



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ -
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ
« ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ »

**Επαναχρησιμοποίηση
αστικών λυμάτων με
έμφαση στην παρουσία
μικρορυπαντών**

*Ευσταθία-Στυλιανή
Σχορετσανίτη*

Αθήνα, Οκτώβριος 2017

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**

Επιβλέπων:

Καθηγητής Δανιήλ Μαρμάης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η βιβλιογραφική ανασκόπηση των προτύπων που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση νερού το οποίο προέρχεται από κατάλληλα επεξεργασμένα αστικά λύματα. Πιο συγκεκριμένα, συγκεντρώνονται τα βασικά χαρακτηριστικά της νομοθεσίας των χωρών στις οποίες προβλέπονται τέτοιου είδους ρυθμίσεις, τόσο από τον ευρωπαϊκό όσο και από το διεθνή χώρο, καθώς και τα χαρακτηριστικά των προτύπων επαναχρησιμοποίησης, όπως αυτά προβλέπονται από διεθνείς οργανισμούς. Επίσης, παρατίθενται οι πίνακες από τη σχετική νομοθεσία που περιλαμβάνουν αριθμητικά όρια ποιότητας των υδάτων, καθώς και άλλα όρια που προβλέπονται για την επαναχρησιμοποίηση, ανάλογα με την εκάστοτε χώρα. Ακόμα, επιχειρείται να γίνει μια αποτύπωση του βαθμού μέχρι τον οποίο έχει αναπτυχθεί η έρευνα για τη θέσπιση αντίστοιχων ορίων – προτύπων σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ταυτόχρονα, διερευνάται και το θέμα των ενώσεων αναδυόμενης ανησυχίας μέσω της αποτύπωσης του σταδίου που βρίσκεται η σχετική έρευνα αναφορικά με ανίχνευση της παρουσίας τους στους υδατικούς πόρους και στα αστικά λύματα, την επικινδυνότητά τους για την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα, την αναγνώρισή τους ως ποιοτικό χαρακτηριστικό των υδάτων, τη θέσπιση αποδεκτών οριακών τιμών για τις ουσίες αυτές και τέλος για τους τρόπους απομάκρυνσής τους από τα αστικά λύματα. Τελικά, αποτυπώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν ως αποτέλεσμα της παρούσας ανασκόπησης.

ABSTRACT

The subject of this work is the bibliographic review of the standards concerning the reuse of water derived from properly treated urban waste water. In particular, the main features of the legislation of the countries where such regulations are envisaged, both in the European and international contexts, as well as the characteristics of the reuse standards as envisaged by international organizations are compiled. Also, tables of relevant legislation containing numerical water quality limits as well as other limits for reuse, depending on the country concerned, are also presented. Furthermore, an attempt is made to capture the extent of the research for the establishment of the corresponding EU-wide standards. At the same time, the issue of the contaminants of emerging concern is investigated through the identification of the extent of the relevant research with regard to the detection of their presence in water resources and urban waste water, their risk to human health and ecosystems, their recognition as parameters of water quality, the establishment of acceptable limit values for these substances and, finally, ways of removing them from urban waste water. Finally, the conclusions that have emerged as a result of this review are captured.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την προετοιμασία και την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα αποκλειστικά να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή, κύριο Δανιήλ Μαμάη, χωρίς την συμβολή του οποίου θα ήταν αδύνατη η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η καθοδήγηση του, η ενθάρρυνση του και η εμπιστοσύνη που μου έδειξε όλο αυτό το διάστημα που διήρκησε η διπλωματική μου εργασία, ήταν απόλυτα καθοριστική για την επιτυχημένη ολοκλήρωση της.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
Περιεχόμενα Πινάκων	9
Περιεχόμενα εικόνων	11
1. Εισαγωγή	13
1.1 Στόχοι εργασίας	13
1.2 Διάρθρωση τεύχους	13
2. Επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων	14
2.1 Αναγκαιότητα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων και προβληματισμοί	14
2.2 Εναλλακτικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων	15
3. Ανασκόπηση θεσμικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων σε ευρωπαϊκά κράτη	20
3.1 Οδηγία της Ελλάδας	20
3.2 Οδηγία της Ιταλίας	30
3.3 Οδηγία της Κύπρου	34
3.4 Οδηγία της Πορτογαλίας	38
3.5 Οδηγία της Ισπανίας	44
3.6 Οδηγία της Γαλλίας	55
3.7 Λοιπές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης	63
3.8 Θεσμικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης	74
3.8.1 Οι κατευθύνσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την επαναχρησιμοποίηση	74
3.8.2 Το προσχέδιο του Κοινού Κέντρου Ερευνών (JRC)	78
4. Ανασκόπηση θεσμικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων σε διεθνές επίπεδο	86
4.1 Οδηγία της Αυστραλίας	86
4.2 Οδηγία της υπηρεσίας προστασίας του περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών ...	89
4.3 Κανονισμός πολιτείας Καλιφόρνια	104
4.4 Πρότυπα επαναχρησιμοποίησης στην Κίνα	107
4.5 Άλλες χώρες όπου εφαρμόζεται επαναχρησιμοποίηση	112
5. Κατευθυντήριες γραμμές από διεθνείς οργανισμούς	116
5.1 Οδηγία των Ηνωμένων Εθνών	116
5.2 Οδηγία Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας	117
5.3 Οδηγία ISO	120

5.4 Οδηγίες από το FAO	125
6. Αναδυόμενοι ρύποι και η αντιμετώπισή τους	126
6.1 Είσοδος των EOC's στο περιβάλλον	127
6.2 Κατηγοριοποίηση και πιθανές επιπτώσεις των EOC's	129
6.3 Απομάκρυνση από το νερό	138
6.3.1 Μέθοδοι οζόνωσης	139
6.3.2 Μέθοδοι μεμβρανών	144
6.4 Καθιέρωση αποδεκτών τιμών για τους αναδυόμενους ρύπους	149
6.4.1 Το προσχέδιο του Κοινού Κέντρου Ερευνών (JRC) για τους αναδυόμενους ρύπους	149
6.4.2 Η προσέγγιση στη Γερμανία	162
7. Συμπεράσματα	163
Βιβλιογραφία.....	164

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για περιορισμένη άρδευση, βιομηχανική χρήση νερού ψύξης μιας χρήσης και εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, που δεν χρησιμοποιείται για πόση και με διήθηση διαμέσου κατάλληλου εδαφικού στρώματος.....	23
Πίνακας 2: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης.....	24
Πίνακας 3: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαστική χρήση και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με γεωτρήσεις.....	25
Πίνακας 4: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων.....	26
Πίνακας 5: Επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.....	27
Πίνακας 6: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα.....	28
Πίνακας 7: Οριακές τιμές λυμάτων στην έξοδο της μονάδας ανάκτησης.....	31
Πίνακας 8: Προδιαγραφές ποιότητας ανακυκλωμένου νερού (Αστικών Υγρών Αποβλήτων) για σκοπούς άρδευσης σύμφωνα με το Όρο 3(β).....	37
Πίνακας 9: Πρότυπα για την αλατότητα του νερού άρδευσης.....	40
Πίνακας 10: Πρότυπα της χημικής ποιότητας του αρδευτικού νερού.....	40
Πίνακας 11: Μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα μετάλλων στα εδάφη (mg/kg ξηρού εδάφους).....	41
Πίνακας 12: Ελάχιστες αποστάσεις από τις αρδευόμενες περιοχές για τις κατοικίες.....	41
Πίνακας 13: Μικροβιολογική ποιότητα των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για άρδευση.....	42
Πίνακας 14: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα αστικής χρήσης.....	47
Πίνακας 15: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα αγροτικής χρήσης 2.1.....	48
Πίνακας 16: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα αγροτικής χρήσης 2.2 και 2.3.....	49
Πίνακας 17: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα βιομηχανικής χρήσης.....	51
Πίνακας 18: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα χρήσεων αναψυχής.....	52
Πίνακας 19: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα περιβαλλοντικών χρήσεων.....	53
Πίνακας 20: Επίπεδα ποιότητας υγιεινής των επεξεργασμένων λυμάτων.....	59
Πίνακας 21: Περιορισμοί απόστασης για άρδευση με ψεκασμό.....	59
Πίνακας 22: Περιορισμοί χρήσης.....	60
Πίνακας 23: Περιορισμοί αποστάσεων.....	62

Πίνακας 24: Κριτήρια ποιότητας επεξεργασμένου νερού για γεωργική άρδευση	80
Πίνακας 25: Τάξεις ποιότητας επεξεργασμένου νερού και η σχετική γεωργική χρήση σύμφωνα με τις απαγορεύσεις.....	81
Πίνακας 26: Ελάχιστες συχνότητες για τον έλεγχο του επεξεργασμένου νερού στη γεωργική άρδευση	81
Πίνακας 27: Έλεγχος επικύρωσης της λειτουργίας της επεξεργασίας για την γεωργική άρδευση.	83
Πίνακας 28: Ειδικά επιπρόσθετα προληπτικά μέτρα για την προστασία της υγείας στα οποία θα πρέπει να συμμορφώνονται τα κράτη μέλη ανεξάρτητα από τις τοπικές ειδικές συνθήκες	83
Πίνακας 29: Αστική επαναχρησιμοποίηση-απεριόριστη	92
Πίνακας 30: Αστική επαναχρησιμοποίηση – περιορισμένη.....	93
Πίνακας 31: Γεωργική επαναχρησιμοποίηση – καλλιέργειες τροφίμων.....	94
Πίνακας 32: Γεωργική επαναχρησιμοποίηση – μη βρώσιμες καλλιέργειες και καλλιέργειες επεξεργασμένων τροφίμων (όπου επιτρέπεται).....	95
Πίνακας 33: Αποθήκευση νερού (Λιμνοδεξαμενές) – απεριόριστη.....	96
Πίνακας 34: Αποθήκευση νερού (Λιμνοδεξαμενές) – περιορισμένη.....	97
Πίνακας 35: Περιβαλλοντική επαναχρησιμοποίηση	98
Πίνακας 36: Βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση ¹	99
Πίνακας 37: Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων – μη πόσιμη επαναχρησιμοποίηση ¹	100
Πίνακας 38: Έμμεση πόσιμη χρήση (ΕΠΧ)	101
Πίνακας 39: Πρότυπα ποιότητας νερού για διάφορες αστικές χρήσεις	108
Πίνακας 40: Πρότυπα ανακτημένου νερού για χρήση στο αστικό τοπίο.....	109
Πίνακας 41: Ανακτημένο νερό χρήση ως βιομηχανικό νερό – πρότυπα ποιότητας νερού ...	110
Πίνακας 42: Μέγιστος περιορισμένος δείκτης βασικής παραμέτρου ελέγχου και ποιότητας νερού.....	111
Πίνακας 43: Μέγιστος δείκτης περιορισμού επιλεκτικού στοιχείου ελέγχου και ποιότητας νερού.....	112
Πίνακας 44: Στόχοι βασιζόμενοι στην υγεία και στόχοι απομάκρυνσης των ελμίνθων για τα επεξεργασμένα λύματα στη γεωργία.....	118
Πίνακας 45: Πρόγραμμα παρακολούθησης (αριθμός E.coli ανά 100ml επεξεργασμένου λύματος) για τα διάφορα επίπεδα επεξεργασίας που προτείνονται στις επιλογές A-G της Εικόνας 2	119
Πίνακας 46: Σύνοψη των παραγόντων επίδρασης για τον αποκλεισμό των φαρμακευτικά ενεργών ουσιών μέσω διαφορετικών διεργασιών μεμβρανών	147
Πίνακας 47: Ποιοτική πρόβλεψη αποκλεισμού των φαρμακευτικά ενεργών ουσιών	148
Πίνακας 48: Συλλογή δεδομένων του JRC σχετικά με την εμφάνιση επιλεγμένων ουσιών προτεραιότητας στα επεξεργασμένα λύματα. Τα δεδομένα εκφράζονται σε ng/L. Όταν οι τιμές συγκέντρωσης είναι χαμηλότερες από το LoD/LoQ, οι μισές από αυτές τις οριακές τιμές χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς. Ο μέσος όρος, η διάμεσος και το 90ο εκατοστημόριο υπολογίστηκαν μόνο όταν ήταν διαθέσιμες περισσότερες από τρεις συγκεντρώσεις πάνω από το LoD ή το LoQ.	151
Πίνακας 49: Συλλογή δεδομένων του JRC σχετικά με την εμφάνιση επιλεγμένων ουσιών παρακολούθησης στα επεξεργασμένα λύματα. Τα δεδομένα εκφράζονται σε ng/L. Όταν οι τιμές συγκέντρωσης είναι χαμηλότερες από το LoD/LoQ, οι μισές από αυτές τις οριακές τιμές χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς. Ο μέσος όρος, η διάμεσος και το 90ο	

εκατοστημόριο υπολογίστηκαν μόνο όταν ήταν διαθέσιμες περισσότερες από τρεις συγκεντρώσεις πάνω από το LoD ή το LoQ.	152
Πίνακας 50: Σύγκριση μεταξύ MAC-EQS, Ko/w και εκτιμώμενη "ανεκτή" συγκέντρωση σε εκροή. Οι συγκεντρώσεις εκφράζονται σε ng/L.....	154
Πίνακας 51: Λίστα των CECs για την παρακολούθηση της καταλληλότητας των λυμάτων για ανάκτηση νερού μέσω τεχνητού εμπλουτισμού.	156
Πίνακας 52: Προτεινόμενη λίστα των αρχικών CECs για να συμπεριληφθούν στα προγράμματα παρακολούθησης έργων έμμεσης επαναχρησιμοποίησης για πόση μέσω επαναφόρτισης υδροφορέων.	159
Πίνακας 53: Προαιρετική AMR ως κριτήριο ποιότητας ανακτημένου νερού για γεωργική άρδευση συνεχούς παρακολούθησης	161
Πίνακας 54: Προαιρετική AMR ως κριτήριο ποιότητας ανακτημένου νερού για εμπλουτισμό υδροφορέων.....	162

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1: Οπτικοποίηση του εφαρμοζόμενου πλαισίου διαχείρισης κινδύνου σε σύνδεση με τις προτεινόμενες υποχρεωτικές ελάχιστες απαιτήσεις και προληπτικά μέτρα για την επαναχρησιμοποίηση του νερού στη γεωργία.....	84
Εικόνα 2: Παραδείγματα επιλογών για τη μείωση ιικών, βακτηριακών και πρωτοζωικών παθογόνων με διαφορετικούς συνδυασμούς μέτρων προστασίας της υγείας που επιτυγχάνουν το στόχο των μικρότερων από 10^{-6} DALY ανά άτομο ανά έτος.	118
Εικόνα 3: Πηγές εισόδου των EOC's στον κύκλο του νερού	128
Εικόνα 4: Εννοιολογική σχηματοποίηση των πρακτικών τεχνητού εμπλουτισμού που λήφθηκαν υπόψη από την Επιτροπή και σημείο συμμόρφωσης (a. επιφανειακή διάθεση, b. άμεση έγχυση)	158

1. Εισαγωγή

1.1 Στόχοι εργασίας

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό την ανασκόπηση του νομοθετικού πλαισίου που διέπει θέματα τα οποία αφορούν την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων και πιο συγκεκριμένα αυτών που ανακτώνται από τα λύματα οικιακού και βιομηχανικού τύπου. Μέσω της ανασκόπησης αυτής, γίνεται μια προσπάθεια για τον εντοπισμό θεσμοθετημένων ορίων και κριτηρίων ποιότητας του ανακτημένου νερού για τον ελληνικό, τον ευρωπαϊκό και διεθνή χώρο, τόσο σε κρατικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο διεθνών οργανισμών. Παράλληλα, επιχειρείται η αποτύπωση της τρέχουσας κατάστασης, σε σχέση είτε με το νομοθετικό πλαίσιο είτε με το ερευνητικό επίπεδο, για τη διατύπωση ορίων αναφορικά με τους αναδυόμενους ρύπους.

1.2 Διάρθρωση τεύχους

Το τεύχος διαρθρώνεται, μαζί με την παρούσα εισαγωγή (Κεφάλαιο 1), σε επτά (7) κεφάλαια.

Στο **2^ο κεφάλαιο** γίνεται λόγος για την αναγκαιότητα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων και τους προβληματισμούς που προκύπτουν αναφορικά με το θέμα αυτό, καθώς και για τις εναλλακτικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης.

Στο **3^ο κεφάλαιο** παρουσιάζεται το νομοθετικό πλαίσιο ευρωπαϊκών κρατών (Ελλάδα, Κύπρος, Ιταλία, Ισπανία, Γαλλία, Πορτογαλία) στα οποία έχουν θεσπιστεί όρια ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση νερού από αστικά λύματα για συγκεκριμένες χρήσεις, ενώ ταυτόχρονα γίνεται και μια σύντομη αποτύπωση της κατάστασης αναφορικά με την επαναχρησιμοποίηση νερού στις υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στις οποίες δεν υπάρχει το αντίστοιχο νομοθετικό πλαίσιο. Επιπλέον, παρουσιάζεται η πρόοδος της ανάπτυξης του νομοθετικού πλαισίου σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για σκοπούς άρδευσης και εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων.

Στο **4^ο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα πρότυπα και οι κανονισμοί που έχουν θεσπιστεί για την επαναχρησιμοποίηση νερού από αστικά λύματα στην Αυστραλία, στις ΗΠΑ, στην Πολιτεία της Καλιφόρνια και στην Κίνα. Επίσης, περιλαμβάνονται και στοιχεία για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων σε άλλα κράτη από το διεθνή χώρο.

Στο **5^ο κεφάλαιο** παρουσιάζονται οι οδηγίες και τα πρότυπα που προτείνονται για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων από διεθνείς οργανισμούς και πιο συγκεκριμένα από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών, τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, το Διεθνή Οργανισμό Προτύπων (ISO) και τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας.

Στο **6^ο κεφάλαιο** γίνεται λόγος για τις ενώσεις αναδυόμενης ανησυχίας ή τους μικρορυπαντές. Αρχικά γίνεται μια σύντομη εισαγωγή και στη συνέχεια αναφέρονται οι πιθανές πηγές εισόδου τους στο περιβάλλον. Επιπλέον, γίνεται εκτενής περιγραφή των περισσότερο διαδεδομένων μικρορυπαντών, της προέλευσής τους και του κινδύνου που ενέχουν για την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα. Ταυτόχρονα, διερευνάται το κατά πόσο μπορούν να συμπεριληφθούν αριθμητικά όρια για τους μικρορυπαντές στο αναπτυσσόμενο νομοθετικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στο **7^ο κεφάλαιο** αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά τη διεξαγωγή της παρούσας βιβλιογραφικής έρευνας.

2. Επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων

2.1 Αναγκαιότητα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων και προβληματισμοί

Οι αυξανόμενες ελλείψεις νερού και οι προσπάθειες ελέγχου της ρύπανσης των υδάτων σε αρκετές χώρες έχουν καταστήσει τα επεξεργασμένα αστικά και βιομηχανικά λύματα σε ένα κατάλληλο οικονομικό τρόπο για την αύξηση των υπαρχόντων πόρων νερού, ιδιαίτερα εάν συγκριθούν με τις ακριβές εναλλακτικές όπως για παράδειγμα την αφαλάτωση ή την ανάπτυξη νέων έργων υδατικών πόρων όπως τα φράγματα και οι ταμιευτήρες. Επομένως, καθώς οι περιβαλλοντικές πιέσεις αυξάνονται και πολλές κοινότητες σε όλο τον κόσμο προσεγγίζουν ή φθάνουν τα όρια των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού τους, η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων εμφανίζεται ως μια ελκυστική επιλογή για την διατήρηση και την επέκταση των υπαρχόντων πηγών νερού. Με την επαναχρησιμοποίηση νερού είναι δυνατόν να κλείσει ο υδρολογικός κύκλος σε ένα κοντινότερο στις πόλεις σημείο, παράγοντας «καινούργιο νερό» από τα αστικά λύματα και μειώνοντας την απόρριψη των λυμάτων στο περιβάλλον.

Ένα αρκετά σημαντικό και νέο σκεπτικό για την επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι η προσέγγιση «fit-to-purpose», δηλαδή η παραγωγή ανακτημένου νερού τέτοιας ποιότητας η οποία θα πληροί τις ανάγκες των τελικών χρηστών, όπως για παράδειγμα το νερό επαναχρησιμοποίησης για άρδευση να είναι κατάλληλο για την καλλιέργεια εφαρμογής. Έτσι, οι επιδιωκόμενες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης νερού πρέπει να διέπουν το βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων που απαιτείται και, ακολουθώντας προς τα πίσω τη διαδικασία επεξεργασίας, την αξιοπιστία και τη σωστή λειτουργία των εγκαταστάσεων αποκατάστασης των λυμάτων.

Οι προχωρημένες τεχνικές επεξεργασίας λυμάτων ή καθαρισμού του νερού, παρέχουν τη δυνατότητα παραγωγής νερού σχεδόν οποιασδήποτε επιθυμητής ποιότητας. Το σκεπτικό της χρησιμοποίησης ανακτημένου αστικού ή βιομηχανικού νερού παρουσιάζει εγγενή οφέλη που σχετίζονται με την διατήρηση υψηλής ποιότητας υδατικών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος και οικονομικά πλεονεκτήματα. Ωστόσο η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων απαιτεί ένα ολοκληρωμένο και ορθολογικό σχεδιασμό. Κατά συνέπεια προσοχή πρέπει να δοθεί σε τομείς όπως: η ορθολογική διαχείριση των οικονομικών και της ποιότητας του νερού, η δημόσια υγεία, περιβαλλοντικά και οικολογικά θέματα, κοινωνικά-πολιτιστικά θέματα, αποθήκευση του νερού, συνδυασμένη διαχείριση επιφανειακών και υπόγειων νερών, διαμάχη μεταξύ καθημερινής πρακτικής και τελικών αποφάσεων, ευελιξία στην επιτυχή αντιμετώπιση κλιματικών ή άλλων αλλαγών στις προμήθειες νερού, περιφερειακή αντί τοπική αντιμετώπιση λύσεων, η κοινή γνώμη και η αειφορία.

Σημαντικοί προβληματισμοί που αφορούν τη δημόσια υγεία ανακύπτουν από την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για αρδευτικές και υδρευτικές χρήσεις. Υγειονομικά προβλήματα από την επαναχρησιμοποίηση ακατέργαστων ή ανεπαρκώς επεξεργασμένων λυμάτων έχουν κατά καιρούς επισημανθεί και δεν είναι

περίεργο ότι η έμφαση κατά τον καθορισμό κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων δίνεται στην προστασία της δημόσιας υγείας μέσω κατάλληλου ελέγχου των παθογόνων μικροοργανισμών. Μία ορθολογική προσέγγιση του προβλήματος θέσπισης κατάλληλων μικροβιολογικών κριτηρίων είναι αυτή που βασίζεται σε συμπεράσματα επιδημιολογικών ερευνών. Τέτοιες έρευνες δείχνουν ότι ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών λόγω επαναχρησιμοποίησης λυμάτων είναι μικρός και αφορά μόνο τις περιπτώσεις ανεπεξέργαστων λυμάτων ή λυμάτων πολύ κακής ποιότητας. Με βάση επομένως τις επιδημιολογικές έρευνες είναι δυνατό να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η επαναχρησιμοποίηση επαρκώς επεξεργασμένων (π.χ. με βιολογική επεξεργασία και απολύμανση) λυμάτων για άρδευση δεν εγκυμονεί κινδύνους για τη δημόσια υγεία, δεδομένου ότι με την επεξεργασία των λυμάτων επιτυγχάνεται σημαντική μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών. Τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών ερευνών έχουν αντιμετωπισθεί με μεγαλύτερο ή μικρότερο σκεπτικισμό σε όλες τις προσπάθειες που κατά καιρούς έχουν γίνει για τη διαμόρφωση ασφαλών κριτηρίων. Αυτό αιτιολογείται αν ληφθούν υπόψη οι εγγενείς ασάφειες που υφίστανται σε τέτοιου είδους έρευνες καθώς και ο στατιστικός τους χαρακτήρας, ο οποίος δεν αποκλείει την ύπαρξη θεωρητικών τουλάχιστον κινδύνων μετάδοσης ασθενειών. Έτσι σε όλες τις περιπτώσεις θέσπισης κριτηρίων, χωρίς να παραγνωρίζονται τα συμπεράσματα των επιδημιολογικών ερευνών, λαμβάνεται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό πρόνοια για την αποτελεσματική αντιμετώπιση και των θεωρητικών κινδύνων.

Τέλος, είναι ευρύτερα παραδεκτό ότι τα συνήθη ποιοτικά κριτήρια του πόσιμου νερού επαρκούν μόνο στην περίπτωση που η υδροληψία γίνεται από πηγές που δεν έχουν ακόμα υποστεί ρύπανση και όχι από ανακτημένα λύματα. Στην περίπτωση των λυμάτων οι απαιτήσεις είναι μεγαλύτερες και όχι καλά προσδιορισμένες. Έχει εκτιμηθεί ότι μόνο το 10% κατά βάρος των οργανικών ενώσεων του πόσιμου νερού έχουν αναγνωρισθεί, ενώ για λίγα από αυτά έχουν εξακριβωθεί οι επιδράσεις τους στην υγεία. Επίσης σημαντική ασάφεια παρατηρείται στον προσδιορισμό της επίδρασης στη δημόσια υγεία της συνισταμένης δράσης διαφόρων συνθετικών ενώσεων που περιέχονται στα λύματα. Οι έρευνες που είναι σχετικές με τις επιδράσεις στην υγεία κατά την επαναχρησιμοποίηση για πόση είναι εφαρμόσιμες μόνο για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς το μείγμα των ρύπων διαφέρει από πόλη σε πόλη. Ακόμα και για την ίδια πόλη είναι πιθανό τα επικίνδυνα συστατικά των λυμάτων να αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Αυτός ο περιορισμός επιδρά αρνητικά στην προσπάθεια ανάπτυξης πλήρων και συνολικών ποιοτικών κριτηρίων για επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για πόση. (1)

2.2 Εναλλακτικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων

Κατά τον σχεδιασμό και την εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης καθώς και της ανάκτησης των λυμάτων, οι τύποι επαναχρησιμοποίησης καθορίζουν την επεξεργασία των λυμάτων καθώς και το βαθμό της αξιοπιστίας που απαιτείται τόσο για την διαδικασία της επεξεργασίας, όσο και για τη λειτουργία της. Οι τύποι επαναχρησιμοποίησης μπορούν να διακριθούν σε δύο κύριες κατηγορίες.

Μη πόσιμη επαναχρησιμοποίηση

- Γεωργική
- Επαναφόρτιση υπόγειων υδροφορέων
- Βιομηχανική
- Δημιουργία χώρων αναψυχής
- Αστική

Πόσιμη επαναχρησιμοποίηση

- Έμμεση
- Άμεση

Στη συνέχεια αναλύονται οι προαναφερθείσες χρήσεις.

Άρδευση αγροτικών περιοχών

Η άρδευση αποτελεί την πιο μαζική χρήση νερού, ιδιαίτερα σε ξηρές περιοχές. Στις ΗΠΑ η άρδευση αντιπροσωπεύει το 34% με 40% της συνολικής χρήσης νερού, ενώ στο Ισραήλ αποτελεί το 73.1% και στην Ελλάδα το 86%. Επίσης και σε υγρές περιοχές η άρδευση εφαρμόζεται συμπληρωματικά των βροχοπτώσεων. Παγκοσμίως η αγροτική άρδευση αποτελεί το 70% της συνολικής χρήσης νερού και υπερβαίνει κάθε άλλη χρήση κατά τουλάχιστον 1000%. Όταν οι υδατικοί πόροι μιας περιοχής δεν επαρκούν για την ικανοποίηση της ζήτησης (αστικής και γεωργικής), τότε επιλέγεται το διαθέσιμο νερό να χρησιμοποιηθεί δύο φορές: αρχικά για αστική χρήση και μετά να επαναχρησιμοποιηθεί για άρδευση αφού πρώτα υποστεί κάποια επεξεργασία. Έτσι σήμερα λειτουργούν αρκετά συστήματα επαναχρησιμοποίησης που παρέχουν ανακτημένο νερό για αγροτική άρδευση. Στις αναπτυσσόμενες χώρες η εφαρμογή λυμάτων στο έδαφος αποτελούσε και συνεχίζει να αποτελεί τον κύριο τρόπο διάθεσης των αστικών λυμάτων και ικανοποίησης των αρδευτικών αναγκών.

Όμως, απαιτείται διαχωρισμός περιορισμένης και απεριόριστης άρδευσης βάσει των αρδευόμενων καλλιεργειών και του τρόπου εφαρμογής του νερού, έτσι ώστε να εξαιρεθούν οι κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία. Η περιορισμένη άρδευση αφορά σε καλλιέργειες όπως δάση, εκτάσεις όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δέντρα, καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωση τους τουλάχιστον. Ως προς τους τρόπους εφαρμογής του νερού, η μέθοδος καταιονισμού δεν επιτρέπεται. Η ελάχιστη επεξεργασία λυμάτων που απαιτείται για την περιορισμένη άρδευση είναι η δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία. Σε περιπτώσεις μεγάλων χρονικών διαστημάτων αποθήκευσης των λυμάτων, σε επιφανειακούς ταμιευτήρες, απαιτείται προχωρημένη επεξεργασία για την απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου.

Η απεριόριστη άρδευση αφορά όλα τα άλλα είδη καλλιεργειών, όπως λαχανικά, αμπέλια και γενικά καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά. Κατά

την απεριόριστη άρδευση επιτρέπονται διάφορες μέθοδοι εφαρμογής του νερού, συμπεριλαμβανομένου και του καταιονισμού. Η ελάχιστη επεξεργασία λυμάτων που απαιτείται για απεριόριστη άρδευση είναι η δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία, που ακολουθείται από τριτοβάθμια και απολύμανση. Οι απαιτήσεις ως προς την απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου, είναι κοινές με τις αντίστοιχες στην περίπτωση της περιορισμένης άρδευσης.

Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων που δε χρησιμοποιούνται για ύδρευση

Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων μετά τον εμπλουτισμό του υδροφορέα με λύματα θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον ισοδύναμη με την ποιότητα που απαιτείται για απεριόριστη αρδευτική ή αστική χρήση. Ωστόσο, με δεδομένη την αβεβαιότητα ως προς μελλοντικές πιθανές χρήσεις του υδροφορέα, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή συσσώρευσης οργανικών στα υπόγεια ύδατα. Επομένως, απαιτείται επαρκής βαθμός επεξεργασίας, εκτός από δευτεροβάθμια βιολογική και τριτοβάθμια επεξεργασία, προχωρημένες μεθόδους κατάλληλες για την απομάκρυνση διαλυτού οργανικού φορτίου. Ανεξάρτητα όμως από τον ελάχιστο βαθμό επεξεργασίας είναι απαραίτητη η εκτέλεση ειδικών υδρογεωλογικών μελετών, που θα αναφέρονται στην εκάστοτε περιοχή, ώστε να είναι δυνατή, η με ασφάλεια αποφυγή διείσδυσης λυμάτων σε υπόγειους υδροφορείς που χρησιμοποιούνται για απόληψη πόσιμου νερού.

Ο τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα μπορεί να έχει τους εξής σκοπούς :

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

Υπάρχουν δύο μέθοδοι εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων :

- Η επιφανειακή διάχυση ή διήθηση (χρησιμοποιούνται λάκκοι, ορύγματα, τάφροι, τροποποιημένες κοίτες υδατορεύματος, φράγματα ανάσχεσης της χειμαρρικής ροής, πλημμυριζόμενες κοίτες και λεκάνες) και
- Η άμεση έκχυση των λυμάτων (χρησιμοποιούνται γεωτρήσεις και πηγάδια)

Ανακύκλωση στη βιομηχανία

Η βιομηχανία αποτελεί σημαντικό χρήστη των ανακτημένων αστικών λυμάτων. Τα αστικά λύματα είναι κατάλληλα για πολλές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν νερό το οποίο δε χρειάζεται να έχει την ποιότητα του πόσιμου. Η κατανάλωση φυσικού νερού είναι ακόμα υψηλή, αφού αποτελεί το 94% της συνολικής κατανάλωσης νερού για ενεργειακή παραγωγή. Οι κύριες βιομηχανικές χρήσεις των αστικών λυμάτων είναι :

- α) το νερό ψύξης
- β) το νερό τροφοδοσίας λεβήτων και
- γ) το νερό κατεργασίας ή βιομηχανικό νερό.

Η κυρίαρχη όμως χρήση που παρουσιάζει την μεγαλύτερη ζήτηση είναι το νερό ψύξης.

Αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής

Η χρήση ανακτημένων λυμάτων για αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής περιλαμβάνει :

- 1) την δημιουργία τεχνητών υδροβιότοπων ή την διατήρηση φυσικών,
- 2) την δημιουργία χώρων αναψυχής,
- 3) την αύξηση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων και
- 4) διάφορες άλλες χρήσεις.

Σκοπός τους είναι η δημιουργία ενός περιβάλλοντος στο οποίο θα μπορεί να αναπτυχθεί η ζωή στο φυσικό περιβάλλον και η ανάπτυξη μιας περιοχής με αυξημένη αισθητική αξία.

Αστική χρήση

Τα συστήματα αστικής επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων παρέχουν ανακτημένο νερό για οποιαδήποτε χρήση εκτός της πόσης σε αστικές περιοχές. Αν και οι ποσότητες ανακτημένων υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται σήμερα για αστική χρήση παγκοσμίως είναι πολύ περιορισμένες και προβλέπεται ότι θα παραμείνουν σε χαμηλά επίπεδα και στο προσεχές μέλλον, οι τεχνολογικές επιτεύξεις στον τομέα αυτό έχουν μεγάλο επιστημονικό και κοινωνικό ενδιαφέρον. Μερικές μικρές κοινότητες λόγω της δυσκολίας ανάπτυξης άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων, αναπτύσσουν και υλοποιούν μελέτες για τέτοια συστήματα. Μερικές από τις αστικές χρήσεις είναι οι ακόλουθες :

- Πότισμα δημόσιων πάρκων και κέντρων αναψυχής, αθλητικών γηπέδων, σχολικών αυλών, γηπέδων παιχνιδιού, νησίδων και κρασπέδων αυτοκινητοδρόμων, νεκροταφείων και κήπων που περιβάλλουν δημόσια κτίρια και εγκαταστάσεις
- Πότισμα κήπων μονοκατοικιών και πολυκατοικιών, γενικό πλύσιμο και άλλες εργασίες συντήρησης
- Πότισμα κήπων που περιβάλλουν εμπορικά κέντρα, γραφεία και βιομηχανικά κτίρια
- Πότισμα γηπέδων γκολφ
- Εμπορικές χρήσεις, όπως οι εγκαταστάσεις πλυσίματος οχημάτων, το πλύσιμο παραθύρων, το νερό ανάμιξης για ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα και υγρά λιπάσματα.
- Διακόσμηση κήπων με διακοσμητικά σιντριβάνια, πισίνες και καταρράκτες
- Έλεγχο σκόνης και παραγωγή σκυροδέματος σε δομικά έργα
- Πυροπροστασία
- Καθαρισμό τουαλετών σε εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια

Επαναχρησιμοποίηση για σκοπούς ύδρευσης

Η εφαρμογή των έργων επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για άμεση ή έμμεση (μέσω εμπλουτισμού υδροφορέων που εξυπηρετούν ανάγκες ύδρευσης) ύδρευση είναι πολύ περιορισμένη και συμβαίνει μόνο σε κάποιες κοινότητες όπου δεν είναι δυνατή ή είναι ιδιαίτερα δύσκολη η αξιοποίηση άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων. Γενικά υπήρξε και εξακολουθεί να υπάρχει ακόμα και σήμερα σοβαρός προβληματισμός ως προς την άμεση ή έμμεση επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για πόση. Ο κύριος προβληματισμός στα έργα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για υδρευτικούς σκοπούς, αφορά πιθανές χρόνιες επιδράσεις στην υγεία από πιθανή αντίδραση και ανάμειξη ανόργανων και οργανικών συστατικών που παραμένουν στην ανακτώμενη εκροή ακόμα και υπό συνθήκες πολύ προχωρημένης επεξεργασίας. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο καθορισμός καθολικών ορίων επαναχρησιμοποίησης για ύδρευση είναι ένα πολύ δύσκολο εγχείρημα, καθώς τα χαρακτηριστικά των λυμάτων ακόμα και της ίδιας προέλευσης παρουσιάζουν πολύ μεγάλη δυναμική και η σύστασή τους μπορεί να μεταβάλλεται χρονικά. (1)

3. Ανασκόπηση θεσμικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων σε ευρωπαϊκά κράτη

Στην ενότητα που ακολουθεί γίνεται αποτύπωση της κατάστασης επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων στα διάφορα κράτη της ευρωπαϊκής ένωσης και επιπλέον αναπτύσσονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των νομοθετικών πλαισίων που διέπουν την πρακτική αυτή, σε περίπτωση που έχουν θεσπιστεί στο εθνικό επίπεδο των αντίστοιχων κρατών.

3.1 Οδηγία της Ελλάδας

Το θεσμικό πλαίσιο που καθορίζει την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι η ΚΥΑ 145116/2011 και η τροποποίησή της με την ΚΥΑ 191002/2013.

Στην ΚΥΑ αυτή συμπεριλαμβάνονται τα επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα καθώς και τα βιομηχανικά απόβλητα. Υπάρχουν 7 πιθανές κατηγορίες χρήσης :

- Γεωργική χρήση: περιορισμένη άρδευση
- Γεωργική χρήση: απεριόριστη άρδευση
- Αστική χρήση (εφαρμογές άρδευσης τοπίου και μη άρδευσης)
- Εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων- διήθηση – επιφανειακή διάθεση (μη πόσιμη χρήση)
- Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων - φρεάτια έγχυσης (μη πόσιμη χρήση)
- Βιομηχανική χρήση (αποκλειστικά για νερό ψύξης-μιας χρήσης)
- Βιομηχανική χρήση (ανακύκλωση νερού ψύξης, χρήση σε λέβητες, νερό διεργασιών)

Για κάθε μια κατηγορία, από τις προαναφερόμενες, καθορίζεται ο ελάχιστος βαθμός επεξεργασίας καθώς και ορίζονται σαφώς, αριθμητικές τιμές-όρια για διάφορες παραμέτρους, που ορίζονται για κάθε κατηγορία ξεχωριστά. Επιπλέον, καθορίζεται η ελάχιστη απαιτούμενη συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυσης. Οι οριακές αυτές τιμές καταγράφονται στους Πίνακες 1, 2 και 3. Σε κάθε περίπτωση η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων απαιτεί άδεια βάσει του παρόντος κανονισμού.

Αναλυτικότερα, οι παράμετροι που εξετάζονται είναι οι εξής :

- 4 μικροβιολογικές παράμετροι
- 19 χημικές παράμετροι (μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων), οι οποίες καταγράφονται στον Πίνακα 4.
- 14 άλλες παραμέτρους (αγρονομικά χαρακτηριστικά για την άρδευση), οι οποίες καταγράφονται στον Πίνακα 5.
- 43 άλλες παράμετροι (ουσίες προτεραιότητας και τοξικότητας), οι οποίες καταγράφονται στον Πίνακα 6. (2)

Σύμφωνα με τους Angelakis et al. (2003), στην Ελλάδα η ζήτηση ύδατος έχει αυξηθεί τρομακτικά τα τελευταία 50 χρόνια. Παρά την επαρκή βροχόπτωση, συχνά

παρατηρείται ανισορροπία του νερού, λόγω χρονικών και περιφερειακών διακυμάνσεων των βροχοπτώσεων, αυξημένης ζήτησης νερού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και δυσκολία μεταφοράς νερού λόγω του ορεινού εδάφους. Επιπλέον, σε πολλές νοτιοανατολικές και νησιωτικές περιοχές υπάρχει έντονη πίεση για ζήτηση νερού, η οποία εντείνεται ιδιαίτερα λόγω υψηλής ζήτησης νερού για τον τουρισμό αλλά και την άρδευση (3). Το 2009, υπολογίστηκε ότι πάνω από το 75% του ελληνικού πληθυσμού συνδέθηκε με εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων συνολικής χωρητικότητας πάνω από 1,50 Mm³ / ημέρα. Μια ανάλυση δεδομένων σχετικά με το ισοζύγιο του νερού των περιοχών των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων έδειξε ότι περισσότερο από το 83% των επεξεργασμένων λυμάτων παράγονται σε περιοχές με ανεπαρκές υδατικό ισοζύγιο (4). Ως εκ τούτου, η επαναχρησιμοποίηση νερού σε αυτές τις περιοχές θα ικανοποιούσε την υπάρχουσα ζήτηση σε νερό. Περισσότερο από το 88% των αποβλήτων από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων απορρίπτονται σε λιγότερο από 5χμ από την διαθέσιμη γεωργική γη, συνεπώς το πρόσθετο κόστος για την άρδευση με επεξεργασμένα αστικά λύματα θα ήταν χαμηλό (5).

Στην Ελλάδα, έχουν υλοποιηθεί μόνο μερικά έργα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων, τα περισσότερα από τα οποία είναι πιλοτικά έργα αρδευτικών καλλιεργειών ή βελτίωσης του τοπίου. Τα σημαντικότερα έργα που εφαρμόζονται σήμερα είναι της Θεσσαλονίκης, της Χαλκίδας, των Μαλίων, της Λιβαδειάς, της Άμφισσας, της Καλλικράτειας και της Χερσονήσου. Λίγα άλλα έργα βρίσκονται σε φάση σχεδιασμού, όπως στο Ηράκλειο, στον Άγιο Νικόλαο και σε πολλά νησιά. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις έμμεσης επαναχρησιμοποίησης, ειδικά στην κεντρική Ελλάδα. Ωστόσο, το δυναμικό επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα είναι περιορισμένο, δεδομένου ότι τα λύματα από τις ΕΕΛ της Αθήνας, που εξυπηρετούν περίπου το 35% του πληθυσμού της χώρας, είναι πιθανότατα μη οικονομικά εφικτό λόγω της θέσης της εγκατάστασης (το μικρό νησί της Ψυτάλλειας). Η πιθανή μεταφορά 20.000 m³ / ημέρα επεξεργασμένων λυμάτων από το νησί πίσω στις αστικές περιοχές για άρδευση τοπίου και βιομηχανική χρήση, με εκτιμώμενο κόστος 0,40 ευρώ / m³, αποδείχθηκε ότι δεν είναι οικονομικά αποδοτικό, τουλάχιστον προς το παρόν (6).

Οι Tsagarakis et al. (2001) (7) εκτιμούν ότι με την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων των υφιστάμενων ΕΕΛ, προκειμένου να αυξηθεί η διαθεσιμότητα του νερού για την άρδευση των καλλιεργειών και διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος, θα εξοικονομούνταν το 3,2% του συνολικού νερού που χρησιμοποιείται σήμερα για την άρδευση. Αυτό το ποσοστό θα μπορούσε στην πραγματικότητα να ανέβει έως και το 4,5% (8). Ωστόσο, η έλλειψη ενός πλάνου ανακύκλωσης και οι πολύπλοκες διαδικασίες έγκρισης έχουν εμποδίσει την ανάπτυξη καλά οργανωμένων σχεδίων ανακύκλωσης του νερού. Ωστόσο, τα τελευταία λίγα χρόνια, προέκυψε η ανησυχία για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων και πολλά έργα ανακύκλωσης υλοποιούνται ή σχεδιάζονται στην Ελλάδα, κυρίως για καλλιέργειες ή άρδευση του τοπίου.

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος, η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων στην Ελλάδα δεν είναι ακόμη κοινή πρακτική το 2014. Μόνο μικρής κλίμακας σχέδια αξιολόγησης και μελέτες σκοπιμότητας έχουν αναπτυχθεί. Οι λόγοι είναι οι εξής:

1. Τα αστικά λύματα και οι λυματολάσπες από τους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων μπορούν να διατεθούν εύκολα, ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές χωρίς να δημιουργούν ανησυχίες για τα εργοστάσια επεξεργασίας και τους φορείς εκμετάλλευσής τους.
2. Με εξαίρεση τα νησιά, τα περισσότερα από τα οποία υποφέρουν από έλλειψη νερού, οι περισσότερες από τις ελληνικές περιοχές διαθέτουν επαρκείς υδάτινους πόρους, με υψηλότερη ποιότητα και επίπεδο ασφάλειας από ότι το επεξεργασμένο νερό.
3. Υπάρχει μια γενική δημόσια αντίθεση εναντίον της χρήσης του ανακυκλωμένου νερού για τη γεωργική άρδευση.

Η μόνη εφαρμογή μεγάλης κλίμακας είναι στη Βόρεια Ελλάδα, όπου η ΕΥΑΘ, η δεύτερη μεγαλύτερη εταιρία νερού στην Ελλάδα, που εξυπηρετεί πάνω από ένα εκατομμύριο ανθρώπους, κατάφερε να προωθήσει την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Τα τελευταία 6 χρόνια και μόνο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, τα επεξεργασμένα λύματα από την ΕΕΛ της Θεσσαλονίκης αναμειγνύονται με νερό από ποτάμια και χρησιμοποιούνται για άρδευση των κοντινών αγροτικών περιοχών. Η συνολική παροχή που πηγαίνει για άρδευση μπορεί να φτάσει 165.000 m³ / ημέρα.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του έργου είναι ότι η άρδευση είναι δωρεάν για τους αγρότες. Μέρος των λυμάτων επεξεργάζεται περαιτέρω με διήθηση και αντίστροφη όσμωση και χρησιμοποιείται για την επαναφόρτιση υπογείων υδάτων. Αυτό το νερό μεταφέρεται στο σημείο επαναφόρτωσης μέσω αγωγού 3χμ. Σε συγκεκριμένες μετεωρολογικές και θαλάσσιες συνθήκες, υπάρχει εισχώρηση θαλάσσιου νερού στο δίκτυο λυμάτων. Πρόκειται για ένα κοινό πρόβλημα στις μεσογειακές παράκτιες περιοχές, γεγονός που καθιστά το επεξεργασμένο νερό ακατάλληλο για χρήση λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε αλάτι (2) .

Στους πίνακες που ακολουθούν καθορίζονται τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια και περιορισμοί για τις διάφορες εφαρμογές της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, όπως αυτές ορίζονται στο σχετικό ΦΕΚ: Αρ. Φύλου 354, 8 Μαρτίου 2011.

Πίνακας 1: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για περιορισμένη άρδευση, βιομηχανική χρήση νερού ψύξης μιας χρήσης και εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, που δεν χρησιμοποιείται για πόση και με διήθηση διαμέσου κατάλληλου εδαφικού στρώματος

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p>Περιορισμένη άρδευση Περιοχές όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δένδρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους. Άρδευση με καταιονισμό δεν θα εφαρμόζεται</p> <p>Βιομηχανική χρήση Νερό ψύξης μιας χρήσης</p> <p>Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007, (με την επιφύλαξη των παραγράφων 4 και 5 του άρθρου 5 της παρούσας), με διήθηση διαμέσου εδαφικού στρώματος με επαρκές πάχος και κατάλληλα χαρακτηριστικά ⁽⁶⁾</p>	≤ 200 διάμεση τιμή	Σύμφω να με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/4 00/199 7	Σύμφων α με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/40 0/1997	-	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ^{(α), (β)} Απολύμανση ^(γ)	<p>BOD₅ SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>EC: μια ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Σημειώσεις Πίνακα 1

α) Οι προτεινόμενες μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν διάφορους τύπους του συστήματος ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα και περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Άλλα συστήματα που παράγουν εκροή με ισοδύναμη ποιότητα (BOD5/SS σε συμφωνία με τις απαιτήσεις της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97) είναι αποδεκτά κατόπιν επαρκούς τεκμηρίωσης. Οι συγκεντρώσεις αζώτου στην εκροή πρέπει να διατηρούνται χαμηλότερα από 45 mg/l, με εξαίρεση τις περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλης διάρκειας αποθήκευση των υγρών αποβλήτων σε ταμειυτήρες, γίνεται άρδευση ευπρόσβλητων στη νιτρορρύπανση ζωνών ή γίνεται εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα. Στις περιπτώσεις αυτές οι μέσες συγκεντρώσεις αζώτου πρέπει να μην υπερβαίνουν τα 15 mg/l.

β) Στην περίπτωση κοινοτικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων οικισμών με πληθυσμό μικρότερο από 2000 ισοδύναμους κατοίκους και οικιακών ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας επιτρέπονται οι τύποι επαναχρησιμοποίησης του Πίνακα 1 μετά από εφαρμογή μεθόδων επεξεργασίας, που δεν επιτυγχάνουν για τα BOD5/SS τα όρια της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97, με την προϋπόθεση ότι τεκμηριωμένα εξασφαλίζεται η μη επαφή κοινού και γεωργών με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Στις περιπτώσεις των κοινοτικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας ως μέγιστη διάμεση τιμή *Escherichia coli* τίθενται τα 1000 EC/ 100ml.

γ) Χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδοι καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, που εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη διάμεση συγκέντρωση *Escherichia coli*. Σε κάθε περίπτωση και στο βαθμό που η επεξεργασία συνίσταται στην ελάχιστη απαιτούμενη κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται γινόμενο υπολειμματικού χλωρίου επί χρόνο επαφής (C·t) μεγαλύτερο ή ίσο από 30 mg·min/l, εμβολοειδής ροή (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ελάχιστος χρόνος επαφής 30 min, ενώ για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 70 mWsec/cm² στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 50%. Θα πρέπει με κατάλληλη μελέτη, που συμπεριλαμβάνεται στη μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής να τεκμηριώνεται η επάρκεια, η αποτελεσματικότητα και κυρίως, η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.

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

Πίνακας 2: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση πλυν νερού ψύξης μιας χρήσης

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p>Απεριόριστη άρδευση Όλες οι καλλιέργειες όπως οπωροφόρα δένδρα, λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμοκήπια. Η απεριόριστη άρδευση επιτρέπει την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων εφαρμογής της άρδευσης συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.</p> <p>Βιομηχανική χρήση πλυν νερού ψύξης μιας χρήσης επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών κλπ^(α)</p>	<p>≤ 5 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 50 για το 95 % των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία^(ε) ακολουθούμενη από Τριτοβάθμια επεξεργασία^(στ) και Απολύμανση^(ζ)</p>	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό κατοίκους μεγαλύτερο από 50000</p> <p>EC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Κατ εξαίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής μία ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl₂ συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Σημειώσεις Πίνακα 2

ε) Όπως η σημείωση (α) του Πίνακα 1. Στην περίπτωση άρδευσης σε περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητες λόγω νιτρορύπανσης απαιτείται απομάκρυνση αζώτου μέσω νιτροποίησης – απονιτροποίησης, ώστε οι συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου και ολικού αζώτου να είναι μικρότερες από 2 mg/l και 15 mg/l αντίστοιχα.

στ) Κατάλληλο σύστημα που να επιτυγχάνει τα αναφερόμενα στον Πίνακα 2 όρια για το BOD5, τα SS και τη θολότητα. Ενδεικτικά, κατ' ελάχιστον προσθήκη κατάλληλου κροκιδωτικού (π.χ.θεικού αργιλίου) σε δόση μεγαλύτερη από 10 mg/l και απευθείας διύλιση σε διυλιστήριο άμμου με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: βάθος διυλιστικού μέσου (L) ≥ 1,40 m, ενεργή διάμετρο κόκκων άμμου (De) ≈ 1 mm, συντελεστή ομοιομορφίας κόκκων άμμου (u) 1,45–1,60 και επιφανειακή φόρτιση ≤ 8 m³/m²/hr για κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

ζ) Χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδος καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, που εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη συγκέντρωση *Escherichia coli* για το 80% των δειγμάτων. Σε κάθε περίπτωση κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου ≥ 2 mg/l, εμβολοειδής ροή (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ελάχιστος χρόνος επαφής 60 min, ενώ η αναγκαιότητα αποχλωρίωσης πριν από την επαναχρησιμοποίηση θα εξετάζεται κατά περίπτωση. Για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 60 mWsec/cm² στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 70%. Θα πρέπει με κατάλληλη μελέτη, που συμπεριλαμβάνεται στη μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής να τεκμηριώνεται η επάρκεια, η αποτελεσματικότητα και κυρίως, η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.

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

Πίνακας 3: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαστική χρήση και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με γεωτρήσεις

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Ολικά κολοβακτηριδία (TC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p>Αστική χρήση Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητόδρομων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, κατάσβεση πυρκαϊών, συμπίκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρομίων, διακοσμητικά σιντριβάνια Πότισμα με καταιονισμό απαγορεύεται.</p> <p>Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 (ΦΕΚ54Α/8-3-2007), με γεωτρήσεις</p> <p>Περιαστικό πράσινο συμπεριλαμβανομένων των αλσών και δασών^(Α)</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων και</p> <p>≤ 20 για το 95% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία^(θ)</p> <p>ακολουθούμενη από Προχωρημένη επεξεργασία^(ι) και Απολύμανση^(κ)</p>	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>TC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους επτά ανά εβδομάδα και τρεις ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>Κατ εξάρτηση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής δύο ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl₂ συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Σημειώσεις Πίνακα 3

θ) Όπως η σημείωση (α) του Πίνακα 1 με την πρόσθετη απαίτηση να επιτυγχάνεται απομάκρυνση αζώτου μέσω νιτροποίησης – απονιτροποίησης, ώστε οι συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου και ολικού αζώτου να είναι μικρότερες από 2 mg/l και 15 mg/l αντίστοιχα.

ι) Κατάλληλο σύστημα μεμβρανών (συνιστάται τουλάχιστον υπερδιήθηση) ή ισοδύναμο σύστημα επεξεργασίας που να επιτυγχάνει τα αναφερόμενα στον Πίνακα 3 όρια για το BOD₅, τα SS και τη θολότητα. Στην περίπτωση χρήσης βιολογικών αντιδραστήρων μεμβράνης (membrane bioreactors) είναι δυνατή η συγχώνευση της δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας.

κ) Χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδος καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, που εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη συγκέντρωση ολικών κολοβακτηριδίων για το 80% των δειγμάτων. Σε κάθε περίπτωση κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου ≥ 2 mg/l, εμβολοειδής ροή (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ελάχιστος χρόνος επαφής 60 min, ενώ η αναγκαιότητα αποχλωρίωσης πριν από την επαναχρησιμοποίηση θα εξετάζεται κατά περίπτωση. Για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 60 mWsec/cm² στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 70%. Θα πρέπει με κατάλληλη μελέτη, που συμπεριλαμβάνεται στη μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής να τεκμηριώνεται η επάρκεια, η αποτελεσματικότητα και κυρίως, η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.

λ) Στις περιπτώσεις δασών είναι δυνατή η κατά περίπτωση, μετά από τεκμηρίωση, εφαρμογή των απαιτήσεων του Πίνακα 2 ή του Πίνακα 1.

Πίνακας 4: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων

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

Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων για τις παραμέτρους του Πίνακα 4 καθορίζεται σε:

12 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 200,000 κατοίκους και υγρά βιομηχανικά απόβλητα από βιομηχανικές δραστηριότητες που δεν εμπίπτουν στις κατηγορίες (ανεξαρτήτως μεγέθους δραστηριότητας) της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97).

4 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 50,000–200,000 κατοίκων

2 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 10,000–50,000 κατοίκων και υγρά βιομηχανικά απόβλητα από βιομηχανικές δραστηριότητες που εμπίπτουν στις κατηγορίες (ανεξαρτήτως μεγέθους δραστηριότητας) της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97).

1 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2,000–10,000 κατοίκων

Για εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο των 2,000 και οικιακά ιδιωτικά συστήματα επεξεργασίας δεν απαιτείται έλεγχος για τη διαπίστωση τήρησης των ορίων του Πίνακα 4.

Πίνακας 5: Επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μονάδες	Βαθμός περιορισμών κατά την εφαρμογή		
		Μηδαμινός	Μικρός-Μέτριος	Μεγάλος
Αλατότητα (Επηρεάζει την διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος)				
EC _w ⁽¹⁾	dS/m	< 0.7	0.7 -3.0	> 3.0
Ή				
TDS (ολικά διαλυμένα)	mg/l	< 450	450 -2000	> 2000
Διαπερατότητα				
SAR ⁽²⁾ = 0 - 3 και EC _w =		> 0.7	0.7 -0.2	< 0.2
3 - 6		> 1.2	1.2 -0.3	< 0.3
6 -12		> 1.9	1.9 -0.5	< 0.5
12-20		> 2.9	2.9 -1.3	< 1.3
20-40		> 5.0	5.0 -2.9	< 2.9
Ειδική τοξικότητα ιόντων				
Νάτριο (Na)				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	SAR	< 3	3 -9	> 9
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/l	≤70	> 70	
Χλωριόντα (Cl)				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	mg/l	< 140	140 -350	> 350
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/l	≤ 100	> 100	
Άλλες επιπτώσεις				
Άζωτο (NO ₃ -N) ⁽³⁾	mg/l	< 5	5 -30	> 30
HCO ₃ (μόνο για άρδευση για καταιονισμό)	mg/l	< 90	90-500	> 500
pH	Τυπικό διάστημα 6.5-8.5			

1: EC_w ηλεκτρική αγωγιμότητα σε deciSiemens ανα μέτρο στους 25°C

2: SAR βαθμός απορρόφησης νατρίου

3: NO₃-N νιτρικό άζωτο σε όρους αζώτου

Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων για τις παραμέτρους του Πίνακα 5 καθορίζεται σε 2 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 10,000 κατοίκους και σε 1 ανά έτος για τις υπόλοιπες περιπτώσεις.

Επισημαίνεται ότι τα όρια του Πίνακα 5 είναι ενδεικτικά και επιθυμητά χωρίς να είναι επιτακτικά και η ισχύς τους θα καθορίζεται κατά περίπτωση σε συνάρτηση με την ενδεχόμενη ανάμιξη των ανακτημένων υγρών αποβλήτων με καθαρά νερά, το είδος της καλλιέργειας, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τις κλιματικές συνθήκες, τον εξοπλισμό άρδευσης και άλλα στοιχεία της μελέτης άρδευσης.

Πίνακας 6: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα

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

Παράμετρος	CAS	Μέγιστη συγκέντρωση (µg/l)
Οκτυλοφαινόλη [(4-(1,1', 3,3'-τετραμεθυλβουτυλική)-φαινόλη)]	140-66-9	1
Πενταχλωροβενζόλιο	608-93-5	0,1
Πενταχλωροφαινόλη	87-86-5	1
Βενζο(α)πυρένιο	50-32-8	0,1
Βενζο(β)φλουορανθένιο	205-99-2	Αθροιστικά=0,03
Βενζο(κ)φλουορανθένιο	207-08-9	
Βενζο(ζ,η,θ)-περιλένιο	191-24-2	Αθροιστικά=0,02
Ινδενο(1,2,3-γδ)πυρένιο	193-39-5	
Σιμαζίνη	122-34-9	1
Τετραχλωροαιθυλένιο	127-18-4	10
Τριχλωροαιθυλένιο	79-01-6	10
Ενώσεις τριβουτυλίνης (κατιόν)	36643-28-4	0,003
Τριχλωροβενζόλια (όλα ισομερή)	12002-48-1	0,4
Τριχλωρομεθάνιο	67-66-3	2,5
Τριφθοραλίνη	1582-09-8	0,03
Οξεία τοξικότητα στον οργανισμό δείκτη <i>Daphnia Magna</i> (πρίν από την απολύμανση)		1 Μονάδα Τοξικότητας (TU 50 ≤1

MA= Μη αιχνεύσιμο

Τα όρια του Πίνακα 6 ισχύουν μόνο για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 100,000 κατοίκους και για όλες τις περιπτώσεις υγρών βιομηχανικών αποβλήτων από βιομηχανίες που δεν περιλαμβάνονται στις κατηγορίες (ανεξαρτήτως μεγέθους βιομηχανικής δραστηριότητας) που αναφέρονται στην ΚΥΑ 5673/400/5.3.97

Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων για τις παραμέτρους του Πίνακα 6 καθορίζεται σε 2 ανά Έτος.

3.2 Οδηγία της Ιταλίας

Το νομοθετικό πλαίσιο σε ισχύ για την Ιταλία σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι το «Decree of Environmental Ministry 185/2003» και αφορά στην επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών λυμάτων.

Το επαναχρησιμοποιημένο νερό σύμφωνα με το αντίστοιχο διάταγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τρεις κατηγορίες :

- Γεωργία
- Μη πόσιμες αστικές χρήσεις
- Βιομηχανικές χρήσεις

Και για τις τρεις παραπάνω χρήσεις έχουν θεσπιστεί κοινές οριακές τιμές, οι οποίες σχετίζονται με τις μικροβιολογικές και φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού, οι οποίες στο σύνολο τους είναι 55 παράμετροι, ενώ οι οριακές τιμές τους καταγράφονται στον Πίνακα 7. Για παραμέτρους όπως το pH, το αμμωνιακό άζωτο, την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, το αλουμίνιο, τον σίδηρο, το μαγγάνιο, τις συγκεντρώσεις χλωριδίων και θεικών, οι τοπικές αρχές μπορούν να καθορίσουν οριακές τιμές διαφορετικές από αυτές που αναφέρονται στο διάταγμα (μετά από την αντίστοιχη επικύρωση του υπουργείου περιβάλλοντος και των αρμόδιων αρχών προστασίας των φυσικών πόρων). Για παράδειγμα :

- Στις περιοχές Emilia Romagna και Puglia: τα μικροβιολογικά πρότυπα είναι παρόμοια με εκείνα της οδηγίας 22 της Καλιφόρνια.
- Στη Σικελία, τα μικροβιολογικά πρότυπα είναι παρόμοια με εκείνα των κατευθυντήριων γραμμών του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας.

Υπεύθυνος για την παρακολούθηση των χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων, των περιβαλλοντικών και αγρονομικών επιπτώσεων καθώς και των επιπτώσεων στο έδαφος είναι ο ιδιοκτήτης του δικτύου διανομής, ο οποίος οφείλει να διαβιβάζει τα αποτελέσματα παρακολούθησης στις τοπικές αρχές κάθε χρόνο. Θα πρέπει ο διαχειριστής της ΕΕΛ να εφαρμόζει σχέδιο ελέγχου και παρακολούθησης στο σημείο απόρριψης, το οποίο θα πρέπει να προτείνεται από τον υπεύθυνο της ΕΕΛ και να συμφωνείται με την αρμόδια αρχή. Σε κάθε περίπτωση, στην βάση αυτού του κανονισμού, απαιτείται ειδική άδεια για την διάθεση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση.

Επιπλέον, το δίκτυο διανομής επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, θα πρέπει να διαχωρίζεται από το δίκτυο διανομής του πόσιμου νερού και να κατασκευαστεί έτσι ώστε να αποφεύγεται η διασταυρούμενη μόλυνση. Τέλος, τα σημεία παροχής ανακυκλωμένου νερού πρέπει να σημειώνονται και να διακρίνονται σαφώς από αυτά του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Από το υπουργείο Περιβάλλοντος, αναφέρονται πολλές ΕΕΛ κατάλληλες για επαναχρησιμοποίηση, στην περιοχή της Τοσκάνης, της Βενετίας, της Emilia Romagna και της Σαρδηνίας (2).

Από μια έρευνα των ιταλικών μονάδων επεξεργασίας εκτιμήθηκε η συνολική ροή επεξεργασμένων λυμάτων στα 2.400 Mm³ / έτος χρησιμοποιημένου νερού. Ενόψει της ρυθμιστικής υποχρέωσης για επίτευξη υψηλού επιπέδου επεξεργασίας, οι μεσαίες έως μεγάλες εγκαταστάσεις (> 100.000 εξυπηρετούμενοι κάτοικοι), αντιπροσωπεύοντας περίπου το 60% της παροχής των αστικών λυμάτων, μπορούν να παρέχουν επαναχρησιμοποιούμενα λύματα με ευνοϊκή αναλογία κόστους / οφέλους.

Τα επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται κυρίως για γεωργική άρδευση που καλύπτει πάνω από 4.000 εκτάρια. Ωστόσο, η ελεγχόμενη επαναχρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων στη γεωργία δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα στις περισσότερες ιταλικές περιοχές και έχει μειωθεί λόγω της χαμηλής ποιότητας του νερού.

Το συνολικό κόστος (κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση) για την αποκατάσταση, εκτός από το κόστος για τη διανομή του ανακυκλωμένου νερού και την παρακολούθηση του συνόλου του συστήματος επαναχρησιμοποίησης, θα είναι δύσκολο να επιτευχθεί και θα είναι πιθανώς ανεκτό μόνο για μεγάλες ΕΕΛ, μειώνοντας έτσι το όφελος της επαναχρησιμοποίησης του νερού και παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη πρακτικών επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για τις μικρότερες. Επιπλέον, πολλές επιτυχημένες δράσεις επαναχρησιμοποίησης που λειτουργούν εδώ και λίγα χρόνια σε μικρές κοινότητες της ενδοχώρας της Νότιας Ιταλίας, θα είναι σίγουρα υποχρεωμένες να αντιμετωπίσουν δύσκολα προβλήματα, στα οποία θα πρέπει να ανταπεξέλθουν (9).

