓΡΙΤΑ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	10.166
ΒΙΣΑΛΤΙΑΣ	ΝΙΓΡΙΤΑΣ	ΤΕΡΠΝΗ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	10.166
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	ΓΡΕΒΕΝΩΝ	ΓΡΕΒΕΝΑ (Α)	100	100	100	30.000
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	ΦΛΩΡΙΝΑΣ	ΦΛΩΡΙΝΑ (Α)	100	100	100	30.334
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ (Β)	100	100	100	30.000
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΛΗΞΟΥΡΙΟΥ	ΛΗΞΟΥΡΙ (Γ)	100	100	100	
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΣΚΑΛΑΣ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	ΣΚΑΛΑ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ (Γ)	100	100	<100	15.000
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΣΑΜΗΣ	ΣΑΜΗ (Γ)	100	100	100	
ΑΓΡΙΝΙΟΥ	ΑΓΡΙΝΙΟΥ	ΑΓΡΙΝΙΟ (Α)	100	100	100	90.000
ΑΓΡΙΝΙΟΥ	ΑΓΡΙΝΙΟΥ	ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΟ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΑΓΡΙΝΙΟΥ	ΑΓΡΙΝΙΟΥ	ΠΑΝΑΙΤΩΛΙΟ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΑΓΡΙΝΙΟΥ	ΑΓΡΙΝΙΟΥ	ΛΕΠΕΝΟΥ (Γ)	100	100	100	
ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ	ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ	ΝΑΥΠΑΚΤΟΣ (Β)	100	100	90	40.000
ΠΥΡΓΟΥ	ΠΥΡΓΟΥ	ΠΥΡΓΟΣ (Β)	100	100	100	35.000
ΑΡΓΟΥΣ-ΜΥΚΗΝΩΝ	ΑΡΓΟΥΣ-ΝΑΥΠΛΙΟΥ	ΑΡΓΟΣ-ΝΑΥΠΛΙΟ (Β)	100	100	100	133.000
ΝΑΥΠΛΙΟΥ	ΤΟΛΟΥ	ΤΟΛΟ (Γ)	100	100	100	18.129
ΕΡΜΙΟΝΙΔΑΣ	ΕΡΜΙΟΝΗΣ	ΕΡΜΙΟΝΗ (Γ)	98	98	98	8.700

ΔΕΥΑ	ΕΕΛ	Οικισμοί προτεραιότητας	Ποσοστό (%) κατασκευής ΔΑ	Ποσοστό (%) κατασκευής ιδιωτικών συνδέσεων	Συνδεσιμότητα πληθυσμού (%)	Δυναμικότητα ΕΕΛ (ι.κ.)*
ΕΡΜΙΟΝΙΔΑΣ	ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ	ΚΡΑΝΙΔΙ (Γ)	Υπό κατασκευή (15% πρόοδος) Με την ολοκλήρωση θα φτάσει έως στο 90%	Υπό κατασκευή (15% πρόοδος) Με την ολοκλήρωση θα φτάσει έως στο 90%	Υπό κατασκευή (15% πρόοδος) Με την ολοκλήρωση θα φτάσει έως στο 90%	10.000
ΤΡΙΦΥΛΙΑΣ	ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑΣ	ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑ (Γ)	100	100	100	13.950
ΤΡΙΦΥΛΙΑΣ	ΦΙΛΙΑΤΡΩΝ	ΦΙΛΙΑΤΡΑ (Γ)	100	100	30	7.894
ΤΡΙΦΥΛΙΑΣ	ΓΑΡΓΑΛΙΑΝΩΝ	ΓΑΡΓΑΛΙΑΝΟΙ (Γ)	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ	ΚΕΡΑΤΕΑΣ	ΚΕΡΑΤΕΑ (Γ)	100	100	100	12.500
ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ	ΛΑΥΡΙΟΥ	ΛΑΥΡΙΟ (Γ)	100	100	100	35000
ΘΗΡΑΣ	ΕΜΠΟΡΕΙΟΥ	ΕΜΠΟΡΕΙΟ (Γ)	100	100	100	13.500
ΘΗΡΑΣ	ΕΜΠΟΡΕΙΟΥ	ΠΕΡΙΣΣΑ (Γ)	100	100	100	
ΘΗΡΑΣ	ΚΑΡΤΕΡΑΔΟΥ	ΚΑΡΤΕΡΑΔΟΣ (Γ)	100	100	100	5.000
ΘΗΡΑΣ	ΦΗΡΩΝ	ΦΗΡΑ (Γ)	100	100	100	10.833
ΘΗΡΑΣ	ΟΙΑΣ	ΟΙΑ (Γ)	100	100	100	10.833
ΜΥΚΟΝΟΥ	ΜΥΚΟΝΟΥ	ΜΥΚΟΝΟΣ (Β)	100	100	100	3.200
ΠΑΡΟΥ	ΠΑΡΟΙΚΙΑΣ	ΠΑΡΟΙΚΙΑ (Γ)	100	100	100	25.000
ΠΑΡΟΥ	ΝΑΟΥΣΑΣ	ΝΑΟΥΣΑ (Γ)	100	100	100	14.300

* ι.κ.: ισοδύναμος κάτοικος

Πηγή: Επεξεργασία ερευνητικής ομάδας

Όπως διαφαίνεται στον **Πίνακα 33**, έχουν εξεταστεί 35 ΔΕΥΑ, οι οποίες με τη σειρά τους διαχειρίζονται 61 ΕΕΛ και 83 οικισμούς προτεραιότητας, καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις μία ΕΕΛ μπορεί να εξυπηρετεί παραπάνω από έναν οικισμό. Για παράδειγμα, η ΕΛΛ Αγρινίου διαχειρίζεται 4 οικισμούς προτεραιότητας, ήτοι το Αγρίνιο (Α), το Καινούργιο (Γ), το Παναιώλιο (Γ) και το Λεπενό (Γ).

Από την εν λόγω μελέτη προκύπτει ότι το 61% του εξεταζόμενου δείγματος των ΕΕΛ είναι λειτουργικό, το 20% των ΕΕΛ υπολειτουργεί, ενώ το 3% των ΕΕΛ είναι εκτός λειτουργίας. Τέλος, το 8% του εξεταζόμενου δείγματος των ΕΕΛ βρίσκεται υπό κατασκευή, ενώ για το 8% των ΕΕΛ του δείγματος δεν παρέχεται κάποια πληροφορία.

Το δίκτυο αποχέτευσης καλύπτει το 68,7% του δείγματος των οικισμών προτεραιότητας που εξετάζεται, σε ποσοστό της τάξεως του 90% έως 100%, το 1,2% των οικισμών καλύπτεται κατά 80% από το υπάρχον δίκτυο αποχέτευσης, το 2,4% των οικισμών καλύπτεται κατά 65%, το 1% καλύπτεται κατά 60% και το 1,2% κατά 50%. Τέλος, για το 16,9% του δείγματος των οικισμών, το δίκτυο αποχέτευσης τελεί υπό κατασκευή, ενώ για το 9,6% των οικισμών δεν παρέχεται κάποια πληροφορία αναφορικά με τη σύνδεσή τους σε δίκτυο αποχέτευσης.

Σε ό,τι αφορά την κατασκευή των ιδιωτικών συνδέσεων, το ποσοστό κάλυψης στους οικισμούς προτεραιότητας κυμαίνεται, για το 74% των οικισμών, σε ποσοστό της τάξεως του 90% έως 100%. Παράλληλα, το 17% των οικισμών βρίσκεται υπό κατασκευή ιδιωτικής σύνδεσης, ενώ για το 9,5% των οικισμών δεν παρέχεται κάποια πληροφορία σχετικά με τις ιδιωτικές τους συνδέσεις.

Στη συνέχεια, ακολουθεί μία επιπλέον ανάλυση σχετικά με τη συνδεσιμότητα του πληθυσμού. Παρατηρείται ότι το 54,2% των οικισμών προτεραιότητας, που αποτελούν το εξεταζόμενο δείγμα της μελέτης, διαθέτει συνδεσιμότητα πληθυσμού μεταξύ 90% με 100%, ενώ το 1,2% των οικισμών χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή συνδεσιμότητα. Παράλληλα, ποσοστό 6% των οικισμών διαθέτει συνδεσιμότητα ανάμεσα σε 80% με 90%, ενώ το 2,4% των οικισμών διαθέτει συνδεσιμότητα σε εύρος 70%-75% και το 2,4% των οικισμών είναι σε εύρος 60%-65%. Τέλος, χαμηλή συνδεσιμότητα με εύρος που κυμαίνεται μεταξύ του 15%-40% εντοπίζεται για το 7,2% των οικισμών του δείγματος της εν λόγω μελέτης. Τέλος, το 10,8% των οικισμών δεν διαθέτει συνδεσιμότητα στην παρούσα φάση, ενώ το 15,8% της συνδεσιμότητας των οικισμών είναι υπό κατασκευή.

Συνολικά, παρατηρείται αύξηση το ποσοστού των οικισμών που βρίσκονται σε συμμόρφωση. Ειδικότερα, στην τετραμηνιαία αναφορά του Εθνικού Επιχειρησιακού Σχεδίου Διαχείρισης Αστικών Λυμάτων του Νοεμβρίου του 2020 καταγράφεται ότι το 44% των οικισμών (213 από τους 482) ήταν συμμορφωμένο με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, ενώ το 2023 (σύμφωνα με την αντίστοιχη τετραμηνιαία αναφορά του Δεκεμβρίου του 2023) αυτό το ποσοστό ανήλθε σε 53% (254 οικισμοί σε συμμόρφωση με ολοκληρωμένα έργα). Η συμμόρφωση πολλών οικισμών επιτεύχθηκε μετά την ένταξή τους στο ΕΣΠΑ και την ολοκλήρωση των απαιτούμενων υποδομών μέσω των ενταγμένων έργων. Παρ' όλα αυτά, πολλοί οικισμοί εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν ελλείψεις σε υποδομές, που εμποδίζουν την ορθή λειτουργία των ΕΕΛ και τη συμμόρφωσή τους με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Φεβρουάριος 2026

Καλές πρακτικές και νέες
τεχνολογίες

5

Η διαχείριση και επαναχρησιμοποίηση των υδάτων αποτελεί κρίσιμο πεδίο παρέμβασης για την προστασία των φυσικών πόρων, την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και την ενίσχυση της βιωσιμότητας. Οι προσεγγίσεις που έχουν αναπτυχθεί διεθνώς περιλαμβάνουν τόσο την εφαρμογή ολοκληρωμένων στρατηγικών επαναχρησιμοποίησης όσο και την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, που στοχεύουν σε μεγαλύτερη αποδοτικότητα, χαμηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και παραγωγή δευτερογενών πόρων.

5.1. Χαρτογράφηση παραδειγμάτων καλών πρακτικών εξωτερικού

Η προηγμένη επεξεργασία λυμάτων και η ανάκτηση πόρων αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία της κυκλικής οικονομίας. Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι η επαναχρησιμοποίηση των υδάτων μπορεί να μετατρέψει περιβαλλοντικές υποχρεώσεις σε πολύτιμους πόρους, ενώ παράλληλα μειώνει τις πιέσεις στους φυσικούς υδάτινους αποδέκτες.

Τα συστήματα επαναχρησιμοποίησης διαφέρουν σε κλίμακα και τεχνολογικές απαιτήσεις. Τα κεντρικά συστήματα προσφέρουν οικονομίες κλίμακας και καλύπτουν πολλαπλές εφαρμογές, όπως άρδευση, βιομηχανική ψύξη και επαναφόρτιση υπογείων υδάτων, αλλά απαιτούν υψηλές επενδύσεις για τη μεταφορά νερού σε μεγάλες αποστάσεις (Hering et al., 2013). Από την άλλη, τα αποκεντρωμένα συστήματα, που χρησιμοποιούνται σε μικρότερες περιοχές και για μη πόσιμους σκοπούς, θεωρούνται πιο βιώσιμα, καθώς ενισχύουν τη διατήρηση και επαναχρησιμοποίηση των υδάτων, αυξάνοντας την ανθεκτικότητα των υποδομών και μειώνοντας το κόστος αντικατάστασής τους (Wilcox, 2016· Makropoulos & Butler, 2010).

Οι τοπικοί περιορισμοί είναι αυτοί που συχνά καθορίζουν το σύστημα επαναχρησιμοποίησης νερού για εφαρμογή σε διάφορες περιοχές του κόσμου (Wilcox, 2016· Hochstrat et al., 2007). Για παράδειγμα, στις άνυδρες περιοχές, το ανακυκλωμένο νερό εφαρμόζεται συνήθως στη γεωργία, ενώ σε αστικές περιοχές με χαμηλή διαθεσιμότητα νερού έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης πόσιμου και μη πόσιμου νερού (Asano & Clerico, 2006).

Αντίθετα, στην Καλιφόρνια, η υψηλή ζήτηση νερού κατά κεφαλή σε πυκνοκατοικημένες πόλεις έχει οδηγήσει στην εφαρμογή πολλών συγκεντρωτικών συστημάτων έμμεσης επαναχρησιμοποίησης πόσιμου νερού (Indirect Potable Reuse – IPR), όπου τα λύματα που έχουν υποστεί επεξεργασία σύμφωνα με ρυθμιστικά όρια παρεμφερή με τα πρότυπα για την παραγωγή πόσιμου νερού έχουν χρησιμοποιηθεί για την επαναφόρτιση των υπόγειων υδάτων ή αναμιγνύονται με επιφανειακά ύδατα και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για πόσιμους σκοπούς (CDPH, 2009 & 2011).

Σε άλλες περιπτώσεις, όπως στη Ναμίμπια και το Τέξας, συστήματα άμεσης επαναχρησιμοποίησης πόσιμου νερού (Direct Potable Reuse – DPR), όπου καθαρό ανακυκλωμένο πόσιμο νερό προστίθεται απευθείας στο δίκτυο διανομής πόσιμου ύδατος, έχουν χρησιμοποιηθεί ή προταθεί για την αύξηση της παροχής πόσιμου νερού λόγω της μείωσης του κόστους που προκύπτει από τη μη αναγκαία ανάπτυξη ενός περιβαλλοντικού ρυθμιστή που είναι χαρακτηριστικός των συστημάτων IPR (Wilcox, 2016· du Pisani, 2006).

Όσον αφορά τη γεωργία, η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων υπό ασφαλείς συνθήκες προσφέρει τη δυνατότητα να μειωθούν οι απαιτήσεις σε φυσικούς υδατικούς πόρους (Aiello et al., 2007). Επιπλέον, είναι εφικτή και η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών (Bedbabis et al., 2015· Singh et al., 2012· Zema et al., 2012), καθώς και η μείωση του κόστους επεξεργασίας και διάθεσης των λυμάτων (Harun, 1997) (Rosenqvist & Dawson, 2005). Δεδομένου ότι τα λύματα διαθέτουν υψηλές ποσότητες θρεπτικών συστατικών, μπορούν να περιορίσουν την εφαρμογή ορυκτών λιπασμάτων και να μειώσουν το κόστος λίπανσης (Maab & Grundmann, 2016· Paranychianakis et al., 2006).

Οι ενστάσεις σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων στη γεωργία αφορούν πιθανούς κινδύνους για την υγεία των γεωργών και των καταναλωτών (Pedrero et al., 2010· Maimon & Gross, 2018), την αλάτωση του εδάφους (Muyen et al., 2011), καθώς και τη συσσώρευση επικίνδυνων ουσιών στο έδαφος και τις καλλιέργειες (Maimon & Gross, 2018· Fatta-Kassinos et al., 2011· Khan et al., 2008· Mapanda et al., 2005· Pedersen et al., 2005· Toze, 2006).

Για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση, καθίσταται αναγκαία η ύπαρξη κατάλληλων στρατηγικών διαχείρισης κινδύνου, καθαρισμού, καθώς και παρακολούθησης των εδαφών και των καλλιεργειών. Τέλος, θα πρέπει να εντοπιστούν οι κατάλληλες πρακτικές άρδευσης, καλλιέργειας και συγκομιδής, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι για τον άνθρωπο και το περιβάλλον (Aiello et al., 2007· Muyen et al., 2011· Qadir et al., 2010· Rusan et al., 2007).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται case studies, τα οποία φωτίζουν στην πράξη πώς διαφορετικές κοινότητες ανά τον κόσμο αξιοποιούν τα λύματα ως πόρο.

5.1.1. Μία καινοτόμος κυκλική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στο Billund της Δανίας

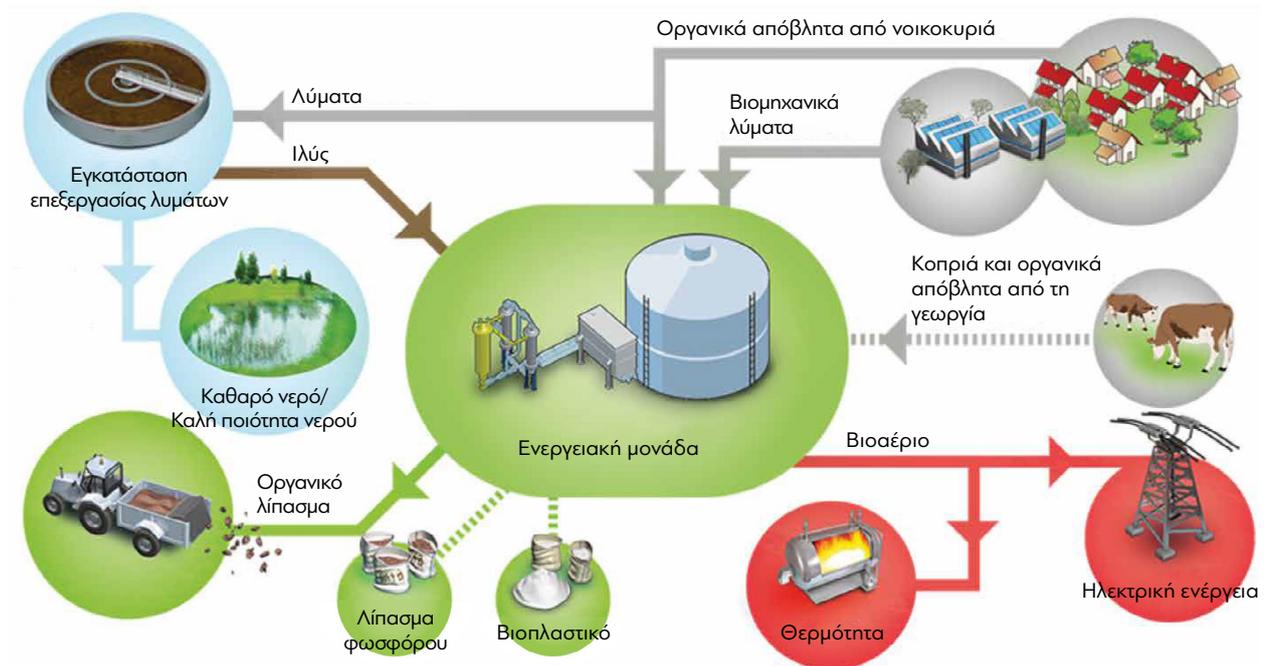
Ο μετασχηματισμός της υποδομής επεξεργασίας λυμάτων στο Billund της Δανίας σε βιοδιυλιστήριο αποτελεί πρωτοποριακό παράδειγμα βιώσιμης διαχείρισης λυμάτων και κυκλικής οικονομίας. Αντιμετωπίζοντας τις αυξανόμενες προκλήσεις κόστους, ενεργειακής απόδοσης και ποιότητας νερού,

η πόλη ανέπτυξε το βιοδιυλιστήριο Billund, το οποίο εγκαινιάστηκε το 2017 (Ddiba, 2023).

Η εγκατάσταση διαχειρίζεται λύματα της πόλης και οργανικά απόβλητα από νοικοκυριά, επιχειρήσεις και γεωργικές δραστηριότητες, με δυναμικότητα επεξεργασίας λυμάτων 70.000 ανθρώπων και 70.000 τόνων οργανικών αποβλήτων ετησίως.

Κεντρικό στοιχείο της λειτουργίας της είναι η παραγωγή βιοαερίου μέσω θερμικής υδρόλυσης και βιοδιυλιστών, το οποίο μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα, τροφοδοτώντας τόσο την εγκατάσταση όσο και την τοπική κοινότητα. Με αυτόν τον τρόπο, το βιοδιυλιστήριο συμβάλλει στην ενεργειακή αυτάρκεια και στην κυκλική οικονομία, μετατρέποντας τα απόβλητα σε πολύτιμους πόρους.

Σχήμα 10. Σχηματική αναπαράσταση του βιοδιυλιστηρίου στο Billund της Δανίας



Πηγή: Ddiba, D. (2023). An innovative circular wastewater treatment plant conversion – Billund Biorefinery, Billund, Denmark. In United Nations Environment Programme, *Wastewater – Turning Problem To Solution. A UNEP Rapid Response Assessment* (pp. 25-31).

Η μετάβαση του Billund από συμβατική Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων σε βιοδιυλιστήριο πραγματοποιήθηκε μέσω μιας ΣΔΙΤ, με τη συνεργασία των Billund Vand & Energi A/S, Krüger A/S και Veolia Water Technologies και τη χρηματοδότηση από δανέζικα προγράμματα οικολογικής καινοτομίας.

Αυτή η συνεργασία ανέδειξε τον κρίσιμο ρόλο της διατομεακής συνέργειας στην προώθηση βιώσιμων λύσεων διαχείρισης λυμάτων.

Το βιοδιυλιστήριο παράγει ετησίως 3,2 εκατομμύρια κυβικά μέτρα βιοαερίου, καλύπτοντας και ξεπερνώντας τις ενεργειακές του ανάγκες, ενώ συμβάλλει στην ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών με την παραγωγή 5.000 τόνων λιπάσματος. Μελλοντικά σχέδια περιλαμβάνουν την παραγωγή βιοπλαστικών και φωσφορούχων λιπασμάτων, ενισχύοντας τη δέσμευση για καινοτομία.

Οικονομικά, το βιορευστοποιείο βασίζεται σε έσοδα από πωλήσεις ενέργειας, οργανικών λιπασμάτων και τέλη εισόδου για την επεξεργασία αποβλήτων. Η αύξηση της ενεργειακής παραγωγής και της περιεκτικότητας των λιπασμάτων σε θρεπτικά συστατικά ενισχύει τη βιωσιμότητα της τοπικής οικονομίας.

Συνολικά, το βιοδιυλιστήριο Billund αποτελεί πρότυπο ενσωμάτωσης της κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση λυμάτων, προωθώντας την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, την ενεργειακή αποδοτικότητα και την ανακύκλωση πόρων, προσφέροντας ένα επεκτάσιμο μοντέλο βιώσιμης αστικής υποδομής.

5.1.2. Άμεση ανάκτηση πόσιμου νερού στο Windhoek της Ναμίμπια

Η πρωτοβουλία άμεσης επαναχρησιμοποίησης πόσιμου νερού (DPR) στο Windhoek της Ναμίμπια αποτελεί παγκόσμιο πρότυπο βιώσιμης διαχείρισης υδάτων σε ημίξηρα περιβάλλοντα. Με ιστορία άνω των πέντε δεκαετιών, το Windhoek ήταν η πρώτη πόλη που εφάρμοσε την ανάκτηση και επεξεργασία οικιακών λυμάτων για πόσιμο νερό, αντιμετωπίζοντας τις προκλήσεις της λειψυδρίας (Rensburg, 2023).

Η πόλη, λόγω του ημίξηρου κλίματος και της έλλειψης φυσικών υδατικών πόρων, στράφηκε στην DPR ήδη από το 1968, με συνεχείς αναβαθμίσεις στις τεχνολογίες επεξεργασίας, όπως όζον, ενεργός άνθρακας και υπερδιήθηση. Το σύστημα βασίζεται σε πολλαπλούς φραγμούς ασφαλείας, διασφαλίζοντας την ποιότητα του νερού, ενώ η ανάμιξη με φυσικές πηγές ενισχύει την αποδοχή του από την κοινότητα.

Κατά τη σοβαρή ξηρασία 2014-2016, η DPR διατήρησε την υδροδότηση της πόλης, επιβεβαιώνοντας τον κρίσιμο ρόλο της στην ασφάλεια νερού. Η επιτυχία της οφείλεται σε ισχυρές στρατηγικές παρακολούθησης, αυστηρή ποιότητα επεξεργασίας και μοντέλο ΣΔΙΤ. Παρά τις προκλήσεις στη δημόσια αποδοχή και τη χρηματοδότηση, το Windhoek παραμένει πρότυπο βιώσιμης υδροδότησης και κυκλικής οικονομίας, προσφέροντας πολύτιμα διδάγματα για άλλες περιοχές με ανάλογες προκλήσεις.

5.1.3. Αποτελεσματικά συστήματα αποκεντρωμένης επεξεργασίας λυμάτων στο Dar es Salaam της Τανζανίας

Η εφαρμογή αποκεντρωμένων συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων (DEWATS) στο νοσοκομείο CCBRT στο Dar es Salaam αποτελεί πρότυπο βιώσιμης διαχείρισης λυμάτων σε αναπτυσσόμενες αστικές περιοχές. Με τη συνεργασία του Πανεπιστημίου HafenCity, της BORDA και της Estim Construction, το έργο αντιμετώπισε την έλλειψη αποχετευτικών υποδομών, παρέχοντας αποδοτικές λύσεις με χαμηλό λειτουργικό κόστος (Fettback & Muhamba, 2023).

Τα δύο συστήματα DEWATS διαχειρίζονται καθημερινά έως 90 m³ λυμάτων, παράγοντας 12 m³ βιοαερίου, το οποίο αξιοποιείται στη θέρμανση νερού. Επιπλέον, τα επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται για άρδευση και πυρόσβεση, μειώνοντας την εξάρτηση του νοσοκομείου από εξωτερικές πηγές νερού και ενισχύοντας τη βιοποικιλότητα μέσω ειδικής λίμνης αποθήκευσης.

Με κόστος κατασκευής 96.000 ευρώ, τα DEWATS αποδεικνύονται οικονομικά βιώσιμα, συγκριτικά με τις παραδοσιακές σιπτικές δεξαμενές, ενώ η ενεργειακή τους αυτονομία και η αξιοποίηση τοπικών πόρων ενισχύουν τη βιωσιμότητα. Παρά τις προκλήσεις στη χρήση του βιοαερίου, το έργο αναδεικνύει την ανάγκη προσαρμοστικών λύσεων και συνεργασιών για βιώσιμη διαχείριση αποβλήτων, προωθώντας την ανθεκτικότητα και την κυκλική οικονομία στις αναπτυσσόμενες πόλεις.

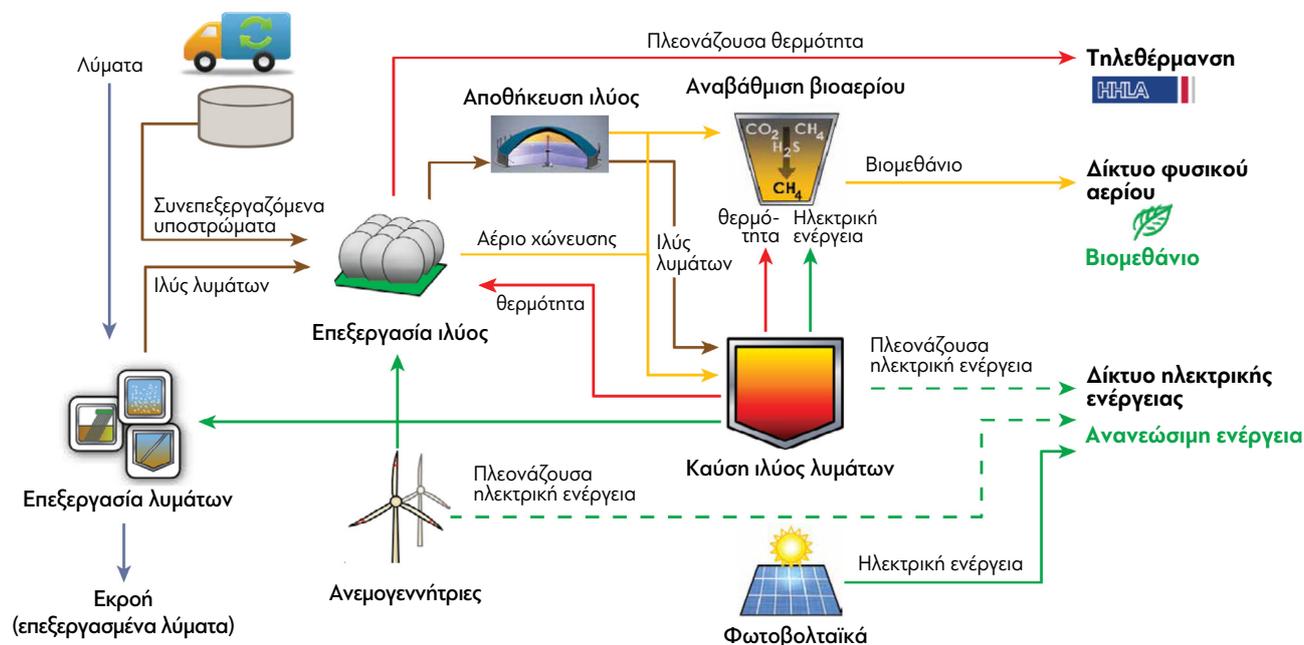
5.1.4. Κεντρική επεξεργασία λυμάτων μεγάλης κλίμακας ως πηγή ενέργειας στο Αμβούργο της Γερμανίας

Η ΕΕΛ του Αμβούργου, που διαχειρίζεται η Hamburg Wasser, αποτελεί ένα πρότυπο βιώσιμης διαχείρισης, μετατρέποντας τα λύματα από απόβλητα σε πολύτιμη πηγή ενέργειας. Με ετήσια επεξεργασία 150 εκατομμυρίων m³ λυμάτων από 2,5 εκατομμύρια κατοίκους, η εγκατάσταση έχει εξελιχθεί σε ενεργειακά θετική μονάδα (Schurig et al., 2023).

Μέσω αναερόβιας χώνευσης, η λυματολάσπη παράγει αέριο, το οποίο μετατρέπεται σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Παράλληλα, η αποτέφρωση της ιλύος, καθώς και η αξιοποίηση της αιολικής και ηλιακής ενέργειας ενισχύουν περαιτέρω την ενεργειακή αυτονομία της εγκατάστασης.

Η καινοτόμος αυτή προσέγγιση υπογραμμίζει τον ρόλο των ΕΕΛ ως κεντρικών κόμβων κυκλικής οικονομίας, προωθώντας τη βιωσιμότητα και μειώνοντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των αστικών κέντρων.

Σχήμα 11. Σχηματική προσέγγιση της μονάδας κεντρικής επεξεργασίας λυμάτων στο Αμβούργο της Γερμανίας



Πηγή: Schurig, H., Schäfer, A., Garleff, L., & Fettback, T. (2023). Large-scale centralized wastewater treatment as an energy source in Hamburg, Germany. In United Nations Environment Programme, *Wastewater – Turning Problem To Solution. A UNEP Rapid Response Assessment* (pp. 44-52).

Η Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων του Αμβούργου πέτυχε ενεργειακή αυτάρκεια το 2020, παράγοντας 125 GWh ηλεκτρικής και 133 GWh θερμικής ενέργειας, υπερβαίνοντας τις ανάγκες της και ενισχύοντας το τοπικό δίκτυο με το πλεόνασμα.

Αυτό κατέστη δυνατό μέσω στοχευμένων επενδύσεων, όπως η βελτιστοποίηση της παραγωγής αερίου χώνευσης, η εγκατάσταση ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών, και η ενεργειακή αναβάθμιση του αερισμού.

Η ενεργειακή αυτονομία της μονάδας μείωσε τα λειτουργικά της κόστη κατά 65% από το 2007, συμβάλλοντας στην οικονομική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Το παράδειγμα του Αμβούργου αποτελεί πρότυπο για άλλες πόλεις που επιδιώκουν βιώσιμες υποδομές διαχείρισης λυμάτων.

5.1.5. Κοινωνικά εμπόδια στην ανακύκλωση ούρων σε αποκεντρωμένα συστήματα αποχέτευσης

Η ανακύκλωση των ούρων ως λίπασμα αποτελεί μια καινοτόμο πρακτική κυκλικής οικονομίας, αλλά η κοινωνική αποδοχή και η ευρύτερη εφαρμογή της συναντούν εμπόδια. Έρευνες του Prithvi Simha (2023) δείχνουν ότι οι

αγρότες στη Νότια Ινδία παραμένουν σκεπτικοί, αλλά προτιμούν αφυδατωμένα λιπάσματα από ούρα έναντι υγρών. Διεθνείς έρευνες καταναλωτών αποκαλύπτουν ότι το 68% υποστηρίζει την ανακύκλωση των ούρων για γεωργία, ενώ το 59% δέχεται να καταναλώσει προϊόντα που λιπαίνονται με αυτά. Ωστόσο, η προθυμία πληρωμής υψηλότερης τιμής για αυτά τα τρόφιμα είναι χαμηλή.

Η εμπειρία της Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων του Αμβούργου αποδεικνύει ότι οι ΕΕΛ μπορούν να μετατραπούν από μεγάλους καταναλωτές ενέργειας σε ενεργειακά θετικές δομές. Η εγκατάσταση ξεπέρασε την ενεργειακή της κατανάλωση, επιτυγχάνοντας δείκτες ενεργειακής αυτάρκειας 123% για την ηλεκτρική ενέργεια και 135% για τη θερμότητα. Μέσω τεχνολογιών όπως η αναερόβια χώνευση και η αξιοποίηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, η μονάδα συνέβαλε στην κυκλική οικονομία και στη μείωση του ενεργειακού κόστους.

Το κύριο εμπόδιο στη μετάβαση προς τέτοιες βιώσιμες λύσεις δεν είναι μόνο η τεχνολογία, αλλά και η κοινωνική και θεσμική αποδοχή. Η εφαρμογή αποκεντρωμένων συστημάτων αποχέτευσης και η ανακύκλωση ούρων απαιτούν ευρεία συνεργασία μεταξύ φορέων, καταναλωτών και πολιτικών ρυθμιστών. Η επιτυχής υιοθέτηση εξαρτάται από την αλλαγή των αντιλήψεων, την προώθηση της κοινωνικής αποδοχής και τη δημιουργία οικονομικών κινήτρων.

5.1.6. Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, διαφοροποίηση καλλιεργειών και καταναλωτική αποδοχή στην Ouardanine της Τυνησίας

Η περίπτωση της Ouardanine στην Τυνησία αναδεικνύει την ανάγκη για καινοτόμες λύσεις στη διαχείριση υγρών αποβλήτων για γεωργία, ιδίως σε περιοχές με περιορισμένους φυσικούς υδατικούς πόρους (Mahjoub, 2023).

Η περιοχή εξαρτάται από την επεξεργασία λυμάτων για την άρδευση, ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με αυξημένη ζήτηση νερού. Παρά την αρχική αποδοχή από τους αγρότες λόγω των οικονομικών κινήτρων, η κοινωνική αποδοχή από τους καταναλωτές αποτέλεσε σημαντικό εμπόδιο.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, οι τοπικοί αγρότες και ΜΚΟ εφάρμοσαν προσαρμοστικά μέτρα, διαφοροποιώντας τις καλλιέργειες και υιοθετώντας συστήματα άρδευσης με σταγόνες, ενώ καλλιεργήσαν λιγότερο ευπαθή προϊόντα, όπως τα ρόδια. Επιπλέον, η χρήση αποξηραμένης ιλύος για κομποστ ενίσχυσε τη γονιμότητα του εδάφους. Αυτές οι στρατηγικές αύξησαν την ανθεκτικότητα της γεωργίας, ενώ το σύστημα άρδευσης με επεξεργασμένα λύματα αποδείχθηκε κλειδί για την εξασφάλιση της παραγωγικότητας σε μια περιοχή με αβεβαιότητα στην ποιότητα και τη διαθεσιμότητα του νερού. Η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της κοινωνικής αποδοχής και

της εκπαίδευσης των καταναλωτών για την επιτυχία τέτοιων καινοτομιών, και δείχνει ότι η βιώσιμη διαχείριση υγρών αποβλήτων μπορεί να ενδυναμώσει την ανθεκτικότητα και τη βιωσιμότητα του γεωργικού τομέα, ενισχύοντας την αειφορία σε περιοχές που πλήττονται από λειψυδρία.

5.1.7. Προηγμένη επεξεργασία λυμάτων για επαναχρησιμοποίηση σε μικρούς οικισμούς εκτός δικτύου στην ισραηλινή έρημο Negev

Το σύστημα επεξεργασίας λυμάτων στην έρημο Negev του Ισραήλ αποτελεί ένα παράδειγμα καινοτομίας στην αποκεντρωμένη επεξεργασία υγρών αποβλήτων, παρέχοντας μια λύση για τη λειψυδρία σε απομακρυσμένες περιοχές. Το σύστημα, που αναπτύχθηκε για να εξυπηρετεί την περιοχή και να υποστηρίζει τη βιώσιμη γεωργία, λειτουργεί με επιτυχία, παράγοντας καθαρά λύματα κατάλληλα για άρδευση. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται περιλαμβάνει δεξαμενές καθίζησης, βιοαντιδραστήρες και φιλτράρισμα με μεμβράνη υπερδιήθησης, και είναι εγκεκριμένη από το υπουργείο Υγείας του Ισραήλ για τη γεωργική επαναχρησιμοποίηση. Η ανάπτυξη αυτού του συστήματος αποτελεί συνεργασία μεταξύ διαφόρων φορέων, και η χρήση του έχει μειώσει σημαντικά την οργανική ύλη, τα αιωρούμενα στερεά και τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Ωστόσο, η συντήρηση του συστήματος και η επαγγελματική εγκατάσταση υπογραμμίζουν προκλήσεις όσον αφορά την επεκτασιμότητα. Παρά ταύτα, το σύστημα παρουσιάζει δυναμική αναπαραγωγής σε άλλες άγονες περιοχές, προάγοντας τη βιώσιμη διαχείριση του νερού και την κυκλική οικονομία (Avraham et al., 2023).

5.1.8. Βιώσιμη διαχείριση λυμάτων και θρεπτικών ουσιών στην επαρχιακή Γεωργία για την αντιμετώπιση της ρύπανσης στη Μαύρη Θάλασσα

Το σχέδιο βιώσιμης διαχείρισης λυμάτων και θρεπτικών ουσιών στην επαρχιακή Γεωργία, με επικεφαλής την οργάνωση WECF, αναδεικνύει καινοτόμες λύσεις για τη ρύπανση στην περιοχή της Μαύρης Θάλασσας. Η πρωτοβουλία εστιάζει στην ανάπτυξη απλών, αποκεντρωμένων συστημάτων αποχέτευσης και την ασφαλή επαναχρησιμοποίηση υδάτων, με την ενδυνάμωση των γυναικών στην κοινότητα να αποτελεί κεντρικό στοιχείο. Με χρηματοδότηση 161.400 δολαρίων από το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών, το έργο εισήγαγε τεχνολογίες χαμηλής τεχνολογίας, όπως οι τουαλέτες ξηρής απομάκρυνσης και η χρήση οργανικών αποβλήτων ως λιπάσματα. Οι λύσεις αυτές συνέβαλαν στη μείωση της εξάρτησης από χημικά λιπάσματα και την κυκλική οικονομία. Η πρωτοβουλία επέφερε σημαντικά οφέλη για την υγεία, το περιβάλλον και την οικονομία, ενώ υιοθετήθηκε από 43 νοικοκυριά στα χωριά Khorga και Chaladidi. Η έλλειψη ελέγχων ποιότητας νερού και η περιορισμένη υποστήριξη από τοπικές επιχειρήσεις είναι προκλήσεις, όμως το μοντέλο της κοινότητας και οι απλές τεχνολογίες παρέχουν μια επεκτάσιμη λύση για άλλες αγροτικές περιοχές.

Ο αντίκτυπος στην αποφυγή ρύπανσης της Μαύρης Θάλασσας μέσω της ανακύκλωσης θρεπτικών ουσιών αναδεικνύει τη βιωσιμότητα αυτής της προσέγγισης (Mihaylova, 2023).

5.1.9. Συστήματα ελεγχόμενου εμπλουτισμού του υδροφόρου ορίζοντα για φυσική και βιώσιμη τεχνολογία ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων

Η εφαρμογή των συστημάτων Managed Aquifer Recharge (MAR) στις Ηνωμένες Πολιτείες, με παραδείγματα από την Αριζόνα, το Κολοράντο και την Καλιφόρνια, αποτελεί μια καινοτόμο και ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διαχείριση υδάτων, εστιάζοντας στην επαναχρησιμοποίηση και βελτίωση της ποιότητας του νερού, ενώ ταυτόχρονα μειώνει την εξάρτηση από παραδοσιακές πηγές νερού. Αυτά τα συστήματα συνδυάζουν περιβαλλοντική μηχανική και δημόσια υγεία, αξιοποιώντας τη φυσική δυνατότητα του υπεδάφους για την αποθήκευση και φίλτρανση του νερού μέσω φυσικών γεωλογικών σχηματισμών, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για ενεργειακά εντατικές και χημικές μεθόδους επεξεργασίας (Betancourt et al., 2016).

Η μέθοδος του MAR επιτρέπει την επανεισαγωγή του νερού στους υδροφόρους ορίζοντες και την αποθήκευσή του για μελλοντική χρήση, ενισχύοντας την ασφάλεια του πόσιμου και μη πόσιμου νερού. Παράλληλα, η διαδικασία αυτή συμβάλλει στη διατήρηση της στάθμης των υπόγειων υδάτων, γεγονός κρίσιμο για την εξασφάλιση του νερού για γεωργική άρδευση, βιομηχανικές χρήσεις και πόσιμο νερό. Μέθοδοι όπως η διήθηση στις όχθες του ποταμού και η επεξεργασία του εδαφικού υδροφορέα (SAT) αναδεικνύουν τις φυσικές δυνατότητες των συστημάτων αυτών για την απομάκρυνση ρυπαντών και παθογόνων μικροοργανισμών, ενώ ελαχιστοποιούν την απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση.

Ενώ οι μέθοδοι MAR παρουσιάζουν πολλές υποσχέσεις, ειδικά σε περιοχές που πλήττονται από λειψυδρία, εν τούτοις η εφαρμογή τους, ιδιαίτερα για την επαναχρησιμοποίηση του πόσιμου νερού, αναδεικνύει προκλήσεις όσον αφορά τη δημόσια υγεία. Η μετάδοση υδατογενών παθογόνων, όπως οι ιοί (π.χ., αδενοϊοί, εντεροϊοί), απαιτεί αυστηρή παρακολούθηση και ανάλυση της αποτελεσματικότητας του υπεδάφους στην απομάκρυνσή τους. Η έρευνα δείχνει ότι οι μεγαλύτεροι χρόνοι παραμονής του νερού στον υπόγειο υδροφορέα σχετίζονται με υψηλότερη αποδοτικότητα στην απομάκρυνση των ιών, κάτι που είναι κρίσιμο για την αξιολόγηση της ασφάλειας του νερού που προορίζεται για επαναχρησιμοποίηση.