Πίνακας 7: Οριακές τιμές λυμάτων στην έξοδο της μονάδας ανάκτησης

	Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Οριακή τιμή
Φυσικοχημικές παράμετροι	pH		6 – 9,5
	SAR		10
	Χονρδόκοκκα υλικά		Απούσα
	TSS	mg/L	10
	BOD ₅	mg/L	20
	COD	mg/L	100
	Ολικός φώσφορος	mg/L	2
	Ολικό άζωτο	mg/L	15
	Αμμωνιακό άζωτο	mg/L	2
	Ηλεκτρική αγωγιμότητα	mg/L	3000
	Αλουμίνιο	mg/L	1
	Αρσενικό	mg/L	0,02
	Βάριο	mg/L	10
	Βηρύλλιο	mg/L	0,1
	Βόριο	mg/L	1,0
	Κάδμιο	mg/L	0,005
	Κοβάλτιο	mg/L	0,05
	Ολικό χρώμιο	mg/L	0,1
	Εξασθενές χρώμιο	mg/L	0,005
Σίδηρος	mg/L	2	

	Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Οριακή τιμή
	Μαγγάνιο	mg/L	0,2
	Υδράργυρος	mg/L	0,001
	Νικέλιο	mg/L	0,2
	Μόλυβδος	mg/L	0,1
	Χαλκός	mg/L	1
	Σελήνιο	mg/L	0,01
	Κασσίτερος	mg/L	3
	Θάλιο	mg/L	0,001
	Βανάδιο	mg/L	0,1
	Ψευδάργυρος	mg/L	0,5
	Ολικά κυανιούχα (ως CN)	mg/L	0,05
	Θειούχα	mg/L	0,5
	Θειώδη άλατα	mg/L	0,5
	Θειικά	mg/L	500
	Ενεργό χλώριο	mg/L	0,2
	Χλωριούχα	mg/L	250
Φυσικοχημικές παράμετροι	Φθωριούχα	mg/L	1,5
	Λίπη, ζωικά και φυτικά έλαια	mg/L	10
	Ορυκτέλαια	mg/L	0,05
	Σημείωση 1		
	Ολικές φαινόλες	mg/L	0,1
	Πενταχλωροφαινόλη	mg/L	0,003
	Ολικές αλδεΐδες	mg/L	0,5
	Τετραχλωροαιθυλένιο, τριχλωροαιθυλένιο (άθροισμα των συγκεντρώσεων των ειδικών παραμέτρων)	mg/L	0,01
	Ολικοί χλωριωμένοι διαλύτες	mg/L	0,04
	Trialomethan (σύνολο συγκεντρώσεων)	mg/L	0,03
	Ολικοί αρωματικοί οργανικοί διαλύτες	mg/L	0,01
	Βενζόλιο	mg/L	0,001
	Βενζο(α)πυρένιο	mg/L	0,00001
	Ολικοί Οργανικοί Αζωτούχοι Διαλύτες	mg/L	0,01
	Ολικές επιφανειοδραστικές ουσίες	mg/L	0,5
	Χλωριωμένα εντομοκτόνα (έκαστο)	mg/L	0,00001

	Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Οριακή τιμή
	Σημείωση 2		
	Φωσφορικά παρασιτοκτόνα (έκαστο)	mg/L	0,00001
	Άλλα ολικά φυτοφάρμακα	mg/L	0,05 10 (80% των δειγμάτων)
Μικροβιολογικές παράμετροι	Escherichia coli	CFU/100 mL	100 σημειακές τιμές
	Σημείωση 3		Το μέγιστο
	Σαλμονέλα		Απούσα

Σημείωση 1. Οι πληροφορίες που περιέχονται στο παρόν δελτίο εξακριβώνουν ότι η ανακύκλωση των αποβλήτων είναι ανάλογη με εκείνη που προβλέπεται στο δεύτερο εδάφιο της παραγράφου 2.1 του άρθρου 2 παράγραφος 5 της νομοθετικής διάταξης. 152 δελ. 1999 ανά τις αποχετεύσεις στο έδαφος. Οι αποφάσεις αυτές προβλέπουν την ύπαρξη αναγκών σε συγκεντρώσεις που δεν υπερβαίνουν τα ανώτατα όρια της διακριτικής ευχέρειας των εθνικών αρχών, οι οποίες καθορίζονται με την υπουργική απόφαση, σύμφωνα με το άρθρο 4 της απόφασης αριθ. 5 της νομοθετικής πράξης 152 Δεκέμβριος 1999. Δεν υπάρχουν περαιτέρω ορισμοί, ούτε εφαρμοστέο περιορισμένο όριο διακύμανσης σε πίνακα.

Σημείωση 2. Η αξία της παραμέτρου και η αναγνώριση της μοναδικής σχετικής με κάποιο φυτοφάρμακο. Τα δείγματα της Aldrina, Dieldrina, Eptaclo-ro και Eptaclo-ro epossido, έχουν τιμή παραμέτρου 0,03 mg/L.

Σημείωση 3. Η ανάκτηση των ανακυκλωμένων αποστακτινών σε αναλογία τουλάχιστον 50 (80%) και 200 CFU/100 ml (μέγιστη ακριβής τιμή).

3.3 Οδηγία της Κύπρου

Η Κύπρος ακολουθεί τον νόμο 106(I) 2002 (τροποποιήσεις 2002-2009) σχετικά με τον «Έλεγχο της ρύπανσης των υδάτων» καθώς και τους συναφείς κανονισμούς Κ.Δ.Π. 407/2002, 772/2003, 254/2003 και 269/2005. Επιπλέον ακολουθεί τον Κώδικα Καλής Γεωργικής Πρακτικής του 2007 (Κ.Δ.Π. 407/2002).

Η επαναχρησιμοποίηση αφορά τα επεξεργασμένα αστικά λύματα και υπάρχει ξεκάθαρα η υποχρέωση για τριτοβάθμια επεξεργασία. Οι νόμοι καλύπτουν επίσης την αστική λυματολάσπη.

Ο νόμος για τον έλεγχο της ρύπανσης των υδάτων περιλαμβάνει τις ακόλουθες 6 πιθανές χρήσεις :

- καλλιέργειες και πράσινες περιοχές με περιορισμένη χρήση
- χώρους πρασίνου και τα λαχανικά που καταναλώνονται μαγειρεμένα
- χώρους πρασίνου με περιορισμένη πρόσβαση του κοινού
- καλλιέργειες κτηνοτροφικού σκοπού
- βιομηχανικές καλλιέργειες
- εμπλουτισμός υδροφορέων

Ο νόμος του Κώδικα καλής γεωργικής πρακτικής περιλαμβάνει τις ακόλουθες 6 πιθανές χρήσεις άρδευσης και οι προδιαγραφές ποιότητας καταγράφονται στον Πίνακα 8:

- άρδευση των χώρων πρασίνου
- άρδευση γεωργικών καλλιεργειών, καλλιεργειών κτηνοτροφικού σκοπού και χώρων πρασίνου με περιορισμένη πρόσβαση στο κοινό
- άρδευση αμπελώνων
- άρδευση των οπωρώνων
- λαχανικά που καταναλώνονται μαγειρεμένα
- λαχανικά που τρώγονται ωμά

Απαγορεύεται η άρδευση φυλλωδών λαχανικών, βολβών ή κονδύλων που καταναλώνονται ακατέργαστα με επαναχρησιμοποιημένο νερό.

Στην Κύπρο, οι διατάξεις για την επαναχρησιμοποίηση του νερού ενσωματώνονται πλήρως στη νομοθεσία για την απόρριψη και επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Γενικά, όλα τα επεξεργασμένα λύματα που παράγονται στην Κύπρο, επαναχρησιμοποιούνται, πρωταρχικά για την άρδευση γεωργικών εκτάσεων, πάρκων, κήπων και δημόσιων χώρων, όπου εφαρμόζεται ο κώδικας ορθής γεωργικής πρακτικής (Κ.Δ.Π. 407/2002). Η διαχείριση των επεξεργασμένων λυμάτων εφαρμόζεται μέσω συστήματος αδειοδότησης και επιθεώρησης βάσει του νόμου για τον έλεγχο της ρύπανσης του νερού, καθώς και τους κανονισμούς και τα υπουργικά διατάγματα. Οι αδειοδοτήσεις σχετικά με την απόρριψη αποβλήτων εκδίδονται από τον υπουργό Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Τα ποιοτικά

κριτήρια καθώς και οι αρδευόμενες καλλιέργειες, καθορίζονται στην άδεια, έχοντας λάβει υπόψη τις διατάξεις του κώδικα ορθής γεωργικής πρακτικής.

Ο νόμος ελέγχου της ρύπανσης των υδάτων καθορίζει αριθμητικές οριακές τιμές για ένα εύρος παραμέτρων, οι οποίες εφαρμόζονται στην έξοδο της ΕΕΛ. Αυτές οι τιμές διαφέρουν ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ που εξυπηρετούν αστικούς και υπεραστικούς οικισμούς πάνω από 2000 ι.κ. ή κάτω από 2.000). Αντίστοιχα, ο κώδικας καλής γεωργικής πρακτικής υποδεικνύει για κάθε δυνητική χρήση, αρδευτικές μεθόδους.

Σχετικά με τις εξεταζόμενες παραμέτρους στον νόμο για τον έλεγχο της ρύπανσης των υδάτων:

Για ΕΕΛ > 2.000 ι.κ. :

- 4 παραμέτρους (BOD₅, αιωρούμενα στερεά, κολοβακτηρίδια κοπράνων, παρασιτικά σκουλήκια)
- 17 φυσικοχημικές παραμέτρους

Για ΕΕΛ < 2.000 ι.κ. :

- 4 παραμέτρους (BOD₅, αιωρούμενα στερεά, κολοβακτηρίδια κοπράνων, παρασιτικά σκουλήκια)

Επιπλέον, θέτει τις ελάχιστες απαιτούμενες συχνότητες για τον έλεγχο των παραμέτρων και δεν προσδιορίζει κάποια πρόσθετα μέτρα. Η δειγματοληψία και η ανάλυση πραγματοποιούνται από :

- Τα τμήματα αστικής αποχέτευσης, το τμήμα ανάπτυξης υδάτων ή το τμήμα περιβάλλοντος για ΕΕΛ > 2.000 ι.κ.
- Το τμήμα ανάπτυξης υδάτων για ΕΕΛ < 2.000 ι.κ.

Ο κώδικας καλής γεωργικής πρακτικής δε περιλαμβάνει συγκεκριμένες παραμέτρους και δεν προσδιορίζει αντίστοιχα τον έλεγχο τους, ωστόσο αναφέρει τα παρακάτω προαπαιτούμενα :

- Όλα τα συστήματα κρουνών (βαλβίδες, βρύσες κλπ.) θα πρέπει να επισημαίνονται για να αποφευχθεί οποιαδήποτε μη ελεγχόμενη χρήση και για να προειδοποιήσει τους ανθρώπους ότι το νερό δεν είναι πόσιμο (κόκκινο χρώμα)
- Δεν θα πρέπει να υπάρχει διασταύρωση με σωλήνες που είναι για πόσιμο νερό.
- Οι σωλήνες για το ανακυκλωμένο νερό θα πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον 1 m χαμηλότερα από τους σωλήνες παροχής νερού.
- Απαιτείται ελάχιστη απόσταση μεταξύ σωλήνων ανακυκλωμένου νερού και παροχής πόσιμου νερού.

- Η άρδευση του γρασιδιού και των χώρων πρασίνου με ανακυκλωμένο νερό που πρέπει να γίνει τη νύχτα όταν δεν υπάρχει κανένας στην περιοχή.
- Η άρδευση θα διακόπτεται μία εβδομάδα πριν από τη συλλογή, προκειμένου να αποφευχθεί η επαφή του επαναχρησιμοποιημένου νερού με φρούτα ή λαχανικά. (2)

Η Κύπρος είναι ένα νησί όπου ο τουρισμός είναι μια πολύ σημαντική οικονομική δραστηριότητα. Η λειψυδρία και η υποβάθμιση των υδάτων κολύμβησης στις παραλίες αναπτύσσονται ως παράγοντες συστολής στην ανάπτυξη του τουρισμού. Η χρήση του επεξεργασμένου νερού αποτελεί σημαντική συμβολή στην επίλυση και των δύο προβλημάτων. Η άρδευση για πολλαπλές χρήσεις (γεωργία, τοπίο, χώροι πρασίνου σε ξενοδοχεία, γήπεδα γκολφ) είναι η κύρια εφαρμογή στην Κύπρο (5).

Ένα μεγάλο μέρος των επεξεργασμένων λυμάτων χρησιμοποιείται για την άρδευση - είτε για τη γεωργία είτε για τα δημοτικά πάρκα ή γήπεδα γκολφ - που αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 60% της συνολικής ζήτησης νερού (10).

Η χρήση επεξεργασμένου νερού για άρδευση χώρων αναψυχής και αστικών περιοχών εξοικονομεί χρήματα και συμβάλλει στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της Κύπρου ως τουριστικού προορισμού.

Παραδείγματα εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης αποτελούν (11):

- Η ΕΕΛ της Λεμεσού, από την οποία το επεξεργασμένο νερό χρησιμοποιείται για άρδευση αγροτικών περιοχών, χώρων πρασίνου σε ξενοδοχεία και για βιομηχανική χρήση.
- Με τα επεξεργασμένα λύματα που προκύπτουν από την ΕΕΛ της Λάρνακας, τροφοδοτούνται περίπου 250 εκτάρια τακτικά. Υπάρχει ποικιλία φυτών για ζωοτροφές (καλαμπόκι, τριφύλλι, κ.α.) , τα οποία τακτικά αρδεύονται με επεξεργασμένο νερό. Το επεξεργασμένο νερό επίσης χρησιμοποιείται από ξενοδοχεία συνδεδεμένα στην ΕΕΛ της Λάρνακας και το δήμο Λάρνακας για την άρδευση των κήπων, των πάρκων και των γηπέδων ποδοσφαίρου κατά την καλοκαιρινή περίοδο.
- Τεχνητός εμπλουτισμός του υδροφόρου Εζούσα με τριτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα από την ΕΕΛ της Πάφου. Από το 2004, το απολυμασμένο επεξεργασμένο τριτοβάθμιο νερό επαναφορτίζει τον υδροφορέα μέσω ειδικά κατασκευασμένων αβαθών λιμνών. Αυτό το νερό, μετά από φυσικό καθαρισμό, αντλείται ξανά από τον υδροφόρο ορίζοντα για άρδευση στην περιοχή της Πάφου. Η άντληση πραγματοποιείται στρατηγικά έτσι ώστε να μεγιστοποιείται ο χρόνος κατακράτησης στον υδροφόρο ορίζοντα.

Πίνακας 8: Προδιαγραφές ποιότητας ανακυκλωμένου νερού (Αστικών Υγρών Αποβλήτων) για σκοπούς άρδευσης σύμφωνα με το Όρο 3(β)

A/A	Επιτρέπεται να αρδεύονται	BAO5 BOD5 (mg/L)	Αιωρούμενα Στερεά (SS mg/L)	Εντερικά Κολοβακτηρίδια ανά 100mL (E.coli/100 mL)	Αυγά Εντερικών Παρασίτων L Eggs of Intestinal Worms/L***
1	Όλες οι καλλιέργειες και χώροι πρασίνου με ελεύθερη χρήση (Βλ. σημείωση (α) κατωτέρω)	10*	10*	5* 15**	Τίποτε
2	Λαχανικά μαγειρεμένα (Βλ. σημείωση (β) κατωτέρω)	10* 15**	10* 15**	50* 100**	Τίποτε
3	Προϊόντα για ανθρώπινη βρώση, Χώροι πρασίνου με περιορισμένη χρήση από το κοινό	20* 30**	30* 45**	200* 1000**	Τίποτε
4	Κτηνοτροφικά φυτά	20* 30**	30* 45**	1000* 5000**	Τίποτε
5	Βιομηχανικά φυτά	50* 70**	-	3000* 10000**	-

*: Αυτές οι τιμές δεν πρέπει να υπερβαίνονται για το 80% των δειγμάτων που αναλύονται

Αριθμός δειγμάτων: 24/ έτος

** : Μέγιστη αποδεκτή τιμή

***: Συχνότητα δειγματοληψίας μια φορά το χρόνο τους καλοκαιρινούς μήνες

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

(β): Πατάτες, κολοκάσι κοκκινογούλια.

3.4 Οδηγία της Πορτογαλίας

Στην Πορτογαλία, το πρότυπο που ισχύει για την επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι το NP4434, 2006. Επιπλέον υπάρχει και η τεχνική οδηγία νο.14 για την επαναχρησιμοποίηση του νερού (2010). Αυτή η οδηγία στοχεύει στο να παρέχει στο κοινό ένα υποστηρικτικό εργαλείο για την εφαρμογή των έργων επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων. Καλύπτει ένα ευρύτερο πεδίο εφαρμογής όπως το εθνικό πρότυπο.

Οι διατάξεις του προτύπου χρησιμοποιούνται ως βάση για την έκδοση των αδειών επαναχρησιμοποίησης. Ως εκ τούτου, καθίστανται νομικά δεσμευτικές όταν συμπεριληφθούν στις άδειες επαναχρησιμοποίησης. Η προέλευση των λυμάτων που περιγράφονται στην παραπάνω νομοθεσία αφορά μόνο επεξεργασμένα αστικά λύματα.

Το πρότυπο NP4434, 2006, καθορίζει ως πιθανές χρήσεις, κυρίως τις γεωργικές αλλά και εφαρμογές άρδευσης τοπίου. Εμπεριέχει αριθμητικές οριακές τιμές για ένα εύρος παραμέτρων και καθορίζονται 4 κατηγορίες χρήσεων ανάλογα με τον κίνδυνο μικροβιολογικής μόλυνσης μετά από άρδευση:

- Λαχανικά που καταναλώνονται ωμά
- Δημόσια πάρκα και κήποι, αγωνιστικά γκαζόν, δάση με εύκολη πρόσβαση στο κοινό
- Λαχανικά που πρόκειται να μαγειρευτούν, σιτηρά για κτηνοτροφία, αμπελώνες, οπωρώνες
- Δημητριακά (εκτός από το ρύζι), λαχανικά προς επεξεργασία πριν από την κατανάλωση, καλλιέργειες για τη βιομηχανία κλωστοϋφαντουργίας, καλλιέργειες για την εξόρυξη πετρελαίου, δάση και χλοοτάπητες που βρίσκονται σε σημεία με δύσκολη ή ελεγχόμενη δημόσια πρόσβαση

Η άρδευση λαχανικών των οποίων τα βρώσιμα μέρη μπορεί να βρίσκονται σε στενή επαφή με τα επεξεργασμένα λύματα είναι απαγορευμένη.

Αντίστοιχα, η τεχνική οδηγία αναφέρει 17 πιθανές χρήσεις ομαδοποιημένες σε 6 κατηγορίες, ενώ για κάθε μια από τις 17 πιθανές χρήσεις προτείνεται και μια αριθμητική οριακή τιμή για κάθε παράμετρο:

- Γεωργική άρδευση και άρδευση τοπίου: λαχανικά που καταναλώνονται ωμά, πράσινες περιοχές με εύκολη πρόσβαση του κοινού, λαχανικά που καταναλώνονται μετά από επεξεργασία, βοσκοτόπια, αμπελώνες, οπωρώνες, καλλιέργειες και πράσινες περιοχές με ελεγχόμενη πρόσβαση.
- Βιομηχανικές χρήσεις: απεριόριστες χρήσεις (συστήματα ψύξης, λέβητες θέρμανσης), περιορισμένες χρήσεις (υφαντουργία, χαρτί, επεξεργασία και καθαρισμός)
- Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων
- Ψυχαγωγικές χρήσεις
- Περιβαλλοντικές χρήσεις

- Μη πόσιμες αστικές χρήσεις: καθαρισμός δρόμων, πλύσιμο αυτοκινήτων, αντιμετώπιση πυρκαγιών, περιορισμένες χρήσεις

Το πρότυπο αναφέρει 23 φυσικοχημικές παραμέτρους καθώς και 2 μικροβιολογικές παραμέτρους: κολοβακτηρίδια κοπράνων και παρασιτικά σκουλήκια. Αντίστοιχα η τεχνική οδηγία αναφέρει 13 παραμέτρους με συγκεκριμένες οριακές τιμές για κάθε χρήση νερού: BOD5, αιωρούμενα στερεά, ολικά διαλυμένα στερεά, άζωτο, φώσφορο, σκληρότητα, αλκαλικότητα, θολερότητα, σίδηρο, SiO₂, κολοβακτηρίδια κοπράνων, παρασιτικά σκουλήκια και άλλες χημικές παραμέτρους (ορίζονται μόνο για αρδευτικές χρήσεις). Τόσο το πρότυπο όσο και η οδηγία αναφέρουν ελάχιστες συνιστώμενες συχνότητες για την παρακολούθηση των παραμέτρων.

Το πορτογαλικό πρότυπο αναφέρει διαδικασίες σχετικά με την εγκατάσταση της άρδευσης και τον τόπο άρδευσης για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου μόλυνσης των υπογείων και επιφανειακών υδάτων, την επαφή ανθρώπων και ζώων με το νερό άρδευσης τη μεταφορά σταγονιδίων με τον αέρα αλλά και την εισπνοή αερολυμάτων όπως:

- Καθοδήγηση σχετικά με τη σηματοδότηση της διάταξης άρδευσης των σωληνώσεων
- Χρονοδιάγραμμα των αρδευτικών διαστημάτων
- Εξοπλισμός προστασίας για τους χειριστές άρδευσης
- Περιορισμός της πρόσβασης των ζώων στο πεδίο άρδευσης
- Ταχύτητα ανέμου για άρδευση με ψεκασμό
- Αποστράγγιση και προστασία του εδάφους

Η τεχνική οδηγία δεν καθορίζει κάποια πρόσθετα μέτρα.

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού απαιτεί άδεια βάσει του νομοθετικού διατάγματος αριθ. 236/98. Οι άδειες εκδίδονται από την Πορτογαλική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (APA). Η άδεια βασίζεται στην ανάλυση του έργου επαναχρησιμοποίησης συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών ελέγχου της ποιότητας των υδάτων, του πρωτοκόλλου το οποίο καθορίζει που θα εφαρμοστεί το συγκεκριμένο νερό και της σύμφωνης γνώμης των υγειονομικών αρχών σε περίπτωση (δημόσιας) άρδευσης.

Το πρότυπο, NP 4434, απαιτεί την ίδια ποιότητα επεξεργασμένων λυμάτων για αρδευτικές χρήσεις όπως ορίζεται από το διάταγμα 236/98 (το οποίο ορίζει πρότυπα, κριτήρια και στόχους ποιότητας για διαφορετικές χρήσεις νερού). Τα επίπεδα ποιότητας αντιστοιχούν σε αυτά που συνιστώνται από τις κατευθυντήριες γραμμές του FAO για την επεξεργασία των λυμάτων και τη χρήση τους στη γεωργία (με ελάχιστες εξαιρέσεις) (2).

Στην Πορτογαλία, τα επεξεργασμένα λύματα είναι ένας πολύτιμος δυνητικός πόρος για την κατασκευή αρδευτικών δικτύων και το πλύσιμο αυτοκινήτων. Ο όγκος των διαθέσιμων επεξεργασμένων λυμάτων που υπάρχουν σήμερα στην Πορτογαλία υπερβαίνει τα 480 Mm³ / έτος. Ακόμη και χωρίς αποθήκευση, αυτό το ποσό θα

μπορούσε να είναι αρκετό για να καλύψει το 10% περίπου του νερού που απαιτείται για άρδευση σε ένα ξηρό έτος. Η χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στην γεωργική ανάπτυξη στις ξηρότερες πορτογαλικές επαρχίες (Αλγκάρβε, Μπέζα, Έβορα, Σετούμπαλ, Λισσαβόνα και Σανταρέμ). Περίπου 35.000 έως 100.000 ha, ανάλογα με την αποθηκευτική ικανότητα, θα μπορούσαν να αρδεύονται με επεξεργασμένα λύματα.

Ένα σημαντικό ποσοστό (περίπου 65-70%) του συνολικού εθνικού νερού που καταναλώνεται λαμβάνεται από τη γεωργία. Σε χρόνια μέσης ετήσιας βροχόπτωσης, η διαθεσιμότητα νερού είναι αρκετή για να εκπληρώσει τις γεωργικές απαιτήσεις σε συνδυασμό με άλλες χρήσεις αλλά, κατά τη διάρκεια των περιόδων ξηρασίας, η έλλειψη νερού επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τον γεωργικό τομέα, κυρίως στο νότο. Ως εκ τούτου, η επαναχρησιμοποίηση του νερού θεωρείται μια ενδιαφέρουσα επιλογή για την κάλυψη ορισμένων διαθέσιμων κενών, μαζί με ολοένα και αυξανόμενη συνειδητοποίηση της ανάγκης μείωσης της πίεσης του νερού (9), επικαιροποιημένο από το υπουργείο Περιβάλλοντος:2015).

Το 2011 μόνο 6.1 Mm³ επαναχρησιμοποιήθηκαν. Περίπου το 89% αυτού του όγκου επαναχρησιμοποιήθηκε από εταιρείες επεξεργασίας νερού, ενώ μόνο το 11% παρέχονταν σε άλλες οντότητες (ERSAR, 2012). Υπάρχουν πολλές διαφορετικές εφαρμογές, όπως: άρδευση της γεωργίας και των τοπίων, νερό για το καζανάκι της τουαλέτας (κτίρια εξοπλισμένα με διπλά συστήματα), έλεγχος σκόνης σε δημόσια έργα κατασκευής και νερό για κλιματισμό (IKEA). Οι επαναχρησιμοποιούμενες ποσότητες παραμένουν ωστόσο πολύ χαμηλές για κάθε μια από αυτές τις εφαρμογές (2).

Ο νόμος n° 236/98 ορίζει στο Παράρτημα XVI τα κριτήρια χημικής ποιότητας για το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση ως MRV (maximum recommended value), που υιοθετούνται στο NP 4434 και παρουσιάζονται στους Πίνακες 9 και 10, ενώ στον Πίνακα 11 καταγράφονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μετάλλων στα εδάφη.

Πίνακας 9: Πρότυπα για την αλατότητα του νερού άρδευσης

Παράμετροι		Μονάδα	MRL
Αλατότητα	EC	dS/m στους 25°C	1
	TDS	mg/L	640
Ποσοστό απορρόφησης νατρίου		-	8
TSS		mg/L	60
pH		Κλίμακα Sorensen	6,5 – 8,4

Πίνακας 10: Πρότυπα της χημικής ποιότητας του αρδευτικού νερού

Στοιχείο ή Ιόν	Μέγιστη Συνιστώμενη Τιμή (mg/L)	Μέγιστη Επιτρεπόμενη Τιμή (mg/L)
Αργίλιο (Al)	5,0	20
Αρσενικό	0,10	10
Βάριο	1,0	*
Βηρύλλιο	0,5	1,0
Βόριο	0,3	3,75
Κάδμιο	0,001	0,05
Μόλυβδος	5,0	20

Στοιχείο ή Ιόν	Μέγιστη Συνιστώμενη Τιμή (mg/L)	Μέγιστη Επιτρεπόμενη Τιμή (mg/L)
Χλώριο	70	-
Κοβάλτιο	0,05	10
Χαλκός	0,20	5,0
Χρώμιο	0,10	20
Κασσίτερος	2,0	*
Σίδηρος	5,0	*
Φθόριο	1,0	15
Λίθιο	2,5	5,8
Μαγγάνιο	0,20	10
Μολυβδένιο	0,005	0,05
Νικέλιο	0,5	2,0
Νιτρικά	50	*
Σελήνιο	0,02	0,05
Θευκά	575	*
Βανάδιο	0,10	1,0
Ψευδάργυρος	2,0	10,0

Πίνακας 11: Μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα μετάλλων στα εδάφη (mg/kg ξηρού εδάφους)

Μέταλλο	pH εδάφους		
	< 5,5	5,5 – 7,0	> 7,0*
Κάδμιο	1	3	4
Μόλυβδος	50	300	450
Χαλκός	50	100	200
Χρώμιο	50	200	300
Υδράργυρος	1	1,5	2
Νικέλιο	30	75	110
Ψευδάργυρος	150	300	450

*: Μη εφαρμόσιμο σε καλλιέργειες για ανθρώπινη κατανάλωση και βοσκή. Για τέτοιες καλλιέργειες, εφαρμόζονται οι τιμές για εδάφη με pH από 5,5 έως 7,0.

Στον NP4434, η απόσταση των περιοχών άρδευσης από τις κατοικημένες περιοχές εξαρτάται από τη μέθοδο άρδευσης και τη μέθοδο επεξεργασίας. Για στάγδην άρδευση δεν απαιτείται κάποια ελάχιστη απόσταση, ενώ απαιτούνται αποστάσεις 100m για τις κοντινές πηγές πόσιμου νερού. Σε άλλες περιπτώσεις ο νόμος NP4434 προτείνει τα όρια του Πίνακα 12.

Πίνακας 12: Ελάχιστες αποστάσεις από τις αρδευόμενες περιοχές για τις κατοικίες

Μέθοδος άρδευσης	Τύπος κατοικίας	Faecal coliforms σε επεξεργασμένα λύματα (FC/100 mL)		
		$\leq 2 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2 - 10^3$	$> 10^3$
Άρδευση με ψεκασμό	Μονοκατοικία	30 m	60 m	70 m
	Ομάδα κατοικιών	50 m	80 m	100 m
Άλλη μέθοδος άρδευσης	Μονοκατοικία	10 m	20 m	30 m
	Ομάδα κατοικιών	30 m	60 m	70 m

Στον Πίνακα 13 ορίζονται τα κριτήρια μικροβιολογικής ποιότητας, σύμφωνα με το νόμο n° 236/98.

Πίνακας 13: Μικροβιολογική ποιότητα των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για άρδευση

Κλάσεις	Τύπος καλλιέργειας	Faecal coliforms (NMP ή cfu/100 mL)	Αυγά έλμινθων (αυγά/L)	Κατάλληλη επεξεργασία	Σημειώσεις
A	Λαχανικά που τρώγονται ωμά	100	1	Δευτεροβάθμια → Διήθηση → Απολύμανση ή Τριτοβάθμια → Διήθηση → Απολύμανση	UV απολύμανση (αυτοκαθαριζόμενοι λαμπτήρες) ή όζον είναι προτιμότερα από τη χλωρίωση
B	Δημοτικά πάρκα και κήποι, γρασίδι γηπέδων, δάση με εύκολη πρόσβαση από το κοινό	200	1	Δευτεροβάθμια → Διήθηση → Απολύμανση ή Τριτοβάθμια → Διήθηση → Απολύμανση	UV απολύμανση (αυτοκαθαριζόμενοι λαμπτήρες) ή όζον είναι προτιμότερα από τη χλωρίωση. Η άρδευση πρέπει να αποφεύγει την επαφή με τον άνθρωπο

Κλάσεις	Τύπος καλλιέργειας	Faecal coliforms (NMP ή cfu/100 mL)	Αυγά έλμινθων (αυγά/L)	Κατάλληλη επεξεργασία	Σημειώσεις
C	Λαχανικά για μαγείρεμα, κτηνοτροφικές καλλιέργειες, αμπελώνες, οπωρώνες	10^3	1	<p>Δευτεροβάθμια → Διήθηση → Απολύμανση ή Τριτοβάθμια → Διήθηση → Απολύμανση ή Λίμνες σταθεροποίησης λυμάτων (σύστημα με ≥ 3 λίμνες και $t_R \geq 25$ d)</p>	<p>UV απολύμανση (αυτοκαθαριζόμενοι λαμπτήρες) ή όζον είναι προτιμότερα από τη χλωρίωση. Η άρδευση αμπελώνων και οπωρώνων πρέπει να αποφεύγει την επαφή με τα φρούτα και τα φρούτα που πέφτουν κάτω δεν πρέπει να συλλέγονται</p>
D	Δημητριακά (εκτός ρυζιού), λαχανικά για βιομηχανική επεξεργασία, κλωστικές καλλιέργειες, καλλιέργειες για παραγωγή ελαίων, άρδευση δασών και πρασίνου με δύσκολη ή ελεγχόμενη πρόσβαση για το κοινό	10^4	1	<p>Δευτεροβάθμια επεξεργασία → Λίμνες ωρίμανσης ($t_R \geq 10$ d) ή Δευτεροβάθμια → Διήθηση → Απολύμανση</p>	<p>UV απολύμανση (αυτοκαθαριζόμενοι λαμπτήρες) ή όζον είναι προτιμότερα από τη χλωρίωση. Η άρδευση πρέπει να αποφεύγει την επαφή με τον άνθρωπο</p>

3.5 Οδηγία της Ισπανίας

Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένου νερού στην Ισπανία έχει θεσπιστεί με το Βασιλικό Διάταγμα 1620/2007. Η προέλευση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων δεν καθορίζεται, ενώ οι απαιτήσεις ποιότητας ορίζονται για 24 κατηγορίες χρήσεις, όπως παρατίθενται στους Πίνακες 14 έως 19. Οι χρήσεις αυτές είναι:

- Αστική χρήση (Πίνακας 14):
 - κατοικημένες περιοχές,
 - υπηρεσίες
- Γεωργική χρήση (Πίνακες 15 και 16):
 - καλλιέργειες τροφίμων που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο, που καταναλώνονται ωμά
 - καλλιέργειες τροφίμων που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο, βιομηχανικά επεξεργασμένες
 - υδατοκαλλιέργειες
 - χορτολιβαδικές εκτάσεις (λιβάδια)
 - τοπική άρδευση για ξυλώδεις καλλιέργειες όπου το νερό μπορεί να είναι σε επαφή με τον καρπό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση
 - άρδευση ανθοφόρων φυτών χωρίς άμεση επαφή με το νερό
 - βιομηχανικές καλλιέργειες που δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση
- Βιομηχανική χρήση (Πίνακας 17):
 - Νερό για βιομηχανικές διεργασίες ή καθαρισμό (εκτός από τη βιομηχανία τροφίμων)
 - Νερό για βιομηχανικές διεργασίες για τη βιομηχανία τροφίμων
 - Πύργοι ψύξης και συμπυκνωτές εξάτμισης
- Χρήση για αναψυχή (Πίνακας 18):
 - Γήπεδα γκολφ
 - Μικρές λίμνες
- Περιβαλλοντικές χρήσεις (Πίνακας 19):
 - Εμπλουτισμός υδροφορέων με διήθηση
 - Εμπλουτισμός υδροφορέων με πηγάδια έγχυσης
 - Δάση προσβάσιμα από το κοινό
 - Υγρότοποι

Η επαναχρησιμοποίηση νερού απαγορεύεται για αρκετές κατηγορίες χρήσης, όπως είναι το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση (εκτός από κατάσταση καταστροφών), χρήση σε νοσοκομεία, νερό κολύμβησης, σιντριβάνια ή διακοσμητικά προϊόντα σε δημόσιους χώρους καθώς και άλλες χρήσεις που ενέχουν κίνδυνο για την υγεία.

Το διάταγμα αυτό ορίζει 14 επίπεδα ποιότητας με συγκεκριμένα αριθμητικά όρια για διάφορες παραμέτρους. Το απαιτούμενο επίπεδο ποιότητας του νερού καθορίζεται για κάθε κατηγορία, ενώ οι παράμετροι που εξετάζονται είναι:

- 4 κύριες παράμετροι με αριθμητικές τιμές ορίων για κάθε κατηγορία: νηματοειδή, E.coli, αιωρούμενα στερεά, θολερότητα
- 14 φυσικοχημικές παράμετροι ειδικά για γεωργική χρήση
- 67 επικίνδυνες ουσίες (έχουν τις ίδιες τιμές για όλες τις κατηγορίες χρήσης)
- Για κάποιες κατηγορίες (όχι όλες), απαιτείται η παρακολούθηση άλλων παραμέτρων όπως: λεγιονέλα, σαλμονέλα, taenia saginata, taenia solium, άζωτο

Ταυτόχρονα, απαιτείται μια ελάχιστη συχνότητα παρακολούθησης για τις διάφορες παραμέτρους και προτείνονται οι διάφορες μέθοδοι και τεχνικές αναφοράς για την ανάλυση των μετρήσεων. Την ευθύνη για την παρακολούθηση φέρουν ο εξουσιοδοτημένος κάτοχος νερού επαναχρησιμοποίησης από τη θέση εισόδου στο δίκτυο διανομής μέχρι το σημείο διάθεσης και ο χρήστης νερού επαναχρησιμοποίησης από το σημείο διάθεσης μέχρι τη θέση χρήσης. Για την εφαρμογή νερού επαναχρησιμοποίησης δεν υπάρχουν εξειδικευμένοι έλεγχοι.

Το διάταγμα εγκαθιδρύει το διοικητικό καθεστώς για την απόκτηση άδειας επαναχρησιμοποίησης νερού. Συνήθως, γίνεται μέσω τροποποίησης της άδειας επεξεργασίας λυμάτων, με την προσθήκη συμπληρωματικών απαιτήσεων για την ποιότητα, βάσει της χρήσης για την οποία προορίζεται. Η αίτηση χορήγησης της άδειας έχει συγκεκριμένη μορφή όπως αυτή βρίσκεται στο συγκεκριμένο βασιλικό διάταγμα. Ένας άλλος τρόπος για τη χορήγηση άδειας επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένου νερού είναι μέσω διοικητικής παραχώρησης. Τέλος, κάποιος θα μπορούσε να αιτηθεί για χορήγηση άδειας επαναχρησιμοποίησης νερού ακόμα και εάν ο σκοπός χρήσης δεν αναφέρεται στο διάταγμα, παρόλα αυτά το αίτημα θα πρέπει να αιτιολογηθεί. Περισσότερο κατατοπιστικές οδηγίες έχουν αναπτυχθεί από συγκεκριμένες περιφέρειες όπως είναι η Ανδαλουσία, οι Βαλεαρίδες νήσοι και η Καταλονία (2).

Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων αποτελεί πραγματικότητα για αρκετές ισπανικές περιφέρειες για τέσσερις βασικές εφαρμογές: άρδευση γηπέδων γκολφ, γεωργική άρδευση, επαναφόρτιση υπόγειων υδροφόρων (ιδιαίτερα για την αποτροπή θαλάσσιας διείσδυσης σε παράκτιους υδροφορείς) και για την αύξηση της απορροής σε ποτάμια. Η άρδευση είναι η κυριότερη εφαρμογή αξιοποίησης επαναχρησιμοποιημένου νερού. Η δραστηριότητα αυτή εμφανίζει και εμπορικό ενδιαφέρον και κάποιες ιδιωτικές εταιρίες νερού επενδύουν στην Έρευνα και την Ανάπτυξη δραστηριοτήτων, σε συνεργασία με Πανεπιστήμια. Πολλαπλά έργα έχουν υλοποιηθεί για την επεξεργασία υφάλμυρων λυμάτων προς άρδευση και για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού για άρδευση σε περιοχές με έλλειψη νερού. Στο παρελθόν, τα λύματα χρησιμοποιούνταν ανεπεξέργαστα για γεωργική άρδευση. Η σταδιακή εφαρμογή της οδηγίας για τα επεξεργασμένα αστικά λύματα μειώνει την διαθεσιμότητα ανεπεξέργαστων λυμάτων και αυξάνει τον όγκο της επεξεργασμένης ύλης προς απόρριψη (9).

Λόγω της έλλειψης βροχοπτώσεων κατά αρκετούς μήνες κάθε χρόνο, η απορροή των ποταμών στη μεσογειακή ακτογραμμή αποτελείται ουσιαστικά από επεξεργασμένα και μη λύματα. Αύξηση στην αξιοποίηση και την επαναχρησιμοποίηση θα μπορούσε επομένως να μειώσει δραστικά τις απορροές και ιδιαίτερα κατά τις περιόδους αιχμής της ζήτησης, οδηγώντας έτσι σε περιβαλλοντικά προβλήματα. Όμως, υπάρχει ακόμα προοπτική για περαιτέρω εφαρμογή σχεδίων επεξεργασμένου νερού στην Ισπανία, προκειμένου να υποστηριχθεί η αρδευόμενη γεωργία. Παρόλα αυτά, η ανάπτυξή τους συσχετίζεται άμεσα με επεισόδια ξηρασιών που συνήθως συμβαίνουν κάθε 5 με 15 χρόνια και κινητοποιούν την κοινή γνώμη. Στην Καταλονία, και ιδιαίτερα στην Κόστα Μπράβα όπου είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένος ο τουρισμός, το επεξεργασμένο νερό χρησιμοποιείται κυρίως για περιβαλλοντικούς σκοπούς και για λόγους αναψυχής (5).

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος, ο όγκος των αστικών λυμάτων που επεξεργάζεται στην Ισπανία ήταν περίπου 3,375 Mm³ το 2006, ενώ ο όγκος των αστικών λυμάτων που επαναχρησιμοποιείται ήταν περίπου 430 Mm³ το 2009. Και τα δύο αυτά μεγέθη παρουσιάζουν αυξητικές τάσεις. Υπάρχουν αρκετά προηγμένα έργα επαναχρησιμοποίησης σε περιοχές όπως η Καταλονία, η Μούρτσια, η Μαδρίτη και η Ανδαλουσία, όπου το επεξεργασμένο προορίζεται για διάφορες χρήσεις: πάρκα, κήπους, αποκατάσταση υγροτόπων, γήπεδα γκολφ, αρδευόμενη γεωργία και βιομηχανική χρήση. Σε κάποια από αυτά, η χρήση επεξεργασμένου νερού αποτελεί υποχρέωση για συγκεκριμένες χρήσεις.

Το Καταλονικό Πρακτορείο Υδάτων (ACA) εργάζεται για την ανάπτυξη και την εφαρμογή διαφορετικών δραστηριοτήτων επαναχρησιμοποίησης, με επενδύσεις της τάξεως των 330.000 €, οι οποίες κατά τα επόμενα χρόνια θα βοηθήσουν στην βελτίωση της διαθεσιμότητας πόρων και στη συμμόρφωση με την οδηγία- πλαίσιο για το νερό (WFD). Οι εγκαταστάσεις στην Καταλονία επεξεργάζονται προσεγγιστικά 700 εκ. m³ νερού κάθε χρόνο. Οι εργασίες που εκτελούνται από τη διαχείριση των υδάτων δείχνουν μια προοδευτική αύξηση στα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης νερού που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Το Πρακτορείο (ACA) στόχευε σε νερό για επαναχρησιμοποίηση της τάξης των 200 Mm³ μέχρι το 2015, γεγονός που θα σήμαινε ότι το 31% των επεξεργασμένων λυμάτων θα μπορούσε να επαναχρησιμοποιηθεί (2).

Πίνακας 14: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα αστικής χρήσης

Προβλεπόμενη χρήση νερού	Μέγιστη αποδεκτή τιμή				Άλλα κριτήρια
	Εντερικά νηματώδη ¹	E. Coli	Αιωρούμενα στερεά	Θολερότητα	
1. Αστικές χρήσεις					
Ποιότητα 1.1: ΟΙΚΙΑΚΗ ² α) Άρδευση ιδιωτικών κήπων ³ β) Παροχή για εφαρμογές υγεινής ³	1 αυγό/10 L	0 CFU ⁴ /100mL	10 mg/L	2 NTU ⁵	Άλλοι ρύποι ⁶ που περιλαμβάνονται στην άδεια για απόρριψης των εκροών επεξεργασμένων λυμάτων: διάθεση αυτών των στο περιβάλλον πρέπει να είναι περιορισμένη. Σε περίπτωση επικίνδυνων ουσιών ⁷ , η χρήση ανακτημένου νερού πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος ⁸ . Legionella spp. 100 CFU/L (σε περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης)
Ποιότητα 1.2: ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ α) Άρδευση τοπίου αστικών περιοχών (πάρκα, αθλητικοί χώροι κ.ά.) ⁹ β) Καθαρισμός δρόμων ⁹ γ) Πυροσβεστικοί κρουνοί ⁹ δ) Βιομηχανικό πλύσιμο αυτοκινήτων ⁹	1 αυγό/10 L	200 CFU/100mL	20 mg/L	10 NTU	

1: τουλάχιστον τα παρακάτω γένη πρέπει να συμπεριλαμβάνονται σε όλες τις κατηγορίες ποιότητας:

Ancylostoma, Trichuris και Ascaris

2: Πρέπει να γίνονται έλεγχοι για τη διασφάλιση της σωστή συντήρησης των εγκαταστάσεων

3: Εξουσιοδότηση θα δίνεται μόνο εάν κάθε τμήμα μέχρι το σημείο χρήσης είναι σεσημασμένο ως διπλό κύκλωμα

4: Colony Forming Units/ Μονάδες σχηματισμού αποικιών

5: Nephelometric Turbidity Units/ Νεφελομετρικές Μονάδες Θολερότητας

6: Βλ. Παράρτημα II του RD 849/1986, 11 Απριλίου

7: Βλ. Παράρτημα IV του RD 907/2007, 6 Ιουλίου

8: Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος; βλ. Άρθρο 245.5.α του RD 849/1986, 11 Απριλίου

9: Εάν υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης, πρέπει να ακολουθούνται οι προβλεπόμενες από τις αρχές δημόσιας υγείας συνθήκες χρήσης, διαφορετικά τέτοιες χρήσεις δεν θα εξουσιοδοτούνται.

Πίνακας 15: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα αγροτικής χρήσης 2.1

Προβλεπόμενη χρήση νερού	Μέγιστη αποδεκτή τιμή				Άλλα κριτήρια
	Εντερικά νηματούδη	E. Coli	Αιωρούμενα στερεά	Θολερότητα	
2. Αγροτικές χρήσεις ¹					
<p>Ποιότητα 2.1²:</p> <p>α) Άρδευση καλλιεργειών με χρήση συστήματος όπου το ανακτημένο νερό έρχεται σε άμεση επαφή με βρώσιμα μέρη καρπών που τρώγονται ωμά</p>	1 αυγό/10 L	<p>100 CFU/100mL</p> <p>Βάσει προγράμματος δειγματοληψίας 3^{ων} κλάσεων³ με τις επόμενες τιμές:</p> <p>n= 10 m=100 CFU/100mL M=1000 CFU/100mL c= 3</p>	20 mg/L	10 NTU	<p>Άλλοι ρύποι που περιλαμβάνονται στην άδεια για απόρριψης των εκροών επεξεργασμένων λυμάτων: διάθεση αυτών των στο περιβάλλον πρέπει να είναι περιορισμένη. Σε περίπτωση επικίνδυνων ουσιών, η χρήση ανακτημένου νερού πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος.</p> <p>Legionella spp. 1000 CFU/L (σε περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης)</p> <p>Είναι υποχρεωτικό να διεξάγονται δοκιμές ανίχνευσης για την απουσία – παρουσία παθογόνων (Salmonella κλπ.), όταν τα αποτελέσματα δείχνουν συνεχώς ότι c=3 για M=1000</p>

1: Χαρακτηριστικά ανακτημένων λυμάτων που απαιτούν περαιτέρω πληροφορίες: Αγωγιμότητα: 3.0 dS/m, Συντελεστής απορρόφησης νατρίου (SAR): 6, Βόριο 0.5 mg/L, Αρσενικό: 0.1 mg/L, Βηρύλλιο: 0.1 mg/L, Κάδμιο: 0.01 mg/L, Κοβάλτιο: 0.05 mg/L, Χρόμιο: 0.1 mg/L, Χαλκός: 0.2 mg/L, Μαγγάνιο: 0.2 mg/L, Μολυβδένιο: 0.01 mg/L, Νικέλιο: 0.2 mg/L, Σελήνιο: 0.02 mg/L, Βανάδιο: 0.1 mg/L. Ο επόμενος τύπος πρέπει να χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του SAR.
$$SAR = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{[Ca]+[Mg]}{2}}}$$

2: Εάν υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης, πρέπει να ακολουθούνται οι προβλεπόμενες από τις αρχές δημόσιας υγείας συνθήκες χρήσης, διαφορετικά τέτοιες χρήσεις δεν θα εξουσιοδοτούνται.

3: Όπου n= ο αριθμός των δειγμάτων που αναλύθηκαν, m= η μέγιστη επιτρεπτή τιμή για τη βακτηριακή μέτρηση (MAV), M= μέγιστη επιτρεπτή τιμή για τη βακτηριακή μέτρηση (MAV+ μέγιστο όριο απόκλισης), c= μέγιστος αριθμός δειγμάτων των οποίων η βακτηριακή μέτρηση είναι μεταξύ των m και M.

Πίνακας 16: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα αγροτικής χρήσης 2.2 και 2.3

Προβλεπόμενη χρήση νερού	Μέγιστη αποδεκτή τιμή				Άλλα κριτήρια
	Εντερικά νηματώδη	E. Coli	Αιωρούμενα στερεά	Θολερότητα	
2. Αγροτικές χρήσεις					
<p>Ποιότητα 2.2:</p> <p>α) Άρδευση καλλιεργειών για ανθρώπινη κατανάλωση με χρήση μεθόδων που δεν αποτρέπουν την άμεση επαφή του ανακτημένου νερού με βρώσιμα μέρη των φυτών, τα οποία δεν καταναλώνονται ωμά, αλλά μετά από βιομηχανική επεξεργασία.</p> <p>β) Άρδευση βοσκότοπων για ζώα παραγωγή γάλακτος και κρέατος</p> <p>γ) Ιχθυοκαλλιέργειες</p>	1 αυγό/10 L	<p>1000 CFU/100mL</p> <p>Βάσει προγράμματος δειγματοληψίας 3^{ov} κλάσεων¹ με τις επόμενες τιμές:</p> <p>n= 10 m=1000 CFU/100mL M=10000 CFU/100mL c= 3</p>	35 mg/L	Μη ορισμένο	<p>Άλλοι ρύποι που περιλαμβάνονται στην άδεια για απόρριψης των εκροών επεξεργασμένων λυμάτων: διάθεση αυτών των στο περιβάλλον πρέπει να είναι περιορισμένη. Σε περίπτωση επικίνδυνων ουσιών, η χρήση ανακτημένου νερού πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος.</p> <p>Taenia saginata και Taenia solium: 1αυγό/L (για την άρδευση βοσκότοπων για ζώα παραγωγής γάλακτος και κρέατος)</p> <p>Είναι υποχρεωτικό να διεξάγονται δοκιμές ανίχνευσης για την απουσία – παρουσία παθογόνων (Salmonella κλπ.), όταν τα αποτελέσματα δείχνουν συνεχώς ότι c=3 για M=10000</p>

	Εντερικά νηματώδη	E. Coli	Αιωρούμενα στερεά	Θολερότητα	Άλλα κριτήρια
<p>Ποιότητα 2.3:</p> <p>α) Τοπική άρδευση δενδρώδων καλλιεργειών όπου το ανακτημένο νερό δεν επιτρέπεται να έρθει σε επαφή με φρούτα για ανθρώπινη κατανάλωση</p> <p>β) Άρδευση καλλωπιστικών φυτών, φυτωρίων και θερμοκηπίων όπου το ανακτημένο νερό δεν έρχεται σε επαφή με τις καλλιέργειες</p> <p>γ) Άρδευση βιομηχανικών μη-βρώσιμων καλλιεργειών, φυτωρίων, ζωοτροφών για σιλό, δημητριακών και σπόρων για έλαια</p>	1 αυγό/10 L	10000 CFU/100mL	35 mg/L	Μη ορισμένο	<p>Άλλοι ρύποι που περιλαμβάνονται στην άδεια για απόρριψης των εκροών επεξεργασμένων λυμάτων: διάθεση αυτών των στο περιβάλλον πρέπει να είναι περιορισμένη. Σε περίπτωση επικίνδυνων ουσιών, η χρήση ανακτημένου νερού πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος.</p> <p>Legionella spp. 100 CFU/L (σε περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης)</p>

l: Όπου n= ο αριθμός των δειγμάτων που αναλύθηκαν, m= η μέγιστη επιτρεπτή τιμή για τη βακτηριακή μέτρηση (MAV), M= μέγιστη επιτρεπτή τιμή για τη βακτηριακή μέτρηση (MAV+ μέγιστο όριο απόκλισης), c= μέγιστος αριθμός δειγμάτων των οποίων η βακτηριακή μέτρηση είναι μεταξύ των m και M.

Πίνακας 17: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα βιομηχανικής χρήσης

Προβλεπόμενη χρήση νερού	Μέγιστη αποδεκτή τιμή				Άλλα κριτήρια
	Εντερικά νηματώδη	E. Coli	Αιωρούμενα στερεά	Θολερότητα	
3. Βιομηχανικές χρήσεις					
Ποιότητα 3.1 ¹ : α) Νερό διεργασιών και καθαριότητας, εκτός για χρήση στη βιομηχανία τροφίμων β) Άλλες βιομηχανικές χρήσεις	Μη ορισμένο	10000 CFU/100mL	35 mg/L	15 NTU	Άλλοι ρύποι που περιλαμβάνονται στην άδεια για απόρριψης των εκροών επεξεργασμένων λυμάτων: διάθεση αυτών των περιβάλλον πρέπει να είναι περιορισμένη. Σε περίπτωση επικίνδυνων ουσιών, η χρήση ανακτημένου νερού πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος. Legionella spp. 100 CFU/L (σε περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης)
γ) Νερό διεργασιών και καθαρισμού για χρήση στη βιομηχανία τροφίμων	1 αυγό/10 L	1000 CFU/100mL Βάσει προγράμματος δειγματοληψίας 3 ^{ov} κλάσεων ² με τις επόμενες τιμές: n= 10 m=1000 CFU/100mL M=10000 CFU/100mL c= 3	35 mg/L	Μη ορισμένο	Άλλοι ρύποι που περιλαμβάνονται στην άδεια για απόρριψης των εκροών επεξεργασμένων λυμάτων: διάθεση αυτών των περιβάλλον πρέπει να είναι περιορισμένη. Σε περίπτωση επικίνδυνων ουσιών, η χρήση ανακτημένου νερού πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος. Legionella spp. 100 CFU/L (σε περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης) Είναι υποχρεωτικό να διεξάγονται δοκιμές ανίχνευσης για την απουσία – παρουσία παθογόνων (Salmonella κλπ.), όταν τα αποτελέσματα δείχνουν συνεχώς ότι c=3 για M=10000
Ποιότητα 3.2 α) Πύργοι ψύξης και συμπυκνωτές εξάτμισης	1 αυγό/10 L	Απουσία CFU/100mL	5 mg/L	1 NTU	Legionella spp.: Απουσία CFU/L Η εξουσιοδότηση υπόκειται σε: - Έγκριση από τις αρχές δημόσιας υγείας για το πρόγραμμα ειδικού ελέγχου, όπως παρέχεται από το Βασιλικό Διάταγμα 865/2003, της 4 ^{ης} Ιουλίου, για τα κριτήρια υγείας και υγιεινής για τη πρόληψη και τον έλεγχο της νόσου των λεγεωνάριων - Χρήση για βιομηχανικούς σκοπούς μόνο και σε εγκαταστάσεις που δεν βρίσκονται σε αστικές περιοχές ή κοντά σε δημόσια ή εμπορικά κτήρια

1: Εάν υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης, πρέπει να ακολουθούνται οι προβλεπόμενες από τις αρχές δημόσιας υγείας συνθήκες χρήσης, διαφορετικά τέτοιες χρήσεις δεν θα εξουσιοδοτούνται.

2: Όπου n= ο αριθμός των δειγμάτων που αναλύθηκαν, m= η μέγιστη επιτρεπτή τιμή για τη βακτηριακή μέτρηση (MAV), M= μέγιστη επιτρεπτή τιμή για τη βακτηριακή μέτρηση (MAV+ μέγιστο όριο απόκλισης), c= μέγιστος αριθμός δειγμάτων των οποίων η βακτηριακή μέτρηση είναι μεταξύ των m και M.

Πίνακας 18: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα χρήσεων αναψυχής

Προβλεπόμενη χρήση νερού	Μέγιστη αποδεκτή τιμή				
	Εντερικά νηματώδη	E. Coli	Αιωρούμενα στερεά	Θολερότητα	Άλλα κριτήρια
4. Χρήσεις αναψυχής					
<p>Ποιότητα 4.1¹:</p> <p>α) Άρδευση γηπέδων γκολφ</p>	1 αυγό/10 L	200 CFU/100mL	20 mg/L	10 NTU	<p>Άλλοι ρύποι που περιλαμβάνονται στην άδεια για απόρριψης των εκροών επεξεργασμένων λυμάτων: διάθεση αυτών των στο περιβάλλον πρέπει να είναι περιορισμένη. Σε περίπτωση επικίνδυνων ουσιών, η χρήση ανακτημένου νερού πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος.</p> <p>Εάν το νερό άρδευσης εφαρμόζεται άμεσα στο έδαφος (στάγδην άρδευση, μικρο-ψεκαστές), εφαρμόζονται τα κριτήρια της Ποιότητας 2.3</p> <p>Legionella spp. 100 CFU/L (σε περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης)</p>
<p>Ποιότητα 4.2</p> <p>α) Διακοσμητικές λίμνες και λίμνες όπου η δημόσια πρόσβαση στο νερό απαγορεύεται</p>	Μη ορισμένο	10000 CFU/100mL	35 mg/L	Μη ορισμένο	<p>Άλλοι ρύποι που περιλαμβάνονται στην άδεια για απόρριψης των εκροών επεξεργασμένων λυμάτων: διάθεση αυτών των στο περιβάλλον πρέπει να είναι περιορισμένη. Σε περίπτωση επικίνδυνων ουσιών, η χρήση ανακτημένου νερού πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος.</p> <p>P_T: 2 mg/L (σε στάσιμο νερό)</p>

1: Εάν υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης, πρέπει να ακολουθούνται οι προβλεπόμενες από τις αρχές δημόσιας υγείας συνθήκες χρήσης, διαφορετικά τέτοιες χρήσεις δεν θα εξουσιοδοτούνται.

Πίνακας 19: Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση – Απαιτούμενη ποιότητα περιβαλλοντικών χρήσεων

Προβλεπόμενη χρήση νερού	Μέγιστη αποδεκτή τιμή				
	Εντερικά νηματώδη	E. Coli	Αιωρούμενα στερεά	Θολερότητα	Άλλα κριτήρια
5. Περιβαλλοντικές χρήσεις					
Ποιότητα 5.1: α) Εμπλουτισμός υδροφορέων με τοπική κατεΐσδυση	Μη ορισμένο	1000 CFU/100m L	35 mg/L	Μη ορισμένο	N _T ¹ : 10 mg/L NO ₃ : 25 mg NO ₃ /L Άρθρα 257 έως 259 του RD 849/1986
Ποιότητα 5.2: α) Εμπλουτισμός υδροφορέων με άμεση έγχυση	1 αυγό/10L	0 CFU/100m L	10 mg/L	2 NTU	
Ποιότητα 5.3 α) Άρδευση για ξυλεία, πράσινων χώρων και άλλων χώρων που δεν είναι προσβάσιμοι στο κοινό β) Δασοκομία	Μη ορισμένο	Μη ορισμένο	35 mg/L	Μη ορισμένο	Άλλοι ρύποι που περιλαμβάνονται στην άδεια για απόρριψης των εκροών επεξεργασμένων λυμάτων: διάθεση αυτών των στο περιβάλλον πρέπει να είναι περιορισμένη. Σε περίπτωση επικίνδυνων ουσιών, η χρήση ανακτημένου νερού πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος.

	Εντερικά νηματώδη	E. Coli	Αιωρούμενα στερεά	Θολερότητα	Άλλα κριτήρια
Ποιότητα 5.4 α) Άλλες περιβαλλοντικές χρήσεις (συντήρηση υγροτόπων, ελάχιστων απορροών κλπ)	Οι ελάχιστες απαιτήσεις ποιότητας ορίζονται κατά περίπτωση				

1: Ολικό άζωτο: το άθροισμα του οργανικού και ανόργανου αζώτου στα δείγματα

3.6 Οδηγία της Γαλλίας

Στη Γαλλία η επαναχρησιμοποίηση νερού ρυθμίζεται σύμφωνα με Υπουργική Απόφαση, η οποία εκδόθηκε τον Αύγουστο του 2010 και σχετίζεται με τη χρήση νερού από επεξεργασμένα αστικά απόβλητα για γεωργική άρδευση ή άρδευση χώρων πρασίνου.

Η απόφαση αυτή προβλέπει νομικά δεσμευτικές διατάξεις, ενώ η προέλευση του νερού επαναχρησιμοποίησης προβλέπεται ρητά και αναφέρεται στην υγρή απορροή επεξεργασμένων λυμάτων από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων με μικτό οργανικό φορτίο μεγαλύτερο από τα 1.2 kg BOD₅/day.

Στην απόφαση υπάρχει πρόβλεψη για 11 επιτρεπόμενες χρήσεις, όπως ακολουθούν:

- Καλλιέργειες τροφίμων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και καταναλώνονται ωμά
- Καλλιέργειες τροφίμων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση έπειτα από θερμική επεξεργασία
- Λιβαδικές εκτάσεις
- Χώρους αναψυχής (γήπεδα γκολφ, δάση ανοιχτά στο κοινό)
- Άνθη που πωλούνται κομμένα
- Άνθη
- Σε φυτώρια και θάμνους
- Κτηνοτροφικές καλλιέργειες
- Άλλες καλλιέργειες δημητριακών
- Παραγωγή φρούτων
- Εκμεταλλεύσιμα δάση με περιορισμένη προσβασιμότητα από το κοινό

Η συγκεκριμένη απόφαση ορίζει 4 επίπεδα ποιότητας όπως καταγράφονται στον Πίνακα 20, καθένα από τα οποία λαμβάνει ειδικές αριθμητικές τιμές ορίων για ένα σύνολο παραμέτρων. Το απαιτούμενο επίπεδο ποιότητας ορίζεται για κάθε κατηγορία. Η λεπτομέρεια της γαλλικής προσέγγισης έγκειται στο γεγονός ότι το πρόγραμμα παρακολούθησης που τίθεται σε εφαρμογή εν μέρει βασίζεται στην παρακολούθηση της ποιότητας της ύλης καθαρισμού λυμάτων και των γεωργικών εδαφών, αναφορικά με την γαλλική νομοθεσία για την αγροτική χρήση της λυματολάσπης. Η ποιότητα της λυματολάσπης θεωρείται ένας αξιόπιστος δείκτης για τη συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων αναφορικά με την απομάκρυνση των παθογόνων και άλλων επικίνδυνων ουσιών.

Ταυτόχρονα προβλέπονται και απαγορεύσεις για τα παρακάτω:

- Άρδευση με ανεπεξέργαστα λύματα
- Άρδευση με επεξεργασμένο νερό προερχόμενο από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων που είναι συνδεδεμένες με εγκαταστάσεις επεξεργασίας συγκεκριμένων ζωικών υποπροϊόντων

- Άρδευση με επεξεργασμένα λύματα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας των οποίων η λυματολάσπη δεν συμμορφώνεται με τις οριακές τιμές που προβλέπονται από τη γαλλική νομοθεσία για την αγροτική χρήση λυματολάσπης
- Άρδευση με επεξεργασμένα λύματα σε εδάφη που δεν συμμορφώνονται με τις οριακές τιμές που ορίζονται στη γαλλική νομοθεσία για την αγροτική χρήση λυματολάσπης
- Άρδευση με επεξεργασμένα λύματα κοντά σε περιοχές προστασίας πόσιμου νερού και θέσεων υδροληψίας (εκτός ορισμένων εξαιρέσεων)

Ο Πίνακας 22 δείχνει τις απαγορεύσεις και τις επιτρεπτές χρήσεις, όπως καταγράφονται στη γαλλική νομοθεσία.

Οι παράμετροι που εξετάζονται για την ποιότητα του νερού επαναχρησιμοποίησης είναι τα αιωρούμενα στερεά, το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, τα faecal coliforms, οι βακτηριοφάγοι F-specific, η E. coli και τα σπόρια των αναερόβιων βακτηρίων που μειώνουν τα θειικά άλατα. Επιπλέον, θεσπίζονται ειδικές παράμετροι για τη λυματολάσπη και τα αγροτικά εδάφη, σύμφωνα με τη γαλλική νομοθεσία για τη διάθεση λυματολάσπης.

Όσον αφορά την παρακολούθηση, θεσπίζεται η ελάχιστη απαιτούμενη συχνότητα για την παρακολούθηση της E.coli, για τα διαφορετικά επίπεδα ποιότητας.

Ο διαχειριστής της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή του προγράμματος παρακολούθησης (στην έξοδο της εγκατάστασης) συμπεριλαμβανομένων:

- Τη δειγματοληψία και την ανάλυση της E. Coli, σύμφωνα με ένα ειδικό πρόγραμμα
- Την ετήσια παρακολούθηση και των 6 παραμέτρων
- Την παρακολούθηση της ποιότητας της παραγόμενης από την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων λυματολάσπη (τουλάχιστον 4 φορές τον χρόνο)

Τα αποτελέσματα της παρακολούθησης πρέπει να κοινοποιούνται στη νομαρχία, τους εμπλεκόμενους δήμους και τους χρήστες των αρδευόμενων εκτάσεων. Σε περίπτωση που μία παράμετρος περνά την οριακή τιμή, τότε ο διαχειριστής θα πρέπει να πληροφορήσει τους προαναφερθέντες οργανισμούς και χρήστες.

Ταυτόχρονα, τουλάχιστον κάθε 10 χρόνια, ο χρήστης των αρδευόμενων εκτάσεων θα πρέπει να εκτελεί αναλύσεις εδαφικών δειγμάτων με σκοπό τον εντοπισμό στοιχείων που αναφέρονται στη γαλλική νομοθεσία για την γεωργική χρήση της λυματολάσπης.

Τα αποτελέσματα θα πρέπει να κοινοποιούνται στο διαχειριστή της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Μέτρα για την ανίχνευση των παραπάνω στοιχείων αποτελεί η τήρηση μητρώου που υποδεικνύει:

- τη θέση και τον τύπο της καλλιέργειας
- τον όγκο του νερού επαναχρησιμοποίησης που διατέθηκε για την άρδευση
- το χρόνο κατά τον οποίο αρδεύονται οι καλλιέργειες

- τα επαναχρησιμοποιούμενα ύδατα
- τα αποτελέσματα του προγράμματος παρακολούθησης (για τα ανακτημένα ύδατα, την ιλύ και τα εδάφη)

Κατά την εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης νερού απαιτούνται αρκετά μέτρα για την αποφυγή των κινδύνων διασταυρούμενης μόλυνσης μεταξύ του δικτύου των ανακτηθέντων, του δικτύου ύδρευσης και του δικτύου πόσιμου νερού. Ταυτόχρονα, πρέπει να περιορίζονται οι αποστάσεις μεταξύ των περιοχών που αρδεύονται με επεξεργασμένα λύματα και των άλλων περιοχών. Πιο συγκεκριμένα, στον Πίνακα 21, ορίζονται οι τεχνικές απαιτήσεις και οι ελάχιστες αποστάσεις των αρδευόμενων οικοπέδων για άρδευση με ψεκασμό, αλλά και οι ελάχιστες αποστάσεις από τις προστατευόμενες δραστηριότητες, στον Πίνακα 23. Επίσης, πρέπει να γίνει θέσπιση της μέγιστης επιτρεπόμενης κλίσης του εδάφους εφαρμογής και τέλος να μην πραγματοποιείται άρδευση με ψεκασμό εάν η ταχύτητα του ανέμου υπερβαίνει τις καθορισμένες τιμές. Ακόμη, επισημαίνεται ότι υπάρχουν και περιορισμοί στο πεδίο. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση γης χωρίς βλάστηση με κλίση μεγαλύτερη του 7%, επιτρέπεται μόνο τοπική άρδευση, όπως ορίζεται στο άρθρο 2. Απαγορεύεται η άρδευση με επεξεργασμένα λύματα κορεσμένων εδαφών, προκειμένου να αποφευχθεί η απόρριψη επεξεργασμένων λυμάτων εκτός του χώρου. Στο καρστικό περιβάλλον, η άρδευση είναι δυνατή μόνο με την ποιότητα του νερού Α και Β και μόνο σε εκτάσεις με βαθύ έδαφος (ελάχιστο ένα μέτρο) με κάλυψη βλάστησης. Επιπλέον, εάν η κλίση αυτών των εδαφών υπερβαίνει το 3%, η άρδευση πρέπει να εφαρμόζεται τοπικά.