Η παρουσία παθογόνων, όπως οι ρεοϊοί, στα υπόγεια ύδατα μετά τη διαδικασία MAR απαιτεί περαιτέρω έρευνα, καθώς και την ανάπτυξη πιο εξειδικευμένων μηχανισμών απομάκρυνσης. Σε αυτό το πλαίσιο, οι ιοί μπορούν να χρησιμεύσουν ως ικνηθέτες για την αποτελεσματικότητα της

απομάκρυνσης μικροβίων, προσφέροντας σημαντικά εργαλεία για τη διαχείριση των κινδύνων υγείας.

Η εφαρμογή του MAR σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η διαχείριση των υδάτων αποτελεί μείζον ζήτημα, προσφέρει μια οικονομικά αποδοτική και βιώσιμη λύση για την υδροδότηση, ιδιαίτερα σε περιοχές με περιορισμένες υποδομές. Ωστόσο, η επιτυχία αυτών των έργων εξαρτάται από την ενίσχυση των υποδομών επεξεργασίας λυμάτων, καθώς και από την υιοθέτηση μακροπρόθεσμων στρατηγικών για τη βιωσιμότητα αυτών των συστημάτων. Η ολοκληρωμένη και διεπιστημονική προσέγγιση του MAR, που συνδυάζει τεχνολογία, περιβαλλοντική διαχείριση και προστασία της δημόσιας υγείας, προσφέρει ένα ισχυρό εργαλείο για την επίλυση των πιεστικών προβλημάτων ύδατος του σύγχρονου κόσμου, με έμφαση στην ευαισθησία και ασφάλεια των υδατικών πόρων.

5.1.10. Αστικός σχεδιασμός με έμφαση στο νερό για τη μητροπολιτική Λίμα του Περού – Wastewater Treatment Park-The Children's Park

Το έργο Wastewater Treatment Park-The Children's Park στη μητροπολιτική Λίμα του Περού είναι μια επαναστατική πρωτοβουλία που αποσκοπεί στη βελτίωση της διαχείρισης των υδάτων στην πόλη, η οποία αντιμετωπίζει σοβαρές περιβαλλοντικές και κοινωνικές προκλήσεις. Η Λίμα, μια πόλη με άγονες συνθήκες και έντονη αστική ανάπτυξη, δυσκολεύεται να εξασφαλίσει ισότιμη πρόσβαση σε καθαρό νερό και υπηρεσίες επεξεργασίας λυμάτων. Το έργο ανταποκρίνεται σε αυτές τις προκλήσεις, προσφέροντας μια βιώσιμη λύση για την επεξεργασία του μολυσμένου νερού και τη βελτίωση των χώρων πρασίνου στην πόλη, ενώ παράλληλα συνεισφέρει στην ενίσχυση της κοινωνικής συνοχής (Miglio et al., 2016).

Στο επίκεντρο του έργου βρίσκεται η εφαρμογή τεχνητών υγροτόπων κάθετης ροής³ για την επεξεργασία του νερού από ένα ρυπασμένο κανάλι άρδευσης, το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την άρδευση των χώρων πρασίνου του πάρκου. Αυτή η καινοτόμος προσέγγιση καθαρίζει το νερό, μειώνοντας σημαντικά τους κινδύνους για την υγεία που σχετίζονται με τη χρήση μολυσμένου νερού, ενώ παράλληλα ενισχύει την οικολογική ισορροπία και δημιουργεί έναν πιο υγιή και βιώσιμο αστικό χώρο. Η στρατηγική αυτή αποδεικνύει την αξία της οικολογικής μηχανικής, προσφέροντας λύσεις για τη διαχείριση και επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων σε αστικά περιβάλλοντα.

³ Τεχνητοί υγροτόποι κάθετης ροής είναι συστήματα επεξεργασίας λυμάτων που μιμούνται τους φυσικούς υγροτόπους. Σ' αυτούς, τα λύματα τροφοδοτούνται από την επιφάνεια και κινούνται κάθετα προς τα κάτω μέσα από στρώματα χαλικιού, άμμου και ριζών φυτών, όπου καθαρίζονται μέσω φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών.

Το έργο υλοποιήθηκε υπό την καθοδήγηση μιας διεπιστημονικής ομάδας και εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο του έργου LiWa (Lima Water), το οποίο επιδιώκει να ενσωματώσει τον αστικό σχεδιασμό και τη διαχείριση των υδάτων, προσφέροντας ένα παράδειγμα ολοκληρωμένης και βιώσιμης προσέγγισης για πόλεις με περιορισμένους υδατικούς πόρους. Η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών έχει επιβεβαιώσει την αποτελεσματικότητα του έργου στη βελτίωση της ποιότητας του νερού, με τη σημαντική μείωση των ρύπων και των παθογόνων οργανισμών μετά την επεξεργασία. Η κοινωνική αποδοχή του έργου είναι εντυπωσιακή, με την τοπική κοινότητα να αναγνωρίζει τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή αυτής της προσέγγισης.

Παρά την επιτυχία του έργου, η υλοποίησή του αναδεικνύει τις προκλήσεις που σχετίζονται με τη διατήρηση και λειτουργία τέτοιων υποδομών σε αστικά περιβάλλοντα, καθώς απαιτείται συνεχής δέσμευση από τους τοπικούς φορείς και συνεργασία με την κοινότητα. Επίσης, η διαχείριση του συστήματος και η ενσωμάτωσή του στον αστικό ιστό απαιτούν μια στρατηγική συμμετοχικού σχεδιασμού, ώστε να διασφαλιστεί ότι οι ανάγκες και οι προσδοκίες των κατοίκων καλύπτονται επαρκώς.

Η ενσωμάτωση οικολογικών τεχνολογιών στον αστικό σχεδιασμό δεν συνεισφέρει μόνο στην άμεση αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών και υγειονομικών προβλημάτων, αλλά προσφέρει και ευκαιρίες για την ανάπτυξη πιο ανθεκτικών και βιώσιμων πόλεων. Το έργο αυτό προσφέρει σημαντικά διδάγματα για τη μελλοντική υιοθέτηση και εφαρμογή παρόμοιων λύσεων σε άλλες πόλεις που πλήττονται από την κλιματική αλλαγή και την αστικοποίηση, δείχνοντας πως οι τεχνικές καινοτομίες, όταν συνδυάζονται με τη συμμετοχή των κοινοτήτων, μπορούν να ενισχύσουν την ποιότητα ζωής και την περιβαλλοντική υγεία σε αστικά περιβάλλοντα.

5.1.11. Η επιτυχής εφαρμογή των τεχνητών υγροτόπων στην Αίγυπτο

Η Αίγυπτος αντιμετωπίζει μια σοβαρή πρόκληση με τη λειψυδρία και την αυξανόμενη ζήτηση νερού, γεγονός που καθιστά την επαναχρησιμοποίηση γεωργικών, δημοτικών και βιομηχανικών λυμάτων μια επιτακτική λύση. Η παραδοσιακή εξάρτηση από τον ποταμό Νείλο έχει φτάσει στα όριά της και η ανάγκη για καινοτόμες μεθόδους επεξεργασίας νερού γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική. Ωστόσο, η πρόκληση της ρύπανσης των υδάτων αποστράγγισης δυσχεραίνει την επαναχρησιμοποίηση του νερού, ενισχύοντας την ανάγκη για αποτελεσματικές τεχνολογίες επεξεργασίας (El-Gamal & Housian, 2016).

Η εφαρμογή των τεχνητών υγροτόπων στην Αίγυπτο έχει αναδειχθεί ως μια εξαιρετικά υποσχόμενη λύση. Οι υγροβιότοποι αυτοί, οι οποίοι μιμούνται τις φυσικές διαδικασίες καθαρισμού του νερού μέσω φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών, προσφέρουν μια οικονομικά αποδοτική και

βιώσιμη εναλλακτική στις παραδοσιακές μεθόδους επεξεργασίας. Οι τεχνητοί υδροβιότοποι έχουν αναπτυχθεί τόσο σε μεγάλες περιοχές, όπως οι βόρειες λίμνες, όσο και σε μικρότερες κλίμακες σε αποχετευτικά συστήματα, με αξιοσημείωτα αποτελέσματα στην απομάκρυνση των ρύπων. Ειδικά οι υδροβιότοποι εντός του ποταμού,⁴ οι οποίοι ενσωματώνονται στα υφιστάμενα συστήματα αποχέτευσης, προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς δεν απαιτούν επιπλέον εδαφική έκταση και παρουσιάζουν υψηλή αποτελεσματικότητα στη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων.

Η εφαρμογή αυτών των συστημάτων συνεισφέρει, επίσης, στους ευρύτερους στόχους βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων και περιβαλλοντικής διατήρησης. Ενισχύοντας την αποδοτικότητα της επαναχρησιμοποίησης του νερού, οι τεχνητοί υδροβιότοποι μειώνουν την πίεση στους υδατικούς πόρους γλυκού νερού, στηρίζοντας τη γεωργική παραγωγικότητα και μετράζοντας τη ρύπανση των υδάτινων σωμάτων. Επιπλέον, η συμμετοχή ΜΚΟ στη διαδικασία κατασκευής και συντήρησης των υδροτόπων ενισχύει την κοινοτική εμπλοκή και την ανάπτυξη ικανοτήτων, προωθώντας μια συνεργατική προσέγγιση στην περιβαλλοντική διαχείριση.

Η επιτυχής εφαρμογή των τεχνητών υδροτόπων στην Αίγυπτο αποδεικνύει τις δυνατότητες των λύσεων που βασίζονται στη φύση για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων. Η επέκταση και η βελτιστοποίηση αυτών των συστημάτων προσφέρουν μια ελπιδοφόρα πορεία για την εξασφάλιση ενός βιώσιμου μέλλοντος για τα υδάτινα αποθέματα της χώρας. Αυτή η προσέγγιση ανακουφίζει τις άμεσες ανησυχίες για την ποιότητα του νερού και συνεισφέρει στην ανθεκτικότητα του συστήματος διαχείρισης νερού της Αιγύπτου, ιδίως απέναντι στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής και της αύξησης του πληθυσμού. Επιπλέον, η ενσωμάτωσή τους στη στρατηγική διαχείρισης των υδάτων αποτελεί παράδειγμα για άλλες χώρες που επιδιώκουν να επιτύχουν τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης, μέσω καινοτόμων και οικολογικά φιλικών τεχνολογιών.

5.1.12. Οικολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση στη γεωργία στην Ινδία

Η Ινδία, αντιμετωπίζοντας τις προκλήσεις της αστικοποίησης και εκβιομηχάνισης, έχει αναπτύξει μια καινοτόμο και βιώσιμη προσέγγιση για την επεξεργασία των λυμάτων μέσω της τεχνολογίας των τεχνητών υδροτόπων. Η πρωτοβουλία, υπό την ηγεσία του Ravinder Kaur στο Ινστιτούτο Γεωργικής Έρευνας της Ινδίας (IARI), περιλαμβάνει την επεξεργασία αστικών λυμάτων

⁴ Τεχνητοί ή ημι-φυσικοί υδροβιότοποι που δημιουργούνται μέσα ή δίπλα στη ροή ενός ποταμού, αντί να καταλαμβάνουν ξεχωριστή έκταση εκτός του υδάτινου σώματος.

σε μονάδα κατακόρυφης υποεπιφανειακής ροής,⁵ που παρουσιάζει ελάχιστο οικολογικό αποτύπωμα και υψηλή αποτελεσματικότητα στη μείωση των ρύπων. Το πιλοτικό έργο, το οποίο ξεκίνησε το 2009, έδειξε σημαντική μείωση ρύπων και κατέστησε την τεχνολογία αυτήν βιώσιμη για την αντιμετώπιση των διπλών προκλήσεων της λειψυδρίας και της διαχείρισης των λυμάτων (Ravinder, 2016).

Η προσαρμογή της τεχνολογίας για πυκνοκατοικημένες περιοχές, μέσω ενός συμπαγούς συστήματος με μικρούς υδραυλικούς χρόνους κατακράτησης, αντιμετωπίζει το πρόβλημα της διαθεσιμότητας γης και καταδεικνύει την υψηλότερη αποτελεσματικότητα στην απομάκρυνση ρύπων. Αυτό το σύστημα έχει εξελιχθεί σε μεγαλύτερη κλίμακα, με στόχο την επεξεργασία λυμάτων για γεωργική άρδευση, και έχει αποδείξει τη δυνατότητά του να μειώνει σημαντικά νιτρικά, φωσφορικά, βαρέα μέταλλα και κάλιο, καθιστώντας τα λύματα ασφαλή για επαναχρησιμοποίηση στη γεωργία.

Η καινοτομία αυτή επεκτείνεται και στο επιχειρηματικό μοντέλο, που μετατρέπει τη συγκεντρωθείσα βιομάζα σε ξυλοσανίδες, ενσωματώνοντας τις αρχές της κυκλικής οικονομίας. Το μοντέλο αυτό όχι μόνο προσφέρει οικονομικά οφέλη, αλλά συμβάλλει και στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα, προωθώντας τη διαδικασία «απόβλητα σε πλούτο». Η επιτυχία αυτής της τεχνολογίας δείχνει τη δυνατότητα της Ινδίας να συνδυάσει τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτων με την αγροτική παραγωγή, προσφέροντας ένα αναπαραγωγίμο και οικολογικά φιλικό μοντέλο για άλλες περιοχές που αντιμετωπίζουν παρόμοιες προκλήσεις.

⁵ Σύστημα όπου τα λύματα διηθούνται κάθετα μέσα από στρώματα χαλικιού και άμμου, σε επαφή με τις ρίζες φυτών.

5.2. Νέες τεχνολογίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Στροφή προς τις νέες τεχνολογίες στην επεξεργασία λυμάτων ενσωματώνει μια προσέγγιση με όραμα, που αποσκοπεί στη συμφιλίωση της επείγουσας ανάγκης για καθαρό νερό με τη διατήρηση του περιβάλλοντος και την αποδοτικότητα των πόρων. Αυτή η μετασχηματιστική κίνηση προωθείται από τη σύγκλιση της καινοτομίας, της βιωσιμότητας και της κυκλικής οικονομίας, σηματοδοτώντας μια νέα εποχή στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων.

Οι αναδυόμενες τεχνολογίες σε αυτόν τον τομέα διακρίνονται από την ικανότητά τους να προσφέρουν κάτι περισσότερο από απλή επεξεργασία – έχουν σχεδιαστεί με σκοπό την ανάκτηση πόρων, την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Οι καινοτομίες αυτές αντιπροσωπεύουν μια δραστική παρέκκλιση από τις συμβατικές διαδικασίες επεξεργασίας, εστιάζοντας στη χρήση προηγμένων υλικών, Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και έξυπνων συστημάτων που βελτιστοποιούν την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα.

Μία από τις πιο ελπιδοφόρες πτυχές αυτών των νέων τεχνολογιών είναι οι δυνατότητές τους για ανάκτηση πόρων. Οι σύγχρονες λύσεις επεξεργασίας είναι όλο και περισσότερο ικανές να εξάγουν πολύτιμους πόρους από τα λύματα, συμπεριλαμβανομένου του νερού για επαναχρησιμοποίηση, της ενέργειας με τη μορφή βιοαερίου και των θρεπτικών συστατικών που είναι απαραίτητα για γεωργική χρήση. Αυτό όχι μόνο βοηθά στη μείωση της εξόρυξης παρθένων πόρων, αλλά συμβάλλει επίσης στη δημιουργία ενός συστήματος κλειστού κύκλου, όπου τα απόβλητα επαναχρησιμοποιούνται σε πόρους, ενσαρκώνοντας την ουσία της κυκλικής οικονομίας.

Η ενεργειακή απόδοση αποτελεί έναν άλλον ακρογωνιαίό λίθο αυτών των καινοτόμων τεχνολογιών. Οι παραδοσιακές μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι πασίγνωστα ενεργοβόρες. Αντίθετα, οι νέες τεχνολογίες αξιοποιούν τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και χρησιμοποιούν ενεργειακά αποδοτικές διαδικασίες, μειώνοντας σημαντικά το αποτύπωμα άνθρακα της διαχείρισης υγρών αποβλήτων. Η ενσωμάτωση έξυπνων τεχνολογιών και αυτοματισμών ενισχύει περαιτέρω αυτήν την αποδοτικότητα, επιτρέποντας την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών επεξεργασίας.

Επιπλέον, οι εξελίξεις στην επιστήμη των υλικών έχουν ανοίξει τον δρόμο για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών διήθησης και επεξεργασίας. Αυτές περιλαμβάνουν μεμβράνες και προσροφητικά με ενισχυμένη επιλεκτικότητα και αντοχή, ικανά να απομακρύνουν τους ρύπους πιο αποτελεσματικά και με χαμηλότερο κόστος. Η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας και της βιοτεχνολογίας προσφέρει πρωτοφανείς ευκαιρίες για στοχευμένη απομάκρυνση ρυπαντών και αποδόμηση πολύπλοκων ουσιών, εξασφαλίζοντας καθαρότερα λύματα και διασφαλίζοντας την ποιότητα των υδάτων.

Η υιοθέτηση αυτών των νέων τεχνολογιών στην επεξεργασία λυμάτων δεν είναι χωρίς προκλήσεις. Απαιτεί σημαντικές επενδύσεις, τόσο σε επίπεδο χρηματοδότησης όσο και σε επίπεδο ανθρώπινου κεφαλαίου, καθώς και υποστηρικτικά κανονιστικά πλαίσια που ενθαρρύνουν την καινοτομία και διασφαλίζουν την προστασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο, τα μακροπρόθεσμα οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της βελτιωμένης ασφάλειας του νερού, της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και των οικονομικών κερδών μέσω της ανάκτησης πόρων, υπερτερούν κατά πολύ αυτών των αρχικών εμποδίων.

Συνοψίζοντας, οι νέες τεχνολογίες στον τομέα της επεξεργασίας λυμάτων υπόσχονται να προσφέρουν μία πιο βιώσιμη, αποτελεσματική και αποδοτική προσέγγιση στη διαχείριση του νερού, ενσωματώνοντας την κυκλική οικονομία και μειώνοντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Αυτές οι τεχνολογίες διαμορφώνουν το μέλλον της επεξεργασίας λυμάτων με καινοτόμο τρόπο, προσφέροντας λύσεις που μπορούν να συμβάλουν στην αειφόρο ανάπτυξη και τη διατήρηση των φυσικών πόρων.

5.2.1. Το δυναμικό των φυκών στη φυτοαποκατάσταση βιομηχανικών λυμάτων και την αξιοποίηση της παραγόμενης βιομάζας

Η χρήση των φυκών στη φυτοαποκατάσταση των βιομηχανικών λυμάτων και η αξιοποίηση της παραγόμενης βιομάζας αποτελούν έναν πολλά υποσχόμενο και βιώσιμο δρόμο για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, ενσωματώνοντας φυσικές διαδικασίες καθαρισμού με στόχο την περιβαλλοντική αειφορία και την αποδοτικότητα. Τα φύκια αξιοποιούν μηχανισμούς όπως η βιοαπορρόφηση, η βιοσυσσώρευση και η βιοαποικοδόμηση για την απομάκρυνση ρύπων, προσφέροντας μια φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική στις παραδοσιακές μεθόδους επεξεργασίας.

Η καλλιέργεια φυκών, είτε μακροφύκων είτε μικροφύκων, σε ανοικτά ή κλειστά συστήματα, επιτρέπει την παραγωγή βιομάζας και την αποτελεσματική απορρόφηση θρεπτικών ουσιών, προσφέροντας λύσεις όχι μόνο στην καθαριότητα του νερού, αλλά και στη βελτίωση της ποιότητας του επεξεργασμένου νερού. Η συνεργασία των φυκών με βακτήρια ενισχύει τη διαδικασία, δημιουργώντας έναν φυσικό μηχανισμό απομάκρυνσης τόσο οργανικών όσο και ανόργανων ρυπαντών, και καθιστά τη φυτοαποκατάσταση μια

αποδοτική και οικονομικά συμφέρουσα μέθοδο για τη βιοεξυγίανση των υγρών αποβλήτων.

Η έννοια της κυκλικής βιοοικονομίας, ενσωματωμένη σε αυτήν τη διαδικασία, προάγει τη βιώσιμη αξιοποίηση των πόρων. Η επεξεργασία των λυμάτων με φύκια όχι μόνο εξαγνίζει το νερό, αλλά δημιουργεί και πολύτιμη βιομάζα, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε βιοκαύσιμα, βιοπροϊόντα και άλλες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Αυτή η προσέγγιση μειώνει την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, περιορίζει τις εκπομπές CO₂ και συμβάλλει στη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Πέρα από την επεξεργασία λυμάτων, το μοντέλο του βιοδιυλιστηρίου φυκιών ανοίγει νέους ορίζοντες για τη γεωργία, χρησιμοποιώντας τη βιομάζα ως βιολογικό λίπασμα και βελτιωτικό εδάφους, προσφέροντας μια αειφόρο λύση στην παραγωγή τροφίμων και την ενίσχυση της επισιτιστικής ασφάλειας. Η δυνατότητα αξιοποίησης των φυκών για πολλαπλές χρήσεις, από την καθαρότητα του νερού μέχρι τη γεωργία και την παραγωγή ενέργειας, δείχνει πως η φυτοαποκατάσταση δεν είναι μόνο μια διαδικασία επεξεργασίας, αλλά και μια ολοκληρωμένη στρατηγική για την υποστήριξη ενός βιώσιμου μέλλοντος.