Για τη χρήση τέτοιου νερού χορηγείται άδεια από τη νομαρχία πριν από την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων, η οποία μπορεί να υποβληθεί από τον φορέα εκμετάλλευσης της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων ή από τον ιδιοκτήτη της αρδευόμενης γης. Τα περιεχόμενα του φακέλου της αίτησης καθορίζονται από τον κανονισμό (2).

Στη Γαλλία, έχουν γίνει αρκετές αναφορές για τους κινδύνους της δημόσιας υγείας ως μέρος της ανάπτυξης της εθνικής νομοθεσίας για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων. Μία από αυτές τις αναφορές συμπέρανε ότι ο κίνδυνος για την υγεία αναφορικά με την επαναχρησιμοποίηση νερού για άρδευση ήταν συγκρίσιμος ή χαμηλότερος με αυτόν που σχετίζεται με τη γεωργική εφαρμογή λυματολάσπης, η οποία εφαρμόζεται σύμφωνα με τη σχετική νομοθεσία. Σε μια άλλη μελέτη, διεξήχθη αξιολόγηση επικινδυνότητας σε 10 ουσίες (hexachlorocyclohexane, dieldrin, Di (2-ethylhexyl) phthalate, pentachlorophenol, chromium, nickel, cobalt, arsenic, cadmium, lead) και προέβλεψε την απουσία δυσμενών επιδράσεων για τον πληθυσμό στις συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν σε επεξεργασμένα λύματα. Ένα καλό επίπεδο αποδοχής όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση νερού βρέθηκε μέσω έρευνας: η πλειοψηφία του γαλλικού πληθυσμού (68%) συμφώνησε να καταναλώσει φρούτα και λαχανικά που είχαν αρδευτεί με επαναχρησιμοποιημένο νερό. Ωστόσο, η έρευνα έδειξε ότι λιγότερο από το μισό του πληθυσμού (45%) θα δεχόταν την οικιακή παροχέτευση πόσιμου νερού παραγμένου από επεξεργασμένα λύματα. Επιπλέον, διεξήχθη και μια έρευνα αντίληψης στα πλαίσια του έργου επαναχρησιμοποίησης του

Clermont (για την άρδευση καλλιεργειών) και έδειξε υψηλή αποδοχή από τους κατοίκους της κοντινής περιοχής (12).

Η κατανάλωση νερού για κτηνοτροφία αυξάνεται έντονα στη νοτιοδυτική Γαλλία και πιο συγκεκριμένα στην περιφέρεια του Παρισιού, ενώ η κατανάλωση για τη βιομηχανική χρήση δείχνει να μειώνεται και για την οικιακή χρήση έχει φτάσει ένα άνω όριο από το οποίο τώρα αποκλίνει καθοδικά, αλλά με αργούς ρυθμούς. Επιπρόσθετα στην αυξανόμενη ζήτηση νερού για αγροτικούς σκοπούς, μερικές αρδευόμενες καλλιέργειες (όπως το καλαμπόκι) έχουν διαδοθεί ευρύτερα, ενώ περιοδικά έχουν εμφανιστεί περιστατικά ξηρασίας. Στο παραπάνω από το ένα τρίτο της χώρας, η στάθμη του νερού πέφτει καθώς οι φθινοπωρινές και χειμερινές βροχές δεν επαρκούν για την αναπλήρωση των ποσοτήτων που αντλούνται κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι (5).

Δεν υπάρχουν πρόσφατα στοιχεία για τον συνολικό όγκο του ανακτημένου νερού επαναχρησιμοποίησης στη Γαλλία (τα πιο πρόσφατα δεδομένα είναι από το 2007: 19,200 m³/day σύμφωνα με τους Jimenez et al, (13)). Μέχρι το 2015, υπήρχαν περίπου 40 έργα επαναχρησιμοποίησης, τα περισσότερα από τα οποία είναι αρδευτικά έργα (γεωργία, δημόσιοι χώροι, γήπεδα γκολφ και αγώνων) (2). Ωστόσο, σύμφωνα με μοντέλο που αναπτύχθηκε από το πρόγραμμα AQUAREC έγινε πρόβλεψη επαναχρησιμοποίησης για τη Γαλλία μέχρι το 2025 για ποσότητα της τάξης των 112 εκ. m³/year (14).

Λόγω των καλών υδραυλικών υποδομών και των επαρκών βροχοπτώσεων σε όλη τη χώρα, η Γαλλία δεν χρειάζεται να αυξήσει τους πόρους εξαρτώμενη έντονα στην επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Μέχρι πρότινος, εκτός από τα μεγάλα έργα στο Παρίσι, οι μεγάλες εφαρμογές για την επαναχρησιμοποίηση έχουν περιοριστεί σε περιφερειακές μικρές κοινότητες και νησιά, κυρίως λόγω του κόστους τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Ωστόσο, τα εφαρμοσμένα έργα καλύπτουν περισσότερο από 3,000 ha γης, καθώς και μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών: κηπευτικά, οπωρώνες, δημητριακά, δενδρώδεις καλλιέργειες και δασικές εκτάσεις, λιβαδικές εκτάσεις και γήπεδα γκολφ (5).

Η επαναχρησιμοποίηση βιομηχανικών υγρών αποβλήτων έπειτα από επεξεργασία για την παροχή νερού ψύξης, νερού πλύσεων ή ακόμα και νερό διεργασιών μετά από εξειδικευμένη συμπληρωματική επεξεργασία είναι καλά αναπτυγμένη στη Γαλλία. Υπάρχουν περισσότερα από 10 έργα MBR στην επεξεργασία βιομηχανικών υγρών αποβλήτων με παραδείγματα από τους τομείς του αυτοματισμού, της κλωστοϋφαντουργίας, του χαρτιού και των τροφίμων (9).

Πίνακας 20: Επίπεδα ποιότητας υγιεινής των επεξεργασμένων λυμάτων

Παράμετροι	Επίπεδο ποιότητας για την υγεία των επεξεργασμένων λυμάτων			
	A	B	C	D
Αιωρούμενα Στερεά (mg/L)	<15	Συμμορφώνεται με τις ρυθμίσεις της διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων στην έξοδο του σταθμού εκτός της αρδευτικής περιόδου		
COD (mg/L)	<60			
E.coli (CFU/100 mL)	≤ 250	≤ 10000	≤ 10000	-
Εντερόκοκκοι κοπράνων (λογαριθμική μείωση)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2
F-specific φάγοι RNA (λογαριθμική μείωση)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2
Σπόρια αναερόβιων θειαναγωγικών βακτηρίων (λογαριθμική μείωση)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2

Πίνακας 21: Περιορισμοί απόστασης για άρδευση με ψεκασμό

Χαρακτηριστικά ψεκαστήρων	Απόσταση ψεκαστήρα από την ευαίσθητη ζώνη (1)	
Έκταση	Με διαχωριστικά 2 και χαμηλή πίεση (2)	Σε άλλες περιπτώσεις
Μικρή: <10 m	5 m (3)	Δύο φορές την έκταση
Μέση: 10 m – 20 m	10 m (3)	
Μεγάλη: > 20 m	10 m (3)	
<p>(1) Κατοικίες, αυλές και κήποι κατοικιών, κυκλοφοριακές λωρίδες, δημόσιοι χώροι προσπέλασης και ελεύθερου χρόνου, δημόσια κτήρια και κτήρια οργανισμών, οποιαδήποτε κι αν είναι η κατεύθυνση και η ταχύτητα του κυρίαρχου ανέμου</p> <p>(2) Θαμνώδη φυτά ή σταθερά ή κινητά διαχωριστικά, όπως τοίχοι, ανεμοφράκτες, πάνελ απόκρυψης κλπ., το ύψος των οποίων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με την κορυφή του ψεκαστήρα</p> <p>(3) Η τιμή αυτή αυξάνεται με την έκταση της περιοχής που καλύπτεται από τη διαβροχή.</p>		

Πίνακας 22: Περιορισμοί χρήσης

Τύπος χρήσης	Επίπεδο ποιότητας για την υγεία των επεξεργασμένων λυμάτων			
	A	B	C	D
Λαχανικά, φρούτα και καλλιέργειες οσπρίων που δεν επεξεργάζονται με κατάλληλη βιομηχανική θερμική επεξεργασία (εκτός από το κάρδαμο(1))	+	-	-	-
Λαχανικά, φρούτα και καλλιέργειες οσπρίων που επεξεργάζονται με κατάλληλη βιομηχανική θερμική επεξεργασία	+	+	-	-
Βοσκότοποι (2)	+	+ (3)	-	-
Πράσινοι χώροι ανοιχτοί στο κοινό (4)	+ (5)	-	-	-
Λουλούδια που πωλούνται κομμένα	+	+ (6)	-	-
Φυτόρια, θάμνοι και άλλες καλλιέργειες λουλουδιών	+	+	+ (6)	-
Φρέσκια ζωοτροφή	+	+ (3)	-	-
Άλλα δημητριακά και καλλιέργειες βοσκής	+	+	+ (6)	-

Τύπος χρήσης	Επίπεδο ποιότητας για την υγεία των επεξεργασμένων λυμάτων			
	A	B	C	D
Οπορωφόρα δέντρα	+	+ (7)	+ (8)	-
Δασύλλια σύντομης ή πολύ σύντομης κυκλικής εναλλαγής, με ελεγχόμενη πρόσβαση του κοινού	+	+	+ (6)	+ (6)
Δάση, δασύλλια σύντομης κυκλικής εναλλαγής με ελεγχόμενη πρόσβαση του κοινού	-	-	-	-

+: επιτρεπτό, -: απαγορευμένο

- (1) Η επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού απαγορεύεται για το κάρδαμο
- (2) Κατά τον ψεκασμό, τα ζώα δεν πρέπει να βρίσκονται στο πεδίο τη ώρα λειτουργίας και οι ποτίστρες, σε περίπτωση που βραχούν, πρέπει να ξεπλένονται
- (3) Με την επιφύλαξη της τήρησης περιόδου άρδευσης 10 ημερών ελλείψει σφαγείου που συνδέεται με την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων και 21 ημερών απουσία σφαγείου που συνδέεται με τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων.
- (4) Η έκφραση «χώρος πρασίνου» περιλαμβάνει, αλλά δεν περιορίζεται σε: αυτοκινητόδρομους, νεκροταφεία, γήπεδα γκολφ, ιπποδρόμια, πάρκα, δημόσιους κήπους, κοινόχρηστους χώρους, κυκλικούς κόμβους και άλλες κατοικίες, πλατείες, στάδια κ.λπ.
- (5) Άρδευση εκτός ανοικτής στο κοινό ώρας ή αποκλεισμός στους χρήστες κατά την άρδευση και δύο ώρες μετά την άρδευση στην περίπτωση κλειστών χώρων πρασίνου. Άρδευση κατά τις ώρες χαμηλής προσέλευσης και απαγόρευση πρόσβασης στους περαστικούς κατά τη διάρκεια της άρδευσης και δύο ώρες μετά την άρδευση σε περίπτωση μόνιμα ανοιχτών χώρων πρασίνου.
- (6) Μόνο με τοπική άρδευση, όπως ορίζεται στο άρθρο 2.
- (7) Απαγορεύεται κατά τη διάρκεια της περιόδου από την άνθηση μέχρι τη συγκομιδή για μη μεταποιημένα φρούτα, εκτός από την περίπτωση άρδευσης με σταγόνες.
- (8) Μόνο με στάγδην.

Σε περίπτωση θερμοκηπιακών καλλιιεργειών, όπως ορίζεται στο άρθρο 2, επιτρέπεται μόνο τοπική άρδευση. Σε περίπτωση μικρο-ψεκαστήρων, η είσοδος στο θερμοκήπιο απαγορεύεται κατά τη διάρκεια και για μια ώρα μετά την άρδευση.

Πίνακας 23: Περιορισμοί αποστάσεων

Φύση των προστατευόμενων δραστηριοτήτων	Επίπεδο ποιότητας υγιεινής των επεξεργασμένων λυμάτων		
	A	B	C και D
Υδάτινο σώμα (1)	20 m	50 m	100 m
Λεκάνη υδατοκαλλιέργειας (εκτός από φίλτρα οστρακοειδών) Ιχθυοκαλλιέργειες συμπεριλαμβανομένου του ψαρέματος αναυλχής	20 m	50 m	100 m
Οστρακόδερμα Ψάρεμα με τα πόδια των φίλτρων οστρακοειδών	50 m	200 m	300 m
Κολύμβηση και θαλάσσια σπορ	50 m	100 m	200 m
Εκτροφή βοοειδών	50 m	100 m	200 m
Κάρδαμο	50 m	50 m	300 m
(1) Με την εξαίρεση των υδάτινων σωμάτων που χρησιμοποιούνται ως έξοδοι για τις εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και ιδιωτικά υδάτινα σώματα όπου η πρόσβαση είναι ελεγχόμενη και δεν λαμβάνουν χώρα δραστηριότητες όπως η κολύμβηση, τα θαλάσσια σπορ και υδάτινες δραστηριότητες, το ψάρεμα και το πότισμα ζώων.			

3.7 Λοιπές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που εξετάζονται στη συνέχεια, η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων δεν είναι από τις κυριότερες πρακτικές που εφαρμόζονται. Έτσι δίνονται πληροφορίες που αποτυπώνουν την κατάσταση αναφορικά με την τεχνολογία αυτή, από τις οποίες και διαφαίνεται ότι δεν υπάρχει εμπειριστατωμένο νομικό πλαίσιο και οι τεχνολογίες επαναχρησιμοποίησης εφαρμόζονται σε περιορισμένο ή ερευνητικό πλαίσιο.

Αυστρία

Λόγω των άφθονων πηγών νερού, η επαναχρησιμοποίηση του νερού, δεν αποτελεί πρόβλημα για την Αυστρία. Ο βασικός στόχος της προστασίας του νερού στην Αυστρία είναι να γίνεται λογική χρήση του νερού καθώς και η ελαχιστοποίηση της ροής υλικών στα εισρέοντα ύδατα. Ο έλεγχος στην πηγή για πιθανή μόλυνση του νερού, αποτελεί υψηλή προτεραιότητα (5).

Βέλγιο

Λόγω του γεγονότος ότι έχουν αναπτυχθεί ταχύτατα εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, οι οποίες παλαιότερα ήταν περιορισμένες, έχουν βελτιωθεί αντίστοιχα και οι προοπτικές για πιθανή επαναχρησιμοποίηση. Το Βέλγιο είναι ένα κράτος το οποίο παρουσιάζει μεγάλο πρόβλημα λόγω του υψηλού δείκτη πιέσεων νερού. Φαίνεται ότι υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον στην επαναχρησιμοποίηση κυρίως για τη χρήση του ως νερό τροφοδοσίας στη βιομηχανία (νερό ψύξης σε εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής), εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων, βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας), την γεωργία και τον εμπλουτισμό των υδροφορέων αν και το ποσοστό των επεξεργασμένων λυμάτων που επαναχρησιμοποιείται παραμένει πολύ περιορισμένο. Επιπλέον, έχουν παρατηρηθεί πολλά περιστατικά μη προγραμματισμένης έμμεσης επαναχρησιμοποίησης (5). Ενώ δεν υπάρχει νομοθεσία στο Βέλγιο για την επαναχρησιμοποίηση του νερού για εμπλουτισμό υδροφορέων, π.χ. η εγκατάσταση νερού Torreele έχει επαναχρησιμοποιήσει αστικά επεξεργασμένα λύματα για την παραγωγή νερού που πρόκειται να διηθηθεί για τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων (14).

Βουλγαρία

Αν και υπάρχει έλλειψη πληροφοριών για την επαναχρησιμοποίηση στη Βουλγαρία, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το υψηλό δυναμικό επαναχρησιμοποίησης για το 2025 που εκτιμάται από την AQUAREC (496 εκατομμύρια m³/ έτος) φαίνεται πολύ αισιόδοξο, δεδομένου ότι το επίπεδο επαναχρησιμοποίησης του 2000 είναι σχεδόν μηδενικό. Δεν αναμένεται σημαντική αύξηση της επαναχρησιμοποίησης στο εγγύς μέλλον, επειδή οι διαδικασίες επεξεργασίας στις αστικές ΕΕΑ δεν επαρκούν για την παραγωγή ανακυκλωμένου νερού επαρκούς ποιότητας (14). Επιπλέον, η Βουλγαρία είναι μεταξύ των κρατών μελών με τα χαμηλότερα ποσοστά συμμόρφωσης όσον αφορά τις απαιτήσεις συλλογής λυμάτων του UWWTD (κάτω από 30% το 2009/2010) (ΕΚ, 2013 που αναφέρεται στο ΒΙΟ, 2015).

Κροατία

Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένου νερού στην Κροατία υπό οποιαδήποτε μορφή δεν έχει εφαρμοστεί μέχρι στιγμής. Οι περισσότερες από τις πόλεις της στις παράκτιες περιοχές, αν και μικρές, χαρακτηρίζονται από υψηλή διακύμανση του πληθυσμού (τουρίστες) και ως εκ τούτου άνιση παραγωγή λυμάτων. Τα προεπεξεργασμένα λύματα απορρίπτονται στη θάλασσα διαμέσου μακριών βυθισμένων σωληνώσεων. Πριν την απόρριψη των λυμάτων υπάρχει μόνο προεπεξεργασία. Η κύρια δυνατή μελλοντική χρήση για το ανακτηθέν νερό, θα μπορούσε να είναι η άρδευση καλλιεργειών δένδρων, αμπελώνων, ελαιόδεντρων κλπ. καθώς και για άρδευση τοπίου.

Δημοκρατία της Τσεχίας

Παρόλο που η ποιότητα των επιφανειακών υδάτων βελτιώθηκε σημαντικά από τη δεκαετία του 1990, εξακολουθεί να υπάρχει ανάγκη επικέντρωσης στην απόρριψη της ρύπανσης και στη βελτίωση της επεξεργασίας λυμάτων. Υπάρχει αμελητέα επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων, καθώς δεν υπάρχει κανένα θεσμικό πλαίσιο. Μόνο τα βιομηχανικά λύματα επαναχρησιμοποιούνται σε περίπτωση που προκύπτουν συνολικά οικονομικά και οικολογικά πλεονεκτήματα. Η επαναχρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων είναι σήμερα αμελητέα, αλλά αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον, η κύρια χρήση των οποίων θα είναι η άρδευση (5), ενημερωμένο από το Υπουργείο Περιβάλλοντος:2015).

Δανία

Οι υψηλές τιμές νερού ενθαρρύνουν τις βιομηχανίες να ανακυκλώνουν το νερό επεξεργασίας και ψύξης (9). Σήμερα υπάρχουν λίγες περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης νερού στη Δανία, ωστόσο σημαντικό ενδιαφέρον για την επαναχρησιμοποίηση του νερού προέκυψε πρόσφατα, ως ένας τρόπος διατήρησης πόρων υψηλής ποιότητας για πόσιμο νερό. Το 100% του πόσιμου νερού στη Δανία προέρχεται τώρα από τα υπόγεια ύδατα και επειδή αυτό το νερό είναι υψηλής ποιότητας, δεν είναι χλωριωμένο. Το Υπουργείο Περιβάλλοντος της Δανίας επικεντρώνεται στην επάρκεια του νερού ως αποτέλεσμα της πίεσης στους υδάτινους πόρους - ειδικά στην Ανατολική Δανία. Τα εργοστάσια έχουν αυξημένο ενδιαφέρον στη βελτιστοποίηση σαν αποτέλεσμα των υψηλών τιμών νερού και ηλεκτρικής ενέργειας. Η Δανία εστιάζει όλο και περισσότερο στις δυνατότητες χρήσης νερού άλλης ποιότητας από το πόσιμο νερό (2). Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα είναι η βιομηχανική συμβίωση του Kalundborg όπου πολλές εταιρείες μεταξύ άλλων παρέχουν και ανακυκλώνουν μεταξύ τους τα λύματα (9).

Εσθονία

Στην Εσθονία δίνεται μεγάλη προσοχή στην επεξεργασία λυμάτων. Σε αρκετές πόλεις έχουν μπει σε εφαρμογή τα τελευταία χρόνια νέες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων που διαθέτουν σύγχρονη τεχνολογία. Ωστόσο, η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων δεν εφαρμόζεται στην Εσθονία παρά μόνο σε περιορισμένο ποσοστό σε ορισμένες βιομηχανικές επιχειρήσεις (9). Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να ονομαστεί ανακύκλωση σε κατά περιπτώσεις καθαρά λύματα (Janikovski, 2004). Τα τελευταία χρόνια μόλις έχουν αρχίσει να διερευνώνται οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών λυμάτων, αν και η χώρα δεν διαθέτει πρόβλημα ως προς τα υδάτινα αποθέματα της. Προς το παρόν, τα επεξεργασμένα αστικά λύματα δεν επαναχρησιμοποιούνται επειδή αυτό δεν επιτρέπεται από την εθνική νομοθεσία (2).

Φινλανδία

Με κατά κεφαλήν διαθεσιμότητα νερού άνω των 20.000 m³ / έτος, και με Δείκτη Εκμετάλλευσης Υδάτων περίπου στο 2%, η Φινλανδία δεν χρειάστηκε ποτέ να εξετάσει την επαναχρησιμοποίηση του ανακυκλωμένου νερού για άρδευση ή για οποιαδήποτε άλλη χρήση, για το θέμα αυτό. Επιπλέον, η ανάγκη άρδευσης στη γεωργία είναι αρκετά χαμηλή. Η χρήση του νερού για την άρδευση είναι λιγότερο από 1% του διαθέσιμου νερού και το 90% αυτής της ποσότητας είναι υψηλής ποιότητας επιφανειακό νερό. Πρόσφατα, η επαναχρησιμοποίηση νερού - κυρίως επαναχρησιμοποίηση γκριζου νερού - έχει εξεταστεί σε σχέση με την αποδοτικότητα των πόρων και την πράσινη οικονομία της κοινωνίας και των βιομηχανιών. Η αποδοτικότητα των πόρων βελτιώθηκε σημαντικά με την ανακύκλωση του βιομηχανικού νερού διεργασιών (εσωτερική ανακύκλωση) έτσι ώστε η χρήση νερού ανά τόνο προϊόντος να έχει μειωθεί αισθητά (9), επικαιροποίηση από το Υπουργείο Περιβάλλοντος:2015).

Γερμανία

Στη Γερμανία, η διαθέσιμη ποσότητα νερού φθάνει τα 188 δισεκατομμύρια m³ / έτος. Το 2010 μόνο το 17,4% του διαθέσιμου νερού χρησιμοποιήθηκε ως εξής: 11% από τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής 3,6% από τη βιομηχανία, 2,7% από τη δημόσια παροχή νερού και λιγότερο από 1% από τη γεωργία¹³³. Δεδομένου ότι το κύριο μέρος του νερού χρησιμοποιείται για ψύξη και αμέσως μετά τη χρήση απορρίπτεται, υπάρχει ελάχιστο κίνητρο για την ανακύκλωση των λυμάτων (2).

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού πραγματοποιείται στον βιομηχανικό τομέα. Επί του παρόντος, ο ρυθμός επαναχρησιμοποίησης του νερού στον βιομηχανικό τομέα είναι 4,3%. Αυτό το χαμηλό ποσοστό οφείλεται στο γεγονός ότι και οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας με την υψηλή τους απαίτηση σε νερό ψύξης υπολογίζονται στατιστικά ως βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Σήμερα, η γεωργική άρδευση δεν αντιπροσωπεύει μεγάλο ποσοστό της συνολικής επαναχρησιμοποίησης νερού στη Γερμανία (0,9%), ειδικά σε σύγκριση με τις χώρες

της νότιας Ευρώπης, αλλά μπορεί να έχει τοπικές επιδράσεις στη διαθεσιμότητα πόρων λόγω της μεγάλης αιχμής στη ζήτηση κατά τις θερινές περιόδους. Στη Γερμανία, η γη αρδευόταν με απόβλητα από τα τέλη του 19ου αιώνα (Seeger,1999). Αρχικά, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε ως μέσο για τη φυσική επεξεργασία των λυμάτων, αλλά λόγω του υψηλού επιπέδου μόλυνσης, στις περισσότερες περιπτώσεις η πρακτική αυτή σταμάτησε τη δεκαετία του 1980. Στον γεωργικό τομέα, η επαναχρησιμοποίηση νερού εφαρμόζεται μόνο σε δύο μικρής κλίμακας περιοχές με αμμώδη εδάφη. Σε αυτές τις δύο περιοχές, τα ακατέργαστα λύματα χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν ως νερό άρδευσης, αλλά με την εφαρμογή της επεξεργασίας των λυμάτων παρέμεινε η μέθοδος άρδευσης. Σήμερα οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων τροφοδοτούν νερό άρδευσης είτε απευθείας στους χρήστες είτε μέσω διήθησης και εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων. Στον τομέα της γεωργίας, η επαναχρησιμοποίηση νερού εφαρμόζεται μόνο σε δύο περιοχές μικρής κλίμακας. Αυτό οφείλεται στην ιστορική ανάπτυξη όπου σε περιοχές με αμμώδη εδάφη η γεωργία ήταν πάντα εφικτή κατά την άρδευση. Παλαιότερα αυτό μπορούσε να επιτευχθεί με ακατέργαστα λύματα, αλλά με την εφαρμογή της επεξεργασίας λυμάτων η μέθοδος παρέμεινε. Σήμερα, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων παρέχουν το νερό άρδευσης με δύο τρόπους: διανέμουν το επεξεργασμένο νερό είτε απευθείας ή μέσω διήθησης και εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων.

Η επεξεργασία των λυμάτων λειτουργεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις της προβλεπόμενης χρήσης: χαμηλή αποδόμηση των θρεπτικών συστατικών επιτυγχάνεται το καλοκαίρι κατά τη διάρκεια της περιόδου βλάστησης, ενώ το χειμώνα τα λύματα απονιτροποιούνται, αφαιρείται ο φώσφορος και χρησιμοποιείται το επεξεργασμένο νερό για αναπλήρωση υπογείων υδροφορέων.

Σε ορισμένες περιοχές (π.χ. στην κοιλάδα Ruhr και στην κοιλάδα του Ρήνου) εφαρμόζεται επίσης, ο τεχνητός εμπλουτισμός των υπόγειων υδάτων για άρδευση. Ωστόσο, σε αυτές τις περιπτώσεις, τα επιφανειακά ύδατα ή το ποτάμι χρησιμοποιείται για την παραγωγή πόσιμου νερού. Σύμφωνα με πληροφορίες που παρέχονται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, ο κύριος λόγος για τη μικρή εφαρμογή των λύσεων επαναχρησιμοποίησης (εκτός του κλάδου) είναι ότι νερό επαρκεί και μπορεί να διατίθεται από άλλες πηγές (9), επικαιροποίηση από το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Περιβάλλοντος:2015).

Παραδείγματα προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης στο γερμανικό χώρο αποτελούν (2):

- Η επαναχρησιμοποίηση για εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα στο Βερολίνο (ενημερωτικά φύλλα Veolia)

Για 120 χρόνια, ο Δήμος του Βερολίνου βασιζόταν στην ανακύκλωση των κατάλληλα επεξεργασμένων λυμάτων που αναμειγνύονταν με το επιφανειακό νερό. Αυτό το νερό έπρεπε να διηθηθεί καθώς εμπλούτιζε υδροφορείς που χρησιμοποιούνταν ως πηγή πόσιμου νερού. Το Βερολίνο δημιούργησε μια ολοκληρωμένη διαχείριση του κύκλου

του νερού με τη χρήση επαναχρησιμοποιούμενου νερού για τον εμπλουτισμό υδροφόρων οριζόντων. Σε γενικές γραμμές οι λεκάνες διήθησης περιέχουν μεταξύ 14 και 28% του επεξεργασμένου νερού του Βερολίνου. Το διήθημα μερικώς εμπλουτίζεται τα υπόγεια ύδατα που παρέχουν πόσιμο νερό στο Βερολίνο. Η προχωρημένη επεξεργασία αποτρέπει την περιβαλλοντική ρύπανση των ευαίσθητων επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

- Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση στο Braunschweig (Fuhrmann, 2012)

Η επαναχρησιμοποίηση για άρδευση και η διήθηση του επεξεργασμένου νερού για μεταγενέστερη επαναχρησιμοποίηση έχει λειτουργήσει για δεκαετίες. Συνολικά, πάνω από 3.000 εκτάρια αρδεύονται (ψεκάζονται) με ανακυκλωμένο νερό από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων του Braunschweig. Κατά μέσο όρο, 16 εκατομμύρια m³/έτος χρησιμοποιούνται για άμεση άρδευση και 6 εκατομμύρια m³/έτος διηθούνται και επαναχρησιμοποιούνται αργότερα, χρησιμοποιώντας ένα σύστημα διήθησης – αποστράγγισης.

Ουγγαρία

Δεν υπάρχει νομοθεσία σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ουγγαρία. Ωστόσο, το εθνικό πρόγραμμα περιβάλλοντος, κάτω από την απόφαση 96/2009 (XII.9) του Κοινοβουλίου και το σχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών προωθούν την αειφόρο χρήση του νερού και την ανακύκλωση του νερού μέσω αντικειμενικών στόχων για την προστασία και τη διατήρηση της ποιότητας και της ποσότητας του νερού. Τα προγράμματα αυτά συνηγορούν στην επαναχρησιμοποίηση του νερού τοπικά μέσω της χρήσης του γκρι νερού και ανά περιοχή μέσω της χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση, όπου οι περιοχές επηρεάζονται από τη λειψυδρία (15)

Ιρλανδία

Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων δε φαίνεται να εφαρμόζεται στην Ιρλανδία. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στη συλλογή βρόχινου νερού και στην επαναχρησιμοποίηση γκρι νερού. (2)

Λετονία

Στη Λετονία, η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένου νερού δεν είναι υψηλή προτεραιότητα και έτσι δεν υπάρχει σχετικό νομοθετικό πλαίσιο (5).

Λιθουανία

Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων δεν έχει αναπτυχθεί και δεν υπάρχουν παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης του νερού στις βιομηχανίες. Μόνο ένα μικρό ποσοστό τέτοιων αστικών λυμάτων θα μπορούσε να επαναχρησιμοποιηθεί σε βοηθητικές τεχνολογικές διεργασίες (9).

Λουξεμβούργο

Καθώς το Λουξεμβούργο δεν έχει κανένα πραγματικό πρόβλημα στην παροχή φρέσκου πόσιμου νερού, η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων δεν κατέχει υψηλή θέση στην ημερήσια διάταξη της χώρας. Υπάρχει μεγαλύτερη έμφαση στην συλλογή των ομβρίων υδάτων. Παρ' όλα αυτά, για να προστατευτούν οι υδάτινες πηγές του ειδικά το καλοκαίρι, όταν τα επίπεδα είναι χαμηλά, έχουν γίνει κάποιες προβλέψεις: η βιομηχανία γενικά ενθαρρύνεται να ανακυκλώνει το νερό των διεργασιών και το νερό ψύξης. Η χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων εξετάζεται για προσθήκη υγρασίας στη βιομηχανία λιπασματοποίησης (9), επικαιροποίηση από την Υπηρεσία Υδάτων του Λουξεμβούργου:2015).

Μάλτα

Το έλλειμμα νερού στη Μάλτα είναι οξύ. Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση εφαρμόζεται από το 1884 για να διατηρηθεί το γλυκό νερό για οικιακή χρήση. Το 1986, εξετάστηκε η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης βιομηχανικών λυμάτων. Υπάρχουν δύο μεγάλες βιομηχανίες κατανάλωσης νερού στη Μάλτα: η Enemalta, που είναι ένας θερμοηλεκτρικός σταθμός και η Malta Drydocks, ένα ναυπηγείο. Η χρήση του επεξεργασμένου νερού για βιομηχανικούς σκοπούς εξαρτάται κυρίως από τις οικονομικές συνθήκες, δηλαδή από τη σύγκριση του συνολικού κόστους του ανακυκλωμένου νερού με άλλες πηγές νερού όπως αφαλατωμένο θαλασσινό νερό (9).

Σύμφωνα με Υπουργείο Περιβάλλοντος, η επεξεργασία των λυμάτων για επαναχρησιμοποίηση στα νησιά της Μάλτας ξεκίνησε το 1983 θέτοντας σε λειτουργία το σταθμό επεξεργασίας λυμάτων Sant 'Antnin. Ο σκοπός ανάπτυξης αυτής της μονάδας επεξεργασίας ήταν η δημιουργία μιας νέας παροχής νερού για γεωργική και βιομηχανική χρήση στη νοτιοανατολική περιοχή των νησιών.

Στη Μάλτα είναι υπό ανάπτυξη το πλαίσιο του εθνικού σχεδίου διαχείρισης των υδάτων. Το σχέδιο αυτό θα επιδιώξει την ολοκληρωμένη χρήση του νερού και τη διαχείριση της ζήτησης νερού για την αντιμετώπιση των χρόνιων συνθηκών λειψυδρίας στα νησιά. Σημειώνεται επίσης ότι σύμφωνα με αυτό το σχέδιο διαχείρισης, η χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων θα ληφθεί υπόψη για ένα ευρύ φάσμα χρήσεων, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης του τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφορέων (2).

Ολλανδία

Γενικότερα, η Ολλανδία είναι μια χώρα άφθονη σε νερό, χωρίς σημαντική έλλειψη νερού. Η έλλειψη νερού μπορεί μερικές φορές να συμβεί σε συγκεκριμένες περιοχές. Ορισμένες περιοχές (κυρίως υπόγεια ύδατα εξαρτώμενα από χερσαία οικοσυστήματα στα νοτιοδυτικά, ανατολικά και βορειοανατολικά της χώρας) μπορούν να βιώσουν την έλλειψη νερού κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων.

Η επαναχρησιμοποίηση νερού για άρδευση είναι δυνατή μόνο όταν η ποιότητα του νερού είναι επαρκής: για άρδευση καλλιέργειας, το χλώριο και ο σίδηρος είναι οι περιοριστικές ουσίες επί του παρόντος. Η μικροβιολογική ποιότητα του νερού είναι ως επί το πλείστον υπερβολικά χαμηλή για να ανταποκρίνεται στα πρότυπα για το πόσιμο νερό στα βοοειδή και για τα νερά κολύμβησης. Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων μπορεί να είναι μια καλή επιλογή για ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές όπως τα συστήματα ψύξης, νερό για καθαρισμό κ.λ.π.

Μέχρι στιγμής, η συνολική ποσότητα ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στην Ολλανδία είναι μικρή. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετά καινοτόμα (πilotικά) έργα σε εξέλιξη. Σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται ανακυκλωμένο νερό για τη διατήρηση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων, για βιομηχανικές και για αστικές χρήσεις. Η χρήση επεξεργασμένου νερού εξαρτάται από την τοπική κατάσταση, όπως η διαθεσιμότητα "καλής ποιότητας" επεξεργασμένου νερού σε "ανταγωνιστική" απόσταση, σε σύγκριση με τα επιφανειακά ύδατα. Στο εγγύς μέλλον, η επαναχρησιμοποίηση είναι πιθανό ότι θα αυξηθεί. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού για τη βιομηχανία προκειμένου να αντικαταστήσει το πόσιμο νερό που προέρχεται από τα υπόγεια ύδατα χρησιμοποιείται για παράδειγμα από εταιρείες νερού και αποβλήτων στο Tilburg (Maas,2003) 142. Για τις βιομηχανίες, η ανακύκλωση του νερού είναι μια επιλογή εάν είναι οικονομικά αποδοτική. Για παράδειγμα, η DOW chemicals στην Terneuzen ανακυκλώνει τα δικά της απόβλητα για πολλά χρόνια και από το 2007 χρησιμοποιεί επίσης επεξεργασμένα αστικά λύματα από μια ΕΕΛ της πόλης Terneuzen. Ωστόσο, προβλέπεται ευρύτερη υιοθέτηση πρακτικών βιομηχανικής επαναχρησιμοποίησης νερού. Η διήθηση και η χρήση για άρδευση είναι πρόσθετες επιλογές.

Για τη γεωργία, τα λύματα θα αποθηκεύονται, ακόμα και θα επεξεργάζονται, για να πληρούν τα απαιτούμενα πρότυπα για αυτό το σκοπό. Επίσης εξετάζεται μια πρόσθετη επεξεργασία (διήθηση μέσω άμμου) μετά την τριτοβάθμια επεξεργασία, εάν τα λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εμπλουτισμό υπογείων υδάτων σε δασικές εκτάσεις ή άλλες φυσικές περιοχές.

Επιπλέον, από το 2014, μια ιδιωτική εταιρεία στην Ολλανδία λειτουργεί την εγκατάσταση επεξεργασίας νερού AquaReUse, οι οποία συλλέγει τα λύματα από δέκα εταιρίες κηπουρικής και τα χρησιμοποιεί για τους σκοπούς της επαναχρησιμοποίησης σαν νερό άρδευσης, ικανοποιώντας τα σχετικά κριτήρια ποιότητας των κηπουρών. Η εγκατάσταση χρησιμοποιεί ένα τεχνητό υγρότοπο, φίλτρα και αντίστροφη ώσμωση πριν τη χρήση του επεξεργασμένου νερού για άρδευση και επανατροφοδοσία-αποθήκευση των υπόγειων υδροφορέων. Κατά μέσο όρο, η εγκατάσταση παρέχει 123.000m³ νερού σε θερμοκήπια. Τα πλεονάζοντα ύδατα διοχετεύονται στο έδαφος για αποταμίευση του νερού (9), επικαιροποίηση από το Υπουργείο Περιβάλλοντος:2015).

Σλοβακία

Λόγω των άφθονων υδατικών πόρων, η επαναχρησιμοποίηση του νερού στη Σλοβακία δεν έχει λάβει μεγάλη προσοχή και εμφανίζεται κυρίως στη βιομηχανία. Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων συνιστάται μόνο εκεί που συμβάλλει στη μείωση της ρύπανσης ή / και του κόστους, αλλά θα μπορούσε να γίνει πιο σχετική στο μέλλον λόγω της αλλαγής του κλίματος. Επιπλέον, υπάρχουν ελάχιστα, έως καθόλου αποτελεσματικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων (9), επικαιροποίηση από το Υπουργείο Περιβάλλοντος:2015).

Σλοβενία

Η ανάπτυξη τεχνολογιών επεξεργασίας για διάφορους τύπους λυμάτων έχει ξεκινήσει αρκετά πρόσφατα. Μια από τις προτεραιότητες είναι η ανακύκλωση/ επαναχρησιμοποίηση του νερού. Δυστυχώς, οι ήδη κατασκευασμένες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται μόνο για μικρές κοινότητες και επομένως αναμένονται να ανακυκλωθούν περιορισμένες ποσότητες νερού. Αναμένεται ότι σύντομα θα χρησιμοποιηθούν ευρέως τεχνολογίες επαναχρησιμοποίησης/ανακύκλωσης νερού κυρίως και σε τουριστικές περιοχές (9).

Σουηδία

Παρά την υψηλή διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων και τον χαμηλό ρυθμό άντλησης ανανεώσιμων πηγών νερού (μόνο 2%), στη νοτιοανατολική περιοχή της Σουηδίας υπάρχει ενδιαφέρον για επαναχρησιμοποίηση των τριτοβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων των ΕΕΛ για άρδευση. Ο λόγος αυτής της επαναχρησιμοποίησης είναι ότι συμβάλλει στη διατήρηση των παράκτιων εισρεόντων υδάτων και στη διατήρηση των υπόγειων υδάτων για ευγενέστερες χρήσεις. Στη Σουηδία υπάρχουν περισσότερα από 40 έργα επαναχρησιμοποίησης που αποτελούνται από αποθήκευση λυμάτων μέχρι και 9 μήνες σε μεγάλες δεξαμενές πριν χρησιμοποιηθούν για άρδευση. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα λύματα αναμειγνύονται με επιφανειακό νερό. (5).

Σε περιοχές όπου το νερό είναι σπάνιο, ειδικά για άρδευση, τα λύματα θεωρούνται ως προφανής πόρος. Στη Σουηδία, τα απόβλητα συλλέγονται σε μεγάλες δεξαμενές για έως και εννέα μήνες πριν από την άρδευση. Τα οφέλη από αυτά τα έργα είναι κυρίως διπλά: α) Επεξεργασμένα απόβλητα με ασφαλή και οικονομικά ελκυστικό τρόπο και β) δημιουργία υδάτινων πόρων για γεωργική άρδευση. Αυτά τα συστήματα σήμαιναν ότι η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται με φθινό αλλά πολύ αποτελεσματικό τρόπο. Τα θρεπτικά συστατικά στα λύματα ανακυκλώνονται στις γεωργικές εκτάσεις και οι αγρότες προμηθεύονται με φθινό νερό άρδευσης. Είναι ωφέλιμο καθώς πρόκειται για πώληση νερού αντί για κατασκευή και λειτουργία ακριβών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων. Αντίστοιχα και για τους αγρότες, επειδή εξασφαλίζουν και αυξάνουν τις συγκομιδές τους και μπορούν επίσης να αγοράζουν νερό φθινοτέρα από ότι θα το αγόραζαν, εάν είχαν κατασκευάσει τα δικά τους συστήματα άρδευσης. Αυτό είναι

επίσης μια οικολογική λύση που αποφεύγει όλες τις απορρίψεις περισσότερο ή λιγότερο επεξεργασμένων λυμάτων (9).

Σύμφωνα με τη σουηδική ένωση ύδρευσης και λυμάτων (SWWA), στο νησί Gotland, τα δημοτικά λύματα από 900 κατοίκους επαναχρησιμοποιούνται για άρδευση στη γεωργία. Η ποσότητα νερού είναι περίπου 2,5% του συνόλου των αστικών λυμάτων που παράγονται στο νησί Gotland (2).

Πολωνία

Η παροχή νερού και η διάθεση λυμάτων όπως διεξάγεται στην Πολωνία στοχεύει πρώτον στη μείωση της κατανάλωσης των υδατικών πόρων και δεύτερον στο μετριασμό των επιπτώσεων στο υδάτινο περιβάλλον από τα λύματα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της μείωσης των ποσοτήτων των λυμάτων και του ρυπαντικού φορτίου, εξαλείφοντας περιβαλλοντικά επικίνδυνες ουσίες των λυμάτων, την εφαρμογή κλειστών κυκλωμάτων και την επαναχρησιμοποίηση και επεξεργασία των λυμάτων πριν τη διάθεσή τους στο περιβάλλον. Σύμφωνα με τις αναφορές του Υπουργείου Περιβάλλοντος, μέχρι το τέλος του 2005, θα έχουν εφαρμοστεί 323 επενδύσεις, 63 από τις οποίες αναβλήθηκαν για τα επόμενα χρόνια (9). Σύμφωνα με πιο πρόσφατες αναφορές (14), η Πολωνία έχει αναγνωριστεί ως κράτος μέλος με μικρή επαναχρησιμοποίηση νερού, αλλά με πιθανές πιέσεις νερού. Επομένως, βάσει της διαθεσιμότητας δεδομένων και της εμπειρογνωμοσύνης της ομάδας του έργου επιλέχθηκε για μελέτη, προκειμένου να δείξει τις πιθανές επιπτώσεις σε μια χώρα χωρίς ισχύουσα νομοθεσία και μικρή εμπειρία επαναχρησιμοποίησης.

Ρουμανία

Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων δεν έχει χρησιμοποιηθεί καθώς οι ήδη υπάρχοντες πόροι νερού είναι επαρκείς σε σύγκριση με τη ζήτηση (απαιτήσεις για συγκεκριμένες χρήσεις), αλλά και λόγω της μείωσης των οικονομικών δραστηριοτήτων και του πληθυσμού ((5), επικαιροποίηση από το Υπουργείο Περιβάλλοντος:2015)

Αναφορικά με τις ποσότητες των λυμάτων στη Ρουμανία το 2012:

- Ο συνολικός όγκος των συλλεγόμενων λυμάτων ήταν 4.985 Mm³, εκ των οποίων 2.198 Mm³ (44%) των λυμάτων που έπρεπε να υποστούν επεξεργασία
- Από την ποσότητα των 2.198 Mm³ λυμάτων: 560 Mm³ (25.5%), 819 Mm³ (37,3%) δεν έλαβαν επαρκή επεξεργασία και 819 Mm³ (37,2%) παρέμειναν ανεπεξέργαστα

Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων εξετάζεται, προς το παρόν, μόνο πειραματικά ως μέρος ερευνητικών έργων και δεν αποτελεί κύρια πρακτική. Επιπλέον, δεδομένων της μείωσης των καταναλώσεων νερού, της επαρκούς φυσικής τροφοδοσίας, αλλά και του μικρού ποσοστού αρδευόμενων εκτάσεων, δεν υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον η χώρα να στραφεί προς την επένδυση για τέτοιες πρακτικές. Μακροπρόθεσμα, ωστόσο, υπάρχει πιθανότητα ανάπτυξης ενδιαφέροντος για την επαναχρησιμοποίηση

λυμάτων, καθώς αναμένεται σημαντική αύξηση στη σύνδεση χρηστών στο αρδευτικό δίκτυο.

Παρόλο που το θεσμικό πλαίσιο επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, δεν υπάρχει κάποιο ειδικό πρότυπο ή κανονισμός για την άρδευση, τα οποία θα μπορούσαν να διευκολύνουν εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Επομένως, οι γεωργοί είναι ελεύθεροι να επιλέξουν εάν θα υιοθετήσουν νομικά δεσμευτικά πρότυπα για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων στη γεωργική άρδευση ή να συνεχιστούν με την παρούσα κατάσταση (να μην εφαρμόσουν τέτοιες πρακτικές). Επιπλέον, ο νόμος για τα ύδατα απαγορεύει τη διάθεση των λυμάτων (ακόμη και επεξεργασμένων) στα υπόγεια ύδατα. Ως εκ τούτου, νομικά δεσμευτικά πρότυπα θα μπορούσαν να εφαρμοστούν μόνο μετά την αλλαγή στις υπάρχουσες νομικές προβλέψεις, επομένως δεν προβλέπονται αλλαγές σε αυτό τον τομέα σε σύντομο ή μεσοπρόθεσμο ορίζοντα. Από πρακτική άποψη, η υιοθέτηση νομικά δεσμευτικών ελάχιστων απαιτήσεων απαιτούν τη συνδυασμένη εργασία διαφορετικών αρχών με σκοπό τη θέσπιση περισσότερων επαρκών απαιτήσεων παρακολούθησης για τα επεξεργασμένα λύματα, σε σύγκριση με την ισχύουσα νομοθεσία (2).

Ηνωμένο Βασίλειο

Σύμφωνα με τον Αγγελάκη, το Ηνωμένο Βασίλειο χρησιμοποιούσε επεξεργασμένο νερό από λύματα για να διατηρήσει τις παροχές των ποταμών και την οικολογική παροχή και, μέσω απολήψεων από τα ποτάμια, για να συμβάλει στην παροχή πόσιμου νερού. Η πρακτική αυτή, είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένη για τα κυριότερα ποτάμια στα Νότια και τα Ανατολικά, όπου δεν είναι πάντα εφικτό να γίνονται απολήψεις ανάντη των σημείων των εκροών επεξεργασμένων λυμάτων, καθιστώντας έτσι την περιοχή του Λονδίνου να μπορεί να λειτουργεί με επαρκή διαθεσιμότητα της τάξης των 265 m³/κατ./έτος. Παρά την έμμεση αυτή επαναχρησιμοποίηση, υπάρχουν και αρκετά παραδείγματα άμεσης επαναχρησιμοποίησης, κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς (γήπεδα γκολφ, πάρκα), αλλά και για εμπορική χρήση, όπως για παράδειγμα για την παραγωγή ενέργειας, πλύσιμο αυτοκινήτων, ψύξη και ιχθυοκαλλιέργειες.

Υπάρχουν αρκετά βιομηχανικά έργα (αεροναυπηγία, βιομηχανία χάρτου και η συσκευασία τροφίμων) όπου τα λύματα από τις διεργασίες επαναχρησιμοποιούνται, ανακουφίζοντας έτσι τις πιέσεις στο πόσιμο νερό και μειώνοντας το κόστος επεξεργασίας των λυμάτων και ανακτώντας θερμότητα. Γενικά, δεν υπάρχει σταθερός ή εκτεταμένος τρόπος επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων. Ιστορικά, υπάρχει επάρκεια νερού, έτσι έχουν αναπτυχθεί σχετικά λίγα παραδείγματα αναφορικά με τον τομέα, όπως για παράδειγμα στο Langford και το Old Ford, για την κάλυψη διάφορων αναγκών για τους ολυμπιακούς αγώνες του Λονδίνου το 2012.

Τα εφαρμοσμένα έργα περιπλέκονται, λόγω έλλειψης ξεκάθαρων οδηγιών τόσο για την ιδιοκτησία των λυμάτων όσο και συμφωνίας σε θέματα ποιότητας. Πληροφορίες και καθοδήγηση για την εγκατάσταση, την τροποποίηση και τη συντήρηση των

συστημάτων ανακτημένου νερού, καθώς και των αποχετευτικών έργων δημοσιεύτηκε από το Συμβουλευτικό Σχήμα για τους Κανονισμούς των Υδάτων τον Αύγουστο του 1999. Η ερευνητική ομάδα UKWIR με την AWWA και το Ίδρυμα Επαναχρησιμοποίησης Νερού δημοσίευσαν το 2005 ένα «Πλαίσιο για την ανάπτυξη κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης των υδάτων σχετικά με την παροχή πόσιμου νερού» ως βοήθημα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και για τον εντοπισμό των παραγόντων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή ενός έργου επαναχρησιμοποίησης νερού (9).

Στο Ηνωμένο Βασίλειο δεν υπάρχει προς το παρόν μεγάλη επαναχρησιμοποίηση νερού. Η UKWIR έχει αναλάβει το έργο «Δημιουργία ισχυρών συνθηκών για επαναχρησιμοποίηση νερού», το οποίο θα πρέπει να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τα ρυθμιστικά κωλύματα για την αυξημένη επαναχρησιμοποίηση νερού στο Ηνωμένο Βασίλειο (2).

3.8 Θεσμικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης

3.8.1 Οι κατευθύνσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την επαναχρησιμοποίηση

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει δηλώσει ότι θα αναλάβει μια σειρά δράσεων για την προώθηση της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων. Οι δράσεις αυτές περιλαμβάνουν και την ανάπτυξη ενός έργου το οποίο θα παρέχει ανεξάρτητες, έγκυρες και έγκαιρες συμβουλές για την ολοκλήρωση της εκτίμησης των επιπτώσεων των επιλογών πολιτικής που θα αναπτυχθούν στο πλαίσιο της επαναχρησιμοποίησης του νερού. Σύμφωνα με την πιο πρόσφατη αναθεώρηση, το έργο αυτό διαμορφώνεται ως ακολούθως:

Υπό την Εργασία 1:

- Συλλογή επιπρόσθετων πληροφοριών για τις ενέργειες που περιλαμβάνονται στις πολιτικές επαναχρησιμοποίησης για την παροχή σχετικών πληροφοριών στην Επιτροπή
- Υποστήριξη της Επιτροπής με την ανάπτυξη αναφοράς για την υποστήριξη της Εκτίμησης Επιπτώσεων μια νομοθετικής πρότασης, η οποία θα ορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση νερού για άρδευση και τεχνητό εμπλουτισμό, σε συνέχεια με τις πιο πρόσφατες οδηγίες της Επιτροπής για την Εκτίμηση Επιπτώσεων

Υπό την Εργασία 2:

- Υποστήριξη της Επιτροπής με την ανάπτυξη Στρατηγικής Κοινής Εφαρμογής οδηγιών για την ολοκληρωμένη επαναχρησιμοποίηση νερού στο σχεδιασμό και τη διαχείριση στα πλαίσια της οδηγίας πλαίσιο για το νερό

Υπό την Εργασία 2 προέκυψαν οι «οδηγίες για την ολοκληρωμένη επαναχρησιμοποίηση νερού στο σχεδιασμό και τη διαχείριση στα πλαίσια της οδηγίας πλαίσιο για το νερό», τον Ιούνιο του 2016, από την συνάντηση των EU water directors. Το άρθρο 5 της οδηγίας πλαίσιο απαιτεί μία ανάλυση των πιέσεων στα υδάτινα σώματα. Έτσι, τα κράτη – μέλη πρέπει να υιοθετήσουν συγκεκριμένα μέτρα για τη μείωση των υφιστάμενων πιέσεων και την πρόληψη των προβλεπόμενων πιέσεων. Πιθανό μέτρο είναι η επαναχρησιμοποίηση νερού, η οποία μπορεί επίσης να αποτελέσει εργαλείο για τη διαχείριση της ποιότητας του νερού με τον περιορισμό της διάθεσης των λυμάτων σε ευαίσθητα υδάτινα σώματα. Άλλη μία δράση αποτελεί η ανάπτυξη μιας νομοθετικής πρότασης για τα ελάχιστα κριτήρια ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση για τη γεωργική άρδευση και τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφόρων, η οποία υπόκειται σε εκτίμηση επιπτώσεων.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφαλής επαναχρησιμοποίηση νερού, είναι σημαντικό όχι μόνο να εφαρμόζονται πρότυπα ποιότητας νερού για κάθε συγκεκριμένη χρήση, αλλά και να εξασφαλίζεται η επαρκής και αξιόπιστη λειτουργία των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης και η κατάλληλη ρυθμιστική επιβολή. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σε διαβούλευση με φορείς εξετάζει τα πρότυπα ποιότητας για

την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένου νερού για τις δύο προαναφερθείσες χρήσεις, ως δράση αναδυόμενη από τις επιταγές της κυκλικής οικονομίας. Επομένως, οι κατευθυντήριες αυτές γραμμές δεν συνιστούν κάποια ιδιαίτερα πρότυπα, ωστόσο, παρέχουν πληροφορίες για τη φύση των προτύπων αυτών και αναφορές προτύπων που έχουν ήδη αναπτυχθεί και μπορεί να εφαρμοστούν, συμπεριλαμβανομένων στο ευρύτερο πλαίσιο της διαχείρισης κινδύνου.

Όπως έχει ήδη αναλυθεί, αρκετά κράτη-μέλη της Ε.Ε. έχουν ήδη αναπτύξει νομικώς δεσμευτικά πρότυπα για την επαναχρησιμοποίηση νερού, αλλά και τρίτες χώρες και διεθνείς οργανισμοί έχουν επίσης προτείνει συγκεκριμένα πρότυπα. Τα περισσότερα από τα πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί από τα κράτη-μέλη έχουν εξαχθεί από τις οδηγίες του WHO και της USEPA. Τα πρότυπα αυτά επικεντρώνονται, κυρίως, στην ανθρώπινη υγεία και, επομένως, σε μικροβιολογικές παραμέτρους. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφάλεια της επαναχρησιμοποίησης νερού και η συμμόρφωση με την ευρωπαϊκή νομοθεσία, τόσο η περιβαλλοντική όψη, όσο και αυτή της υγείας πρέπει να ληφθούν υπόψη για την ανάπτυξη των προτύπων. Για τα κράτη-μέλη όπου ήδη υπάρχουν νομικώς δεσμευτικά πρότυπα, είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί η τήρησή τους. Επιπλέον, είναι πολύ σημαντικό για τη χάραξη αυτής της πολιτικής να εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο τα πρότυπα που μπορεί να εφαρμοστούν σε συγκεκριμένα εθνικά και τοπικά πλαίσια ή ακόμη και πλαίσια λεκανών απορροής, να εξυπηρετούν διαφορετικούς τύπους χρήσης επαναχρησιμοποίησης και να εξασφαλίζουν ότι τα πρότυπα αυτά είναι «fit-to-purpose» και δεν θέτουν σε κίνδυνο την κατάσταση των υδάτινων σωμάτων. Τα ήδη ανεπτυγμένα πρότυπα ακολουθούν διαφορετικές προσεγγίσεις, καλύπτουν διαφορετικές χρήσεις, διαχωρίζουν τα κατώτερα όρια από τις απαιτήσεις ποιότητας, ανάλογα με την επιδιωκόμενη χρήση, και ακολουθούν ένα σκεπτικό πολλαπλών απαγορεύσεων.

Επομένως, οι προτάσεις για την ανάπτυξη της ευρωπαϊκής νομοθεσίας αναμένεται να κινηθούν στα παραπάνω πλαίσια. Πρότυπα για τη διασφάλιση επαρκούς ποιότητας νερού για συγκεκριμένες χρήσεις μπορεί να εδραιωθούν για τις διαφορετικές φάσεις της παραγωγής και της χρήσης του. Έτσι, ενδέχεται τα πρότυπα αυτά να:

- Καθορίζουν συγκεκριμένες απαιτήσεις επεξεργασίας λυμάτων
- Ορίζουν κριτήρια ποιότητας για μεμονωμένους ρύπους
- Εφαρμόζονται στην ποιότητα του νερού που συλλέγεται στην έξοδο των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων ή στη θέση χρήσης
- Είναι συγκεκριμένα για κάθε διαφορετικό τύπο χρήσης

Επομένως, είναι σημαντικό να είναι ξεκάθαρο το πεδίο εφαρμογής των προτύπων, ο χρόνος και ο τρόπος εφαρμογής για την εξασφάλιση της προστασίας της υγείας και του περιβάλλοντος.

Η νομική καθιέρωση προτύπων ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων είναι μόνο η αρχή. Στη συνέχεια, αυτά τα πρότυπα θα πρέπει να εφαρμοστούν στην πράξη. Ένα κομβικό σημείο είναι σχετικά με το πως ο

νόμος καθορίζει την ευθύνη για την εφαρμογή των προτύπων. Ο νόμος μπορεί να αναφέρει ότι :

- Όλα τα επαναχρησιμοποιημένα επεξεργασμένα λύματα (που εξυπηρετούν συγκεκριμένο σκοπό) πρέπει να ικανοποιούν συγκεκριμένα πρότυπα (ευθύνη για τους χρήστες/παραγωγούς).
- Εναλλακτικά, μπορεί να αναφέρει ότι οι αρχές (νομοθέτης) θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι αυτά τα πρότυπα ικανοποιούνται (ευθύνη στους δημόσιους φορείς).

Σε κάθε περίπτωση είναι σημαντικό για τις αρμόδιες αρχές να διασφαλίζουν ότι η πληροφορία για τα σχετικά πρότυπα κοινοποιείται σε αυτούς που πρόκειται να τα εφαρμόσουν. Όπου απαιτείται, χρειάζεται να συμπεριλαμβάνουν πληροφορίες στα πλαίσια εφαρμογής τους (π.χ. η εφαρμογή σε συγκεκριμένες χρήσεις επεξεργασμένων λυμάτων). Οι μηχανισμοί για να παρέχουν τέτοια πληροφορία θα ποικίλουν ανάλογα με το είδος του αποδέκτη, αλλά είναι πιθανό να περιλαμβάνουν :

- Σαφείς, απλές πληροφορίες, οι οποίες θα παρέχονται διαδικτυακά
- Ενημερωτικά φυλλάδια
- Συζητήσεις κατά τη διάρκεια επισκέψεων (π.χ. κατά τη διάρκεια επιθεωρήσεων)
- Συμβουλές από παρόχους αγροτικών υπηρεσιών
- Επικοινωνία με επαγγελματικές ενώσεις (εταιρίες παροχής νερού, αγροτικές ενώσεις)

Σε πολλές περιπτώσεις, τα πρότυπα μπορεί να καθορίζονται στις άδειες. Είναι πολύ πιθανό ότι, η συμπερίληψη των απαιτήσεων για να ικανοποιεί αυτά τα πρότυπα θα αποτελέσει μέρος μιας ευρύτερης άδειας (π.χ. για τη λειτουργία μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων). Όπου τα πρότυπα για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων συμπεριλαμβάνονται στην άδεια, είναι απαραίτητο αυτός που διατηρεί την άδεια να είναι πλήρως ενημερωμένος ως προς ποιες νομικές υποχρεώσεις υπόκειται καθώς και να διασφαλίζει ότι αυτές οι νομικές υποχρεώσεις πρόκειται να υλοποιηθούν. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει τα πρότυπα για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων που συμπεριλαμβάνονται σε άδεια να διαμορφώνονται ως εξής :

- Πρέπει να είναι ξεκάθαρο για ποια παράμετρο κάθε πρότυπο εφαρμόζεται
- Πρέπει να είναι ξεκάθαρο που εφαρμόζεται το πρότυπο (π.χ. στο σημείο εξόδου μιας εγκατάστασης επεξεργασίας, στο σύστημα διανομής, κ.α.)
- Πρέπει να είναι ξεκάθαρο αν επιτρέπεται κάποια απόκλιση από τα πρότυπα (π.χ. 99% των δειγμάτων πρέπει να ικανοποιούν το πρότυπο)
- Η άδεια θα πρέπει να αναφέρει τι έλεγχος απαιτείται για να αξιολογηθεί η συμμόρφωση της ποιότητας του νερού. (να σημειωθεί ότι οι απαιτήσεις ελέγχων δημιουργούν κόστη, επομένως είναι σημαντικό να αποφασιστεί

επακριβώς τι έλεγχος απαιτείται για τη διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας ενός συστήματος επαναχρησιμοποίησης)

- Η άδεια θα πρέπει να έχει ως απαιτούμενο, όλοι οι έλεγχοι που γίνονται να καταγράφονται και ότι αυτό θα είναι διαθέσιμο για επιθεώρηση/έλεγχο από τις αρχές.
- Η άδεια θα πρέπει να υποδεικνύει ποιος θα είναι υπεύθυνος του ελέγχου (ο πάροχος του νερού, ο τελικός χρήστης ή οι δημόσιες αρχές). Διαφορετικές παράμετροι και / ή συχνότητες μπορούν να αποδοθούν σε διαφορετικούς παράγοντες μέσα σε ένα σχήμα παρακολούθησης. (π.χ. μηνιαίος έλεγχος από τον διανομέα του νερού και ετήσιος έλεγχος από τις δημόσιες αρχές).
- Οι άδειες μπορούν, ανάλογα με το νομικό πλαίσιο σε μια χώρα, να συμπεριλαμβάνουν επιπρόσθετα στοιχεία, όπως η δημόσια επικοινωνία.
- Όπου η μη συμμόρφωση με τα πρότυπα ανιχνεύεται, η άδεια θα πρέπει να αναφέρει αν αυτό πρόκειται αμέσως να κοινοποιηθεί στις σχετικές αρχές. Η άδεια θα πρέπει επιπλέον να αναφέρει τις σχετικές δράσεις που θα πρέπει να ληφθούν σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης (π.χ. για το υπεύθυνο μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων να ενημερώνει τους χρήστες του νερού).

Οι άδειες θα πρέπει να γίνονται δημόσιες (όπως θα πρέπει να γίνονται και τα αποτελέσματα του ελέγχου συμμόρφωσης). Αυτό βοηθάει να ενισχυθεί η δημόσια εμπιστοσύνη, καθώς είναι ξεκάθαρο ότι όποιος είναι υπεύθυνος για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων θα πρέπει να πληροί συγκεκριμένα πρότυπα και να είναι ξεκάθαρο πως αυτό θα επιτυγχάνεται με πρακτικούς όρους.

Η επιθεώρηση και ο έλεγχος είναι σημαντικά εργαλεία, ώστε οι αρχές να διασφαλίζουν ότι συμμορφώνονται με τις νομικές υποχρεώσεις τους (είτε άμεσα διαμορφώνονται από το νόμο είτε όπως καθορίζονται στις άδειες). Είναι επομένως σημαντικό να διασφαλίζονται τα παρακάτω :

- Όλες οι σχετικές αρχές με το συγκεκριμένο πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης θα πρέπει να αναγνωρίζονται (π.χ. μπορεί να υπάρχουν διαφορετικές αρχές που ελέγχουν τη συμμόρφωση για τη βιομηχανία νερού και τον γεωργικό τομέα).
- Κάθε αρχή επιθεώρησης θα πρέπει να είναι σαφώς ενημερωμένη για τα συγκεκριμένα πρότυπα που εφαρμόζονται σε κάθε νομική οντότητα.
- Οι επιθεωρήσεις θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι υπάρχει συμμόρφωση με τα πρότυπα, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου εγγράφων

Είναι μια καλή πρακτική για αυτούς που επιθεωρούνται να αναπτύσσουν σχέδια και προγράμματα επιθεώρησης. Είναι επιπλέον καλή πρακτική για αυτούς που επιθεωρούνται, να στοχεύουν τους πόρους και τις δραστηριότητες για εξατομικευμένη επιθεώρηση προς αυτές τις δραστηριότητες που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ρίσκο στην υγεία και το περιβάλλον και/ή το μεγαλύτερο ρίσκο για μη συμμόρφωση. Οποιαδήποτε πιθανότητα αστοχίας να ικανοποιηθούν τα ποιοτικά

πρότυπα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων θα μπορούσαν να αποτελέσουν πιθανό κίνδυνο στην υγεία και /ή το περιβάλλον. Επομένως, είναι επίσης σημαντικό για όσους επιθεωρούνται να κατανοούν τις πιθανές συνέπειες της μη συμμόρφωσης στα ποιοτικά πρότυπα. Οι δομές για την δημιουργία προτύπων, τις εκδόσεις αδειών και τις επιθεωρήσεις μπορεί να ποικίλουν σημαντικά ανάμεσα στα κράτη μέλη.

Το βασικότερο εργαλείο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τη διαμόρφωση του νόμου αυτού είναι η προσέγγιση μέσω της διαχείρισης κινδύνου. Αυτή η προσέγγιση θα καθοδηγήσει την ανάπτυξη των συγκεκριμένων προτύπων ποιότητας του επαναχρησιμοποιούμενου νερού καθώς και τις χρήσεις του και θα αποτελέσει ένα ολιστικό μέσο στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Για το σκοπό των οδηγιών αυτών, το καταλληλότερο πλαίσιο για την διαχείριση κινδύνου υποστηρίζεται από τον WHO και την Αυστραλία (12).

3.8.2 Το προσχέδιο του Κοινού Κέντρου Ερευνών (JRC)

Για την ανάπτυξη των κριτήριων και ορίων ποιότητας του νερού προς επαναχρησιμοποίηση σε επίπεδο ευρωπαϊκής νομοθεσίας έχουν διαμορφωθεί κάποια προσχέδια-προτάσεις από το Κοινό Κέντρο Ερευνών- JRC με έγγραφο υπό τον τίτλο «Ανάπτυξη ελάχιστων ποιοτικών απαιτήσεων για την επαναχρησιμοποίηση νερού για γεωργική άρδευση και εμπλουτισμό υδροφορέων». Η πιο πρόσφατη έκδοση είναι από τον Αύγουστο του 2017, η οποία δημοσιεύθηκε στις 16 Οκτωβρίου του 2017 (Draft Final Version) και παρουσιάζει αρκετές διαφορές με τις τρεις προηγούμενες, από τον Ιούνιο του 2017 (V 3.3), τον Οκτώβριο του 2016 (V 3.1) και το Φεβρουάριο του 2017 (V 3.2). Η συνέχεια του παρόντος κειμένου αναφέρεται στην τελευταία και πιο πρόσφατη έκδοση του προσχεδίου.

Το προσχέδιο (16) έχει σκοπό να προτείνει ελάχιστες απαιτήσεις ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση νερού για δύο συγκεκριμένες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης νερού: τη γεωργική άρδευση και την επαναφόρτιση υπόγειων υδροφορέων. Αυτές οι απαιτήσεις θα πρέπει να διασφαλίζουν την κατάλληλη προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος και να παρέχουν έτσι την εμπιστοσύνη του κοινού στις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης προκειμένου να βελτιωθεί η επαναχρησιμοποίηση των υδάτων σε επίπεδο Ε.Ε. και αποτελεί τεχνικό έγγραφο το οποίο αναμένεται να υποστηρίξει τη νομοθετική πρόταση της Ε.Ε για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων.

Η πηγή των λυμάτων που εξετάζεται είναι τα αστικά λύματα που καλύπτονται από την οδηγία 91/271/ΕΟΚ (οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων – UWWTD) όπου τα αστικά λύματα ορίζονται ως τα οικιακά λύματα ή το μείγμα οικιακών λυμάτων με βιομηχανικά λύματα ή/και από το νερό βροχής. Τα βιομηχανικά λύματα που λαμβάνονται υπόψη προέρχονται από τους βιομηχανικούς τομείς που απαριθμούνται στο παράρτημα ΙΙΙ του UWWTD, οι οποίοι είναι οι ακόλουθοι:

- Επεξεργασία γάλακτος
- Παραγωγή προϊόντων φρούτων και λαχανικών
- Κατασκευή και εμφιάλωση αναψυκτικών
- Μεταποίηση γεωμύλων
- Βιομηχανία κρέατος
- Ζυθοποιίες
- Παραγωγή αλκοόλ και αλκοολούχων ποτών
- Παραγωγή ζωοτροφών από φυτικά προϊόντα
- Κατασκευή ζελατίνης και κόλλας από δέρματα και δέρματα
- Μονάδες παραγωγής βύνης
- Βιομηχανία μεταποίησης ιχθύων

και δεν ασχολείται με το νερό που προέρχεται από άλλες βιομηχανικές πηγές: τα βιομηχανικά λύματα μπορεί να έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όσον αφορά την ποιότητα και ενδέχεται να απαιτούν ειδικά ποιοτικά κριτήρια.

Ένα σύστημα επαναχρησιμοποίησης νερού, όπως ορίζεται στο έγγραφο, του JRC περιλαμβάνει τα εξής:

- Τα ακατέργαστα λύματα που εισέρχονται στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων
- Οι τεχνολογίες επεξεργασίας λυμάτων που περιλαμβάνονται στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων
- Οι πρόσθετες επεξεργασίες για την παραγωγή ανακυκλωμένου νερού της απαιτούμενης ποιότητας για επαναχρησιμοποίηση
- Τα συστήματα διανομής και αποθήκευσης
- Το σύστημα άρδευσης (σε περίπτωση γεωργικής άρδευσης) ή η μέθοδος επαναφόρτισης (σε περίπτωση τεχνητού εμπλουτισμού)

Για την ανάπτυξη των συγκεκριμένων προτάσεων, πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση των διαθέσιμων επιστημονικών, τεχνικών και νομικών γνώσεων σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση νερού στην αγροτική άρδευση και τον τεχνητό εμπλουτισμό. Συγκεκριμένα, τα έγγραφα που αποτέλεσαν τη βάση για τον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ποιότητας για την άρδευση των γεωργικών προϊόντων και την επαναφόρτιση υδροφορέα είναι τα ακόλουθα:

- Το ρυθμιστικό πλαίσιο σε επίπεδο ΕΕ για την υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος
- Οι ισχύουσες νομοθεσίες και κατευθυντήριες γραμμές για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτινων πόρων, καθώς και η εμπειρία τους στα συστήματα επαναχρησιμοποίησης νερού
- Παγκόσμιες κατευθυντήριες γραμμές αναφοράς και κανονισμούς για την επαναχρησιμοποίηση νερού
- Πρόσθετες επιστημονικές αναφορές που θεωρούνται σχετικές με το θέμα

Η προσέγγιση για την ανάπτυξη ελάχιστων ποιοτικών απαιτήσεων για την ασφαλή χρήση των ανακτημένων υδάτων για γεωργική άρδευση και επαναφόρτιση υδροφορέα είναι στο πλαίσιο διαχείρισης του κινδύνου, όπως συνιστάται από τον WHO και περιλαμβάνεται στην Οδηγία 2015/1787, η οποία τροποποιεί την Οδηγία 98/83/EK σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Είναι σημαντικό, ωστόσο, να σημειωθεί ότι δεν έχει πραγματοποιηθεί αξιολόγηση κινδύνου ειδικά για τον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ποιότητας.

3.8.2.1 Όρια για την άρδευση

Ακολουθώντας τις βασικές αρχές στο πλαίσιο διαχείρισης κινδύνου, έχουν δημιουργηθεί τα ελάχιστα κριτήρια ποιότητας επεξεργασμένου νερού και προληπτικών μέτρων για την διαχείριση του κινδύνου της υγείας των ανθρώπων και ζώων από την κατανάλωση καλλιεργειών που έχουν αρδευτεί με επεξεργασμένο νερό. Αυτό έχει γίνει, ακολουθώντας τόσο τη διαχείριση κινδύνου σχετικά με την υγεία καθώς και την αρχή των πολλαπλών απαγορεύσεων, ώστε να εφαρμοστεί σε όλα τα έργα επαναχρησιμοποίησης νερού σε επίπεδο Ευρωπαϊκής ένωσης.

Τα κριτήρια ποιότητας επεξεργασμένου νερού καθορίζονται στον επόμενο Πίνακα 24. Οι τάξεις ποιότητας του επεξεργασμένου νερού, καθώς και η σχετική χρήση σύμφωνα με τις απαγορεύσεις εμφανίζονται παρακάτω στον Πίνακα 25. Οι συχνότητες για τον έλεγχο του επεξεργασμένου νερού καθορίζονται στον Πίνακα 26.

Πίνακας 24: Κριτήρια ποιότητας επεξεργασμένου νερού για γεωργική άρδευση

Reclaimed water quality class	Indicative technology target	Quality criteria				Additional criteria
		<i>E. coli</i> (cfu/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (NTU)	
Class A	Secondary treatment, filtration, and disinfection (advanced water treatments)	≤10 or below detection limit	≤10	≤10	≤5	<i>Legionella</i> spp.: <1,000 cfu/l when there is risk of aerosolization in greenhouses. Intestinal nematodes (helminth eggs): ≤1 egg/l when irrigation of pastures or fodder for livestock.
Class B	Secondary treatment, and disinfection	≤100	According to Directive 91/271/EEC	According to Directive 91/271/EEC	-	
Class C	Secondary treatment, and disinfection	≤1,000	According to Directive 91/271/EEC	According to Directive 91/271/EEC	-	
Class D	Secondary treatment, and disinfection	≤10,000	According to Directive 91/271/EEC	According to Directive 91/271/EEC	-	

Πίνακας 25: Τάξεις ποιότητας επεξεργασμένου νερού και η σχετική γεωργική χρήση σύμφωνα με τις απαγορεύσεις

Crop category	Minimum reclaimed water quality class	Irrigation method
All food crops, including root crops consumed raw and food crops where the edible portion is in direct contact with reclaimed water	Class A	All irrigation methods allowed
Food crops consumed raw where the edible portion is produced above ground and is not in direct contact with reclaimed water	Class B	Drip irrigation only
Processed food crops	Class B	All irrigation methods allowed
	Class C	Drip irrigation only
Non-food crops including crops to feed milk- or meat-producing animals	Class B	All irrigation methods allowed
	Class C	Drip irrigation only
Industrial, energy, and seeded crops	Class D	All irrigation methods allowed

Πίνακας 26: Ελάχιστες συχνότητες για τον έλεγχο του επεξεργασμένου νερού στη γεωργική άρδευση

Minimum monitoring frequencies						
Reclaimed water quality classes	<i>E. coli</i>	BOD ₅	TSS	Turbidity	<i>Legionella</i> spp. (when applicable)	Intestinal nematodes (when applicable)
Class A	Once a week	Once a week	Once a week	Continuous	Once a week	Twice a month or frequency determined according to the number of eggs in wastewater.
Class B	Once a week	According to Directive 91/271/EEC	According to Directive 91/271/EEC	-		
Class C	Twice a month	According to Directive 91/271/EEC	According to Directive 91/271/EEC	-		
Class D	Twice a month	According to Directive 91/271/EEC	According to Directive 91/271/EEC	-		

Τα κριτήρια ποιότητας του επεξεργασμένου νερού θα θεωρούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Πίνακα 24 αν οι αναλυτικοί έλεγχοι πληρούν όλα τα παρακάτω κριτήρια :

- Οι τιμές για το κριτήριο του E.Coli και Legionella και εντερικούς νηματοειδείς πρέπει να συμμορφώνονται στο 90% των δειγμάτων. Τα δείγματα δεν μπορούν να υπερβαίνουν τη μέγιστη απόκλιση του ορίου 1 λογαριθμικής μονάδας από την ενδεδειγμένη τιμή για E.Coli και Legionella και το 100% της ενδεδειγμένης τιμής για τους εντερικούς νηματοειδείς.

- Οι τιμές για τα κριτήρια του BOD₅, θολερότητα και ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), πρέπει να συμμορφώνονται στο 90% των δειγμάτων. Τα δείγματα δε μπορούν να υπερβαίνουν το μέγιστο όριο απόκλισης της διπλάσιας τιμής όπως καθορίζεται στον Πίνακα 24.

Το επεξεργασμένο νερό πρέπει να συμμορφώνεται με τα ποιοτικά κριτήρια στην έξοδο της εγκατάστασης επεξεργασίας. Το επεξεργασμένο νερό πρέπει να ακολουθεί τις ίδιες διαδικασίες όπως και για οποιαδήποτε άλλη πηγή αρδευτικού νερού, από τη στιγμή που το νερό παραδίδεται στον τελικό χρήστη. Η οδηγία της Ευρωπαϊκής επιτροπής στο έγγραφο οδηγίας σχετικά με τους μικροβιολογικούς κινδύνους σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά στο πρώτο στάδιο παραγωγής τους μέσω καλής υγιεινής είναι ένα έγγραφο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη. (οδηγία 2017/C163/01).

Τα κράτη μέλη πρέπει να πραγματοποιούν συστηματικό έλεγχο, ώστε να επιβεβαιώνουν ότι το επεξεργασμένο νερό είναι σε συμμόρφωση με τα απαιτούμενα ποιοτικά κριτήρια και ότι συμπεριλαμβάνονται στις διαδικασίες επικύρωσης των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης νερού.

Ο έλεγχος επικύρωσης είναι υποχρεωτικός για τα κράτη μέλη για την πιο αυστηρή τάξη ποιότητας επεξεργασμένου νερού, την τάξη Α, που βασίζεται μόνο σε τεχνολογίες επεξεργασίας που ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ποιότητας. Η τάξη Α επιτρέπει την άρδευση των καλλιεργειών τροφίμων που καταναλώνονται ωμά ακόμα κι όταν το επεξεργασμένο νερό έρχεται σε επαφή με τα βρώσιμα μέρη της καλλιέργειας καθώς και όταν οι ρίζες των καλλιεργειών καταναλώνονται ωμές. Η επικύρωση της τάξης Α απαιτείται να αξιολογήσει ότι οι στόχοι λειτουργίας (μείωση log₁₀) είναι σύμφωνες με το σύστημα επαναχρησιμοποίησης νερού. Ο έλεγχος επικύρωσης συνεπάγεται τον έλεγχο των μικροβιολογικών δεικτών που σχετίζονται με κάθε ομάδα παθογόνων (βακτήρια, ιοί, πρωτόζωα). Οι μικροβιολογικοί δείκτες που έχουν επιλεγεί είναι τα E. coli, F-specific coliphages και τα σπόρια Clostridium perfringens. Οι στόχοι λειτουργίας (στόχος μείωσης Log₁₀) για τον επιλεγμένο μικροβιολογικό δείκτη πρόκειται να επιτευχθούν όσον αφορά στις συγκεντρώσεις των ανεπεξέργαστων λυμάτων που εισέρχονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων στο σημείο εισόδου και τις συγκεντρώσεις του τελικώς επεξεργασμένου νερού στην έξοδο της εγκατάστασης επεξεργασίας.

Ο έλεγχος επικύρωσης πρέπει να πραγματοποιηθεί πριν το σχήμα επαναχρησιμοποίησης τεθεί σε εφαρμογή, όταν ο εξοπλισμός αναβαθμίζεται και όταν νέος εξοπλισμός ή διαδικασίες προστίθενται.

Πίνακας 27: Έλεγχος επικύρωσης της λειτουργίας της επεξεργασίας για την γεωργική άρδευση.

Reclaimed water quality class	Indicator microorganisms	Performance targets for the treatment train (log ₁₀ reduction)
Class A	<i>E. coli</i>	≥ 5.0
	F-specific coliphages	≥ 6.0
	<i>Clostridium perfringens</i> spores	≥ 5.0

Οι αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο, θα πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις στις ακόλουθες οδηγίες: WFD (2000/60/EC), DWD (98/83/EC), GWD (2006/118/EC) σύμφωνα με τις αρχές του ποιοτικού ελέγχου, συμπεριλαμβανομένου εφόσον είναι σχετικό ISO/CEN ή εθνικά πιστοποιημένες μεθόδους, ώστε να διασφαλίζεται ότι τα δεδομένα είναι ισοδύναμα επιστημονικής ποιότητας και συγκρισιμότητας.

Τα κράτη μέλη πρέπει να συμμορφώνονται με κοινά και ειδικά προληπτικά μέτρα για οποιοδήποτε σχέδιο επαναχρησιμοποίησης νερού ανεξάρτητα από τις τοπικές ειδικές συνθήκες (Πίνακας 28).

Πίνακας 28: Ειδικά επιπρόσθετα προληπτικά μέτρα για την προστασία της υγείας στα οποία θα πρέπει να συμμορφώνονται τα κράτη μέλη ανεξάρτητα από τις τοπικές ειδικές συνθήκες

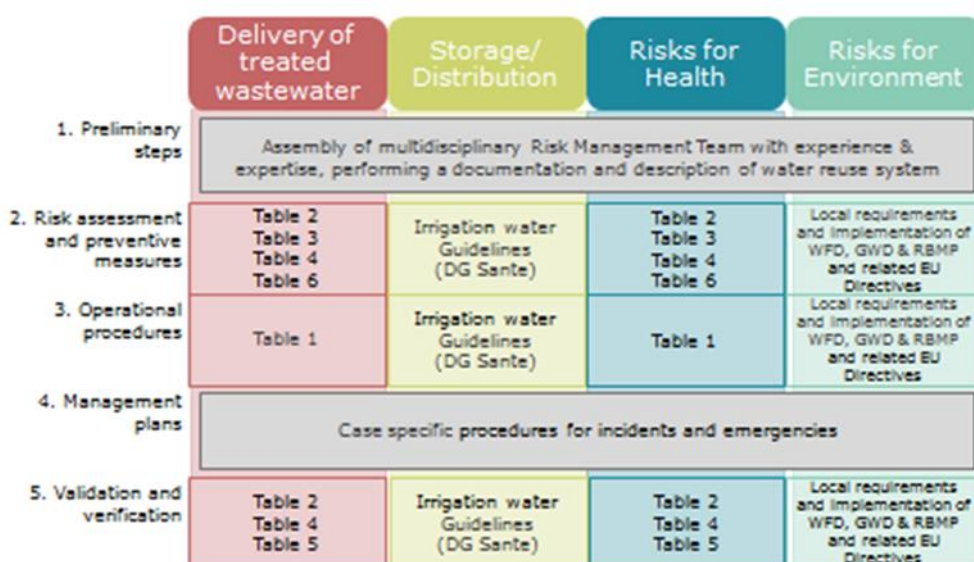
Reclaimed water quality class	Specific additional preventive measures to be complied with by MS
Class A	<ul style="list-style-type: none"> - Pigs must not be exposed to fodder irrigated with reclaimed water unless there is sufficient data to indicate the risks for a specific case can be managed.
Class B	<ul style="list-style-type: none"> - Prohibition of harvesting of wet irrigated or dropped produce. - Exclude lactating dairy cattle from pasture until pasture is dry. <ul style="list-style-type: none"> - Fodder has to be dried or ensiled before packaging. - Pigs must not be exposed to fodder irrigated with reclaimed water unless there is sufficient data to indicate the risks for a specific case can be managed.
Class C	<ul style="list-style-type: none"> - Prohibition of harvesting of wet irrigated or dropped produce. - Exclude grazing animals from pasture for five days after last irrigation. <ul style="list-style-type: none"> - Fodder has to be dried or ensiled before packaging. - Pigs must not be exposed to fodder irrigated with reclaimed water unless there is sufficient data to indicate the risks for a specific case can be managed.
Class D	<ul style="list-style-type: none"> - Prohibition of harvesting of wet irrigated or dropped produce.

Στο ακόλουθο σχήμα της Εικόνας 2 περιγράφεται πώς οι απλές απαιτήσεις ποιότητας και τα προληπτικά μέτρα συμπεριλαμβάνονται σαν ενσωματωμένο κομμάτι του πλαισίου διαχείρισης κινδύνου για την επαναχρησιμοποίηση νερού στη γεωργία. Είναι σαφώς ανησυχητικό ότι οι πιο «τοπικά ειδικοί» κίνδυνοι, οι οποίοι σχετίζονται περισσότερο με περιβαλλοντικά προβλήματα, διαχειρίζονται κάτω από την ομπρέλα

της Water Framework Directive και των μητρικών οδηγιών ή υπόκεινται σε τοπικές απαιτήσεις για την προστασία του εδάφους και των καλλιεργειών. Επιπλέον, τα πιο «κινητά» ρίσκα όπως π.χ. οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την χρήση φαγητού/τροφής κατευθύνονται από συγκεκριμένες παραμετρικές τιμές σχετικά με διαφορετικούς συνδυασμούς χαρακτηριστικών και ευαισθησίας τροφίμων καθώς και αρδευτικές μεθόδους.

Σε όρους νομικών οδηγιών για επαναχρησιμοποίηση νερού, αυτό σημαίνει ότι σε ευρωπαϊκό επίπεδο πρέπει να νομοθετηθούν τα κινητά ρίσκα, ενώ τα πιο τοπικά, «ειδικά κατά τόπους» ρίσκα μπορούν να διαχειρίζονται με τις ήδη υπάρχουσες οδηγίες.

RISK MANAGEMENT FRAMEWORK



Εικόνα 1: Οπτικοποίηση του εφαρμοζόμενου πλαισίου διαχείρισης κινδύνου σε σύνδεση με τις προτεινόμενες υποχρεωτικές ελάχιστες απαιτήσεις και προληπτικά μέτρα για την επαναχρησιμοποίηση του νερού στη γεωργία

3.8.2.2 Όρια για τον τεχνητό εμπλουτισμό

Ο εμπλουτισμός υδροφορέα στα πλαίσια του προσχέδιου αναφέρεται στον τεχνητό εμπλουτισμό και δεν περιλαμβάνει τον τυχαίο ή συμπτωματικό εμπλουτισμό. Σε επίπεδο Ε.Ε δεν υπάρχει ορισμός για τον τεχνητό εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων, επομένως, είναι απαραίτητη η διατύπωσή του. Υπό αυτό το πρίσμα, ο ορισμός που έχει ληφθεί υπόψη είναι αυτός των Αυστραλιανών Οδηγιών για την Ανακύκλωση Νερού και διατυπώνεται ως εξής: «ο τεχνητός εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων είναι η σκόπιμη επαναφόρτιση με νερό – για την συγκεκριμένη περίπτωση με ανακτημένο νερό – του υδροφορέα με σκοπό την επακόλουθη ανάκτηση ή το περιβαλλοντικό όφελος».

Σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό, η απαγόρευση για άμεση διάθεση ρύπων στο υπόγειο νερό είναι το βασικό μέτρο. Επομένως, τα έργα επαναχρησιμοποίησης νερού θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να μην επιτρέπεται η άμεση διάθεση ρύπων στο υπόγειο νερό. Η απαγόρευση αυτή θα πρέπει να αντιμετωπιστεί ως συμπληρωματική των άλλων μέτρων που εισάγονται από το Άρθρο 11.3 της Οδηγίας Πλαίσιο και των απαιτήσεων του Άρθρου 6 της Οδηγίας για τα Υπόγεια Ύδατα. Είναι επακόλουθο ότι η επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού για την επαναφόρτιση υδροφορέων μπορεί να συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων της Οδηγίας Πλαίσιο, με την προϋπόθεση το νερό αυτό να είναι επαρκούς ποιότητας. Επιπλέον, τόσο η Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό όσο και η Οδηγία για τα Υπόγεια Ύδατα δεν αποκλείουν την άμεση έγχυση επεξεργασμένων λυμάτων για τον τεχνητό εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων.

Αναφορικά με τα ποιοτικά κριτήρια του νερού επαναχρησιμοποίησης για τον τεχνητό εμπλουτισμό, οι απαιτήσεις ποιότητάς του πρέπει να συμμορφώνονται, κατ' ελάχιστον, με τις ποιοτικές απαιτήσεις που ορίζονται στο Παράρτημα I, Πίνακας 1 της Οδηγίας για την Επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων και όταν είναι απαραίτητο με τις απαιτήσεις που ορίζονται στο Παράρτημα I, Πίνακας 2 για τις ευαίσθητες περιοχές. Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα λύματα που εισέρχονται σε μία εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων περιλαμβάνονται στο Παράρτημα III της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ, είναι απαραίτητη η εγκαθίδρυση προγράμματος ελέγχου πηγής προέλευσης και εποπτεία των βιομηχανικών και εμπορικών απορρίψεων στα συστήματα αποχέτευσης που συνδέονται με μονάδα επεξεργασίας λυμάτων.

Τέλος, στο προσχέδιο του JRC:

- Προτείνεται το πεδίο εφαρμογής του τεχνητού εμπλουτισμού, όπου αναφέρεται ότι όλοι οι τύποι υδροφορέων θα μπορούσαν να δεχθούν επαναφόρτιση, ταυτόχρονα όμως αναγνωρίζεται η δυσκολία καθορισμού των υδροφορέων και ειδικά των καρστικών, γεγονός που μπορεί να δυσχεραίνει τον έλεγχο της διαδικασίας.
- Αναφέρονται οι σκοποί του εμπλουτισμού, οι οποίοι περιλαμβάνουν το φραγμό κατά της θαλάσσιας διείσδυσης σε παράκτιους υδροφορείς, την αποθήκευση του νερού εμπλουτισμού για αργότερη χρήση, τη διατήρηση των χερσαίων και των υδατικών οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από τα υπόγεια ύδατα, την αραιώση στους υφάλμυρους ή ρυπασμένους υδροφορείς και τον έλεγχο ή την πρόληψη καθιζήσεων.
- Περιλαμβάνει την επαναχρησιμοποίηση για χρήση έμμεσης πόσης.
- Αναφέρεται ότι ανάλογα με τους σκοπούς της ανάκτησης μέσω του τεχνητού εμπλουτισμού πρέπει να γίνεται και η κατάλληλη επεξεργασία.
- Γίνεται αναφορά στις διαθέσιμες μεθόδους του τεχνητού εμπλουτισμού.

4. Ανασκόπηση θεσμικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων σε διεθνές επίπεδο

4.1 Οδηγία της Αυστραλίας

Στην Αυστραλία ισχύουν οι Αυστραλιανές οδηγίες για την ανακύκλωση του νερού: «Διαχείριση των κινδύνων για την υγεία και το περιβάλλον».

Το έγγραφο της «φάσης 1» (2006) παρέχει ένα γενικό πλαίσιο διαχείρισης της ποιότητας του ανακυκλωμένου νερού και της χρήσης του που εφαρμόζεται για όλους τους συνδυασμούς ανακυκλωμένου νερού καθώς και των τελικών χρήσεων του. Επίσης, παρέχει συγκεκριμένες οδηγίες σχετικά με τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για σκοπούς πέρα από την πόση και τις περιβαλλοντικές χρήσεις του.

Το έγγραφο της «φάσης 2» παρέχει περαιτέρω οδηγίες για ορισμένες συγκεκριμένες εφαρμογές όπως η επαναχρησιμοποίηση των ομβρίων υδάτων (κατευθυντήριες οδηγίες που εκδόθηκαν το 2008), διαχείριση του εμπλουτισμού των υδροφόρων (2009) και ανακυκλωμένο νερό για πόση (2009).

Τα παραπάνω δύο έγγραφα δεν είναι νομικώς δεσμευτικά, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για τον καθορισμό των ορίων της άδειας. Επιπλέον, τα παραπάνω δύο έγγραφα αφορούν στα επεξεργασμένα αστικά λύματα, όμβρια ύδατα και γκρι νερό.

Υπάρχουν στο σύνολο, 7 πιθανές κατηγορίες χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων-όμβριων υδάτων:

- Γεωργικές χρήσεις
- Χρήσεις κατά τον έλεγχο της πυρκαγιάς : έλεγχος και συντήρηση συστημάτων πυρασφάλειας - εγκαταστάσεις εκπαίδευσης για πυρόσβεση
- Διαχείριση εμπλουτισμού υδροφορέων
- Δημοτικές χρήσεις : άρδευση δημόσιων πάρκων, κήπων, πλευρικών δρόμων, αθλητικών εγκαταστάσεων, κατά την κατασκευή δρόμων και έλεγχο της σκόνης, καθαρισμός δρόμων
- Χρήση σε κατοικίες και εμπορικά ακίνητα: νερό σε καζανάκι, πότισμα κήπου, πλύσιμο αυτοκινήτου, συστήματα που απαιτούν νερό (λίμνες, σιντριβάνια, καταρράκτες), πλύσιμο βοηθητικού εξοπλισμού (μονοπάτια, οχήματα, περιφράξεις)
- Βιομηχανικές και εμπορικές χρήσεις: νερό ψύξης, νερό διεργασιών, νερό καθαρισμού
- Περιβαλλοντικές χρήσεις: ρέματα και κολπίσκοι, ποτάμια, λίμνες και φράγματα

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό αυτών των οδηγιών είναι ότι προτείνουν ένα πλαίσιο διαχείρισης κινδύνου, αντί να στηρίζονται απλώς στον έλεγχο μετά την επεξεργασία ως βάση για τη διαχείριση των σχεδίων χρήσης του ανακυκλωμένου νερού. Το

πλαίσιο περιλαμβάνει τον εντοπισμό και τη διαχείριση των κινδύνων με ένα προληπτικό τρόπο παρά δίνοντας τον τρόπο αντιμετώπισης όταν προκύψει κάποιο πρόβλημα.

Οι οδηγίες αυτές παρέχουν μια μεθοδολογία «fit-to-purpose» για την αποδοτική (από θέμα κόστους) επεξεργασία που πρέπει να εφαρμόζεται σε μια πηγή νερού, επαρκή, για να καλύψει την ποιότητα που είναι κατάλληλη για την προβλεπόμενη χρήση. Αντιστοιχίζοντας μια εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης σε μια πηγή υγρών αποβλήτων και το είδος επεξεργασίας, το κόστος παροχής νερού μπορεί να ελεγχθεί και το κόστος βελτίωσης των τεχνολογιών επεξεργασίας λυμάτων να καθυστερήσει μέχρι να εξισορροπηθούν από τα οφέλη.

Οι κατευθυντήριες γραμμές απαιτούν τον εντοπισμό και την εκτίμηση των κυριότερων κινδύνων για την υγεία και το περιβάλλον, καθώς και την εφαρμογή προληπτικών μέτρων και διαδικασιών παρακολούθησης που απαιτούνται για τη μείωση αυτών των κινδύνων σε αποδεκτά χαμηλά επίπεδα. Οι οδηγίες αυτές καθορίζουν την λογαριθμική απομάκρυνση των εντερικών παθογόνων για διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας καθώς και τις απαιτούμενες μειώσεις log για τις κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης νερού.

Στις οδηγίες σχετικά με τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα (2008), εισήχθη ένας στόχος που βασίζεται στην υγεία προερχόμενος από τα DALYs (Έτος Ζωής Αναπροσαρμοσμένης Αναπηρίας: ένα DALY μπορεί να θεωρηθεί ως ένα χαμένο έτος «υγιούς» ζωής). Αυτός ο στόχος προορίζεται σε προγράμματα πόσης : οι έλεγχοι που εφαρμόζονται για τον περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία μπορούν να μετρηθούν ως μείωση των DALY. Οι οδηγίες προορίζονται να χρησιμεύσουν ως κοινή βάση για τη δημιουργία οδηγιών κρατικού επιπέδου ή κανονισμών.

Σύμφωνα με τον Fisher (2012), το να ακολουθήσει κάποιος τις αυστραλιανές οδηγίες για τη δημιουργία ενός έργου επαναχρησιμοποίησης νερού είναι κάτι που μπορεί να αποδειχτεί δύσκολο: ο πωλητής πρέπει να κατανοήσει πλήρως την εκτίμηση κινδύνου, την τεχνολογία επεξεργασίας και πρέπει να έχει επιχειρησιακή εμπειρία για την αποτελεσματική διεξαγωγή της αξιολόγησης του κινδύνου που απαιτείται για την εφαρμογή της άδειας.

Συνολικά αναφέρονται 10 ενδεικτικές παράμετροι: αιωρούμενα στερεά, θολερότητα, BOD, μικροβιολογική ποιότητα, συμπεριλαμβανομένων των παθογόνων κοπράνων και των αντίστοιχων δεικτών, χημική ποιότητα, συμπεριλαμβανομένης και της αλατότητας, για παράδειγμα, ολικά διαλυμένα άλατα (TDS) ή ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), αναλογία απορρόφησης νατρίου (SAR), θρεπτικά συστατικά (μακρο και μικρο), βαρέα μέταλλα και μεταλλοειδή, φυτοφάρμακα και άλλα οργανικά, άλγη, οργανική ύλη, χρώμα. Αυτές οι παράμετροι δεν σχετίζονται με αριθμητικές οριακές τιμές.

Βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την παρακολούθηση περιλαμβάνουν:

- Οργανισμοί που αποτελούν μικροβιακούς δείκτες
- Υπολείμματα χλωριούχας απολύμανσης, αλατότητας, νατρίου, χλωρίου, βορίου, αζώτου και φωσφόρου
- Οποιοδήποτε χαρακτηριστικό που σχετίζεται με την υγεία ή το περιβάλλον, το οποίο μπορεί εύλογα να αναμένεται να υπερβεί τις σχετικές τιμές των οδηγιών, ακόμη και περιστασιακά.
- Οποιοδήποτε χαρακτηριστικό που σχετίζεται με την τελική χρήση ή την απόρριψη του ανακυκλωμένου νερού που μπορεί εύλογα να αναμένεται να υπερβεί την τιμή της οδηγίας, έστω και περιστασιακά.

Όλες οι περιοχές που ενδέχεται να επηρεαστούν από τη χρήση ή την απόρριψη του ανακυκλωμένου νερού μπορεί να χρειαστεί να παρακολουθηθούν. Η διαδικασία παρακολούθησης πρέπει να καθορίζεται με βάση την εκτίμηση κινδύνου.

Συνιστώνται διαφορετικά βήματα:

- Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών που πρέπει να παρακολουθηθούν
- Προσδιορισμός τα σημεία στα οποία θα γίνει η παρακολούθηση
- Προσδιορισμός της συχνότητας παρακολούθησης
- Έλεγχος της τεκμηρίωσης και της αξιοπιστίας των δεδομένων
- Έλεγχος της ικανοποίησης των χρηστών του ανακυκλωμένου νερού
- Διεξαγωγή βραχυπρόθεσμης αξιολόγησης των αποτελεσμάτων
- Εφαρμογή διορθωτικών απαντήσεων

Τα δεδομένα παρακολούθησης θα πρέπει να αναθεωρούνται με την πάροδο του χρόνου και μετά από συγκεκριμένα γεγονότα, όπως έντονες βροχοπτώσεις, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε κακή της ποιότητας του νερού στα συστήματα ομβρίων υδάτων.

Τα παρακάτω είδη μέτρων παρατίθενται ως οδηγία:

- Ενημέρωση και εκπαίδευση του χειριστή, του ανάδοχου και του τελικού χρήστη: πρέπει να γνωρίζουν τις πιθανές συνέπειες της αποτυχίας του συστήματος και τον τρόπο με τον οποίο οι αποφάσεις μπορούν να επηρεάσουν το κοινό και την περιβαλλοντική υγεία
- Συμμετοχή και ευαισθητοποίηση της Κοινότητας
- Περιορισμός των χρήσεων ανακυκλωμένου νερού
- Έλεγχος των μεθόδων εφαρμογής
- Καθορισμός περιόδων παρακράτησης μεταξύ εφαρμογής ανακυκλωμένου νερού καθώς και της χρήσης του σε αρδευόμενες περιοχές ή κατά τη συγκομιδή των προϊόντων
- Έλεγχος της πρόσβασης του κοινού κατά την εφαρμογή ή τη χρήση ανακυκλωμένου νερού

- Χρήση σήμανσης, ετικέτας και επικοινωνίας για την ελαχιστοποίηση της ακούσιας έκθεσης

Οι οδηγίες υπογραμμίζουν τη σημασία της υποστήριξης αυτών των προληπτικών μέτρων με την εκπαίδευση των χρηστών και την παρακολούθηση μέσω επιτήρησης και ελέγχου. Το έγγραφο παρέχει εκτιμήσεις σχετικά με τη μείωση των μικροβιακών κινδύνων μέσω μέτρων που εφαρμόζονται στο χώρο της εφαρμογής της επαναχρησιμοποίησης νερού. Επισημαίνεται ωστόσο ότι υπάρχει περιορισμένη πληροφορία σχετικά με την αποτελεσματικότητα αυτών των προληπτικών μέτρων και ότι περαιτέρω έρευνα απαιτείται από αυτή την άποψη. Το σύστημα αδειοδότησης δεν περιγράφεται από αυτές τις οδηγίες, αλλά καθορίζεται σε κρατικό επίπεδο.

Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην επαναχρησιμοποίηση μεταξύ των πολιτειών, με την Νότια Αυστραλία να ανακυκλώνει περισσότερο από το 20% των λυμάτων της και την περιοχή της πρωτεύουσας της Αυστραλίας και της Βόρειας Επικράτειας να ανακυκλώνουν λιγότερο από 10%. Πολλές μεγάλες πόλεις έχουν θέσει στόχους για την επίτευξη συγκεκριμένων ποσοστών ανακύκλωσης αποβλήτων (2).

4.2 Οδηγία της υπηρεσίας προστασίας του περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών

Για τις Η.Π.Α. ισχύουν οι οδηγίες της USEPA για την επαναχρησιμοποίηση του νερού (2012), οι οποίες δεν είναι νομικώς δεσμευτικές και αφορούν στην επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Το σύστημα αδειοδότησης τέτοιων εγκαταστάσεων δεν καλύπτεται από αυτές τις οδηγίες, αλλά καθορίζεται σε επίπεδο πολιτείας. Μια πρώτη έκδοση των εν λόγω οδηγιών εκδόθηκε το 1980 και επικαιροποιήθηκε το 1992, το 2004 και το 2012.

Η οδηγία αναφέρει 13 διαφορετικές κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης :

- Αστική επαναχρησιμοποίηση : απεριόριστη, περιορισμένη
- Επαναχρησιμοποίηση στη γεωργία: καλλιέργειες τροφίμων, επεξεργασμένων τροφίμων και μη εδώδιμες καλλιέργειες
- Λιμνοδεξαμενές: απεριόριστη, περιορισμένη
- Επαναχρησιμοποίηση στο περιβάλλον
- Βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση: μέσω ψύξης (για μια χρήση), ανακυκλούμενοι πύργοι ψύξης
- Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων - επαναχρησιμοποίηση για μη πόσιμη χρήση του νερού
- Επαναχρησιμοποίηση για πόσιμη χρήση του νερού: έμμεση επαναχρησιμοποίηση (μέσω εμπλουτισμού των υπογείων υδροφορέων με διασπορά σε πόσιμους υδροφόρους ορίζοντες, μέσω έγχυσης σε πόσιμο υδροφορέα, με αύξηση των δεξαμενών των επιφανειακών υδάτων), άμεση επαναχρησιμοποίηση.

Για κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης νερού, παρέχονται κατευθύνσεις σχετικά με:

- Το απαιτούμενο επίπεδο επεξεργασίας
- Τις παραμέτρους και τις αριθμητικές οριακές τιμές για την επίτευξη συγκεκριμένης ποιότητας νερού
- Την παρακολούθηση του επεξεργασμένου νερού
- Τις απαιτούμενες αποστάσεις ασφαλείας

Αυτές οι οδηγίες δεν προορίζονται να χρησιμοποιηθούν ως οριστικά κριτήρια για την αποκατάσταση και την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων. Σκοπός τους είναι να παρέχουν λογικές οδηγίες για τις περιπτώσεις αυτές όπου απαιτείται η επαναχρησιμοποίηση του νερού ιδίως σε κράτη που δεν έχουν αναπτύξει τα δικά τους κριτήρια ή οδηγίες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την ανάπτυξη κρατικών νομοθεσιών. Σήμερα, 22 πολιτείες έχουν υιοθετήσει νομοθεσίες (για παράδειγμα, η Καλιφόρνια, η Φλόριντα, η Αριζόνα και το Τέξας) και 11 πολιτείες έχουν οδηγίες ή σχεδιαστικά πρότυπα με την επαναχρησιμοποίηση νερού ως πρωταρχικό σκοπό. Επιπλέον, 8 πολιτείες έχουν κανονισμούς και 4 έχουν οδηγίες που εμπεριέχουν την επαναχρησιμοποίηση του νερού κατά κύριο λόγο από διάθεση.

Οι ακόλουθες παράμετροι περιλαμβάνονται στην οδηγία της USEPA :

- 6 παράμετροι (pH, BOD, θολρότητα, κολοβακτηρίδια κοπράνων, υπολείμματα χλωρίου, συνολικά αιωρούμενα στερεά)
- 19 πρόσθετες χημικές παράμετροι και οι μέγιστες συγκεντρώσεις τους για αρδευτικούς σκοπούς
- 2 πρόσθετες παράμετροι για έμμεση επαναχρησιμοποίηση του νερού: Giardia, Cryptosporidium

Για κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης νερού, προτείνονται οι συνιστώμενες συχνότητες για την παρακολούθηση των παραμέτρων. Η συντήρηση του περιοδικού (π.χ. ετήσιου) αποθέματος επαναχρησιμοποίησης συνιστάται ως βασικό στοιχείο στην επιτυχημένη παρακολούθηση του προγράμματος επαναχρησιμοποίησης νερού μιας πολιτείας. Για παράδειγμα, στη Φλόριντα, οι εγκαταστάσεις παραγωγής επεξεργασμένου νερού απαιτείται από τις άδειές τους να υποβάλλουν ετήσια έκθεση επαναχρησιμοποίησης κάθε χρόνο. Τα δεδομένα δε χρησιμοποιούνται μόνο στην ετήσια αναφορά αποθέματος επαναχρησιμοποίησης της κάθε πολιτείας καθώς και τα στατιστικά στοιχεία επαναχρησιμοποίησης, αλλά μοιράζονται επίσης με την Ένωση Ανακύκλωσης Νερού και την Εθνική βάση δεδομένων επαναχρησιμοποίησης.

Σχετικά με τους ελέγχους κατά την εφαρμογή των οδηγιών αναφέρονται τα παρακάτω:

- Οι αποστάσεις ασφαλείας υποδεικνύονται για τις διάφορες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης του νερού

- Πρέπει να ελαχιστοποιείται η επαφή του ανθρώπου με το επαναχρησιμοποιημένο νερό
- Στα ζώα προς άρμεγμα πρέπει να απαγορεύεται να βόσκουν για 15 ημέρες μετά την άρδευση με επαναχρησιμοποιημένο νερό, αλλιώς θα πρέπει να παρέχεται υψηλότερο επίπεδο απολύμανσης σε περίπτωση που αυτή η περίοδος αναμονής δεν τηρείται.
- Για την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων, μπορεί να είναι απαραίτητη η αφαίρεση των θεραπευτικών ουσιών προκειμένου να αποφευχθεί η ανάπτυξη φυκών
- Η αποχλωρίωση μπορεί να είναι απαραίτητη για ορισμένες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης νερού για την προστασία υδρόβιων ειδών χλωρίδας και πανίδας
- Για την επαναχρησιμοποίηση στο περιβάλλον, πρέπει να αξιολογηθούν οι πιθανές επιπτώσεις στα υπόγεια ύδατα και οι παρατηρούμενες θερμοκρασίες του επεξεργασμένου νερού
- Οι ψεκασμοί με καταιονισμό δεν πρέπει να φθάνουν σε περιοχές προσιτές στους εργαζόμενους ή το κοινό
- Για τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων (μη πόσιμη επαναχρησιμοποίηση), η εγκατάσταση θα πρέπει να σχεδιαστεί ώστε να διασφαλίζει ότι δεν θα φτάσει κανένας υδροφόρος ορίζοντας στην παροχή πόσιμου νερού
- Για επαναχρησιμοποίηση για έμμεση πόση, το βάθος του υπόγειου υδροφορέα πρέπει να είναι τουλάχιστον 2 m στο μέγιστο σημείο εκσκαφής του υπόγειου υδροφορέα. Το επεξεργασμένο νερό θα πρέπει να διατηρείται υπόγεια για τουλάχιστον 2 μήνες πριν να αντληθεί. Τα φρέατα παρακολούθησης είναι απαραίτητα για την ανίχνευση του επιρροή του εμπλουτισμού στα υπόγεια ύδατα (2).

Οι απαιτήσεις για την επεξεργασία και την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού επαναχρησιμοποίησης καταγράφονται στους Πίνακες 29 έως 38, όπως ορίζονται στις σχετικές οδηγίες της USEPA (17). Στην επόμενη ενότητα αναλύεται ο Κανονισμός που έχει θεσπιστεί στην Πολιτεία της Καλιφόρνια.

Πίνακας 29: Αστική επαναχρησιμοποίηση-απεριόριστη

		Αριζόνα Κλάση Α	Καλιφόρνια (τριτοβάθμια απολύμανση)	Φλόριντα	Χαβάνη Νερό R1	Νεβάδα Κατηγορία Α	Νιου Τζέρσεϊ Τύπος 1	Βόρεια Καρολίνα Τύπος 1	Τέξας τύπος 1	Βιρτζίνια επίπεδο 1	Ουάσινγκτον Κλάση Α	
Απαιτήσεις επεξεργασίας	Διεργασίες	Δευτεροβάθμια επεξεργασία-διήθηση-απολύμανση	Οξειδωση-Συσσωμάτωση-Διήθηση-Απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, διήθηση, υψηλού επιπέδου απολύμανση	Οξειδωση-Διήθηση-Απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία-Απολύμανση	Διήθηση, υψηλού επιπέδου απολύμανση	Διήθηση (ή αντίστοιχο)	MO	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, διήθηση, υψηλού επιπέδου απολύμανση	Οξειδωση, συσσωμάτωση, διήθηση, απολύμανση	
	Δόση UV, αν χρησιμοποιείται απολύμανση με UV	MO	NWRI UV οδηγίες	Ενισχυμένες NWRI UV οδηγίες, διαφορές επιτρέπονται	NWRI UV οδηγίες	MO	100mJ/cm ² στη μέγιστη ημερήσια ροή	MO	MO	MO	NWRI UV οδηγίες	
	Απαιτήσεις απολύμανσης με χλώριο (αν χρησιμοποιείται)	MO	CrT>450mg min/L:90λεπτά χρόνος επαφής στο μέγιστο της ροής τη θερινή περίοδο	TRC >1mg/L:15λεπτά χρόνος επαφής στο μέγιστο της ωριαίας ροής ¹	Ελάχιστο υπολειμματικό >5mg/l :90λεπτά μέσος χρόνος επαφής	MO	Ελάχιστο υπολειμματικό >1mg/l :15λεπτά χρόνος επαφής	MO	MO	TRC κατ <1mg/L :30λεπτά χρόνος επαφής σε μέση ροή ή 20 λεπτά στο μέγιστο της ροής	Υπολειμματικό χλώριο >1mg/L: 30λεπτά χρόνος επαφής (πιθανή απαίτηση και για πάνω από 30)	
Ποιοτικές απαιτήσεις παρακολούθησης επεργασμένου νερού	BOD ₅ (ή CBOD ₅)	MO	MO	CBOD ₅ 20mg/l - μέσο ετήσιο 30mg/l - μηνιαίο μέσο 45mg/l - εβδομαδιαίο μέσο 60mg/l - μέγιστο	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	MO	10mg/l (μηνιαίο μέσο) 15mg/l (ημερήσιο μέσο)	5mg/l	10mg/l (μηνιαίο μέσο) Η CBOD ₅ <= 8mg/l (μηνιαίο μέσο)	30mg/l	
	TSS	MO	MO	5mg/l – μέγιστο	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	5mg/l	5mg/l (μηνιαίο μέσο) 10mg/l (ημερήσιο μέσο)	MO		30mg/l : αυτό το όριο αντικαθίσταται από τη θολερότητα	
	Θολερότητα	2NTU (μέση τιμή 24ωρου 5 NTU (μέγιστη))	2NTU (μέσο) για φίλτρα μέσων 10NTU (μέγιστο) για φίλτρα μέσων 0,2NTU(μέσο) για φίλτρα μεμβρανών 0,5NTU(μέγιστο) για φίλτρα μεμβρανών	Κατά περίπτωση (γενικά 2 με 2,5NTU). Η Φλόριντα απαιτεί συνεχές σύστημα παρακολούθησης της θολερότητας ως δείκτη των TSS	2NTU (95%) 0,5NTU (μέγιστο)	MO	2NTU (μέγιστο για UV)	10NTU (μέγιστο)	3NTU	2NTU (ημερήσιο μέσο) Κατ. >5NTU	2NTU (μέσο) 5NTU (μέσο)	
	Βακτηριακοί δείκτες	Fecal coliform: να μην ανιχνεύσει σε τουλάχιστον 4 από 7 δείγματα 23/100ml (μέγιστο)	Ολικά coliform : 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (χωρίς να υπερβαίνει πάνω από 1 δείγμα αυτή την τιμή σε 30μέρες) 240/100ml -μέγιστη	Fecal coliform : 75% των δειγμάτων κάτω από το όριο ανίχνευσης 25/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (χωρίς να υπερβαίνει πάνω από 1 δείγμα αυτή την τιμή σε 30μέρες) 200/100ml (μέγιστο)	Ολικά coliform : 2,2/100ml (30μέρες) 23/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 2,2/100ml (μέσο εβδομαδιαίο) 14/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform ή E-Coli : 14/100ml (μηνιαίο μέσο) 25/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform ή E-Coli: 20/100ml(30μέρες) 75/100ml (μέγιστο) Enterococci: 4/100ml (30μέρες) 9/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 14/100ml Κατ. > 49/100ml E-Coli: 11/100ml Κατ. >35/100ml Enterococci: 11/100ml Κατ.>24/100ml	Ολικά coliform 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (μέγιστο)	
	Παθογόνα	MO	MO	Δεγματοληψία Giardia και Cryptosporidium για φυτά 1φορά/2χρόνια >=1mgd 1φορά/5χρόνια <=1mgd	ΔΑ	ΔΑ	MO	MO	MO	MO	MO	MO
	Άλλα	Αν το N είναι πάνω από 10mg/l, μπορεί να υποχρεωτικές συγκεκριμένες απαιτήσεις για προστασία του υπόγειου νερού	-	-	-	-	(NH ₃ -N + NO ₃ -N) <10mg/l (μέγιστο)	Αμμωνία ως NH ₃ -N 4mg/l (μηνιαίο μέσο) 6mg/l (ημερήσιο μέγιστο)	-	-	Συγκεκριμένης αξιοπιστίας ή απαιτήσεις βασισμένες στην αρχική αξιολόγηση	

MO: Μη ορισμένο από τον κανονισμό επαναχρησιμοποίησης του κράτους. ΔΑ: Δεν απαιτείται παρακολούθηση, αλλά τα ποσοστά απομάκρυνσης ιόν περιγράφονται από τις απαιτήσεις κατά την επεξεργασία

1: Στη Φλόριντα, όταν χρησιμοποιείται απολύμανση με χλώριο, το προϊόν του συνολικού υπολειπόμενου χλωρίου και του χρόνου επαφής (CrT) σε ροή αχμής καθορίζεται για τρία επίπεδα κολοβακτηριδίου κοπράνων όπως μετρήθηκε πριν από την απολύμανση. (Βλ. Ενότητα 6.4.3.1 για περαιτέρω συζήτηση του CrT.) Εάν η συγκέντρωση κολοβακτηριδίου κοπράνων πριν από την απολύμανση:

είναι ≤ 1,000 cfu ανά 100 mL, το CrT είναι 25 mg · min / L.

είναι 1.000 έως 10.000 cfu ανά 100 mL το CrT είναι 40 mg · min / L;

και είναι > 10,000 cfu ανά 100 mL το CrT θα είναι 120 mg · min / L.

Πίνακας 30: Αστική επαναχρησιμοποίηση – περιορισμένη

		Αριζόνα Κλάση Α	Καλιφόρνια (δευτεροβάθμια απολύμανση)	Φλόριντα ¹	Χαβάνη Νερό R1	Νεβάδα Κατηγορία Α	Νιου Τζερσεϊ Τύπος 1	Βόρεια Καρολίνα Τύπος 1	Τέξας τύπος 1	Βιρτζίνια επίπεδο 1	Ουάσινγκτον Κλάση Α
Απαιτήσεις επεξεργασίας	Διεργασίες	Δευτεροβάθμια επεξεργασία-απολύμανση	Οξειδωση-Απολύμανση	ΜΟισμένο	Οξειδωση-Απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία-Απολύμανση	Κατά περίπτωση	Διήθηση (ή αντίστοιχο)	ΜΟ	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, απολύμανση	Οξειδωση, απολύμανση
	Δόση UV, αν χρησιμοποιείται απολύμανση με UV	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	75mJ/cm ² στη μέγιστη ημερήσια ροή	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	NWRI UV οδηγίες
	Απαιτήσεις απολύμανσης με γλώριο (αν χρησιμοποιείται)	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	Υπολειμματικό γλώριο >5mg/l : 10λεπτά μέσος χρόνος επαφής	ΜΟ	Υπολειμματικό γλώριο >1mg/l :15λεπτά χρόνος επαφής	ΜΟ	ΜΟ	TRC κατ <1mg/L :30λεπτά χρόνος επαφής σε μέση ροή ή 20 λεπτά στο μέγιστο της ροής
Ποιοτικές απαιτήσεις παρακολούθησης επεργασμένου νερού	BOD ₅ (ή CBOD ₅)	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	ΜΟ	10mg/l (μηνιαίο μέσο) 15mg/l (ημερήσιο μέσο)	Χωρίς τεχνητή λίμνη 20mg/l (ή CBOD 15mg/l) Με τεχνητή λίμνη : 30mg/l	30mg/l (μηνιαίο μέσο) 45mg/l (μέγιστο εβδομαδιαίο) Η CBOD5 25mg/l (μηνιαίο μέσο) 40mg/l (μέγιστο εβδομαδιαίο)	30mg/l
	TSS	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	30mg/l	5mg/l (μηνιαίο μέσο) 10mg/l (ημερήσιο μέσο)	ΜΟ	30mg/l (μηνιαίο μέσο) 45mg/l (μέγιστο εβδομαδιαίο)	30mg/l
	Θολερότητα	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	10NTU (μέγιστο)	3NTU	ΜΟ	ΜΟ
	Βακτηριακοί δείκτες	Fecal coliform: λιγότερο από 200/100ml σε τουλάχιστον 4 από 7 δείγματα 800/100ml (μέγιστο)	Ολικά coliform : 23/100ml (7μέρες) 240/100ml (χωρίς να υπερβάνει πάνω από 1 δείγμα αυτή την τιμή σε 30μερες)	ΜΟ	Fecal coliform : 2,2/100ml (30μέρες) 23/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 2,2/100ml (30μέρες) 23/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 200/100ml (μηνιαίο) 400/100ml (εβδομαδιαίο)	Fecal coliform ή E-Coli : 14/100ml (μηνιαίο μέσο) 25/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform ή E-Coli: 200/100ml(30μέρες) 800/100ml (μέγιστο) Enterococci: 35/100ml (30μέρες) 89/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 200/100ml Κατ. > 800/100ml E-Coli: 126/100ml Κατ. >235/100ml Enterococci: 35/100ml Κατ.>104/100ml	Ολικά coliform 23/100ml (7μέρες) 240/100ml (μέγιστο)
	Άλλα	Αν το Ν είναι πάνω από 10mg/l, μπορεί να υποχρεωτικές συγκεκριμένες απαιτήσεις για προστασία του υπόγειου νερού	-	-	-	-	(NH ₃ -N + NO ₃ -N) <10mg/l (μέγιστο)	Αμμωνία ως NH ₃ -N 4mg/l (μηνιαίο μέσο) 6mg/l (ημερήσιο μέγιστο)	-	-	-

ΜΟ: Μη ορισμένο από τον κανονισμό επαναχρησιμοποίησης του κράτους.

1: Η Φλόριντα δεν περιλαμβάνει ειδικά τις αστικές επαναχρησιμοποιήσεις στους κανονισμούς της για περιορισμένη πρόσβαση του κοινού υπό την F.A.C. 62-610-400; οι απαιτήσεις για επαναχρησιμοποίηση περιορισμένης δημόσιας πρόσβασης παρέχονται στην αγροτική επαναχρησιμοποίηση - μη εδωδόμενες καλλιέργειες, πίνακας 4-9.

2: Δεν υπάρχει ρητός ορισμός μεταξύ απεριόριστης και περιορισμένης αστικής επαναχρησιμοποίησης στους κανονισμούς της Βόρειας Καρολίνας.

Πίνακας 31: Γεωργική επαναχρησιμοποίηση – καλλιέργειες τροφίμων

	Αριζόνα Κλάση A	Καλιφόρνια (τριτοβάθμια απολύμανση)	Φλόριντα ¹	Χαβάη Νερό R1	Νεβάδα	Νιου Τζέρσεϊ Τύπος 3	Βόρεια Καρολίνα		Τέξας ³ τύπος 1	Βιρτζίνια επίπεδο 1	Ουάσιγκτον Κλάση A	
							Επεξεργασμένα τύπος 1	Μη επεξεργασμένα τύπος 2				
Απαιτήσεις επεξεργασίας	Διεργασίες	Δευτεροβάθμια επεξεργασία-διήθηση-απολύμανση	Οξειδωση-Συσσωμάτωση-Διήθηση-Απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, υψηλού επιπέδου διήθηση, επιπέδου	Οξειδωση-Διήθηση-Απολύμανση	Μη επιτρεπόμενο	Διήθηση, υψηλού επιπέδου απολύμανση	Διήθηση (ή αντίστοιχο)	Διήθηση, Διπλό UV/Χλωρίωση (ή ισοδύναμο)	MO	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, διήθηση, υψηλού επιπέδου απολύμανση	Οξειδωση, συσσωμάτωση, διήθηση, απολύμανση
	Δόση UV, αν χρησιμοποιείται απολύμανση με UV	MO	NWRI UV οδηγίες	Ενισχυμένες NWRI UV οδηγίες, διαφορές επιτρέπονται	NWRI UV οδηγίες	Μη επιτρεπόμενο	100mJ/cm ² στη μέγιστη ημερήσια ροή	MO	Διπλό UV/Χλωρίωση (ή ισοδύναμο)	MO	MO	NWRI UV οδηγίες
	Απαιτήσεις απολύμανσης με χλώριο (αν χρησιμοποιείται)	MO	CrT>450mg min/L:90λεπτά χρόνος επαφής στο μέγιστο της ροής τη θερινή περίοδο	TRC >1mg/L:15λεπτά χρόνος επαφής στο μέγιστο της ωριαίας ροής	Ελάχιστο υπολειμματικό >5mg/l :90λεπτά μέσος χρόνος επαφής	Μη επιτρεπόμενο	Ελάχιστο υπολειμματικό >1mg/l :15λεπτά χρόνος επαφής	MO	Διπλό UV/Χλωρίωση (ή ισοδύναμο)	MO	TRC κατ <1mg/L :30λεπτά χρόνος επαφής σε μέση ροή ή 20 λεπτά στο μέγιστο της ροής	Υπολειμματικό χλώριο >1mg/L: 30λεπτά χρόνος επαφής
Ποιτικές απαιτήσεις παρακολούθησης επεξεργασμένου νερού	BOD ₅ (ή CBOD ₅)	MO	MO	CBOD ₅ 20mg/l - μέσο ετήσιο 30mg/l - μηνιαίο μέσο 45mg/l – εβδομαδιαίο μέσο 60mg/l - μέγιστο	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	Μη επιτρεπόμενο	MO	10mg/l (μηνιαίο μέσο) 15mg/l (μέγιστο ημερήσιο)	5mg/l (μηνιαίο μέσο) 10mg/l (μέγιστο ημερήσιο)	5mg/l	10mg/l (μηνιαίο μέσο) Η CBOD ₅ <= 8mg/l (μηνιαίο μέσο)	30mg/l
	TSS	MO	MO	5mg/l – μέγιστο	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	Μη επιτρεπόμενο	5mg/l	5mg/l (μηνιαίο μέσο) 10mg/l (μέγιστο ημερήσιο)	5mg/l (μηνιαίο μέσο) 10mg/l (μέγιστο ημερήσιο)	MO	MO	30mg/l
	Θολρότητα	2NTU (μέση τιμή 24ωρου 5 NTU (μέγιστη)	2NTU (μέσο) για φίλτρα μέσων 10NTU (μέγιστο) για φίλτρα μέσων 0,2NTU(μέσο) για φίλτρα μεμβρανών 0,5NTU(μέγιστο) για φίλτρα μεμβρανών	Κατά περίπτωση (γενικά 2 με 2,5NTU). Η Φλόριντα απαιτεί συνεχές σύστημα παρακολούθησης της θολρότητας ως δείκτη των TSS	2NTU (95%) 0,5NTU (μέγιστο)	Μη επιτρεπόμενο	2NTU (μέγιστο για UV)	10NTU (μέγιστο)	5NTU (μέγιστο)	3NTU	2NTU (ημερήσιο μέσο) Κατ. >5NTU	2NTU (μέσο) 5NTU (μέσο)
	Βακτηριακοί δείκτες	Fecal coliform: να μην είναι ανιχνεύσιμα σε τουλάχιστον 4 από 7 δείγματα 23/100ml (μέγιστο)	Ολικά coliform : 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (χωρίς να υπερβαίνει πάνω από 1 δείγμα αυτή την τιμή σε 30μερες) 240/100ml -μέγιστη	Fecal coliform : 75% των δειγμάτων κάτω από το όριο ανίχνευσης 25/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (χωρίς να υπερβαίνει πάνω από 1 δείγμα αυτή την τιμή σε 30μερες) 200/100ml (μέγιστο)	Μη επιτρεπόμενο	Fecal coliform : 2,2/100ml (μέσο εβδομαδιαίο) 14/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform ή E-Coli : 14/100ml (μέσο μηνιαίο) 25/100ml (μέγιστο ημερήσιο)	Fecal coliform ή E-Coli : 3/100ml (μέσο μηνιαίο) 25/100ml (μέγιστο ημερήσιο)	Fecal coliform ή E-Coli: 20/100ml(30μέρες) 75/100ml (μέγιστο) Enterococci: 4/100ml (30μέρες) 9/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 14/100ml Κατ. > 49/100ml E-Coli: 11/100ml Κατ. >35/100ml Enterococci: 11/100ml Κατ.>24/100ml	Ολικά coliform 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (μέγιστο)
	Παθογόνα	MO	MO	Δειγματοληψία Giardia και Cryptosporidium για φυτά 1φορά/2χρόνια >=1mgd 1φορά/5χρόνια <=1mgd	ΔΑ	Μη επιτρεπόμενο	MO	MO	Coliphage : 5/100ml (μέσο μηνιαίο) 25/100ml (μέγιστο ημερήσιο)	MO	MO	MO
	Γικοί δείκτες	MO	MO	MO	MO	Μη επιτρεπόμενο	MO	MO	Coliphage : 5/100ml (μέσο μηνιαίο) 25/100ml (μέγιστο ημερήσιο)	MO	MO	MO

Άλλα	Αν το Ν είναι πάνω από 10mg/l, μπορεί να υποχρεωτικές συγκεκριμένες απαιτήσεις για προστασία του υπόγειου νερού	-	-	Οξειδωση-Διήθηση-Απολύμανση	-	(NH ₃ -N + NO ₃ -N) <10mg/l (μέγιστο) Ειδικές πληροφορίες : μπορεί να απαιτείται έλεγχος στις καλλιέργειες	Αμμωνία ως NH ₃ -N 4mg/l (μηνιαίο μέσο) 6mg/l (μέγιστο ημερήσιο)	Αμμωνία ως NH ₃ -N 1mg/l (μηνιαίο μέσο) 2mg/l (μέγιστο ημερήσιο)	-	-	Συγκεκριμένες αξιοπιστίας ή απαιτήσεις βασισμένες στην αρχική αξιολόγηση
------	---	---	---	-----------------------------	---	---	---	---	---	---	--

ΜΟ: Μη ορισμένο από τον κανονισμό επαναχρησιμοποίησης του κράτους. ΔΑ: Δεν απαιτείται παρακολούθηση, αλλά τα ποσοστά ατομάκρυνσης ιόν περιγράφονται από τις απαιτήσεις κατά την επεξεργασία 1: Στο Τέξας και τη Φλόριντα, δεν επιτρέπεται η άρδευση με ψεκασμό (δηλαδή η άμεση επαφή) στα τρόφιμα που καταναλώνονται ακατέργαστα (εκτός από τη Φλόριντα που αποτελεί εξαίρεση για τα εσπεριδοειδή και τον καπνό) και μόνο οι τύποι άρδευσης που αποφεύγουν την επαφή με βρώσιμα μέρη τροφίμων καλλιέργειας (στάθμην) είναι αποδεκτές. 2: Βλ. σημ.1 Πίνακα «Δστική επαναχρησιμοποίηση-απεριόριστη». 3: Οι απαιτήσεις που παρουσιάζονται για τη Βιρτζίνια είναι για τροφές που καταναλώνονται ακατέργαστες. Υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις για τις μεταποιημένες καλλιέργειες, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-10.

Πίνακας 32: Γεωργική επαναχρησιμοποίηση – μη βρώσιμες καλλιέργειες και καλλιέργειες επεξεργασμένων τροφίμων (όπου επιτρέπεται)

	Αριζόνα Κλάση Α		Καλιφόρνια (δευτεροβάθμια, χωρίς απολύμανση)	Φλόριντα ¹	Χαβιά Νερό R2	Νεβάδα ² Κατηγορία Ε	Νιου Τζερσεϊ Τύπος II	Βόρεια Καρολίνα Τύπος 1	Τέξας τύπος II	Βιρτζίνια επίπεδο II	Ουάσινγκτον Κλάση Α	
	Κλάση Β	Κλάση C										
Απαιτήσεις επεξεργασίας	Διεργασίες	Δευτεροβάθμια επεξεργασία-απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία-με ή χωρίς απολύμανση	Οξειδωση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, βασική απολύμανση	Δευτεροβάθμια-Οξειδωση-Απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία	Κατά περίπτωση	Διήθηση (ή αντίστοιχο)	MO	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, απολύμανση	Οξειδωση, απολύμανση
	Δόση UV, αν χρησιμοποιείται απολύμανση με UV	MO	MO	MO	MO	MO	MO	75mJ/cm ² στη μέγιστη ημερήσια ροή	MO	MO	MO	NWRI UV οδηγίες
	Απαιτήσεις απολύμανσης με χλώριο (αν χρησιμοποιείται)	MO	MO	MO	TRC>0.5mg/l (χρόνος επαφής 15λεπτά στο μέγιστο)	Υπολειμματικό χλώριο >5mg/l : 10λεπτά μέσος χρόνος επαφής	MO	Υπολειμματικό χλώριο >1mg/l : 15λεπτά χρόνος επαφής	MO	MO	TRC κατ <1mg/L :30λεπτά χρόνος επαφής σε μέση ροή ή 20 λεπτά στο μέγιστο της ροής	Υπολειμματικό χλώριο >1mg/L: 30λεπτά χρόνος επαφής (πιθανή απαίτηση και για πάνω από 30)
Ποιοτικές απαιτήσεις παρακολούθησης επεξεργασμένου νερού	BOD ₅ (ή CBOD ₅)	MO	MO	MO	CBOD ₅ : 20mg/l (μέσο ετήσιο) 30mg/l (μέσο μηνιαίο) 45mg/l (μέσο εβδομαδιαίο) 60mg/l (μέγιστο)	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	MO	10mg/l (μηνιαίο μέσο) 15mg/l (ημερήσιο μέσο)	Χωρίς τεχνητή λίμνη 20mg/l (ή CBOD 15mg/l) Με τεχνητή λίμνη : 30mg/l	30mg/l (μηνιαίο μέσο) 45mg/l (μέγιστο εβδομαδιαίο) Η CBOD ₅ 25mg/l (μηνιαίο μέσο) 40mg/l (μέγιστο εβδομαδιαίο)	30mg/l
	TSS	MO	MO	MO	20mg/l (μέσο ετήσιο) 30mg/l (μέσο μηνιαίο) 45mg/l (μέσο εβδομαδιαίο) 60mg/l (μέγιστο)	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	30mg/l	5mg/l (μηνιαίο μέσο) 10mg/l (ημερήσιο μέσο)	MO	30mg/l (μηνιαίο μέσο) 45mg/l (μέγιστο εβδομαδιαίο)	30mg/l
	Θολερότητα	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	10NTU (μέγιστο)	MO	MO	MO
	Βακτηριακοί δείκτες	Fecal coliform: λιγότερο από 200/100ml σε τουλάχιστον 4 από 7 δείγματα 800/100ml (μέγιστο)	MO	MO	MO	Fecal coliform : 200/100ml (μέσο) 800/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 23/100ml (7μέρες) 200/100ml (δε μπορεί πάνω από ένα δείγμα να υπερβαίνει την τιμή σε 30μέρες)	MO	Fecal coliform : 200/100ml (μηνιαίο) 400/100ml (εβδομαδιαίο)	Fecal coliform ή E-Coli : 14/100ml (μηνιαίο μέσο) 25/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform ή E-Coli: 200/100ml(30μέρες) 800/100ml (μέγιστο) Enterococci: 35/100ml (30μέρες) 89/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 200/100ml Κατ. > 800/100ml E-Coli: 126/100ml Κατ. >235/100ml Enterococci: 35/100ml Κατ.>104/100ml

Άλλα	Αν το Ν είναι πάνω από 10mg/l, μπορεί να υποχρεωτικές συγκεκριμένες απαιτήσεις για προστασία του υπόγειου νερού	Αν το Ν είναι πάνω από 10mg/l, μπορεί να υποχρεωτικές συγκεκριμένες απαιτήσεις για προστασία του υπόγειου νερού	-	-	-	-	(NH ₃ -N + NO ₃ -N) <10mg/l (μέγιστο)	Αμμωνία ως NH ₃ -N 4mg/l (μηνιαίο μέσο) 6mg/l (ημερήσιο μέγιστο)	-	-
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ΜΟ: Μη ορισμένο από τον κανονισμό επαναχρησιμοποίησης του κράτους.