Η προσέγγιση αυτή ενσωματώνει την καινοτομία και τις αρχές της κυκλικής οικονομίας, ενισχύοντας τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης και ανάκτησης πόρων και δημιουργώντας ένα σύστημα που ενδυναμώνει τη βιωσιμότητα τόσο στον τομέα της διαχείρισης υγρών αποβλήτων όσο και στην ενεργειακή και γεωργική παραγωγή (Rashad et al., 2023).

5.2.2. Η ανακύκλωση των υποπροϊόντων φρούτων για εφαρμογές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Η αξιοποίηση υποπροϊόντων φρούτων ως πορώδη υλικά άνθρακα για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων προσφέρει μια καινοτόμο λύση για την αντιμετώπιση της ρύπανσης και της λειψυδρίας. Η διαδικασία περιλαμβάνει την απανθράκωση υποπροϊόντων φρούτων, όπως φλούδες και κουκούτσια, και την ενεργοποίησή τους για τη δημιουργία άνθρακα με υψηλή ικανότητα προσρόφησης ρυπαντών, όπως βαρέα μέταλλα και οργανικές ενώσεις. Αυτός ο ενεργός άνθρακας είναι αποτελεσματικός στην απομάκρυνση ρυπαντών από τα λύματα και έχει ένα πορώδες που βελτιώνει την ικανότητα προσρόφησης.

Η μέθοδος είναι περιβαλλοντικά βιώσιμη, αφού μειώνει τα βιομηχανικά απόβλητα και αξιοποιεί φθηνές, άφθονες πρώτες ύλες. Παράλληλα, η μέθοδος είναι οικονομικά αποδοτική σε σχέση με παραδοσιακές μεθόδους, ενώ η ευελιξία της επιτρέπει την προσαρμογή της σε διάφορους τύπους ρυπαντών, καθιστώντας την κατάλληλη για πολλές εφαρμογές στην

επεξεργασία λυμάτων. Συνολικά, αυτή η προσέγγιση ενσωματώνει τις αρχές της κυκλικής οικονομίας και προσφέρει μια βιώσιμη λύση για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων και την εξοικονόμηση νερού (Attia et al., 2023).

5.2.3. Ηλεκτροκλωστές νανοϊνών και συνθετικές μεμβράνες

Οι ηλεκτροκλωστές νανοϊνών και οι συνθετικές μεμβράνες, κατασκευασμένες μέσω της τεχνικής ηλεκτροκλωστικής (electrospinning), αποτελούν μια καινοτόμο προσέγγιση στην επεξεργασία νερού. Δημιουργούνται από πολυμερή και βιοπολυμερή υλικά με νανοϊνικές δομές, προσφέροντας υψηλό πορώδες και επιφάνεια για αποτελεσματική προσρόφηση ρυπαντών, όπως αιωρούμενα σωματίδια, βαρέα μέταλλα και μικρόβια. Αυτές οι μεμβράνες προσαρμόζονται σε διάφορες τεχνικές επεξεργασίας νερού, όπως η αντίστροφη ώσμωση, η νανοδιήθηση και η υπερδιήθηση, επιτρέποντας την εξειδικευμένη αφαίρεση συγκεκριμένων ρύπων.

Η ενσωμάτωση βιοπολυμερών, συνθετικών πολυμερών και νανοσωματιδίων οξειδίων μετάλλων προσδίδει στις μεμβράνες επιπλέον ιδιότητες, όπως αντιβακτηριακή δράση και φωτοκαταλυτική αποσύνθεση ρύπων υπό έκθεση στο φως, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση διήθησης και την αποδοτικότητα του βιολογικού καθαρισμού. Οι νανοϊνες και οι συνθετικές μεμβράνες προσφέρουν μια λύση διπλής δράσης στην αντιμετώπιση της λειψυδρίας και της ρύπανσης, παρέχοντας βιώσιμες και αποτελεσματικές μεθόδους για την επεξεργασία του νερού, με σημαντικά οφέλη για την παγκόσμια ποιότητα νερού και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα (Krishnan et al., 2024).

5.2.4. Η πράσινη νανοτεχνολογία στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Η πράσινη νανοτεχνολογία συνδυάζει τις αρχές της πράσινης χημείας με τις δυνατότητες της νανοτεχνολογίας για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων, χρησιμοποιώντας νανοϋλικά από φυσικά, περιβαλλοντικά φιλικά συστατικά. Αυτά τα νανοϋλικά, όπως οξειδίο του ψευδαργύρου, διοξειδίο του τιτανίου και άργυρος, προσφέρουν μοναδικές ιδιότητες, όπως αυξημένη επιφάνεια και εξαιρετική χημική αντιδραστικότητα, ενισχύοντας την ικανότητα προσρόφησης ρύπων, όπως βαρέα μέταλλα, οργανικές ενώσεις και παθογόνα. Η ενσωμάτωσή τους σε διαδικασίες επεξεργασίας νερού προσφέρει ισχυρές αντιβακτηριακές ιδιότητες και καταλυτική αποδόμηση ρύπων, βελτιώνοντας την ποιότητα του νερού.

Τα μαγνητικά νανοσωματίδια και οι νανοκαταλύτες διευρύνουν τις δυνατότητες για την απομάκρυνση των ρύπων, προσφέροντας εύκολη απομάκρυνση μέσω μαγνητικών πεδίων. Οι νανομεμβράνες, ενσωματωμένες με νανοσωματίδια, βελτιώνουν τη διαπερατότητα και την αντίσταση στη ρύπανση, καθιστώντας την τεχνολογία πιο αποτελεσματική και φιλική προς

το περιβάλλον. Η πράσινη νανοτεχνολογία υποστηρίζει την αναζήτηση βιώσιμων και οικονομικά αποδοτικών λύσεων για την επεξεργασία λυμάτων, ενισχύοντας την προσβασιμότητα σε καθαρό νερό και υποστηρίζοντας τους παγκόσμιους στόχους βιωσιμότητας (Prashanth et al., 2024).

5.2.5. Αντιβακτηριακά νανο-αντιδραστήρια με βάση οξειδία μετάλλων για τη διαχείριση υγρών αποβλήτων

Η χρήση αντιβακτηριακών νανο-αντιδραστηρίων με βάση οξειδία μετάλλων στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων προσφέρει αποτελεσματική λύση στην απομάκρυνση επικίνδυνων ρυπαντών, όπως βαρέα μέταλλα και παθογόνοι μικροοργανισμοί, συμβάλλοντας στην αντιμετώπιση της ρύπανσης των υδάτων. Τα νανοσωματίδια αυτών των οξειδίων [οξείδιο του ψευδαργύρου (ZnO), οξείδιο του χαλκού (CuO), διοξείδιο του τιτανίου (TiO₂), τριοξείδιο του σιδήρου (Fe₂O₃)] διαθέτουν υψηλό λόγο επιφάνειας προς όγκο και ισχυρές αντιβακτηριακές και καταλυτικές ιδιότητες, οι οποίες τους επιτρέπουν να εξουδετερώνουν ρύπους και να εξασφαλίζουν ασφαλές νερό για διάφορες χρήσεις. Οι μηχανισμοί δράσης τους περιλαμβάνουν οξειδωτικό στρες και διατάραξη της κυτταρικής ισορροπίας των μικροβίων, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης.

Η προσαρμοστικότητα αυτών των νανοσωματιδίων τους επιτρέπει να προσαρμόζονται σε συγκεκριμένους ρυπαντές μέσω αλλαγών στο μέγεθος, στο σχήμα και τη σύστασή τους, προσφέροντας μια πιο στοχευμένη και αποτελεσματική προσέγγιση σε σχέση με παραδοσιακές μεθόδους. Ωστόσο, απαιτείται προσοχή στις αλληλεπιδράσεις τους με το περιβάλλον, στην τοξικότητα και τη σταθερότητά τους σε μακροχρόνια βάση.

Τα νανο-αντιδραστήρια με βάση τα οξειδία μετάλλων αναμένονται να διαδραματίσουν κρίσιμο ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος και στη διαχείριση υδατικών πόρων, προσφέροντας βιώσιμες και αποδοτικές λύσεις για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και τη βελτίωση της ποιότητας του νερού (Selim et al., 2023).

5.2.6. Σύνθεση νανοσωματιδίων οξειδίου του σιδήρου

Η πράσινη σύνθεση νανοσωματιδίων οξειδίου του σιδήρου (Iron Oxide Nanoparticles – IONPs) προσφέρει μια καινοτόμο και βιώσιμη λύση στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων, αντικαθιστώντας τις παραδοσιακές μεθόδους που περιλαμβάνουν επικίνδυνες χημικές ουσίες και υψηλή ενεργειακή κατανάλωση. Η μέθοδος αυτή αξιοποιεί βιολογικούς οργανισμούς, όπως φυτά, μύκητες, φύκια και βακτήρια, για τη βιοσύνθεση των νανοσωματιδίων, προσφέροντας έναν πιο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο παραγωγής τους.

Τα IONPs διαθέτουν μοναδικές ιδιότητες, όπως ο υπερπαραμαγνητισμός⁶ και η υψηλή βιοσυμβατότητα, καθιστώντας τα ιδανικά για την προσρόφηση βαρέων μετάλλων, οργανικών ρυπαντών και τη φωτοκαταλυτική αποδόμηση ρυπαντών.

Η βιολογική σύνθεση των IONPs εξαλείφει τη χρήση τοξικών χημικών ουσιών και απαιτεί λιγότερη ενέργεια, προσφέροντας μια οικονομικά αποδοτική λύση. Ωστόσο, οι προκλήσεις περιλαμβάνουν τη συσσωμάτωση των νανοσωματιδίων, την πιθανή τοξικότητα και την ανάγκη για αποδοτικές μεθόδους διαχωρισμού μετά την επεξεργασία του νερού. Οι μελλοντικές έρευνες επικεντρώνονται στη βελτίωση των μεθόδων σύνθεσης για καλύτερο έλεγχο μεγέθους και σχήματος, στην κατανόηση των περιβαλλοντικών και υγειονομικών επιπτώσεων και στην ανάπτυξη νέων υλικών για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας των IONPs στην επεξεργασία νερού.

Η πράσινη σύνθεση των IONPs αναδεικνύει τις δυνατότητες της νανοτεχνολογίας στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων και προσφέρει πολλά υποσχόμενες λύσεις για την καταπολέμηση της ρύπανσης, ωστόσο απαιτεί περαιτέρω έρευνα για τη βελτιστοποίησή τους για εμπορική χρήση και τη διασφάλιση της ασφάλειάς τους για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία (Harikrishnan et al., 2024).

5.2.7. Ενσωμάτωση της μικροβιακής επεξεργασίας για προηγμένη βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Η ενσωμάτωση της μικροβιακής επεξεργασίας, και ειδικότερα η συνεργιστική σχέση μεταξύ μικροφυκών και βακτηρίων, προσφέρει μια καινοτόμο και βιώσιμη προσέγγιση στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Αυτή η μέθοδος ξεχωρίζει λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων της, συνδυάζοντας την αποτελεσματικότητα με την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η αλληλεπίδραση αυτή επιτρέπει την αποδοτική διάσπαση οργανικών ουσιών και την απομάκρυνση θρεπτικών συστατικών, όπως άζωτο και φώσφορος, τα οποία είναι συνήθεις ρύποι στα βιομηχανικά λύματα και συχνά οδηγούν σε ευτροφισμό των υδάτινων συστημάτων.

Ένα από τα πιο σημαντικά οφέλη της τεχνολογίας αυτής είναι η ικανότητα της να εξοικονομεί ενέργεια, δεδομένου ότι τα μικροφύκη παράγουν οξυγόνο μέσω φωτοσύνθεσης, το οποίο υποστηρίζει τις αερόβιες διαδικασίες των βακτηρίων, μειώνοντας την ανάγκη για μηχανικό αερισμό. Επιπλέον, η δυνατότητα παραγωγής βιομάζας από τα μικροφύκη κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επεξεργασίας προσφέρει μια ευκαιρία για την

⁶ Μαγνητική συμπεριφορά υλικών που μαγνητίζονται ασθενώς προς την κατεύθυνση ενός εξωτερικού μαγνητικού πεδίου, αλλά χάνουν τη μαγνήτισή τους μόλις απομακρυνθεί το πεδίο.

παραγωγή βιοκαυσίμων, βιοπλαστικών και λιπασμάτων, συνεισφέροντας στην κυκλική οικονομία.

Παρά τα οφέλη, υπάρχουν και προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως το φως και η θερμοκρασία, μπορεί να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων, απαιτώντας τον έλεγχο των περιβαλλόντων, κάτι που μπορεί να αυξήσει το κόστος. Επίσης, η διαχείριση και η εφαρμογή της συλλεχθείσας βιομάζας σε άλλες βιομηχανίες ενδέχεται να προκαλέσει εφοδιαστικά και κανονιστικά εμπόδια.

Ωστόσο, η μικροβιακή επεξεργασία αναδεικνύεται ως μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για τη βιώσιμη διαχείριση υγρών αποβλήτων. Συμβάλλει στην απομάκρυνση θρεπτικών ουσιών, στην εξοικονόμηση ενέργειας και την παραγωγή χρήσιμων υποπροϊόντων, ενώ παράλληλα συνεισφέρει στην παγκόσμια προσπάθεια για την αντιμετώπιση της ρύπανσης των υδάτων και της κλιματικής αλλαγής. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την επίλυση των υπάρχοντων προκλήσεων, η μικροβιακή επεξεργασία μπορεί να αποτελέσει ακρογωνιαίο λίθο στις σύγχρονες στρατηγικές διαχείρισης υγρών αποβλήτων, προάγοντας την περιβαλλοντική βιωσιμότητα (Chandran et al., 2023).

5.2.8. Η χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης και Μηχανικής Μάθησης στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Η συνένωση των τεχνολογιών Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI) και Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning – ML) με μεμβράνες νανοδιάθιξης (Nanofiltration – NF) για την επεξεργασία πετρελαιϊκών λυμάτων αναδεικνύεται ως μια επαναστατική προσέγγιση στον τομέα της επεξεργασίας νερού. Αυτή η συνδυασμένη τεχνολογία είναι ιδιαίτερα σημαντική για χώρες με έντονα προβλήματα λειψυδρίας, οι οποίες μπορούν να επωφεληθούν από την αποτελεσματική επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού σε τομείς όπως η γεωργία, η βιομηχανία και η άρδευση (Zaki et al., 2023).

Οι μεμβράνες NF διακρίνονται για την ικανότητά τους να διαχωρίζουν επιλεκτικά διάφορους ρύπους, όπως φαρμακευτικά προϊόντα, προϊόντα προσωπικής φροντίδας και βιομηχανικές χημικές ουσίες. Η ικανότητα αυτή είναι ζωτικής σημασίας για την απομάκρυνση μικρορυπαντών που είναι επικίνδυνοι για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, καθώς μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές διαταραχές, όπως ορμονικές ανωμαλίες και ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά.

Η ενσωμάτωση AI και ML επιτρέπει την παρακολούθηση και βελτιστοποίηση της απόδοσης των μεμβρανών σε πραγματικό χρόνο, αντιμετωπίζοντας προκλήσεις όπως η επιμόλυνση και η αποτελεσματικότητα στη διαχείριση του διερχόμενου υγρού. Μέσω τεχνικών, όπως τα Τεχνητά Νευρωνικά

Δίκτυα (Artificial Neural Networks – ANN), είναι δυνατή η πρόβλεψη των απαιτούμενων παραμέτρων λειτουργίας και η προσαρμογή τους, ενισχύοντας έτσι την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα της διαδικασίας.

Επιπλέον, η χρήση αγροτικών αποβλήτων για την παραγωγή προσροφητικών υλικών και μεμβρανών biochar (μεμβράνες βιοάνθρακα) συμβάλλει στη δημιουργία φιλικών προς το περιβάλλον και βιώσιμων τεχνολογιών επεξεργασίας νερού. Ο βιοάνθρακας, με τις υψηλές ικανότητες προσρόφησης, αποδεικνύεται αποτελεσματικός στην απομάκρυνση βαρέων μετάλλων και οργανικών ρύπων από το νερό, ενισχύοντας τις δυνατότητες καθαρισμού.

Συνολικά, ο συνδυασμός τεχνολογιών AI, ML και προηγμένων μεμβρανών, όπως οι NF και οι βιομεμβράνες, προσφέρει μια καινοτόμο λύση στη διαχείριση λυμάτων και την επεξεργασία νερού. Αυτή η προσέγγιση αναμένεται να αποτελέσει ένα σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της λύσης της παγκόσμιας κρίσης λειψυδρίας και ρύπανσης, εξασφαλίζοντας το καθαρό και προσβάσιμο νερό για τις επόμενες γενιές (Zaki et al., 2023).

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Φεβρουάριος 2026

Συμπεράσματα και
προτάσεις πολιτικής



Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα τα τελευταία χρόνια, ειδικά σε χώρες με υψηλή ξηρασία, όπως η Ελλάδα, στις οποίες η βιώσιμη διαχείριση μπορεί να προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη. Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην αξιολόγηση των υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης των υγρών αποβλήτων στον ελλαδικό χώρο, ως προς την πρόοδο, τις προκλήσεις και τις ανάγκες των υφιστάμενων υποδομών για τεχνολογική και διαχειριστική βελτίωση. Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει σημειωθεί λόγω της εφαρμογής της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ, που προβλέπει τη δημιουργία κατάλληλων συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων για την προστασία των υδατικών πόρων, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις. Αυτές περιλαμβάνουν τη λειτουργία και την αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων, καθώς και την προσαρμογή τους στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών επαναχρησιμοποίησης της εκροής και της παραγόμενης ιλύος.

Η Ελλάδα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο στη διαχείριση υγρών αποβλήτων και κατατάσσεται τέταρτη στην Ευρώπη σε αποτελεσματικότητα διαχείρισης λυμάτων. Η αποτελεσματική διαχείριση των λυμάτων της αντανακλάται από το υψηλό ποσοστό συνδεσιμότητας που εμφανίζει, με το 95% του πληθυσμού της να είναι, πλέον, συνδεδεμένο σε εγκαταστάσεις δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.

6.1. Συμπεράσματα

6.1.1. Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων και οικισμοί προτεραιότητας

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εκπόνηση της παρούσας μελέτης, αναφορικά με τη διαχείριση υγρών αποβλήτων, τόσο από δημόσια όσο και από ιδιωτικά συστήματα, καθώς σε επίπεδο οικισμών προτεραιότητας, αναλύονται στη συνέχεια.