1: Βλ. σημ.1 Πίνακα «Αστική επαναχρησιμοποίηση-απεριόριστη».

2: Η Νεβάδα απαγορεύει την πρόσβαση του κοινού και απαιτεί ελάχιστη ζώνη ασφαλείας 800 ποδιών για άρδευση με ψεκασμό μη καλλιεργειών. (Κατηγορία E, NAC 445A.2771).

Πίνακας 33: Αποθήκευση νερού (Λιμνοδεξαμενές) – απεριόριστη

		Αριζόνα ¹ Κλάση Α	Καλιφόρνια (τριτοβάθμια απολύμανση)	Φλόριντα	Χαβή	Νεβάδα	Νιου Τζερσει	Βόρεια Καρολίνα	Τέξας τύπος 1	Βιρτζίνια επίπεδο 1	Ουάσινγκτον Κλάση Α
Απαιτήσεις επεξεργασίας	Διεργασίες	Δευτεροβάθμια επεξεργασία-απολύμανση	Οξειδωση-Συσσωμάτωση-Διήθηση-Απολύμανση ²	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Μη επιτρεπόμενο	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	ΜΟ	ΜΟ	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, διήθηση, υψηλού επιπέδου απολύμανση	Οξειδωση, συσσωμάτωση, διήθηση, απολύμανση
	Δόση UV, αν χρησιμοποιείται απολύμανση με UV	ΜΟ	NWRI UV οδηγίες	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Μη επιτρεπόμενο	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	NWRI UV οδηγίες
	Απαιτήσεις απολύμανσης με χλώριο (αν χρησιμοποιείται)	ΜΟ	CrT>450mg min/L:90λεπτά χρόνος επαφής στο μέγιστο της ροής τη θερινή περίοδο	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Μη επιτρεπόμενο	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	ΜΟ	ΜΟ	TRC κατ <1mg/L :30λεπτά χρόνος επαφής σε μέση ροή ή 20 λεπτά στο μέγιστο της ροής	Υπολειμματικό χλώριο >1mg/L: 30λεπτά χρόνος επαφής (πιθανή απαίτηση και για πάνω από 30)
Απαιτήσεις παρακολούθησης επεργασμένου νερού	BOD ₅ (ή CBOD ₅)	ΜΟ	ΜΟ	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Μη επιτρεπόμενο	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	ΜΟ	5mg/l	10mg/l (μηνιαίο μέσο) Ή CBOD ₅ <= 8mg/l (μηνιαίο μέσο)	30mg/l
	TSS	ΜΟ	ΜΟ	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Μη επιτρεπόμενο	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	30mg/l
Ποιοτικές απαιτήσεις παρακολούθησης νερού	Θοολρότητα	2NTU (μέση τιμή 24ωρου 5 NTU (μέγιστη)	2NTU (μέσο) για φίλτρα μέσων 10NTU (μέγιστο) για φίλτρα μέσων 0,2NTU(μέσο) για φίλτρα μεμβρανών 0,5NTU(μέγιστο) για φίλτρα μεμβρανών	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Μη επιτρεπόμενο	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	ΜΟ	3NTU	2NTU (ημερήσιο μέσο) Κατ. >5NTU	2NTU (μέσο) 5NTU (μέσο)

Βακτηριακοί δείκτες	Fecal coliform: να μην είναι ανιχνεύσιμα σε τουλάχιστον 4 από 7 δείγματα 23/100ml (μέγιστο)	Ολικά coliform : 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (χωρίς να υπερβαίνει πάνω από 1 δείγμα αυτή την τιμή σε 30μερες) 240/100ml -μέγιστη	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Μη επιτρεπόμενο	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Fecal coliform ή E-Coli: 20/100ml(30μέρες) 75/100ml (μέγιστο) Enterococci: 4/100ml (30μέρες) 9/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 14/100ml Κατ. > 49/100ml E-Coli: 11/100ml Κατ. >35/100ml Enterococci: 11/100ml Κατ.>24/100ml	Ολικά coliform 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (μέγιστο)
Άλλα	Αν το Ν είναι πάνω από 10mg/l, μπορεί να υποχρεωτικές συγκεκριμένες απαιτήσεις για προστασία του υπόγειου νερού	Συμπληρωματική παρακολούθηση παθογόνων	-	-	Μη επιτρεπόμενο	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	-	-	-	Συγκεκριμένης αξιοπιστίας ή απαιτήσεις βασισμένες στην αρχική αξιολόγηση

MO: Μη ορισμένο από τον κανονισμό επαναχρησιμοποίησης του κράτους.

1: Η Αριζόνα δεν επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση για κολύμβηση ή "άλλη δραστηριότητα πλήρους εμβάπτισης νερού με πιθανότητα κατάποσης" [AAC R18-9-704 (G) (1) (b)]. Η Αριζόνα επιτρέπει νερό «Class A» και «A +» που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή χιονιού, που περιλαμβάνεται στον ορισμό αυτό.

2 Τα απολυμασμένα τριτογενή ανακυκλωμένα νερά που δεν έχουν υποβληθεί σε συμβατική επεξεργασία πρέπει να υποβάλλονται σε δειγματοληψία / ανάλυση μηνιαίως για Giardia, εντερικούς ιούς και Cryptosporidium κατά τους πρώτους 12 μήνες λειτουργίας και χρήσης. Μετά τους πρώτους 12 μήνες, τα δείγματα θα συλλέγονται σε τριμηνιαία βάση και η συνεχής παρακολούθηση μπορεί να διακοπεί μετά τα πρώτα δύο χρόνια, με έγκριση.

Πίνακας 34: Αποθήκευση νερού (Αμνοδεξαμενές) – περιορισμένη

		Αριζόνα Κλάση Β	Καλιφόρνια (δευτεροβάθμια απολύμανση)	Φλόριντα	Χαβάη Νερό R2	Νεβάδα Κατηγορία Α	Νιου Τζερσεϊ	Βόρεια Καρολίνα	Τέξας τύπος II	Βιρτζίνια επίπεδο II	Ουάσινγκτον Κλάση Β
Απαιτήσεις επεξεργασίας	Διεργασίες	Δευτεροβάθμια επεξεργασία-απολύμανση	Οξειδωση-Απολύμανση	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Οξειδωση-Απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία-απολύμανση	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, διήθηση, υψηλού επιπέδου απολύμανση	Οξειδωση, απολύμανση
	Δόση UV, αν χρησιμοποιείται απολύμανση με UV	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	MO	NWRI UV οδηγίες
	Απαιτήσεις απολύμανσης με χλώριο (αν χρησιμοποιείται)	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Υπολειμματικό χλώριο>5mg/l (μέσος χρόνος επαφής 10min)	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	TRC κατ <1mg/L :30λεπτά χρόνος επαφής σε μέση ροή ή 20 λεπτά στο μέγιστο της ροής	Υπολειμματικό χλώριο >1mg/L: 30λεπτά χρόνος επαφής
απαιτήσεις παρακολούθησης επεξεργασμένου	BOD ₅ (ή CBOD ₅)	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Χωρίς τεχνητή λίμνη 20mg/l (ή CBOD 15mg/l) Με τεχνητή λίμνη : 30mg/l	30mg/l (μηνιαίο μέσο) 45mg/l (μέγιστο εβδομαδιαίο) Η CBOD5 25mg/l (μηνιαίο μέσο) 40mg/l (μέγιστο εβδομαδιαίο)	30mg/l

	TSS	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	30mg/l (μηνιαίο μέσο) 45mg/l (μέγιστο εβδομαδιαίο)	30mg/l
	Θολρότητα	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	MO	MO
	Βακτηριακοί δείκτες	Fecal coliform: 200/100ml σε τουλάχιστον 4 από 7 δείγματα 800/100ml (μέγιστο)	Ολικά coliform : 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (χωρίς να υπερβαίνει πάνω από 1 δείγμα αυτή την τιμή σε 30μερες)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Fecal coliform : 200/100ml (7μέρες) 23/100ml (χωρίς να υπερβαίνει πάνω από 1 δείγμα αυτή την τιμή σε 30μερες)	Ολικά coliform : 2,2/100ml (30μέρες) 23/100ml (μέγιστο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Fecal coliform ή E-Coli: 200/100ml(30μέρες) 800/100ml (μέγιστο) Enterococci: 35/100ml (30μέρες) 89/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 200/100ml Kat. > 800/100ml E-Coli: 126/100ml Kat. >235/100ml Enterococci: 35/100ml Kat.>104/100ml	Ολικά coliform 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (μέγιστο)
	Άλλα	Αν το N είναι πάνω από 10mg/l, μπορεί να υποχρεωτικές συγκεκριμένες απαιτήσεις για προστασία του υπόγειου νερού	-	-	-	-	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	-	-	-	Συγκεκριμένης αξιοπιστίας ή απαιτήσεις βασισμένες στην αρχική αξιολόγηση

MO: Μη ορισμένο από τον κανονισμό επαναχρησιμοποίησης του κράτους.

Πίνακας 35: Περιβαλλοντική επαναχρησιμοποίηση

		Αριζόνα ¹	Καλιφόρνια	Φλόριντα ²	Χαβάη	Νεβάδα Κατηγορία C	Νιου Τζερσει	Βόρεια Καρολίνα Τύπος 1	Τέξας	Βιρτζίνια ⁴	Ουάσινγκτον Κλάση A
Απαιτήσεις επεξεργασίας	Διεργασίες	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, νιτροποίηση, βασική απολύμανση	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, απολύμανση	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Διήθηση (ή αντίστοιχο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Οξειδωση, συσσωμάτωση, διήθηση, απολύμανση
	Δόση UV, αν χρησιμοποιείται απολύμανση με UV	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	NWRI UV οδηγίες
	Απαιτήσεις απολύμανσης με χλώριο (αν χρησιμοποιείται)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	TRC>0,5mg/l (χρόνος επαφής 15λεπτά στη μέγιστη ωριαία ροή) ³	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Υπολειμματικό χλώριο >1mg/L: 30λεπτά χρόνος επαφής (πιθανή απαίτηση και για πάνω από 30)
15 παρακολούθησης	BOD ₅ (ή CBOD ₅)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	CBOD ₅ 5mg/l (μέσο ετήσιο) 6,25mg/l (μέσο μηνιαίο) 7,5mg/l(μέσο εβδομαδιαίο) 10mg/l (μέγιστο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	10mg/l (μηνιαίο μέσο) 15mg/l (ημερήσιο μέγιστο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	20mg/l

TSS	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	5mg/l (μέσο ετήσιο) 6,25mg/l (μέσο μηνιαίο) 7,5mg/l(μέσο εβδομαδιαίο) 10mg/l (μέγιστο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	5mg/l (μηνιαίο μέσο) 10mg/l (ημερήσιο μέγιστο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	20mg/l
Βακτηριακοί δείκτες	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Fecal coliform: 200/100ml (μέσο) 800/100ml (μέγιστο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Fecal coliform : 23/100ml (30μέρες) 240/100ml (μέγιστο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Fecal coliform ή E-Coli : 14/100ml (μηνιαίο μέσο) 25/100ml (μέγιστο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Ολικά coliform 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (μέγιστο)
Ολική αμμωνία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	2mg/l (μέσο ετήσιο) 2mg/l (μέσο μηνιαίο) 3mg/l(μέσο εβδομαδιαίο) 4mg/l (μέγιστο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO		Αμμωνία ως NH3-N 4mg/l (μηνιαίο μέσο) 6mg/l (ημερήσιο μέγιστο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Να μην υπερβαίνει τα όρια για το καθαρό νερό
Άλλα	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Φόσφορος 1mg/l (μέσο ετήσιο) 1,25mg/l (μέσο μηνιαίο) 1,5mg/l(μέσο εβδομαδιαίο) 2mg/l (μέγιστο) Άζωτο 3mg/l (μέσο ετήσιο) 3,75mg/l (μέσο μηνιαίο) 4,5mg/l(μέσο εβδομαδιαίο) 6mg/l (μέγιστο)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Φόσφορος 1mg/l (max) ⁵ Άζωτο 4mg/l (max) ⁵	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Φόσφορος 1mg/l (μέσο ετήσιο) ⁶

MO: Μη ορισμένο από τον κανονισμό επαναχρησιμοποίησης του κράτους.

1: Αν και οι κανονισμοί επαναχρησιμοποίησης της Αριζόνα δεν καλύπτουν ειδικά την περιβαλλοντική επαναχρησιμοποίηση, τα επεξεργασμένα απόβλητα των λυμάτων που πληρούν τις κατηγορίες αποκατασταθέντων υδάτων της Αριζόνα απορρίπτονται στα ύδατα των ΗΠΑ και δημιουργούν παρεπόμενα περιβαλλοντικά οφέλη. Τα πρότυπα ποιότητας NPDES για την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων της Αριζόνα περιλαμβάνουν μια ονομασία για αυτό το είδος νερού, "Εξαρτώμενα από εκροές ύδατα".

2: Οι απαιτήσεις της Φλόριντα είναι για ένα φυσικό υγρότοπο υποδοχής που ρυθμίζεται σύμφωνα με τον διοικητικό κώδικα Φλόριντα Κεφάλαιο 62-611 για την εφαρμογή υγροτόπων.

3: Βλ. σημ.1 Πίνακα «Αστική επαναχρησιμοποίηση-απεριόριστη».

4: Οι υγροβιότοποι στη Βιρτζίνια, είτε φυσικοί είτε τεχνητοί για το μετριασμό των επιπτώσεων σε υφιστάμενους υγρότοπους, θεωρούνται κρατικά επιφανειακά ύδατα, η απελευθέρωση του αποκατασταθέντος ύδατος σε υγρότοπο ρυθμίζεται ως εκφόρτωση σημειακής πηγής και υπόκειται στα ισχύοντα πρότυπα ποιότητας των επιφανειακών υδάτων του κράτους.

5: Τα όρια αυτά δεν πρέπει να υπερβαίνονται εκτός εάν παρέχονται καθαρά περιβαλλοντικά οφέλη με υπέρβαση αυτών των ορίων.

6: Το όριο του φωσφόρου είναι ως ετήσιος μέσος όρος για την αύξηση / αποκατάσταση υγροτόπων, ενώ για την αύξηση της ροής ρεύματος είναι το ίδιο με αυτό που απαιτείται για τα όρια εκροής NPDES ή με άλλα λόγια μεταβλητά.

Πίνακας 36: Βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση¹

		Αριζόνα ²	Καλιφόρνια ³ (τριτοβάθμια απολύμανση)	Φλόριντα ³	Χαβάη ¹ Νερό R2	Νεβάδα Κατηγορία E	Νιου Τζερσεϊ Τύπος IV	Βόρεια Καρολίνα Τύπος 1	Τέξας ^{1,5} τύπος II	Βιρτζίνια ⁶ επίπεδο II	Ουάσινγκτον ⁵ Κλάση A
Απαιτήσεις επεξεργασίας	Διεργασίες	Ανεξάρτητη άδεια επαναχρησιμοποίησης νερού –ειδική ανά περίπτωση	Οξειδωση-Συσσωμάτωση-Διήθηση-Απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, διήθηση, υψηλού επιπέδου απολύμανση	Οξειδωση-Απολύμανση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία-Απολύμανση	Κατά περίπτωση	Διήθηση (ή αντίστοιχο)	MO	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, απολύμανση	Οξειδωση, συσσωμάτωση, διήθηση, απολύμανση
	Δόση UV, αν χρησιμοποιείται απολύμανση με UV	MO	NWRI UV οδηγίες	Ενισχυμένες NWRI UV οδηγίες, διαφορές επιτρέπονται	MO	MO	MO	MO	MO	MO	NWRI UV οδηγίες
	Απαιτήσεις απολύμανσης με χλώριο (αν χρησιμοποιείται)	MO	CrT>450mg min/L:90λεπτά χρόνος επαφής στο μέγιστο της ροής τη θερινή περίοδο	TRC >1mg/L: 15λεπτά χρόνος επαφής στο μέγιστο της ωριαίας ροής	Ελάχιστο υπολειμματικό >5mg/l : 10λεπτά μέσος χρόνος επαφής	MO	MO	MO	MO	TRC κατ <1mg/L :30λεπτά χρόνος επαφής σε μέση ροή ή 20 λεπτά στο μέγιστο της ροής	Υπολειμματικό χλώριο >1mg/L: 30λεπτά χρόνος επαφής (πθινή απαίτηση και για πάνω από 30)

Ποιοτικές απαιτήσεις παρακολούθησης επεξεργασμένου νερού	BOD ₅ (ή CBOD ₅)	MO	MO	CBOD ₅ 20mg/l - μέσο ετήσιο 30mg/l - μηνιαίο μέσο 45mg/l - εβδομαδιαίο μέσο 60mg/l - μέγιστο	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	MO	10mg/l (μηνιαίο μέγιστο) 15mg/l (ημερήσιο μέσο)	Χωρίς τεχνητή λίμνη 20mg/l (για CBOD ₅ 15mg/l) Με τεχνητή λίμνη 30mg/l	30mg/l (μηνιαίο μέσο) 45mg/l (εβδομαδιαίο μέσο) Η CBOD ₅ 25mg/l (μηνιαίο μέσο) 40mg/l (εβδομαδιαίο μέσο)	30mg/l	
	TSS	MO	MO	5mg/l – μέγιστο	30mg/l ή 60mg/l εξαρτάται από τη ροή σχεδιασμού	30mg/L (μέσος όρος 30ημερών)	Κατά περίπτωση	5mg/l (μηνιαίο μέσο) 10mg/l (ημερήσιο μέγιστο)	MO	30mg/l (μηνιαίο μέσο) 45mg/l (εβδομαδιαίο μέσο)	30mg/l	
	Θολρότητα	MO	2NTU (μέσο) για φίλτρα μέσων 10NTU (μέγιστο) για φίλτρα μέσων 0,2NTU(μέσο) για φίλτρα μεμβρανών 0,5NTU(μέγιστο) για φίλτρα μεμβρανών	Κατά περίπτωση (γενικά 2 με 2,5NTU). Η Φλόριντα απαιτεί συνεχές σύστημα παρακολούθησης της θολρότητας ως δείκτη των TSS	MO	MO	MO	MO	10NTU (μέγιστο)	MO	MO	2NTU (μέσο) 5NTU (μέσο)
	Βακτηριακοί δείκτες	MO	Ολικά coliform : 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (χωρίς να υπερβαίνει πάνω από 1 δείγμα αυτή την τιμή σε 30μερες) 240/100ml -μέγιστη	Fecal coliform : 75% των δειγμάτων κάτω από το όριο ανίχνευσης 25/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 23/100ml (7μέρες) 200/100ml (χωρίς να υπερβαίνει πάνω από 1 δείγμα αυτή την τιμή σε 30μερες)	Ολικά coliform : 2,2/100ml (30μέρες) 23/100ml (μέγιστο)	MO	Fecal coliform ή E- Coli : 14/100ml (μηνιαίο μέσο) 25/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform ή E- Coli: 200/100ml(30μέρες) 800/100ml (μέγιστο) Enterococci: 35/100ml (30μέρες) 89/100ml (μέγιστο)	Fecal coliform : 200/100ml Κατ. > 800/100ml E-Coli: 126/100ml Κατ. >235/100ml Enterococci: 35/100ml Κατ.>104/100ml	Ολικά coliform 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (μέγιστο)	
	Παθογόνα	MO	MO	Δεγματοληψία Giardia και Cryptosporidium για φυτά 1φορά/2χρόνια αν απαιτείται υψηλού επιπέδου απολύμανση	MO	ΔΑ	MO	MO	MO	MO	MO	MO

MO: Μη ορισμένο από τον κανονισμό επαναχρησιμοποίησης του κράτους, ΔΑ: Δεν απαιτείται παρακολούθηση, αλλά τα ποσοστά απομάκρυνσης ιών περιγράφονται από τις απαιτήσεις κατά την επεξεργασία

1: Όλες οι απαιτήσεις του κράτους αφορούν νερό ψύξης που δημιουργεί ομίχλη ή έκθεση σε εργαζόμενους, εκτός από το Τέξας και τη Χαβάη. Οι απαιτήσεις του Τέξας είναι για το νερό σύστασης πύργων ψύξης και η Χαβάη περιλαμβάνει βιομηχανικές διεργασίες που δεν δημιουργούν ομίχλη, δεν περιλαμβάνουν επαφή με το ανακυκλωμένο νερό και δεν περιλαμβάνουν ενσωμάτωση σε τρόφιμα ή ποτά για ανθρώπους ή επαφή με οτιδήποτε έρχεται σε επαφή με τρόφιμα ή ποτά για ανθρώπινη κατανάλωση. Πρόσθετοι κανονισμοί για άλλα βιομηχανικά συστήματα περιλαμβάνονται στο παράρτημα Α των κατευθυντήριων γραμμών του 2004.

2: Η Αριζόνα ρυθμίζει τη βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση μέσω της έκδοσης αδειών ατομικής άδειας για ανάκτηση νερού (διοικητικός κώδικας της Αριζόνα [A.A.K.] R18-9-705 και 706), η οποία παρέχει ειδικές εκθέσεις αναφοράς, παρακολούθηση, τήρηση αρχείων και απαιτήσεις ποιότητας νερού.

3: Για βιομηχανικές χρήσεις στη Φλόριντα, όπως η κλιμακούμενη ψύξη, οι ανοικτοί πύργοι ψύξης με ελάχιστη απόκλιση αεροζόλ και τουλάχιστον απόσταση 300 ποδιών στη γραμμή ιδιοκτησίας, νερό πλύσης σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ή νερό επεξεργασίας σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις που δεν συνεπάγεται την ενσωμάτωση αναγεννημένου νερού σε τρόφιμα ή ποτά για ανθρώπους ή η επαφή με οτιδήποτε θα έρθει σε επαφή με τρόφιμα ή ποτά για ανθρώπινη κατανάλωση, που δεν δημιουργούν ομίχλη ή δεν έχουν δυνατότητα έκθεσης των εργαζομένων, λιγότερο αυστηρές απαιτήσεις, όπως βασική απολύμανση (π.χ. TRC>0.5 mg / L, μη συνεχόμενη παρακολούθηση της θολρότητας, faecal coliforms <200/100 mL, κ.λπ.), δευτεροβάθμια επεξεργασία (TSS <20 mg / L ετήσιο μέσο όρο, κ.λπ.), δεν υπάρχει δεγματοληψία για παθογόνους παράγοντες (εκτός από την περίπτωση ανοικτών πύργων ψύξης, ανεξαρτήτων των αποστάσεων) μπορούν να εφαρμοστούν.

4: Βλ. σημ.1 Πίνακα «Αστική επαναχρησιμοποίηση-απεριόριστη».

5: Για βιομηχανικές χρήσεις, που δεν δημιουργούν ομίχλη ή έχουν δυνατότητα έκθεσης των εργαζομένων, ενδέχεται να ισχύουν λιγότερο αυστηρές απαιτήσεις.

6: Στη Βιρτζίνια, αυτά είναι τα ελάχιστα απαιτούμενα πρότυπα νερού για τις περισσότερες βιομηχανικές επαναχρησιμοποιήσεις των αποκατεστημένων υδάτων. μπορούν να ισχύουν αυστηρότερα πρότυπα όπως ορίζονται στον κανονισμό. Για τις βιομηχανικές επαναχρησιμοποιήσεις που δεν περιλαμβάνονται στον κανονισμό, τα πρότυπα των αποκατασταθέντων υδάτων μπορούν να αναπτυχθούν κατά περίπτωση ανάλογα με την προτεινόμενη βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση.

Πίνακας 37: Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων – μη πόσιμη επαναχρησιμοποίηση¹

	Αριζόνα ²	Καλιφόρνια	Φλόριντα ³	Χαβάη	Νεβάδα	Νιου Τζερσεϊ ⁵	Βόρεια Καρολίνα	Τέξας	Βιρτζίνια ⁶	Ουάσινγκτον Κλάση Α
Διεργασίες	Καθορίζονται από την άδεια προστασίας των υδροφορέων	Κατά περίπτωση	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, βασική απολύμανση	Κατά περίπτωση	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Αποθήκευση υδροφορέων και ανάκτηση σύμφωνα με το G.S. 143-214.2	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Οξείδωση, συσσωμάτωση, διήθηση, μείωση αζώτου, απολύμανση
Δόση UV, αν χρησιμοποιείται απολύμανση με UV	MO	MO	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	NWRI UV οδηγίες
Απαιτήσεις απολύμανσης με γλώριο (αν	MO	MO	TRC >0,5mg/L: 15λεπτά χρόνος επαφής στο μέγιστο της ωριαίας ροής ⁴	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Υπολειμματικό γλώριο >1mg/L: 30λεπτά χρόνος επαφής

	χρησιμοποιείται)										
Ποιοτικές απαιτήσεις παρακολούθησης επεργασμένου νερού	BOD ₅ (ή CBOD ₅)	MO	MO	CBOD ₅ 20mg/l - μέσο ετήσιο 30mg/l - μηνιαίο μέσο 45mg/l - εβδομαδιαίο μέσο 60mg/l - μέγιστο	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	5mg/l
	TSS	MO	MO	20mg/l - μέσο ετήσιο 30mg/l - μηνιαίο μέσο 45mg/l - εβδομαδιαίο μέσο 60mg/l - μέγιστο	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	5mg/l
	Θολρότητα	MO	MO	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	2NTU (μέσο) 5NTU (μέσο)
	Βακτηριακοί δείκτες	MO	MO	Fecal coliform : 200/100ml (μέσο) 800/100ml (μέγιστο)	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Ολικό coliform 2,2/100ml (7μέρες) 23/100ml (μέγιστο)
	Ολικό άζωτο	MO	MO	NS (νιτρικά <12mg/l)	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Κατά περίπτωση
	TOC	MO	MO	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Κατά περίπτωση
	Πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια πρότυπα πόσιμου νερού	MO	MO	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	Κατά περίπτωση

MO: Μη ορισμένο από τον κανονισμό επαναχρησιμοποίησης του κράτους.

1: Όλες οι απαιτήσεις του κράτους είναι για την επαναφόρτιση υπογείων υδάτων ενός μη υποκειμένου υδροφόρου ορίζοντα.

2: Η επαναφόρτιση των υπόγειων υδάτων με χρήση αποκατασταθέντων υδάτων είναι διαδεδομένη στην Αριζόνα αλλά δεν θεωρείται μέρος του προγράμματος αποκατάστασης του νερού. Το Τμήμα Περιβαλλοντικής Ποιότητας της Αριζόνα (ADEQ) ρυθμίζει την ποιότητα βάσει του Προγράμματος Άδειας Προστασίας Υδάτων του Τμήματος (το οποίο διέπει όλες τις απορρίψεις που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στα υπόγεια ύδατα). Το Υπουργείο Υδατικών Πόρων της Αριζόνα (ADWR) επιβλέπει ένα πρόγραμμα περιορισμού των αποσύρσεων υπογείων υδάτων για την αποφυγή της υποβάθμισης των υπογείων υδάτων. Οι δήμοι και άλλες οντότητες μπορούν να αντισταθμίσουν αυτούς τους περιορισμούς άντλησης επαναφορτίζοντας το αποκατεστημένο νερό μέσω λεπτομερών αδειών στο πλαίσιο του προγράμματος επαναφόρτισης.

3: Μπορούν να απαιτηθούν υψηλότερα πρότυπα επεξεργασίας, όπως διήθηση, απολύμανση υψηλού επιπέδου, ολικό άζωτο κάτω από 10 mg / L και ικανοποίηση προτύπων πρωτογενούς και δευτερογενούς πόσιμου νερού, εάν υπάρχει σύνδεση με πόσιμο υδροφόρο ή άλλες συνθήκες όπως επαναφόρτιση υπογείων υδάτων υπερκείμενης του Biscayne υδροφόρου στη νοτιοανατολική Φλόριδα.

4: Βλ. σημ.1 Πίνακα «Αστική επαναχρησιμοποίηση-απεριόριστη».

5: Όλες οι απορρίψεις σε υπόγεια ύδατα για μη πόσιμη επαναχρησιμοποίηση ρυθμίζονται μέσω του Συστήματος Αδειών Εξάλειψης Απορρίψεων Ρύπων του Νιού Τζέρσεϋ σύμφωνα με το N.J.A.C. 7: 14A-1 και επόμενα και πρέπει να συμμορφώνονται με τα ισχύοντα πρότυπα ποιότητας υπογείων υδάτων (N.A.K. 7: 9Γ).

6: Στη Βιρτζίνια, η επαναφόρτιση υπογείων υδάτων ενός μη καταναμιμένου υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να ρυθμιστεί σύμφωνα με κανονισμούς που δεν σχετίζονται με τον Κανονισμό Αποκατάστασης και Επαναχρησιμοποίησης Νερού (9VAC25-740).

Πίνακας 38: Έμμεση πόσιμη χρήση (EPIX)

		Αριζόνα ¹	Καλιφόρνια ²	Φλόριδα ⁴	Χαβάη	Νεβάδα	Νιου Τζερσεϋ ⁷	Βόρεια Καρολίνα	Τέξας	Βιρτζίνια	Ουάσιγκτον		
											Επιφανειακή διάθεση Κλάση Α	Άμεσος εμπλουτισμός υπογείων ⁸ υδροφορέων (Α)	Αύξηση των απορροών περίπτωση κατά
ήσεις επεξεργ	Διεργασίες	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Οξείδωση-Συσσωμάτωση-Διήθηση-Απολύμανση-πολλαπλά εμπόδια για παθογόνα και	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, διήθηση, υψηλού επιπέδου απολύμανση, πολλαπλά εμπόδια για παθογόνα και	Κατά περίπτωση	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Κατά περίπτωση	Κατά περίπτωση	Οξείδωση με μείωση αζώτου,διήθηση, απολύμανση	Οξείδωση, συσσωμάτωση, επεξεργασία αντίστροφης	Οξείδωση, Διατάγηση, Απολύμανση

			απομάκρυνση οργανικών	απομάκρυνση οργανικών								όσμωση, απολύμανση	
	Δόση UV, αν χρησιμοποιείται απολύμανση με UV	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	NWRI UV οδηγίες ³	NWRI UV ενισχυμένες οδηγίες, διαφορές επιτρέπονται	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	NWRI UV οδηγίες	NWRI UV οδηγίες	NWRI UV οδηγίες
	Απαιτήσεις απολύμανσης με χλώριο (αν χρησιμοποιείται)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	CrT>450mg min/L:90λεπτά χρόνος επαφής στο μέγιστο της ροής τη θερινή περίοδο	TRC >1mg/L: 15λεπτά χρόνος επαφής στο μέγιστο της ωριαίας ροής ⁵	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	Υπολειμματικό χλώριο >1mg/L: 30λεπτά χρόνος επαφής	Υπολειμματικό χλώριο >1mg/L: 30λεπτά χρόνος επαφής	Υπολειμματικό χλώριο να συμμορφώνεται με την άδεια NPDES
Ποιοτικές απαιτήσεις παρακολούθησης επεξεργασμένου νερού	BOD ₅ (ή CBOD ₅)	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	CBOD ₅ 20mg/l - μέσο ετήσιο 30mg/l - μηνιαίο μέσο 45mg/l - εβδομαδιαίο μέσο 60mg/l - μέγιστο	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	5mg/l	MO	30mg/l	5mg/l	30mg/l
	TSS	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	5mg/l (μέγιστο)	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	30mg/l	5mg/l	30mg/l
	Θολερότητα	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	2NTU (μέσο) για φίλτρα μέσων 10NTU (μέγιστο) για φίλτρα μέσων 0,2NTU(μέσο) για φίλτρα μεμβρανών 0,5NTU(μέγιστο) για φίλτρα μεμβρανών	Κατά περίπτωση (συνήθως 2 με 2,5 NTU)	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	3NTU	MO	2NTU (μέσο) 5NTU (μέγιστο)	0,1NTU (μέσο) 0,5NTU (μέγιστο)	MO
	Βακτηριακοί δείκτες	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Fecal coliform ή E-Coli 20/100ml(30μέρες) 75/100ml (μέγιστο) Enterococci 4/100ml(30μέρες) 9/100ml (μέγιστο)	MO	MO	MO	MO
	Ολικό άζωτο	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	10mg/l (μέσος όρος 4 διαδοχικών δειγμάτων)	10mg/l (μέσο ετήσιο)	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	MO	10mg/l	Απαιτήσεις NPDES στο ρεύμα υποδοχής
	TOC	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	0,5mg/l	3mg/l (μέσο μηνιαίο) 5mg/l (μέγιστο) TOX ⁶ : <0,2(μέσο μηνιαίο) ή 0,3(μέγιστο) εναλλακτικά όρια επιτρέπονται	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	MO	1mg/l	MO
	Πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια πρότυπα πόσιμου νερού	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	MO	MO	MO
Παθογόνα	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	ΔΑ	MO	MO	MO	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	Δεν προβλέπεται από τη νομοθεσία	MO	MO	MO	MO	MO

MO: Μη ορισμένο από τον κανονισμό επαναχρησιμοποίησης του κράτους. ΔΑ: Δεν απαιτείται παρακολούθηση, αλλά τα ποσοστά απομάκρυνσης ιών περιγράφονται από τις απαιτήσεις κατά την επεξεργασία

1: Η Αριζόνα επί του παρόντος δεν έχει κανονισμούς για τα EPIX. Ωστόσο, η ADEQ ρυθμίζει τις εγκαταστάσεις επαναφόρτισης όπου μπορεί να ανακτηθεί ανάμικτο νερό ανάμιξης υπογείων υδάτων από ένα πηγάδι πόσιμου νερού μέσω του προγράμματος Permis Protection Permit (Βλέπε Αναθεώρηση υπογείων υδάτων). Η επιτροπή κυανόβαθμων διακυβερνητικών επιτροπών για την αιεφορία των υδάτων εξέδωσε μια έκθεση που περιλαμβάνει μια σύσταση για την ανάπτυξη ενός πιο ισχυρού ρυθμιστικού προγράμματος/πολιτικής για την αντιμετώπιση της EPIX. [Panel US-AZ-Blue Ribbon].

2: Αυτές οι απαιτήσεις είναι προσχέδιο και ελήφθησαν από τα Σχέδια Κανονισμών CDPH για την Αναπλήρωση Υπογείων Υδ3: άτων με Ανακυκλωμένο Νερό (CDPH, 2011).

3: Απαιτείται επιπλέον αφαίρεση παθογόνων για την επαναφόρτιση υπογείων υδάτων μέσω άλλων διεργασιών επεξεργασίας προκειμένου να επιτευχθεί μείωση των εντερικών ιών κατά 12 log, μείωση κατά 10 log των Giardia cyst και μείωση των Cryptosporidium oocysts κατά 10 log.

4: Οι απαιτήσεις της Φλόριντας είναι για τη σχεδιαζόμενη χρήση του ανακυκλωμένου νερού για την αύξηση των υπόγειων υδάτων τάξης F-I, G-I ή G-II (πηγές πόσιμου νερού των ΗΠΑ) με TDS υπόστρωμα 3.000 mg / L ή λιγότερο. Για τα υπόγεια ύδατα G-II μεγαλύτερα από 3.000 mg / L TDS, τα όρια TOC και TOX δεν ισχύουν. Η Φλόριντα περιλαμβάνει επίσης τις απορρίψεις στα επιφανειακά ύδατα της κατηγορίας Ι (δημόσια ύδατα) ή απορρίψεις με χρόνο ταξιδιού λιγότερο από 24 ώρες ανάντη από τα ύδατα επιφανείας της κατηγορίας Ι ως EPIX. Για την απόρριψη στα ύδατα

επιφανείας της κατηγορίας I ή σε ύδατα συναφή με ή ύδατα παραποτάμιων στα ύδατα της κατηγορίας I (ορίζονται ως εκφόρτιση που βρίσκεται λιγότερο από ή ίσο με 4 ώρες ταξιδιού από το σημείο εκφόρτισης μέχρι την άφιξη στο όριο του νερού της κατηγορίας I) η κατεργασία με διήθηση, η απολύμανση υψηλού επιπέδου και κάθε επιπρόσθετη επεξεργασία που απαιτείται για την τήρηση των TOC και των ορίων ποιότητας των επιφανειακών υδάτων. Το ανακυκλωμένο νερό πρέπει να πληροί τα πρότυπα πρωτογενούς και δευτερογενούς πόσιμου νερού, εκτός από τον αμίαντο, πριν από την απόρριψη. Το όριο TOX δεν ισχύει και το ολικό όριο αζώτου βασίζεται στην ποιότητα των επιφανειακών υδάτων. Οι εκροές σε επιφανειακά ύδατα δεν πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση 500 ποδίων από υπάρχουσες ή εγκεκριμένες προσλήψεις πόσιμου νερού στα επιφανειακά ύδατα της κατηγορίας I. Η παρακολούθηση των παθογόνων παραγόντων για την αύξηση επιφανειακών υδάτων τάξης I είναι η ίδια, με την εξαίρεση ότι εάν ο χρόνος διαδρομής της απόρριψης είναι 24 έως 48 ώρες από την παροχή οικιακής ύδρευσης, η δειγματοληψία για Giardia και Cryptosporidium γίνεται μία φορά κάθε δύο χρόνια.

5: Βλ. σημ. I Πίνακα «Αστική επαναχρησιμοποίηση-απερίοριστη».

6: Τα ολικά οργανικά αλογονίδια (TOX) ρυθμίζονται στη Φλόριντα.

7: Για την επαναφόρτιση των υπόγειων υδάτων, η επαναχρησιμοποίηση γίνεται κατά περίπτωση, πρέπει να πληρούνται τα πρότυπα ποιότητας των υπογείων υδάτων.

8: Η Ουάσινγκτον απαιτεί την ελάχιστη οριζόντια απόσταση διαχωρισμού μεταξύ του σημείου άμεσης ανανέωσης και του σημείου ανάληψης ως πηγή παροχής πόσιμου ύδατος να είναι 6.000 μέτρα και να διατηρείται υπόγεια για τουλάχιστον 12 μήνες πριν από την απομάκρυνσή της παροχή πόσιμου νερού.

4.3 Κανονισμός πολιτείας Καλιφόρνια

Η Καλιφόρνια θα μπορούσε να θεωρηθεί πρωτοπόρα αναφορικά με το νομικό πλαίσιο για την επαναχρησιμοποίηση νερού, καθώς οι πρώτες οδηγίες είχαν εκδοθεί το 1918. Στις μέρες μας, η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων διέπεται από τον Κανονισμό για το ανακυκλωμένο νερό, ο οποίος εισήχθη το 2009 και έχει τροποποιηθεί το 2011 και το 2014 (Title 22 of the Code of regulations, Title 22, Division 4, Chapter 3, section 60301 et seq).

Ο Κανονισμός προβλέπει νομικά δεσμευτικές διατάξεις και αναφέρεται σε νερό που προέρχεται από την επεξεργασία αστικών – οικιακών λυμάτων.

Οι πιθανές χρήσεις νερού κατατάσσονται σε 47 κατηγορίες οι οποίες ανήκουν σε 4 διαφορετικές ομάδες:

- Άρδευση
- Λιμνοδεξαμενές
- Ψύξη
- Άλλες χρήσεις: για καζανάκια τουαλετών και ουρητήρων, βιομηχανικής χρήσης νερό που μπορεί να έρθει σε επαφή με εργάτες, πυρόσβεση, διακοσμητικά σιντριβάνια, εμπορικά πλυντήρια ρούχων, τεχνητό χιόνι για εμπορική εξωτερική χρήση, πλύσιμο εμπορικών αυτοκινήτων (2).

Με τις τροποποιήσεις που έγιναν το 2014, αντικαταστάθηκαν οι προβλέψεις για τον τεχνητό εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων και πλέον γίνεται λόγος για έργα αναπλήρωσης των υπόγειων υδροφορέων με επιφανειακή ή υποεπιφανειακή διάθεση επαναχρησιμοποιούμενου νερού, αποσκοπώντας στην έμμεση επαναχρησιμοποίηση για πόση (18).

Ο Τίτλος 22 θεσπίζει ομοιόμορφα κριτήρια ανακύκλωσης σε όλη την Πολιτεία για τις διάφορες χρήσεις του ανακυκλωμένου νερού για να εξασφαλιστεί η προστασία της δημόσιας υγείας όταν πρόκειται για χρήση ανακυκλωμένου νερού. Αυτά τα κριτήρια περιλαμβάνουν καθορισμένες εγκεκριμένες χρήσεις ανακυκλωμένου νερού, αριθμητικά όρια για περιορισμούς και απαιτήσεις ποιότητας, τις απαιτήσεις των μεθόδων επεξεργασίας και τα πρότυπα επιδόσεων.

Για κάθε πιθανή χρήση απαιτείται ειδική τεχνική επεξεργασίας λυμάτων. Η Καλιφόρνια διαθέτει σύστημα έγκρισης και πιστοποίησης των τεχνολογιών επεξεργασίας βάσει του Τίτλου 22. Επιπλέον, για ορισμένες κατηγορίες χρήσης, ορίζονται τα κριτήρια ποιότητας νερού (αριθμητικές τιμές ορίων για την παράμετρο των ολικών κολοβακτηριδίων) και είναι νομικώς δεσμευτικά.

Αναφορικά με τις παραμέτρους, μόνο μία παράμετρος ορίζεται στο Κεφάλαιο 3 του Τίτλου 22, η παράμετρος του περιεχομένου των ολικών κολοβακτηριδίων. Ωστόσο, η Καλιφόρνια ρυθμίζει διάφορες παραμέτρους για το νερό και την επεξεργασία λυμάτων στο ευρύτερο πλαίσιο, πολλές από τις οποίες μπορούν επίσης να εφαρμοστούν στην επαναχρησιμοποίηση. Παράμετροι ποιότητας μπορούν επίσης να

ενσωματωθούν στους ορισμούς των επιπέδων επεξεργασίας για τα ύδατα και τα λύματα, οι οποία μπορεί να περιέχονται σε άλλους Κανονισμούς. Εκτός αυτού, πολλές από τις παραμέτρους μπορεί να περιλαμβάνονται στις άδειες που χορηγούνται σε μεμονωμένα συστήματα. Επιπλέον, η νομοθεσία ορίζει την ελάχιστη απαιτούμενη συχνότητα για δειγματοληψία και ανάλυση. Ο παραγωγός/προμηθευτής του ανακυκλωμένου νερού πρέπει να διεξάγει δειγματοληψίες και όλα τα αποτελέσματα του προγράμματος παρακολούθησης, τα λειτουργικά προβλήματα, οι αστοχίες των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού, εκτροπές προς αποθήκευση ή απόρριψη έκτακτης ανάγκης, καθώς και όλες οι προληπτικές ή διορθωτικές ενέργειες θα πρέπει να καταγράφονται, ενώ μια μηνιαία έκθεση θα πρέπει να κατατίθεται στο ρυθμιστικό φορέα.

Μέτρα ελέγχου που προβλέπονται από τη νομοθεσία αποτελούν:

- Η τήρηση των ελάχιστων αποστάσεων μεταξύ των περιοχών χρήσης ή φύλαξης του ανακυκλωμένου νερού και των γεωτρήσεων για άντληση νερού προς οικιακή χρήση (οι αποστάσεις αυτές εξαρτώνται από τη μέθοδο επεξεργασίας που εφαρμόστηκε)
- Οι απορροές θα πρέπει να μην εισέρχονται σε κατοικίες, στους καθορισμένους υπαίθριους χώρους για κατανάλωση τροφίμων ή εγκαταστάσεις διακίνησης τροφίμων και να περιορίζονται στην περιοχή χρήσης ανακυκλωμένου νερού
- Οι πηγές πόσιμου νερού θα πρέπει να προστατεύονται από ρύπανση λόγω επαφής με ανακυκλωμένο νερό
- Η τήρηση ελάχιστων αποστάσεων μεταξύ περιοχών άρδευσης με καταιονισμό με χρήση οποιουδήποτε ανακυκλωμένου νερού και κατοικίας ή χώρου με δημόσια προβολή παρόμοια με εκείνη ενός πάρκου, παιδικής χαράς ή σχολικής αυλής
- Σήμανση των χώρων που είναι προσβάσιμοι από το κοινό όπου χρησιμοποιείται ανακυκλωμένο νερό
- Οι φυσικές συνδέσεις μεταξύ οποιουδήποτε συστήματος ανακυκλωμένου νερού και κάθε ξεχωριστού συστήματος που μεταφέρει πόσιμο νερό απαγορεύονται
- Σε περιοχές προσβάσιμες από το κοινό απαγορεύονται οι μανδύες σωλήνα, επιτρέπεται μόνο η γρήγορη σύζευξη
- Πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης για να διασφαλιστεί ότι το σύνολο του εξοπλισμού διατηρείται σε καλή λειτουργική κατάσταση
- Απαιτούνται συσκευές συναγερμού για την προειδοποίηση σε περίπτωση απώλειας ισχύος από την κανονική από την κανονική παροχή ή σε περίπτωση αστοχίας της επεξεργασίας.

Η διαδικασία αδειοδότησης ορίζεται από τον Κώδικα για το Νερό της Καλιφόρνια. Όποιος ανακυκλώνει ή προτείνει την ανακύκλωση νερού ή όποιος χρησιμοποιεί ή διατίθεται να χρησιμοποιήσει ανακυκλωμένο νερό, είναι υποχρεωμένος να υποβάλει έκθεση στην κατάλληλη περιφερειακή επιτροπή για το νερό. Η έκθεση πρέπει να

προετοιμάζεται από πιστοποιημένο μηχανικό εγγεγραμμένο στην Καλιφόρνια, με εμπειρία στην επεξεργασία νερού. Στην έκθεση αυτή θα πρέπει να υποδεικνύονται τα μέσα για τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς και καθώς και άλλα συμπληρωματικά που έχουν καθοριστεί από την επιτροπή για το νερό. Εάν μια περιφερειακή επιτροπή για το νερό ορίσει απαραίτητη την προστασία της δημόσιας υγείας, ασφάλειας ή ευημερίας, μπορεί να καθορίσει η ίδια τις απαιτήσεις για το ανακυκλωμένο νερό, όπου αυτό χρησιμοποιείται ή προτείνεται να χρησιμοποιηθεί. Οι περιφερειακές επιτροπές πρέπει να συμβουλευούνται και να λαμβάνουν υπόψη τις προτάσεις του Τμήματος Υπηρεσιών Υγείας (Department of Health Services, DHS), όταν εκδίδει απαιτήσεις για την απόρριψη/ανακύκλωση νερού. Το τμήμα αυτό χρησιμοποιεί τα κριτήρια από τον «Τίτλο 22» ως βάση για την έκδοση των συγκεκριμένων απαιτήσεων.

Στην Καλιφόρνια, ως αποτέλεσμα ισχυρών πολιτικών κινήτρων, η ανακύκλωση του νερού αυξάνεται σταθερά από τη δεκαετία του 1970. Το 2009, η συνολική ποσότητα ανακυκλωμένου νερού που χρησιμοποιήθηκε ήταν 825 Mm³.

Η πολιτική ανακύκλωσης νερού, όπως αυτή τροποποιήθηκε από το Κρατικό ψήφισμα του υπουργικού συμβουλίου για το Νερό 2013-0003, θέτει συγκεκριμένους στόχους για την ανακύκλωση και την προστασία του νερού:

- Αύξηση της χρήσης του ανακυκλωμένου νερού από τα επίπεδα του 2002 κατά τουλάχιστον 1,233 Mm³/y μέχρι το 2020 και κατά τουλάχιστον 2,467 Mm³/y μέχρι το 2030.
- Αύξηση των ποσοτήτων του φυλασσόμενου για αστική και βιομηχανική χρήση σε σχέση με το 2007, κατά τουλάχιστον 20% μέχρι το 2020
- Αύξηση της χρήσης των όμβριων υδάτων πάνω από τα επίπεδα του 2007 κατά τουλάχιστον 500,000 afy μέχρι το 2020 και κατά τουλάχιστον 1,000,000 μέχρι 2030.

Σε αυτούς τους στόχους περιλαμβάνεται η αντικατάσταση όσο το δυνατόν περισσότερου ανακυκλωμένου νερού με πόσιμο μέχρι το 2030. Επιπλέον, ο Κρατικός Κώδικας για το νερό δηλώνει ρητά ότι «Πρόθεση του νομοθετικού σώματος είναι το Κράτος να λαμβάνει όλα τα δυνατά μέτρα για να ενθαρρύνει την ανάπτυξη εγκαταστάσεων ανακύκλωσης νερού έτσι ώστε το ανακυκλωμένο νερό να μπορεί να διατεθεί για να ανταποκριθεί στις αυξανόμενες απαιτήσεις νερού του Κράτους». Τέλος, στην πόλη του San Diego, η έντονη αντίθεση της κοινής γνώμης στην επαναχρησιμοποίηση του νερού άλλαξε μέσα σε μια περίοδο πολλών ετών, κυρίως λόγω της δημόσιας ενημέρωσης και άλλων μέτρων για την ευαισθητοποίηση των πολιτών με την εμπλοκή των ενδιαφερομένων μερών προκειμένου να αντιμετωπιστεί η τοπική λειψυδρία, πέρα από τις οικονομικές δυσκολίες (USEPA, 2012). (2)

4.4 Πρότυπα επαναχρησιμοποίησης στην Κίνα

Στην Κίνα, προκειμένου να μειωθούν οι πιέσεις στους υδατικούς πόρους αναπτύχθηκαν έξι εθνικά τεχνικά πρότυπα για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων στο διάστημα μεταξύ του 2002 και του 2005, τα οποία και σε συνδυασμό με τις προϋπάρχουσες προβλέψεις για την εξασφάλιση αποδοτικών συστημάτων επεξεργασίας, επέτρεψαν την ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού συστήματος ανακτημένου νερού σε εθνικό επίπεδο, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της απόδοσης και της αξιοπιστίας στις διαδικασίες επεξεργασίας λυμάτων. Οι ενέργειες αυτές σκοπό έχουν η δυναμικότητα ανάκτησης να φτάσει τα 6,8 εκατομμύρια m³/day.

Η κυβερνητική πολιτική ενθαρρύνει τις βιομηχανίες προς την αξιοποίηση ανακτημένου νερού μέσω χαμηλών τιμών. Ωστόσο, τροχοπέδη αποτελεί το γεγονός ότι απαιτούνται μεγάλες επενδύσεις σε υποδομές, συμπεριλαμβανομένων των αγωγών και της συντήρηση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας, καθώς οι σημερινές πολιτικές τιμολόγησης δεν επαρκούν για την κάλυψη των κεφαλαιουχικών επενδύσεων και του κόστους των συστημάτων επεξεργασίας και των δικτύων διανομής. Συμπερασματικά, οι κανονισμοί επαναχρησιμοποίησης νερού παρουσιάζουν έναν καινοτόμο και αποτελεσματικό τρόπο για να προάγουν την ασφάλεια των υδάτων σε αστικά κέντρα που υπόκεινται σε προβλήματα νερού, ενώ παράλληλα ανακουφίζουν τον ανταγωνισμό μεταξύ των χρηστών. Οι κανονισμοί που έχει θεσπίσει η κυβέρνηση της Κίνας είναι πλήρεις, παρέχοντας λεπτομερή τεχνικά πρότυπα και κατευθυντήριες γραμμές για διαφορετικές χρήσεις. Η εφαρμογή αυτών των κανονισμών μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική με την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Οι περαιτέρω εργασίες για την εφαρμογή, την επιβολή και την ανάπτυξη της ικανότητας θα βελτιώσουν τα τρέχοντα αποτελέσματα.

Η ολοκληρωμένη σειρά προτύπων για το επεξεργασμένο νερό καλύπτει τις πιο πιθανές περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων και αποτελείται από τα έξι παρακάτω εθνικά πρότυπα, τα οποία εισήχθησαν από την κεντρική κυβέρνηση:

- Επαναχρησιμοποίηση αστικού ανακυκλωμένου νερού: Πρότυπα κατηγοριοποίησης (GB/T 18919-2002)

Τα συγκεκριμένα πρότυπα διαχωρίζουν τις χρήσεις επεξεργασμένων λυμάτων σε 5 κατηγορίες ως:

- Αγροτική, δασική, κτηνοτροφική και αλιεία
- Διάφορες αστικές χρήσεις
- Βιομηχανικό νερό
- Νερό για περιβαλλοντική χρήση
- Πηγή προμήθειας νερού, συμπληρωματικές προς τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα

- Επαναχρησιμοποίηση αστικού ανακυκλωμένου νερού: Πρότυπα ποιότητας νερού για διάφορες αστικές χρήσεις (GB/T 18920-2002)

Στο μέρος αυτό ορίζονται τα ποιοτικά κριτήρια για τις διάφορες αστικές χρήσεις όπως εφαρμογές για καζανάκια τουαλέτας, τον καθαρισμό δρόμων, την πυρόσβεση, το αστικό τοπίο, πλύσιμο οχημάτων και τις κατασκευές. Το νερό που προορίζεται για την παρασκευή τσιμέντου θα πρέπει να ικανοποιεί ποιοτικά και τις σχετικές προβλέψεις για τη συγκεκριμένη χρήση. Τα πρότυπα ποιότητας αναφέρονται στον ακόλουθο Πίνακα 39.

Πίνακας 39: Πρότυπα ποιότητας νερού για διάφορες αστικές χρήσεις

A/A	Παράμετροι	Νερό για καζανάκια	Πλύσιμο δρόμων/ Πυρόσβεση	Αστικό τοπίο	Πλύσιμο οχημάτων	Κατασκευές
1	pH	6.0~9.0				
2	chroma \leq	30				
3	Οσφρυντική	Χωρίς Οσμή				
4	NTU \leq	5	10	10	5	20
5	TDS (mg/L) \leq	1500	1500	1000	1000	—
6	BOD5 (mg/L) \leq	10	15	20	10	15
7	Αμμωνιακό άζωτο (mg/L) \leq	10	10	20	10	20
8	LAS (mg/L) \leq	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0
9	Fe (mg/L) \leq	0.3	—	—	0.3	—
10	Mn (mg/L) \leq	0.1	—	—	0.3	—
11	DO (mg/L) \leq	1.0				
12	Ολικό υπολειμματικό χλώριο (mg/L)	Μετά από επαφή 30min \geq 1.0 Στην έξοδο του δικτύου \geq 0.2				
13	Ολικά κολοβακτηρίδια \leq	3				

- Επαναχρησιμοποίηση αστικού ανακυκλωμένου νερού: Πρότυπα ποιότητας νερού για χρήσεις στο αισθητικό περιβάλλον (GB/T 18921-2002)

Με το όρο νερό για χρήσεις στο αισθητικό περιβάλλον γίνεται αναφορά στο νερό που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία αστικών τοπίων ή χώρων νερού, όπως ποτάμια, λίμνες, καταρράκτες, σιντριβάνια κ.ά έργα αναψυχής. Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι προτιμότερη η χρήση των αστικών λυμάτων και να αποφεύγεται η χρήση των βιομηχανικών. Όταν οι παραπάνω χώροι λειτουργούν πλήρως με χρήση ανακτημένου νερού, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής θα πρέπει να είναι λιγότερος από τις πέντε ημέρες. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία του νερού είναι παραπάνω από 25 °C, ο αντίστοιχος χρόνος δεν πρέπει να ξεπερνάει τις τρεις ημέρες, ενώ εάν είναι

χαμηλότερη, ο χρόνος αυτός μπορεί να φτάσει μέχρι και τον ένα μήνα. Τα πρότυπα ποιότητας αναφέρονται στον ακόλουθο Πίνακα 40.

Πίνακας 40: Πρότυπα ανακτημένου νερού για χρήση στο αστικό τοπίο

Α/Α	Παράμετρος	Νερό για διαμόρφωση τοπίου			Νερό αναψυχής		
		Ποτάμι	Λίμνη	Waterscape	Ποτάμι	Λίμνη	Waterscape
1	Βασικές απαιτήσεις	Όχι χονδρόκοκκα, όχι οσμές	Όχι χονδρόκοκκα, όχι οσμές	Όχι χονδρόκοκκα, όχι οσμές	Όχι χονδρόκοκκα, όχι οσμές	Όχι χονδρόκοκκα, όχι οσμές	Όχι χονδρόκοκκα, όχι οσμές
2	pH ≤	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9
3	BOD5 (mg/L) ≤	10	6	6	6	6	6
4	SS (mg/L) ≤	20	10	10	-	-	-
5	NTU ≤	-	-	-	5	5	5
6	DO (mg/L) ≥	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0
7	TP (mg/L) ≤	1,0	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5
8	TN (mg/L) ≤	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
9	Αμμωνιακό άζωτο (mg/L) ≤	5	5	5	5	5	5
10	Faecal coliform (mg/L) ≤	10000	10000	2000	500	500	Μη ανιχνεύσιμο
11	Υπολειμματικό χλώριο (mg/L) ≥	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
12	Chroma (mg/L) ≤	30	30	30	30	30	30
13	έλαια (mg/L) ≤	1	1	1	1	1	1
14	LAS (mg/L) ≤	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Σημείωση 1: Σε περίπτωση που το νερό ανακύκλωσης μεταφέρεται μέσω σωλήνων, πρέπει να εφαρμόζεται χλώριο για απολύμανση. Σε άλλες περιπτώσεις, δεν καθορίζεται η μέθοδος απολύμανσης.

Σημείωση 2: Όταν η επεξεργασία των λυμάτων δεν είναι εξοπλισμένη με αφαίρεση αζώτου και φωσφόρου, συνιστάται ιδιαίτερα η καλλιέργεια των υδάτινων φυτών με τα οποία το άζωτο και ο φώσφορος θα μπορούσαν να ελεγχθούν εντός των ορίων που αναφέρονται στον πίνακα, ενώ τα φυτά νερού που αναφέρονται παραπάνω οικονομικά πλεονεκτήματα.

- Επαναχρησιμοποίηση αστικού ανακυκλωμένου νερού: Πρότυπα ποιότητας νερού για βιομηχανική κατανάλωση (GB/T 19923-2005)

Η βιομηχανική χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων κατατάσσεται στις ακόλουθες πέντε κατηγορίες:

- Νερό ψύξης: συμπεριλαμβανόμενου νερού τροφοδοσίας ευθείας ροής και επανακυκλοφορίας

- Νερό πλύσης: συμπεριλαμβανομένου του νερού που χρησιμοποιείται για την έκπλυση της σκωρίας και της τέφρας, την αφαίρεση του καπνού και της σκόνης κλπ
- Νερό λεβήτων: συμπεριλαμβανομένου του ύδατος τροφοδοσίας για λέβητες μέσης και χαμηλής τάσης κλπ.
- Νερό επεξεργασίας: συμπεριλαμβανομένου του νερού που χρησιμοποιείται για τη διάλυση, την εμφάνιση, το βράσιμο, το ξέβγαλμα, την υδραυλική εξόρυξη, τον υδραυλικό χειρισμό, την εξασθένιση, την ανάδευση, την απορρόφηση και τις διεργασίες στην πετρελαιοπαραγωγή κλπ
- Νερό για παραγωγή: περιλαμβανομένων του πολτού, των χημικών παρασκευασμάτων, της επικάλυψης κ.λπ.

Τα πρότυπα ποιότητας αναφέρονται στον ακόλουθο Πίνακα 41.

Πίνακας 41: Ανακτημένο νερό χρήση ως βιομηχανικό νερό – πρότυπα ποιότητας νερού

A/A	Παράμετρος	Νερό ψύξης		Νερό πλύσης	Νερό για τροφοδοσία λέβητα	Νερό παραγωγής και επεξεργασίας
		DC νερό ψύξης	Ανοικτό σύστημα ψύξης νερού για την προσθήκη νερού			
1	pH	6.5–9.0	6.5–8.5	6.5–9.0	6.5–8.5	6.5–8.5
2	SS (mg/L) ≤	30	—	30	—	—
3	NTU ≤	—	5	—	5	5
4	Chroma ≤	30	30	30	30	30
5	BOD5 (mg/L) ≤	30	10	30	10	10
6	COD Cr (mg/L) ≤	—	60	—	60	60
7	Fe (mg/L) ≤	—	0.3	0.3	0.3	0.3
8	Mn (mg/L) ≤	—	0.1	0.1	0.1	0.1
9	Cl ⁻ (mg/L) ≤	250	250	250	250	250
10	SiO ₂ ≤	50	50	—	30	30
11	Ολική σκληρότητα (mg CaCO ₃ /L) ≤	450	450	450	450	450
12	TN (mg N /L) ≤	350	350	350	350	350
13	Θρεικά (mg/L) ≤	600	250	250	250	250
14	Αμμωνιακό άζωτο (mg/L) ≤	—	10 (1)	—	10	10
15	TP (mg/L) ≤	—	1	—	1	1
16	TDS (mg/L) ≤	1000	1000	1000	1000	1000
17	Έλαια (mg/L) ≤	—	1	—	1	1
18	LAS (mg/L) ≤	—	0.5	—	0.5	0.5
19	Υπολειμματικό χλώριο (mg/L) ≥	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
20	Faecal coliform ≤	2000	2000	2000	2000	2000

Σημείωση: (1) Εάν ο εναλλάκτης θερμότητας είναι από χαλκό, το αμμωνιακό άζωτο του νερού που κυκλοφορείται στο σύστημα για την ψύξη πρέπει να είναι λιγότερο από 1 mg/L. (2) Το υπολειμματικό χλώριο στην έξοδο του δικτύου.

- Επαναχρησιμοποίηση αστικού ανακυκλωμένου νερού: Πρότυπα ποιότητας νερού για άρδευση (GB 20922-2007)

Το ανακτημένο νερό που προορίζεται για άρδευση πρέπει να πληροί συγκεκριμένα κριτήρια ανάλογα με τις καλλιέργειες στις οποίες εφαρμόζεται. Για τις κλωστικές καλλιέργειες (βαμβάκι, κάνναβη) και το ξηρό καλαμπόκι, τα λύματα μπορούν να υφίστανται μόνο πρωτοβάθμια (φυσική) επεξεργασία. Για τους ορυζώνες ή τα λαχανικά, το ανακτημένο νερό πρέπει έχει υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία (φυσική και βιολογική).

Πίνακας 42: Μέγιστος περιορισμένος δείκτης βασικής παραμέτρου ελέγχου και ποιότητας νερού

Α/Α	Βασική παράμετρος ελέγχου	Τύπος αρδευόμενων καλλιεργειών			
		Κλωστικές καλλιέργειες	Ξηρό καλαμπόκι, καλλιέργειες παραγωγής ελαίων	Ορυζώνες	Λαχανικά
1	BOD 5 (mg/L)	100	80	60	40
2	COD Cr (mg/L)	200	180	150	100
3	SS (mg/L)	100	90	80	60
4	DO (mg/L) \geq			0.5	0.5
5	pH	5.5 - 8.5	5.5 - 8.5	5.5 - 8.5	5.5 - 8.5
6	TDS (mg/L)	Χωρίς αλμυρό αλκαλικό έδαφος 1000, εδαφική αλκαλική έκταση 2000			1000
7	Χλωριούχα (mg/L)	350	350	350	350
8	Θειούχα (mg/L)	1.0	1.0	1.0	1.0
9	Υπολειμματικό χλώριο (mg/L)	1.5	1.5	1.0	1.0
10	Πετρέλαιο (mg/L)	10	10	5	1
11	Πτητικές φαινόλες (mg/L)	1.0	1.0	1.0	1.0
12	LAS (mg/L)	8.0	8.0	5.0	5.0
13	Υδράργυρος (mg/L)	0.001	0.001	0.001	0.001
14	Κάδμιο (mg/L)	0.01	0.01	0.01	0.01
15	Αρσενικό (mg/L)	0.1	0.1	0.05	0.05
16	Χρώμιο (VI) (mg/L)	0.1	0.1	0.1	0.1
17	Μόλυβδος (mg/L)	0.2	0.2	0.2	0.2
18	Αριθμός faecal coli-forms (a/L)	40000	40000	40000	20000
19	Αριθμός αυγών στρογγυλού σκουληκιού (a/L)	2	2	2	2

- Επαναχρησιμοποίηση αστικού ανακυκλωμένου νερού: Πρότυπα ποιότητας νερού για τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων (GB/T 19772-2005)

Στο πρότυπο αυτά ορίζονται επίσης ποιοτικά όρια (Πίνακας 43) για το νερό που προορίζεται για διάθεση στους υπόγειους υδροφορείς, στα οποία όμως δεν κατέστη δυνατή η πρόσβαση. (19)

Πίνακας 43: Μέγιστος δείκτης περιορισμού επιλεκτικού στοιχείου ελέγχου και ποιότητας νερού

A/A	Βασική παράμετρος ελέγχου	Περιοριστική τιμή	A/A	Βασική παράμετρος ελέγχου	Περιοριστική τιμή
1	Be	0.002	10	Zn	2.0
2	Co	1.0	11	Boron	1.0
3	Cu	1.0	12	Vanadium	0.1
4	fluoride	2.0	13	Cyanide	0.5
5	Fe	1.5	14	Trichloroacetic aldehyde	0.5
6	Mn	0.3	15	Acrolein	0.5
7	Mo	0.5	16	Methanol	1.0
8	Ni	0.1	17	Benzene	2.5

4.5 Άλλες χώρες όπου εφαρμόζεται επαναχρησιμοποίηση

Από το διεθνή χώρο, άλλα παραδείγματα χωρών που εφαρμόζουν πρακτικές επαναχρησιμοποίησης νερού αποτελούν η Παλαιστίνη, το Ισραήλ, η Τυνησία, η Σιγκαπούρη και η Νότια Αφρική. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση παρουσιάζονται κάποιες αξιοσημείωτες τέτοιου είδους εφαρμογές.

Για μεγάλο χρονικό διάστημα, η Παλαιστίνη δεν διέθετε συγκεκριμένες ρυθμίσεις για τα λύματα. Συνήθως, γινόταν αναφορικά με τις συστάσεις του WHO ή με τα πρότυπα άλλων γειτονικών χωρών (π.χ. Αίγυπτος, Ιορδανία). Μέσα στην τελευταία δεκαετία, η Αρχή Ποιότητας Περιβάλλοντος με το συντονισμό των παλαιστινιακών υπουργείων και πανεπιστημίων, έχει θεσπίσει συγκεκριμένους κανονισμούς για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Από το Ινστιτούτο Παλαιστινιακών Προτύπων έχει προταθεί σχέδιο για την παλαιστινιακή νομοθεσία αναφορικά με την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων. Τα περισσότερα έργα επαναχρησιμοποίησης για άρδευση στη λωρίδα της Γάζας και τη Δυτική Όχθη έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με τις οδηγίες του FAO και του WHO. Ο τρόπος που προσεγγίζεται η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων είναι μέσω της έρευνας για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών ή τη βελτίωση των ήδη υπαρχόντων μεθοδολογιών. Αυτά αφορούν κυρίως τον εντοπισμό επικίνδυνων για την ανθρώπινη υγεία ουσιών, όπως τα ιχνοστοιχεία και η μικροβιολογική ποιότητα, τα συστήματα επεξεργασίας και την εκτίμηση της τύχης των μικροβιολογικών, χημικών και οργανικών ρυπαντών. Τα προσχέδια για τις βασικές αρχές των παλαιστινιακών προτύπων προβλέπουν κυρίως υγειονομικές, περιβαλλοντικές και απαιτήσεις αγροτεχνικής ποιότητας. Οι υγειονομικές απαιτήσεις επικεντρώνονται στους παθογόνους παράγοντες που

ενδεχομένως υπάρχουν στα λύματα, δηλαδή τα βακτήρια και τα εντερικά νηματώδη. Συνιστάται λιγότερο από 1 εντερικό νηματώδες ανά λίτρο και 200 έως 1000 faecal coliforms ανά 100 ml λυμάτων, ανάλογα με τις συνθήκες επαναχρησιμοποίησης. Από περιβαλλοντικής άποψης, η συγκέντρωση διάφορων βαρέων μετάλλων (ιδιαίτερα καδμίου, χαλκού, ψευδαργύρου), αλάτων, θρεπτικών (N, P) έχουν ληφθεί υπόψη. γ) Οι αγροτεχνικές απαιτήσεις περιλαμβάνουν πρώτα ολικό άλας και συγκεντρώσεις ανιόντων (Cl, SO₄, HCO₃), κατιόντων (Ca, Mg, Na) και βορίου, οι οποίες καθορίζουν τα πρότυπα ποιότητας νερού ανάλογα με τα φυτικά είδη, τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, τις κλιματολογικές και αρδευτικές μεθόδους (20).

Στο Ισραήλ, σύμφωνα με τους Κανονισμούς του Υπουργείου Υγείας, τα πρότυπα ποιότητας του νερού επαναχρησιμοποίησης βασίζονται στον «Τίτλο 22» της Καλιφόρνια. Τα πρότυπα αυτά είναι πολύ περιοριστικά και περιλαμβάνουν τόσο μεθόδους επεξεργασίας, όσο και τα όρια των ελάχιστων αποστάσεων. Η επαναχρησιμοποίηση για άρδευση έχει υψηλή επιχορήγηση. Το κράτος πληρώνει πλήρως τη μεταφορά και την αποθήκευση νερού και επιπλέον, αναλαμβάνει το κόστος για την αναβάθμιση των λυμάτων σε υψηλό ποιοτικό επίπεδο. Οι χρήστες (γεωργοί) επιβαρύνονται μόνο με το κόστος της «χαμηλής επεξεργασίας» που είναι κατάλληλο για περιορισμένη άρδευση, 0,098 EUR/m³. Αυτή η επιδότηση είναι λιγότερο δαπανηρή από την επεξεργασία των λυμάτων σε ποιότητα κατάλληλη για διάθεση στα επιφανειακά ύδατα. Αξιόλογο παράδειγμα αποτελεί μια γεωργική κοινότητα κοντά στην Be'er Sheva συγκέντρωσε πόρους για να κατασκευάσει ένα σύστημα επαναχρησιμοποίησης νερού δίπλα σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Συνολικά το 90% των παραγόμενων εκροών θα διοχετευθούν για γεωργική άρδευση και το υπόλοιπο 10% θα χρησιμοποιηθεί για άρδευση δημοτικών πάρκων. Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί η εθνική υδρευτική εταιρεία Mekorot, η οποία έχει εφαρμόσει συστήματα αποκατάστασης υγρών αποβλήτων σε ολόκληρη τη χώρα. Πάνω από το 50% των αποβλήτων, που αντιπροσωπεύουν 206 Mm³ / έτος από 9 μονάδες ανάκτησης, χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς. Συγκεκριμένα, τα απόβλητα από τη μονάδα αποκατάστασης Shafdan (145 Mm³ / έτος) χρησιμοποιούνται για τη γεωργία στο Negev, με το ανακυκλωμένο νερό να είναι κατάλληλο για απεριόριστη άρδευση. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη σε ένα συνδυασμένο σύστημα σωλήνων, δεξαμενών και αντλιοστασίων. Οι δεξαμενές χρησιμοποιούνται για τη συλλογή του ανακτημένου νερού κατά τη διάρκεια του χειμώνα και την αύξηση της ποσότητας του νερού που παρέχεται για άρδευση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Ωστόσο, πρόσφατες έρευνες επιβεβαιώνουν ότι μακροχρόνια χρήση ανακυκλωμένου νερού μπορεί να προκαλέσει βλάβη τόσο στο έδαφος, όσο και στις καλλιέργειες και ταυτόχρονα προτείνουν την εξ ολοκλήρου αφαλάτωση των λυμάτων (2).

Αναφορικά με την Ιορδανία, η χώρα έχει αναπτύξει Εθνική Εκστρατεία για το Νερό «Water for Life» 2008-2022. Η εκστρατεία αυτή θέτει στόχους για τα λύματα μέχρι το 2022 και δίνει λεπτομέρειες για τους τρόπους προσέγγισης των στόχων αυτών. Πιο συγκεκριμένα, η κυβέρνηση της Ιορδανίας σκοπεύει να αυξήσει την

επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων οικιακών λυμάτων για τη γεωργία σε 220 Mm³ μέχρι το 2022, ποσότητα η οποία θα αποτελεί το 13% των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Ταυτόχρονα έχει αναπτυχθεί το Πρότυπο για το Ανακτημένο Νερό από Οικιακά Λύματα («Reclaimed Domestic Wastewater Standard No 893/2006») από το 2006, το οποίο περιλαμβάνει και ανακτημένο νερό για επαναχρησιμοποίηση. Το πρότυπο αυτό θεσπίζει διάφορα όρια για την ποιότητα των λυμάτων για 7 κατηγορίες διάθεσης ή άμεσης επαναχρησιμοποίησης:

- Ανακύκλωση νερού για άρδευση λαχανικών που μαγειρεύονται
- Ανακύκλωση νερού για χρήση σε δενδρώδεις και δασικές καλλιέργειες και βιομηχανικές διεργασίες
- Διάθεση σε υδάτινα σώματα, κοιλάδες, λεκάνες απορροής
- Χρήση σε τεχνητό εμπλουτισμό υδροφορέων πόσιμου νερού
- Διάθεση σε δημόσια πάρκα ή χώρους αναψυχής
- Χρήση για άρδευση ή κτηνοτροφία
- Χρήση ανακτημένου νερού για κομμένα άνθη

Ειδικότερα για τα βιομηχανικά λύματα, έχει αναπτυχθεί ένα εξειδικευμένο πρότυπο («Industrial Wastewater Standard Specification No 202/2007»), το οποίο ορίζει την ποιότητα των τελικών εκροών βιομηχανικών λυμάτων σε υδάτινα σώματα που χρησιμοποιούνται για άρδευση και έχει συμπεριλάβει ένα άλλο πρότυπο, το «Standard no.893/2006», το οποίο αφορά την επαναχρησιμοποίηση των βιομηχανικών λυμάτων για άρδευση ή βιομηχανική χρήση (2).

Στην Τυνησία, η προγραμματισμένη επαναχρησιμοποίηση έχει αναπτυχθεί από τη δεκαετία του 1960. Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων έχει καταστεί προτεραιότητα στην εθνική στρατηγική για τους υδατικούς πόρους. Το 2001, υπήρχαν ήδη περισσότερες από 44 μονάδες επεξεργασίας λυμάτων με συνολική χωρητικότητα άνω των 130 Mm³/έτος, παράγοντας δευτερογενώς επεξεργασμένο νερό, εκ των οποίων το 30% ανακυκλώθηκε. Από αυτό, το μεγαλύτερο μέρος χρησιμοποιήθηκε για την άρδευση περίπου 6.500 εκταρίων γεωργικής γης (21). Το 2012, η Αφρικανική Τράπεζα Ανάπτυξης εγκαινίασε σχέδιο 33 εκατ. Ευρώ για την ανακύκλωση επεξεργασμένων λυμάτων. Στόχος ήταν να επιτευχθεί ποσοστό ανακύκλωσης 50% των επεξεργασμένων λυμάτων έως το 2016. Αυτό θα επιτρέψει την άρδευση 8.500 εκταρίων γεωργικής γης και αστικών χώρων πρασίνου (2).

Στη Σιγκαπούρη, ξεκίνησε το 1998 από την κυβέρνηση η μελέτη NEWater ως ένα φιλόδοξο έργο για την αύξηση της επαναχρησιμοποίησης νερού για έμμεσες χρήσεις σε πόσιμο νερό και άμεσες χρήσεις για μη πόσιμο. Όπως και το σχέδιο του San Francisco Bay Area στην Καλιφόρνια, το σύστημα αυτό χρειάστηκε πολλά χρόνια για να εγκατασταθεί, με την αρχική ιδέα να εκπονείται το 1973 και τα πρώτα εργοστάσια επεξεργασίας να ξεκινούν το 2003. Το ανακυκλωμένο νερό, που ονομάζεται «NEWater», χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο από τη βιομηχανία, με τη ζήτηση να αυξάνεται από 6.600.000 m³/έτος το 2003 σε περίπου 100.000.000 m³/έτος το 2011. Ο όγκος αυτός καλύπτει το 30% των αναγκών της Σιγκαπούρης και απαιτεί τρεις

μονάδες επεξεργασίας. Αυτό το σχέδιο επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνει ένα μικρό ποσοστό επαναχρησιμοποίησης πόσιμου με το «NEWater» που αναμιγνύεται με το νερό που αποθηκεύεται σε επιφανειακές δεξαμενές. Το έργο αυτό συνοδεύτηκε από ένα πρόγραμμα ευαισθητοποίησης του κοινού για τη δημιουργία εθνικής δέσμευσης για την επαναχρησιμοποίηση του νερού, με τη δημιουργία ενός κέντρου επισκεπτών το οποίο μεταφέρει πληροφορίες σχετικά με το έργο. Η δημιουργία της ορολογίας «NEWater» αποτελεί μέρος της στρατηγικής που αναπτύχθηκε για τη βελτίωση της αποδοχής και της εμπλοκής των καταναλωτών (2).

Τέλος, στην Νότια Αφρική εκπονήθηκε το 2011 το «Durban Water Recycling Project». Το έργο αυτό είναι μια τριτομεακή σύμπραξη με συμβαλλόμενα μέρη το δημόσιο, τον ιδιωτικό τομέα, καθώς και μη κυβερνητικές οργανώσεις. Τα απόβλητα από τα έργα επεξεργασίας λυμάτων επεξεργάζονται σύμφωνα με ένα αποδεκτό πρότυπο για βιομηχανική χρήση. Το έργο περιλαμβάνει την επεξεργασία των πρωτογενών λυμάτων και την επανεπεξεργασία του ανακυκλωμένου νερού, που φτάνει τους 47.500 m³/ημέρα. Με τη χρήση ανακυκλωμένου νερού, το οποίο είναι κατά 25% λιγότερο δαπανηρό από το πόσιμο νερό, η βιομηχανία πραγματοποιεί εξοικονόμηση άνω του 50%. Ως εκ τούτου, υπάρχει πλέον διαθέσιμο πόσιμο νερό για τις τοπικές μειονεκτούσες κοινότητες. Το έργο αυτό επέτρεψε στο Durban Metro να εγκαταστήσει και να λειτουργήσει ένα νέο προσιτό δίκτυο διανομής για τους δήμους, προσφέροντας στη βιομηχανία φθηνό και υψηλής ποιότητας νερό (2).

5. Κατευθυντήριες γραμμές από διεθνείς οργανισμούς

5.1 Οδηγία των Ηνωμένων Εθνών

Για τις Μεσογειακές χώρες υπάρχει η σχετική «Οδηγία για την αστική επαναχρησιμοποίηση νερού στην περιοχή της Μεσογείου» από το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον. Η οδηγία εκδόθηκε το 2005, δεν αποτελεί νομικά περιοριστική διάταξη, δεν διασαφηνίζει την προέλευση του νερού επαναχρησιμοποίησης και δεν καλύπτει την αδειοδότηση χρήσης ανακτημένου νερού.

Σύμφωνα με την οδηγία αυτή, το νερό επαναχρησιμοποίησης έχει 11 πιθανές χρήσεις, οι οποίες ομαδοποιούνται σε 4 κατηγορίες, ως εξής:

- Σε αστικές και κατοικημένες περιοχές, εφαρμογές στο τοπίο και τεχνητές λίμνες
- Μη περιορισμένη άρδευση, τεχνητές λίμνες (όπου απαγορεύεται η επαφή με το νερό) και βιομηχανικές χρήσεις
- Γεωργική άρδευση με περιορισμούς
- Άρδευση με μεθόδους ή συστήματα ανακτημένου νερού (στάγδην, υποεπιφανειακή), δεδομένου ενός υψηλού βαθμού προστασίας από τη ρύπανση και αποδοτικότερη χρήσης του νερού

Στην οδηγία προτείνονται κριτήρια ποιότητας του νερού (αριθμητικές τιμές των ορίων), όπως ορίζονται και οι μέθοδοι επεξεργασίας των λυμάτων που αναμένεται να ικανοποιήσουν τα κριτήρια, ανάλογα με την κατηγορία επαναχρησιμοποίησης. Οι παράμετροι που ορίζονται είναι 2 μικροβιολογικές, τα εντερικά νηματοειδή και τα faecal coliforms ή η E.Coli, και 1 φυσικοχημική, αυτή των αιωρούμενων στερεών. Επιπλέον, υπάρχουν προτάσεις για την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων για κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης (συχνότητα και σημεία δειγματοληψίας κ.ά.). Όταν ένας φρεάτιος υδροφορέας πόσιμου νερού βρίσκεται κάτω από αγροτικές εκτάσεις αρδευόμενες με ανακτημένο νερό, η παρακολούθηση πρέπει να βασίζεται σε μια ομάδα φρεάτων και πιεζόμετρων (ανάλογα με την ποιότητα του ανακτημένου νερού και το υδρογεωλογικό πλαίσιο). Επίσης, προτείνεται και η παρακολούθηση της ποιότητας των εδαφών, με την παρακολούθηση της συσσώρευσης των ρυπαντών που απειλούν την αγρονομική ποιότητα των αρδευόμενων εδαφών.

Τα μέτρα ελέγχου εφαρμογής επαναχρησιμοποιημένου νερού που προτείνονται από την οδηγία προβλέπουν:

- Ο σχεδιασμός της εγκατάστασης επεξεργασίας να περιλαμβάνει συναγερμούς, εναλλακτικές πηγές ενέργειας, εναλλακτικές ή πολλαπλές μονάδες επεξεργασίας
- Σε περίπτωση αστοχίας της διαδικασίας επεξεργασίας, θα πρέπει να προβλέπεται η αποθήκευση ή η διάθεση λόγω έκτακτης ανάγκης των μη επεξεργασμένων ή των μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων

- Προτείνεται η δυνατότητα αποθήκευσης ανακτημένου νερού να αντιστοιχεί στην εβδομάδα του χρόνου με την υψηλότερη ζήτηση
- Να υπάρχει διασταυρούμενη σύνδεση με προστατευτικές διατάξεις, όπως διπλή διάταξη βαλβίδων ελέγχου, όταν υπάρχουν συστήματα διπλής διανομής
- Την κωδικοποίηση των αγωγών και των εξόδων νερού με διαφορετικά χρώματα για την ταυτοποίηση χρήσης επεξεργασμένου νερού
- Τη σήμανση, τις προειδοποιητικές πινακίδες και τα σύμβολα που θα πρέπει να αναρτηθούν στις βαλβίδες νερού
- Την τήρηση των ελάχιστων αποστάσεων μεταξύ εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν επεξεργασμένο νερό και των περιοχών όπου το κοινό ή πόσιμο νερό μπορεί να εκτεθεί (η απόσταση εξαρτάται από την ποιότητα του επεξεργασμένου νερού, τη μέθοδο άρδευσης, την ακτίνα της βρεχόμενης περιοχής, την κλιματολογία και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής)
- Περιορισμούς στον τύπο των καλλιεργειών
- Οι εργαζόμενοι στις αγροτικές εκτάσεις να φορούν προστατευτικά ρούχα (2).

5.2 Οδηγία Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας

Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας έχει εκδώσει οδηγίες σχετικά με την ασφαλή χρήση των λυμάτων, των περιττωμάτων και του γκρι νερού το 2006 με νομικώς δεσμευτικό περιεχόμενο. Σχετικά με την προέλευση των λυμάτων, στις οδηγίες αναφέρονται τα απόβλητα που αποτελούνται από οικιακά λύματα που δεν περιέχουν βιομηχανικά απόβλητα σε επίπεδα που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τη λειτουργία του αποχετευτικού συστήματος, των εγκαταστάσεων επεξεργασίας, της δημόσιας υγείας ή το περιβάλλον. Έχουν εκδοθεί σχετικά με τις πιθανές χρήσεις και τους περιορισμούς, σχετικοί τόμοι για την γεωργία (Τόμος II των οδηγιών) και την υδατοκαλλιέργεια (Τόμος III των οδηγιών) στους οποίους ωστόσο δεν αναφέρεται η διαδικασία αδειοδότησης.

Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας ακολουθεί τη μέθοδο της διαχείρισης του κινδύνου συμπεριλαμβάνοντας τα ακόλουθα βήματα :

- Εντοπισμός κινδύνων
- Δημιουργία αποδεικτικών στοιχείων για τους πιθανούς κινδύνους για την υγεία και την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των πιθανών μέτρων προστασίας της υγείας
- Καθιέρωση στόχων με βάση την υγεία για τη διαχείριση των κινδύνων για την υγεία: μέτρηση της διαφοράς μεταξύ της τρέχουσας κατάστασης της υγείας και της ιδανικής κατάστασης υγείας με τη χρήση του DALY ανά έτος και ανά μονάδα ατόμου (έτος αναπηρίας αναπροσαρμοσμένο: ένα DALY μπορεί να θεωρηθεί ως ένα χαμένο έτος υγιεινής ζωής). Οι οδηγίες παρέχουν στόχους που βασίζονται στην υγεία για τη χρήση των επεξεργασμένων υδάτων στη γεωργία για 6 σενάρια έκθεσης: απεριόριστη άρδευση (μαρούλι ή κρεμμύδι), περιορισμένη άρδευση (εξαιρετικά μηχανοποιημένη ή χειρωνακτικής εργασίας), τοπική άρδευση (υψηλή ή χαμηλής ανάπτυξης καλλιέργειες). Στον

Πίνακα 44 καταγράφονται αυτοί οι στόχοι, ενώ στην εικόνα 2 παρουσιάζονται γραφικά οι τρόποι επίτευξης των στόχων αυτών.

- Εφαρμογή μέτρων προστασίας της υγείας για την επίτευξη των στόχων που έχουν σχέση με την υγεία
- Αξιολόγηση και παρακολούθηση του συστήματος

Πίνακας 44: Στόχοι βασιζόμενοι στην υγεία και στόχοι απομάκρυνσης των ελμίνθων για τα επεξεργασμένα λύματα στη γεωργία

Type of irrigation	Health-based target for viral, bacterial and protozoan pathogens	Microbial reduction target for helminth eggs
Unrestricted	$\leq 10^{-6}$ DALY per person per year ^a	≤ 1 per litre (arithmetic mean) ^{b,c}
Restricted	$\leq 10^{-6}$ DALY per person per year ^a	≤ 1 per litre (arithmetic mean) ^{b,c}
Localized (e.g. drip irrigation)	$\leq 10^{-6}$ DALY per person per year ^a	(a) Low-growing crops: ^d ≤ 1 per litre (arithmetic mean) (b) High-growing crops: ^{d,e} No recommendation

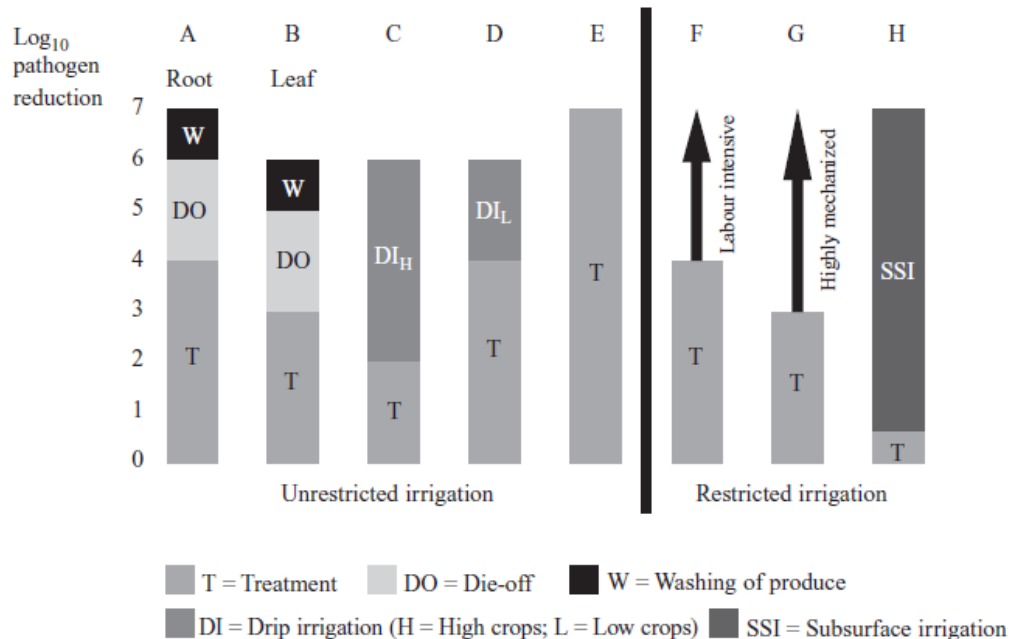
^a The health-based target can be achieved, for unrestricted and localized irrigation, by a 6–7 log unit pathogen reduction (obtained by a combination of wastewater treatment and other health protection measures); for restricted irrigation, it is achieved by a 2–3 log unit pathogen reduction.

^b When children under 15 years of age are exposed, additional health protection measures should be used.

^c An arithmetic mean should be determined throughout the irrigation season. The mean value of ≤ 1 egg per litre should be obtained for at least 90% of samples in order to allow for the occasional high-value sample (i.e. with >10 eggs per litre). With some wastewater treatment processes (e.g. waste stabilization ponds), the hydraulic retention time can be used as a surrogate to assure compliance with ≤ 1 egg per litre.

^d High-growing crops include fruit trees, olives, etc.

^e No crops to be picked up from the soil.



Εικόνα 2: Παραδείγματα επιλογών για τη μείωση ιικών, βακτηριακών και πρωτοζωικών παθογόνων με διαφορετικούς συνδυασμούς μέτρων προστασίας της υγείας που επιτυγχάνουν το στόχο των μικρότερων από 10^{-6} DALY ανά άτομο ανά έτος.

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 45, παρουσιάζεται το πρόγραμμα παρακολούθησης που προτείνεται για την επαλήθευση των μεθόδων που προτείνονται στο προηγούμενο διάγραμμα, της Εικόνας 2.

Πίνακας 45: Πρόγραμμα παρακολούθησης (αριθμός *E.coli* ανά 100ml επεξεργασμένου λύματος) για τα διάφορα επίπεδα επεξεργασίας που προτείνονται στις επιλογές A-G της Εικόνας 2

Type of irrigation	Option (Figure 2.1)	Required pathogen reduction by treatment (log units)	Verification monitoring level (<i>E. coli</i> per 100 ml)	Notes
Unrestricted	A	4	$\leq 10^3$	Root crops
	B	3	$\leq 10^4$	Leaf crops
	C	2	$\leq 10^5$	Drip irrigation of high-growing crops
	D	4	$\leq 10^3$	Drip irrigation of low-growing crops
	E	6 or 7	$\leq 10^1$ or $\leq 10^0$	Verification level depends on the requirements of the local regulatory agency ^b
Restricted	F	3	$\leq 10^4$	Labour-intensive agriculture (protective of adults and children under 15 years of age)
	G	2	$\leq 10^5$	Highly mechanized agriculture
	H	0.5	$\leq 10^6$	Pathogen removal in a septic tank

^a “Verification monitoring” refers to what has previously been referred to as “effluent standards” or “effluent guideline” levels.

^b For example, for secondary treatment, filtration and disinfection: five-day biochemical oxygen demand (BOD₅), <10 mg/l; turbidity, <2 nephelometric turbidity units (NTU); chlorine residual, 1 mg/l; pH, 6–9; and faecal coliforms, not detectable in 100 ml (State of California, 2001).

Οι τόμοι II και III παρέχουν καταλόγους επιλεγμένων διαδικασιών επεξεργασίας λυμάτων και τις αντίστοιχες λογαριθμικές απομακρύνσεις των παθογόνων. Ο τόμος II περιλαμβάνει επίσης μερικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε επιλεγμένης διαδικασίας επεξεργασίας.

Οι τόμοι II και III παρέχουν ένα κατάλογο παραμέτρων επικύρωσης, λειτουργίας και αξιολόγησης της παρακολούθησης:

- 19 παραμέτρους επικύρωσης
- 24 παραμέτρους λειτουργικής παρακολούθησης στις οποίες συμπεριλαμβάνονται ο ρυθμός ροής, το BOD, η συγκέντρωση αλγών, το διαλυμένο οξυγόνο, η θολότητα, το pH, ο οργανικός άνθρακας, ο αριθμός σωματιδίων, η ακεραιότητα μεμβράνης (έλεγχος πίεσης), τα υπολείμματα χλωρίου, τα είδη καλλιεργειών, το χρονοδιάγραμμα εφαρμογής και ο χρόνος συλλογής κ.λ.π.
- 13 παράμετροι αξιολόγησης της παρακολούθησης που περιλαμβάνουν π.χ.: *E. coli*, παρασιτικά σκουλήκια, τοπικές σχετικές τοξικές χημικές ουσίες κ.λπ.

Ο τόμος II παρέχει επίσης έναν κατάλογο με 8 περιβαλλοντικές παραμέτρους και παρέχει λεπτομέρειες για τις πιθανές επιπτώσεις τους στα εδάφη, τις καλλιέργειες και

τα ζώα για μια συγκεκριμένη συγκέντρωση αυτών των παραμέτρων στο νερό άρδευσης, καθώς και τη σχετική τους επίδραση στα υπόγεια και επιφανειακά υδατικά συστήματα: παθογόνα, άλατα, μέταλλα, τοξικές οργανικές ενώσεις, θρεπτικά συστατικά, οργανική ύλη, ολικά αιωρούμενα στερεά, pH

Αναφέρονται τρία είδη παρακολούθησης:

- Η επικύρωση είναι η αρχική δοκιμή για να αποδειχθεί ότι ένα σύστημα ως σύνολο και τα συστατικά του είναι ικανά να πετύχουν τους στόχους
- Η λειτουργική παρακολούθηση είναι η τακτική παρακολούθηση παραμέτρων που μπορούν να μετρηθούν γρήγορα και με τις κατάλληλες διοικητικές αποφάσεις να αποτρέπεται η εμφάνιση επικίνδυνων συνθηκών
- Η αξιολόγηση διεξάγεται τακτικά για να επιβεβαιώνει ότι το σύστημα λειτουργεί όπως έχει σχεδιαστεί

Σχετικά με την εφαρμογή των παραπάνω οδηγιών αναφέρονται τα παραπάνω:

- Συστάσεις σχετικά με τον τρόπο επιλογής της μεθόδου εφαρμογής των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για τη μείωση των κινδύνων για την υγεία των γεωργών, των καταναλωτών και των κοντινών κοινοτήτων.
- Συνιστώμενα μέτρα για τον περιορισμό των παθογόνων: έντονη πλύση των καλλιεργειών με έντονο φύλλωμα για σαλάτα και των λαχανικών που τρώγονται άψητα, σε νερό της βρύσης, αποφλοιώση φρούτων, μαγείρεμα των λαχανικών
- Χρήση προστατευτικού ρουχισμού
- Προτάσεις για μέτρα για τον έλεγχο ορισμένων περιβαλλοντικών επιπτώσεων παρουσιάζονται από τον υπεύθυνο ρύπανσης ή ανά τύπο περιβαλλοντικού ζητήματος
- Μέτρα προστασίας της υγείας κατά των τρεματώδων για επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων στην υδατοκαλλιέργεια
- Μέτρα προστασίας της υγείας ανάλογα με το επιλεγέν σύστημα τροφοδοσίας επεξεργασμένων αποβλήτων στην υδατοκαλλιέργεια

Επιπλέον, αναφέρονται από τις οδηγίες, στόχοι μικροβιολογικής ποιότητας (αριθμητικές οριακές τιμές) για την επαναχρησιμοποίηση στις υδατοκαλλιέργειες. Η αξιολόγηση της παρακολούθησης των χημικών συγκεντρώσεων στα προϊόντα που προέρχονται από υδατοκαλλιέργειες (με επαναχρησιμοποιημένο νερό) πρέπει να διενεργούνται ανά εξάμηνο από τις τοπικές αρχές τροφίμων. Οι μολυσματικές ουσίες που βρίσκονται σε αυξημένες συγκεντρώσεις μπορούν να επιλεγούν για περισσότερη παρακολούθηση στη ρουτίνα, εφόσον απαιτείται. Παρέχονται επίσης ενδεικτικές οριακές τιμές για τις χημικές συγκεντρώσεις στα ψάρια και τα λαχανικά (αρσενικό, κάδμιο, μόλυβδος, μεθυλδράργυρος, διοξίνες, DDT, TDE, PCBs) (2).

5.3 Οδηγία ISO

Τα πρότυπα ISO για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων είναι υπό ανάπτυξη, κατόπιν αιτήματος από την Ιαπωνία, την Κίνα και το Ισραήλ

(επιτροπή ISO / TC 282 για την επαναχρησιμοποίηση νερού 150). Η υπό εξέλιξη εργασία αφορά την τυποποίηση της επαναχρησιμοποίησης νερού οποιασδήποτε προέλευσης και για οποιαδήποτε χρήση. Καλύπτει τόσο την κεντρική όσο και την αποκεντρωμένη ή επί τόπου επαναχρησιμοποίηση νερού, η οποία μπορεί να είναι άμεση ή έμμεση, ακούσια ή εκούσια. Τα πρότυπα θα συμπεριλαμβάνουν τεχνικές, οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές πτυχές της επαναχρησιμοποίησης, ωστόσο, θα αποκλείουν τον ορισμό επιτρεπτών ορίων ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση νερού, με το σκεπτικό ότι τέτοια όρια θα πρέπει να καθορίζονται από τις κυβερνήσεις, τον WHO (World Health Organization) και άλλους σχετικούς αρμόδιους οργανισμούς.

Το προσχέδιο 151 (Δεκέμβριος 2013) καθορίζει τους κυριότερους στόχους και προτεραιότητες στις εργασίες της επιτροπής, η οποία ασχολείται με:

- Τον ορισμό της κοινής ορολογίας για τους διάφορους ενδιαφερόμενους
- Τον καθορισμό των στοιχείων που πρέπει να ληφθούν υπόψη για το σχεδιασμό, το σχεδιασμό, τη λειτουργία, την παρακολούθηση και τη συντήρηση της επαναχρησιμοποίησης των υδάτων στους διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των αρδευτικών, αστικών, περιβαλλοντικών και βιομηχανικών χρήσεων
- Τις μεθόδους και τους δείκτες αξιολόγησης κινδύνου και απόδοσης του συστήματος επαναχρησιμοποίησης νερού.

Τη γραμματεία κατέχουν η Ιαπωνία και η Κίνα και από τις 19 χώρες που συμμετέχουν, οι 7 είναι από την ΕΕ. Περισσότερες λεπτομέρειες υπάρχουν στην απόφαση του Συμβουλίου τεχνικής διαχείρισης ISO 19/2013152.

Αναφορικά με την αρδευτική χρήση, η σειρά ISO στην οποία αναπτύσσονται τα πρότυπα για την επαναχρησιμοποίηση νερού είναι το ISO 16075 και έχει γενικό τίτλο «Οδηγία για τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων σε αρδευτικά έργα» (Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects). Οι οδηγίες αυτές στοχεύουν στην αποτροπή των δυσμενών επιπτώσεων στη δημόσια υγεία, το περιβάλλον, τα εδάφη και τις καλλιέργειες, ως αποτέλεσμα από την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση. Αυτό συμβαίνει παρέχοντας καθοδήγηση για τον καλό σχεδιασμό και την καλή λειτουργία, παρακολούθηση και συντήρηση των έργων επαναχρησιμοποίησης νερού για περιορισμένη ή μη άρδευση καλλιεργειών, κήπων και τοπίων τόσο από υδρολογική, αγρονομική και περιβαλλοντική άποψη όσο και από άποψη υγιεινής.

Η ποιότητα του παρεχόμενου επεξεργασμένου νερού πρέπει να αντικατοπτρίζει τις πιθανές χρήσεις ανάλογα με την ευαισθησία της καλλιέργειας (υγεία και αγρονομία), την προέλευση του νερού (υδρολογική ευαισθησία της περιοχής του έργου), το έδαφος και τις κλιματικές συνθήκες.

Η οδηγία αναφέρεται στους παράγοντες που εμπλέκονται στα έργα επαναχρησιμοποίησης νερού για άρδευση ανεξάρτητα από το μέγεθος, τη θέση και

την πολυπλοκότητα. Μπορεί να εφαρμοστεί στις προβλεπόμενες χρήσεις επεξεργασμένων λυμάτων ενός συγκεκριμένου έργου, ακόμη και αν οι χρήσεις αυτές θα αλλάξουν κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Τα βασικότερα σημεία που εξασφαλίζουν την υγεία και την ασφάλεια των έργων επαναχρησιμοποίησης για άρδευση είναι τα ακόλουθα:

- Σχολαστική παρακολούθηση της ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων για τη διασφάλιση της λειτουργίας του συστήματος όπως αυτή σχεδιάστηκε
- Οδηγίες για το σχεδιασμό και τη συντήρηση των συστημάτων άρδευσης για την εξασφάλιση της σωστής μακροχρόνιας λειτουργίας τους
- Συμβατότητα μεταξύ ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων, της μεθόδου διανομής, του εδάφους και των καλλιεργειών εφαρμογής, ώστε να εξασφαλιστεί η βιώσιμη χρήση του εδάφους και η σωστή ανάπτυξη των καλλιεργειών
- Συμβατότητα μεταξύ ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων και της χρήσης της για την πρόληψη ή την ελαχιστοποίηση της πιθανής μόλυνσης των υπόγειων ή επιφανειακών υδάτων.

Η οδηγία αποτελείται από τέσσερα μέρη, κανένα από τα οποία δεν προορίζεται να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς πιστοποίησης (22). Τα μέρη αυτά αναλύονται στη συνέχεια:

- Μέρος 1: Βάση έργων επαναχρησιμοποίησης για άρδευση (Αύγουστος 2015)

Το μέρος αυτό περιλαμβάνει οδηγίες για την ανάπτυξη και την εφαρμογή έργων που αποσκοπούν στην χρήση επεξεργασμένου νερού για άρδευση και λαμβάνει υπόψη εδαφικές και κλιματικές παραμέτρους. Σκοπός της οδηγίας αυτής είναι η παροχή προδιαγραφών για όλα τα στοιχεία των έργων επαναχρησιμοποίησης για άρδευση, συμπεριλαμβανομένου και του σχεδιασμού, των υλικών, την κατασκευή και την απόδοση, όταν αυτά εφαρμόζονται:

- για ελεύθερη άρδευση γεωργικών καλλιεργειών
- περιορισμένη άρδευση γεωργικών καλλιεργειών
- άρδευση δημόσιων και ιδιωτικών κήπων και τοπίων, συμπεριλαμβανομένων και των πάρκων, αθλητικών γηπέδων, γηπέδων γκολφ, κοιμητηρίων κλπ
- άρδευση ιδιωτικών κήπων

Οι οδηγίες αυτές σκοπό έχουν την παροχή βοήθειας προς όφελος των χρηστών επαναχρησιμοποιημένου νερού για άρδευση και αφορούν τις ευρείες και κοινές διακυμάνσεις ποιότητας των υδάτων και όχι τις εξαιρετικές ή μοναδικές και προορίζονται για χρήση από επαγγελματίες, όπως οι εταιρείες άρδευσης (σχεδιαστές και φορείς εκμετάλλευσης), οι υπεύθυνοι γεωργικών διευθύνσεων ή οι σύμβουλοι, οι επιχειρήσεις ύδρευσης (σχεδιαστές και φορείς εκμετάλλευσης), και τις τοπικές αρχές. Η χρήση αυτών των κατευθυντήριων γραμμών από τους γεωργούς ενδέχεται να απαιτεί πρόσθετες προδιαγραφές.

Οι οδηγίες αυτές προτείνουν τις παραμέτρους για την ποιότητα του νερού επαναχρησιμοποίησης. Οι παράμετροι αυτοί περιλαμβάνουν:

- αγρονομικές παραμέτρους: θρεπτικούς παράγοντες (άζωτο, φώσφορο και κάλιο) και παράγοντες αλατότητας (ολικό περιεχόμενο αλάτων και τις συγκεντρώσεις χλωρίου, βόριου και νατρίου)
- άλλα χημικά στοιχεία, όπως βαρέα μέταλλα
- μικροβιολογικές παραμέτρους (BOD, COD)

Κάθε μία από αυτές τις παραμέτρους μπορεί να έχει πιθανές επιπτώσεις στις καλλιέργειες, το έδαφος και τη δημόσια υγεία. Η οδηγία πραγματεύεται την πιθανότητα πρόληψη εμφάνισης ρυπαντών κατά την παραγωγή των λυμάτων και την δυνατότητα απομάκρυνσής τους κατά τη διαδικασία επεξεργασίας.

Αναδυόμενοι ρύποι (φαρμακευτικές ουσίες και υπολείμματα προϊόντων προσωπικής υγιεινής) δεν έχουν συμπεριληφθεί στο συγκεκριμένο μέρος της οδηγίας, καθώς προς το παρόν δεν συμπεριλαμβάνονται σε κάποια εθνικά πρότυπα.

Τα έργα θα πρέπει να σχεδιάζονται σύμφωνα με την ποιότητα υγιεινής των επεξεργασμένων λυμάτων, προκειμένου να αποφεύγεται η μετάδοση νόσων από παθογόνα στο νερό. Η χρήση των οδηγιών αυτών ενθαρρύνεται για τη διασφάλιση της συνοχής σε κάθε οργανισμό που ασχολείται με τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων. Τέλος, το μέρος αυτό του ISO 16075 δεν αποσκοπεί στη δημιουργία περισσότερο λεπτομερών προτύπων ή οδηγιών που θα προσαρμόζονταν καλύτερα σε συγκεκριμένες περιοχές, χώρες, περιφέρειες ή οργανισμούς. Αν συνέβαινε κάτι τέτοιο, συνιστάται η αναφορά στο συγκεκριμένο πρότυπο για την εξασφάλιση της ομοιομορφίας μεταξύ των χρηστών επεξεργασμένου νερού (23)

- Μέρος 2: Ανάπτυξη του έργου (Αύγουστος 2015)

Το συγκεκριμένο κομμάτι καλύπτει τα ακόλουθα θέματα:

- Κριτήρια για το σχεδιασμό αρδευτικών έργων με επεξεργασμένο νερό, με σκοπό την πρόληψη των κινδύνων για τη δημόσια υγεία των πληθυσμών που βρίσκονται σε άμεση ή έμμεση επαφή με τα επεξεργασμένα λύματα ή με οποιοδήποτε προϊόν που έχει έρθει σε επαφή με τέτοιου είδους νερό.
- Διευκρινήσεις για τα ακόλουθα:
 1. Την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση
 2. Τους τύπους καλλιεργειών που μπορούν να αρδευτούν
 3. Το συνδυασμό των ποιοτήτων της άρδευσης και των τύπων καλλιέργειας που μπορούν να αρδευτούν
 4. Τη στρατηγική χρήσης απαγορεύσεων που μπορούν να μειώσουν τους κινδύνους που προκύπτουν από την άρδευση με επεξεργασμένα λύματα

5. Τη συσχέτιση μεταξύ της ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων, των αρδευόμενων καλλιεργειών και των διαφορετικού τύπου απαγορεύσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν
6. Την απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των ζωνών αρδύσεως με επεξεργασμένα λύματα και των κατοικημένων περιοχών (24)

- Μέρος 3: Συνιστώσες έργων επαναχρησιμοποίησης για άρδευση (Αύγουστος 2015)

Το μέρος αυτό καλύπτει τις συνιστώσες του συστήματος που απαιτούνται για τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση τα οποία σχετίζονται με διάφορα συστήματα κλειστών και ανοιχτών συστημάτων άρδευσης και ειδικά συστημάτων στάγδην άρδευσης, καθώς αυτή η μέθοδος αντιπροσωπεύει μια αποδοτική μέθοδο παροχής και εξοικονόμησης νερού. Παρά το γεγονός ότι η ποιότητα και η διήθηση των επεξεργασμένων λυμάτων είναι κρίσιμα για τη στάγδην άρδευση, τα ανοικτά συστήματα άρδευσης είναι πιο δημοφιλή και χρησιμοποιούνται συχνά για άρδευση με ανακτημένο νερό και επομένως καλύπτονται από το συγκεκριμένο κομμάτι.

Τα ζητήματα που αφορούν τις κύριες συνιστώσες ενός έργου άρδευσης με ανακτημένο νερό, περιλαμβάνουν:

- Σταθμό άντλησης
- Δεξαμενές αποθήκευσης
- Εγκαταστάσεις επεξεργασίας (για αρδευτικούς σκοπούς): διήθηση και απολύμανση
- Δίκτυο αγωγών διανομής
- Συσκευές εφαρμογής νερού: εξαρτήματα του συστήματος άρδευσης και επεξεργασία (25)

- Μέρος 4: Παρακολούθηση (Δεκέμβριος 2016)

Το τέταρτο μέρος του προτύπου παρέχει συστάσεις σχετικά με:

- Την παρακολούθηση της ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση
- Την παρακολούθηση των αρδευόμενων καλλιεργειών
- Την παρακολούθηση του εδάφους αναφορικά με την αλατότητα
- Την παρακολούθηση των φυσικών πηγών νερού σε γειτονικά περιβάλλοντα
- Την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού στις δεξαμενές αποθήκευσης

Τέλος, δίνει έμφαση στις μεθόδους δειγματοληψίας και στη συχνότητά τους. Όσον αφορά τις μεθόδους ανάλυσης, το πρότυπο ISO 16075-4: 2016 αναφέρεται σε

τυποποιημένες μεθόδους ή, όπου δεν είναι διαθέσιμες, σε άλλες από τη βιβλιογραφία (26)

5.4 Οδηγίες από το FAO

Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) έχει, ήδη από το 1992, εκδώσει αναλυτικές οδηγίες για την επεξεργασία των λυμάτων και τη χρήση τους στη γεωργία («FAO irrigation and drainage paper 47»), έπειτα από την αιτιολόγηση της χρήσης ανακτημένου νερού σε αγρονομικό και οικονομικό επίπεδο. Σκοπός των οδηγιών αυτών είναι η παροχή καθοδήγησης στις χώρες για τη χρήση των λυμάτων στη γεωργία, οι οποίες θα επιτρέψουν να υιοθετηθούν οι πρακτικές αυτές με απόλυτη ασφάλεια για το περιβάλλον και την υγεία.

Τα μέτρα για την προστασία της υγείας που μπορούν να εφαρμοστούν στις γεωργικές χρήσεις των λυμάτων είναι τα ακόλουθα, μεμονωμένα ή σε συνδυασμό:

- Η επεξεργασία των λυμάτων
- Ο περιορισμός των καλλιεργειών
- Ο έλεγχος των εφαρμογών επεξεργασμένων λυμάτων
- Ο έλεγχος της ανθρώπινης έκθεσης και η προώθηση υγιεινής

Στο κείμενο αυτό του FAO, αρχικά καθορίζονται οι ποιοτικές παράμετροι και τα χαρακτηριστικά των λυμάτων, τα οποία ομαδοποιούνται για τη σημασία τους στην υγεία ή την γεωργία. Επιπλέον, δίνονται σαφείς οδηγίες για τη χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων στη γεωργία, δίνοντας έμφαση στον έλεγχο της ανθρώπινης έκθεσης, κατατάσσοντας τις ομάδες που βρίσκονται σε υψηλότερο κίνδυνο έκθεσης στις τέσσερις παρακάτω:

- Οι εργάτες στη γεωργία και οι οικογένειές τους
- Οι αγρότες
- Οι καταναλωτές τροφίμων, κρέατος και γάλακτος για την παραγωγή των οποίων έχει χρησιμοποιηθεί νερό επαναχρησιμοποίησης
- Όσοι μένουν κοντά σε περιοχές αρδευόμενες από νερό επαναχρησιμοποίησης

και δίνοντας πιθανούς τρόπους πρόληψης και αντιμετώπισης των κινδύνων που μπορεί να προκύψουν. Ταυτόχρονα, δίνονται ποιοτικά όρια για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και την ποιότητα του νερού για τη μέγιστη παραγωγή των καλλιεργειών, συμπεριλαμβανομένων και των υδατοκαλλιεργειών για τις οποίες γίνεται ξεχωριστή αναφορά τόσο σε ποιοτικά κριτήρια όσο και σε τεχνική καθοδήγηση. Αναφέρονται επίσης οι διαθέσιμες μέθοδοι επεξεργασίας για την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση νερού από τα λύματα και καθορίζονται οι μικροβιολογικές και φυσικοχημικές παράμετροι που πρέπει να εξετάζονται για την καταλληλότητά τους για χρήση, με ξεχωριστή αναφορά στις χρήσεις για εμπλουτισμό υδροφορέα (βασικές αρχές, συστήματα και απαιτήσεις ποιότητας εδάφους) και τις πιθανές επιπτώσεις από τέτοιου είδους εφαρμογές.

Αναφορικά με την άρδευση με χρήση ανακτημένου νερού, εξετάζονται οι συνθήκες για επιτυχή άρδευση, όπως είναι οι ποσότητες και η ποιότητα το νερού, το πρόγραμμα και οι μέθοδοι αρδεύσεων, καθώς και οι πιθανές διαρροές και τα έργα αποστράγγισης. Άλλα θέματα που εξετάζονται είναι οι στρατηγικές διαχείρισης των επεξεργασμένων λυμάτων, του αγρού και του εδάφους, η επιλογή των καλλιεργειών για την αντιμετώπιση των κινδύνων αλατότητας, τοξικότητας και κινδύνων για την υγεία και ο σχεδιασμός των αρδεύσεων με επεξεργασμένα λύματα. Τέλος, χωριστά εξετάζεται και η χρήση της λυματολάσπης (ποιοτικά χαρακτηριστικά, επεξεργασία, εφαρμογές, επιπτώσεις στο έδαφος και τις καλλιέργειες, περιορισμοί στη φύτευση, τη βόσκηση και τη συγκομιδή), αλλά και οικονομικό, θεσμικό και πολιτικό πλαίσιο που αφορά την επαναχρησιμοποίηση νερού και λυματολάσπης από επεξεργασμένα απόβλητα. Συμπερασματικά, ο FAO στηρίζεται κυρίως στα ποιοτικά όρια που έχουν τεθεί από τον WHO και επικεντρώνεται περισσότερο στην τεχνική καθοδήγηση για την εφαρμογή ανακτημένου νερού και ιλύος στη γεωργία, δίνοντας έμφαση και στους τρόπους αντιμετώπισης πιθανών κινδύνων που προκύπτουν (27).

6. Αναδυόμενοι ρύποι και η αντιμετώπισή τους

Η έρευνα για την ποιότητα του νερού έχει παραδοσιακά επικεντρωθεί στα θρεπτικά, τα βακτήρια, τα βαρέα μέταλλα και τις ουσίες προτεραιότητας (ουσίες με γνωστή επίδραση στην υγεία, όπως φυτοφάρμακα, βιομηχανικά χημικά και πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες). Ωστόσο, η πιο πρόσφατη έρευνα έχει αποκαλύψει την ύπαρξη εκατοντάδων οργανικών ρύπων στα λύματα και την επιρροή τους στα αστικά επιφανειακά ύδατα (28). Με την ανάπτυξη των αναλυτικών τεχνικών, ένας αριθμός χημικών ενώσεων, που δεν ορίζονται γενικά από τη νομοθεσία, έχουν ανιχνευθεί στο πόσιμο νερό, στα λύματα ή στο υδάτινο περιβάλλον, σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Αυτή ή ευρεία και αναπτυσσόμενη ομάδα χημικών ορίζεται ως ενώσεις αναδυόμενης ανησυχίας (CECs) (ή κάποιες φορές με παραπλανητικό τρόπο ως αναδυόμενοι ρυπαντές). Η ανησυχία αυτή προέρχεται είτε από ένα κενό γνώσης σχετικά με τη σχέση των συγκεντρώσεων των ουσιών και τις πιθανές (οικό)τοξικολογικές επιδράσεις – συνήθως λόγω χρόνιας έκθεσης είτε λόγω έλλειψης κατανόησης για το πως τέτοιες ουσίες αλληλεπιδρούν σαν χημικό μίγμα. Τα CEC's δεν είναι απαραίτητα νέες ενώσεις και μπορεί να είναι παρούσες στο περιβάλλον για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ενώ η παρουσία τους και η σημαντικότητα τους αναγνωρίζονται τώρα. Ενώ η οδηγία-πλαίσιο για το Νερό αναφέρει το θέμα διαμέσου μιας διαδικασίας δομημένων προτεραιοτήτων, δεν καθιερώνεται ακριβής σχέση ανάμεσα στις συχνότητες εμφάνισης και στα επίπεδα των CEC's στα (επεξεργασμένα λύματα) καθώς και στο αποδεκτό επίπεδο στο υδάτινο περιβάλλον (29). Οι νέοι αυτοί ρύποι ανήκουν σε ποικίλες κατηγορίες ενώσεων και τυπικά εντοπίζονται σε συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 1ng/L έως 1μg/L, αν και σε μερικές περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις φτάνουν μέχρι και τα 100μg/L. Η τοξικολογική τους σημασία είναι δύσκολο να εκτιμηθεί και γενικά αποδεκτά όρια για την συγκέντρωση στο πόσιμο νερό και στις

εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων δεν έχουν καθοριστεί ακόμα. Όλες οι ενώσεις αυτές αναφέρονται και ως «Αναδυόμενοι οργανικοί ρύποι», «Emerging Organic Contaminants» σύμφωνα με την ξένη ορολογία και EOC's, εν συντομία. Η ανακάλυψη των ρύπων αυτών είναι σχετικά πρόσφατη και δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για την αξιολόγηση της σημασίας τους στον κύκλο του αστικού νερού.

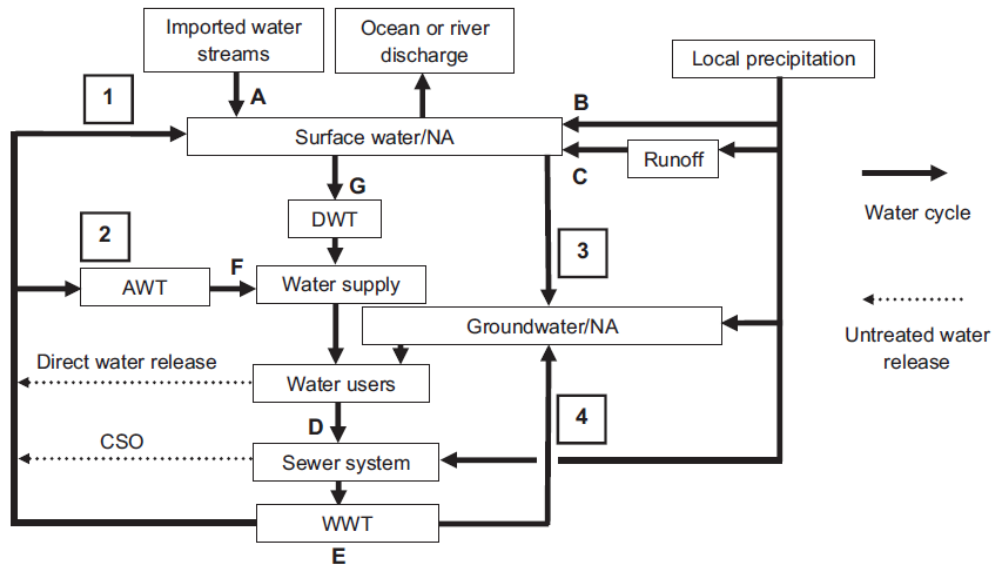
Αντιπροσωπευτικές κλάσεις ενώσεων περιλαμβάνουν ορμόνες, αντιβιοτικά, επιφανειοδραστικές ουσίες, ενδοκρινικούς διαταράκτες, ανθρώπινες και κτηνιατρικές φαρμακευτικές ουσίες, μέσα αντίθεσης ακτινών X, φυτοφάρμακα και μεταβολίτες, υποπροϊόντα απολύμανσης, τοξίνες φυκών και ενώσεις που αναδύουν οσμές. Οι EOC's περιλαμβάνουν προσφάτως ανεπτυγμένες βιομηχανικές ενώσεις, οι οποίες έχουν εισαχθεί στο περιβάλλον, ενώσεις που είναι διαδεδομένες για κάποιο διάστημα, αλλά μόνο πρόσφατα εντοπίζονται συστηματικά χάρη στις βελτιωμένες τεχνικές εντοπισμού και ενώσεις που είναι διαδεδομένες, αλλά μόνο πρόσφατα έχει βρεθεί ότι έχουν βλαβερή οικοτοξικολογική επίδραση.

Με την αύξηση της αστικοποίησης, οι ποσότητες των καταναλωτικών προϊόντων και των προϊόντων υγιεινής, τα οποία απελευθερώνονται στον κύκλο του αστικού νερού, αυξάνονται και επομένως επιβαρύνουν τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και προκαλούν τη συσσώρευσή τους στους υδατικούς πόρους. Οι ρύποι εισέρχονται στον κύκλο του αστικού νερού κατά την απουσία αποχετευτικού συστήματος μέσω της άμεσης διάθεσης από το χρήστη στα επιφανειακά ύδατα, από την έκλυση από την αποχέτευση, της υπερχειλίσης μεικτού συστήματος αποχέτευσης ή της διάθεσης από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. (28)

Οι αναδυόμενοι ρύποι υπόκεινται σε διαφορετικές διεργασίες στο φυσικό και μηχανικοποιημένο περιβάλλον μέσω των οποίων μετατρέπονται σε άλλα είδη. Οι διαδικασίες μετατροπής στο περιβάλλον περιλαμβάνουν την βιοαποικοδόμηση, τη χημική οξειδωση και μείωση, την υδρόλυση και τη φωτόλυση. Ενώ αυτές οι διεργασίες μπορούν να μειώσουν το ρυπαντικό φορτίο, μερικά από τα προϊόντα μετατροπής (transformation products – TPs) των αναδυόμενων ρύπων έχουν βρεθεί περισσότερο τοξικές από την πρωταρχική ένωση, εγείροντας ανησυχίες με την παρουσία τους στο περιβάλλον και την ανάγκη για την εκτίμηση του οικολογικού ρίσκου μαζί με τις πρωταρχικές ενώσεις. Οι ποσότητες και οι τύποι των TPs που παράγονται εξαρτώνται κυρίως από το περιβάλλον (το φυσικό περιβάλλον ή το περιβάλλον επεξεργασίας) και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του ρύπου. (30)

6.1 Είσοδος των EOC's στο περιβάλλον

Τα κυριότερα σημεία εισόδου των EOC's στον κύκλο του νερού φαίνονται στο σχήμα της Εικόνας 3 που ακολουθεί.



Εικόνα 3: Πηγές εισόδου των EOC's στον κύκλο του νερού

Πηγές αναδυόμενων ρύπων περιλαμβάνουν νοικοκυριά, νοσοκομεία, οικοδομές, διαμόρφωση του τοπίου, μεταφορές, εμπόριο, κτηνοτροφία βιομηχανικής κλίμακας, φάρμες γάλακτος και κατασκευές. Επιπρόσθετες πηγές αποτελούν οι διαφυγές των αποχετευτικών γραμμών, οι χωματερές και γενικότερα η ακατάλληλη διάθεση αποβλήτων. Σε μερικές περιπτώσεις οι εισροές αποτελούνται από ένα μεγάλο κλάσμα εκροών από ανάντη σημεία.

Η μεταφορά από το ποτάμι, η ροή μέσω υγροτόπων, ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδάτων και η μεταφορά μπορεί να μειώσουν τη συγκέντρωση των αναδυόμενων ρύπων κάτω από το όριο ανίχνευσης μέσω φυσικών διεργασιών, όπως είναι η αραιώση, η εξάτμιση και η εξασθένιση. Τόσο η βροχόπτωση όσο και η απορροή έχουν ταυτοποιηθεί ως πηγές αναδυόμενων ρύπων.

Οι αστικές και προαστικές επιφάνειες (ταράτσες, πεζοδρόμια, δρόμοι και χώροι στάθμευσης) αποτρέπουν την διήθηση της βροχόπτωσης και οδηγούν το νερό γρήγορα μέσω καναλιών σε ρέματα, ποτάμια και ταμιευτήρες. Η βροχή εκπλύει τοξικά χημικά από τα κτίρια, τους δρόμους και τις άλλες επιφάνειες ή ακατάλληλα αποθεμιμένα απόβλητα και τα μεταφέρει στα επιφανειακά ύδατα, προκαλώντας πιθανή υποβάθμιση των υδατικών πόρων και βλάβες στην υγεία των οικοσυστημάτων. Επιπλέον, η δυνατή βροχόπτωση που οδηγεί σε πλημμύρες ταχείας απόκρισης, μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στα καλλιεργούμενα εδάφη, προκαλώντας την απελευθέρωση οργανικών ρύπων προς τα επιφανειακά ύδατα.

Οι αναδυόμενοι ρύποι εισέρχονται στον κύκλο του αστικού νερού κυρίως μέσω του αποχετευτικού συστήματος και εάν η απομάκρυνση από την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων δεν είναι ολοκληρωμένη, τότε αυτοί διατίθενται στους επιφανειακούς αποδέκτες. Η διάθεση από την υπερχείλιση παντοροϊκών συστημάτων σε καλά αναπτυγμένα συστήματα υποδομών εκτιμάται στο 1-5% των

παροχών των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Οι επιπτώσεις μπορεί να είναι σημαντικές σε μέρη όπου εισέρχονται άμεσα τα λύματα ή οι διαρροές των αποχετεύσεων σε υδάτινα σώματα που χρησιμοποιούνται ως πηγή ανεπεξέργαστου νερού. Οι πηγές των αναδυόμενων ρύπων είναι πολυάριθμες, οι κυριότερες από τις οποίες περιλαμβάνουν για παράδειγμα διαρροές των συστημάτων αποχέτευσης, χωματερές, πεδία εκπαίδευσης για πυρόσβεση, κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις και απορροές από βιομηχανικές περιοχές, διαρροές από εγκαταστάσεις αποθήκευσης χημικών, χώρους οικοδόμησης, πεζοδρόμια, προσόψεις κτιρίων και στέγες από πίσσα, αλλά υπάρχουν τόσο πηγές όσο και διαδρομές των οποίων η αναγνώριση εκκρεμεί. Τέλος, άλλοι αναδυόμενοι ρύποι σχηματίζονται *in situ* κατά τη μεταφορά μέσω του υδρολογικού κύκλου ή κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, όπως για παράδειγμα οι τοξίνες από άλγη ή ενώσεις που αναδύουν οσμές (taste and odor compound), οι οποίες σχηματίζονται σε ευτροφικούς ταμιευτήρες, και οι μεταβολίτες και τα παραπροϊόντα της απολύμανσης που σχηματίζονται κατά την επεξεργασία (28).

6.2 Κατηγοριοποίηση και πιθανές επιπτώσεις των EOC's

Τα CECs συμπεριλαμβάνουν ομάδες ενώσεων που κατηγοριοποιούνται συνήθως από την τελική τους χρήση (π.χ. φαρμακευτικές ουσίες, μη συνταγογραφούμενα φάρμακα, προϊόντα προσωπικής υγιεινής, οικιακά χημικά, συντηρητικά τροφίμων, επιβραδυντικά φλόγας, πλαστικοποιητές, προϊόντα απολύμανσης και βιοκτόνα), από τις επιδράσεις στην περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου (π.χ. δραστικοί ορμονικοί παράγοντες, ενδοκρινοδιαταρακτικές ενώσεις (EDCs)), ή από τον τύπο της ένωσης (π.χ. χημικά ή μικροβιολογικά, γονίδια που έχουν εμφανίσει ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά, φαινολικοί ή πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες), καθώς και προϊόντα μετασχηματισμού που προκύπτουν από ποικίλες βιοτικές και αβιοτικές διαδικασίες καθώς και από ανάμειξη των χημικών (29).

Στη συνέχεια αναλύονται 16 κατηγορίες ενώσεων που εντοπίζονται πιο συχνά (28). Λόγω χρήσης τεχνολογίας αιχμής και συνεπώς του γρήγορου εντοπισμού τους, πολυάριθμα εργαστήρια έχουν αναφέρει δεδομένα για την εμφάνισή τους. Σε όρους χημικών ιδιοτήτων, οι EOC's περιλαμβάνουν υδροφοβικές ενώσεις (επιβραδυντές φλόγας, οιστρογόνα), επιφανειοδραστικές ουσίες (PFOS, 4-nonylphenol monoethoxylate), καθώς και ενώσεις υψηλών μορίων (microcystin, iopromide), πολικές (sucralose) και πτητικές (geosmin). Προγράμματα παρακολούθησης που εστιάζουν σε ένα περιορισμένο αριθμό δεικτών μπορεί να καταστήσουν ευκολότερη στο μέλλον τη σύγκριση αναφορικά με την εμφάνιση και τη συμπεριφορά των ρύπων σε διαφορετικούς κύκλους νερού.

- Πλαστικοποιητές

Οι πλαστικοποιητές αποτελούνται από αλκυλεστέρες (o-phthalic acid), naphthalene sulfonates σουλφονικά του ναφθαλενίου, και μια πληθώρα άλλων ενώσεων που προστίθενται σε υλικά όπως τα πλαστικά, το τσιμέντο, ο πηλός και ο γύψος για τη βελτίωση της πλαστικότητας και των ρεολογικών ιδιοτήτων. Μερικοί

πλαστικοποιητές είναι εν δυνάμει ενδοκρινικοί διαταράκτες. Το BPA, ο πιο κοινός πλαστικοποιητής είναι μια ουσία των πολυανθρακικών πλαστικών και έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές, οι οποίες κυμαίνονται από δοχεία φαγητού και αναψυκτικού, επιβραδυντές φλόγας, πρόσθετα, υλικά κατασκευής, ηλεκτρονικά εξαρτήματα, φακούς οπτικών γυαλιών, οδοντικά σφραγιστικά έως και επιστρώσεις χαρτιού. Το BPA είναι ένα από τα περισσότερο παραγόμενα χημικά παγκοσμίως και εισέρχεται στον κύκλο του νερού μέσω διαφόρων οδών, συμπεριλαμβανομένων των εργοστασίων παραγωγής πλαστικών, κατά τη φυσική διάσπαση των πλαστικών, τις εξατμίσεις από τους αποτεφρωτήρες οικιακών απορριμμάτων, τις διαφυγές από τους χώρους υγειονομικής ταφής και τις εκροές από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Η συνολική απελευθέρωση του BPA το 2007 ήταν 513.5 t παγκοσμίως, εκ των οποίων οι 2.8 t απελευθερώθηκαν απευθείας στο νερό.

Αν και έχει βρεθεί ότι ο δείκτης επικινδυνότητας (HI) από την κατανάλωση κονσερβοποιημένων τροφίμων και ποτών είναι αρκετά μικρότερος της μονάδας τόσο για παιδιά όσο και για ενήλικες, δεν παύει η ουσία αυτή να θέτει το ρίσκο καρκινογένεσης. Επιπλέον, έρευνες έχουν δείξει ότι το BPA είναι ικανό να δεσμεύεται στο DNA μέσω μεταβολικής ενεργοποίησης, έχει οιστρογονική δραστηριότητα σε χαμηλές συγκεντρώσεις και έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει αύξηση των ανωμαλιών όπως η συναπτική ανωμαλία (δηλ. ανωμαλία στις συνάψεις ή στις περιοχές όπου μεταδίδονται οι παλμοί των νεύρων) και μειωτική ανευπλοειδία (δηλ. ανωμαλία στον αριθμό των χρωμοσωμάτων κατά τη διάρκεια της μείωσης ή της κυτταρικής διαίρεσης που σχετίζεται με την κυτταρική διαίρεση. Ταυτόχρονα, η ύπαρξη του BPA στο νερό μπορεί να απειλήσει τα οικοσυστήματα και θα έπρεπε να ελέγχεται στην πηγή. Επιπλέον, χρειάζεται η προέλευση του BPA και άλλων πλαστικοποιητών να διερευνηθεί περαιτέρω, αλλά και να γίνει περισσότερη έρευνα για την απόδειξη των αρνητικών συνεπειών τους στον άνθρωπο και τα διαφορετικά οικοσυστήματα. Εν τω μεταξύ, θα ήταν συνετό να ληφθούν μέτρα για τον έλεγχο της έκλυσης BPA στα αστικά επιφανειακά ύδατα. Σε μια πρόσφατη κριτική επισκόπηση του ρυθμιστικού πλαισίου της BPA, αναφέρθηκε ότι η απελευθέρωση του BPA δεν ρυθμίζεται αυστηρά ούτε στις ΗΠΑ ούτε στην ΕΕ, αλλά είναι πολύ αυστηρά ελεγχόμενη στον Καναδά, η οποία ήταν η πρώτη χώρα που απαγόρευσε τη χρήση του BPA σε μπιμπερό το 2008 -2009, περιορίζοντας έτσι τις εκπομπές του από τους κατασκευαστές.