Δημόσια συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων

Πλαίσιο 1. Συμπεράσματα για τα δημόσια συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων

Σ1	Η συμμόρφωση των υφιστάμενων ΕΕΛ με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ ανέρχεται στο 61% . Ταυτόχρονα, ανά περιφέρεια, το ποσοστό των ΕΕΛ που βρίσκεται σε συμμόρφωση ξεπερνάει το 50%. Επιπλέον, δεν διαφαίνεται κάποια συσχέτιση ανάμεσα στο έτος έναρξης της λειτουργίας των ΕΕΛ και στο ποσοστό συμμόρφωσής τους με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.
Σ2	Αναφορικά με την επεξεργασία των λυμάτων, η δευτεροβάθμια επεξεργασία με τη μέθοδο της ενεργούς ιλύος, την απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου, και την απολύμανση αποτελεί την επικρατέστερη μέθοδο επεξεργασίας στις ΕΕΛ της χώρας. Σύμφωνα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και αξιολογήθηκαν, παρατηρείται ότι το 57% των ΕΕΛ εφαρμόζει κάποια μέθοδο επεξεργασίας της ιλύος, με επικρατούσα τη μηχανική αφυδάτωση. Αξίζει να σημειωθεί ότι υψηλό ποσοστό αυτών των ΕΕΛ είναι σε συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ.
Σ3	Αναφορικά με την υιοθέτηση πρακτικών κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, από τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων της Γενικής Γραμματείας Συντονισμού Διαχείρισης Αποβλήτων του ΥΠΕΝ εντοπίζεται ότι πολύ μικρό ποσοστό των ΕΕΛ πραγματοποιεί επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων . Αντίθετα, στην πλειοψηφία των ΕΕΛ, η εκροή από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων διατίθεται σε κάποιον υδάτινο αποδέκτη, δυσχεραίνοντας την επίτευξη των στόχων της ΕΕ για κυκλική οικονομία. Παρομοίως, μικρό είναι και το ποσοστό των εγκαταστάσεων που εφαρμόζουν επαναχρησιμοποίηση της παραγόμενης ιλύος , με την πλειοψηφία των ΕΕΛ να οδηγεί την ιλύ σε ΧΥΤΑ, προκαλώντας συχνά περιβαλλοντικά προβλήματα ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Μια βασική μεταβλητή που υπάγεται στα δημόσια συστήματα είναι οι **οικισμοί προτεραιότητας**, για τους οποίους προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Πλαίσιο 2. Συμπεράσματα για τους οικισμούς προτεραιότητας

Σ4	Σύμφωνα με το Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων, η συμμόρφωση των οικισμών Α΄, Β΄ και Γ΄ προτεραιότητας με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ ανέρχεται σε ποσοστό περίπου 53% . Συγκρίνοντας το ποσοστό συμμόρφωσης των οικισμών με αυτό των ΕΕΛ, διαφαίνεται μια συσχέτιση στα επίπεδα συμμόρφωσης. Παράλληλα, παρατηρούνται περιφέρειες με χαμηλό βαθμό συμμόρφωσης τόσο σε επίπεδο ΕΕΛ όσο και σε επίπεδο οικισμών.
Σ5	Οι οικισμοί που δεν είναι σε συμμόρφωση ισοδυναμούν με 228 και ένα ποσοστό του 6% αυτών αφορά οικισμούς με πλήρεις λειτουργικές υποδομές και ελλιπείς συνδέσεις ή μετρήσεις εκροής. Για τους οικισμούς αυτούς δεν απαιτείται προγραμματισμός υποδομών. Οι οικισμοί αυτοί καταγράφονται συμμορφούμενοι εν δυνάμει και καλούνται οι φορείς λειτουργίας τους να ευαισθητοποιηθούν, ώστε αφενός να ολοκληρώσουν τις ιδιωτικές συνδέσεις που υπολείπονται και αφετέρου να λειτουργήσουν κατάλληλα τις υποδομές και να καταχωρίσουν τις απαραίτητες μετρήσεις στη βάση δεδομένων για τις υποδομές λυμάτων του ΥΠΕΝ.
Σ6	Ανάμεσα στους μη συμμορφούμενους οικισμούς εντοπίζεται μεγάλο ποσοστό αυτών, περίπου το 60%, τα έργα των οποίων έχουν υπαχθεί σε χρηματοδότηση . Ειδικότερα, πρόκειται για έργα που διαθέτουν την απαραίτητη ωριμότητα σε επίπεδο μελετών και απαιτούμενων αδειοδοτήσεων για την έναρξη της κατασκευής τους.
Σ7	Σύμφωνα με τη χρηματοδότηση που έχει προβλεφθεί για την κάλυψη των αναγκών των οικισμών, προκειμένου να συμμορφωθούν με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, το συνολικό κόστος των προβλεπόμενων δράσεων, όπως έχει διαμορφωθεί έως και τον Δεκέμβριο του 2023, εκτιμάται σε €2.815.561.935, ποσό που επιμερίζεται σε €74.693.713 από εθνικούς πόρους και σε €2.740.868.222 από χρηματοδότηση ΕΣΠΑ . Στη χρηματοδότηση εντάσσονται, μεταξύ άλλων, οι 7 μη συμμορφούμενοι οικισμοί με προβληματικές δομές, που αντιστοιχούν στο 3% του συνόλου των οικισμών και κρήζουν χρηματοδότησης €16.000.000, οι 22 οικισμοί με ώριμα έργα ενταγμένα σε εθνικούς πόρους, που αντιστοιχούν στο 10% του συνόλου των οικισμών και κρήζουν χρηματοδότησης €58.693.713, καθώς και οι 24 οικισμοί με ανάγκες υποδομών με προγραμματισμό συγχρηματοδότησης από ΕΣΠΑ 2021-2027 (ανάριμα), που αντιστοιχούν στο 10,5% του συνόλου των οικισμών και κρήζουν χρηματοδότησης €773.400.707.
Σ8	Παρατηρείται αύξηση του ποσοστού των οικισμών που βρίσκονται σε συμμόρφωση, σύμφωνα με τα ποσοστά συμμόρφωσης που προκύπτουν από το Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων του 2020. Σύμφωνα με τα δεδομένα του ανωτέρω Σχεδίου, το 44% των οικισμών ήταν συμμορφωμένο με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, ενώ το 2023 αυτό το ποσοστό ανήλθε σε 53% . Η συμμόρφωση πολλών οικισμών επιτεύχθηκε μετά την ένταξή τους στο ΕΣΠΑ και την ολοκλήρωση των απαιτούμενων υποδομών μέσω των ενταγμένων έργων. Ειδικότερα, μέσω των έργων που υλοποιήθηκαν και χρηματοδοτήθηκαν από το ΕΣΠΑ, 46 οικισμοί θεωρούνται πλέον σε συμμόρφωση με την Οδηγία. Παρ' όλα αυτά, πολλοί οικισμοί εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν ελλείψεις σε υποδομές, που εμποδίζουν την ορθή λειτουργία των ΕΕΛ και τη συμμόρφωσή τους με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ.

Σ9	Η αναθεώρηση της Οδηγίας για την επεξεργασία αστικών λυμάτων αυστηροποιεί τα πρότυπα, επιβάλλοντας δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία μέχρι το 2045 και εισάγοντας τεταρτοβάθμια επεξεργασία για την αφαίρεση μικρορύπων. Οι χώρες της ΕΕ θα είναι υποχρεωμένες να ενσωματώσουν αυτά τα νέα πρότυπα και να προωθήσουν την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, ιδιαίτερα σε περιοχές με υδατική πίεση, διασφαλίζοντας έτσι καλύτερη προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος.
Σ10	Συνολικά, από τη συλλογή και επεξεργασία επίσημων δευτερογενών δεδομένων, όπως πορίσματα επιτόπιων επισκέψεων στο πλαίσιο προγενέστερων έργων, παρατηρείται ότι το υφιστάμενο δίκτυο αποχέτευσης καλύπτεται σε αρκετά μεγάλο βαθμό (90%-100%) για το 69% των οικισμών προτεραιότητας. Παράλληλα, υψηλό εντοπίζεται και το ποσοστό κάλυψης των ιδιωτικών συνδέσεων στους οικισμούς προτεραιότητας, το οποίο κυμαίνεται από 90% έως 100% για το 74% των οικισμών. Η συνδεσιμότητα του πληθυσμού κυμαίνεται σε εξίσου υψηλά επίπεδα για το 57% των οικισμών προτεραιότητας.
Σ11	Οι επιθεωρήσεις και οι έλεγχοι για περιβαλλοντικά θέματα δεν φαίνεται να επαρκούν , καθώς δεν καλύπτουν όλα τα έργα που δεν συμμορφώνονται με τις περιβαλλοντικές δεσμεύσεις τους. Η αναποτελεσματική περιβαλλοντική παρακολούθηση και ο έλεγχος των έργων αποτελούν τις πιο συνήθεις αδυναμίες εφαρμογής του νομικού πλαισίου. Η σποραδικότητα των ελέγχων και το γεγονός ότι η ολοκλήρωσή τους δεν συνοδεύεται από ενημέρωση των ενδιαφερόμενων μερών, ακόμα και σε περιπτώσεις που εντοπίζονται παραβάσεις, αποτελούν ζητήματα που χρήζουν διευθέτησης.
Σ12	Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση του Εθνικού Επιχειρησιακού Σχεδίου Λυμάτων, εντοπίζονται 24 οικισμοί Γ΄ προτεραιότητας, οι οποίοι δεν διαθέτουν ωριμότητα εκτέλεσης έργων. Στο σημείο αυτό αξίζει να επισημανθεί ότι εντοπίζονται αδυναμίες ωρίμανσης των έργων, λόγω ελλείψεων χρηματοδοτήσεων.
Σ13	Παρατηρούνται κάποια προβλήματα στην αποδοτικότητα της λειτουργίας των υποδομών μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής τους. Συγκεκριμένα, τα συλλεχθέντα στοιχεία αναδεικνύουν ζητήματα σχετικά με τη συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων, καθώς και τη διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτά τα προβλήματα οφείλονται σε έλλειψη ανάλυσης της οικονομικής βιωσιμότητας των έργων και του ολοκληρωμένου σχεδιασμού της λειτουργίας τους.
Σ14	Κατά την κατασκευή των έργων, παρατηρούνται χρονικές και τεχνικές ασυμβατότητες , οι οποίες οδηγούν σε καθυστερήσεις και αδράνεια για εκτεταμένα χρονικά διαστήματα. Συνεπώς, προκαλούνται σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις, τόσο στη δομική ακεραιότητα όσο και στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό των έργων.
Σ15	Εντοπίζονται αστοχίες σε μεγάλο ποσοστό ΕΕΛ που σχετίζονται με ατέλειες στη μελέτη ή στην κατασκευή των έργων , με βασικότερα και συνηθέστερα ζητήματα εισροής θαλασσινού νερού σε δίκτυα αποχέτευσης, αστοχίες στα δίκτυα αποχέτευσης και στους αγωγούς διάθεσης, βλάβες σε δομικά στοιχεία των ΕΕΛ και διάβρωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.
Σ16	Παρατηρείται καθυστερημένη και ελλιπής αναφορά και καταχώριση των σχετικών στοιχείων και λειτουργικών δεδομένων των ΕΕΛ από τους φορείς λειτουργίας τους στην Εθνική Βάση παρακολούθησης της λειτουργίας τους , η οποία μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην αξιολόγηση της απόδοσής τους.

Σ17	<p>Ορισμένοι εμπλεκόμενοι φορείς αντιμετωπίζουν δυσκολία στο να διαχειριστούν και να λειτουργήσουν τις ΕΕΛ, μετά την κατασκευή τους, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στην προβληματική λειτουργία των μονάδων. Συνήθως, οι δυσκολίες αυτές οφείλονται στην έλλειψη τεχνικής εξειδίκευσης του προσωπικού και την υποστελέχωση των φορέων διαχείρισης, με αποτέλεσμα τη μη αποδοτική λειτουργία των έργων, την ελλιπή συντήρησή τους και τη μη έγκαιρη αντιμετώπιση των βλαβών.</p> <p>Ο όγκος εργασίας που απαιτείται για τη λειτουργία και συντήρηση των ΕΕΛ είναι ιδιαίτερα απαιτητικός, επιβαρυνόμενος περαιτέρω από την έλλειψη εξειδικευμένου τεχνικού προσωπικού και τον ήδη μεγάλο φόρτο εργασίας των φορέων λόγω των υπόλοιπων δραστηριοτήτων τους.</p>
Σ18	<p>Σημαντικό ποσοστό των προκλήσεων και των αστοχιών που έχουν εντοπιστεί στη λειτουργία των ΕΕΛ οφείλονται και στις οικονομικές δυσχέρειες που αντιμετωπίζουν οι φορείς διαχείρισης. Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία των ΕΕΛ απαιτεί ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα ενέργειας, αυξάνοντας σημαντικά το κόστος λειτουργίας τους. Ως αποτέλεσμα, οι υπεύθυνοι φορείς αδυνατούν να αποπληρώσουν τα οφειλόμενα ποσά στους παρόχους ρεύματος και αντιμετωπίζουν εμπόδια στη λήψη χρηματοδοτήσεων.</p>
Σ19	<p>Ο τουρισμός αποτελεί έναν ζωτικό πυλώνα για την ελληνική οικονομία, όμως ταυτόχρονα ασκεί σημαντική πίεση στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις λυμάτων, ιδίως κατά τους θερινούς μήνες. Η αυξημένη χρήση των υποδομών στις τουριστικές περιοχές αναδεικνύει την ανάγκη για ενισχυμένες λύσεις διαχείρισης, προκειμένου να διατηρηθεί η ποιότητα του περιβάλλοντος και των υδάτων.</p>
Σ20	<p>Αναφορικά με τους οικισμούς Δ΄ Προτεραιότητας, δηλαδή οικισμούς με πληθυσμό αιχμής <2.000 κατοίκων, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει κάποια μέριμνα για τη σύνδεσή τους σε δίκτυο αποχέτευσης ή για τη δημιουργία ΕΕΛ που να τους εξυπηρετεί. Τα αστικά λύματα αυτών των οικισμών αποχετεύονται είτε σε απορροφητικούς βόθρους είτε σε δίκτυα όμβριων.</p> <p>Για τους οικισμούς που εντάσσονται σε αυτήν την κατηγορία, η μέριμνα για τοποθέτηση ΕΕΛ είναι περιορισμένη, καθώς οι πηγές χρηματοδότησης δεν δύναται να καλύψουν αυτές τις ανάγκες. Ωστόσο, θα πρέπει επισημανθεί ότι οι συγκεκριμένοι οικισμοί υφίστανται περιστασιακά ασφυκτικές πιέσεις, ειδικά όσοι βρίσκονται σε τουριστικές περιοχές.</p> <p>Αξίζει να αναφερθεί ότι σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, ήτοι κατά τους θερινούς μήνες και κατά τη διάρκεια υψηλών τουριστικών ροών εν γένει, οι οικισμοί αυτοί, λόγω της αύξησης των τουριστών και των παραθεριστών, περιστασιακά, μετατρέπονται από οικισμοί Δ΄ προτεραιότητας σε οικισμούς Γ΄ προτεραιότητας και χρήζουν ανάλογης αντιμετώπισης.</p>

Ιδιωτικά συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων

Αναφορικά με τα ιδιωτικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων, η έλλειψη πληροφόρησης περιορίζει σημαντικά την ακριβή εκτίμηση και ανάλυση της κατάστασης, δυσχεραίνοντας τον έλεγχο της τήρησης του θεσμικού πλαισίου από τον ιδιωτικό τομέα. Ως εκ τούτου, **η βελτίωση της καταγραφής και παρακολούθησης της λειτουργίας των ιδιωτικών συστημάτων μπορεί να βοηθήσει στη χαρτογράφηση της συνολικής διαχείρισης των υγρών αποβλήτων στη χώρα.** Η εν λόγω καταγραφή και παρακολούθηση μπορεί να πραγματοποιηθεί **εμπλουτίζοντας την Εθνική Βάση Δεδομένων με**

Λειτουργικά στοιχεία των ιδιωτικών συστημάτων διαχείρισης λυμάτων. Με τον τρόπο αυτόν, μπορεί να επιτευχθεί επαρκής και ακριβής πληροφόρηση και καταγραφή σχετικά με τη διάθεση των υγρών αποβλήτων, καθιστώντας δυνατή την αποτελεσματική αξιολόγηση και διαχείριση των περιβαλλοντικών ρίσκων και τη βιωσιμότητα των υδατικών πόρων της χώρας.

Βάσει των διαθέσιμων δεδομένων, τα ευρήματα που εντοπίζονται από την παρούσα μελέτη περιορίζονται στα κάτωθι.

Πλαίσιο 3. Συμπεράσματα για τα ιδιωτικά συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων

Σ21	Η ρύθμιση για τη διάθεση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων στο δίκτυο ακαθάρτων της ΔΕΥΑ είναι σημαντική για την επίτευξη μιας βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων.
Σ22	Οι επιχειρήσεις οφείλουν να αναλάβουν το κόστος για την κατασκευή και λειτουργία των απαραίτητων εγκαταστάσεων επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων. Αυτό είναι αναγκαίο προκειμένου να διασφαλιστεί η προστασία του δικτύου αποχέτευσης, των ΕΕΛ και της μονάδας κατεργασίας αποβλήτων από επικίνδυνα υλικά, όπως λίπη, έλαια, οξέα, μέταλλα και τοξικές ουσίες. Η κοστολόγηση της διαχείρισης αποβλήτων και η ανταποδοτικότητα στις επιχειρήσεις, αλλά και στον πολίτη ευρύτερα, μπορεί να λειτουργήσουν ως μηχανισμός αναβάθμισης της διαχείρισης λυμάτων.

6.1.2. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και ιλύος

Συνολικά, το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης του νερού αναδεικνύεται ως κρίσιμος παράγοντας για την αειφόρο διαχείριση των υδατικών πόρων. Η νομοθεσία της ΕΕ, μέσω του Κανονισμού 2020/741 και της Οδηγίας 2018/850/ΕΕ, υποστηρίζει την προώθηση βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης των υδατικών πόρων και τη μείωση των αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, η ΕΕ έχει αυστηροποιήσει τη νομοθεσία σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων και της ιλύος, μέσα από τη θέσπιση όλο και αυστηρότερων νομοθετικών διατάξεων και οδηγιών, με στόχο τη μείωση της υγειονομικής ταφής των αποβλήτων σε ποσοστό 10% μέχρι το 2035, προτρέποντας όλα τα κράτη-μέλη να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν βιώσιμες μεθόδους διαχείρισης των αποβλήτων.

Ωστόσο, τόσο στην Ελλάδα όσο και στα υπόλοιπα κράτη-μέλη, η επαναχρησιμοποίηση της εκροής των μονάδων επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων παραμένει περιορισμένη, καθώς και η επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση της παραγόμενης ιλύος. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα ευρήματα της παρούσας μελέτης σχετικά με την υιοθέτηση πρακτικών κυκλικής οικονομίας από τις ΕΕΛ.

Πλαίσιο 4. Ευρήματα σχετικά με την υιοθέτηση πρακτικών κυκλικής οικονομίας από τις ΕΕΛ

Σ23	Από τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων της Γενικής Γραμματείας Συντονισμού Διαχείρισης Αποβλήτων του ΥΠΕΝ, εντοπίζεται ότι πολύ μικρό ποσοστό των ΕΕΛ πραγματοποιεί επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων. Αντίθετα, στην πλειοψηφία των ΕΕΛ, η εκροή από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων διατίθεται σε κάποιον υδάτινο αποδέκτη, δυσχεραίνοντας την επίτευξη των στόχων της ΕΕ για κυκλική οικονομία. Παρομοίως, μικρό εντοπίζεται και το ποσοστό των εγκαταστάσεων που εφαρμόζουν επαναχρησιμοποίηση της παραγόμενης ιλύος, με την πλειοψηφία των ΕΕΛ να οδηγεί την ιλύ σε ΧΥΤΑ, προκαλώντας συχνά περιβαλλοντικά προβλήματα ρύπανσης των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων.
Σ24	Συνολικά, σε όλη την Ευρώπη, εντοπίζεται αρκετά περιορισμένος ο βαθμός επαναχρησιμοποίησης των εκροών των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, πιθανώς λόγω της μη ύπαρξης ενός ενιαίου θεσμικού πλαισίου και σαφών κατευθύνσεων. Ωστόσο, παρατηρείται αύξηση της τάσης υιοθέτησης πρωτοβουλιών σχετικών με την επαναχρησιμοποίηση νερού για άρδευση, βιομηχανικές χρήσεις και επαναφόρτιση υδροφορέων για όλα τα κράτη-μέλη, η οποία αποτελεί σημαντικό βήμα για την αειφόρο διαχείριση των υδατικών πόρων και πρέπει να συνεχιστεί.
Σ25	Το επαναχρησιμοποιημένο ανακτημένο νερό από τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση, βιομηχανική χρήση, εμπλουτισμό υδροφορέων, αστικές χρήσεις και περιβαλλοντικές χρήσεις.
Σ26	Συνολικά, προβλέπεται ότι στην Ελλάδα θα υπάρξει αύξηση του ποσοστού επαναχρησιμοποίησης της ιλύος. Ειδικότερα, αναμένεται αύξηση της διάθεσης της ιλύος για γεωργική χρήση και αποκατάσταση εδαφών. Ταυτόχρονα, προβλέπεται αύξηση της ποσότητας ιλύος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαερίου, καθώς και ως καύσιμο για τη βιομηχανία και τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Αυτή η τάση συνοδεύεται από σταθερή αύξηση της παραγόμενης ιλύος από τις ΕΕΛ, με την προοπτική να ενταθεί λόγω της ολοκλήρωσης νέων εγκαταστάσεων και της αναβάθμισης υφισταμένων.
Σ27	Η παραγωγή ιλύος από τους βιομηχανικούς κλάδους, όπως η επεξεργασία γάλακτος και η ζυθοποιία, διαφοροποιείται από τις συνηθισμένες αστικές εφαρμογές, απαιτώντας ειδικές τεχνολογίες επεξεργασίας λόγω της ποιότητας των υλικών και των περιβαλλοντικών απαιτήσεων.
Σ28	Ανεξάρτητα από τη μελλοντική μείωση του πληθυσμού, η προβλεπόμενη εξασθένιση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα θέτει πρόκληση στη διαχείριση των λυμάτων, καθώς η ανάγκη για αποδοτική χρήση και διαχείριση αυξάνεται.
Σ29	Κρίνεται απαραίτητη η προσαρμογή των στρατηγικών διαχείρισης λυμάτων, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις αλλαγές που προβλέπονται στη δημογραφική σύνθεση της χώρας και τις προκλήσεις που θα φέρουν αυτές στο μέλλον, όπως η μείωση του πληθυσμού και η μείωση των υδατικών πόρων. Κατά τον σχεδιασμό, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν ευέλικτες και μακροπρόθεσμες στρατηγικές, κατάλληλες για την αντιμετώπιση των νέων συνθηκών και τη διασφάλιση της βιωσιμότητας των υποδομών.

6.2. Προτάσεις

6.2.1. Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων και οικισμοί προτεραιότητας

Αναφέρονται προτάσεις πολιτικής που αποσκοπούν στην αντιμετώπιση των εντοπισμένων προκλήσεων και την ενδυνάμωση της προόδου της χώρας στη διαχείριση των αποβλήτων. Οι προτάσεις βελτίωσης που ακολουθούν διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις προτάσεις τεχνικών λύσεων για την αναβάθμιση και τον εκσυγχρονισμό των ΕΕΛ, και τις προτάσεις που αφορούν στις διαχειριστικές και οργανωτικές διαδικασίες για την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση των ΕΕΛ. Παράλληλα, αναφέρονται προτάσεις πολιτικής που αποσκοπούν στην αντιμετώπιση των προκλήσεων και την ενίσχυση της κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα.