- Περφθοριωμένα επιφανειοδραστικά (PFC's)

Τα PFC's έχουν χρησιμοποιηθεί για πάνω από 60 χρόνια σε μια ευρεία ποικιλία εμπορικών προϊόντων όπως είναι οι επιφανειοδραστικές ουσίες, οι γαλακτοματοποιητές, οι παράγοντες διαβροχής wetting agents, τα πρόσθετα, τα υδραυλικά υγρά αεροσκαφών, οι αφροί πυρόσβεσης, τα χρώματα, τα συγκολλητικά, τα κεριά, τα στιλβωτικά, τα επιχρίσματα- επικαλύψεις που είναι ανθεκτικά στο νερό, το έδαφος και το χρώμα και χρησιμοποιούνται σε ρούχα, δερμάτινα είδη, ταπετσαρίες και χαλιά, καθώς και επιχρίσματα ανθεκτικά στα έλαια που χρησιμοποιούνται στα μαγειρικά σκεύη. Τα PFC's εισέρχονται στον κύκλο του αστικού νερού κυρίως μέσω

των εκροών από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και των κατασκευαστικών βιομηχανιών, προκαλώντας τη συγκέντρωση στα επιφανειακά ύδατα σε τάξεις των δεκάδων ή εκατοντάδων ng/L. Οι ουσίες αυτές εμφανίζονται ως περίπλοκο μείγμα με τυπικές συνιστώσες τα PFOS και PFOA, από τα οποία για το PFOS έχει γίνει καταγραφή της τοξικής του επίδρασης για τα ζώα και τους υδάτινους οργανισμούς, καθώς και η πιθανή καρκινογένεση σε τρωκτικά. Επιπλέον, στον άνθρωπο, οι ουσίες αυτές μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στο θυρεοειδή. Η απομάκρυνση των PFC's στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων δεν είναι ολοκληρωμένη. Εάν υπάρχει βιομετατροπή, μόνο το μη περφοθοριομένο τμήμα των ενώσεων αυτών επηρεάζεται, προκαλώντας τα αυξημένα επίπεδα των ανθεκτικών μεταβολητών και κυρίως των PFOS και PFOA στις εξόδους των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μελέτες για τα ανιχνεύσιμα επίπεδα των PFOS και PFOA τις έχουν εντοπίσει στον ομφάλιο λώρο, επομένως συμπεραίνεται ότι μπορούν να περάσουν στον ανθρώπινο πλακούντα. Σύμφωνα με μία έρευνα για την παραγωγή και απελευθέρωση των PFC's, <2.5 t ουσιών σχετιζόμενων με PFOS και PFOA απελευθερώθηκαν το 2008, εκ των οποίων περίπου οι 1.25 t απελευθερώθηκαν επί τόπου σε υδάτινες οδούς.

- Φυτοφάρμακα

Η χρήση φυτοφαρμάκων στη γεωργία και τη δασοκομία, την κηπουρική ή τις υποδομές που περιλαμβάνουν αυτοκινητόδρομους, αεροδρόμια, σιδηρόδρομους, βιομηχανικές περιοχές, πάρκα, γήπεδα γκολφ, δημόσιους χώρους και άλλα αθλητικά γήπεδα αυξάνεται επιπλέον με την αστικοποίηση. Όταν εφαρμόζονται σε καλλιέργειες για την προστασία τους ενάντια σε διάφορα παράσιτα και αρρώστιες, τα φυτοφάρμακα τελικά καταλήγουν στο έδαφος με την έκπλυση από τη βροχή, την άρδευση ή κατά τον ψεκασμό τους. Έτσι, από το έδαφος οδηγούνται στο υδάτινο περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένων των υπόγειων και των επιφανειακών υδάτων. Ουσίες που συναντώνται στα φυτοφάρμακα αποτελούν terbutylazine, chlorpyrifos και atrazine. Η έρευνα για την παρουσία υπολειμμάτων από εντομοκτόνα στο πόσιμο νερό που προέρχεται από τα επιφανειακά ύδατα, έδειξε ότι το fipronil βρέθηκε σε ποσοστό 9.5% στα δείγματα πόσιμου νερού με μέση συχνότητα συγκέντρωσης 160 ng/l. Το εύρημα αυτό φαίνεται να δικαιολογεί την ανάγκη ρύθμισης σχετικά με τη χρήση και την απελευθέρωση, ιδίως επειδή έχει χαρακτηριστεί από την EPA ως πιθανός καρκινογόνος παράγοντας για τον άνθρωπο.

- Επιφανειοδραστικές ουσίες

Τα αλκυλοφαινολοαιθοξυλικά Alkylphenoethoxylates (APEOs) είναι μη-ιονικές επιφανειοδραστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται ευρέως για την σύνθεση μιας μεγάλης ποικιλίας απορρυπαντικών, χρωμάτων, ρητινών, στα φυτοφάρμακα και στα λιπαντικά. Αλκυλοφαινόλες όπως η 4-nonylphenol (NP) και η 4-tert-octylphenol (OP)

είναι βιομεταφερόμενα προϊόντα των αντίστοιχών του APEOs. Περίπου το 80% της παγκόσμια παραγωγής των APEOs αποτελούνται από nonylphenoethoxylates (NPEs), η οποία είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη για την παραγωγή φυτοφαρμάκων, στη μορφή των παραγόντων διαβροχής ή ως διασπартικά ή γαλακτοματοποιητές και έχει αναφερθεί ότι το 37% των NPEs απελευθερώνονται υποβαθμισμένα στο νερό. Τέτοιες ουσίες μπορούν είναι σε θέση να προκαλέσουν ενδοκρινικές διαταραχές.

- Φαρμακευτικά προϊόντα

Η απελευθέρωση των φαρμακευτικών προϊόντων και των ανθρώπινων μεταβολητών τους σε υδάτινους δρόμους αποτελούν αυξανόμενη ανησυχία. Τα φαρμακευτικά προϊόντα βρίσκονται στο περιβάλλον ως πρωταρχικές ενώσεις, ως μεταβολίτες ή συζυγή, κυρίως λόγω της διάθεσης στα αποχετευτικά συστήματα. Είναι σχετικά πολικές πολυχρηστικές ενώσεις και δεν απομακρύνονται πλήρως στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Σε πολλές περιπτώσεις, οι εκροές που περιλαμβάνουν φαρμακευτικά προϊόντα από νοσοκομεία, κλινικές και ιατρικά κέντρα και οι οποίες απελευθερώνονται άμεσα σε κοντινά ποτάμια και δεν συλλέγονται στις αποχετεύσεις, μπορεί να αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης για τα περιβαλλοντικά ύδατα. Στην Ισπανία, το 2009, εκτός από τους 10.9 t της εκτιμώμενης κατανάλωσης του αντιβιοτικού sulfamethoxazole, βρέθηκαν 2.1 t στο υδάτινο περιβάλλον, ενώ 23.3 t εκ των 1,460.2 t των αναλγητικών acetaminophen βρέθηκε στο νερό. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, καθώς έχουν αναγνωρισθεί ως κύρια πηγή αντιβιοτικών. Ένα αυξανόμενο ανησυχητικό φαινόμενο είναι η αντιμικροβιακή ανθεκτικότητα, η οποία κυρίως προκύπτει από τα αυξανόμενα επίπεδα των υπολειμμάτων αντιβιοτικών που παραμένουν στο νερό και το έδαφος. Γονίδια ανθεκτικά στα αντιβιοτικά μπορούν να μεταφερθούν σε παθογόνα βακτήρια και κατά συνέπεια να προσβάλουν τον άνθρωπο με πιθανές καταστροφικές συνέπειες. Επιπλέον, είναι γνωστή και η διασταυρούμενη αντίσταση, κατά την οποία ένα βακτηριακό στέλεχος που έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα σε μια συγκεκριμένη κατηγορία αντιβιοτικών μπορεί να εφαρμόσει την αντίσταση αυτή και σε άλλες κατηγορίες αντιβιοτικών. Ένα μείγμα με αντιβιοτικά διαφορετικών κατηγοριών προστίθεται συνεχώς στον κύκλο του αστικού νερού ως αντιβιοτικά τα οποία δεν χρησιμοποιούνται ευρέως στα νοικοκυριά, αλλά στα νοσοκομεία, στην κτηνοτροφία και την κτηνιατρική και για γεωργική χρήση. Άλλη μελέτη έχει αναφέρει ότι η sulfamethoxazole δεν αποδομείται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων. Το πρόβλημα της αντιμικροβιακής ανθεκτικότητας μπορεί να αποδειχθεί μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του μέλλοντος. Εκτός από τα αντιβιοτικά, άλλα περιβαλλοντικά φαρμακευτικά προϊόντα περιλαμβάνουν παυσίπονα, αντισταμινικά, β-blockers, ρυθμιστές λιπιδίων, αντικαταθλιπτικά, εντιεπιληπτικά, αντιδιαβητικά, αναλγητικά και αντιφλεγμονώδη, αντισυλληπτικά χάπια, αντιπηκτικά, αντιμυκητιασικά καθώς και φάρμακα κατά της φαγούρας. Αντικαρκινικά φάρμακα, γνωστά και ως αντινεοπλασματικά και κύτταροστατικά είναι κυτταροτοξικά, γονοδιοτοξικά, μεταλλαξιογόνα και τερατογόνα. Φυσικές και τεχνητές ορμόνες, μια

άλλη κατηγορία των EOCs, προστίθενται και αυτές συνεχώς στο υδάτινο περιβάλλον μέσω των ανθρώπινων και ζωικών περιττωμάτων μέσω των εκροών των ΕΕΛ.

- Προϊόντα προσωπικής φροντίδας (PCPs)

Τα PCPs περιλαμβάνουν απωθητικά κουνουπιών, αντιμικροβιακές και αντιμυκητιασικές ουσίες, επιφανειοδραστικά, αρώματα και αντηλιακά, τα οποία είναι ευρέως διαδεδομένα και διαμορφώνουν ένα μόνιμο χαρακτηριστικό του τρόπου ζωής των πόλεων. Τα προϊόντα προσωπικής φροντίδας, σε αντιδιαστολή με τα φαρμακευτικά προϊόντα, εφαρμόζονται εξωτερικά και επομένως δεν υπόκεινται σε μεταβολικές αλλαγές πριν την έκλυσή τους στο περιβάλλον. Ωστόσο, καθώς χρησιμοποιούνται εκτεταμένα σε καθημερινή βάση, εντοπίζονται συχνά στα επιφανειακά ύδατα και μπορούν εν δυνάμει να βιοσυσσωρευτούν.

Για παράδειγμα, μόνο λιγότερο από το 20% του N,N-diethyl-m-toluamide (DEET), το ενεργό συστατικό των απωθητικών κουνουπιών απορροφάται από το δέρμα, ενώ το 80% που απομένει εκλύεται στο περιβάλλον. Αν και έχει ανιχνευθεί στον ανθρώπινο οργανισμό, σε μύδια, ιζήματα και επιφανειακά ύδατα, έχει πρόσφατα βγει το συμπέρασμα ότι οι συγκεντρώσεις DEET στα επιφανειακά ύδατα είναι απίθανο να ασκήσουν οξεία τοξικότητα. Έχει υπολογιστεί ότι οι συγκεντρώσεις DEET στο υδάτινο περιβάλλον θα επηρέαζαν αρνητικά τα υδρόβια είδη μόνο σε συγκεντρώσεις που είναι 75.000 ή 38.000 ή 6.000 φορές υψηλότερες από τις υψηλότερες συγκεντρώσεις που αναφέρονται στα επιφανειακά ύδατα, στα απόβλητα λυμάτων ή στα υπόγεια ύδατα αντίστοιχα.

Ο πολυκυκλικός μόσχος galaxolide είναι ένα συχνό συστατικό των αρωμάτων. Το 2004, παράχθηκαν μόνο στην Ευρώπη από 1000 έως 5000 t του χημικού αυτού. Έχει εκτιμηθεί ότι το 77% των χρησιμοποιημένων μόσχων διέφυγαν μέσω των αποχετεύσεων. Το galaxolide έχει τιμή για το $\log(K_{ow})$ ίση με 5.9, είναι υψηλά λιπόφιλο και έχει την τάση βιοσυσσώρευσης. Ωστόσο, παρά την ευρεία παρουσία του στο περιβάλλον, μια σειρά από οικοτοξικολογικές μελέτες έχει δείξει ότι έχει μικρό ποσοστό επικινδυνότητας για όλα τα υδάτινα και εδαφικά είδη που μελετήθηκαν και επομένως η χρήση και η απελευθέρωσή του στο περιβάλλον δεν απαιτούν ρυθμιστικά μέτρα.

Η ουσία 4-MBC, ένα φίλτρο UV που χρησιμοποιείται ως συστατικό σε καλλυντικά και αντηλιακά, απομακρύνεται μόνο κατά 18-82% από τις συμβατικές μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και έχει αναφερθεί η εμφάνισή της στα επιφανειακά ύδατα, σε ψάρια, ιζήματα και βιοστερεά. Τα φίλτρα UV μπορούν να είναι πιθανώς ενδοκρινικοί διαταράκτες στη φύση, καθώς έχουν δείξει ορμονική και οιστρογονική δραστηριότητα in vitro, αλλά και οιστρογονική δραστηριότητα στα ψάρια.

- Φθορίζοντα λευκαντικά μέσα (FWAs)

Τα FWAs είναι συζυγείς φθορίζουσες ενώσεις που προστίθενται στα υφάσματα, στα απορρυπαντικά ρούχων, σε πλαστικά και χάρτινα προϊόντα, κυρίως για την ενίσχυση του λευκού χρώματος. Τα FWAs εισέρχεται στα επιφανειακά ύδατα μέσω της διάθεσης των λυμάτων και πολλά από αυτά είναι σχετικά υδατοδιαλυτά, μη βιοαποικοδομήσιμα και επομένως, χρησιμοποιούνται ως ιχνηθέτες των λυμάτων στα επιφανειακά ύδατα. Έχει αναφερθεί ότι το 5-80% της 4,4'-bis(2-sulfostyryl) biphenyl (DSBP), ένα FWA το οποίο χρησιμοποιείται σε χαρτιά και απορρυπαντικά, απελευθερώνεται μαζί με τα υγρά των πλύσεων στο υδάτινο περιβάλλον.

- Μέσα αντίθεσης για τις ακτίνες X

Τα μέσα αυτά εγχύονται ενδοαγγειακά σε υψηλές δόσεις για να ενισχύσουν την αντίθεση των εικόνων των ακτινών X των οργάνων και των αιμοφόρων αγγείων. Είναι μεταβολικά σταθεροί και συνήθως απεκκρίνονται εντός μιας ημέρας μετά τη λήψη. Τα μέσα αντίθεσης που ανιχνεύονται στα αστικά ύδατα περιλαμβάνουν iopamidol, iopromide and iohexol, τα οποία είναι πολύ επίμονα και πολικά στη φύση. Η απομάκρυνση των ιωδιούχων μέσων αντίθεσης ακτινών X (ICM) σε συμβατικές εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων είναι περιορισμένη και ανάμεσα στα κοινώς χρησιμοποιούμενα ICM, μόνο η iopromide αποδομείται κατά 60-70%. Αυτά τα ICM έχουν βρεθεί στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα σε συγκεντρώσεις της τάξης των $\mu\text{g/L}$. Από τους 23.7 t iopromide που εκτιμήθηκε ότι παράχθηκαν στην Ισπανία το 2009, περίπου οι 14.8 t εκλύθηκαν στο νερό.

- Τεχνητά γλυκαντικά

Η κατανάλωση τεχνητών γλυκαντικών έχει πλέον γίνει μέρος του τρόπου ζωής πολλών ανθρώπων, καθώς είναι προϊόντα με χαμηλές θερμίδες. Σε αντίθεση με τη ζάχαρη, αυτές οι ενώσεις δεν προκαλούν την έκκριση ινσουλίνης και μπορούν να χρησιμοποιούνται από διαβητικούς. Επιπλέον, δεν ζυμώνονται από μικρόβια που προκαλούν οδοντική πλάκα. Τα χημικά αυτά υπάρχουν παντού στα επιφανειακά ύδατα και περιλαμβάνουν τη ζαχαρίνη, το κυκλαμικό, την ασπαρτάμη και τη σουκραλόζη. Με την εισαγωγή της σουκραλόζης το 1998, αυτά και άλλα τεχνητά γλυκαντικά έχουν αυξανόμενη χρήση στις ανεπτυγμένες χώρες. Η ετήσια παραγωγή ασπαρτάμης και σουκραλόζης στις ΗΠΑ είναι 16,000 t και 1,500 t αντίστοιχα. Η ασπαρτάμη, χρησιμοποιείται σε παραπάνω από 6000 προϊόντα στις ΗΠΑ και περίπου το 98% από την σουκραλόζη που καταναλώνεται αποβάλλεται από τον ανθρώπινο οργανισμό χωρίς να υπόκειται σε κάποια αλλαγή και έχοντας χρόνο ημιζωής αρκετά χρόνια, μπορεί να είναι πολύ επίμονη στο υδάτινο περιβάλλον.

- Επιβραδυντικά φλόγας

Τα επιβραδυντικά φλόγας όπως polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) είναι μια άλλη κατηγορία των EOCs απαραίτητες στον αστικό κόσμο, καθώς χρησιμοποιούνται ευρέως σε θερμοστάτες, υφάσματα, θερμοπλαστικά, επιστρώσεις σε έπιπλα και ηλεκτρονικά για τη πρόληψη εξάπλωσης φωτιάς. Λόγω της υδροφοβικής φύσης τους, οι ενώσεις αυτές βρίσκονται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στα ιζήματα από ότι στα

επιφανειακά ύδατα. Ωστόσο, μπορούν εύκολα να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις μακριά από το σημείο απελευθέρωσής τους και έρευνες έχουν δείξει συχνή παρουσία τους σε ζωικούς και ανθρώπινους ιστούς, αίμα και γάλα.

- Τοξίνες άλγεων και ενώσεις που αναδύουν οσμές (off-flavor compounds – OFCs)

Οι τοξίνες άλγεων και οι OFCs μπορούν να σχηματιστούν in situ σε ευτροφικές λίμνες και ταμιευτήρες, συχνά λόγω της παρουσίας υπερβολικών θρεπτικών και αγροτικών αποβλήτων. Στο φρέσκο νερό, πολλά είδη κυανοβακτηρίων παράγουν τοξίνες που μπορούν να εισέλθουν στον κύκλο του αστικού νερού μέσω νερών που επηρεάζονται από κοινότητες άλγεων. Αυτές οι κυανοτοξίνες μπορούν να βλάψουν τον άνθρωπο και τα ζώα και περιλαμβάνουν μικροκυστίνες και δουλαρίνες microcystins and nodularins (hepatotoxins), cylindrospermopsins που επηρεάζουν το συκώτι και τα νεφρά και anatoxins και saxitoxins (νευροτοξίνες). Οι μικροκυστίνες για παράδειγμα έχει βρεθεί ότι συσσωρεύονται στους πεπτικούς αδένες των μυδιών γλυκού νερού. Επομένως, τα μύδια που είναι εκτεθειμένα σε κοινότητες κυανοβακτηρίων θα μπορούσαν πιθανώς να συσσωρεύσουν μεγάλες ποσότητες μικροκυστίνης και να επηρεάσουν αρνητικά τα θηλαστικά και τα πτηνά που τρέφονται με αυτά και έτσι έμμεσα να επηρεάσουν και τον άνθρωπο. Οι κοινότητες άλγεων, μαζί με τους φυσικούς βακτηριακούς πληθυσμούς (ακτινοβακτήρια), παράγουν επίσης ενώσεις που αναδίδουν μυρωδιές (OFCs). Δύο από τις πιο συνηθισμένες OFCs είναι η geosmin και η methyl isoborneol (MIB), οι οποίες έχουν ευδιάκριτη μυρωδιά εδάφους – λάσπης και παράγονται κυρίως από κυανοβακτήρια αν και έχουν ταυτοποιηθεί ως παραγωγοί των OFCs και ετερότροφοι (ακτινομύκητες, όπως π.χ. η νοκαρδία και το αρθροβακτήριο), μήκυτες και άλλοι μικροοργανισμοί. Παρά τις αρκετές δημοσιεύσεις αναφορικά με την geosmin και την MIB, ο ακριβής μηχανισμός της αντίδρασης παραγωγής τους και πολλές από τις βιολογικές πηγές τους παραμένουν ακόμα άγνωστα. Η έρευνα έχει δείξει ότι το φως, τα θρεπτικά, η θερμοκρασία και η παρουσία μικροοργανισμών επηρεάζει τον σχηματισμό και την απελευθέρωση των πρωτεϊνικών δεσμών και των ενδοκυτταρικών OFCs στα επιφανειακά νερά.

- Παραπροϊόντα απολύμανσης (DBPs)

Τα DBPs όπως τα βρωμιούχα, χλωριούχα, ιωδιούχα ή το άζωτο που περιέχουν παραπροϊόντα απολύμανσης μπορούν να εισέλθουν στους πόρους πόσιμου νερού μέσω των διαδικασιών κάθαρσής του και να σχηματιστούν κατά τις αντιδράσεις μεταξύ των απολυμαντικών και των φυσικών ή ανθρωπογενών οργανικών υλών που βρίσκονται στο νερό. Μερικά από τα πρόσφατα αναδύμενα DBPs σχηματίζονται χλωριούχο ή χλωριωμένο νερό και έχουν καρκινογενή δυνατότητα. Αυτά περιλαμβάνουν nitrosodimethylamines (NDMA), iodoacids, iodo-trihalomethanes, bromonitromethanes, haloamides και haloaldehydes.

- Βενζοθιαζόλες και βενζοτριαζόλες

Οι βενζοθιαζόλες είναι μια άλλη κατηγορία EOCs, η οποία απαντάται συχνά στον κύκλο του αστικού νερού. Τα παράγωγα των βενζοθιαζολών απαντώνται ως 2-mercapto-, 2-hydroxy-, 2-sulfonic acid-, 2-methyl-, benzothiazoles και έχουν ευρεία εφαρμογή ως μυκητοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, επιταχυντές για το βουλκανισμό καουτσούκ, αναστολείς βιολογικής θραύσης, καθώς και στην παραγωγή χρωστικών και οσφυσιακών και δερματικής παραγωγής. Συχνά ανιχνεύονται στα νερά ποταμών και πιο σημαντικά, η εμφάνισή τους θα μπορούσε επίσης να είναι ενδεικτική για απορροή από δρόμους λόγω της χρήσης τους στις βιομηχανίες καουτσούκ και ελαστικών. Ομοίως, διάφορες τροποποιήσεις του αναστολέα διάβρωσης βενζοθιαζόλιο βρίσκονται συχνά σε συγκεντρώσεις των μg/L. Λόγω του ότι η βενζοθιαζόλη είναι σχετικά ανθεκτική, μπορεί να εξυπηρετήσει ως συντηρητικός ιχνηθέτης.

Συγκεκριμένες ενώσεις, από τις οποίες η κάθε μία είναι αντιπροσωπευτική για την κλάση στην οποία ανήκει, προτείνονται από τη βιβλιογραφία ως «ενώσεις δείκτες» λόγω της πιθανής οικοτοξικότητας και επιρροής στην ανθρώπινη υγεία, αλλά και επειδή καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των ιδιοτήτων των ενώσεων και της περιβαλλοντικής τους συμπεριφοράς. Οι ουσίες αυτές είναι σε θέση να προκαλέσουν μεταλλάξεις, ενδοκρινικές διαταραχές, είναι καρκινογόνες (κάποιες από αυτές κυρίως για το συκώτι) και από ελάχιστα τοξικές έως τοξικές για τον άνθρωπο, μπορούν να αναστείλουν την ανάπτυξη των νεφρών στα έμβρυα καθώς και την απόκριση των οιστρογόνων, να προκαλέσουν κατάρρευση στο συκώτι και τους δερματικούς ιστούς και σε ειδικές περιπτώσεις να αναστείλουν ακόμα και την ανάπτυξη του ανθρώπινου οργανισμού. Από τις ουσίες που έχουν αναφερθεί, μόνο η σουκραλόζη και η geosmin δεν παρουσιάζουν κάποιο είδος τοξικότητας για τον άνθρωπο, ενώ όλες οι ουσίες εμφανίζονται στις εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Τα παραπροϊόντα της απολύμανσης (DBPs – disinfection byproducts) είναι ένας ειδικός τύπος των ΤPs, τα οποία αρχικά ορίζονται ως ενώσεις που σχηματίζονται όταν η φυσική οργανική ύλη που είναι παρούσα στις εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων αντιδράει με ένα απολυμαντικό (χλώριο ή όζον). Ωστόσο, τα DBPs που σχηματίζονται από ιώδιο, βρώμιο και ανθρωπογενείς ρύπους όπως τα φυτοφάρμακα και τα PPCPs έχουν επίσης βρεθεί.

- Μικροοργανισμοί ανθεκτικοί στα αντιβιοτικά

Ανάμεσα στα CECs, το θέμα των μικροοργανισμών που είναι ανθεκτικοί στα αντιβιοτικά, είναι μείζονος σημασίας. Έτσι, απειλείται η αποτελεσματική πρόληψη και η επεξεργασία ενός υπεραυξανόμενου εύρους μολύνσεων που προκαλούνται από βακτήρια, παράσιτα, ιούς και μύκητες. Το 2014, ο Π.Ο.Υ. δημοσίευσε μια πρώτη παγκόσμια αξιολόγηση στην τρέχουσα κατάσταση της παρακολούθησης αλλά και σε σχετικές πληροφορίες για την ανθεκτικότητα των αντιβιοτικών και κυρίως την ανθεκτικότητα σε επίπεδο χώρας παγκοσμίως (WHO 2014). Σε μια κοινή αναφορά, ο EFSA και το Ευρωπαϊκό κέντρο ελέγχου ασθενειών (EFSA, EDC, 2015), ερεύνησαν τα δεδομένα για την ανθεκτικότητα των μικροοργανισμών στα αντιβιοτικά σε ζωνοσογόνους και βακτηριακούς δείκτες το 2013, που είχε κατατεθεί από 28 κράτη μέλη. Επισημάνθηκε η αντίσταση στη ζωνοσογόνο «Salmonella» και στο είδος

«Campylobacter» από ανθρώπους, ζώα και τρόφιμα και η αντίσταση στον δείκτη «E-Coli» και στον «enterococci», καθώς και τα δεδομένα για αντίσταση στη μεθικιλίνη του «Staphylococcus aureus», σε ζώα και τρόφιμα. Αν και γινόταν αναφορά ότι η βακτηριακή αντίσταση στα αντιβιοτικά που συμβαίνει στα ζώα με σκοπό την παραγωγή τροφής, μπορεί να εξαπλωθεί στους ανθρώπους, όχι μόνο μέσω της οδού της τροφής, αλλά και μέσω των οδών όπως του νερού και της περιβαλλοντικής μόλυνσης (π.χ. στα σφαγεία), παρ' όλα αυτά καμία περαιτέρω πληροφορία δεν παρέχεται σχετικά με τα επεξεργασμένα αστικά λύματα ως πιθανό μονοπάτι.

Ωστόσο, η εξάπλωση των ανθεκτικών σε αντιβιοτικά γονιδίων, εξαιτίας των πρακτικών επαναχρησιμοποίησης νερού, όπως η άρδευση των καλλιεργειών και των τοπιών και η αύξηση, διατήρηση και αποκατάσταση της επιφάνειας του νερού, έχουν λάβει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Από την ανακάλυψη των αντιβιοτικών και την εκτεταμένη χρήση τους στην ιατρική, την κτηνοτροφία και τις υδατοκαλλιέργειες, η ύπαρξη των ανθεκτικών γονιδίων στα αντιβιοτικά στο περιβάλλον αυξάνεται. Οι Thanner et al. (2016) ερεύνησαν ειδικότερα το θέμα αυτό στη γεωργία και ξεκάθαρα αναφέρουν ότι απαιτείται αξιολόγηση του κινδύνου σχετικά με αυτό. Μια συμπερασματική αξιολόγηση κινδύνου προς το παρόν φαντάζει αδύνατη, μια κατάσταση που σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς έχει δημιουργήσει μεγάλες διαφορές στην επιστημονική κοινότητα.

Φαίνεται επίσης ότι απαιτούνται περισσότερες πληροφορίες για να έχουμε μια πιο ξεκάθαρη εικόνα στους κινδύνους που σχετίζονται με τις εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Η υιοθέτηση μεταγενομικών μεθόδων που παρέχουν πληροφορίες σε ολόκληρη την μικροβιακή κοινότητα και όχι μόνο στην καλλιεργήσιμη μερίδα των μικροοργανισμών, θα βελτιώσει την κατανόηση στους μηχανισμούς που είναι υπεύθυνοι για την εισαγωγή των ανθεκτικών στα αντιβιοτικά γονιδίων, την εξάπλωση τους και το πως διαφέρουν σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα είδη.

Από την άλλη πλευρά, δεν ανιχνεύθηκε καμία διαφορά στην αφθονία αυτών των γονιδίων σε εδάφη που είχαν αρδευθεί με φρέσκο και επαναχρησιμοποιημένο νερό στην παρακάτω μελέτη που διεξήχθη στο Ισραήλ (Negrenu et al.2012), η οποία πρότεινε ότι η πλειοψηφία των ανθεκτικών στα αντιβιοτικά βακτηρίων που εισέρχεται στα εδάφη δε μπορεί να επιβιώσει. Η μεγάλη αφθονία τους στα εδάφη που αναφέρεται συχνά είναι πιθανώς ενδεικτική της αρχικής αντιμικροβιακής αντίστασης που σχετίζεται με τη μικροβιοκτονία του εδάφους. (Negreanu et al 2012). Αυτή η διαφωνία βρίσκει επιβεβαίωση σε άλλα ευρήματα, τονίζοντας τη σημασία του φυσικού περιβάλλοντος στην ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά.

Αν και ένας μεγάλος όγκος πληροφορίας, μεταξύ άλλων, που έχει συνταχθεί από τη δράση COST NEREUS, επισημαίνει ότι τα οικιακά λύματα είναι μια πιθανή πηγή περιβαλλοντικού μέσου αποθήκευσης, το θέμα με τα αντιβιοτικά πρέπει να απευθύνεται σε ένα γενικότερο πλαίσιο της εξυγίανσης των αστικών λυμάτων παρά να γίνεται συγκεκριμένα μόνο για τα σχέδια επαναχρησιμοποίησης. Τα στοιχεία

φαίνεται πραγματικά να επισημαίνουν ότι η επαναχρησιμοποίηση για άρδευση οδηγεί στην εξάλειψη της αντίστασης στα αντιβιοτικά, καθώς τα περισσότερα ανθεκτικά βακτήρια δε μπορούν να επιβιώσουν στα εδάφη που προσλαμβάνονται. Μια αντίστοιχα ελάχιστη απαίτηση για την αντίσταση στα αντιβιοτικά δε μπορεί ούτε να αιτιολογηθεί, ούτε είναι βιώσιμη λόγω έλλειψης συγκρίσιμων αλλά και ελλιπών δεδομένων (29).

6.3 Απομάκρυνση από το νερό

Υπάρχουν αρκετές καταγραφές ότι αρκετά PPCPs διαφεύγουν από τις διαδικασίες επεξεργασίας λυμάτων με σύστημα ενεργού ιλύος, το οποίο είναι και το πιο διαδεδομένο σύστημα παγκοσμίως. Η βιοαποικοδόμηση των PPCPs στα συστήματα ενεργού ιλύος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες συμπεριλαμβανομένων, αλλά όχι περιοριστικών, των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των ενώσεων, το *in situ* φορτίο άνθρακα, οι συνθήκες οξειδοαναγωγής, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής, ο χρόνος παραμονής της ιλύος και η σύσταση της μικροβιακής κοινότητας.

Επίμονα PPCPs μπορούν να καταλήξουν στην τελική μορφή του πόσιμου νερού και στα συστήματα διανομής, όταν η πηγή νερού που χρησιμοποιείται επηρεάζεται από εκροές εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων (30). Η ρύπανση των φυσικών ρεμάτων λόγω της διάθεσης των εκροών των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων εγείρει ανησυχίες καθώς τα ρέματα αυτά τροφοδοτούν τα συστήματα υδροδότησης. Μάλιστα αντιεπιληπτικά, τονωτικά, μεταβολίτες της νικοτίνης κ.ά. ουσίες έχουν ανιχνευθεί και σε νερό προερχόμενο από εγκαταστάσεις επεξεργασίας πόσιμου νερού στον Καναδά (31). Η αποτελεσματική απομάκρυνση μερικών φαρμακευτικών δραστικών ουσιών σε συμβατικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων είναι σχεδόν αδύνατη εξ αιτίας πολλών λόγων, μερικοί από τους οποίους είναι η χαμηλή πτητικότητα, οι διαφορετικές υδροφοβικότητες, οι περίπλοκοι μηχανισμοί, η εξαιρετικά χαμηλή συγκέντρωση, η επίδραση των μικροοργανισμών και η διάδρασή τους με άλλες διαλυμένες ουσίες και το μέσο διαχωρισμού (μεμβράνη, ιλύς κλπ) (32).

Από την άλλη πλευρά, κάποια PPCPs απομακρύνονται μερικά ή ολικά κατά τη συμβατική επεξεργασία ενεργού ιλύος, ένας σημαντικός αριθμός των PPCPs υπόκειται σε από πολύ μικρή έως και καθόλου απομάκρυνση. Για παράδειγμα, η carbamazepine (ένα αντιεπιληπτικό φάρμακο) και η diclofenac (ένα μη στεροειδές αντιφλεγμονώδες) τυπικά αντιστέκονται στην αποικοδόμηση, ενώ το trimethoprim (αντιβιοτικό) και το enalapril (θεραπεία για υψηλή πίεση) απομακρύνονται μόνο μερικώς στη συμβατική επεξεργασία ενεργού ιλύος. Επομένως, εναλλακτικά συστήματα διερευνώνται για την βελτίωση της απόδοσης απομάκρυνσης των ECs στα λύματα.

Πρόσφατες πρωτοβουλίες που απευθύνονται στην απομάκρυνση των PPCPs και EDCs με την ελαχιστοποίηση χρήσης ενέργειας ή των ανεπιθύμητων παραπροϊόντων περιλαμβάνουν προσρόφηση με χρήση προηγμένων υλικών με μεγάλη δυνατότητα για πολικές οργανικές ενώσεις, όπως είναι οι οργανικοί – ανόργανοι πεπταυσμένοι άργιλοι και οι ανθρακικοί νανοσωλήνες.

Τα συστήματα επεξεργασίας που είναι πιο αποδοτικά στην απομάκρυνση των ECs περιλαμβάνουν την εφαρμογή συνδυασμού δύο ή περισσότερων τεχνολογιών επεξεργασίας όπως είναι η επεξεργασία μεμβρανών με μικροδιήθηση και αντίστροφη όσμωση, η ταυτόχρονη εφαρμογή μεμβρανών με υπερδιήθηση, προσρόφιση σε ενεργό άνθρακα και ακτινοβολία υπερήχων, ένα συνδυασμό ηλεκτροενζυμοκατάλυσης και τη χρήση UV/H₂O₂ κατά την προηγμένη οξειδωση πριν τις μεμβράνες βιόφιλτρων. Η προηγμένη οξειδωση που βασίζεται στην ετερογενή φωτοκατάλυση με τη χρήση νανοϋλικών για τη μεγιστοποίηση της απορρόφησης των φωτονίων και των αντιδραστηρίων μπορεί επίσης να αποδειχθεί επωφελής. Ως εκ τούτου, η τριτοβάθμια επεξεργασία με χρήση απολύμανσης UV/H₂O₂ ή άλλης προηγμένης οξειδωσης διαδικασίες όπως η χρήση όζοντος, πριν από τη διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων θα μπορούσε να έχει επιπλέον οφέλη στην απομάκρυνση των ECs από το νερό, αυξάνοντας την βιοαποικοδομισιμότητα των «δύστροπων» PPCPs. Η προσέγγιση αυτή θα μπορούσε εν δυνάμει να χρησιμοποιηθεί πριν την φυσική βιοαποικοδόμηση, με χρήση τεχνολογικών επεξεργασίας λυμάτων όπως για παράδειγμα τα μικροάλγη και οι τεχνητές λίμνες (30).

Οι μη συμβατικές μέθοδοι επεξεργασίας νερού έχουν αλλάξει κατά καιρούς ως αποτέλεσμα των νέων τεχνικών που αναπτύσσονται. Οι μέθοδοι αυτοί μπορούν να διαχωριστούν σε τεχνολογίες αλλαγής φάσης, βιολογικής επεξεργασίας και προηγμένης οξειδωσης (33). Στη συνέχεια περιγράφονται πιο αναλυτικά οι μέθοδοι των μεμβρανών και της οζόνωσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομάκρυνση των αναδυόμενων ρύπων.

6.3.1 Μέθοδοι οζόνωσης

Τη στιγμή που τα παραδοσιακά συστήματα επεξεργασίας που περιλαμβάνουν κροκίδωση και συσσωμάτωση και διπλά μέσα αμμόφιλτρων ήταν αδύνατο να μειώσουν τη συγκέντρωση των ενώσεων αυτών, η εισαγωγή ενός σταδίου οζόνωσης πριν τη διήθηση απομάκρυνε τις ουσίες αυτές με απόδοση που κυμαινόταν από 66% έως 100%. Επιπλέον, η διεργασία αυτή ήταν ικανή να διατηρήσει την απόδοση αυτή ανεξάρτητα από τις εποχιακές διακυμάνσεις της σύστασης του εισερχόμενου νερού.

Επίσης, η προσρόφιση με χρήση ενεργού άνθρακα και αντίστροφη όσμωση αναφέρονται συνήθως ως κατάλληλες τεχνολογίες για την απομάκρυνση των φαρμακευτικών ενώσεων από το νερό λόγω της υψηλής τους απόδοσης και θεωρούνται ανταγωνιστικές της οζόνωσης στον τομέα αυτό. Ωστόσο, άλλοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή της τεχνολογίας επεξεργασίας είναι το λειτουργικό κόστος, η περιπλοκότητα του απαιτούμενου εξοπλισμού καθώς και των παραγόμενων από τη διαδικασία αποβλήτων. επομένως, παρά την αποδοτικότητά τους οι τεχνολογίες διήθησης μπορεί να είναι εξαιρετικά δαπανηρές σε σύγκριση με άλλες εναλλακτικές.

Η απαιτούμενη δόση όζοντος εξαρτάται από τους στοχευόμενους ρύπους καθώς και τα χαρακτηριστικά του νερού. Οι Ternes κ.ά (2002) επιβεβαίωσαν ότι $0.5 \frac{mg O_3}{L}$

μείωσαν κατά 90% την diclofenac και την carbamazepine, ενώ $1.5 \frac{mg O_3}{L}$ απαιτούνταν για το 50% της αποσύνθεσης bezafibrate. Από την άλλη πλευρά, το clofibric acid έδειξε να είναι σταθερό ακόμα και με την εφαρμογή $3.0 \frac{mg O_3}{L}$. Ωστόσο, η οζόνωση γενικά είναι σε θέση να απομακρύνει μικρορύπους, αλλά και να αδρανοποιήσει βακτήρια και ιούς σε μικρές δόσεις όζοντος όπως $0.5 \frac{g O_3}{g DOC}$, το οποίο αντιστοιχεί σε $2.6 \frac{mg O_3}{L}$.

Η αποσύνθεση των ρύπων κατά τη διεργασία αυτή είναι λόγω της άμεσης δράσης του μοριακού όζοντος αλλά και των ριζών υδροξυλίου. Ενώ οι αντιδράσεις του όζοντος περιγράφονται από κινητική σταθερά μεταξύ 10^3 έως $10^7 M^{-1} \cdot s^{-1}$ σε pH 7, το υδροξύλιο είναι λιγότερο εκλεκτικό και η κινητική σταθερά του μπορεί να είναι 10^9 - $10^{10} M^{-1} \cdot s^{-1}$. Η γνώση συγκεκριμένης δόσης όζοντος και οι κινητικές σταθερές των αντιδράσεων του όζοντος των ριζών υδροξυλίου επιτρέπουν την πρόβλεψη της απόδοσης της οζόνωσης κατά την επεξεργασία των λυμάτων.

Ενώ στους συμβατικούς βιολογικούς καθαρισμούς ήταν δυνατή η απομάκρυνση μόνο κάτω από το 20% των περισσότερων PPCPs, η οζόνωση με δόσεις όζοντος κάτω από $3.6 \frac{mg O_3}{L}$ επέτρεψε την απομάκρυνση των περισσότερων ενώσεων συμπεριλαμβανομένων και των ανθεκτικότερων στην βιολογική αποσύνθεση. Εντούτοις, γίνεται κατανοητό ότι υπάρχουν ορισμένα χημικά είδη που μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της αντίδρασης των μικρορύπων με το όζον. Μεταξύ αυτών είναι τα νιτρώδη που δρουν ως εξουδετερωτής των ελεύθερων ριζών αναστέλλοντας την αποδοτικότητα της οζόνωσης. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν είδη που γίνονται πιο επικίνδυνα όταν έρχονται σε επαφή με το όζον. Ο σχηματισμός βρωμιούχων είναι ανησυχητικός σε εκείνα τα ύδατα στα οποία υπάρχει παρουσία Br^- . Στην πραγματικότητα, το όζον μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό βρωμιωμένων παραπροϊόντων όπως BrO_3^- και οργανικών βρωμιούχων ενώσεων με γνωστά καρκινογόνα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, για το BrO_3^- , ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) συνιστά τιμές κάτω από $10 \frac{\mu g}{L}$ σε πόσιμο νερό. Επομένως, ένας κατάλληλος έλεγχος των λειτουργικών παραμέτρων όπως για παράδειγμα το διαλυμένο όζον είναι απαραίτητος για την ελαχιστοποίηση της παραγωγής τέτοιων ενώσεων κατά τη διάρκεια της απορρύπανσης του νερού.

Το 2008, ο Zhang κ.ά. επιβεβαίωσαν την παρουσία $0.1 \frac{mg}{L}$ διαλυμένου όζοντος (αναφορικά με τα $0.4 mg$ όζοντος που καταναλώθηκε ανά mg του αρχικού DOC) ήταν ικανό να εξυγιάνει ικανοποιητικά την πρωταρχική εκροή καθώς και να ελέγξει το σχηματισμό παραπροϊόντων βρωμίου. Παρόλο που η οζόνωση είναι συνήθως αρκετά αντιδραστική με θέσεις μεγάλης ηλεκτρονιακής πυκνότητας των ρύπων με υψηλό μοριακό βάρος, η αποσύνθεσή τους οδηγεί στο σχηματισμό παραπροϊόντων χαμηλότερων μορίων με υψηλότερη, όμως, ανθεκτική συμπεριφορά αναφορικά με την περαιτέρω οξειδωση με όζον ή την ριζική αποσύνθεση. Επομένως, ακόμα και αν οι αρχικοί ρύποι εξαλείφονται εντελώς από την απλή οζόνωση, η ανοργανοποίηση

είναι πολύ χαμηλή. Για παράδειγμα, αναλύσεις για την αποσύνθεση του bezafibrate με χρήση συγκέντρωση του εισερχόμενου αερίου οζόντος της τάξης των $40,000 \frac{mg}{L}$, έδειξαν ότι ακόμα και αν η αρχική ένωση απομακρύνθηκε πλήρως, επιτεύχθηκε ανοργανοποίηση μόνο κατά 20%. Παρόμοια συμπεράσματα εξήχθησαν όταν χρησιμοποιήθηκε η sulfamethoxazole ως στοχευμένη ουσία. Αυτό θα μπορούσε να είναι ένα αρνητικό αντίκτυπο της εφαρμογής της οζόνωσης για την ανάκτηση νερού, καθώς τα ανακτώμενα προϊόντα μπορούν να παρουσιάσουν δυνατότερη τοξικότητα από τους αρχικούς ρύπους.

Αν και οι μικρορύποι δεν ρυθμίζονται ακόμα νομοθετικά και η επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα δεν έχει διασαφηνιστεί πλήρως, η αρχή της προφύλαξης επιβάλλει την απομάκρυνσή τους από το νερό. Επομένως, η τοξικότητα του επεξεργασμένου νερού θα έπρεπε να παρακολουθείται, κάτι που συνεπάγεται την ανάπτυξη αυτόματων εργαλείων για την εκτίμηση της τοξικότητας εμπεριέχοντας διαφορετικά είδη για τη διεύρυνση της ανάλυσης. Με μεσοπρόθεσμη ή βραχυπρόθεσμη προοπτική, η πρόβλεψη για μεγαλύτερα προβλήματα ανεπάρκειας νερού, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη κοινωνική ανησυχία αναφορικά με τις επιπτώσεις από τέτοιου είδους ρύπους, οι οποίοι αναμένεται να οδηγήσουν σε αυστηρότερες ρυθμίσεις για το νερό, αιτιολογεί την έρευνα για περισσότερο αποδοτικές εναλλακτικές επεξεργασίας. Στο πλαίσιο αυτό, προσπάθειες έρευνας μπορούν να εστιάσουν στη βελτίωση της οζόνωσης κατά των ρύπων, στοχεύοντας σε υψηλότερη ανοργανοποίηση. Κάτι τέτοιο θα περιλάμβανε, για παράδειγμα, την προώθηση παραγωγής ριζών υδροξυλίου μέσω της χρήσης υπεροξειδίου του υδρογόνου, υπερήχων ή φωτός. Επιπλέον, η εφαρμογή καταλυτών (φωτοκαταλυτική οζόνωση συμπεριλαμβανομένου και του ηλιακού φωτός) θα μπορούσε να αντιμετωπισθεί ως μια εναλλακτική για τη βελτίωση της ανοργανοποίησης. Η ολοκλήρωση των συστημάτων που βασίζονται στο όζον με άλλες επεξεργασίες, όπως για παράδειγμα η ενεργός ιλύς, τα βιόφιλτρα και η χρήση μεμβρανών αποτελεί επίσης αντικείμενο έντονης μελέτης.

Καταλυτική οζόνωση

Η χρήση καταλυτών μπορεί να είναι μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση για την ενίσχυση της δράσης της οζόνωσης ενάντια των ρύπων με τη βελτίωση της ανοργανοποίησης. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον δίνεται στα ετερογενή υλικά που επιτρέπουν τον εύκολο διαχωρισμό από το υγρό και την επαναχρησιμοποίηση. Η ετερογενής καταλυτική οζόνωση μπορεί να ακολουθήσει τρεις διαφορετικές διαδρομές, την προσρόφηση του όζοντος στην καταλυτική επιφάνεια οδηγώντας στην παραγωγή ριζών υδροξυλίου οι οποίες θα αποσυνθέσουν τις οργανικές ενώσεις στον υγρό όγκο, η προσρόφηση των οργανικών ενώσεων στον καταλύτη ακολουθούμενη από οξειδωση από το διαλυμένο μοριακό όζον ή την προσρόφηση και των δύο, του όζοντος και των οργανικών ρύπων, με την επακόλουθη αντίδραση στην επιφάνεια.

Μεγάλη έρευνα γίνεται για τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καταλύτες στην οζόνωση για την απομάκρυνση αναδυόμενων ρύπων από τα λύματα. Ανάμεσα

στα υλικά που έχουν δοκιμαστεί ως καταλύτες για την οζόνωση για την απομάκρυνση αναδύμενων ρύπων κυριαρχεί ο άνθρακας, ενώ άλλες ουσίες βάσης καταλυτών είναι η alumina, το δημήτριο (Ce), το μαγνήσιο (Mg), το μαγγάνιο (Mn), υλικά με βάση το ζεόλιθο κ.ά.. Μέσα στις τεχνολογίες άνθρακα περιλαμβάνονται ο ενεργός άνθρακας, οι νανοϊνες άνθρακα, οι νανοσωλήνες άνθρακα και οι πολυεπίπεδοι ανθρακικοί νανοσωλήνες. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η καταλυτική έναντι της απλής οζόνωσης έγκειται στην καλύτερη ανοργανοποίηση και τη μεγαλύτερη απομάκρυνση του DOC. Σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την καλύτερη απόδοση της εφαρμογής τους είναι ότι ενώσεις που βρίσκονται στα λύματα μπορούν να εξουδετερώσουν τις ρίζες υδροξυλίων, το pH του διαλύματος, ο χρόνος επαφής, η διευκόλυνση ή όχι της χημειορόφησης σε κάποιους από τους καταλύτες, η επίδρασή στο λόγο ριζών υδροξυλίου προς όζον, η ανάκτησή τους μετά το τέλος της διεργασίας και το κόστος παραγωγής τους.

Υποβοηθούμενη απλή ή καταλυτική οζόνωση

Η απλή ή καταλυτική οζόνωση μπορούν να υποβοηθηθούν με τη χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου, με τη χρήση του φωτός (φωτοκαταλυτική οζόνωση), με τη χρήση ηλιακή ακτινοβολίας (ηλιακή φωτοκαταλυτική οζόνωση), αλλά και με τη χρήση υπερήχων.

Η χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου ως ένα συνοξειδωτικό στην οζόνωση ενδείκνυται ως μια στρατηγική βελτίωσης της αποδοτικότητας της διεργασίας. Στην πραγματικότητα, το H₂O₂ μέσω της αντίδρασης με το όζον οδηγεί στην παραγωγή ριζών υδροξυλίου. Ενώ απαιτούνται τρία μόρια όζοντος για την παραγωγή μίας ρίζας υδροξυλίου, με τη βοήθεια του υπεροξειδίου του υδρογόνου, χρειάζεται ένα μόριο όζοντος για την παραγωγή μίας ρίζας υδροξυλίου, καθιστώντας έτσι τη διαδικασία αυτή τόσο αποτελεσματική όσο και χαμηλότερου κόστους.

Σε πειράματα εφαρμόστηκε αλκαλική οζόνωση, αλλά και οζόνωση με χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου σε δείγματα εκροών δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Και με τις δύο διεργασίες επιτεύχθηκε απομάκρυνση των φαρμακευτικών ουσιών και των μεταβολιτών του δείγματος μεγαλύτερη από 99%, ωστόσο, κατά τη χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου η κινητική σταθερά της αποσύνθεσης του οργανικού άνθρακα ήταν πολύ μεγαλύτερη. Η εφαρμογή και των δύο συνθηκών (αλκαλικό περιβάλλον και χρήση H₂O₂) οδήγησε στην πλήρη ανοργανοποίηση μετά από μία ώρα για δόσεις όζοντος 150 mg/L. Επομένως, η προσέγγιση αυτή θεωρείται κατάλληλη καθώς, ακόμα και εάν τα αρχικά PPCPs απομακρύνονται εύκολα με την χρήση όζοντος, μόνο η ανοργανοποίηση είναι σε θέση να εξασφαλίσει ότι δεν σχηματίζονται τοξικά ενδιάμεσα προϊόντα κατά την οξειδωση. Κρίσιμα σημεία του σχεδιασμού της διαδικασίας αυτής αποτελούν το σημείο έγχυσης και η συγκέντρωση του H₂O₂, καθώς μεγαλύτερες από την απαιτούμενη ποσότητα μειώνουν την απόδοσή της.

Η οζόνωση με φωτοκατάλυση με χρήση UVA ακτινοβολίας δεν έδειξε ικανοποιητική απομάκρυνση των αναδύμενων ρύπων. Ωστόσο, ο συνδυασμός της με όζον και TiO₂

υποστηριζόμενο σε ενεργό άνθρακα είναι ικανός να βελτιώσει την απομάκρυνση του DOC. Ακόμα κι αν παρατηρήθηκε κάποια μείωση κατά την εφαρμογή της διαδικασίας στο αιώρημα δευτεροβάθμιας εκροής, η παρουσία ανόργανων ενώσεων στο νερό αυτό επηρέασε μόνο στην εξασθένηση της καφεΐνης. Υπάρχουν συνεργιστικές επιδράσεις μεταξύ του όζοντος και του ακτινοβολούμενου φωτοκαταλύτη: το όζον παρουσιάζει ισχυρή παγίδευση ηλεκτρονίων κι έτσι αποφεύγεται ο ανασυνδυσμός ηλεκτρονίων – οπών. Σ' αυτή τη διαδικασία, παράγονται ρίζες οξονιδίων, τα οποία οδηγούν έπειτα σε ισχυρά αντιδραστικές ρίζες. Τα μέχρι τώρα αποτελέσματα για την φωτοκαταλυτική οζόνωση αναφορικά με την απομάκρυνση χημικών και βιολογικών ρύπων δείχνει ότι αυτή η τεχνολογία μπορεί να έχει εν δυνάμει εφαρμογές στην ανάκτηση νερού, γεγονός εξαιρετικά σημαντικό όταν απαιτείται υψηλή ποιότητα ανακτημένου νερού, όμως απαιτούνται βαθύτερες οικονομικές αναλύσεις για τη βιωσιμότητα της τεχνολογίας σε μεγάλη κλίμακα, αλλά και την ανταγωνιστικότητά της σε σχέση με άλλες μεθόδους.

Η ηλιακή φωτοκαταλυτική οξείδωση των αναδυόμενων ρύπων παρουσιάζει ενδιαφέρον για τις χώρες με μεγάλο αριθμό ωρών ηλιοφάνειας. Ωστόσο, ο χρόνος παραμονής που απαιτείται για αποδοτική απομάκρυνση των ρύπων είναι ένα σημαντικό μειονέκτημα της τεχνολογίας αυτής. Ο συνδυασμός της με το όζον θα μπορούσε να αποτελεί λύση για την αντιμετώπισή του. Η χρήση TiO_2/O_3 /φωτός έδειξε υψηλό δυναμικό οξείδωσης για την αποτοξίνωση μίγματος που περιείχε atenolol, hydrochlorothiazide, ofloxacin και trimethoprim τόσο σε υπερκάθαρο όσο και σε εκροές δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Η διεργασία αυτή ήταν ικανή να οδηγήσει σε 85% ανοργανοποίηση και 90% απομάκρυνση της τοξικότητας. Παράλληλα, ενίσχυση του TiO_2 με WO_3 ήταν ικανή να απομακρύνει μέχρι και το 60% του DOC μέσα σε 2 ώρες. Επίσης, η ηλιακή φωτοκαταλυτική οζόνωση ενίσχυσε ελαφρά την ανοργανοποίηση μίγματος με έξι αναδυόμενους ρύπους (acetaminophen, antipyrine, bisphenol A, caffeine, metoprolol και testosterone), περίπου κοντά στο 40% συγκρινόμενη με το 35% της απλής οζόνωσης, λόγω της ενίσχυσης της παραγωγής ριζών υδροξυλίου, ενώ γενικότερα, η μέθοδος αυτή έδειξε μικρότερη τοξικότητα προς την *D. magna*. Πρέπει να επισημανθεί ότι η χρήση ηλιακών φωτοκαταλυτικών συστημάτων αποφεύγει το κόστος ενέργειας που προκύπτει από τη χρήση λαμπών. Ωστόσο, ο σχεδιασμός και η κλιμάκωση τέτοιων αντιδραστήρων δεν αποτελεί εύκολο έργο, καθώς πρέπει να διασφαλιστεί καλή κατανομή του ηλιακού φωτός, λαμβάνοντας υπόψη την απορρόφηση και τη σκέδαση στα καταλυτικά σωματίδια. Εκτός αυτού, χρειάζεται να γίνει και προσεκτική οικονομική αξιολόγηση για την εγγύηση ότι υπάρχει οικονομική ωφέλεια από τη χρήση του ηλιακού φωτός. Άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό τέτοιων συστημάτων είναι το κόστος γης, καθώς απαιτούνται μεγάλες φωτισμένες εκτάσεις, το υλικό των τοιχωμάτων των αντιδραστήρων, η χρήση αλουμινίου ως ανακλαστική επιφάνεια. Τέλος, κατά τη χρήση ετερογενών καταλυτών, που συνήθως χρησιμοποιούνται σε ρευστοποιημένες κλίνες, πρέπει να συμπεριληφθεί και το κόστος για το διαχωρισμό υγρού – στερεού και η αντικατάσταση του καταλύτη έπειτα από την αδρανοποίησή.

Η χρήση υπερήχων μπορεί να αποδομήσει θερμικά το νερό και οργανικές ενώσεις λόγω καταστροφής των φυσαλίδων στο υγρό. Επιπλέον, μπορεί να βελτιώσει τη μεταφορά μάζας και τις ιδιότητες της στερεής καταλυτικής επιφάνειας. Πράγματι, 42 kHz υπερηχητικών κυμάτων είναι σε θέση να ενισχύσουν την φωτοκαταλυτική οξείδωση της norflurazon. Επομένως, οι υπέρηχοι μπορούν να βελτιώσουν τη δράση της καταλυτικής οξόνωσης κατά των ρύπων. Δοκιμές των Ziyilan and Ince (2015) στη ηχοκαταλυτική οξόνωση με χρήση υλικών με βάση το σίδηρο (Fe) για την εξασθένιση του ibuprofen έδειξε ότι η απλή οξόνωση σε pH 9 ήταν ικανή για την ολική απομάκρυνση της αρχικής ουσίας, αλλά με μικρή αναοργανοποίηση (15%). Τα καλύτερα αποτελέσματα εξήχθησαν με τη χρήση ηχοκαταλυτικής οξόνωσης με δύναμη σιδήρου – γραφίτη πάνω από το μηδέν σε pH 3 με συνολική απομάκρυνση της ibuprofen και αναοργανοποίηση κατά 58% σε 4 ώρες. Έχει επιβεβαιωθεί ότι τα παραπροϊόντα αντίδρασης της ibuprofen αντιδρούν πολύ αργά με το μοριακό όζον και οι ρίζες υδροξυλίου είναι αυτές που ευθύνονται για την εξασθένησή τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμα και μετά από 4 ώρες αντίδρασης μόνο το 58% της αναοργανοποίησης επιτεύχθηκε. Αυτό δεν είναι αποτελεί εντυπωσιακή παρατήρηση όταν ληφθεί υπόψη το κόστος εφαρμογής υπερήχων σε μεγάλους όγκους λυμάτων και περιπλοκότητα του αντιδραστήρα. Προφανώς μια τέτοια διαδικασία μπορεί να είναι ανταγωνιστική μόνο για την επεξεργασία συγκεκριμένων βιομηχανικών λυμάτων η σύσταση των οποίων απαιτεί μια πιο εκλεπτυσμένη οξειδωτική διαδικασία και εμπεριέχει μικρότερες παροχές. Ο συνδυασμός υπερήχων και οξόνωσης ήταν επίσης ικανός να μειώσει την ακαθαρσία στους επακόλουθους βιοαντιδραστήρες μεμβρανών λόγω της μείωσης των εξωκυτταρικών πολυμερών ουσιών. Ωστόσο, οι αυξημένες απαιτήσεις ενέργειας καθιστούν την προσέγγιση αυτή μη βιώσιμη (31).

6.3.2 Μέθοδοι μεμβρανών

Ανάμεσα στις επιλογές επεξεργασίας, οι διεργασίες μεμβρανών παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον λόγω του υψηλού ρυθμού απομάκρυνσης των οργανικών ρύπων μικρού μοριακού βάρους, της καλής ποιότητας των εκροών, της μοριακότητας και της ικανότητας να ολοκληρώσουν άλλα συστήματα. Παρά τα πλεονεκτήματά τους, ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι οι διαδικασίες φιλτραρίσματος σχεδιάζονται κατά βάση για να συγκεντρώσουν αλλά όχι και για να αποδομήσουν τους ρύπους και απαιτούν απομάκρυνση στο ρεύμα των αποβλήτων. Επιπλέον, εάν οι φαρμακευτικά δραστικές ενώσεις δεν αποδομηθούν, οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων ουσιών στην περατή πλευρά των μεμβρανών αυξάνονται με την αύξηση της ποσότητας του ανακτούμενου διηθήματος και συνεπώς η συνολική επίδοση δεν είναι η ίδια με αυτή που είχε εκτιμηθεί αρχικά. Επομένως, οι ρύποι στο ρεύμα κατακράτησης θα πρέπει να αποδομούνται ή να μετατρέπονται σε αβλαβείς χημικές ενώσεις με κάποια χημική μέθοδο. Επίσης, υπάρχουν και άλλες μη κατανοητές ακόμα παράμετροι που επηρεάζουν την απόδοση απομάκρυνσης των διεργασιών διαχωρισμού με μεμβράνες και επομένως χρειάζεται περισσότερη έρευνα για τη διασαφήνιση όλων των πτυχών αναφορικά με τη συγκεκριμένη τεχνολογία απομάκρυνσης των φαρμακευτικά ενεργών ενώσεων.

Οι διαδικασίες διαχωρισμού με χρήση μεμβρανών, που περιλαμβάνουν τη νανοδιήθηση (nanofiltration – NF), την αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis – RO) και την εμπρόσθια όσμωση (forward osmosis – FO), δείχνουν υψηλότερη απόδοση στην απομάκρυνση των οργανικών και ανόργανων ρύπων και μπορούν να ξεπεράσουν τα μειονεκτήματα των συμβατικών μεθόδων για την απομάκρυνση των φαρμακευτικά δραστικών ενώσεων. Οι μεμβράνες μπορούν να απομακρύνουν μικρορύπους είτε μέσω του αποκλεισμού μεγέθους, της ηλεκτροστατικής απόθησης ή της προσρόφησης. Πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να αξιολογήσουν την επίδοση διαφορετικών μεμβρανών σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας και για μια ποικιλία φαρμακευτικά δραστικών ενώσεων. Ωστόσο, η πρόβλεψη της απομάκρυνσης των ενώσεων είναι αρκετά δύσκολη, καθώς εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες της ένωσης, των μεμβρανών, της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μεμβρανών και των διαλυμένων ουσιών αλλά και του εισερχόμενου ρεύματος.

Όσμωση

Στην εμπρόσθια όσμωση, νερό από διάλυμά του με ρύπους διέρχεται προς ένα συμπυκνωμένο διάλυμα, για παράδειγμα ανόργανων αλάτων, μέσω μιας ημιπερατής μεμβράνης ως αποτέλεσμα της διαφοράς συγκέντρωσης και στη συνέχεια το αραιωμένο πλέον διάλυμα πρέπει να καθαριστεί με άλλες μεθόδους όπως η απόσταξη. Στην αντίστροφη όσμωση, δεν χρησιμοποιείται συμπυκνωμένο διάλυμα και το καθαρό νερό ωθείται να περάσει μέσω της ημιπερατής μεμβράνης ως αποτέλεσμα της διαφοράς πίεσης. Ο μηχανισμός απομάκρυνσης των φαρμακευτικά ενεργών ενώσεων στα συστήματα εμπρόσθιας και αντίστροφης όσμωσης είναι περίπλοκος και ελάχιστα κατανοητός. Γενικά, η απομάκρυνση των διαλυμένων ουσιών με διεργασίες όσμωσης επηρεάζεται από τη διπολική ροπή, την υδροφοβικότητα και το μέγεθος των μορίων. Ωστόσο, κατά τη διαδικασία αυτή, είναι δύσκολο να καθοριστεί ποιος μηχανισμός απομάκρυνσης είναι ο κυρίαρχος, λόγω των αντιδράσεων μεταξύ των διαλυμένων ουσιών ή μεταξύ των διαλυμένων ουσιών και της μεμβράνης.

Οι Kimura et al. μελέτησαν την απομάκρυνση διαφορετικών φαρμακευτικών ουσιών με χρήση δύο μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης φτιαγμένες από διαφορετικά υλικά (polyamide and cellulose acetate) και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αποκοπή του μοριακού βάρους (molecular weight cut-off – MWCO) των μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης θα ήταν πιο χρήσιμη για την απομάκρυνση αλατιού για την αξιολόγηση της απομάκρυνσης φαρμακευτικών ουσιών, αν και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ακριβή πρόβλεψη δεδομένου ότι οι ιδιότητες των ενώσεων που χρησιμοποιούνται για τον πρότυπο προσδιορισμό του MWCO και αυτών των στοχευόμενων φαρμακευτικών ουσιών διαφέρουν σημαντικά διαφορετικά. Επίσης, βρήκαν ότι η απομάκρυνση των πολικών φαρμακευτικών ουσιών με μεμβράνες cellulose acetate ήταν περισσότερη από μη-πολικές φαρμακευτικές ενώσεις και επομένως ο κυρίαρχος μηχανισμός απομάκρυνσης των μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης εξαρτάται από το υλικό των μεμβρανών και τις φυσικοχημικές ιδιότητες των στοχευόμενων ενώσεων. Επίσης, ανάλογα με το μέγεθος των μορίων τους οι ενώσεις παρουσιάζουν

διαφορετική συμπεριφορά σε σχέση με την εμπρόσθια και την αντίστροφη όσμωση. Η μελέτη επιλεγμένων φαρμακευτικών στις διαδικασίες αυτές έδειξε ότι ένωση με μέγεθος μεγαλύτερο από αυτό των πόρων απομακρύνθηκε εξ ολοκλήρου κατά την εφαρμογή και των δύο τεχνολογιών, ενώ άλλη ουσία με λίγο μικρότερο μέγεθος είχε διαφορετικό ρυθμό απομάκρυνσης για κάθε διεργασία. Ένας άλλος παράγοντας που παίζει σημαντικό ρόλο είναι το pH του διαλύματος σε συνδυασμό με την στοχευόμενη ουσία, καθώς βρέθηκε ότι αλλαγές στο pH μπορούν να αυξήσουν την απομάκρυνση κάποιων ενώσεων, ενώ να μην επηρεάσουν καθόλου αυτή κάποιων άλλων.

Οι Jin et al. μελέτησαν την απομάκρυνση τεσσάρων φαρμακευτικών ουσιών με δύο μεμβράνες εμπρόσθιας όσμωσης από cellulose triacetate (CTA) και thin film composite (TFC) polyamide και συμπέραναν ότι οι μεμβράνες πολυαμίδης έχουν εξαιρετική απόδοση λόγω των πολλαπλών επιδράσεων του αποκλεισμού μεγέθους, της ηλεκτροστατικής απόθησης και της προσρόφησης των διαλυμένων ουσιών στην επιφάνεια του της μεμβράνης. Αντιθέτως, η μεμβράνη από cellulose triacetate δεν έδειξε ηλεκτροστατικές αντιδράσεις και επομένως η απομάκρυνση φαρμακευτικών ουσιών ήταν αρκετά μικρότερη σε σχέση με τη χρήση μεμβρανών πολυαμίδης. Σε εφαρμογές στο πεδίο για την παραγωγή πόσιμου νερού από επιφανειακές πηγές με χρήση αντίστροφης όσμωσης βρέθηκε ότι όλοι οι ανιχνευμένοι ρύποι όπως φαρμακευτικές ουσίες, φυτοφάρμακα, επιβραδυντές φλόγας, βαρέα μέταλλα, ανιόντα και κατιόντα μειώθηκαν αποτελεσματικά.