Τεχνικές προτάσεις βελτίωσης

Σε γενικές γραμμές, από την επεξεργασία επίσημων δευτερογενών δεδομένων, παρατηρείται ότι ένα ποσοστό της τάξης του 14% των οικισμών προτεραιότητας πρέπει να λάβει **μέτρα για την ολοκλήρωση των συνδέσεων του στο δίκτυο αποχέτευσης**, ενώ περίπου το 7% των οικισμών καλείται να **συμπληρώσει και να ολοκληρώσει τις συνδέσεις του στο δίκτυο αποχέτευσης**. Επιπλέον, για ένα μικρό ποσοστό των οικισμών συστήνεται η **κατασκευή χωριστικού δικτύου αποχέτευσης**. Παράλληλα, το 8% των οικισμών χρήζει ανάγκης **αναβάθμισης στη λειτουργία του**. Επιπρόσθετα, σε ορισμένους οικισμούς προτείνονται ο **κατάλληλος προγραμματισμός και η τακτική συντήρηση των ΕΕΛ**, καθώς και η **ορθολογική διαχείριση της παραγόμενης ιλύος και της επεξεργασμένης εκροής**. Σε ορισμένες ΕΕΛ κρίνεται αναγκαία μέριμνα για τα χαρακτηριστικά των εισροών στις υποδομές, καθώς και ο εκσυγχρονισμός επιμέρους μονάδων των εγκαταστάσεων.

Πλαίσιο 5. Τεχνικές προτάσεις βελτίωσης

Π1	Η χρήση σύγχρονων τεχνολογιών τηλεμετρίας , χρησιμοποιώντας λογισμικό όπως το SCADA, αναδεικνύεται ως απαραίτητη λύση για τη βελτιστοποίηση της παρακολούθησης, του ελέγχου και της διαχείρισης των ΕΕΛ και των αποχευτικών δικτύων. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την άμεση αντίδραση και έγκαιρη αντιμετώπιση σε πιθανές διαρροές και ρυπάνσεις, συμβάλλοντας στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την προστασία των υδατικών πόρων.
Π2	<p>Όσον αφορά στους 24 οικισμούς Γ΄ προτεραιότητας, οι οποίοι, σύμφωνα με το Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Διαχείρισης Λυμάτων, δεν διαθέτουν ωριμότητα υλοποίησης έργων, αναδεικνύεται η ανάγκη για την εκπόνηση μελετών για τα έργα που απαιτούνται, προκειμένου να συμμορφωθούν με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, να ολοκληρωθεί η αδειοδότησή τους και να καλυφθούν οι συνολικές υποχρεώσεις τους.</p> <p>Ωστόσο, μία πρόκληση που συνδέεται με την ωρίμανση των έργων και την εκπόνηση μελετών αφορά στην αδυναμία των ΔΕΥΑ και των ΟΤΑ να ωριμάσουν τα έργα, λόγω ελλিপών χρηματοδοτικών εργαλείων. Συνεπώς, η θέσπιση ενός εργαλείου που θα μπορεί να χρηματοδοτήσει την εκπόνηση μελετών ωρίμανσης δύναται να αποτελέσει καταλυτικό παράγοντα στη συμμόρφωση των εν λόγω οικισμών με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ.</p>
Π3	<p>Αναφορικά με την πίεση που εντοπίζεται στη διαχείριση των λυμάτων των οικισμών Δ΄ προτεραιότητας, συστήνεται η εφαρμογή μιας πολιτικής ορθής διαχείρισης των λυμάτων τους, πολλώ δε μάλλον κατά τις περιόδους αιχμής με έντονη τουριστική και παραθεριστική δραστηριότητα. Μία βιώσιμη λύση είναι η χρηματοδότηση για την κατασκευή υποδομών διαχείρισης λυμάτων με δυνατότητα επέκτασης και προσαρμογής, ώστε να μπορεί να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες, ειδικά σε περιοχές με έντονη τουριστική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια των περιόδων αιχμής ή των καλοκαιρινών μηνών.</p> <p>Η διαχείριση των λυμάτων στους οικισμούς Δ΄ προτεραιότητας θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από την αρχή της εγγύτητας, βάσει της οποίας θα πρέπει να αποφεύγονται εκτεταμένες αντλήσεις και αυξημένου μήκους προσαγωγές λυμάτων. Ειδικότερα, συστήνεται η χρήση μικρών-συμπαγών (compact) συστημάτων διαχείρισης λυμάτων, με βιώσιμα λειτουργικά και οικονομοτεχνικά χαρακτηριστικά, και δυνατότητα αναβάθμισής τους και αύξησης της δυναμικότητάς τους κατά τη διάρκεια περιόδων αιχμής. Τα συστήματα αυτά είναι πολύ εξελιγμένα και έχουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης της εκροής, παρέχοντας νερό κατάλληλο για την κάλυψη των αναγκών άρδευσης.</p>

Π4	<p>Η ενίσχυση του ποσοστού κάλυψης των ιδιωτικών συνδέσεων στους οικισμούς και της συνδεσιμότητας του πληθυσμού δύναται να επιτευχθεί μέσω χρηματοδότησης έργων για συνδέσεις στο δίκτυο και παροχής κινήτρων. Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι η παροχή οικονομικών κινήτρων μπορεί να αποτελέσει καταλύτη για την αύξηση της συνδεσιμότητας των νοικοκυριών με τα δίκτυα αποχέτευσης. Ενδεικτικά, έχουν εφαρμοστεί μέτρα όπως η επιχορήγηση μέρους του κόστους σύνδεσης, η παροχή χαμηλότοκων δανείων με αποπληρωμή μέσω λογαριασμών ύδρευσης, καθώς και εκπτώσεις σε δημοτικά τέλη για τα πρώτα έτη μετά τη σύνδεση. Παράλληλα, σε ορισμένα κράτη-μέλη της ΕΕ, οι κανονιστικές υποχρεώσεις σύνδεσης συνοδεύτηκαν από μεταβατικά κίνητρα που διευκόλυναν την προσαρμογή. Τέτοιου είδους παρεμβάσεις έχουν συμβάλει ουσιαστικά στην αύξηση του ποσοστού συνδεσιμότητας σε διεθνές επίπεδο (Gómez-Lobo & Contreras, 2003· OECD, 2011· Trémolet & Halpern, 2006· World Bank, 2019). Ωστόσο, η εφαρμογή αντίστοιχων πολιτικών στην Ελλάδα ενδέχεται να είναι πιο απαιτητική, λόγω θεσμικών και χρηματοδοτικών περιορισμών, γεγονός που καθιστά αναγκαία την προσεκτική προσαρμογή των καλών πρακτικών στις εθνικές συνθήκες. Εκτιμάται ότι ποσοστό της τάξης του 30% των οικισμών είτε έχουν χαμηλή/μερική συνδεσιμότητα πληθυσμού είτε δεν διαθέτουν καθόλου συνδεσιμότητα. Επίσης, ποσοστό της τάξης του 20% των οικισμών καλείται να ολοκληρώσει ή/και να συμπληρώσει τις συνδέσεις στο δίκτυο αποχέτευσης. Στις περιπτώσεις αυτές είναι αναγκαία η λήψη κατάλληλων μέτρων για την ολοκλήρωση των έργων και των συνδέσεων.</p>
Π5	<p>Για την αντιμετώπιση των περιπτώσεων εισροής ομβρίων στο δίκτυο, προτείνονται τόσο ο εντοπισμός δυνητικών σημείων εισροής και η αποτροπή του προβλήματος όσο και ο εκσυγχρονισμός και η αναβάθμιση των δικτύων και των υποδομών.</p>
Π6	<p>Αναφορικά με την εισροή θαλασσινού νερού και τις συναφείς αστοχίες (μελετητικές ή κατασκευαστικές) στις ΕΕΛ, προτείνονται οι ακόλουθες λύσεις, όπως:</p> <ul style="list-style-type: none">• Μέριμνα για την πρόληψη της εισροής θαλασσινού νερού με χρήση συστημάτων ελέγχου και παρακολούθησης.• Εφαρμογή τεχνολογιών αποτροπής ή/και αποκατάστασης.• Επιθεώρηση και αντικατάσταση του διαβρωμένου ή κατεστραμμένου εξοπλισμού.

Διαχειριστικές και οργανωτικές προτάσεις βελτίωσης

Πλαίσιο 6. Διαχειριστικές και οργανωτικές προτάσεις βελτίωσης

Π7	Η εντατικοποίηση των περιβαλλοντικών ελέγχων , σε συνδυασμό με την ενεργοποίηση ενός μητρώου περιβαλλοντικών ελεγκτών , δύναται να συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση αρκετών προκλήσεων, που σχετίζονται, μεταξύ άλλων, με ορισμένες ελλείψεις περιβαλλοντικής αδειοδότησης, με τον εντοπισμό περιβαλλοντικών παρεμβάσεων, καθώς και με την ανάγκη για διεξαγωγή περισσότερων ελέγχων και επιθεωρήσεων. Σημαντική κρίνεται, επίσης, η έγκαιρη ενημέρωση των εμπλεκόμενων φορέων για τα αποτελέσματα των ελέγχων, ειδικά σε περιπτώσεις στις οποίες εντοπίζονται ελλείψεις και παραβάσεις , προκειμένου να δρομολογούνται εγκαίρως οι απαραίτητες δράσεις.
Π8	Οι προαναφερθείσες λύσεις, σε συνδυασμό με τη συνεργασία με φορείς που διαθέτουν εξειδικευμένη τεχνογνωσία σε αντίστοιχα έργα, όπως δημόσιους οργανισμούς (π.χ. ΔΕΥΑ, υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας – ΥΠΕΝ, Ελληνική Εταιρεία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης – ΕΕΤΑΑ), ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα (π.χ. πολυτεχνικές σχολές, Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης), καθώς και ιδιωτικές εταιρείες με εξειδίκευση στη διαχείριση υγρών αποβλήτων, αναμένεται να συμβάλουν στη συνολική βελτίωση των έργων. Με τον τρόπο αυτόν, μπορούν να καλυφθούν τεχνικές και διαχειριστικές αδυναμίες και να ενισχυθούν οι δυνατότητες υιοθέτησης βιώσιμων τρόπων συλλογής, επεξεργασίας και διαχείρισης υγρών αποβλήτων. Παράλληλα, μέσω ΣΔΙΤ, αναμένεται να ενισχυθεί η ικανότητα των εμπλεκόμενων φορέων και να βελτιωθεί η υλοποίηση των έργων, τόσο ως προς τον χρόνο όσο και ως προς το κόστος κατασκευής και λειτουργίας, επιτυγχάνοντας έγκαιρη αναγνώριση των προκλήσεων και διασφαλίζοντας τη διαφάνεια των διαδικασιών.
Π9	Προκειμένου να αντιμετωπιστούν προκλήσεις που σχετίζονται με την αποδοτικότητα της λειτουργίας των υποδομών, παρατηρείται η ανάγκη για περαιτέρω ανάλυση της οικονομικής βιωσιμότητας των έργων κατά τη φάση του σχεδιασμού και της υλοποίησής τους , προκειμένου να αναδειχθούν πιθανά οικονομικά ζητήματα και να ληφθούν κατάλληλα μέτρα πρόληψης, λαμβάνοντας υπ’ όψιν τις δυνατότητες και τις ευκαιρίες χρηματοδότησης. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητος ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός της λειτουργίας των υποδομών , ο οποίος πρέπει να περιλαμβάνει διαφανείς διαδικασίες διαχείρισης, αποτελεσματικούς μηχανισμούς παρακολούθησης και αντιμετώπισης προβλημάτων, καθώς και μέτρα εκπαίδευσης του προσωπικού που εμπλέκεται.
Π10	Όπου κρίνεται αναγκαίο, σε υφιστάμενες υποδομές, προτείνεται η εκ νέου σύνταξη σχεδίων λειτουργίας των ΕΕΛ ανά περιοχή και η εκ νέου ανάλυση της οικονομικής βιωσιμότητας του έργου , λαμβάνοντας υπ’ όψιν και τις δυνατότητες χρηματοδότησης.
Π11	Αναφορικά με την αποφυγή τεχνικών και χρονικών ασυμβατοτήτων κατά την κατασκευή των έργων και τη διασφάλιση της λειτουργικότητας των έργων, προτείνονται η συστηματική παρακολούθηση και ο έλεγχος του συνολικού έργου από τις Διαχειριστικές Αρχές, αξιολογώντας διαρκώς την κατάσταση και διασφαλίζοντας την ελαχιστοποίηση των καθυστερημένων αποκρίσεων .
Π12	Προκειμένου να ενισχυθούν οι διαδικασίες καταχώρισης λειτουργικών δεδομένων στην Εθνική Βάση λειτουργίας ΕΕΛ, προτείνεται η εύρεση μιας θεσμικής προσέγγισης που θα προάγει ή και θα επιβάλλει την υποχρέωση αυτή.

Π13	<p>Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις σχετικά με την υποστελέχωση των φορέων, την έλλειψη τεχνικής εξειδίκευσης και κατάρτισης του προσωπικού τους, που εμπλέκεται στη λειτουργία και συντήρηση των ΕΕΛ, και τον ιδιαίτερο απαιτητικό όγκο εργασίας, προτείνεται μία σειρά δράσεων.</p> <p>Η εκπαίδευση θα πρέπει να απευθύνεται τόσο στα υφιστάμενα στελέχη, τα οποία συχνά στερούνται επαρκούς τεχνικής κατάρτισης, όσο και σε νέο προσωπικό που κρίνεται αναγκαίο να προσληφθεί, δεδομένης της γενικότερης εικόνας υποστελέχωσης στους αρμόδιους φορείς. Με τον τρόπο αυτόν, διαμορφώνεται μια διττή προσέγγιση: αφενός η κάλυψη των υφιστάμενων κενών θέσεων και αφετέρου η συστηματική εκπαίδευση και διαρκής κατάρτιση του διαθέσιμου ανθρώπινου δυναμικού. Τέτοια προγράμματα μπορούν να υλοποιηθούν μέσω συνεργασιών με υφιστάμενους φορείς κατάρτισης, όπως το Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης (ΕΚΔΔΑ), τα ελληνικά πανεπιστήμια με συναφή τμήματα (π.χ. Σχολές Πολιτικών Μηχανικών, Περιβαλλοντικής Μηχανικής), καθώς και μέσω στοχευμένων δράσεων των ΔΕΥΑ σε συνεργασία με ερευνητικά κέντρα. Μέσω τέτοιων εκπαιδευτικών προγραμμάτων, οι φορείς μπορούν να εξοικειωθούν με τις βέλτιστες πρακτικές και να αναπτύξουν τις δεξιότητές τους για την αποτελεσματική διαχείριση και λειτουργία των υποδομών (OECD, 2011· UNESCO, 2021· World Bank, 2019).</p> <p>Επιπλέον, καθώς η ορθή συντήρηση των υποδομών και των δικτύων αποτελεί σημαντική παράμετρο για την αποδοτική λειτουργία των ΕΕΛ, στις περιπτώσεις που αντιμετωπίζονται σημαντικές αδυναμίες προτείνονται ΣΔΙΤ. Οι συμπράξεις αυτές θα επιτρέψουν την αποτελεσματική και οικονομικά βιώσιμη αντιμετώπιση των ζητημάτων συντήρησης και αναβάθμισης των υποδομών.</p>
Π14	<p>Οι προκλήσεις που απορρέουν από το υψηλό ενεργειακό κόστος λειτουργίας των υποδομών οδηγούν σε προβλήματα αποπληρωμής των οφειλών, διεκδίκησης χρηματοδοτήσεων και είσπραξης χρημάτων. Προς τούτο, συστήνεται η διερεύνηση τρόπων μείωσης του ενεργειακού κόστους των ΕΕΛ, είτε υλοποιώντας έργα ενεργειακής αναβάθμισης των εγκαταστάσεων και αξιοποίησης νέων τεχνολογικών λύσεων είτε πραγματοποιώντας μια ενδελεχή τεχνοοικονομική ανάλυση του κόστους λειτουργίας των δομών επεξεργασίας αποβλήτων, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ορθή λειτουργία των ΕΕΛ.</p>
Π15	<p>Η επιτυχής υλοποίηση και λειτουργία των έργων μπορεί να διασφαλιστεί και μέσω συνεργασιών που στοχεύουν στην ανταλλαγή γνώσεων και καλών πρακτικών ανάμεσα στις Διαχειριστικές Αρχές. Προς τούτο, συμπράξεις και συνεργασίες ανάμεσα στις ΔΕΥΑ και άλλους εμπλεκόμενους φορείς μπορούν να δώσουν την ευκαιρία ανταλλαγής εμπειριών και καλύτερης κατανόησης των προκλήσεων και των ευκαιριών.</p> <p>Παράλληλα, οι παραπάνω συνεργασίες μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη κοινών πρωτοβουλιών, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα των διαδικασιών και των υποδομών.</p>

Π16	<p>Μια καλή πρακτική με ευρεία χρήση σε άλλες χώρες είναι η ενοποίηση δημόσιων υπηρεσιών. Οι ενοποιήσεις αυτές μπορούν να ενισχύσουν τη δυνατότητα ανταλλαγής γνώσεων και καλών πρακτικών, να βελτιώσουν την οργάνωση και τη διεκδίκηση χρηματοδοτήσεων, καθώς και να επιτρέψουν την πιο αποτελεσματική αποπληρωμή των οφειλών.</p> <p>Στις προαναφερθείσες προκλήσεις, που περιλαμβάνουν την έλλειψη κατάλληλης κατάρτισης και την υποστελέχωση των φορέων διαχείρισης, την αδυναμία αποπληρωμής των οφειλών προς τους παρόχους ενέργειας, καθώς και τη διασφάλιση της ορθής και ολοκληρωμένης κατασκευής και λειτουργίας των ΕΕΛ, μπορεί να δοθεί λύση μέσω ενοποιήσεων ΔΕΥΑ, λόγω επίτευξης οικονομικών κλίμακας.</p> <p>Η ρύθμιση αυτή θα μπορούσε να συμβάλει ολοκληρωμένα στη βελτίωση της τεχνικής εξειδίκευσης του προσωπικού και στη διασφάλιση της βιώσιμης λειτουργίας και συντήρησης των ΕΕΛ, αντιμετωπίζοντας τις υφιστάμενες αδυναμίες και προάγοντας την ολοκληρωμένη υλοποίηση των έργων.</p>
------------	--

Αναφορικά με τη χρηματοδότηση και προκειμένου να αναβαθμιστεί η διαχείριση των έργων και να εξασφαλιστεί η ορθή λειτουργία των ΕΕΛ και των δικτύων, καθώς και η διαρκής τους βελτίωση, απαιτείται μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στον τρόπο χρηματοδότησης και διαχείρισης των έργων.

Για να εξασφαλιστεί η συνέχιση των έργων στους οικισμούς που δεν έχουν ακόμη αποκτήσει χρηματοδότηση, προτείνονται η ενδελεχής εξέταση και η επίλυση αυτού του ζητήματος μέσω της χρήσης του Ειδικού Προγράμματος Στήριξης και Ανάπτυξης (ΕΣΠΑ) για την περίοδο 2021-2027.

Επίσης, σημαντική παράμετρο για την ορθή λειτουργία των έργων αποτελεί η **εξασφάλιση των απαιτούμενων πόρων, με σκοπό τη συντήρηση των ΕΕΛ και των δικτύων. Ταυτόχρονα, η εξασφάλιση επαρκούς χρηματοδότησης μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο στην επίλυση των διαφόρων τεχνικών και χρονικών προκλήσεων, αλλά και ασυμβατοτήτων που αναλύθηκαν παραπάνω.**

Η διασφάλιση της χρηματοδότησης θα πρέπει να είναι βασισμένη σε μια **προσεκτική αξιολόγηση των αναγκών και των προτεραιοτήτων**, ώστε να επιτευχθεί η ολοκληρωμένη και βιώσιμη ανάπτυξη και αναβάθμιση των υποδομών και των επιμέρους μερών τους. **Η χρηματοδότηση, σε συνδυασμό με οδηγίες για βέλτιστη οικονομική διαχείριση, μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση ζητημάτων οικονομικής αδυναμίας των φορέων διαχείρισης των ΕΕΛ που παρατηρούνται.**

Σύμφωνα με τις προαναφερθείσες προτάσεις, **κρίνεται αναγκαία η διασφάλιση κονδυλίων και χρηματοδοτικών εργαλείων προκειμένου να ωριμάσουν οι μελέτες για την κατασκευή και την αδειοδότηση των ΕΕΛ.** Παράλληλα, οι χρηματοδοτήσεις μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην ορθολογική διαχείριση των λυμάτων των οικισμών Δ΄ προτεραιότητας, οι οποίοι δέχονται σημαντικές πιέσεις σε περιόδους με

αυξημένο τουρισμό, ούτως ώστε να εγκατασταθούν εξελιγμένα μικρά-συμπαγή (compact) συστήματα διαχείρισης λυμάτων.

Τέλος, τυχόν απρόβλεπτες καταστάσεις και κρίσεις, όπως φυσικές καταστροφές, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν κατά τον σχεδιασμό του χρηματοδοτικού πλάνου, προκειμένου να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία των ΕΕΛ.

6.2.2. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και ιλύος

Η επαναχρησιμοποίηση του γκρι νερού, αλλά και ευρύτερα του χρησιμοποιημένου ύδατος, αποτελεί βασική συνθήκη για τη διαχείριση των υδατικών πόρων σε ένα πλαίσιο κυκλικής οικονομίας. Μέσα από την παρούσα εργασία προκύπτει μια σειρά προτάσεων πολιτικής για την ενίσχυση της κυκλικότητας στη διαχείριση των υδατικών πόρων, λαμβάνοντας υπ' όψιν την υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα.

Σε σύγκριση με τις διεθνείς καλές πρακτικές που παρουσιάζονται στο **Κεφάλαιο 5**, η Ελλάδα εξακολουθεί να βρίσκεται σε υστέρηση ως προς την ευρεία εφαρμογή καινοτόμων λύσεων στην επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Ωστόσο, η εμπειρία άλλων χωρών καταδεικνύει ότι υπάρχουν ώριμα και αποδεδειγμένα αποτελεσματικά παραδείγματα, τα οποία θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν και στη χώρα μας με προσαρμογή στις τοπικές συνθήκες (Angelakis et al., 2023· Kesari et al., 2021).

Πλαίσιο 7. Προτάσεις για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και ιλύος

Π17	Ο εκσυγχρονισμός του θεσμικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων και την επεξεργασία και διάθεση της ιλύος του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για τη βιώσιμη και ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των εν λόγω αποβλήτων στην Ελλάδα. Η νομοθεσία πρέπει να ενθαρρύνει την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και πρακτικών που θα βελτιώσουν την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα της διαχείρισης.
Π18	Η παροχή κινήτρων και η ενθάρρυνση των επενδύσεων, μέσω χρηματοδοτήσεων, σε τεχνολογίες επαναχρησιμοποίησης νερού και βελτίωσης των υδατικών υποδομών για την αύξηση της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης του νερού σε διάφορους τομείς αποτελούν καταλυτικό παράγοντα για την προώθηση και την ενίσχυση της υιοθέτησης πρακτικών κυκλικής οικονομίας.
Π19	Η χρήση ανακυκλωμένου νερού στον αγροτικό τομέα μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στον μετριασμό των πιέσεων στους διαθέσιμους πόρους γλυκού νερού και να βελτιώσει τη διαθεσιμότητα νερού άρδευσης κατά τη διάρκεια της περιόδου ξηρασίας . Η προώθηση αυτής της πρακτικής απαιτεί εκπαίδευση των αγροτών και υποστήριξη από τις αρμόδιες Αρχές. Καλή πρακτική: Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών, ιδιαίτερα σε περιοχές με υδατικό στρες και αυξημένες αρδευτικές ανάγκες (π.χ. Κρήτη, Κυκλάδες) (Mishra et al., 2023).

Π20	Κρίνεται αναγκαία η ενίσχυση των τεχνολογικών υποδομών για την επεξεργασία και την ανακύκλωση της ιλύος, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες, ειδικά σε περιοχές με έντονη τουριστική δραστηριότητα.
Π21	Τα οφέλη των μεθόδων διαχείρισης, επαναχρησιμοποίησης και αξιοποίησης της ιλύος περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τη μείωση του όγκου των αποβλήτων, την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας και τη βελτίωση της αυτόνομης ενεργειακών πόρων της χώρας. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτών των στρατηγικών απαιτεί επενδύσεις σε κατάλληλες τεχνολογίες και υποδομές , καθώς και στην εκπαίδευση των εμπλεκόμενων φορέων .
Π22	<p>Προτείνεται η ενθάρρυνση των επενδύσεων και η υποστήριξη της εφαρμογής βιώσιμων πρακτικών ορθολογικής διαχείρισης της ιλύος μέσω πολιτικών και κινήτρων, που θα περιλαμβάνουν την ανακύκλωση και την ενεργειακή αξιοποίηση και θα οδηγούν σε επιτάχυνση των διαδικασιών αδειοδότησης. Ειδικότερα, συνιστάται η ενθάρρυνση της ενεργειακής αξιοποίησης της ιλύος, με συγκεκριμένα κριτήρια και χαρακτηριστικά, δημιουργώντας κατάλληλες συνθήκες για ιδιωτικές επενδύσεις.</p> <p>Παράλληλα, προκρίνεται η δημιουργία κατάλληλου θεσμικού πλαισίου που θα ενισχύει αυτήν την προσπάθεια, καθώς θα διευκολύνει τις διαδικασίες διάθεσης της ιλύος σε ιδιώτες. Η αξιοποίηση της ιλύος πρέπει να επιδιώκεται μέσω της χρήσης ώριμων και περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών, όπως η αναερόβια χώνευση για παραγωγή βιοαερίου. Καλή πρακτική: Η ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος μέσω παραγωγής βιοαερίου στις ΕΕΛ, με στόχο την ενίσχυση της ενεργειακής αυτόνομης και τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος (Nkuna et al., 2024· Enebe et al., 2023· Pratap et al., 2024).</p>
Π23	Η προώθηση της συνεργασίας και η ανταλλαγή γνώσεων μεταξύ των ενδιαφερόμενων φορέων αποτελούν βασικά στοιχεία για την υιοθέτηση και εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών. Είναι σημαντικό οι εμπλεκόμενοι φορείς να επωφεληθούν από την ανταλλαγή βέλτιστων πρακτικών και εμπειριών με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, προκειμένου να βελτιωθεί η προσέγγισή τους στη διαχείριση των λυμάτων. Επιπλέον, η συνεργασία με ΔΕΥΑ που έχουν ήδη εφαρμόσει επιτυχώς την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων και ιλύος μπορεί να αποτελέσει πολύτιμη πηγή γνώσης και εμπειριών.
Π24	Προτείνεται η ανάπτυξη πilotικών προγραμμάτων για την επαναχρησιμοποίηση της εκροής των ΕΕΛ και την αξιοποίηση της ιλύος, τα οποία θα βοηθήσουν στην κλιμάκωση των στρατηγικών .

6.3. Σύνοψη συμπερασμάτων και προτάσεων

Εν κατακλείδι, η αύξηση του ποσοστού συμμόρφωσης των οικισμών, από 44% το 2020 σε 53% το 2023, και η ένταξη πολλών έργων σε χρηματοδοτικά εργαλεία αποτελούν θετικές και σημαντικές εξελίξεις προς την κατεύθυνση της βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος και της διασφάλισης της υγείας των πολιτών. Συνολικά, παρατηρείται σημαντική πρόοδος στη βελτίωση και τον εκσυγχρονισμό των δημόσιων υποδομών διαχείρισης λυμάτων. Ωστόσο, εντοπίζονται και ορισμένα σημεία βελτίωσης, η επίλυση των οποίων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αναβάθμιση της λειτουργίας του συνόλου των ΕΕΛ της χώρας.

Ειδικότερα, η διασφάλιση της ωριμότητας των έργων και της ορθής κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης των ΕΕΛ και των δικτύων αποχέτευσης για όλους τους οικισμούς παραμένει σημαντική πρόκληση προς αντιμετώπιση, προκειμένου να συμμορφωθούν με τις απαιτήσεις της Οδηγίας. Παράλληλα, σημαντικές είναι οι πιέσεις που ασκούνται από την αύξηση του τουρισμού στη χώρα, ιδίως τους θερινούς μήνες, όπου στους οικισμούς Δ΄ προτεραιότητας η ανάγκη για ορθολογική διαχείριση των λυμάτων χρήζει ειδικής μέριμνας και αντιμετώπισης.

Προς τούτο, η επίλυση των ελλείψεων και των προκλήσεων που αναδύονται για την ορθή διαχείριση των λυμάτων πρέπει να αντιμετωπιστεί ως προτεραιότητα σε επίπεδο εθνικής και τοπικής διοίκησης, με στόχο την ολοκλήρωση των απαραίτητων έργων υποδομής και ενεργειών, καθώς και τη διασφάλιση της συμμόρφωσης όλων των οικισμών, αξιοποιώντας χρηματοδοτικά εργαλεία προς αυτήν την κατεύθυνση.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Αγγελάκης, Α. Ν., & Tchobanoglous, G. (1995). *Υγρά απόβλητα: Φυσικά συστήματα επεξεργασίας και ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και διάθεση εκρών*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Ανδρέου, Β. (2012). *Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο – Υπάρχουσα νομοθεσία στη χώρα μας* [Πτυχιακή εργασία]. ΑΤΕΙ Ηρακλείου Κρήτης.
- Βασιλακοπούλου, Β., Βενετού, Α., & Χαλαστή, Ε.-Ι. (2016). *Μελέτη επεξεργασίας Υγρών αποβλήτων Δήμου Καλύμνου-Λιανοχωρίου* [Πτυχιακή εργασία]. ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας.
- Βουδούρης, Κ. (2006). *Θέματα - Ποιότητα νερών, Πηγές και διάδοση της ρύπανσης, Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμάτων, Εδαφική διάθεση υγρών αποβλήτων, Τρωτότητα, Προστασία και Απορρύπανση υδροφορέων*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ελληνική Δημοκρατία (1997). Κοινή Υπουργική Απόφαση 5673/400/1997 «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων» (ΦΕΚ 192/Β/14-3-1997).
- Ελληνική Δημοκρατία (2011). Κοινή Υπουργική Απόφαση 145116/2011 «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 354/Β/8-3-2011).
- Ελληνική Δημοκρατία (2013). Κοινή Υπουργική Απόφαση 191002/2013 «Τροποποίηση της υπ' αριθμ. 145116/2011 Κοινής Υπουργικής Απόφασης "Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Β' 354) και συναφείς διατάξεις"» (ΦΕΚ 2220/9-9-2013).
- Ευρωπαϊκή Ένωση (1991). Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία αστικών λυμάτων (ΕΕ L 135, 40–52).

Ευρωπαϊκή Ένωση (2000). Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων (ΕΕ L 327, 1–73.)

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (1998). Οδηγία 98/15/ΕΚ της Επιτροπής της 27ης Φεβρουαρίου 1998 για τροποποίηση της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου όσον αφορά ορισμένες απαιτήσεις οι οποίες καθορίζονται στο παράρτημα Ι αυτής (ΕΕ L 67/29). Ανάκτηση από: <https://op.europa.eu/pt/publication-detail/-/publication/ff7ec087-8cc3-4619-bffc-b08ea4883d2c/language-el>

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2018). ΑΠΟΦΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΟΥ (τρίτο τμήμα) της 22ας Φεβρουαρίου 2018 «Παράβαση κράτους μέλους – Οδηγία 91/271/ΕΟΚ – Επεξεργασία των αστικών λυμάτων – Απόφαση του Δικαστηρίου διαπιστώνουσα παράβαση – Μη εκτέλεση – Άρθρο 260, παράγραφος 2, ΣΛΕΕ – Χρηματικές κυρώσεις – Κατ’ αποκοπήν ποσό – Χρηματική ποινή». Ανάκτηση από: <https://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?text=&docid=199563&pageIndex=0&doclang=EL&mode=req&dir=&occ=first&part=1&cid=778132>

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2022). *Ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων*. Ανάκτηση από: <https://eur-lex.europa.eu/EL/legal-content/summary/minimum-requirements-for-water-reuse.html>

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής και Αστικής Πολιτικής (DG REGIO), Ελλάδα-Κύπρος (2020α). *Αποτελεσματική και Αποδοτική Εφαρμογή Παρεμβάσεων στον Τομέα του Νερού, Συμπεριλαμβανομένης της Βελτίωσης της Διοικητικής Ικανότητας των ΔΕΥΑ στο Πλαίσιο των Διαπραγματεύσεων της Περιόδου Προγραμματισμού 2021-2027*.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής και Αστικής Πολιτικής (DG REGIO), Ελλάδα-Κύπρος (2020β). *Τεχνική βοήθεια για την παρακολούθηση της λειτουργικότητας υποδομών διαχείρισης αστικών λυμάτων και προτάσεις για προκαταρκτικές ενέργειες σε υποδομές που δεν συμμορφώνονται με την Οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (Οδηγία 91/271/ΕΟΚ)*.

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2020). ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2020/741 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων (ΕΕ L 177/32). Ανάκτηση από: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0741&from=EN>

- Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2019). *Επαναχρησιμοποίηση του νερού για γεωργική άρδευση: Το Συμβούλιο καταλήγει σε γενική προσέγγιση* [Δελτίο Τύπου]. Ανάκτηση από: <https://www.consilium.europa.eu/el/press/press-releases/2019/06/26/water-reuse-for-agricultural-irrigation-council-adopts-general-approach/> [Απρίλιος 2024].
- Καραμούζης, Δ. (2003). *Φυσικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων*. Εκδόσεις Δωδώνη.
- Κάτσου, Ε. (2011). *Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων με τη χρήση μεμβρανών* [Διδακτορική διατριβή]. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Κορυζή, Α. & Ντινόπουλος, Δ. (2020). *Έκθεση χαρτογράφησης ενδιαφερόμενων μερών σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο* (Παραδοτέο A1.D2), circulargreece (LIFE-IP, CEI-GREECE). Ανάκτηση από: https://circulargreece.gr/wp-content/uploads/2022/08/LIFE-IP-CEI-GR-A1D2_1.0_Report-on-Stakeholder-mapping.pdf
- Κουμουσίδου, Ό. (2022). *Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην βιομηχανία* [Διπλωματική εργασία]. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- Λέγος, Σ. Β. (2011). *Μελέτη τοξικότητας ιλύος μονάδων επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων* [Διπλωματική εργασία]. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Λιαντράκη, Μ. (2019). *Επαναχρησιμοποίηση νερού και η κοινωνική αποδοχή του* [Διπλωματική εργασία]. Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Metcalf & Eddy (2011). *Μηχανική Υγρών Αποβλήτων* (Τόμος Α). Τζιόλα.
- Μονάδα Οργάνωσης της Διαχείρισης Αναπτυξιακών Προγραμμάτων (ΜΟΔ Α.Ε.) (2025). *Εθνικό Επιχειρησιακό Σχέδιο Λυμάτων*. Ανάκτηση από: <https://www.mou.gr/el/Pages/OPWaste.aspx>
- Νταρακάς, Ε. (2010). *Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων* [Σημειώσεις διδάσκοντος]. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Παπακωνσταντίνου, Χ. (2002). *Διαχείριση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων. Η περίπτωση βιομηχανικής παραγωγής απορρυπαντικών στην Ελλάδα* [Διπλωματική εργασία]. Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Ανακτήθηκε από: <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/71/DT2003-0011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Παρανυχιανάκης, Ν., Κοτσελίδου, Ε., Βαρδάκου, Ό., & Αγγελάκης, Α. (2009). *Οδηγίες Ανακύκλωσης Επεξεργασμένων Εκκρών Αστικών Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα. Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης Ελλάδας (ΕΔΕΥΑ).*
- Σιούτη, Ε.-Α. (2018). *Μεθοδολογία για την Επιλογή Τεχνολογίας για την Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων με τη χρήση Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων στη νήσο Σύρο [Διπλωματική εργασία].* Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. DOI:10.26240/heal.ntua.7947
- Σουφλή, Ν. (2023). *Τεχνητοί υγροβιότοποι: Μια βιώσιμη τεχνολογία για τα αστικά λύματα [Άρθρο σε μορφή PDF].* Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας. Ανάκτηση από: https://www.forth.gr/files/texnitoi_ ygrobiotopoi.pdf
- Σταθάτου, Π. Μ. (2017). *Επαναχρησιμοποίηση Νερού: Περιβαλλοντική Προστασία & Δείκτες Μέτρησης Επίδοσης [Διδακτορική διατριβή].* Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Σταματάκη, Ε. (Επιμ.) (2021). *Εσωτερικός Κανονισμός Διαχείρισης Αποβλήτων 2021. Γενικό Νοσοκομείο Χανίων «Ο Άγιος Γεώργιος».*
- Τσιχριντζής, Β. Α. (2000). *Οικολογική μηχανική και τεχνολογία – Τόμος 1: Διαχείριση απορροής, ρύπων και φερτών.* Εκδόσεις Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.
- Τσιχριντζής, Β. Α. (2004). *Οικολογική μηχανική και τεχνολογία – Τόμος 2: Φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων – πρόληψη ρύπανσης.* Εκδόσεις Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας & Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων (χ.χ.). *Wastewater Treatment Plants.* Ανάκτηση από: <https://astikalimata.ypeka.gr/wtp?EL115001016> [Απρίλιος 2024].
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2020). *Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων 2020-2030.*
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (χ.χ.α). *Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων.* Ανάκτηση από: <https://ypen.gov.gr/diacheirisi-apovliton/astika-lymata/epanachrisimopoiisi-lymaton/>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (χ.χ.β). *Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών.* Ανάκτηση από: <https://wfdver.ypeka.gr/el/home-gr/>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας & Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων (2021). *Κυκλική οικονομία: Το νέο σχέδιο*

δράσης της Ελλάδας. Ανάκτηση από: https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2021/03/NEO_SXEDIO_DRASIS_KUKLIKH_OIKONOMIA.pdf

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2017). Κοινή Υπουργική Απόφαση για τη διαχείριση υγρών αποβλήτων. https://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2017/08/kya_ygra_apovlita.pdf

Ξενόγλωσση

Aiello, R., Cirelli, G., & Consoli, S. (2007). Effects of reclaimed wastewater irrigation on soil and tomato fruits: A case study in Sicily (Italy). *Agricultural Water Management*, 93, 65-72.

Angelakis, A. N., Tzanakakis, V. A., Capodaglio, A. G., & Dercas, N. (2023). A critical review of water reuse: Lessons from prehistoric Greece for present and future challenges. *Water*, 15(13), 2385. DOI:[10.3390/w15132385](https://doi.org/10.3390/w15132385)

Angelakis, A. N., Zafeirakou, A., Kourgialas, N. N., & Voudouris, K. (2025). The evolution of unconventional water resources in the Hellenic world. *Sustainability*, 17(6), p. 2388. DOI:[10.3390/su17062388](https://doi.org/10.3390/su17062388)

Asano, T., & Clerico, E. A. (2006). *Water reuse within green buildings: A case study of the solaire*. NRDC.

Attia, N. F., El-Monaem, E. M. A., Elashery, S. E. A., & Eltaweil, A. S. (2023). Recycling of Fruit By-Products for Wastewater Treatment Applications. In I. S. Fahim & L. Said, *Wastewater Treatment: Recycling, Management, and Valorization of Industrial Solid Wastes* (pp. 177-193). CRC Press. DOI:[10.1201/9781003354475-6](https://doi.org/10.1201/9781003354475-6)

Avraham, A., Gross, A., & Bernstein, R. (2023). Advanced wastewater treatment for reuse in small off-grid settlements in the Israeli Negev Desert. In United Nations Environment Programme, *Wastewater – Turning Problem To Solution. A UNEP Rapid Response Assesment* (pp. 76-78). Retrieved from: <https://wedocs.unep.org/items/93055b58-f193-48d6-80f1-d86d9eceb09e>

Balmér, P., & Hellström, D. (2012). Performance indicators for wastewater treatment plants. *Water Science and Technology*, 65(7), 1304-1310.

Bedbabis, S., Trigui, D., Ben Ahmed, C., Clodoveo, M., Camposeo, S., Vivaldi, G., & Ben Rouina, B. (2015). Long-terms effects of irrigation with treated municipal wastewater on soil, yield and olive oil quality. *Agricultural Water Management*, 160, 14-21.

Bennamoun, L., Salema, A. A., Chen, Z., & Afzal, M. T. (2013). *Improvements to increase the efficiency of solar dryers for wastewater sludge*. International Journal of Heat and Technology.

Betancourt, W. Q., Pepper, I. L., & Gerba, C. P. (2016). Managed Aquifer Recharge Systems for Natural and Sustainable Wastewater Reclamation and Reuse Technology: Health Concerns Associated with Human Viruses (USA). In H. Hettiarachchi & R. Ardakanian (Eds.), *Safe use of wastewater in agriculture: good practice examples* (pp. 3-20). United Nations University, Institute for Integrated Management of Material Fluxes and of Resources. Retrieved from: <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:5764/SafeUseOfWastewaterInAgriculture.pdf>

Cassidy, J. S. (2020). Improving wastewater treatment plants operational efficiency and effectiveness through an integrated performance assessment system. *H2Open Journal*, 3(1), 276-287.

CDPH (2009). *Regulations related to recycled water*. California Department of public Health.

CDPH (2011). *Draft regulations for groundwater replenishment with recycled water*. California Department of Public Health.

CEWP (2020). *China Europe Water Platform, Circular Economy of Water - Waste Water Treatment*. China Europe Water Platform. Retrieved from: https://www.cewp.eu/sites/default/files/2021-05/CEWP_Whitepaper_Circular%20Economy%20of%20Water%20in%20Waste%20Water%20Treatment_final.pdf

Chandran, R. R. R., Chowdhury, Z. Z., Rana, M., Ali, A. E., Rafique, R. F., Rahman, M., & Viswanathan, K. (2023). Integration of microbial treatment for advanced biological treatment of wastewater. In S. Roy, T. A. Tran, Z. Z. Chowdhury & B.S. Prathibha (Eds.), *Wastewater Treatment Using Green Synthesis* (pp. 95-116). CRC Press. Retrieved from: DOI:[10.1201/9781003342830-6](https://doi.org/10.1201/9781003342830-6)

Chen, G., Yue, P. L., & Mujumdar, A. S. (2002). Sludge dewatering and drying. In A. S. Mujumdar (Ed.), *Handbook of industrial drying* (2nd ed., pp. 1061-1098). Marcel Dekker.