Μεμβράνες νανοδιήθησης

Ο διαχωρισμός με χρήση μεμβρανών νανδιήθησης αντιμετωπίζεται σημαντικά ως μια αξιόπιστη και προσιτή τεχνολογία για την παραγωγή υψηλής ποιότητας νερού από μη συμβατικές πηγές όπως είναι το υφάλμυρο νερό, τα ρυπασμένα επιφανειακά ύδατα και οι απορροές από τη δευτροβάθμια επεξεργασία λυμάτων όπου πρέπει να απομακρυνθούν οι μικρορύποι. Η απαιτούμενη πίεση για τέτοια συστήματα είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη για την αντίστροφη όσμωση, γεγονός που συνεπώς μειώνει τόσο το κόστος κεφαλαίου όσο και το λειτουργικό.

Αν και πολλοί ερευνητές έχουν εστιάσει στους μηχανισμούς μεταφοράς των διαλυμένων ουσιών σε μεμβράνες νανοδιήθησης, συμπεριλαμβανομένων και των ηλεκτροστατικών αντιδράσεων, τις υδροφοβικές αλληλεπιδράσεις και τον αποκλεισμό μεγέθους, περαιτέρω έρευνες απαιτούνται για την κατανόηση του μηχανισμού που επηρεάζεται από τις ιδιότητες του διαλυμένων ουσιών, τις παραμέτρους των μεμβρανών, τη σύσταση του εισερχόμενου νερού και οι παράμετροι λειτουργίας.

Μικροδιήθηση και υπερδιήθηση

Η μικροδιήθηση και η υπερδιήθηση χρησιμοποιούνται για την τριτοβάθμια επεξεργασία σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων για την επίτευξη υψηλής ποιότητας εκροών για χρήση στον τεχνητό εμπλουτισμό ή την επαναχρησιμοποίηση για άρδευση. Αυτοί οι τύποι μεμβρανών διασφαλίζουν την αποδοτική απομάκρυνση

των αιωρούμενων στερεών και την απορρόπηση. Ωστόσο, γενικά δεν μπορούν να συγκρατήσουν τις φαρμακευτικά δραστικές ενώσεις, καθώς στα αστικά λύματα οι ουσίες αυτές έχουν Da που κυμαίνεται από 200 έως 800, ενώ η τυπική MWCO των μεμβρανών αυτών έχει αρκετές χιλιάδες Daltons. Επομένως, ο αποκλεισμός μεγέθους των φαρμακευτικά δραστικών ενώσεων δεν μπορεί να λάβει χώρα. Από την άλλη πλευρά, η αρχική προσρόφησή τους στις επιφάνειες των μεμβρανών που μπορεί να συμβεί, δεν μπορεί να εκφραστεί ως ρυθμός απομάκρυνσης καθώς η συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών θα αυξηθεί σταδιακά έπειτα από ένα σύντομο διάστημα.

Πρόβλεψη απομάκρυνσης των φαρμακευτικών ενώσεων σε συστήματα μεμβρανών

Σύμφωνα με αποτελέσματα ερευνών, η πρόβλεψη των ρυθμών απομάκρυνσης φαρμακευτικών ενώσεων κατά την επεξεργασία με διεργασίες μεμβρανών είναι δύσκολη καθώς υπάρχουν παράμετροι που επηρεάζουν τους μηχανισμούς αποκλεισμού τους από το νερό. Οι σημαντικότεροι παράγοντες για κάθε διαφορετική διαδικασία μεμβρανών συνοψίζονται στον παρακάτω Πίνακα 46.

Πίνακας 46: Σύνοψη των παραγόντων επίδρασης για τον αποκλεισμό των φαρμακευτικά ενεργών ουσιών μέσω διαφορετικών διεργασιών μεμβρανών

Membrane process	FO	RO	NF	MBR
Hydrophobicity	+	+	+	+
Membrane surface charge	+	+	+	+
Solute charge	+	+	+	+
Polarity	+	+	+	-
Molecule geometry	+	+	+	-
Membrane salt rejection	+	+	+	-
Membrane MWCO	+	+	+	-
Diffusion of solute	+	+	+	-
Fouling	+	+	+	-
Structural complexity	-	-	-	+
Microorganisms	n.a.	n.a.	n.a.	+

n.a: not associated.

Οι Quintanilla et al. ανέπτυξαν ένα μοντέλο ποσοτικής σχέσης της δομικής δραστηριότητας (quantitative structure activity relationship – QSAR) για την πρόβλεψη του ρυθμού απομάκρυνσης των μικρορύπων από μεμβράνες νανοδιήθησης. Δοκιμάστηκαν διάφορα μοντέλα και προέκυψαν αρκετές γραμμικές εξισώσεις με $R^2 > 0,9$ και έτσι τα προβλεπόμενα αποτελέσματα μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστα. Μια κατηγοριοποίηση των ενώσεων για την πρόβλεψη της απομάκρυνσής τους από διαφορετικές διεργασίες διαχωρισμού μεμβρανών παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 47.

Πίνακας 47: Ποιοτική πρόβλεψη αποκλεισμού των φαρμακευτικά ενεργών ουσιών

Hydrophobicity	MW	Charge	MWd	Mechanism	Predicted rejection
Log Kow < 2	MW > MWCO	pH > pKa	MWd > pore size	SE, CR	Very high
			MWd < pore size	SE, CR	High-very high
		pH < pKa	MWd > pore size	SE	Moderate-high
	MW < MWCO	pH > pKa	MWd < pore size	SE	Low-moderate
			MWd > pore size	CR	Moderate-high ^a
		pH < pKa	MWd < pore size	CR	Low-moderate ^a
Log Kow > 2	MW < MWCO	pH < pKa	MWd > pore size	-	Low
			MWd < pore size	-	Low
		pH > pKa	MWd < pore size	-	Very low
			MWd > pore size	-	Low
	MW > MWCO	pH > pKa	MWd < pore size	CR	Low-moderate ^a
			MWd > pore size	CR	Moderate-high ^a
		pH < pKa	MWd < pore size	SE	Low-moderate
			MWd > pore size	SE	Moderate-high
		pH > pKa	MWd < pore size	SE, CR	High-very high
			MWd > pore size	SE, CR	Very high

SE: size exclusion CR: charge repulsion MWd: molecular width.

^a Depend on surface charge of membrane and dissociation fraction of compound.

Γενικά, εάν μια ένωση είναι υδροφοβική και δεν υπάρχουν αλογενή στοιχεία ή περίπλοκες ομάδες, όπως πολυαρωματικοί δακτύλιοι, η απομάκρυνση με βιομεμβράνες είναι αποδοτική. Διαφορετικά, ο παραπάνω πίνακας επιτρέπει την ποιοτική πρόβλεψη για την απομάκρυνση των ρύπων, με τη χρήση ανάλυσης των φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων και των επιλεγμένων μεμβρανών, στοιχεία που και αυτά προέρχονται από πίνακες οι οποίοι βρίσκονται από τη σχετική βιβλιογραφία (32). Εκτός από το ρυθμό αποκλεισμού για κάθε μέθοδο διήθησης, είναι ενδιαφέρον να γίνει σύγκριση του κόστους λειτουργίας και επένδυσης, τα οποία εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους, όπως η ποιότητα του νερού τροφοδοσίας, την απαιτούμενη ποιότητα του παραγόμενου νερού και τα κόστη των χημικών και της ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με συγκρίσεις για τις διαφορετικές αυτές τεχνολογίες, οι οποίες περιλαμβάνουν στη κοστολόγηση τα κόστη των μεμβρανών, του εξοπλισμού, της κατασκευής, των κτηρίων, τα λειτουργικά κόστη, συμπεριλαμβανομένων των αντικαταστάσεων των μεμβρανών, της ενέργειας, της συντήρησης, των χημικών και της μηχανικής εργασίας, η αντίστροφη όσμωση έχει το υψηλότερο λειτουργικό κόστος, λόγω των υψηλότερων απαιτήσεων ενέργειας. Αντιθέτως, οι αντιδραστήρες βιομεμβρανών έχουν το μικρότερο λειτουργικό κόστος λόγω του ότι ο κύριος διαχωρισμός γίνεται από μικροοργανισμούς που έχουν μικρές ενεργειακές απαιτήσεις για τον αερισμό τους. Οι μεμβράνες νανοδιήθησης μοιάζουν με αυτές της αντίστροφης όσμωσης, όμως απαιτούν μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση λόγω της μεγαλύτερης MWCO και επομένως αιτιολογείται το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Στις μεμβράνες εμπρόσθιας όσμωσης, βρίσκονται σε εξέλιξη έρευνες για την ανάπτυξη χαμηλού κόστους, μη τοξικών και εύκολα ανακτούμενου διαλύματος έλξης καθώς και μεμβρανών υψηλής διάχυσης για τη μείωση του λειτουργικού και επενδυτικού κόστους. Επομένως, τα δεδομένα αναφορικά με αυτή τη διαδικασία αναμένεται να αλλάξουν στα επόμενα χρόνια (32).

Τέλος, είναι αρκετά σημαντικό να αναφερθεί ότι η ανάπτυξη και χρήση μεθόδων που συνδυάζουν τις προαναφερθείσες τεχνολογίες, αλλά και η ένταξή του στα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων παίζει σημαντικό ρόλο στη βελτιστοποίηση από άποψη κόστους και αποδοτικότητας των διεργασιών απομάκρυνσης, μέσω της

αντιμετώπισης των μειονεκτημάτων της μίας από τη χρήση της άλλης και αντίστροφα.

6.4 Καθιέρωση αποδεκτών τιμών για τους αναδυόμενους ρύπους

6.4.1 Το προσχέδιο του Κοινού Κέντρου Ερευνών (JRC) για τους αναδυόμενους ρύπους

Είναι γενικά αποδεκτό ότι σήμερα η συχνή παρακολούθηση κάθε πιθανής χημικής ουσίας δεν είναι ούτε εύλογη, ούτε εφικτή. Η έρευνα εστιάζει στην ανάπτυξη ενός επιστημονικά βασισμένου πλαισίου το οποίο θα εστιάζει στην ταυτοποίηση των CECs που πρέπει να παρακολουθούνται ή αλλιώς να νομοθετούνται, συμπεριλαμβανομένου και του πλαισίου για τη χρήση του επεξεργασμένου νερού, κυρίως για πόσιμη χρήση. Απαιτείται συγκεκριμένο πλαίσιο που μπορεί να παρέχει μια σύντομη λίστα ενδεικτικών παραμέτρων που μπορούν να σχετίζονται τόσο με την ανθρώπινη υγεία, όσο και με τη διασφάλιση της κατάλληλης λειτουργίας των διεργασιών επεξεργασίας του νερού, συμπληρωματικά με την κανονική παρακολούθηση για τη συμμόρφωση με τις οδηγίες και /ή τις νομοθεσίες.

Όπως παρουσιάστηκε από (Paranychianakis et al. 2014), λίγες μελέτες δείχνουν ότι αυτή η πρόσληψη, η μετατόπιση και η συσσώρευση του μεγάλου εύρους των αναδυόμενων χημικών σε ιστούς καλλιέργειας είναι γενικά χαμηλή και δεν εμφανίζει σημαντικούς κινδύνους για την δημόσια υγεία. Επιπλέον, τα φυτά διαθέτουν μεταβολικά μονοπάτια που μπορούν να μετατρέπουν και να αποδομούν οργανικούς ρυπαντές μειώνοντας περαιτέρω τους πιθανούς κινδύνους. Οι κίνδυνοι για την υγεία που προκύπτουν από την κατανάλωση τροφίμων που έχουν εκτεθεί σε 22 χημικά, αποκαλύπτουν ένα περιθώριο ασφαλείας μεγαλύτερο του 100 για όλες τις ουσίες που ταυτοποιήθηκαν στο νερό άρδευσης, εκτός του gemfibrozil. Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την άμεση χρήση των φυτοφαρμάκων που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες φαίνεται να είναι μεγαλύτερης σημασίας. Η ανησυχία σε σχέση με τα CECs εστιάζεται στις πόσιμες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης. Δεδομένης της

μεγάλης ποικιλίας της οργανικής χημικής δομής, κάποια είναι πολύ εύκολο να εξασθενήσουν, ενώ άλλα είναι πιο δύσκολο. Ο εμπλουτισμός των υδροφορέων μέσω διήθησης μπορεί να είναι υψηλής αποτελεσματικότητας στην απομάκρυνση πολλών ρύπων, ωστόσο κάποιοι μπορεί να εμμένουν στα υπόγεια ύδατα (Laws et al 2011).

Ενώ μια μεγάλη ποικιλία από δημοσιεύσεις έχουν ερευνήσει την ύπαρξη των CECs, ο ρόλος των CECs στα γεωργικά συστήματα είναι χαμηλός και είναι ο λόγος που το OECD ερεύνησε το θέμα μέσω μιας ομάδας ειδικών. (OECD 2012). Η αναφορά αυτή αξιολογεί προσεκτικά την σύγχρονη τεχνολογία και αναγνωρίζει και προτείνει μέτρα για την μείωση του κινδύνου. Είναι αξιοσημείωτο ότι η αναφορά δεν αναγνωρίζει ή αναφέρει τη χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων για την γεωργική άρδευση ως σημαντικό μονοπάτι εισόδου. Ωστόσο, αναφέρει επίσης ότι είναι πιθανό, σημαντικά μονοπάτια εισόδου να παραβλέπονται και αναγνωρίζει μια λίστα με δράσεις προτεραιότητας για να συμπληρωθούν κενά γνώσης.

Μαζί με αυτά, η έλλειψη μακροπρόθεσμων δεδομένων έκθεσης σε ίχνη οργανικών περιορίζει την ακριβή ποσοτικοποίηση των κινδύνων στην υγεία. Τα διαθέσιμα δεδομένα δείχνουν υψηλές προσωρινές και χωρικές αποκλίσεις στην συγκέντρωση των οργανικών, ως αποτέλεσμα των πηγών της συγκέντρωσης και των διαδικασιών επεξεργασίας.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα υπάρχοντα δεδομένα δεν επαρκούν για να θέσουν οικολογικά όρια για τα περισσότερα οργανικά. Βασικές πληροφορίες απαιτούνται για πολλές πρακτικές, ώστε να αποκτήσουν καλύτερη κατανόηση των οικολογικών επιδράσεων των CECs και των μιγμάτων τους, στην επαναχρησιμοποίηση του νερού σε υδάτινους οργανισμούς, όσον αφορά στη βιοποικιλία, τους βιογεωχημικούς κύκλους των θρεπτικών, τις λειτουργίες των οικοσυστημάτων και την ελαστικότητα στους περιβαλλοντικά στρεσογόνους παράγοντες.

Η περισσότερη επιστημονική βιβλιογραφία, όσον αφορά στην αξιολόγηση της πρόσληψης CECs από τα φυτά, εστιάζει σε πειράματα στην πρόσληψη και τη βιοδιαθεσιμότητα των φυτών σε τεχνητά τροποποιημένα πετρώματα ή ρυπασμένα αναπτυσσόμενα μέσα και βιοστερεά. Οι ίδιοι οι συγγραφείς συμπεραίνουν ότι η γεωργική χρήση των βιοστερεών αποτελεί ένα σημαντικά μεγαλύτερο χώρο αποθήκευσης για την πρόσληψη των CECs από τα φυτά, παρά η άρδευση με επεξεργασμένα λύματα.

Οι Prosser και Sibley (2015), διεξήγαγαν μια αξιολόγηση που υποδεικνύει ότι η πλειοψηφία των μεμονομένων φαρμακευτικών ουσιών και των προϊόντων προσωπικής υγιεινής (PPCPs) στον βρώσιμο ιστό των φυτών, εξαιτίας των βιοστερεών ή της τροποποιημένης κοπριάς ή της άρδευσης με αστικά λύματα αποτελούν τουλάχιστον κίνδυνο στην ανθρώπινη υγεία. Όσον αφορά στην προσθετικότητα, η μίξη των PPCPs θα μπορούσε ενδεχομένως να αποτελέσει κίνδυνο. Επιπλέον δουλειά απαιτείται να γίνει προκειμένου να αξιολογηθεί ο κίνδυνος της μίξης των PPCPs, τα οποία θα μπορούσαν να είναι παρόντα στον

βρώσιμο ιστό των φυτών, κάτω από αυτές τις τρεις πρακτικές τροποποίησης (Prosser and Sibley, 2015).

Αν και έχει γίνει μεγάλη πρόοδος στην ανάπτυξη καινοτόμων εργαλείων και μεθόδων, ώστε να ανιχνεύουν καλύτερα τα CECs, συμπεριλαμβανομένων και των ανθεκτικών αντιβιοτικών, μέσω των οικοτοξικολογικών επιδράσεων, αυτά τα εργαλεία παραμένουν σε προ-εμπορικό επίπεδο, ή ακόμα δεν έχουν φτάσει σε τέτοια ωριμότητα. Αυτός ο φαύλος κύκλος, του «να μην έχουν μετρηθεί», ή του «να μην υπάρχει οριακή τιμή» ή του «να μην εμπεριέχονται στη νομοθεσία», μπορεί να σπάσει μόνο με περαιτέρω στοχευμένη έρευνα.

Η ευρωπαϊκή τεχνική αναφορά σε εργαλεία παρακολούθησης βασισμένα στην επίδραση στο περιβάλλον παρουσιάζει στο πλαίσιο της Οδηγίας Πλαίσιο για το Νερό μια ποικιλία από εργαλεία που βασίζονται στο αποτέλεσμα (βιοδείκτες, βιοδοκιμές) που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο των διαφορετικών προγραμμάτων ελέγχου και θα μπορούσαν να λάβουν υπόψη την παρουσία πολλών γνωστών και άγνωστων ενώσεων με παρόμοια αποτελέσματα.

Τα εργαλεία που βασίζονται στην επίδραση θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο για επακόλουθη χημική ανάλυση. Παρ'όλα αυτά, υπάρχει ακόμα σημαντική αβεβαιότητα σε σχέση με τον ρόλο των εργαλείων που βασίζονται στην επίδραση, σε νομοθετικό επίπεδο και η ανάπτυξη στην βιοαναλυτική επιστήμη θα πρέπει να εξεταστεί για την ταυτοποίηση επικυρωμένων δεικτών βιοδοκιμών.

Παρόμοιες θεωρήσεις εφαρμόζονται και για το επίπεδο της ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά, όπου η επιστημονική κοινότητα βρίσκεται μακριά από το να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα στην αναφορά και τους δείκτες της αντίστασης και (με οικονομικά βιώσιμο τρόπο) να τις ποσοτικοποιήσει (29).

Το Κοινό Κέντρο Ερευνών στην έκδοση 3.2 του προσχεδίου για την ανάπτυξη των ελάχιστων απαιτήσεων ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση νερού έχει συλλέξει δεδομένα για την εμφάνιση επιλεγμένων ουσιών προτεραιότητας στα επεξεργασμένα λύματα (Πίνακας 48) και για επιλεγμένες ουσίες παρακολούθησης στα επεξεργασμένα λύματα (Πίνακας 49). Ωστόσο, οι συγκεκριμένοι πίνακες, αλλά και ο Πίνακας 50, τελικά δεν συμπεριλήφθηκαν στην τελευταία και τελική έκδοση του προσχεδίου του JRC (Αύγουστος 2017).

Πίνακας 48: Συλλογή δεδομένων του JRC σχετικά με την εμφάνιση επιλεγμένων ουσιών προτεραιότητας στα επεξεργασμένα λύματα. Τα δεδομένα εκφράζονται σε ng/L. Όταν οι τιμές συγκέντρωσης είναι χαμηλότερες από το LoD/LoQ, οι μισές από αυτές τις οριακές τιμές χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς. Ο μέσος όρος, η διάμεσος και το 90ο εκατοστημόριο υπολογίστηκαν μόνο όταν ήταν διαθέσιμες περισσότερες από τρεις συγκεντρώσεις πάνω από το LoD ή το LoQ.

Substance	Min	Max	Mean	Median	90° perc	Number of samples	% LoD-LoQ
Alachlor	<0,06	<0,6				5	80
Atrazine	0,02	36,6	4,10	2,07	10,03	95	36

Chlorfenvinphos	0,003	0,02	0,01	0,004	0,02	5	40
Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)	<3,21	<72				5	100
Diuron	0,03	1498	82,4	11,1	103	95	25
Simazine	0,24	689	26,8	2,5	63,2	95	74
Quinoxifen	<0,02	<1,2				5	100
Aclonifen	<0,086	<9,3				5	100
Cybutryne	<0,005	120				5	80
Dichlorvos	<10,9	<3606				5	100
Terbutryn	0,315	56,8	21,1	1,47	52,60	5	20

Πίνακας 49: Συλλογή δεδομένων του JRC σχετικά με την εμφάνιση επιλεγμένων ουσιών παρακολούθησης στα επεξεργασμένα λύματα. Τα δεδομένα εκφράζονται σε ng/L. Όταν οι τιμές συγκέντρωσης είναι χαμηλότερες από το LoD/LoQ, οι μισές από αυτές τις οριακές τιμές χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς. Ο μέσος όρος, η διάμεσος και το 90ο εκατοστημόριο υπολογίστηκαν μόνο όταν ήταν διαθέσιμες περισσότερες από τρεις συγκεντρώσεις πάνω από το LoD ή το LoQ.

Substance	Min	Max	Mean	Median	90° perc	Number of samples	% LoD-LoQ
Estrone (E1)	0,005	17,8	4,39	1,63	15,8	14	43
17-Beta-estradiol (E2)	<0,2	17,6				14	93
17-Alpha-ethinylestradiol (EE2)	<2,75	<67,6				11	100
Diclofenac	0,13	5538	300	46,6	172	104	14
Erythromycin	106	984	497	450	856	4	0
Clarythromycin	1,35	11412	2288	6,25	6854	5	40
Azythromycin	<15	<2000				2	100
Methiocarb	<0,005	<0,2				5	100
Oxadiazon	0,03	4,46	1,00	0,13	2,81	5	0
Imidacloprid	0,09	177	57,5	52,6	129	5	20
Thiacloprid	<0,003	0,53				5	80
Thiamethoxam	<0,005	<1,93				5	100
Clothianidin	<0,077	<3,5				5	100
Acetamiprid	<0,016	1,23				5	60

Προκειμένου να γίνει σύγκριση αυτών των συγκεντρώσεων με τις μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις (MAC-EQS), πρέπει να ληφθεί υπόψη και η πολικότητα. Προκειμένου να υπάρξουν εκτιμήσεις για «ανεκτές» συγκεντρώσεις στο σενάριο της επαναχρησιμοποίησης του νερού, όπου μπορεί να αναμένεται μεγαλύτερος κίνδυνος λόγω αυξανόμενης κινητικότητας και επομένως αυξανόμενης πιθανότητας να φτάσουν στο επιφανειακό ή υπόγειο νερό, είναι λογικό να εφαρμόζονται «παράγοντες αντίστροφης αραίωσης» σε ένα EQS και να γίνεται σύγκριση αυτού με τις μετρούμενες περιβαλλοντικές συγκεντρώσεις. Προφανώς, αυτό είναι μια απλοποίηση, αλλά επιτρέπει την ύπαρξη μιας συσχέτισης ανάμεσα σε ένα EQS και σε μια συγκέντρωση εξόδου.

Ως μέτρο τάσης για την προσρόφηση στα σωματίδια του εδάφους, και ως εκ τούτου την τάση για την ακινητοποίησή τους, μια γενικά αποδεκτή εκτίμηση είναι ο συντελεστής κατανομής οκτανόλης/νερού K_o/w , ο οποίος γενικά εκφράζεται στη λογαριθμική του μορφή ως $\log K_o/w$. Τα ακόλουθα δεδομένα συγκρίνουν τις μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις του EQS (για το επιφανειακό νερό) και το αντίστοιχο $\log K_o/w$ με τα καταγεγραμμένα δεδομένα στους παρακάτω πίνακες. Γι' αυτό το σκοπό εφαρμόζεται η παρακάτω λογική :

- Δίνοντας βάση στην πολικότητα μιας ουσίας, υποτέθηκε ότι όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση της ουσίας που μπορεί να είναι αποδεκτή κατά την εκροή, τόσο πιο μη πολική είναι η ουσία. Αυτό συμβαίνει λόγω της αυξανόμενης τάσης της προσρόφησης στα σωματίδια του εδάφους. Εφαρμόζοντας αυτό το σκεπτικό, είναι δυνατό να εκτιμήσει κανείς τις ανεκτές συγκεντρώσεις που σχετίζονται με τις μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις του EQS.
- Για τις πολικές ουσίες, οι οποίες καθορίζονται ως ουσίες με $\log K_o/w < 3.0$, υιοθετήθηκε ο παράγοντας 2.
- Για τις μέτρια πολικές ουσίες, οι οποίες καθορίζονται ως ουσίες με $\log K_o/w$ ανάμεσα στο 3.0 και το 4.5, υιοθετήθηκε ο παράγοντας 5.
- Για τις μη πολικές ουσίες, οι οποίες καθορίζονται ως ουσίες με $\log K_o/w > 4.5$, υιοθετήθηκε ο αραιωτικός παράγοντας του 10.

Εφαρμόζοντας αυτά, στα δεδομένα των ουσιών, με επαρκείς ανιχνεύσεις, των δύο παραπάνω πινάκων προκύπτει ο ακόλουθος Πίνακας 50.

Πίνακας 50: Σύγκριση μεταξύ MAC-EQS, Ko/w και εκτιμώμενη "ανεκτή" συγκέντρωση σε εκροή. Οι συγκεντρώσεις εκφράζονται σε ng/L.

Substance	EQS-MAC	Log (Kow)	Assumed tolerable concentration	Observed means	Observed medians	Observed 90%ile
<i>Priority Substance</i>						
Atrazine	2000	2.61	4000	4.10	2.07	10.03
Chlorfenvinphos	300	3.82	1500	0.01	0.004	0.02
Diuron	1800	2.68	3600	82.4	11.1	103
Simazine	4000	2.18	8000	26.8	2.5	63.2
Terbutryn	340	3.48	1700	21.1	1.47	52.60
<i>Watchlist</i>						
Estrone (E1)	0.4	3.13	2	4.39	46.6	15.8
Diclofenac	10	4.51	100	300	46.6	172
Erythromycin	90	3.06	450	497	450	856
Clarythromycin	90	3.16	450	2288	6.25	6854
Oxadiazon	88	4.80	880	1.00	0.13	2.81
Imidacloprid	9	0.57	18	57.5	52.6	129

Από τα παραπάνω δεδομένα, μπορεί κανείς να διακρίνει ότι τα : diuron, estrone (ή εναλλακτικά erytromycine) και το diclofenac μπορεί να είναι κατάλληλα για περαιτέρω αξιολόγηση. Όλες οι υπόλοιπες μετρούμενες συγκεντρώσεις είναι πολύ χαμηλότερες των μέγιστων του EQS, από αυτές που έχουν εκτιμηθεί στις «ανεκτές» συγκεντρώσεις. Ωστόσο, η σχετικότητα των ενώσεων στις αντίστοιχες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ποικίλει και δεν είναι ομοιόμορφη. Επιπλέον, άλλες ενώσεις μπορεί να είναι σχετικές, από άποψη λεκάνης απορροής, αλλά δε μπορούν να αξιολογηθούν σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Υπάρχει επομένως μικρή ή καθόλου τάση για τον καθορισμό ελάχιστων ποιοτικών απαιτήσεων ή οριακών τιμών για τις ουσίες προτεραιότητας (ή για τις ουσίες υπό παρακολούθηση) στα επεξεργασμένα αστικά λύματα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τη γεωργική άρδευση.

Επιπλέον, η χρησιμότητα τους σε σχέση με τους στόχους προστασίας των υπόγειων υδροφορέων δεν μπορεί να υποτεθεί αυτόματα. Όπως ήδη έχει διαμορφωθεί από την επιτροπή, η υιοθέτηση αριθμητικών τιμών σε επίπεδο κοινοτήτων δε θεωρείται βιώσιμη επιλογή, λόγω της υψηλής φυσικής ποικιλομορφίας των ουσιών στα υπόγεια νερά (η οποία εξαρτάται από τις υδρογεωλογικές συνθήκες, την προϋπάρχουσα κατάσταση, τα μονοπάτια «μόλυνσης» και οι αλληλεπιδράσεις με διαφορετικά περιβαλλοντικά διαμερίσματα). Επιπλέον, η διαχείριση της μόλυνσης του υπόγειου

νερού θα πρέπει να εστιάζει στους πραγματικούς κινδύνους που ταυτοποιούνται από την ανάλυση των πιέσεων και τις επιδράσεις βάσει του άρθρου 5 του WFD.

Επομένως, και σε συμφωνία με τις απαιτήσεις που προκύπτουν από την οδηγία για το υπόγειο νερό προτείνεται τα κράτη μέλη να εγκαθιδρύσουν τα δικά τους πρότυπα ποιότητας για το υπόγειο νερό σε σχέση με τη διαχειριζόμενη διάσταση του υδροφορέα. Τα άρθρα 3 και 4 της οδηγίας για το υπόγειο νερό διαθέτουν λεπτομερή κριτήρια και διαδικασία αξιολόγησης της χημικής κατάστασης του υπόγειου νερού, κυρίως για την εφαρμογή ποιοτικών προτύπων και τις ελάχιστες τιμές (34).

Στην έκδοση 3.1 του προσχεδίου για την ανάπτυξη των ελάχιστων απαιτήσεων ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση νερού διερευνά και τονίζει την σημαντικότητα τόσο για ένα πρόγραμμα ελέγχου των CECs στην πηγή όσο και τις απαιτήσεις παρακολούθησής τους στον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων. Επιπλέον, γίνονται και προτάσεις για την αντιμετώπιση των γονιδίων που έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά.

Οποιαδήποτε σχέδιο έμμεσης πόσιμης επαναχρησιμοποίησης απαιτεί ένα λεπτομερές πρόγραμμα ελέγχου στην πηγή που συμπεριλαμβάνει τακτικές απαιτήσεις ελέγχου για εμπορική και βιομηχανική διάθεση στο δημόσιο αποχετευτικό σύστημα που εξυπηρετεί κάποιο σχέδιο επαναχρησιμοποίησης πόσιμου νερού. Αυτό το πρόγραμμα ελέγχου στην πηγή θα πρέπει να συγκεκριμενοποιεί τις απαιτήσεις ελέγχου για τα σημεία απόρριψης, τα σημεία δειγματοληψίας και τις συχνότητες, καθώς και τις οριακές συγκεντρώσεις για ανόργανα και οργανικά στοιχεία. Το πρόγραμμα ελέγχου στην πηγή θα πρέπει να αξιολογείται και να εγκρίνεται από τις τοπικές αρχές πριν από την έναρξη κάποιου προγράμματος έμμεσης πόσιμης επαναχρησιμοποίησης. Όταν ένα νέο πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης νερού γίνεται για πρώτη φορά, θα πρέπει να γίνει για μια φορά έλεγχος προηγουμένως στο αποχετευτικό σύστημα που εξυπηρετεί την εγκατάσταση επεξεργασίας νερού. Αυτό το πρόγραμμα ελέγχου θα πρέπει να περιλαμβάνει παραμέτρους που αναφέρονται στην οδηγία 91/271 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων καθώς και μια μικρή λίστα επιλεγμένων CECs, τοξικολογικής σχετικότητας. Η παρουσία αυτών των χημικών σε αυξημένες συγκεντρώσεις αποτελεί μια σοβαρή απειλή για τα προγράμματα επανατροφοδοσίας του υπόγειου νερού που χρησιμοποιούν επεξεργασμένο νερό. Επομένως, οποιαδήποτε ανίχνευση αυτών των CECs που υπερβαίνει τα σχετικά με την υγεία επίπεδα με παράγοντα το 10 στο αποχετευτικό σύστημα δεν είναι συμβατά με σχέδιο πόσιμης επαναχρησιμοποίησης και απαιτεί στρατηγικές μετριασμού στο σημείο της διάθεσης στο αποχετευτικό σύστημα, πριν την έναρξη κάποιου σχεδίου επαναχρησιμοποίησης. Επιπλέον, πριν την έναρξη κάποιου σχεδίου έμμεσης πόσιμης επαναχρησιμοποίησης, τα χημικά που χρησιμοποιούνται από τις εταιρείες που συνδέονται στο αποχετευτικό σύστημα θα πρέπει να συλλέγονται και να αξιολογείται αν υπάρχουν CECs που χρησιμοποιούνται και θα μπορούσαν να δημιουργήσουν πρόβλημα στην ποιότητα του υπόγειου και του πόσιμου νερού.

Πίνακας 51: Λίστα των CECs για την παρακολούθηση της καταλληλότητας των λυμάτων για ανάκτηση νερού μέσω τεχνητού εμπλουτισμού.

Target chemical	Human health relevant level (HRL) (ng/L)	References
N-Nitrosodimethylamine	10	tba
PFOS	70	USEPA 2016
PFOA	70	USEPA 2016
1,4-Dioxane	1,000	tba
Tolylfluanide/DMSA	50 (tbc)	Schmidt & Brauch, tba
MTBE	100 (tbc)	tba
Glyphosate/AMPA	50	tba

Προκειμένου να ακολουθηθούν βασικές απαιτήσεις της οδηγίας για τα υπόγεια νερά και προκειμένου να προστατευθεί η ανθρώπινη υγεία από τα CECs, η παρακολούθηση συγκεκριμένων CECs, βασισμένων στην υγεία καθώς και δείκτες χημικών αλλά και κατάλληλα υποκατάστατα θα πρέπει να νομοθετούνται σε ευρωπαϊκό επίπεδο για την παρακολούθηση προγραμματισμένων δραστηριοτήτων επαναχρησιμοποίησης νερού με στόχο τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων. Για τον καθορισμό των σχετικών με την υγεία χημικών δεικτών με διαθέσιμες τοξικολογικές πληροφορίες μια αξιολόγηση κινδύνου θα πρέπει να χρησιμοποιείται. Προκειμένου να καθοριστούν τα ελάχιστα επίπεδα για αυτούς τους σχετικούς με την υγεία ρύπους, οποιοδήποτε από τα παρακάτω μπορεί να υιοθετηθεί και συχνά να μορφοποιηθεί:

- Αποδεκτή καθημερινή πρόσληψη
- Δόση αναφοράς, που προέρχεται από το επίπεδο στο οποίο δεν παρατηρείται αντίστροφη επίδραση ή από το επίπεδο στο οποίο παρατηρείται το ελάχιστο επίπεδο αντίστροφης αντίδρασης και εφαρμόζοντας πολλούς παράγοντες αβεβαιότητας που εξαρτώνται από τη φύση των τοξικολογικών δεδομένων.
- Προβλεπόμενη συγκέντρωση μηδενικής επίδρασης, που εκφράζει την τοξικολογική δραστηριότητα ρύπων σχετικών με την υγεία.

Η επικύρωση της λειτουργίας και η επαλήθευση των μεθόδων επεξεργασίας μπορεί να γίνει μέσω απευθείας μετρήσεων συγκεκριμένων, βασισμένων στη λειτουργία, δεικτών ρύπων που συχνά βρίσκονται στο επεξεργασμένο νερό και σχετίζονται με βασικούς μηχανισμούς απομάκρυνσης (π.χ. βιομετατροπή, απορρόφηση, αποκλεισμό μεγέθους και χημική οξείδωση) για μεμονωμένες διεργασίες επεξεργασίας. Οι παρακάτω παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη για την επιλογή των δεικτών αυτών για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της επεξεργασίας των σχεδίων για πόσιμη επαναχρησιμοποίηση.

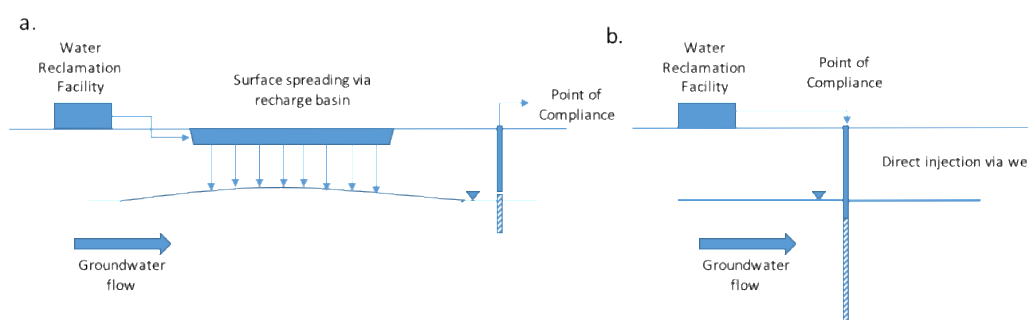
- Οι ουσίες-στόχοι που επιλέγονται για την αξιολόγηση της λειτουργίας της επεξεργασίας πρέπει μόνιμα να βρίσκονται σε συγκεντρώσεις σημαντικά υψηλότερες από το όριο ανίχνευσης της αναλυτικής μεθόδου (κατά προτίμηση, η αναλογία ανάμεσα στην μετρούμενη περιβαλλοντική συγκέντρωση και το όριο της μεθόδου ανίχνευσης θα πρέπει να το υπερβαίνει τουλάχιστον κατά 10).
- Πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες και εμπορικά διαθέσιμες αναλυτικές μέθοδοι για την ποσοτικοποίηση των ρύπων-στόχων στο επεξεργασμένο νερό.
- Οι χρησιμοποιούμενοι δείκτες χημικών που βασίζονται στην λειτουργία πρέπει ευρέως να αναπαριστούν την ποικιλία των φυσικοχημικών και βιολογικών ιδιοτήτων, των οποίων η απομάκρυνση επηρεάζεται από διάφορες μεθόδους επεξεργασίας μέσα στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων για έμμεση πόσιμη επαναχρησιμοποίηση.
- Ουσίες με υψηλό δυναμικό να επιμολύνουν το υπόγειο και πόσιμο νερό
- Ουσίες με τοξικολογική αναφορά

Η παρακολούθηση αυτών των χημικών δεικτών παρέχει ένα επιπλέον επίπεδο ασφάλειας για την κατάλληλη απομάκρυνση των CECs. Ωστόσο, η αξιοπιστία των διαδικασιών επεξεργασίας στην κατάλληλη απομάκρυνση των μικροβιακών και χημικών ρυπαντών διασφαλίζεται με τη μέτρηση παραμέτρων που σχετίζονται με την απομάκρυνση των CECs. Παραδείγματα τέτοιων συγκεκριμένων μετρήσεων που μπορεί να ελέγχονται διαρκώς περιλαμβάνουν την θολερότητα, την ηλεκτρική αγωγιμότητα, την απορρόφηση UV, ή τον TOC. Τέτοιες παράμετροι μπορούν επίσης να υποδείξουν την εκτός προδιαγραφών λειτουργία ή την αποτυχία της διαδικασίας επεξεργασίας. Έτσι, η συχνότητα ελέγχου αυτών των χημικών δεικτών μπορεί να είναι μεγαλύτερη (π.χ. ημιετήσια) και να παρέχει επιπρόσθετο έλεγχο στην κατάλληλη λειτουργία συνολικά της διαδικασίας επεξεργασίας παράλληλα με τον διαρκή έλεγχο των υπόλοιπων παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Αυτό το πλάνο, κατά βάση είναι καλά εδραιωμένο στις συμβατικές επεξεργασίες πόσιμου νερού για τη διαχείριση του κινδύνου από μικροβιακούς ρυπαντές, όπου η αποτελεσματική επεξεργασία αξιολογείται με τη μέτρηση της θολερότητας και τα επίπεδα υπολειμμάτων χλωριούχων ενώσεων, απευθείας, όπου οι μικροοργανισμοί-δείκτες για τον έλεγχο, υπάρχουν σε μικρότερη συχνότητα. Η επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων εξαρτάται από το επιλεγόμενο σύστημα επεξεργασίας, το οποίο μπορεί να διαφέρει, ανάλογα την περίπτωση. Επομένως, η επιλογή των παραμέτρων και η αναμενόμενη αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης (που εκφράζεται ως ποσοστιαία απομάκρυνση) θα πρέπει να συγκεκριμενοποιείται κατά την έναρξη και τη φάση επικύρωσης της παρακολούθησης.

Το να ικανοποιούνται τα κριτήρια απομάκρυνσης τόσο για τους επιλεγμένους δείκτες χημικών αλλά και τις υπόλοιπες αντιπροσωπευτικές παραμέτρους, μπορεί να επιτευχθεί με πολλαπλούς φραγμούς σε όλο το σχέδιο επαναχρησιμοποίησης νερού, τα οποία λαμβάνονται μέσω της χρήσης πολλών διαφορετικών διαδικασιών επεξεργασίας που λειτουργούν σε σειρά για να παρέχουν πλήρη αποτελεσματικότητα

στην απομάκρυνση τόσο των παθογόνων, όσο και των ανεπιθύμητων χημικών και προκειμένου να διασφαλίσει ότι η αποτυχία μιας μόνο διεργασίας δεν αφήνει το σύστημα ευάλωτο στην διείσδυση μικροβιολογικών ή χημικών ρυπαντών που θέτουν σημαντικό κίνδυνο στη δημόσια υγεία ή το περιβάλλον.

Ενώ οι απαιτήσεις προκειμένου να ικανοποιούνται αυτά τα πρότυπα για τις δύο εφαρμογές εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων (επιφανειακή διάθεση και πηγάδια έγχυσης) είναι οι ίδιες, το σημείο της συμμόρφωσης διαφέρει καθώς απομάκρυνση επιτυγχάνεται και επεξεργασίας μέσω του εδάφους, η οποία καταλήγει σε επιπλέον εξασθένηση των ρυπαντών μέσω της ακόρεστης ζώνης επεξεργασίας. Για τις λειτουργίες της επιφανειακής διάθεσης, το σημείο της συμμόρφωσης είναι το πιο ψηλό σημείο του υπόγειου υδροφορέα κατάντη της εγκατάστασης εκφόρτισης, που μπορεί να ελέγχεται είτε με λυσίμετρα είτε πηγάδια παρακολούθησης του υπόγειου νερού. Για τα σχέδια άμεσης έγχυσης, όλες οι απαιτήσεις πρέπει να ικανοποιούνται πριν από την έγχυση.



Εικόνα 4: Εννοιολογική σχηματοποίηση των πρακτικών τεχνητού εμπλουτισμού που λήφθηκαν υπόψη από την Επιτροπή και σημείο συμμόρφωσης (a. επιφανειακή διάθεση, b. άμεση έγχυση)

Όπου οι υπόγειοι υδροφορείς είναι ήδη σοβαρά εξασθενημένοι εξαιτίας τοπικών περιβαλλοντικών συνθηκών (υφάλμυρο υπόγειο νερό, εισχώρηση θαλάσσιων υδάτων, γεωγενές αρσενικό), κάθε κράτος-μέλος μπορεί να ορίσει αυτούς τους υδροφορείς ως μη πόσιμους και να προσδιορίσει λιγότερο αυστηρές παραμέτρους σχετικές με την ποιότητα του νερού.

Μια ελάχιστη λίστα χημικών και κατάλληλων παραμέτρων στο επεξεργασμένο νερό που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία πόσιμων υπόγειων υδροφορέων καθώς και τη συχνότητα της παρακολούθησης τους, είναι κάτι που πρέπει να καθιερωθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η επιτροπή θα είναι υπεύθυνη για τον καθαρισμό οριακών τιμών σε λεκάνες απορροής σε εθνικό ή άλλο επίπεδο τοπικών συνθηκών. Προτείνεται μια αρχική λίστα να περιέχει περίπου 10 ουσίες και θα πρέπει να υποδεικνύονται οι πιθανές μέθοδοι ανάλυσης, χωρίς να απαιτούνται ιδιαίτερα κόστη για κάθε ουσία. Ένας μηχανισμός για τακτική αναθεώρηση/ανανέωση της λίστας των CECs κάθε 5 χρόνια, θα πρέπει να προταθεί από την επιτροπή. Μια προτεινόμενη λίστα των αρχικών CECs, παρέχεται στον παρακάτω Πίνακα 52.

Πίνακας 52: Προτεινόμενη λίστα των αρχικών CECs για να συμπεριληφθούν στα προγράμματα παρακολούθησης έργων έμμεσης επαναχρησιμοποίησης για πόση μέσω επαναφόρτισης υδροφορέων.

Indicator chemical	Human health relevant level (HRL) (ng/L)	Frequency	LOQ (ng/L)	References - analytical method
Biodegradable¹				
Acesulfam	tba	Every 6 months	tba	Loos et al., 2013
Benzotriazole	tba	Every 6 months	tba	Loos et al., 2013
Diclofenac	100	Every 6 months	tba	Loos et al., 2013
Gabapentin	1,000	Every 6 months	tba	Kasprzyk-Hordern et al., 2008
Trimethoprim	tba	Every 6 months	tba	Kostich et al., 2014
Sulfamethoxazole	150	Every 6 months	tba	Göbel et al,
Valsartanic acid	300	Every 6 months	tba	Schultz et al., 2010
Oxypurinol	tba	Every 6 months	tba	Funke et al., 2015
Not biodegradable, but oxidizable²				
Carbamazepine	500	Every 6 months	tba	Loos et al., 2013
Difficult to degrade biologically; not amendable to chemical oxidation³				
TCEP	tba	Every 6 months	tba	Loos et al., 2013
Sucralose	tba	Every 6 months	tba	Loos et al., 2013

¹ Biodegradable during biofiltration or soil-aquifer treatment.

² Not degradable during conventional activated sludge treatment, biofiltration or soil-aquifer treatment, but amendable to chemical oxidation.

³ Not degradable during conventional activated sludge treatment, biofiltration or soil-aquifer treatment, not amendable to chemical oxidation.

Οι αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση, πρέπει να είναι σε συμμόρφωση με την οδηγία της επιτροπής 2009/90/EC της 31 Ιουλίου 2009, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου, τεχνικές προδιαγραφές για τη χημική ανάλυση και την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού που θέτει τα ελάχιστα κριτήρια λειτουργίας για τις αναλυτικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την κατάσταση της παρακολούθησης του νερού. Αυτά τα κριτήρια διασφαλίζουν σημαντικές και σχετικές πληροφορίες παρακολούθησης απαιτώντας την χρήση αναλυτικών μεθόδων που είναι αρκετά ευαίσθητες ώστε να διασφαλίζουν ότι οποιαδήποτε υπέρβαση της οριακής τιμής μπορεί αξιόπιστα να ανιχνευθεί και να μετρηθεί. Στα κράτη μέλη θα πρέπει να επιτρέπεται η παρακολούθηση των αστικών λυμάτων μόνο αν η αναλυτική μέθοδος πληροί τα ελάχιστα κριτήρια παρακολούθησης από το άρθρο 4 της οδηγίας 2009/90/EC.

Οποιαδήποτε υπέρβαση κάποιων οριακών τιμών στο σημείο της συμμόρφωσης (μετρούμενη περιβαλλοντική συμμόρφωση-MEC) καθώς και η προτεινόμενη σχετική επακόλουθη δράση περιγράφεται παρακάτω. Η οδηγία για αυτές τις οριακές τιμές για κάθε μια περίπτωση βασίζεται σε συντηρητικές εκτιμήσεις εξαιτίας των περιορισμένων τοξικολογικών πληροφοριών που είναι διαθέσιμες και το γεγονός ότι το προτεινόμενο σημείο συμμόρφωσης δεν αναπαριστά το σημείο έκθεσης στη δημόσια υγεία. Σε σχέδια έμμεσης πόσιμης επαναχρησιμοποίησης, πρόσθετη εξασθένηση στον υδροφορέα, αραίωση με καθαρό υπόγειο νερό ή άλλες πηγές νερού μετά από αφαίρεση τους καθώς και μετέπειτα επεξεργασία θα οδηγήσει σε περαιτέρω μειώσεις των ρυπασμένων συγκεντρώσεων. Συνίσταται ο υπεύθυνος για κάθε σχέδιο εμπλουτισμού να είναι σε επαφή με τις τοπικές αρχές υγείας, για την ανάπτυξη ενός σχεδίου απόκρισης με συγκεκριμένες δράσεις που θα πρέπει να εφαρμόζονται σαν μέρος της σωστής κατανόησης των αποτελεσμάτων ελέγχου.

- Αν $1 < MEC/HRL < 10$: έλεγχος ποιότητας δεδομένων, συνέχιση παρακολούθησης κάθε τρεις μήνες, μέχρι 1 χρόνο και το $MEC/HRL < 1$ ιδανικά είναι λιγότερο από 5 φορές την αναλογία MEC/HRL.
- Αν $10 < MEC/HRL < 100$: έλεγχος δεδομένων, άμεσος επανέλεγχος και ανάλυση για επιβεβαίωση της τιμής και έλεγχος στο σημείο δειγματοληψίας. Ο έλεγχος θα πρέπει να συνεχιστεί κάθε τρεις μήνες μέχρι 1 χρόνο και το $MEC/HRL < 1$ ιδανικά είναι λιγότερο από 5 φορές την αναλογία MEC/HRL.
- Αν $100 < MEC/HRL < 1,000$: όλα τα παραπάνω συν ενίσχυση του προγράμματος ταυτοποίησης στην πηγή. Επίσης, έλεγχος στο σημείο δειγματοληψίας και στο σύστημα διανομής κοντά στο σημείο έκθεσης για την επιβεβαίωση εξασθένησης των CEC και για επιβεβαίωση του μεγέθους των υποτιθέμενων ορίων ασφαλείας που σχετίζονται με την αποτελεσματική απομάκρυνση, αραίωση και μετέπειτα επεξεργασία.
- $MEC/HRL > 1,000$: όλα τα παραπάνω συν άμεση σύσκεψη με τις τοπικές αρχές υγείας για τον καθορισμό απαιτούμενης δράσης απόκρισης. Επιβεβαίωση διορθωτικών δράσεων της εγκατάστασης μέσω επιπρόσθετης παρακολούθησης που υποδεικνύει ότι τα επίπεδα CEC είναι χαμηλά, τουλάχιστον σε μια αναλογία MEC/HRL της τάξης των 100.

Αναφορικά με την ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά, προτείνεται η εισαγωγή μιας προαιρετικής παραμέτρου του E-Coli, η οποία είναι ανθεκτική στην cefotaxime, ως αντιπροσωπευτική μιας ευρύτερης ποικιλίας των βακτηρίων που είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά.

Το E-Coli αποτελεί ένα επαρκές εργαλείο παρακολούθησης, ενώ η αντίσταση στην cefotaxime είναι ένας καλός δείκτης για την ανθρώπινη πηγή αντίστασης στα αντιβιοτικά, με μια μεγάλη ποικιλία γονιδίων αντιστεκόμενα στα αντιβιοτικά που είναι διάσπαρτα στο περιβάλλον καθώς και μεγάλου κλινικού ενδιαφέροντος ειδικότερα με βήτα-λακταμάσες ευρέος φάσματος.

Αυτή η κατηγορία αντιστοιχεί σε μια διακριτή πιθανή πηγή βακτηρίων ανθεκτικών στα αντιβιοτικά και μπορεί να αποτελέσουν καλό δείκτη επιπέδου αντίστασης στα

αντιβιοτικά στο νερό. Αυτή η παράμετρος ευνοείται επίσης εξαιτίας του χαμηλού κόστους και των αξιόπιστων μεθόδων μετρήσεων. Η εισαγωγή της «προαιρετικής» παραμέτρου δίνει στα κράτη μέλη την ευκαιρία να νομοθετήσουν αυτές τις παραμέτρους σε εθνικό επίπεδο, διατηρώντας ταυτόχρονα μια «αρμονική μέθοδο ανάμεσα στα κράτη μέλη.

Οι τιμές που προτείνονται αντιστοιχούν στο 10% της αντοχής στην αντίσταση, κάτι που είναι ένας συμβιβασμός ανάμεσα στην επάρκεια ελέγχου του επιπέδου αντίστασης στα λύματα και της ευκολία της ανάλυσης (όγκοι φιλτραρίσματος κυρίως). Προτείνεται αντί της αποδοχής ενός μόνο κριτηρίου για την τιμή σε E-Coli, να υπάρχουν δύο κριτήρια, τα οποία συνδέονται. Π.χ αν 100cfu είναι η μέγιστη τιμή του E-Coli στα 100ml, από αυτά τα 100, δε θα πρέπει πάνω από 10 να είναι ανθεκτικά στην cefotaxime.

Αν και οι προτεινόμενες τιμές έχουν λάβει υπόψη τους πρακτικά θέματα που σχετίζονται με την αναλυτική διαδικασία, εκφράζουν επίσης σημαντικά γεγονότα που σχετίζονται με την ποιότητα του νερού και τους κινδύνους στην ανθρώπινη υγεία. Οι μολυσματικές δόσεις για κάποια παθογόνα E-Coli ή Shigella μπορούν να είναι τόσο χαμηλές, όσο 10-500 κύτταρα. Επιπλέον, το δυναμικό των βακτηρίων ανθεκτικά στα αντιβιοτικά που μεταφέρονται στο περιβάλλον είναι ευρέως καταγεγραμμένο (35).

Πίνακας 53: Προαιρετική AMR ως κριτήριο ποιότητας ανακτημένου νερού για γεωργική άρδευση συνεχούς παρακολούθησης

Category of use	<i>E. coli</i> (cfu/100 ml)
Food crops consumed raw	10 cefotaxime resistant
Processed food crops and other food crops	100 cefotaxime resistant
Non-food crops	1000 cefotaxime resistant

Πίνακας 54: Προαιρετική AMR ως κριτήριο ποιότητας ανακτημένου νερού για εμπλουτισμό υδροφορέων

Category of use	<i>E. coli</i> (cfu/100 ml)
Aquifer recharge by surface spreading for non-drinking water purposes at the present and medium future	100 cefotaxime resistant
Aquifer recharge by direct injection for non-drinking water purposes at the present and medium future	1 cefotaxime resistant
Aquifer recharge by surface spreading for drinking water purposes or intended for such future use	1 cefotaxime resistant
Aquifer recharge by direct injection for drinking water purposes or intended for such future use	Cefotaxime resistant bdl in 1000 ml

6.4.2 Η προσέγγιση στη Γερμανία

Για τα περισσότερα EOCs, δεν υπάρχουν διαθέσιμα επαρκή ποσοτικά τοξικολογικά δεδομένα όπως για παράδειγμα η αποδεκτή ημερήσια πρόσληψη (ADI), η ανεκτή ημερήσια πρόσληψη (TDI) και η δόση αναφοράς (RfD) για την καθιέρωση ρυθμιστικών ορίων για το πόσιμο νερό. Το Γερμανικό Πρακτορείο Προστασίας του Περιβάλλοντος (Umweltbundesamt) έχει προτείνει την HRIV (health-related indicator value), μία τιμή δείκτη που σχετίζεται με την υγεία, για την αξιολόγηση των χημικών για τα οποία τέτοιου είδους δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα.

Η ανάδυση της HRIV βασίζεται στην υπόθεση του χειρότερου σεναρίου, αναφορικά με την αρχή της προφύλαξης, και υποθέτοντας ότι ένα άτομο πίνει 2 λίτρα νερό την ημέρα για 70 χρόνια, δεν θα αντιμετώπιζε ανησυχίες σχετικά με την υγεία. Λόγω απουσίας σχετικών δεδομένων τοξικότητας, μία ένωση θεωρείται γενotoξική και η HRIV είναι 10–100 ng/L (2-χλωροαιθανόλη). Για ενώσεις με γνωστή γενotoξικότητα και με μεταβολική σημασία η HRIV είναι κάτω από 10 ng/L, για ενώσεις με ανοσοτοξικότητα ή/και νευροτοξικότητα, υποχρόνια και χρόνια τοξικότητα η διακύμανση της HRIV είναι 0.1–0.3 µg/L, 0.3– 1.0 µg/L, and 1.0–3.0 µg/L, αντίστοιχα. Εάν περισσότερα τοξικολογικά δεδομένα είναι διαθέσιμα, τότε οι τιμές της HRIV τροποποιούνται προς τα πάνω ή παραμένουν ίδιες (28).

7. Συμπεράσματα

Στο σημείο αυτό καταγράφονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα ανασκόπηση του νομοθετικού πλαισίου καθώς και των κατευθυντήριων οδηγιών αναφορικά με την επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού από την επεξεργασία λυμάτων.

Πρώτα από όλα είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι παρατηρούνται δύο ειδών προσεγγίσεις αναφορικά με τα όρια επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων. Η πρώτη είναι αυτή που προέρχεται από αναπτυγμένες χώρες και πολύ περισσότερο από αυτές που έχουν καθιερώσει εδώ και χρόνια πρακτικές επαναχρησιμοποίησης νερού. Οι χώρες αυτές χαρακτηρίζονται από μεγάλη αυστηρότητα για την αδειοδότηση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων και παρέχουν αριθμητικά όρια για τα ποιοτικά κριτήρια, μικροβιολογικά και φυσικοχημικά, λεπτομερή κατηγοριοποίηση των προβλεπόμενων χρήσεων του νερού επαναχρησιμοποίησης, απαιτήσεις για τους τρόπους επεξεργασίας των λυμάτων για την επίτευξη των απαιτούμενων τιμών και σε ορισμένες περιπτώσεις κριτήρια για την καταλληλότητα του πεδίου εφαρμογής ανακτημένου νερού. Από την άλλη πλευρά, στις χώρες όπου δεν υπάρχουν νομικές διατάξεις αναφορικά με την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων, αλλά υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής σχεδίων επαναχρησιμοποίησης χρησιμοποιούνται οι κατευθυντήριες οδηγίες που έχουν εκδοθεί από διεθνείς οργανισμούς. Οι οδηγίες αυτές δεν αποτελούν νομικώς δεσμευτικά κείμενα και δεν προβλέπουν τόσο αυστηρά πρότυπα όπως αυτά της προηγούμενης προσέγγισης, αλλά μπορούν να αποκτήσουν ρόλο νομικού περιορισμού κατά τη διαδικασία αδειοδότησης της εκάστοτε εγκατάστασης από την αρμόδια εθνική αρχή.

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης βρίσκεται σε εξέλιξη η διαδικασία ανάπτυξης νομοθετικού πλαισίου για τη θέσπιση ελάχιστων κριτηρίων ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για γεωργική άρδευση και τεχνητό εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων. Στο τεχνικό προσχέδιο ορίζονται αριθμητικά όρια για τις συμβατικές τιμές, οι οποίες προκύπτουν μέσω ανάλυσης επικινδυνότητας, κατηγοριοποιείται το ανακτημένο νερό ανάλογα με την ποιότητά του και ορίζονται οι επιτρεπόμενες χρήσεις του ανάλογα με αυτήν. Ως αποτέλεσμα, το πλαίσιο αυτό αναμένεται να χαρακτηρίζεται από πολλαπλές απαγορεύσεις με στόχο την επίτευξη επιπλέον δικλείδων ασφαλείας για την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, αλλά και να ενισχύσει την παραγωγή ανακτημένου νερού που θα ανταποκρίνεται στην προβλεπόμενη χρήση (fit-to-purpose approach).

Τέλος, σχετικά με τους μικρορυπαντές αναδύομενης ανησυχίας, δεν καθίσταται δυνατή στην παρούσα φάση η θέσπιση αριθμητικών ορίων, καθώς απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση αναφορικά με το συγκεκριμένο θέμα, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από το τελικό προσχέδιο του JRC, όπου και δεν αποτυπώνονται όρια για τις συγκεκριμένες ουσίες, ενώ αυτά είχαν συμπεριληφθεί στις αρχικές εκδόσεις του προσχεδίου.

Βιβλιογραφία

1. Ανάκτηση και Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων. Θεσσαλονίκη : s.n., 2003.
2. **BIO by Deloitte.** *Optimizing water reuse in the EU- Final report for the European Commission (DG ENV), Part I. In collaboration with ICF and Cranfield University.* 2015.
3. **Aggelakis A.N., L.Bontoux and V.Lazarova.** Main Challenges and Perspectives for Water Recycling and Reuse in EU Countries. *Water Science and Technology, Water Supply, 3(4).* 2003, σσ. 59-68 (updated according the author in 2007).
4. **Tchobanoglous G., Aggelakis A.N.** Technologies for wastewater treatment appropriate for reuse: Potential for applications in Greece . *Water Science and Technology.* 1996, σσ. 33 (10-11): 17-27.
5. **TYPSA.** *Updated report on wastewater reuse in the European Union -Report for DG ENV.* 2013.
6. **Ilias A., Panoras A. and Aggelakis A.** Wastewater Recycling in Greece: The Case Study of Thessaloniki. *Sustainability.* 6, 2014, 2876-2892.
7. **N, Tsagarakis KP and Georgantzis.** The role of information on farmers' willingness to use recycled water for irrigation. *Water Science and Technology: Water Supply 3(4).* 2009, 105-113.
8. *Greek Regulations on Wastewater Reclamation and Reuse.* **Paranychianakis N.V., Kotslidou O., Vardakou E., Angelakis A.N.** Hellenic Union of Municipal Enterprises for Water Supply and Sewage : Larissa, Greece, 2009. pp.xxiv,160.
9. **Angelakis et al.,** *Wastewater recycling and reuse in EURAU countries- Report for EUREAU.* 2007.
10. **Anastasiou.** *Water Reuse in Cyprus:Practices, Trends and Possibilities.* 2012.
11. **Anayiotou.** *Development of Tools and Guidelines for the Promotion of the Sustainable Urban Wastewater Treatment and Reuse in the Agricultural Production in the Mediterranean Countries: Wastewater Reuse in Cyprus (Report for Task 5 of the European project).* 2005.
12. *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive and the Floods Directive: Guidelines on Integrating Water Reuse into Water Planning and Management in the Context of the WFD.* **EU Water Directors.** Amsterdam : s.n., 10th June 2016.
13. **Jimenez B and Asano T.,** *Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs (Scientific and Technical Report No.20).* s.l. : IWA Publishing, 2007.
14. **European Commission.** *EU-level instruments on water reuse: Final Report to Support the Commission's Impact Assessment, Prepared by Amec Foster Wheeler Environment & Infrastructure UK Ltd, IEEP, ACTeon and NTUA.* October 2016.
15. **<https://www.globalwaterintel.com>** Global Water Intel. [Ηλεκτρονικό] [Παραπομπή: 10 Σεπτέμβριος 2017.] <https://www.globalwaterintel.com> .

16. **JRC.** *Development of minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge.* August 2017. Draft Final Version.
17. **USEPA.** Guidelines for water reuse. 2012.
18. **California Department of Public Health.** *Regulations Related to Recycled Water: June 18, 2014*
(http://www.waterboards.ca.gov/drinking_water/certlic/drinkingwater/documents/lawbook/RWregulations_20140618.pdf). s.l. : τελευταία προσπέλαση 14/9/2017.
19. **Sasha Rodriguez, Xujun Liu.** *China Reclaimed Water Reuse Regulations* (http://www.iwa-network.org/filemanager-uploads/WQ_Compendium/Cases/China%20Reclaimed.pdf).
τελευταία προσπέλαση 14/9/2017.
20. **Y. Mogheir, T. Abu Hujair, Z. Zomlot, A. Ahmed and D.Fatta.** *Treated Wastewater Reuse in Palestine.*
21. **Lazarova V., Levine B., Sack J., Cirelli G., Jeffrey P., Muntau H., Salgot M., Brissaud F.** Role of water reuse for enhancing integrated water management in Europe and Mediterranean countries. *Water Science and Technology.* 2001, Τόμ. 43, 10.
22. **ISO.** *Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects Part 1: The basis of a reuse project for irrigation.* (<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:16075:-1:ed-1:v1:en>,
τελευταία προσπέλαση:9/9/2017).
23. **ISO 16075- 1:2015.** *Guidelines for wastewater use for irrigation projects Part 1:The basis of a reuse project for irrigation.* (<https://www.iso.org/standard/62756.html>, τελευταία
προσπέλαση: 9/9/2017).
24. **ISO 16075-2:2015.** *Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects Part 2: Development of the project.* (<https://www.iso.org/standard/62758.html>, τελευταία
προσπέλαση:9/9/2017).
25. **ISO 16075-3:2015.** *Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects -- Part 3: Components of a reuse project for irrigation.* (<https://www.iso.org/standard/62759.html>,
τελευταία προσπέλαση:9/9/2017).
26. **ISO 16075-4:2016.** *Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects -- Part 4: Monitoring.* (<https://www.iso.org/standard/62760.html>, τελευταία προσπέλαση:9/9/2017).
27. **FAO.** *Wastewater treatment and use in agriculture - FAO irrigation and drainage paper 47.* Rome : s.n., 1992. 92-5-103135-5
(<http://www.fao.org/docrep/T0551E/t0551e00.htm#Contents>), τελευταία προσπέλαση
14/9/2017 .
28. **Amrita Pal a, Yiliang He b, Martin Jekel d, Martin Reinharda, Karina Yew-Hoong Gin.** Emerging contaminants of public health significance as water quality indication compounds in the urban water cycle. *Environment International.* 2014, Τόμ. 71, 46-62.

29. **JRC.** *Development of minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge.* June 2017. Draft V3.3.
30. **Katia Noguera-Oviedo, Diana S. Aga.** Lessons learned from more than two decades of research on emerging contaminants in the environment. *Journal of Hazardous Materials.* 2016, Τόμ. 316, 242-251.
31. **João Gomes, Raquel Costa, Rosa M. Quinta-Ferreira, Rui C. Martins.** Application of ozonation for pharmaceuticals and personal care products removal from water. *Science of the total Environment.* 2017, Τόμ. 586, 265-283.
32. **Mehrdad Taheran, Satinder K. Brar, M. Verma, R.Y. Surampalli, T.C. Zhang, J.R. Valero.** Membrane processes for removal of pharmaceutically active compounds (PhACs) from water and wastewaters. *Science of the Total Environment.* 2016, Τόμ. 547, 60-77.
33. **Oscar M. Rodriguez-Narvaez, Juan Manuel Peralta-Hernandez, Ashantha Goonetilleke, Erick R. Bandala.** Treatment technologies for emerging contaminants in water: A review. *Chemical Engineering Journal.* 2017, Τόμ. 323, 361-380.
34. **JRC.** *Development of minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge(February 2017).* Draft V 3.2.
35. **JRC.** *Development of minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge(October 2016).* Draft V 3.1.