Chen, X., Chen, G., & Chen, H. (2018). Revisiting greenhouse gas mitigation from conventional wastewater treatment. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 4(9), 1.211-1.221. DOI:[10.1039/C8EW00545A](https://doi.org/10.1039/C8EW00545A)

- Chenoweth, J. P. (2011). Impact of climate change on the water resources of the eastern Mediterranean and Middle East region: Modeled 21st century changes and implications. *Water Resources Research*, 47(6). DOI:[10.1029/2010WR010269](https://doi.org/10.1029/2010WR010269)
- Ddiba, D. (2023). An innovative circular wastewater treatment plant conversion – Billund Biorefinery, Billund, Denmark. In United Nations Environment Programme, *Wastewater – Turning Problem To Solution. A UNEP Rapid Response Assesment* (pp. 25-31). Retrieved from: <https://wedocs.unep.org/items/93055b58-f193-48d6-80f1-d86d9eceb09e>
- du Pisani, P. L. (2006). Direct reclamation of potable water at Windhoek's Goreangab reclamation plant. *Desalination*, 188(1), 79-88. DOI:[10.1016/j.desal.2005.04.104](https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.104)
- Duffus, J. H. (2002). Heavy metals — A meaningless term? *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), pp. 793-807. DOI:[0.1351/pac200274050793](https://doi.org/10.1351/pac200274050793)
- Dume, B., Alemayehu, T., & Tesfaye, A. (2021). Carbon dioxide and methane emissions during the composting and vermicomposting of sewage sludge. *Atmosphere*, 12(11), 1380. DOI:[10.3390/atmos12111380](https://doi.org/10.3390/atmos12111380)
- El-Gamal, T. T., & Housian, M. H. (2016). Wastewater Challenges and the Successful Implementation of Constructed Wetlands in Egypt (Egypt). In H. Hettiarachchi & R. Ardakanian (Eds.), *Safe use of wastewater in agriculture: Good practice examples* (pp. 43-58). United Nations University, Institute for Integrated Management of Material Fluxes and of Resources. Retrieved from: <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:5764/SafeUseOfWastewaterInAgriculture.pdf>
- Enebe, N. L., Okolie, J. A., & Nwankwegu, A. S. (2023). Biogas and syngas production from sewage sludge A Sustainable Source of Energy Generation. *Methane*, 2(2), 192-217. DOI:[10.3390/methane2020014](https://doi.org/10.3390/methane2020014)
- European Commission (1998). Commission Directive 98/15/EC of 27 February 1998 amending Council Directive 91/271/EEC with respect to certain requirements established in Annex I thereof. *Official Journal of the European Communities* (EE L 67), 29-30.
- European Commission (2019). Commission staff working document: Executive summary of the evaluation of the Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment (SWD(2019) 700 final). Publications Office of the European Union.

European Council (1991). Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment. *Official Journal of the European Communities* (EE L 135), 40-52.

European Investment Bank – JASPERS (2023). *SUMMARY REPORT - Screening of 12 investment projects and assessment of the capacity of the respective Water Service Providers (DEYAs)*.

European Parliament (2024). *Deal on more efficient treatment and reuse of urban wastewater* [Press Release]. Retrieved from: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240129IPR17203/deal-on-more-efficient-treatment-and-reuse-of-urban-wastewater>

Eurostat Data Browser (n.d.a). *Population connected to at least secondary wastewater treatment* [sdg_06_20].

Eurostat Data Browser (n.d.b). *Sewage sludge production and disposal* [env_ww_spd].

Fatta-Kassinou, D., Kalavrouzioti, I., Koukoulakis, P., & Vasquez, M. (2011). The risks associated with wastewater reuse and xenobiotics in the agroecological environment. *The Science of The Total Environment*, 409(19), 3555-3563. DOI:[10.1016/j.scitotenv.2010.03.036](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.03.036)

Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International journal of environmental research and public health*, 16(6), 1060.

Fettback, T., & Muhamba, C. (2023). Resource-efficient decentralized wastewater treatment systems in Dar es Salaam, United Republic of Tanzania. In United Nations Environment Programme, *Wastewater – Turning Problem To Solution. A UNEP Rapid Response Assessment* (p. 43). Retrieved from: <https://wedocs.unep.org/items/93055b58-f193-48d6-80f1-d86d9eceb09e>

Gómez-Lobo, A., & Contreras, D. (2003). Water subsidy policies: A comparison of the Chilean and Colombian schemes. *The World Bank Economic Review*, 17(3), pp. 391-407. DOI:[10.1093/wber/lhg028](https://doi.org/10.1093/wber/lhg028)

Harikrishnan, A. M., Chowdhury, Z. Z., Rana, M., Ali, A. E., Mitra, A., Rafique, R. F., & Johan, R. bin. (2024). Green synthesis of iron oxide nanoparticles and its application in water treatment. In S. Roy, T. A. Tran, Z. Z. Chowdhury & B. S. Prathibha (Eds.), *Wastewater Treatment Using Green Synthesis* (pp. 28-46). CRC Press. DOI:[10.1201/9781003342830-6](https://doi.org/10.1201/9781003342830-6)

- Haruvy, N. (1997). Agricultural reuse of wastewater: Nation-wide cost-benefit analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 66(2), 113-119. DOI:[10.1016/S0167-8809\(97\)00046-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00046-7)
- Hering, J., Waite, T., Luthy, R., Drewes, J., & Sedlak, D. (2013). A changing framework for urban water systems. *Environmental Science and Technology* 47(19), 10721-10726. DOI:[10.1021/es4007096](https://doi.org/10.1021/es4007096)
- Hochstrat, R. Joksimovic, D., Wintgens, T., Melin, T., & Savic, D. (2007). Economic considerations and decision support tool for wastewater reuse scheme planning. *Water Science & Technology*, 56(5), 175-182. DOI:[10.2166/wst.2007.570](https://doi.org/10.2166/wst.2007.570)
- InfoCuria – Case-law (n.d.). C-167/14 (List of documents). Retrieved from: <https://curia.europa.eu/juris/documents.jsf?num=C-167/14> [April 2024].
- Interreg (2023). *The new regulation aims to encourage and facilitate water reuse in the EU*. Retrieved from: <https://interreg-baltic.eu/project-posts/the-new-regulation-aims-to-encourage-and-facilitate-water-reuse-in-the-eu/> [April 2024].
- Kadlec, R. H., & Knight, R. L. (1996). *Treatment wetlands*. Lewis Publishers.
- Karagiannidis, A. S. (2011). Evaluation of sewage sludge production and utilization in Greece in the frame of integrated energy recovery. *Desalination and Water Treatment*, 33(1-3), 185-193. DOI:[10.5004/dwt.2011.2613](https://doi.org/10.5004/dwt.2011.2613)
- Kesari, K. K., Akhtari, M., & Singh, P. (2021). Wastewater treatment and reuse: A review of its applications and health implications. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(5), p. 154. DOI:[10.1007/s11270-021-05154-8](https://doi.org/10.1007/s11270-021-05154-8)
- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y., Huang, Y., & Zhu, Y. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution*, 152(3), 686-692. DOI:[10.1016/j.envpol.2007.06.056](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.056)
- Kirhensteine, I., Cherrier, V., Jarritt, N., Farmer, A., de Paoli, G., Delacamara, G., & Psomas, A. (2016). *EU-level instruments on water reuse. Final report to support the Commission's Impact Assessment*. Publications Office of the European Union. DOI:[10.2779/974903](https://doi.org/10.2779/974903)
- Krishnan, B., Chowdhury, Z. Z., Rana, M., Ali, A. E., Rafique, R. F., Chinnapan, A., & Rahaman, M. (2024). Electrospun nanofibre/composite membrane for water treatment. In S. Roy, T. A. Tran, Z. Z. Chowdhury & B.S. Prathibha (Eds.), *Wastewater Treatment Using Green Synthesis* (pp. 63-78). CRC Press. DOI:[10.1201/9781003342830-6](https://doi.org/10.1201/9781003342830-6)

- Kurian, J. (2006). Stakeholder participation for sustainable waste management. *Habitat International*, 30(4), 863-871. DOI:[10.1016/j.habitatint.2005.09.009](https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2005.09.009)
- Langergraber, G., & Muellegger, E. (2005). Ecological Sanitation – a way to solve global sanitation problems?. *Environment International*, 31(3), 433-444.
- Lavagnolo, M. C., Malagoli, M., Alibardi, L., Garbo, F., Pivato, A., & Cossu, R. (2017). Use of oleaginous plants in phytotreatment of grey water and yellow water from source separation of sewage. *Journal of Environmental Sciences*, 55, 274-282. DOI:[10.1016/j.jes.2016.08.013](https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.08.013)
- Lazarova, V. A. (2017). *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications*. McGraw-Hill Education.
- Maaß, O., & Grundmann, P. (2016). Added-value from linking the value chains of wastewater treatment, crop production and bioenergy production: A case study on reusing wastewater and sludge in crop production in Braunschweig (Germany). *Resources Conservation and Recycling*, 107, 195-211. DOI:[10.1016/j.resconrec.2016.01.002](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.01.002)
- Mahjoub, O. (2023). *When farmers' acceptance is challenged by consumers' buy-in and the quantity and quality of the effluents, Ouardanine, Tunisia*. In United Nations Environment Programme, *Wastewater – Turning Problem To Solution. A UNEP Rapid Response Assessment* (pp. 53-58). Retrieved from: <https://wedocs.unep.org/items/93055b58-f193-48d6-80f1-d86d9eceb09e>
- Maimon, A., & Gross, A. (2018). Greywater: Limitations and perspective. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2, 1-6. DOI:[10.1016/j.coesh.2017.11.005](https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.11.005)
- Makropoulos, Ch., & Butler, D. (2010). Distributed water infrastructure for sustainable communities. *Water Resources Management* 24(11), 2795-2816. DOI:[10.1007/s11269-010-9580-5](https://doi.org/10.1007/s11269-010-9580-5)
- Mapanda, F., Mangwayana, E., Nyamangara, J., & Giller, K. (2005). The effect of long-term irrigation using wastewater on heavy metal contents of soils under vegetables in Harare, Zimbabwe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 107(2-3), 151-165. DOI:[10.1016/j.agee.2004.11.005](https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.11.005)
- Miglio, R., Garcia, A., Nemcova, E., & Roblet, R. (2016). Water Sensitive Urban Design for Metropolitan Lima, Peru – “Wastewater Treatment Park: The Children’s Park” – Application of Vertical Flow Constructed

Wetlands in Public Open Space for Reuse of Treated Wastewater (Peru). In H. Hettiarachchi & R. Ardakanian (Eds.), *Safe use of wastewater in agriculture: good practice examples* (pp. 21-42). United Nations University, Institute for Integrated Management of Material Fluxes and of Resources. Retrieved from: <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:5764/SafeUseOfWastewaterInAgriculture.pdf>

Mihaylova, B. (2023). *Sustainable wastewater and nutrient management in rural Georgia to address pollution in the Black Sea*. In United Nations Environment Programme, *Wastewater – Turning Problem To Solution. A UNEP Rapid Response Assessment* (pp. 80-84). Retrieved from: <https://wedocs.unep.org/items/93055b58-f193-48d6-80f1-d86d9eceb09e>

Mishra, S., Kumar, R., & Kumar, M. (2023). Use of treated sewage or wastewater as an irrigation water for agricultural purposes: Environmental, health, and economic impacts. *Total Environment Research Themes*, 6, Article 100051. DOI:[10.1016/j.totert.2023.100051](https://doi.org/10.1016/j.totert.2023.100051)

Muyen, Z., Moore, G., & Wrigley, R. (2011). Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia. *Fuel and Energy Abstracts*, 99(1), 33-41. DOI:[10.1016/j.agwat.2011.07.021](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.07.021)

Nkuna, S. G., Olwal, T. O., Chowdhury, S. P. D., & Ndambuki, J. M. (2024). A review of wastewater sludge-to-energy generation focused on thermochemical technologies: An improved technological, economical and socio-environmental aspect. *Cleaner Waste Systems*, 7, Article 100130. DOI:[10.1016/j.clwas.2024.100130](https://doi.org/10.1016/j.clwas.2024.100130)

OECD (2011). *Benefits of investing in water and sanitation: An OECD perspective*. OECD Publishing. DOI:[10.1787/9789264100817-en](https://doi.org/10.1787/9789264100817-en)

OECD (2021). *Wastewater treatment*. Retrieved from: <https://data.oecd.org/water/wastewater-treatment.htm>

Paranychianakis, N., Nikolantonakis, M., Spanakis, Y., & Angelakis, A. (2006). The effect of recycled water on the nutrient status of Soultanina grapevines grafted on different rootstocks. *Agricultural Water Management*, 81(1-2), 185-198. DOI:[10.1016/j.agwat.2005.04.013](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.04.013)

Pedersen, J., Soliman, M., & Suffet, I. (2005). Human pharmaceuticals, hormones, and personal care product ingredients in runoff from agricultural fields irrigated with treated wastewater. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1625-1632. DOI: [10.1021/jf049228m](https://doi.org/10.1021/jf049228m)

- Pedrero, F., Kalavrouziotis, I., Alarcón, J., Koukoulakis, P., & Asano, T. (2010). Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture—Review of some practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management*, 97(9), 1233-1241. DOI:[10.1016/j.agwat.2010.03.003](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.03.003)
- Pistocchi, A., Dorati, C., Grizzetti, B., Udias, A., Vigiak, O., & Zanni, M. (2019). *Water quality in Europe: Effects of the Urban Wastewater Treatment Directive. A retrospective and scenario analysis of Dir. 91/271/EEC*. Joint Research Centre.
- Prashanth, G. K., Mutthuraju, M., Gadewar, M., Rao, S., Yatish, K. v., Ghosh, M. K., Sowmyashree, A. S., & Shwetha, K. (2024). Green nanotechnology in wastewater treatment. In S. Roy, T. A. Tran, Z. Z. Chowdhury & B.S. Prathibha (Eds.), *Wastewater Treatment Using Green Synthesis* (pp. 79-94). CRC Press. DOI:[10.1201/9781003342830-6](https://doi.org/10.1201/9781003342830-6)
- Pratap, V., Kumar, S., & Yadav, B. R. (2024). Sewage sludge management and enhanced energy recovery using anaerobic digestion: An insight. *Water Science & Technology*, 90(3), pp. 696-720. DOI:[10.2166/wst.2024.269](https://doi.org/10.2166/wst.2024.269)
- Prochaska, Ch., & Zouboulis, A. (2020). A Mini-Review of Urban Wastewater Treatment in Greece: History, Development and Future Challenges. *Sustainability*, 12(15), 6133. DOI:[10.3390/su12156133](https://doi.org/10.3390/su12156133)
- Qadir, M., Wichelns, D., Raschid-Sally, L., McCornick, P., Drechsel, P., Bahri, A., & Minhas, P. (2010). The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural Water Management* 97(4), 561-6568. DOI:[10.1016/j.agwat.2008.11.004](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.11.004)
- Rashad, S., Ahmad, I., & El-Chaghaby, G. A. (2023). Potential of Algae in the Phyco-Remediation of Industrial Wastewater and Valorization of Produced Biomass. In I. S. Fahim & L. Said, *Wastewater Treatment: Recycling, Management, and Valorization of Industrial Solid Wastes* (pp. 153-176). CRC Press. DOI:[10.1201/9781003354475-6](https://doi.org/10.1201/9781003354475-6)
- Ravinder, K. (2016). Eco-Friendly Wastewater Treatment for Reuse in Agriculture (India). In H. Hettiarachchi & R. Ardakanian (Eds.), *Safe use of wastewater in agriculture: good practice examples* (pp. 139-156). United Nations University, Institute for Integrated Management of Material Fluxes and of Resources. Retrieved from: <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:5764/SafeUseOfWastewaterInAgriculture.pdf>
- Reed, S. C., Crites, R. W., & Middlebrooks, E. J. (1995). *Natural systems for waste management and treatment* (2nd ed.). McGraw-Hill.

- Rensburg, P. V. (2023). *Direct potable reclamation in Windhoek, Namibia*. In United Nations Environment Programme, *Wastewater – Turning Problem To Solution. A UNEP Rapid Response Assessment* (pp. 32-33). Retrieved from: <https://wedocs.unep.org/items/93055b58-f193-48d6-80f1-d86d9eceb09e>
- Rosenqvist, H., & Dawson, M. (2005). Economics of using wastewater irrigation of willow in Northern Ireland. *Biomass and Bioenergy*, 29(2), 83-92. DOI:10.1016/j.biombioe.2005.04.001
- RRAPK (2020). *AQUARES PROJECT A1.3 – Water reuse technology application guide*. Retrieved from: <https://www.f-iea.es/resources/files/shares/proyectos/a13technology-application-guide.pdf>
- Rusan, M., Hinnawi, S., & Rousan, L. (2007). Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. *Desalination*, 215(1), 143-152. DOI:10.1016/j.desal.2006.10.032
- Sanz, L. A., & Gawlik, B. M. (2014). *Water Reuse in Europe: Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation* (JRC Science and Policy Report). European Commission. Retrieved from: <https://suwanu-europe.eu/wp-content/uploads/2019/05/JRC-guidelines-2014.pdf>
- Schurig, H., Schäfer, A., Garleff, L., & Fettback, T. (2023). Large-scale centralized wastewater treatment as an energy source in Hamburg, Germany. In United Nations Environment Programme, *Wastewater – Turning Problem To Solution. A UNEP Rapid Response Assessment* (pp. 44-52). Retrieved from: <https://wedocs.unep.org/items/93055b58-f193-48d6-80f1-d86d9eceb09e>
- Selim, M. S., Fatthallah, N. A., Higazy, S. A., Madian, H. R., Hao, Z., & Chen, X. (2023). Metal Oxide-Based Antibacterial Nano-Agents for Wastewater Treatment. In I. S. Fahim & L. Said, *Wastewater Treatment: Recycling, Management, and Valorization of Industrial Solid Wastes* (pp. 195-232). CRC Press. DOI:10.1201/9781003354475-6
- Sharma, A., Bhardwaj, S. K., Aggarwal, R. K., Sharma, R., & Agrawal, G. (2023). Greenhouse gas emission potential of sewage treatment plants in Himachal Pradesh. *Scientific Reports*, 13(1), Article 36825. DOI:10.1038/s41598-023-36825-7
- Simha, P. (2023). Social barriers to urine recycling in decentralized sanitation systems. In United Nations Environment Programme, *Wastewater – Turning Problem To Solution. A UNEP Rapid Response Assessment* (p. 52). Retrieved from: <https://wedocs.unep.org/items/93055b58-f193-48d6-80f1-d86d9eceb09e>.

- Singh, P., Deshbhratar, P., & Ramteke, D. (2012). Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties, crop yield and environment. *Agricultural Water Management*, 103, 100-104.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Toze, S. (2006). Reuse of effluent water – Benefits and risks. *Agricultural Water Management*, 80(1), 147-159. DOI:[10.1016/j.agwat.2005.07.010](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.010)
- Trémolet, S., & Halpern, J. (2006). *Regulation of water and sanitation services: Getting better service to poor people*. World Bank.
- Tsagarakis, K. P., Mara, D. D., Horan, N. J., & Angelakis, A. N. (2000). Small municipal wastewater treatment plants in Greece. *Water Science & Technology*, 41(1), 41-48. IWA Publishing. DOI:[10.2166/wst.2000.0007](https://doi.org/10.2166/wst.2000.0007)
- UNESCO (2021). *UNESCO World Water Development Report 2021: Valuing Water*. UNESCO Publishing. Retrieved from: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>
- Water Reuse Europe (n.d.). *Policy and Regulations*. Retrieved from: <https://www.water-reuse-europe.org/about-water-reuse/policy-and-regulations/>
- Wilcox, J., N. F. (2016). Urban water reuse: a triple bottom line assessment framework and review. *Sustainable Cities and Society*, 27, 448-456. DOI:[10.1016/j.scs.2016.06.021](https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.06.021)
- World Bank (2019). *Doing more with less: Smarter subsidies for water supply and sanitation*. World Bank. Retrieved from: DOI:[10.1596/978-1-4648-1367-0](https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1367-0)
- Zabaniotou, A., & Theofilou, C. (2008). Green energy at cement kiln in Cyprus—Use of sewage sludge as a conventional fuel substitute. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(2), 531-541. DOI:[10.1016/j.rser.2006.07.017](https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.07.017)
- Zagklis, D. P., & Bampos, G. (2022). Tertiary wastewater treatment technologies: A review of technical, economic, and life cycle aspects. *Processes*, 10(11), 2304. DOI:[10.3390/pr10112304](https://doi.org/10.3390/pr10112304)
- Zaki, E. S. G., Elsaheed, S. M., & Hassan, H. H. (2023). Artificial Intelligence and Machine Learning of Petroleum Wastewater Treatment by Nano-filtration Membranes. In I. S. Fahim & L. Said, *Wastewater Treatment:*

Recycling, Management, and Valorization of Industrial Solid Wastes (pp. 375-384). CRC Press. DOI:[10.1201/9781003354475-6](https://doi.org/10.1201/9781003354475-6)

Zema, D., Bombino, G., Andiloro, S., & Zimbone, S. (2012). Irrigation of energy crops with urban wastewater: Effects on biomass yields, soils and heating values. *Agricultural Water Management*, 115(2), 55-65. DOI:[10.1016/j.agwat.2012.08.009](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.08.009)



diaNEOsis



dianeosis_org



diaNEOsis



diaNEOsis



diaNEOsis

διαNEOsis

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΑΝΑΛΥΣΗΣ