



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

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

**Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΚΣΥΓΧΟΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ
ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ
ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ :
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ**

Γαβαλά Κωνσταντίνα

Αθήνα, Φεβρουάριος 2023

**ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**Επιβλέπουσα:
ΕΥΓΕΝΙΑ ΓΑΒΑΛΑΚΗ, ΔΡ. ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ**

Πρόλογος

Οι περιβαλλοντικές προκλήσεις που συναντώνται τα τελευταία χρόνια, τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο, απαιτούν την εύρεση βιώσιμων λύσεων για την διαχείριση των παραπροϊόντων των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

Τα τελευταία έτη έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες για την προστασία των πολιτών και του περιβάλλοντος από τις δυσμενείς επιπτώσεις των απορρίψεων αστικών λυμάτων καθώς επίσης έχει δημιουργηθεί και το κατάλληλο πλαίσιο ώστε να είναι δυνατή η ανάκτηση πόρων. Ωστόσο, όσο αφορά την παραγόμενη ιλύ που αποτελεί το κύριο παραπροϊόν που προκύπτει από την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, το θεσμικό πλαίσιο και οι πρακτικές διαχείρισης της είναι ακόμα αρκετά περιορισμένες.

Στην παρούσα διπλωματική μελέτη πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση του πλαισίου για την διαχείριση της ιλύος που παράγεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και των μελλοντικών προκλήσεων.

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Η Αναγκαιότητα Εκσυγχρονισμού του Πλαισίου για την Διαχείριση της Ιλύος που παράγεται από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων : Προβλήματα & Μελλοντικές Προκλήσεις» εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Διεπιστημονικού-Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.) «Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κατά το έτος 2022.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα. Γαβαλάκη Ευγενία Δρ. Πολιτικό Μηχανικό ΕΜΠ, για την ανάθεση ενός τόσο επίκαιρου θέματος και για την άμεση βοήθεια τους κάθε φορά που χρειάστηκε και για την συνολική καθοδήγησή τους καθ' όλη την διάρκεια της συγγραφής της εργασίας μου.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2023

Πίνακας περιεχομένων

Πρόλογος.....	2
Περίληψη.....	5
Abstract.....	10
1. Εισαγωγή.....	15
2. Χαρακτηριστικά & Διαχείριση Παραγόμενης Ιλύος από ΕΕΛ.....	18
2.1. Γενικά.....	18
2.2. Κατάταξη Ιλύος.....	19
2.3. Τυπική Σύσταση & Ιδιότητες Ιλύος.....	21
2.4. Τοξικότητα Ιλύος.....	23
2.5. Δυνατότητες Διαχείρισης Ιλύος.....	24
2.5.1. Γεωργία.....	24
2.5.2. Εδαφοβελτιωτικό.....	24
2.5.3. Ενεργειακή Αξιοποίηση.....	25
2.6. Μέθοδοι Επεξεργασίας Ιλύος.....	26
2.6.1. Πάχυνση.....	27
2.6.2. Σταθεροποίηση Ιλύος.....	27
2.6.3. Αφυδάτωση Ιλύος.....	30
2.6.4. Θερμική Ξήρανση.....	30
2.6.5. Ηλιακή Ξήρανση.....	31
2.6.6. Αποτέφρωση.....	32
3. Θεσμικό Πλαίσιο Διαχείρισης & Αξιοποίησης Ιλύος.....	33
3.1. Ανασκόπηση του υφιστάμενου Ευρωπαϊκού Νομοθετικού Πλαισίου.....	33
3.2. Ανασκόπηση του υφιστάμενου Ελληνικού Νομοθετικού Πλαισίου.....	38
3.3. Ενσωμάτωση Οδηγίας 86/278 στα κράτη-μέλη της ΕΕ.....	46
Οριακές Τιμές Συγκεντρώσεων στα Βαρέα Μέταλλα.....	46
Οριακές Τιμές Παραμέτρων εκτός των επιταγών της Οδηγίας 86/278.....	51

3.4.	Ανασκόπηση Νομοθετικού Πλαισίου Ηνωμένων Πολιτειών	55
4.	Δυνατότητες & Πρακτικές Διαχείρισης Ιλύος	59
4.1.	Παραγωγή Ιλύος	59
	Κράτη – Μέλη της ΕΕ	59
	Ελλάδα	63
4.2.	Μέθοδοι Επεξεργασίας Ιλύος	64
	Κράτη – Μέλη της ΕΕ	64
	Ελλάδα	69
4.3.	Τελική Διάθεση Ιλύος.....	69
	Κράτη – Μέλη ΕΕ.....	69
	Ελλάδα	94
4.4.	Κόστος Διαχείρισης Ιλύος	96
4.5.	Αναφορά σε καλές Πρακτικές	99
5.	Στόχοι Ευρωπαϊκής Συμφωνίας & Βιώσιμης Ανάπτυξης.....	103
5.1.	Συσχέτιση Επίτευξης Στόχων Ευρωπαϊκής Συμφωνίας με Βιώσιμη Διαχείριση Ιλύος	103
5.2.	Σχέση Ορθολογικής Διαχείρισης Ιλύος με τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης	109
6.	Προτάσεις.....	112
6.1.	Αναγκαιότητα Εκσυγχρονισμού Πλαισίου Διαχείρισης Ιλύος.....	112
6.2.	Προσπάθειες Εκσυγχρονισμού Ελληνικού Νομοθετικού Πλαισίου	121
7.	Συμπεράσματα	125
	Βιβλιογραφία.....	127

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής μελέτης είναι να αναδείξει μία σημαντική πρόκληση τόσο σε εθνικό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την ορθολογική διάθεση της ιλύος που παράγεται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Το ενδιαφέρον γύρω από το συγκεκριμένο ζήτημα αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια, λόγω των περιορισμών που τίθενται τόσο από το θεσμικό πλαίσιο σχετικά με την διάθεση οργανικού υλικού σε ΧΥΤΑ, αλλά επίσης και από την παρουσία ουσιών στην ιλύ που περιορίζουν τη δυνατότητα γεωργικής αξιοποίησης.

Η ιλύς αποτελεί παραπροϊόν των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων, το οποίο προκύπτει από τον διαχωρισμό του υγρού από του στερεού κλάσματος. Η παραγόμενη ιλύς μπορεί να διαχωριστεί από τον βαθμό και το είδος της επεξεργασίας στον οποίο υπόκειται. Οι κύριοι τύποι ιλύος είναι η πρωτοβάθμια, η δευτεροβάθμια, η μικτή, η χωνεμένη και η χημική ιλύς. Η ιλύς έχει υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και οργανική ύλη προσδίδοντας της υψηλή γεωργική αξία αφού μπορεί να αντικαταστήσει τα χημικά λιπάσματα. Παράλληλα, η ιλύς μπορεί να αξιοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό για την αποκατάσταση εδαφών και για την δασοπονία συμβάλλοντας στον εμπλουτισμό τους σε θρεπτικά συστατικά και σε οργανική ύλη. Επίσης η ιλύς έχει υψηλή ενεργειακή αξία, αφού με κατάλληλη επεξεργασία παράγονται παραπροϊόντα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάκτηση ενέργειας – θερμότητας. Αν και η ιλύς αποτελεί πολύτιμο πόρο, περιέχει σημαντικές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, παθογόνων μικροοργανισμών και οργανικών ρύπων όπου σε συνδυασμό με την υψηλή περιεκτικότητα της σε νερό επιβάλλουν την επεξεργασία της για να εξασφαλισθεί η τελική της διάθεση. Οι βασικές πρακτικές που εφαρμόζονται για την επεξεργασία της ιλύος στοχεύουν στην μείωση του όγκου της, του περιεχόμενου νερού, την σταθεροποίηση της ώστε να επιτευχθεί η διάσπαση του ευκολοδιασπάσιμου οργανικού υλικού και στην απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών σε αποδεκτά επίπεδα.

Το βασικό θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης της ιλύος στην Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελεί η Οδηγία 86/278/ΕΟΚ η οποία νομοθετεί την εφαρμογή της ιλύος προς γεωργική χρήση ώστε να αποτραπούν οι δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, στο έδαφος και στην ανθρώπινη υγεία. Για να επιτευχθεί αυτό, η Οδηγία έθεσε οριακές τιμές συγκεντρώσεων για την ιλύ και για το έδαφος στο οποίο διατίθεται. Η Οδηγία ενσωματώθηκε από τα κράτη – μέλη και πλέον οι περισσότερες χώρες έχουν υιοθετήσει αυστηρότερες οριακές τιμές στο εθνικό τους δίκαιο. Επιπλέον, αρκετές χώρες έχουν θέσει οριακές τιμές παραμέτρων εκτός των επιταγών της Οδηγίας 86/278/ΕΟΚ. Στην χώρα μας η Οδηγία ενσωματώθηκε από την ΚΥΑ 80568/4225/1991 χωρίς τροποποίηση των οριακών τιμών

έως και σήμερα, με μοναδική προσθήκη την εφαρμογή ορίου στην παράμετρο του χρωμίου (ΚΥΑ 114218/1997). Εκτός από την βασική Οδηγία διαχείρισης της ιλύος, η ΕΕ μέσω άλλων οδηγιών για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, των στερεών αποβλήτων, την θερμική επεξεργασία, την υγειονομική ταφή, την δράση στον τομέα πολιτικής των υδάτων και την κυκλική οικονομία δίνει μία κατεύθυνση στην διαχείριση της ιλύος. Οι Οδηγίες αυτές έχουν ενσωματωθεί στην χώρα μας και καθορίζουν τον βασικό σχεδιασμό διαχείρισης της ιλύος. Η αξιοποίηση της ιλύος σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο γίνεται μέσω της εδαφικής χρήσης της (στην γεωργία και ως εδαφοβελτιωτικό) και μέσω της ενεργειακής ανάκτησης. Η αξιοποίηση της ιλύος είναι πιο αναγκαία από ποτέ αφού σύμφωνα με την Οδηγία 2018/850 σταδιακά καταργείται η υγειονομική ταφή των αποβλήτων και συγκεκριμένα τίθεται στόχος έως το 2035 να οδηγείται προς υγειονομική ταφή το μόνο 10% των αποβλήτων. Στην χώρα μας σύμφωνα με τον σχεδιασμό του ΕΣΔΑ για την περίοδο 2020-2030 τίθεται συγκεκριμένος στόχος για την ιλύ προς υγειονομική ταφή ίσος με μόλις 5%, που αποτελεί έναν ιδιαίτερα δύσκολο στόχο, καθώς σήμερα η ιλύς που οδηγείται σε ταφή αντιστοιχεί σε ποσοστό 36% της παραγόμενης ποσότητας (<https://water.europa.eu/countries/uwwt/greece>). Συγκρίνοντας την ευρωπαϊκή προσέγγιση με εκείνη των Ηνωμένων Πολιτειών που τίθεται από την EPA, βασική διαφορά αποτελούν τα πρότυπα χρήσης ιλύος στην γεωργία. Η EPA θέτει συγκεκριμένα πρότυπα για την μείωση των παθογόνων, ενώ δημιουργεί και ένα σύστημα κλασματοποίησης της ιλύος ανάλογα με την επεξεργασία που επιδέχεται, την σύσταση της και την χρήση που προορίζεται.

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των δεδομένων της Eurostat που παρέχουν τις συγκεντρωτικές πληροφορίες των κρατών μελών σχετικά με την παραγωγή και την διαχείριση της ιλύος για την δεκαετία 2010-2020. Η ποσότητα της παραγόμενης ιλύος έχει διακυμάνσεις από χώρα σε χώρα καθώς κάθε κράτος μέλος εξυπηρετεί διαφορετικό ποσοστό του ισοδύναμου πληθυσμού από το αποχετευτικό σύστημα. Στην χώρα μας ένα σημαντικό ποσοστό του φορτίου των λυμάτων δεν διαχειρίζεται από τα κεντρικά συστήματα αποχέτευσης αλλά από μη συγκεντρωμένα συστήματα. Η παραγόμενη ιλύς διατίθεται με διάφορους τρόπους στα κράτη – μέλη της ΕΕ, με κυρίαρχους τρόπους επαναχρησιμοποίησης την γεωργική χρήση, την αποτέφρωση και την κομποστοποίηση αλλά και με την απόρριψη της σε χώρους υγειονομικής ταφής. Η γεωργική χρήση της ιλύος παρουσιάζει μία γενική φθίνουσα τάση αν και αποτελεί μία από τις πιο συνήθεις πρακτικές στην ΕΕ σε αντίθεση με την Ελλάδα όπου είναι η λιγότερο προτιμητέα μέθοδος. Όσο αφορά την αποτέφρωση σημειώνεται μία αυξητική τάση ειδικά στις πιο οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες αφού αποτελεί μία

από τις πιο κοστοβόρες μεθόδους, ενώ αποτελεί και την πιο διαδεδομένη μέθοδο επαναχρησιμοποίησης και στην χώρα μας. Η μέθοδος της αποτέφρωσης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον εξαιτίας της ενεργειακής κρίσης που αντιμετωπίζεται σήμερα αφού έτσι μπορεί να ανακτηθεί ενέργεια να ξεπεραστεί το ενεργειακό έλλειμμα. Τέλος, η κομποστοποίηση αποτελεί την λιγότερο δημοφιλή μέθοδο διαχείρισης της ιλύος στην ΕΕ ενώ στην Ελλάδα δεν φαίνεται να επιλέγεται καθόλου. Πιθανόν αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει κάποιο νομοθετικό πλαίσιο που να διευκολύνει την διαχείριση της κομποστοποίησης και τις διαδικασίες πώλησης του τελικού προϊόντος. Δεδομένου ότι η υγειονομική ταφή της ιλύος βρίσκεται πλέον υπό τους περιορισμούς της Οδηγίας 2018/850, η υγειονομική ταφή παρουσιάζει μία φθίνουσα πορεία στην ΕΕ. Εντούτοις ορισμένες χώρες όπως και η Ελλάδα έχουν ακόμη υψηλότερα ποσοστά από το 10% που επιβάλλει η σχετική Οδηγία. Συγκρίνοντας τις μεθόδους διαχείρισης στην Ελλάδα και στην ΕΕ, στην χώρα μας συναντώνται μεγάλες διαφορές σε σχέση με τις τάσεις που σημειώνονται στην ΕΕ. Οι διαφορές αυτές εντοπίζονται στα χαμηλά ποσοστά γεωργικής διάθεσης και στην απουσία κομποστοποίησης στην Ελλάδα όσο και στην ποσότητα που οδηγείται προς ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ η οποία ακόμη στην χώρα μας είναι αρκετά υψηλή. Οι καλές πρακτικές που σημειώνονται σε επίπεδο ΕΕ έχουν ως κοινό παρονομαστή την συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μελών και των διαχειριστικών αρχών με στόχο την ορθότερη καθιέρωση ενός κώδικα ορθών πρακτικών και την ενημέρωση του κοινού.

Η ορθολογική διαχείριση της ιλύος συμβάλλει σημαντικά στην επίτευξη των στόχων της ευρωπαϊκής συμφωνίας και βιώσιμης ανάπτυξης. Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία περιλαμβάνει μία σειρά από πρωτοβουλίες, πολλές από τις οποίες είναι άμεσα συνδεδεμένες με την διαχείριση της ιλύος. Οι αρχές της κυκλικής οικονομίας μπορούν να ενσωματωθούν στην βιώσιμη διαχείριση της ιλύος αφού αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή πόρων ή ενέργειας, μειώνοντας έτσι την χρήση των αντίστοιχων πόρων που θα έπρεπε σε άλλη περίπτωση να σπαταληθούν. Η πρωτοβουλία της ΕΕ για καθαρή οικονομικά προσιτή και ασφαλής ενέργεια εμπίπτει με την διαχείριση της ιλύος αφού αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική πηγή παραγωγής ενέργειας μέσω της αξιοποίησης του ενεργειακού δυναμικού της. Επίσης οι στρατηγικές σχετικά με την βιοποικιλότητα και «από το αγρόκτημα στο πιάτο» μπορούν να υποβοηθηθούν από την χρήση της ιλύος, αφού μπορούν να περιοριστούν τα χημικά λιπάσματα και να βελτιωθεί η ποιότητα του εδάφους. Όσο αφορά τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ) η ορθολογική διαχείριση της ιλύος μπορεί να επιδράσει θετικά στην επίτευξη των στόχων : Καθαρό νερό και αποχέτευση, Φτηνή και καθαρή ενέργεια (όπως και στις πρωτοβουλίες της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας), Μηδενική πείνα, , Υπεύθυνη κατανάλωση και

παραγωγή και Ζωή στην στεριά. Οι στόχοι SDG2 : «Μηδενική πείνα», SDG12 : «Υπεύθυνη Κατανάλωση και Παραγωγή» όσο και ο στόχος SDG15: «Ζωή στην Στεριά» ενισχύονται από την χρήση της ιλύος μέσω της ανακύκλωσης των θρεπτικών συστατικών αντικαθιστώντας τα λιπάσματα στην παραγωγή τροφίμων, ειδικά στις χώρες που οι οικονομικοί πόροι είναι περιορισμένοι. Ο στόχος SDG15: «Ζωή στην Στεριά» προωθείται περαιτέρω από την εφαρμογή της ιλύος αφού μπορεί τη γονιμότητα και την παραγωγικότητα του εδάφους. Ο στόχος SDG6 : «Καθαρό νερό και αποχέτευση» που προωθεί την επίτευξη επαρκούς και ισότιμης πρόσβασης σε εγκαταστάσεις/συστήματα υγιεινής έχει άμεσο συνεπακόλουθο την επεξεργασία μεγαλύτερου όγκου λυμάτων και κατ' επέκταση την μεγαλύτερη παραγωγή ιλύος προς διαχείριση.

Από όλη την βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε κρίνεται απαραίτητη η επικαιροποίηση του πλαισίου διαχείρισης της ιλύος ώστε να ανταποκρίνεται στις σημερινές ανάγκες. Η Οδηγία 86/278/EOK ήταν μία προοδευτική νομοθετική πράξη που εφαρμόστηκε ποικιλοτρόπως από τα κράτη μέλη της ΕΕ προωθώντας την περιβαλλοντική ασφάλεια. Ωστόσο εκτιμάται ότι μία αναθεώρηση τόσο σε εθνικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο ΕΕ μπορεί να προωθήσει καλύτερα την επαναχρησιμοποίηση της ιλύος. Σύμφωνα με την προσπάθεια που πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο του 2000 από την Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το πλαίσιο διαχείρισης της ιλύος, διευρύνεται το πλαίσιο εφαρμογής της εδαφικής χρήσης της ιλύος και σε άλλους χώρους εκτός της γεωργίας, θέτοντας παράλληλα πιο αυστηρά πρότυπα για την χρήση της και εντάσσοντας νέους ρύπους υπό παρακολούθηση και νέες πρακτικές. Παράλληλα, κατά την σύνταξη της συγκεκριμένης μελέτης πραγματοποιήθηκε διαβούλευση σχετικά με την επεξεργασία των αστικών λυμάτων η οποία θα επηρεάσει την αξιοποίηση της ιλύος. Σύμφωνα με αυτές τις τάσεις οι βασικές μελλοντικές προκλήσεις στην διαχείριση της ιλύος σχετίζονται με την σύσταση , την ποσότητα, την τελική διάθεση.

Παράλληλα, η προτεινόμενη Αναθεώρηση της Οδηγίας για τη διαχείριση των αστικών λυμάτων επικεντρώνεται στην καταπολέμηση της ρύπανσης από μικροπλαστικά και οργανικούς ρύπους αλλά και στην τροποποίηση των οριακών τιμών συγκεκριμένων ρύπων. Η περαιτέρω διεργασία που απαιτείται για την απομάκρυνση τους θα έχει ως αποτέλεσμα την συγκέντρωση των ρύπων αυτών στην παραγόμενη ιλύ και έτσι θα επιβαρυνθεί η τελική της σύσταση. Επιπλέον οι ρύποι αυτοί αποτελούν ήδη βασική ανησυχία που προκαλεί μείωση του ενδιαφέροντος για την επαναχρησιμοποίηση της ιλύος. Αντίστοιχα, ανησυχία προκαλεί και η έλλειψη συγκεκριμένων προτύπων για τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Έτσι κρίνεται απαραίτητη η αναθεώρηση του σχεδίου

διαχείρισης της ιλύος ώστε να ανταποκρίνεται στα ανωτέρω και να μην δημιουργείται αντίφαση μεταξύ των Οδηγιών και κατ' επέκταση δυσκολία στους χρήστες. Όσο αφορά την σύσταση προτείνεται ένα σύστημα ευθύνης παραγωγού για την αντιμετώπιση των μικροπλαστικών και των μικρορύπων, επαναπροσδιορισμός των οριακών τιμών στην ιλύ και στο έδαφος και ένταξη νέων καθώς και μία κλασματοποίηση της ιλύος ανάλογα με την τελική της σύσταση. Επιπλέον η υπό αναθεώρηση Οδηγία των αστικών λυμάτων πρόκειται να διευρύνει το πεδίο εφαρμογής της σε οικισμούς άνω των 1.000 μονάδων Ι.Π.. Τα παραπάνω θα επηρεάσουν την διαχείριση της ιλύος, αφού θα παράγεται μεγαλύτερη ποσότητα ενώ παράλληλα χρειάζεται να τηρείται και ο στόχος προς ταφή μόνο του 10% των αποβλήτων και ο στόχος του 5% για την ιλύ.

Έτσι, επιβάλλεται η προώθηση και ανάπτυξη κατάλληλων μεθόδων επαναχρησιμοποίησης προκειμένου να μπορέσει να επιτευχθεί ο σχετικός στόχος. Η τελική διαχείριση της ιλύος πρέπει να εναρμονιστεί με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας με την διαμόρφωση ενός ολιστικού πλαισίου διαχείρισης που να προωθεί την εδαφική της χρησιμοποίηση και την ανάκτηση πόρων και ενέργειας. Όσο αφορά την χώρα μας έγινε μία προσπάθεια αναθεώρησης και εκσυγχρονισμού του πλαισίου της διαχείρισης της ιλύος, χωρίς όμως να προχωρήσει η νομική κατοχύρωσή του. Βασικοί πυλώνες ήταν η κατηγοριοποίηση της ιλύος, ο επαναπροσδιορισμός των οριακών τιμών, η ένταξη νέων παραμέτρων προς έλεγχο με στόχο την μηδενική συσσώρευση των ρυπαντών στο έδαφος. Τέλος, στην χώρα μας δεν υπάρχει ακόμη νομοθετικό πλαίσιο για την κομποστοποίηση ιλύος και προδιαλεγμένων οργανικών αποβλήτων με στόχο την παραγωγή ενός κόμποστ υψηλής ποιότητας, το οποίο να μπορεί να διατεθεί με ευκολία στην γεωργία και σε άλλες εδαφικές χρήσεις. Για την νομική κατοχύρωση αυτού χρειάζεται να τεθούν συγκεκριμένα πρότυπα και προδιαγραφές καθώς και ακριβή όρια που να εξασφαλίζουν την υψηλή του ποιότητα. Η αναγκαιότητα αυτού του μέτρου επιβεβαιώνεται και από την μηδενική ποσότητα της ιλύος που οδηγείται σήμερα προς κομποστοποίηση.

Abstract

The purpose of this thesis is to highlight a significant challenge at both national and European Union level regarding the rational disposal of sludge produced by wastewater treatment facilities. The interest in this issue has increased significantly in recent years due to the constraints imposed both by the regulatory framework regarding the disposal of organic material in landfills and the presence of substances in the sludge that limit its agricultural use.

Sludge is a by-product of Wastewater Treatment Plants, which results from the separation of liquid from solid fractions. The generated sludge can be separated according to the degree and type of treatment to which it is subjected. The main types of sludge are primary, secondary, mixed, digested, and chemical sludge. Sludge has a high content of nutrients and organic matter, giving it high agricultural value as it can replace chemical fertilizers. At the same time, sludge can be used as a soil amendment for soil restoration and afforestation, contributing to enriching them in nutrients and organic matter. Additionally, sludge has high energy value, as appropriate treatment can result in the production of biogas or other forms of renewable energy. Although sludge is a valuable resource, it also contains significant concentrations of heavy metals, pathogenic microorganisms, and organic pollutants which, in combination with its high water content, require processing to ensure proper disposal. The basic practices applied to sludge processing aim to reduce its volume and water content, stabilize it for the breakdown of easily degradable organic matter, and remove pathogenic microorganisms to acceptable levels.

The main institutional framework for managing sludge in the European Union is Directive 86/278/EEC, which legislates the application of sludge for agricultural use to prevent adverse effects on the environment, soil, and human health. To achieve this, the Directive set concentration limit values for sludge and for the soil in which it is applied. The Directive was incorporated by member states, and most countries have adopted stricter concentration limit values in their national law. In addition, several countries have set limit values for parameters outside the requirements of Directive 86/278/EEC. In our country, the Directive was incorporated by Ministerial Decision 80568/4225/1991 without modification of the concentration limit values to date, with the sole addition of a limit value for the chromium parameter (Ministerial Decision 114218/1997). In addition to the basic Directive for sludge management, the EU, through other directives for the processing of urban waste, solid waste, thermal processing, health disposal, water policy

action, and circular economy, provides guidance for sludge management. These Directives have been incorporated into our country's law and determine the basic sludge management plan. According to the existing law, sludge is utilized through its land usage (in agriculture and as a soil amendment). The utilization of sludge is more necessary than ever as, according to Directive 2018/850, the sanitary landfilling of waste is gradually being abolished, with a target of only 10% of waste being sent for sanitary landfilling by 2035. In our country, according to the planning of the National Solid Waste Management Plan for the period 2020-2030, there is a specific target for sludge to be sent for sanitary landfilling, which is only 5%. Comparing the European approach to that of the United States, which is set by the EPA, the main difference is the standards for the use of sludge in agriculture. The EPA sets specific standards for reducing pathogens, while also creating a fractionation system for sludge depending on the processing it undergoes, its composition, and the intended use.

In this thesis, processing was performed on Eurostat data that provide aggregated information from EU member states regarding the production and management of sludge for the period of 2010-2020. The quantity of generated sludge fluctuates from country to country as each member state serves a different percentage of the equivalent population from the sewage system. In our country, a significant percentage of the waste load is not managed by central sewage systems but by decentralized systems. The generated sludge is disposed of in various ways in EU member states, with dominant reuse methods being agricultural use, incineration, and composting, as well as disposal in landfills. Agricultural use of sludge shows a general declining trend, although it is one of the most common practices in the EU, unlike Greece where it is the least preferred method. As for incineration, there is an increasing trend, especially in the most economically developed countries, as it is one of the costliest methods, this is also the most widespread reuse method in our country. The incineration method is of particular interest due to the energy crisis faced today, as it can recover energy and help face the energy deficit. Finally, composting is the least popular method of managing sludge in the EU, and it doesn't seem to be chosen at all in Greece. This is likely due to the lack of a legislative framework that facilitates the management of composting and the processes of selling the final product. Given that the sanitary landfilling of sludge is now restricted by Directive 2018/850, sanitary landfilling is currently on the decline in the EU. However, some countries, including Greece, still have higher rates than the 10% imposed by the relevant Directive. Comparing the management methods in Greece and the EU, significant differences can be found in relation to the trends observed. These differences are found in the low rates of

agricultural disposal and the absence of composting in Greece, as well as the quantity that is directed towards landfills, which is still quite high in our country. Good practices at the EU level have cooperation between stakeholders and regulatory authorities as a common denominator, aiming to establish a code of best practices and inform the public.

Viable management of sludge contributes significantly to achieving the goals of the European Agreement and sustainable development. The European Green Deal includes a series of initiatives, many of which are directly related to sludge management. The principles of the circular economy can be integrated into sustainable sludge management as it can be used as a source of resources or energy, thereby reducing the use of the corresponding resources that would otherwise be wasted. The EU initiative for clean, affordable, and secure energy falls under sludge management as it can be used as an alternative source of energy production by harnessing its energy potential. Additionally, strategies related to biodiversity and "from farm to plate" can be facilitated using sludge, as it can limit the use of chemical fertilizers, and improve the quality of the soil. Regarding the Sustainable Development Goals (SDGs), the rational management of sludge can have a positive impact on achieving the goals of Clean Water and Sanitation, Affordable and Clean Energy (as well as in the initiatives of the European Green Deal), Zero Hunger, Responsible Consumption and Production, and Life on Land. SDG2: "Zero Hunger," SDG12: "Responsible Consumption and Production," and SDG15: "Life on Land" are all strengthened using sludge through the recycling of nutrient components, replacing fertilizers in food production, especially in countries with limited economic resources. The SDG15 goal of "Life on Land" is further promoted by the application of sludge, as it can increase soil fertility and productivity. The SDG6 goal of "Clean Water and Sanitation," which promotes adequate and equitable access to hygiene facilities/systems, has a direct consequence of processing a larger volume of sewage and, consequently, producing more sludge for management.

Based on all the literature research conducted, updating the framework for managing sludge is deemed necessary to meet current needs. Directive 86/278 was a progressive legislative act that was implemented in various ways by EU member states, promoting environmental safety. However, it is estimated that a review, both at national and EU level, could better promote the reuse of sludge. According to the effort made in April 2000 by the Directorate-General for the Environment of the European Commission for the management framework of sludge, the expansion of the framework of soil use of sludge was proposed to other areas outside agriculture, setting more stringent standards for its use and including new pollutants under monitoring and new practices.

At the same time, during the preparation of this study, consultation is underway regarding the processing of urban sewage, which will affect the utilization of sludge. According to these trends, the main future challenges in the management of sludge are related to its composition, quantity, and final disposal. The proposed revision of the Directive focuses on combating pollution from microplastics and organic pollutants, as well as modifying specific pollutant limit values. The further processing required for their removal will result in the concentration of these pollutants in the produced sludge, thus burdening its final composition. These pollutants are already a major concern that causes a reduction in interest in the reuse of sludge. Similarly, the lack of specific standards for pathogenic microorganisms is also a concern. Therefore, it is necessary to revise the sludge management plan to address the above and avoid conflicts between directives and consequent difficulties for users. As for composition, a producer responsibility system is proposed to address microplastics and micro-pollutants, a redefinition of limit values in sludge and soil, and the fractionalization of sludge according to its final composition. Furthermore, these pollutants are already a major concern that reduces interest in the reuse of sludge. Similarly, the lack of specific standards for pathogenic microorganisms is also a concern. Therefore, a revision of the sludge management plan is deemed necessary to address the above and avoid creating conflicts between Directives and, consequently, difficulties for users. As for the recommendation, a producer responsibility system is proposed to address microplastics and micro-pollutants, a redefinition of limit values in sludge and soil, and the incorporation of new fractions of sludge depending on its final composition. Additionally, the revised Urban Wastewater Treatment Directive is expected to broaden its scope to settlements with more than 1,000 population equivalent, which will impact sludge management, as a larger quantity will be produced while the target of landfilling only 10% of waste must also be met.

Thus, the promotion and development of suitable methods for reuse is necessary to achieve the relevant goal. The final management of sludge must be harmonized with the principles of the circular economy, by forming a holistic management framework that promotes its soil use and the recovery of resources and energy. In our country, an effort was made to review and modernize the framework for sludge management, but without advancing its legal regulation. The main pillars were the categorization of sludge, the redefinition of limit values, the inclusion of new parameters for control, with the aim of zero accumulation of pollutants in the soil. Finally, there is still no legislative framework in our country for composting sludge and predetermined organic waste to produce high-quality compost that can be easily disposed of in agriculture and other soil uses. Specific

standards and specifications need to be set for the legal establishment of this, as well as precise limits to ensure its high quality. The necessity of this measure is also confirmed by the zero amount of sludge currently being composted.

1. Εισαγωγή

Η ιλύς προέρχεται από την επεξεργασία των αστικών λυμάτων που λαμβάνει χώρα στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ). Η εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των λυμάτων αύξησε σημαντικά τα τελευταία χρόνια τις ποσότητες ιλύος από τις ΕΕΛ που απαιτούν διαχείριση. Επιπλέον αναμένεται περαιτέρω αύξηση της ποσότητας της παραγόμενης ιλύος αφού η σύνδεση των νοικοκυριών με τα αποχετευτικά συστήματα συνεχίζεται στα περισσότερα κράτη μέλη, ενώ παράλληλα αναβαθμίζεται ο βαθμός επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Ως εκ τούτου, τα τελευταία χρόνια έχει επικεντρωθεί το ενδιαφέρον στις μεγάλες προκλήσεις που χρειάζεται να αντιμετωπιστούν προκειμένου να επιτευχθεί βιώσιμη διαχείριση της παραγόμενης ιλύος.

Το κύριο θεσμικό πλαίσιο για την διαχείριση της ιλύος νομοθετήθηκε το 1986 με την Οδηγία 86/278/ΕΟΚ η οποία ενσωματώθηκε στο ελληνικό δίκαιο το 1991, με την ΚΥΑ 80568/4225/1991. Αν και η Οδηγία 86/278/ΕΟΚ ήταν ιδιαίτερα προοδευτική για την εποχή, καθώς παρουσίαζε τους όρους για την αξιοποίηση της ιλύος στη γεωργία, οι ανάγκες έχουν αλλάξει σχεδόν τέσσερις δεκαετίες αργότερα και έτσι κρίνεται αναγκαία και η αναθεώρηση του θεσμικού πλαισίου. Το τρέχον θεσμικό πλαίσιο θέτει πολλούς περιορισμούς με αποτέλεσμα η πιο συνήθης τακτική διαχείρισης της ιλύος σε πολλές χώρες όπως και στην Ελλάδα να αποτελεί ακόμη και σήμερα η ταφή αυτής σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, παρά τις ποικίλλες δυνατότητες για αξιοποίηση της.

Η ταχεία αύξηση του πληθυσμού, η κλιματική αλλαγή, η αστικοποίηση και η εξάντληση των φυσικών πόρων υποχρεώνουν την παγκόσμια κοινωνία να ανακτήσει τμήμα των διαθέσιμων πόρων. Εναλλακτικές μορφές πόρων όπως π.χ. η ανακύκλωση των απορριμμάτων και ειδικότερα η αξιοποίηση της ιλύος θα βοηθήσει ανακούφιση αυτού του προβλήματος (Water Research Commission (WRC), 2018). Οι σύγχρονες τάσεις για την ορθή επεξεργασία και ορθολογική διαχείριση στοχεύουν στην αποσύνδεση της ιλύος από την έννοια «απόβλητο» και στη δημιουργία προϋποθέσεων αξιοποίησής της για την παραγωγή «φυσικού πόρου» είτε με την χρήση της στο έδαφος ως εδαφοβελτιωτικό είτε με την εκμετάλλευση του ενεργειακού της δυναμικού. Έτσι σε αυτά τα πλαίσια της ανάπτυξης βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών που προωθούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η ταφή δεν αποτελεί την ιδανική λύση.

Η επαναχρησιμοποίηση της ιλύος γίνεται σήμερα κυρίως μέσω της χρήσης της για λίπασμα ή εδαφοβελτιωτικό για γεωργικούς σκοπούς. Η ιλύς έχει υψηλές συγκεντρώσεις σε θρεπτικά συστατικά και έτσι μπορεί να ενισχύσει τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους

και κατ' επέκταση και την απόδοση των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα σε αυτό. Η ιλύς όμως, είναι συγχρόνως και φορέας ανεπιθύμητων ρύπων, όπως είναι τα βαρέα μέταλλα, οι οργανικές ενώσεις και παθογόνοι μικροοργανισμοί, με αποτέλεσμα ο τρόπος τελικής τους διάθεσης να έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως είναι οι εκπομπές στον αέρα, ο κίνδυνος για τη δημόσια υγεία και η πιθανότητα ρύπανσης του εδάφους και των υδάτων. Όλα τα παραπάνω συναινούν πως η ιλύς απαιτεί επεξεργασία πριν την ασφαλή της διάθεση ή και χρήση της στην γεωργία για την πρόληψη κινδύνων που αφορούν στην δημόσια υγεία.

Αξίζει λοιπόν να εξεταστεί με ακρίβεια ποια είναι η εθνική και ευρωπαϊκή πολιτική διαχείρισης ιλύος που υποδεικνύει τις δράσεις για την επίτευξη των παραπάνω στόχων και ποια είναι τα προβλήματα που χρειάζεται να αντιμετωπιστούν.

Μετά το πρώτο αυτό εισαγωγικό κεφάλαιο, στο πρώτο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται τόσο οι τρόποι που οδηγούν στην παραγωγή ιλύος όσο και οι ιδιότητές της που την καθιστούν έναν πολύτιμο πόρο. Η εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ από τα κράτη μέλη για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή σημαντικών ποσοτήτων ιλύος, που αποτελεί μία κατηγορία στερεών αποβλήτων η οποία απαιτεί ειδική διαχείριση. Η τελική διάθεση της ιλύος εξαρτάται από την μέθοδο με την οποία θα διαχειριστεί αφού έτσι διαμορφώνεται και η τελική χημική της σύσταση. Η παραγόμενη ιλύς έχει υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και σε οργανική ύλη, τα οποία μπορούν να ανακτηθούν ή και να επαναχρησιμοποιηθούν.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μία ανασκόπηση του υφιστάμενου θεσμικού πλαισίου της διαχείρισης και αξιοποίησης της ιλύος τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Το ισχύον θεσμικό πλαίσιο χρονολογείται από το 1986 (Οδηγία 86/276/ΕΟΚ) και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναζητά λύσεις για τον εκσυγχρονισμό του. Στο διάστημα αυτό, τα διάφορα κράτη μέλη έχουν ενσωματώσει ποικιλοτρόπως την Οδηγία με διάφορες εφαρμογές. Σύμφωνα με τα παραπάνω έγινε μία συγκριτική αξιολόγηση των νομοθεσιών που εφαρμόζονται από τα διάφορα κράτη μέλη. Επιπλέον, πραγματοποιείται μία συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ του ευρωπαϊκού πλαισίου και του αντίστοιχου των Ηνωμένων Εθνών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι πρακτικές για την διαχείριση της ιλύος που εφαρμόζονται από τα κράτη μέλη της ΕΕ και την Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται οι παραγόμενες ποσότητες ιλύος, οι υφιστάμενες μέθοδοι επεξεργασίας, το κόστος των τεχνολογιών που έχει η κάθε μέθοδος επεξεργασίας και η τελική διάθεση του τελικού προϊόντος. Οι διαδικασίες διαχείρισης της ιλύος στοχεύουν στην

σταθεροποίηση και υγιεινοποίηση της, στην ελαχιστοποίηση της παραγόμενης ποσότητας και στην μείωση του κόστους διάθεσης. Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκε αναφορά σε καλές πρακτικές που έχουν ήδη εφαρμοστεί.

Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μία συσχέτιση της επίτευξης των σχετικών στόχων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών σε σχέση με την ορθολογική διαχείριση της λύος. Επιπλέον, αναπτύσσεται η σχέση της διαχείρισης της λύος με την κυκλική οικονομία στα πλαίσια της αξιοποίησης των χρήσιμων συστατικών της και της επαναχρησιμοποίησης της.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνονται προτάσεις για την αναθεώρηση του θεσμικού πλαισίου ώστε να ξεπεραστούν οι περιορισμοί που τίθενται από παλαιές συμβατικές μεθόδους διαχείρισης. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, πραγματοποιήθηκε μία ιστορική αναδρομή στις προσπάθειες που έχουν γίνει για τον εκσυγχρονισμό του ελληνικού νομοθετικού πλαισίου με απώτερο στόχο την βιώσιμη διαχείριση της παραγόμενης λύος. Στην Ελλάδα ακολουθείται το ευρωπαϊκό πλαίσιο, ενώ και στη χώρα μας έγινε μία προσπάθεια το 2012 εκσυγχρονισμού και διεύρυνσης του πεδίου αξιοποίησης της λύος αν και ακόμα δεν έχει προχωρήσει η θεσμική κατοχύρωση αυτής.

Από όλη την προαναφερθείσα ανασκόπηση προέκυψαν κάποια βασικά συμπεράσματα σχετικά με τους στόχους που πρέπει να τεθούν στην διαχείριση της παραγόμενης λύος, που παρουσιάζονται στο έβδομο κεφάλαιο. Η στρατηγική διαχείρισης της παραγόμενης λύος χρειάζεται να περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης με έμφαση στις επιλογές επαναχρησιμοποίησης.

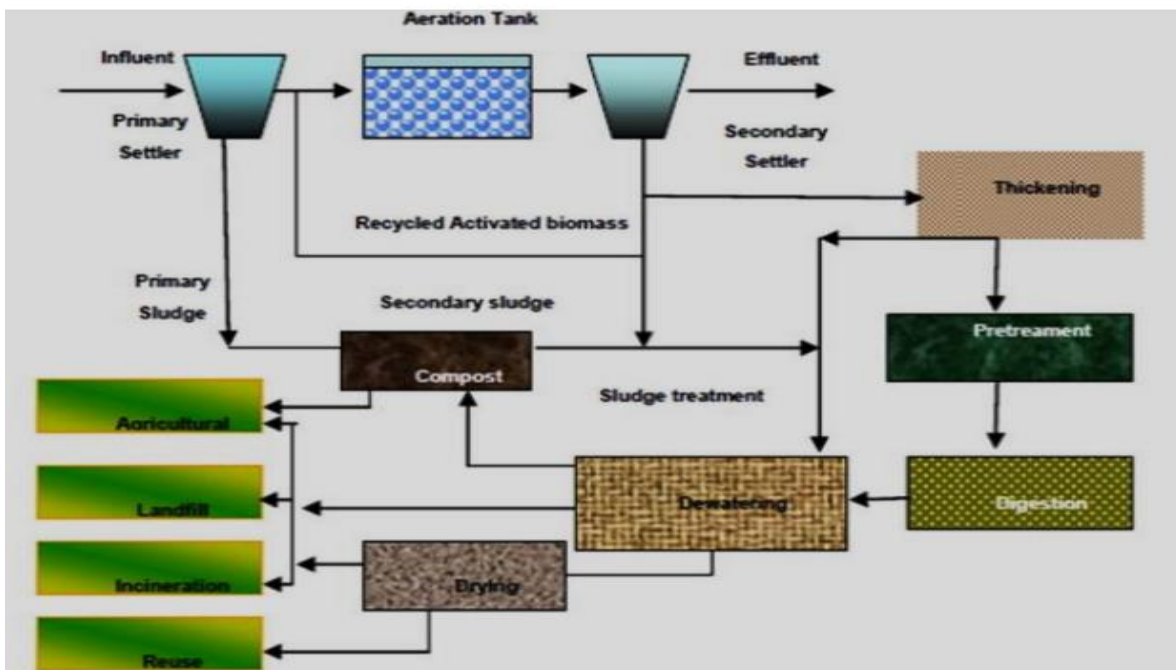
2. Χαρακτηριστικά & Διαχείριση Παραγόμενης Ιλύος από ΕΕΛ

2.1. Γενικά

Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων αποτελείται από ένα σύνολο διεργασιών που αποσκοπούν στην απομάκρυνση των ρυπαντικών φορτίων και στην κατ' επέκταση ασφαλή διάθεση τους στο περιβάλλον. Μία από τις πιο βασικές διεργασίες επεξεργασίας αποτελεί ο διαχωρισμός των αιωρούμενων στερεών που εμπεριέχονται στα υγρά απόβλητα ώστε να είναι δυνατή η διαχείριση κάθε ρεύματος ξεχωριστά. Ο διαχωρισμός αυτός πραγματοποιείται καθώς τα ανεπεξέργαστα λύματα περιέχουν σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων στερεών με ειδικό βάρος μεγαλύτερο από αυτό του νερού που λόγω της ροής των λυμάτων παραμένουν σε αιώρηση. Σημαντικό μέρος των οργανικών ουσιών βρίσκεται σε σωματιδιακή μορφή. Επομένως η αφαίρεση των αιωρούμενων στερεών συνεπάγεται και απομάκρυνση οργανικών ουσιών από τα λύματα.

Σύμφωνα με την Οδηγία 86/278/ΕΟΚ (Άρθρο 2) ως ιλύς ορίζεται το παραπροϊόν που προέρχεται από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων και από άλλους σταθμούς που επεξεργάζονται λύματα των οποίων η σύνθεση είναι παρόμοια με τη σύνθεση των οικιακών και αστικών λυμάτων. Επίσης συμπεριλαμβάνεται και η ιλύς που προέρχεται από σηπτικούς βόθρους.

Εικόνα 1: Τυπικό Διάγραμμα Ροής Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων & Ιλύος



Η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (US EPA, 2020) αναφέρεται στην ιλύ ως προϊόν της διαδικασίας επεξεργασίας των λυμάτων όπου διαχωρίζονται τα υγρά και τα στερεά. Επίσης εισαγάγει τον όρο βιοστερεά (biosolids) ως ένα ημι-στερεό προϊόν, πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, που προκύπτει από την επεξεργασία που υπόκειται η παραγόμενη ιλύς. Πιο συγκεκριμένα, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ) εισήγαγαν τον όρο «βιοστερεά» (biosolids) το 1991 ως ορισμό για την επεξεργασμένη ιλύ λυμάτων σε αντίθεση με την ακατέργαστη ιλύ, προκειμένου να προωθήσουν τα οφέλη της χρήσης γης στο κοινό (Χριστοδούλου & Σταματελάτου, 2016).

Σύμφωνα με τις Χριστοδούλου & Σταματελάτου, 2016 ο όρος «βιοστερεά» (biosolids) δεν χρησιμοποιείται μόνο στις ΗΠΑ αλλά και στη Νέα Ζηλανδία και την Αυστραλία. Οι Χριστοδούλου & Σταματελάτου (2016) θεωρούν την ιλύ ως πηγή ανανεώσιμης ενέργειας και ανάκτησης υλικών, όχι ως «απόβλητο» αλλά ως υποπροϊόν που πρέπει να υποβληθεί σε μετεπεξεργασία για ανακύκλωση.

2.2. Κατάταξη Ιλύος

Η κατάταξη της ιλύος βασίζεται στον βαθμό και στο είδος της επεξεργασίας στον οποίο υπόκειται από όπου και διαμορφώνεται και η τελική της σύσταση. Οι βασικοί τύποι ιλύος διακρίνονται στην πρωτοβάθμια, στην δευτεροβάθμια, στην μικτή, στην χωνομένη και την χημική ιλύ.

Πρωτοβάθμια Ιλύς

Η ακατέργαστη ή πρωτοβάθμια ιλύς αντλείται από τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης των λυμάτων. Περιέχει αποδομήσιμη ύλη από τα λύματα, έχει υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικά συστατικά (κυρίως κόπρανα και απορρίμματα τροφίμων) και είναι συνεπώς εξαιρετικά σηπτική (Scholz, 2016). Το ποσοστό των οργανικών στερεών στην πρωτοβάθμια ιλύ εξαρτάται από το ποσοστό των οργανικών στερεών των εισερχομένων λυμάτων (συνήθως 65-70%) (Ανδρεαδάκης Α., 2015).

Δευτεροβάθμια Ιλύς

Η δευτεροβάθμια (βιολογική) ιλύς παράγεται κατά τις διεργασίες της βιολογικής επεξεργασίας, όπως η ενεργός ιλύς (activated sludge), οι βιοαντιδραστήρες μεμβράνης (membrane bioreactors), τα χαλικοδυλιστήρια (trickling filters) και οι περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι (rotating biological contactors). Η βιολογική ιλύς περιλαμβάνει επιπλέον και στερεά τα οποία δεν απομακρύνθηκαν κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία. (Κελεσίδης Α., 2010).

Η βιολογική ή δευτεροβάθμια ιλύς αποτελείται από βιολογικά στερεά με σημαντική ζήτηση σε οξυγόνο, η οποία οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αναπνοή των μικροοργανισμών που περιέχονται στην ιλύ. Η μάζα της περίσσειας ενεργού ιλύος που παράγεται καθημερινά αντιπροσωπεύει την καθαρή ανάπτυξη της βιομάζας και σχετίζεται με το ρυθμό της επεξεργασίας. Τυπικά η ενεργός ιλύς έχει πολύ υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία από άλλες μορφές ιλύος και ως εκ τούτου παρουσιάζει μεγαλύτερα προβλήματα αφυδάτωσης (Scholz, 2016).

Το ποσοστό των οργανικών στερεών στην δευτεροβάθμια ιλύ εξαρτάται από τις λειτουργικές συνθήκες. Για τυπικά συστήματα ενεργού ιλύος ($\theta_c < 10$ ημέρες), βιολογικά φίλτρα και βιολογικούς δίσκους το ποσοστό είναι αρκετά υψηλό (75% ή και μεγαλύτερο), γίνεται δε μικρότερο (55-65%) σε συστήματα χαμηλής φόρτισης (π.χ. σύστημα παρατεταμένου αερισμού με θ_c 15-20 ημέρες). (Ανδρεαδάκης Α., 2015).

Μικτή Ιλύς

Η μικτή ιλύς αποτελεί μείγμα πρωτοβάθμιας και βιολογικής ιλύος.

Χωνεμένη Ιλύς

Η χωνεμένη ιλύς είναι το προϊόν είτε αερόβιας είτε αναερόβιας χώνευσης το οποίο είναι ένα βιολογικά σταθεροποιημένο υλικό. Η αερόβια χώνευση έχει σκοπό τη μείωση των οργανικών στερεών της ιλύος, μέσω της αυτοοξειδωσης των μικροοργανισμών. Η αερόβια χώνευση έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να είναι οικονομικοτεχνικά συμφέρουσα για σχετικά μικρές εγκαταστάσεις, ενώ για τις μεγαλύτερες είναι ιδιαίτερα δαπανηρή λόγω της μεγάλης κατανάλωσης ενέργειας. Η αναερόβια χώνευση συντελείται με τη βοήθεια μιας κατηγορίας βακτηριδίων των βακτηριδίων παραγωγής οξέων (acid formers) που είναι επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμοί (δρουν σε αναερόβιες ή αερόβιες συνθήκες) και των παραγώγων μεθανίου (methane formers) που είναι αυστηρά αναερόβιοι και χρησιμοποιούν ως αποδέκτη ηλεκτρονίων το CO_2 ενώ παράλληλα παράγεται και βιοαέριο ως τελικό προϊόν της διάσπασης της οργανικής ύλης. (Ανδρεαδάκης Α., 2015).

Χημική Ιλύς

Η χημική ιλύς παράγεται κατά τις διαδικασίες που περιλαμβάνουν χημική καθίζηση. Τέτοιες ιλύες περιλαμβάνουν κυρίως τα προϊόντα αντίδρασης των προστιθέμενων χημικών ουσιών και τις ακαθαρσίες που πρέπει να αφαιρεθούν. Όταν οι χημικές ουσίες εφαρμόζονται στα ακατέργαστα λύματα, η παραγόμενη ιλύς είναι ένα μείγμα χημικής ιλύος και οργανικής ακατέργαστης ιλύος. Αν η χημική ουσία προστίθεται μετά από πλήρη

δευτεροβάθμια επεξεργασία υπάρχει σχετικά μικρή οργανική ρύπανση της ιλύος (Scholz, 2016).

Η πιο συνήθης παραγωγή χημικής ιλύος προκύπτει από την φυσικοχημική μέθοδο απομάκρυνσης του φωσφόρου από τα λύματα. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται με την προσθήκη κατάλληλων κροκιδωτικών που δημιουργούν ιζήματα με τις ενώσεις του φωσφόρου και έτσι καθιζάνουν (Ανδρεαδάκης Α., 2015).

2.3. Τυπική Σύσταση & Ιδιότητες Ιλύος

Η σύσταση της ιλύος εξαρτάται από το ρυπαντικό φορτίο των προς επεξεργασία λυμάτων, από το είδος της επεξεργασίας των λυμάτων, καθώς επίσης και από την επεξεργασία της ιλύος. Τυπικά χαρακτηριστικά της ιλύος παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 που ακολουθεί.

Η ιλύς των λυμάτων περιέχει συστατικά με γεωργική αξία αλλά και ρυπαντές. Τα συστατικά με γεωργική αξία περιλαμβάνουν οργανική ύλη, άζωτο, φώσφορο και κάλιο και σε μικρότερη κλίμακα ασβέστιο, θείο και μαγνήσιο. Οι ρυπαντές είναι τα βαρέα μέταλλα, οι οργανικοί ρυπαντές και τα παθογόνα. (Αγγελάκης κ.ά., 2005).

Πίνακας 1: Τυπικά χαρακτηριστικά ιλύος ανάλογα με τον βαθμό επεξεργασίας (Αγγελάκης κ.ά., 2005)

Κατηγορία ιλύος	A	B ₁	B ₂	C	D
Ξηρά Ουσία (DS) [kg/m³]	12	9	7	10	30
Πτητική Ουσία (VS) [%DS]	65	67	77	72	50
pH	6	7	7	6,5	7
C [%VS]	51,5	52,5	53	51	49
H [%VS]	7	6	6,7	7,4	7,7
O [%VS]	35,5	33	33	33	35
N [%VS]	4,5	7,5	6,3	7,1	6,2
C/N	11,4	7,0	8,7	7,2	7,9
P [%DS]	2	2	2	2	2
Cl [%DS]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
K [%DS]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Al [%DS]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Κατηγορία ιλύος	A	B ₁	B ₂	C	D
Ca [%DS]	10	10	10	10	10
Fe [%DS]	2	2	2	2	2
Mg [%DS]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Λίπη [%DS]	18	8	10	14	10
Πρωτεΐνες [%DS]	24	36	34	30	18
Θερμική ισχύς [kWh/t DS]	4.200	4.100	4.800	4.600	3.000

A: πρωτοβάθμια ιλύς,

B1: βιολογική ιλύς (χαμηλή φόρτιση <0,20 kg BOD5/kg MLSS),

B2: βιολογική ιλύς (υψηλή και μέση φόρτιση >0,20 kg BOD5/kg MLSS),

C: μικτή ιλύς (πρωτοβάθμια και βιολογική),

D : χωνευμένη ιλύς

Πιο αναλυτικά, οι ιδιότητες που καθιστούν την ιλύ έναν πολύτιμο πόρο ιδανικό για χρήση σε γεωργική γη, είναι η υψηλή περιεκτικότητα της σε οργανική ουσία και σε άζωτο και σε φώσφορο τα οποία είναι κύρια θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών και την γονιμότητα του εδάφους.

Εκτός από τα κύρια φυτικά θρεπτικά συστατικά, η ιλύς περιέχει επίσης ιχνοστοιχεία που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Πολλά εδάφη που έχουν υποστεί εντατική καλλιέργεια, έχουν έλλειψη σε ορισμένα ιχνοστοιχεία όπως ο ψευδάργυρος (Zn) και ο σίδηρος (Fe). Η εφαρμογή της ιλύος στο έδαφος αποκαθιστά το πρόβλημα αυτό. (Solanki et al.,2016).

Επιπλέον, η χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων έχει μεγαλύτερες ανάγκες σε άρδευση προκαλώντας πρόσθετη πίεση στις απολήψεις νερού (Yadav et al., 2011). Η ενσωμάτωση οργανικών παραλλαγών όπως κοπριά ζώων, υπολείμματα καλλιεργειών, κομπόστ και η ιλύος λυμάτων στο έδαφος, βελτίωσαν τις ιδιότητές του (Mubarak et al. 2009; Bationo et al. 2006).

Το οργανικό κλάσμα μπορεί να ενισχύσει σημαντικά τη διήθηση του εδάφους, τη διήθηση του νερού, την μικροβιακή δραστηριότητα, την δομή και ικανότητα συγκράτησης νερού ιδιαίτερα σε εδάφη ξηρών και ημίξηρων περιοχών και μπορεί να μειώσει τη συμπίεση και τη διάβρωση του εδάφους (Rezig et al., 2013; Angin et al., 2011).

Επιπλέον, όπως παρουσιάστηκε και στον παραπάνω πίνακα η ιλύς έχει ικανή θερμική ισχύ ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί και ενεργειακά. Οι τεχνολογίες για την ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος είναι: αποτέφρωση, αεριοποίηση και πυρόλυση. Από τη διαδικασία της πυρόλυσης τα κύρια προϊόντα είναι το βιοαέριο, το βιοέλαιο και τα βιο-κατάλοιπα, παρέχοντας βιώσιμα καύσιμα/βιοκαύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικά καύσιμα αντί των ορυκτών καυσίμων. (Zaharioiu et al., 2021).

2.4. Τοξικότητα Ιλύος

Η περίσσεια ιλύος είναι πλούσια σε άζωτο, φώσφορο και άλλα θρεπτικά συστατικά απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα σε σκοπό να βελτιώσει τις ιδιότητες του εδάφους.

Η αξιοποίηση της ιλύος ως εδαφοβελτιωτικό και λίπασμα είναι ο κυρίαρχος τρόπος επαναχρησιμοποίησης της. Στην Αμερική, περίπου το 60% της παραγόμενης ιλύος χρησιμοποιήθηκε για βελτίωση ιδιότητες του εδάφους ή ως λίπασμα το 2002. Ωστόσο, η περίσσεια ιλύος περιέχει πολλούς τύπους οργανικών ρύπων, βαρέα μέταλλα όπως Ni, Co, Cu, Zn, Cu και τοξικές οργανικές ενώσεις συσσωρεύονται στην περίσσεια ιλύος. Έτσι, η οργανική τοξικότητα της ιλύος έχει γίνει βασικός παράγοντας που περιορίζει την χρήση της ως λίπασμα (Chen et al., 2020). Η ιλύς από τις ΕΕΛ περιέχει οργανικές και ανόργανες ουσίες-ρύπους που δεν ρυθμίζονται από το νόμο.

Η Οδηγία για την ιλύ 86/278/EEC ρυθμίζει τα επιτρεπόμενα όρια του ψευδαργύρου (Zn), χαλκού (Cu), νικελίου (Ni), μολύβδου (Pb), καδμίου (Cd), χρωμίου (Cr) και υδραργύρου (Hg) και των παθογόνων και επιτρέπει την διάθεση της ιλύος στο έδαφος υπό καθορισμένες συνθήκες υγιεινής και περιβάλλοντος.

Σήμερα ωστόσο υπάρχουν αρκετές μελέτες (μετά το 2010), που επικεντρώνονται σε νέες σοβαρές απειλές για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον οι οποίες εμφανίζονται στην ιλύ από τις ΕΕΛ. Τόσο με χημικά χαρακτηριστικά όπως τοξικά ιχνοστοιχεία (Se, Ag, Ti), νανοσωματίδια, PAHs, PCBs, PFCs, PCMs, σιλοξάνια, φαινόλες, φυτοφάρμακα, γλυκαντικά, προϊόντα προσωπικής φροντίδας, φαρμακευτικά προϊόντα και βενζοτραζόλια, όσο και με βιολογικά χαρακτηριστικά (*Legionella*, *Yersinia*, *Escherichia coli*) (Μήτσιου Π., 2019).

2.5. Δυνατότητες Διαχείρισης Ιλύος

Όπως προαναφέρθηκε, η ιλύς αποτελεί έναν πολύτιμο πόρο ο οποίος μπορεί να αξιοποιηθεί ποικιλοτρόπως σε διάφορες εφαρμογές. Οι βασικές δυνατότητες διαχείρισης της ιλύος περιγράφονται ακολούθως :

2.5.1. Γεωργία

Υπάρχουν επιστημονικές αποδείξεις ότι η εφαρμογή της ιλύος στη γεωργία παρέχει μια σειρά από γεωπονικά οφέλη, ιδίως την ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών των φυτών όπως το άζωτο και ο φώσφορος, και ως εκ τούτου η ιλύς αντικαθιστά αποτελεσματικά τα χημικά λιπάσματα. Πράγματι, ένα από τα πιο κοινά αναγνωρισμένα περιβαλλοντικά οφέλη είναι η ανακύκλωση του φωσφόρου (P) στην τροφική αλυσίδα. Αυτό συμβάλλει στη διατήρηση των αποθεμάτων ορυκτού φωσφόρου και επίσης μειώνει τις εξωτερικές εισροές καδμίου (Cd) που υπάρχει στα φωσφορικά πετρώματα. Η ιλύς παρέχει επίσης άλλα μακροθρεπτικά συστατικά των φυτών, όπως κάλιο και θείο, και μικροθρεπτικά συστατικά όπως ο χαλκός και ο ψευδάργυρος (Milieu 2008).

Ορισμένοι ερευνητές ισχυρίζονται οφέλη όσον αφορά και την κλιματική αλλαγή και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την ιλύ που ανακυκλώνεται στη γεωργία, ιδίως λόγω του ότι ένα μέρος του άνθρακα στην ιλύ που χρησιμοποιείται στη γεωργία θα δεσμευτεί στο έδαφος, χωρίς όμως αυτό να έχει τεκμηριωθεί πλήρως επιστημονικά (Milieu 2008).

Η γεωργική χρησιμοποίηση της ιλύος εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την ποιοτική κατάσταση στην οποία βρίσκεται. Σε διεθνή κλίμακα, οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν την ποιότητα της ιλύος και θέτουν αντίστοιχα περιορισμούς για την γεωργική χρήση της ιλύος είναι : α) η περιεκτικότητα της σε θρεπτικά συστατικά, β) οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων, γ) η περιεκτικότητα σε παθογόνους μικροοργανισμούς και δ) η περιεκτικότητα της σε οργανικούς ρύπους.

2.5.2. Εδαφοβελτιωτικό

Εκτός από τη χρήση της σε γεωργική γη, η ιλύς έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία ως εδαφοβελτιωτικό για τη δασοπονία και για εργασίες αποκατάστασης γης. Η εφαρμογή της ιλύος έχει ευεργετικές επιδράσεις στην κατάσταση της οργανικής ύλης του εδάφους, στις δομικές ιδιότητες και στη διατήρηση της υγρασίας του εδάφους (Milieu 2008).

Η χρήση της ιλύος ως εδαφοβελτιωτικό συμβάλλει στην ανακύκλωση της οργανικής ύλης, διατηρώντας ταυτόχρονα την γονιμότητα του εδάφους σε υψηλά επίπεδα και

γενικότερα έχει ιδιαίτερα ευνοϊκές επιπτώσεις στην βελτίωση των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του εδάφους (Βλυσίδης και Μάη, 2010).

Η διάθεση της ιλύος για την αποκατάσταση εδαφών αποσκοπεί στην προστασία των εκτάσεων από την διάβρωση και των εμπλουτισμό τους σε θρεπτικά και οργανική ύλη. Όταν ο σκοπός της διάθεσης είναι η αύξηση της ποσότητας του εδάφους στην περιοχή, η ιλύς είτε μπορεί να εφαρμοσθεί απ' ευθείας πριν την μίξη με το έδαφος ή να γίνει μίξη με το χώμα πριν την εφαρμογή της. Η ποσότητα της ιλύος που συνήθως εφαρμόζεται στις περιπτώσεις αυτές είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή στην περίπτωση της γεωργικής χρήσης (Κάρτσωνας, 2005).

Σύμφωνα με το σχέδιο ΚΥΑ 2012 με το οποίο έγινε μία προσπάθεια εκσυγχρονισμού του θεσμικού πλαισίου στην χώρα μας, η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην δασοπονία σε καλλιεργούμενες δασικές εκτάσεις για ξυλεία, χαρτί, καλλωπιστικά δένδρα κλπ. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δασωτές και αναδασωτές εκτάσεις καθώς και για αστικό και περιαστικό πράσινο εφόσον τεκμηριώνεται η αναγκαιότητα προσθήκης οργανικού υλικού. Αντίστοιχα, η επεξεργασμένη ιλύς που αξιοποιείται στην αποκατάσταση τοπίου και εδαφών χρησιμοποιείται στην τελική εδαφική στρώση αποκατάστασης και σε βάθος έως 1,0 μέτρο από την τελική στάθμη του εδάφους και όχι ως υλικό πλήρωσης. Κατ' εξαίρεση ως υλικό πλήρωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί επεξεργασμένη ιλύς σε ανάμιξη με άλλα κατάλληλα υλικά στο βαθμό που μέσω ειδικής μελέτης τεκμηριώνεται η επίτευξη των εκάστοτε απαιτούμενων εδαφολογικών και ρεολογικών χαρακτηριστικών.

2.5.3. Ενεργειακή Αξιοποίηση

Η ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος αποτελεί μία ενδιαφέρουσα εφαρμογή στα πλαίσια ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης ιλύος.

- **Ενεργειακή Αξιοποίηση μέσω Αναερόβιας Χώνευσης**

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί μία μέθοδο επεξεργασίας της ιλύος. Αποτέλεσμα της επεξεργασίας αυτής αποτελεί το παραγόμενο κατά την χώνευση αέριο μίγμα που ονομάζεται βιοαέριο και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Το βιοαέριο έχει θερμική αξία ίση με περίπου 5.500 kcal/m³ και χρησιμοποιείται κατά κανόνα για τη θέρμανση των χωνευτών πιθανόν δε και για τη θέρμανση του κτιρίου της εγκατάστασης. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις είναι πιθανό να αποδεικνύεται οικονομικά συμφέρουσα η αξιοποίηση του πλεονάζοντος βιοαερίου μέσω της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (Ανδρεαδάκης, 2015).

Η ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος πραγματοποιείται επίσης μέσω θερμικής επεξεργασίας που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του όγκου της και την απελευθέρωση θερμικής ενέργειας. Οι βασικές μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας με παράλληλη ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος είναι:

- **Ενεργειακή Αξιοποίηση μέσω Αποτέφρωσης**

Κατά την αποτέφρωση παράγονται συγκεκριμένα απαέρια και ατμοί μέσω της οξείδωσης των οργανικών ουσιών της ιλύος, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάκτηση ενέργειας.

Η ισχύς που μπορεί να παραχθεί από τους ατμούς χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (Karagiannidis et al.,2011). Σύμφωνα με την μελέτη των Karagiannidis et al, η αποτέφρωση μικτής ακατέργαστης ιλύος είχε υψηλότερη ενεργειακή απόδοση σε σχέση με αυτή της αναερόβιας χώνευσης.

- **Ενεργειακή Αξιοποίηση μέσω Πυρόλυσης**

Η πυρόλυση είναι η θερμική επεξεργασία της ιλύος σε πλήρη απουσία οξυγόνου.

Η πυρόλυση της ιλύος δεν έχει ακόμη εφαρμοστεί σε μεγάλη κλίμακα. το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας βρίσκεται ακόμη σε εργαστηριακό στάδιο. Η πυρόλυση έχει ως παραπροϊόν ένα υγρό κλάσμα το λάδι πυρόλυσης το οποίο με περαιτέρω επεξεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συνθετικό καύσιμο και ένα ρεύμα αερίων (Xiang et al.,2023).

- **Ενεργειακή Αξιοποίηση μέσω Αεριοποίησης**

Η αεριοποίηση αφορά βασικά την μερική καύση της ιλύος για την παραγωγή ενός καυσίμου αερίου με θερμική αξία. Η αεριοποίηση της ιλύος δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη σε μεγάλη κλίμακα, ενώ σε εργαστηριακή φάση μελέτες έχουν δείξει ότι το παραγόμενο αέριο θα μπορούσε να υποβληθεί σε περαιτέρω επεξεργασία για συνθετικό καύσιμο.

Οι κύριες προκλήσεις της αεριοποίησης της λάσπης περιλαμβάνουν την ελαχιστοποίηση της πίσσας και τα προβλήματα που σχετίζονται με την σύσταση της τέφρας από την σύνθεση της λάσπης (βαρέα μέταλλα, άζωτο και θείο), η οποία περιορίζουν περαιτέρω εφαρμογές αεριοποίησης ιλύος (Xiang et al.,2023).

2.6. Μέθοδοι Επεξεργασίας Ιλύος

Η επεξεργασία της ιλύος είναι αναγκαία, αφού η παραγόμενη ιλύς έχει χαρακτηριστικά που δεν επιτρέπουν την ασφαλή της απομάκρυνση και διάθεση. Ειδικότερα, η παραγόμενη ιλύς που δεν έχει υποστεί κάποια μέθοδο αφαίρεσης του περιεχόμενου νερού χαρακτηρίζεται από α) μεγάλες ποσότητες σχετικά

ευκολοδιασπάσιμου οργανικού υλικού (το οποίο μπορεί να δημιουργήσει αναερόβιες συνθήκες στους χώρους διάθεσης), β) υψηλές συγκεντρώσεις παθογόνων μικροοργανισμών και γ) μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό (98-99%) το οποίο με τη διαφυγή του εγκυμονεί κινδύνους ρύπανσης επιφανειακών και υπόγειων νερών, καθώς περιέχει σημαντικές ποσότητες, διαλυμένων κυρίως, ρυπαντικών ουσιών (Ανδρεαδάκης Α., 2015).

Ως εκ τούτου οι βασικοί στόχοι της επεξεργασίας της ιλύος είναι : α) η μείωση της περιεκτικότητας του νερού για την καλύτερη και οικονομικότερη διαχείριση της (πάχυνση, αφυδάτωση), β) η σταθεροποίηση του τελικού προϊόντος ώστε να επιτευχθεί η διάσπαση του ευκολοδιασπάσιμου οργανικού υλικού και να μειώσει τις οσμές και γ) η απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών σε αποδεκτά επίπεδα. Τέλος βασικός στόχος στην διαχείριση της ιλύος είναι πλέον και η ανάκτηση χρήσιμων παραπροϊόντων με στόχο την επαναχρησιμοποίησή τους.

Εν συνεχεία, ακολουθεί μία συγκεντρωτική ανασκόπηση των βασικών πρακτικών που εφαρμόζονται στην επεξεργασία της ιλύος στις ΕΕΛ.

2.6.1. Πάχυνση

Η πάχυνση της ιλύος συμβάλλει στον μεγαλύτερο διαχωρισμό του νερού από τα στερεά. Με τον τρόπο αυτό η ιλύς μεταπίπτει σε ημιστερεή κατάσταση με ταυτόχρονη σημαντική μείωση του όγκου της. Αποτελεί το πρώτο στάδιο επεξεργασίας της ιλύος ώστε να αυξηθεί η απόδοση και να μειωθεί το κόστος στις επόμενες διεργασίες. Μέσω της διαδικασίας της πάχυνσης επιτυγχάνεται η επιθυμητή συγκέντρωση στερεών που απαιτείται για την διαδικασία της σταθεροποίησης που ακολουθεί.

Η ελάχιστη απαιτούμενη συγκέντρωση στερεών της εισερχόμενης ιλύος προς σταθεροποίηση είναι της τάξης του 3%, με επιθυμητές τιμές κυμαίνεται στο διάστημα 5-7%. (Ανδρεαδάκης Α.,2015).

Οι βασικές μέθοδοι που ακολουθούνται για την πάχυνση της ιλύος είναι :

- Βαρύτητα
- Επίπλευση αέρα
- Μηχανικά μέσα (τράπεζες πάχυνσης, φυγοκεντρητές, περιστροφικά τύμπανα).

2.6.2. Σταθεροποίηση ιλύος

Η σταθεροποίηση της ιλύος αποτελεί το βασικότερο στάδιο προκειμένου το τελικό προϊόν να καταστεί κατάλληλο για χρήση ή διάθεση. Πιο συγκεκριμένα, κατά την

σταθεροποίηση της ύλης γίνεται μείωση του ποσοστού των περιεχόμενων οργανικών στην ύλη (και κατ' επέκταση και των οσμών) όπως επίσης γίνεται μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών.

Η σταθεροποίηση της ύλης πραγματοποιείται με αερόβιες ή αναερόβιες βιολογικές διεργασίες ή με την αλκαλική σταθεροποίηση δηλαδή με την προσθήκη ασβέστη.

Αερόβια Χώνευση

Μέσω της αερόβιας χώνευσης επιτυγχάνεται μείωση κατ' όγκο και κατά βάρος της ύλης μέσω της αφαίρεσης υγρασίας και της μερικής μετατροπής σε αέρια προϊόντα και θερμότητα (Teoh et al., 2019).

Η αερόβια χώνευση σκοπό έχει τη διάσπαση των οργανικών στερεών της ύλης μέσω των μεταβολικών διεργασιών που επιτελούν αερόβιοι μικροοργανισμοί.

Με την αποσύνθεση εκλύεται θερμότητα, που κάτω από κατάλληλες συνθήκες, μπορεί να αυξήσει την θερμοκρασία πάνω από 50°C (θερμοφιλική χώνευση). Με την έκθεση της ύλης σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες για ικανοποιητική χρονική περίοδο (5 έως 6 ημέρες), επιτυγχάνεται ικανοποιητική σταθεροποίηση της ύλης, ενώ παράλληλα καταστρέφονται όλοι σχεδόν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί. (Αγγελάκης, κ.ά., 2005).

Γενικότερα, η αερόβια χώνευση έχει μεγάλη εφαρμογή για τη σταθεροποίηση της ύλης σε συνδυασμό με συστήματα παρατεταμένου αερισμού, συνήθως σε μονάδες χωρίς πρωτοβάθμια καθίζηση. Αποτελεί την πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο για ΕΕΛ που επεξεργάζονται < 20.000 m³/d (Turonkiy and Mathai, 2006). Στις περιπτώσεις αυτές, όμως, επιτυγχάνεται περιορισμένη μόνο απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών (Κελεσίδης Α., 2010).

Αναερόβια Χώνευση

Ο κύριος στόχος της αναερόβιας χώνευσης είναι η αποδόμηση της οργανικής ύλης, με επακόλουθη σταθεροποίηση της ύλης και την μείωση των παθογόνων. Ένα από τα πλεονεκτήματα του συστήματος σε σχέση με την αερόβια επεξεργασία είναι η παραγωγή βιοαερίου (δηλαδή πηγή ενέργειας), η οποία σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να αξιοποιηθεί για να ικανοποιηθεί μέρος των ενεργειακών απαιτήσεων της μονάδας επεξεργασίας (Tomei et al., 2015). Το μειονέκτημα του συστήματος της αναερόβιας χώνευσης είναι ο μεγάλος χρόνος παραμονής καθώς και το υψηλό κόστος εγκαταστάσεων παγίδευσης, καθαρισμού και ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαερίου (Σκουλού Β., 2011).

Η διεργασία αυτή επιτελείται σε πλήρη απουσία οξυγόνου και υπό ελεγχόμενες συνθήκες της θερμοκρασίας, του pH και των αιωρούμενων στερεών. Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης των αναερόβιων βακτηριδίων είναι για την μεσοφιλική περιοχή 35 °C ή για την θερμοφιλική περιοχή 55°C.

Η αναερόβια χώνευση προτιμάται πάντοτε ως διαδικασία σταθεροποίησης λύος για εγκαταστάσεις με μέση φόρτιση υγρών αποβλήτων > 19.000 m³/d περίπου. Σε χαμηλότερες φορτίσεις συνήθως παρουσιάζονται λειτουργικά προβλήματα (Κελεσίδης Α., 2010).

Κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση ή λιπασματοποίηση της λύος είναι μία διαδικασία κατά την οποία τα οργανικά συστατικά της λύος, αποδομούνται υπό αερόβιες συνθήκες με την βοήθεια βακτηριδίων, ακτινομυκητών και μυκητών σε ένα σχετικά σταθερό τελικό προϊόν, με ταυτόχρονη παραγωγή χουμικών οξέων (Ανδρεαδάκης Α., 2009).

Η κομποστοποίηση έχει αναγνωριστεί εδώ και πολύ καιρό ως μία από τις πιο οικονομικά αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον εναλλακτικές λύσεις για την ανακύκλωση οργανικών απορριμμάτων. Η κομποστοποίηση ή λιπασματοποίηση της λύος γίνεται συνήθως σε συνδυασμό με συμπαγές οργανικό υλικό όπως οργανικά απορρίμματα.

Οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν κατά την διαδικασία της λιπασματοποίησης, 50–70°C, καταστρέφουν σχεδόν όλα τα παθογόνα (Dumontet et al., 1999). Πολλά βακτήρια αποικοδομούν τα άμεσα διαθέσιμα οργανικά συστατικά ή να τα μετατρέψουν σε σταθερά χουμικά συστατικά (Garcia et al., 1992).

Η επιτυχία ή μη της κομποστοποίησης συνδέεται με την ποιότητα του τελικού προϊόντος, ιδιαίτερα τη σταθερότητά του. Η διάδοση ανώριμου ή ασταθούς κομποστ μπορεί δημιουργούν σοβαρά προβλήματα υγιεινής και φυτοτοξικότητας (Pascual et al., 1997).

Ασβεστοποίηση

Η επεξεργασία με ασβέστη συνίσταται στην προσθήκη άνυδρου (CaO) ή σβησμένου Ca(OH)₂ ασβέστη στην λύ, με σκοπό την αύξηση του pH στο 12. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καταστραφεί ή να ανασταλεί τη δράση της βιομάζας, που είναι υπεύθυνη για την διάσπαση των οργανικών συστατικών της λύος. Παράλληλα με την επεξεργασία με ασβέστη επιτυγχάνεται απολύμανση της λύος και αυξάνεται η περιεκτικότητά της σε

ξηρά ύλη, με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να μπορεί να διαχειριστεί πιο εύκολα (Αγγελάκης κ.ά., 2005).

Η ιλύς, της οποίας η σταθεροποίηση και η υγιεινοποίηση γίνεται με αλκαλικό υλικό, έχει υψηλό pH και χαμηλότερη ποσότητα αζώτου, λόγω απωλειών από την εξάτμιση της αμμωνίας.

2.6.3. Αφυδάτωση Ιλύος

Σκοπός της αφυδάτωσης είναι η αύξηση της συγκέντρωσης των στερεών της ιλύος σε υψηλά επίπεδα, με την απομάκρυνση υγρασίας. Ανάλογα με τον τρόπο αφυδάτωσης, το τελικό προϊόν μπορεί να περιέχει ξηρά στερεά μέχρι και 45% (450 kg/m³) (Αγγελάκης κ.α., 2005).

Μέσω της αφυδάτωσης διευκολύνεται η περαιτέρω επεξεργασία της ιλύος και εξασφαλίζεται η οικονομική βιωσιμότητα κατά την τελική διάθεση της ιλύος. Ωστόσο, χωρίς την ρύθμιση της ιλύος μέσω επιπλέον επεξεργασίας ανάντη της αφυδάτωσης, και τα σωστά σχεδιασμένα και λειτουργικά συστήματα αφυδάτωσης δεν εγγυώνται υψηλής απόδοσης (Bien et al., 2021).

Οι συνήθεις μέθοδοι αφυδάτωσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Αφυδάτωση σε κλίνες ξήρανσης.
- Αφυδάτωση με μηχανικά μέσα. (φιλτρόπρεσσα, ταινιοφιλτρόπρεσσα, φυγοκεντρητής)

2.6.4. Θερμική Ξήρανση

Με την ξήρανση της ιλύος επιτυγχάνεται απομάκρυνση του νερού από την ιλύ. Κατά την εφαρμογή της θερμικής ξήρανσης επιδιώκεται και μπορεί να επιτευχθεί ποσοστό υγρασίας στο τελικό προϊόν μικρότερο από 10%, με αποτέλεσμα (Κελεσίδης Α., 2010) :

- Μείωση του όγκου και της μάζας της ιλύος.
- Σταθεροποίηση της ιλύος.
- Καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών.
- Αύξηση της θερμικής αξίας του τελικού προϊόντος.

Οι τυπικές μέθοδοι θερμικής ξήρανσης περιλαμβάνουν την μεταφορά θερμότητας με θερμό αέρα ή ατμό και την μεταφορά θερμότητας μέσω θερμού ατμού ή λαδιού με σύστημα ανταλλαγής θερμότητας. Ωστόσο, αν και η μέθοδος της θερμικής ξήρανσης είναι αποτελεσματική, για την επίτευξη της απαιτείται μεγάλη κατανάλωση καυσίμου και επίσης εκλύονται εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως CO₂). Πράγματι, μια

πρόσφατη μελέτη εκτίμησε ότι η μέση ενεργειακή απαίτηση ήταν μέσα το εύρος 1,87–2,68 kWh/kg. Έτσι, η θερμική ξήρανση κρίνεται ιδιαίτερα ενεργοβόρα και είναι οικονομικά συμφέρουσα όταν υπάρχει διαθέσιμη περίσσεια θερμότητας (Sorrenti et al., 2022).

Ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς της θερμότητας στην ιλύ, οι ξηραντές κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες : τους άμεσους επαφής και της έμμεσους επαφής. Οι συνηθέστεροι τύποι ξηραντών είναι :

- Ξηραντής τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου
- Ξηραντής τύπου θερμαινόμενων δίσκων
- Ξηραντής τύπου ρευστοποιημένης κλίνης με ατμό

2.6.5. Ηλιακή Ξήρανση

Η ηλιακή ξήρανση είναι μία από τις πιο οικονομικές και λιγότερο ενεργοβόρες μεθόδους ξήρανσης. Τα τελευταία χρόνια, η ηλιακή ξήρανση χρησιμοποιείται ευρέως και η εφαρμογή της προωθείται έντονα στην Ευρώπη λόγω της βολικής λειτουργίας, της απλής δομής και της δραστηκής μείωσης του όγκου της ιλύος (Li et al.,2021).

Η ξηραμένη ιλύς που παράγεται από την ηλιακή ξήρανση παρουσιάζει υψηλή θερμογόνο δύναμη και άρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως καύσιμο σε επακόλουθη θερμική αξιοποίηση, είτε επί τόπου των ΕΕΛ είτε σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις καύσης (ΔΕΗ, τσιμεντοβιομηχανία, εγκαταστάσεις καύσης απορριμμάτων).

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας είναι επίσης σύμφωνη με τη στρατηγική της ΕΕ για την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την επίτευξη της απανθρακοποίησης. Στην Ελλάδα δεδομένης της έντονης ηλιοφάνειας η ηλιακή ξήρανση μπορεί να αποτελέσει ιδανική λύση για την μείωση του όγκου της ιλύος και της υγιεινοποίησης της.

Οι βασικές μέθοδοι ξήρανσης της ιλύος με ηλιακή ενέργεια είναι :

- Ξήρανση της ιλύος με ηλιακούς συλλέκτες
- Ηλιακή απόσταξη
- Ηλιακή ξήρανση με στεγνωτήρα ακτινοβολίας

2.6.6. Αποτέφρωση

Το πρώτο στάδιο της θερμικής επεξεργασίας αποτελεί η ξήρανση της λύος όπου πραγματοποιείται η εξάτμιση της υγρασίας της. Η αποτέφρωση αποτελεί το επόμενο στάδιο της θερμικής επεξεργασίας όπου γίνεται μετατροπή των οργανικών συστατικών της λύος σε αέρια, στερεά και υγρά προϊόντα, με ταυτόχρονη ή επακόλουθη απελευθέρωση θερμικής ενέργειας.

Κατά την αποτέφρωση, παράγεται σημαντική ποσότητα θερμότητας από την οξείδωση των οργανικών ουσιών που είναι ικανή να συντηρήσει την καύση (αυτοσυντηρούμενη διαδικασία, *self-sustaining process*), εφόσον η υγρασία της λύος δεν υπερβαίνει το 60 - 70% και τα πτητικά αποτελούν το 65 - 70% των στερεών (Κελεσίδης Α., 2010).

Τα συστήματα θερμικής επεξεργασίας μπορούν να διαχωριστούν με βάση τις ανάγκες τους σε οξυγόνο (αέρα). Η καύση με την ακριβή ποσότητα οξυγόνου που χρειάζεται για πλήρη καύση είναι γνωστή ως στοιχειομετρική καύση. Η καύση με περισσότερο οξυγόνο από το αναγκαίο για την στοιχειομετρική καύση ονομάζεται καύση με περίσσεια οξυγόνου. Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιείται ο όρος αποτέφρωση. Η αεριοποίηση είναι η μερική καύση των στερεών απορριμμάτων κάτω από υποστοιχειομετρικές συνθήκες για την παραγωγή ενός μίγματος αερίων το οποίο περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες. Η πυρόλυση είναι η θερμική επεξεργασία των στερεών απορριμμάτων σε πλήρη απουσία οξυγόνου (Ανδρεαδάκης Α., 2015).

3. Θεσμικό Πλαίσιο Διαχείρισης & Αξιοποίησης Ιλύος

3.1. Ανασκόπηση του υφιστάμενου Ευρωπαϊκού Νομοθετικού Πλαισίου

Το κυριότερο νομοθετικό κείμενο για την διαχείριση της ιλύος αποτελεί η Οδηγία 86/278/ΕΟΚ, η οποία από το 1986 αποτέλεσε το κύριο μέσο που υιοθέτησε η Ευρωπαϊκή Ένωση για την εφαρμογή ιλύος σε γεωργικά εδάφη και για την ρύθμιση της χρήσης της έτσι ώστε να αποτραπούν οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στο περιβάλλον και στο έδαφος. Για να αποφευχθεί η συσσώρευση ρύπων, η οδηγία παρέχει προτάσεις που περιορίζουν τις συγκεντρώσεις ρυπαντικών στοιχείων στην ιλύ και στο γεωργικό έδαφος. Η Οδηγία εφαρμόστηκε ποικιλοτρόπως σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ μέσω των σχετικών εθνικών νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών τους διατάξεων. Τα βασικότερα σημεία στην Οδηγία 86/278/ΕΟΚ σχετικά με την διαχείριση της ιλύος, είναι οι οριακές τιμές ορισμένων συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων που τίθενται τόσο για την ιλύ όσο και για το έδαφος στο οποίο αυτή διατίθεται. Σύμφωνα με την Οδηγία τα κράτη μέλη μπορούν να θεσπίζουν αυστηρότερες διατάξεις από τις προβλεπόμενες από την Οδηγία και ότι οι διατάξεις αυτές πρέπει να ανακοινώνονται στην Επιτροπή. Επίσης, η Οδηγία θέτει διάφορους περιορισμούς σχετικά την εφαρμογή της ιλύος ανάλογα με τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στα εδάφη. Τέλος, υποχρεώνει τα κράτη μέλη να συγκεντρώνουν ορισμένες ουσιώδεις πληροφορίες και να διαβιβάζονται στην Επιτροπή με την μορφή περιοδικών εκθέσεων.

Σύμφωνα με την τελική έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που πραγματοποιήθηκε το 2014, αναφέρεται ότι η οδηγία πέτυχε γενικά τους αρχικούς της στόχους, αυξάνοντας την ποσότητα ιλύος που χρησιμοποιείται στη γεωργία και συμβάλλοντας στη μείωση της περιβαλλοντικής βλάβης, διασφαλίζοντας ότι τα βαρέα μέταλλα στο έδαφος και την ιλύ δεν υπερβαίνουν τα όρια που θέτει η οδηγία. Όλα τα κράτη μέλη πληρούν τις απαιτήσεις της Οδηγίας όσον αφορά τις οριακές τιμές βαρέων μετάλλων, αν και υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των κρατών μελών στα εφαρμοστέα όρια (τόσο στο έδαφος όσο και στην ιλύ). Τα περισσότερα κράτη μέλη έχουν υιοθετήσει αυστηρότερες οριακές τιμές από αυτές της οδηγίας. Υπάρχουν επίσης μεγάλες διακυμάνσεις στην ποσότητα της παραγόμενης ιλύος που χρησιμοποιείται στη γεωργία στα κράτη μέλη, που κυμαίνεται από καμία έως πάνω από 50%.

Γενικώς το κύριο όφελος της οδηγίας για την ιλύ είναι ο ρόλος της στην προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος από τις βλαβερές συνέπειες της ανεπεξέργαστης ιλύος στη γεωργία. Το βασικό μειονέκτημα της Οδηγίας είναι το κόστος

επεξεργασίας και διαχείρισης της ιλύος ώστε να διασφαλιστεί ότι πληροί τα πρότυπα ποιότητας της Οδηγίας.

Η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων επηρεάζει άμεσα τις δυνατότητες διαχείρισης και διάθεσης της ιλύος. Η συγκεκριμένη οδηγία επιτάσσει για όλους τους οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 2.000 κατοίκους την συλλογή και επεξεργασία των αστικών λυμάτων που έχει συνεπακόλουθο την παραγωγή ιλύος. Στην οδηγία πλαίσιο περιγράφονται τα κριτήρια της εκροής των λυμάτων τα οποία καθορίζουν κατ' επέκταση και την ποιότητα της παραγόμενης ιλύος. Η διάθεση της ιλύος πρέπει να υπόκειται σε γενικούς κανόνες και τα κράτη μέλη υποχρεούνται να καταγράφουν τις σχετικές δράσεις τους ώστε να υποβάλλουν έκθεση. Τέλος, απαγορεύεται η διάθεση της ιλύος σε επιφανειακά ύδατα από την 31/12/1998.

Εκτός της εφαρμογής επεξεργασμένης ιλύος σε γεωργικά εδάφη, μία ακόμα μέθοδος διαχείρισης αποτελεί η θερμική της επεξεργασία. Αν και η θερμική επεξεργασία της ιλύος δεν περιγράφεται στην Οδηγία 86/278/ΕΟΚ, υπάρχουν άλλες σχετικές οδηγίες που δίνουν κατευθύνσεις για την αποτέφρωση αποβλήτων. Οι δύο βασικές Οδηγίες είναι η Οδηγία 1999/30, η οποία ορίζει τις οριακές τιμές του διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του αζώτου και οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολυβδου, στον αέρα του περιβάλλοντος καθώς και η Οδηγία 2000/76/ΕΕ η οποία έχει ως αντικείμενο την πρόληψη ή τον περιορισμό των αρνητικών επιδράσεων της αποτέφρωσης και της συναποτέφρωσης αποβλήτων στο περιβάλλον.

Στην περίπτωση που η ιλύς οδηγηθεί προς υγειονομική ταφή θα πρέπει να τηρούνται τα μέτρα και οι διαδικασίες της Οδηγίας 1999/31 και τα κριτήρια και διαδικασίες αποδοχής της Οδηγίας 2003/33 για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων. Επιπλέον, στην υπ' αριθμόν 1999/31 Οδηγία δίνεται κατεύθυνση για τον περιορισμό της ταφής των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων, όπως είναι η ιλύς, και για την ενθάρρυνση ανακύκλωσης και ανάκτησης τους. Η τροποποίηση της Οδηγίας 1999/31 με την Οδηγία 2018/850 έθεσε μία νέα φιλόδοξη προοπτική στην διαχείριση των αστικών αποβλήτων. Βασικό σημείο για την διαχείριση της ιλύος αποτελεί η σταδιακή κατάργηση της υγειονομικής ταφής αποβλήτων. Συγκεκριμένα τίθεται στόχος για τα κράτη μέλη έως το 2035 να οδηγείται προς υγειονομική ταφή μόλις το 10% των αποβλήτων.

Η Οδηγία 2000/60/ΕΕ θεσπίζει ένα πλαίσιο κοινοτικής δράσης στον τομέα πολιτικής των υδάτων το οποίο έχει αντίκτυπο στην εδαφική διάθεση της ιλύος αφού έτσι μπορεί να επηρεαστεί η ποιότητα των υπογείων ή και των επιφανειακών υδάτων. Αντίστοιχα, η Οδηγία 2008/105/ΕΚ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος και η τροποποίηση

της με την υπ. Αριθμόν 2013/39/ΕΚ συνιστούν κατάλογο ουσιών προτεραιότητάς στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και θέτει περιορισμούς σε βαρέα μέταλλα όπως το νικέλιο, το κάδμιο, τον μόλυβδο και τον υδράργυρο.

Με την υπ' αριθμόν 2000/532 απόφαση της Επιτροπής και την σχετική τροποποίησή της 2001/188, εισάγεται ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ) προκειμένου να προσδιορίζεται η πηγή παραγωγής του αποβλήτου. Η ιλύς εμπίπτει στην κατηγορία 19 08 : «Απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μη προδιαγραφόμενα άλλως» και πιο συγκεκριμένα στις υποκατηγορίες : 19 08 01 «Εσχαρίσματα», 19 08 02 «Απόβλητα από την εξάμμωση» , 19 08 05 «Λάσπες από την επεξεργασία αστικών λυμάτων».

Η Οδηγία 2006/12 περί στερεών αποβλήτων συγκεντρώνει τις εργασίες διάθεσης των αποβλήτων μέσα στις οποίες περιγράφεται και αυτή της εναπόθεσης εντός ή επί του εδάφους που εφαρμόζεται στην περίπτωση της υγειονομικής ταφής. Επιπλέον συγκεντρώνονται οι εργασίες αξιοποίησης αρκετές από τις οποίες μπορούν να εκτελεστούν στην ιλύ, όπως η κύρια χρήση ως καύσιμο ή άλλο μέσο παραγωγής ενέργειας, η ανακύκλωση/ανάκτηση οργανικών ουσιών που δεν χρησιμοποιούνται ως διαλύτες, η ανακύκλωση/ανάκτηση άλλων ανοργάνων υλών, διασπορά στο έδαφος υπέρ της γεωργίας ή της οικολογίας.

Με στόχο την μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία από την παραγωγή και την διάθεση αποβλήτων, η Οδηγία 2008/98 θεσπίζει σημαντικά μέτρα όπως είναι ο αποχαρακτηρισμός των αποβλήτων, η διευρυμένη ευθύνη του παραγωγού, η πρόληψη παραγωγής αποβλήτων, ενώ παράλληλα τίθενται στόχοι για την ανάκτηση, την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση. Η αντίστοιχη τροποποίηση της Οδηγίας 2018/851 αναφέρεται στην μετάβαση στην κυκλική οικονομία και θέτει πιο αναλυτικά κριτήρια για τον αποχαρακτηρισμό των αποβλήτων, εντάσσει τα προγράμματα διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού και πρόληψης παραγωγής αποβλήτων καθώς και θέτει πιο αυστηρά μέτρα και προθεσμίες για την πρόληψη, την ανάκτηση και την ανακύκλωση των αποβλήτων. Τόσο η ευθύνη διαχείρισης των αποβλήτων όσο και οι στόχοι σχετικά με την ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση συνδέονται άμεσα με την συνολική διαχείριση της ιλύος.

Η Οδηγία 2009/28 που αποτελεί την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές αφορά την χρήση της ιλύος ως βιοκαύσιμο. Πιο

αναλυτικά, η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας μέσω της παραγωγής βιοαερίου ή της θερμικής της επεξεργασίας.

Η Οδηγία 2010/75 περί βιομηχανικών εκπομπών απαγορεύει την διάθεση της ιλύος σε οποιοδήποτε υδατικό σύστημα.

Ο πιο πρόσφατος Κανονισμός 2019/1009 ορίζει συγκεκριμένα κριτήρια για την τοποθέτηση της ιλύος στην αγορά ως προϊόν λίπανσης. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι «ένα προϊόν λίπανσης της ΕΕ επιτρέπεται να περιέχει κομπόστ που προέρχεται από αερόβια κομποστοποίηση από ιλύος» και ότι «ένα προϊόν λίπανσης της ΕΕ επιτρέπεται να περιέχει χώνευμα που προέρχεται από αναερόβια χώνευση από ιλύ». Επίσης, η Απόφαση 2015/2099 σχετικά με το κόμποστ υψηλής ποιότητας από τα προδιαλεγμένα οργανικά καθορίζει οικολογικά κριτήρια απονομής του οικολογικού σήματος της ΕΕ σε βελτιωτικά εδάφους.

Τέλος, σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την διάρκεια σύνταξης της παρούσας διπλωματικής μελέτης πραγματοποιήθηκε διαβούλευση σχετικά με την Οδηγία – Πρόταση για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων η οποία επηρεάζει άμεσα και έμμεσα την διαχείριση της ιλύος. Στην Οδηγία – Πρόταση εμφανίζονται κάποια βασικά σημεία που προσεγγίζουν τις βασικές μελλοντικές προκλήσεις στον τομέα της επεξεργασίας των λυμάτων. Αυτά είναι : η αναθεώρηση ορισμένων οριακών τιμών, η καταπολέμηση της ρύπανσης από μικροπλαστικά και μικρορύπους, η διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής της Οδηγίας και σε οικισμούς με φορτίο μεγαλύτερο από 1.000 ι.π., η ενεργειακή ουδετερότητα των ΕΕΛ και η κυκλική διαχείριση της ιλύος. Όλα τα παραπάνω διαμορφώνουν ένα διαφορετικό πλαίσιο και για την διαχείριση της ιλύος τόσο στην τελική της σύσταση που ενδέχεται να αλλάξει μέσω των νέων ορίων και των νέων ρύπων που θα ελέγχονται στα λύματα, όσο και στην ποσότητα που θα παράγεται εξ' αιτίας της σύνδεσης μεγαλύτερου ι.π. με το αποχετευτικό δίκτυο και των προηγμένων επεξεργασιών που εντάσσονται. Τέλος, θα επηρεαστεί και η τελική της διάθεση εξ' αιτίας της απαίτησης για ενεργειακή ουδετερότητα και για της ανάκτησης θρεπτικών συστατικών στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας. Συνοπτικά, το λοιπό Ευρωπαϊκό Νομοθετικό πλαίσιο εκτός της βασικής Οδηγίας 86/278, που αφορά την συνολικότερη διαχείριση της ιλύος, μπορεί να διακριθεί σε τρεις (3) γενικές κατηγορίες :

- ✓ **Πρόληψη Παραγωγής – Αξιοποίηση Στερεών Αποβλήτων** : όπου η ιλύς ως στερεό απόβλητο δύναται να διαχειρίζεται ως αξιοποιήσιμος πόρος και όχι ως απόβλητο, σύμφωνα με τις επιταγές των σχετικών Οδηγιών.
- ✓ **Διαχείριση – Διάθεση Ιλύος** : οι διάφορες Οδηγίες που περιγράφουν τις διαδικασίες που τηρούνται αναλόγως τον τρόπο διαχείρισης της ιλύος

(επαναχρησιμοποίηση ιλύος στην γεωργία, θερμική αξιοποίηση, υγειονομική ταφή).

- ✓ **Προστασία Ποιότητας Υδάτων** : το νομοθετικό πλαίσιο που ορίζει πρότυπα ποιότητας για τα ύδατα και κατ' επέκταση επηρεάζει την ποιότητα της ιλύος που οδηγείται προς εδαφική διάθεση.

Πρόληψη Παραγωγής - Αξιοποίηση Αποβλήτων

Οδηγία 2008/98 : Αποχαρακτηρισμός αποβλήτων - στόχοι για την ανάκτηση, ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση τους.
Οδηγία 2018/851 : Μετάβαση στην κυκλική οικονομία, προγράμματα διευρυμένης ευθύνης παραγωγού, προθεσμίες και μέτρα για την πρόληψη, ανάκτηση και ανακύκλωση των αποβλήτων.

Διαχείριση - Διάθεση Ιλύος

Οδηγία 1986/278 : Χρήση ιλύος καθαρισμού λυμάτων στην γεωργία.
Οδηγία 1991/271: Απαγόρευση διάθεσης σε επιφανειακά ύδατα.
Οδηγία 1999/30: Οριακές τιμές στον αέρα του περιβάλλοντος σε περίπτωση θερμικής αξιοποίησης.
Οδηγία 2000/76: Πρόληψη - περιορισμός επιπτώσεων αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης αποβλήτων.
Οδηγία 1999/31: Μέτρα & Διαδικασίες υγειονομικής ταφής - περιορισμός ταφής των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων.
Οδηγία 2000/33 : Κριτήρια αποδοχής υγειονομικής ταφής.
Οδηγία 2001/118: Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων με βάση την πηγή προέλευσης του αποβλήτου.
Οδηγία 2006/12 : Εργασίες Διάθεσης & Αξιοποίησης Αποβλήτων.
Οδηγία 2009/28 : Προώθηση της χρήσης Ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.
Οδηγία 2010/75: Απαγόρευση διάθεσης ιλύος σε οποιοδήποτε υδατικό σύστημα.
Απόφαση 2015/2099 : Κριτήρια σχετικά κοινοτικού οικολογικού σήματος σε βελτιωτικά εδάφους.
Οδηγία 2018/850: Υγειονομική ταφή έως το 10% των αποβλήτων έως το 2035.
Κανονισμός 2019/1009: Ορισμός κριτηρίων για την τοποθέτηση ιλύος στην αγορά ως προϊόν λίπανσης.

Προστασία Ποιότητας Υδάτων

Οδηγία 2000/60 : Πλαίσιο δράσης στην πολιτική των υδάτων.
Οδηγία 2008/105 & Οδηγία 2013/39 : Κατάλογος ουσιών προτεραιότητας.

Σχεδιάγραμμα 1 : Ευρωπαϊκό Νομοθετικό Πλαίσιο Διαχείρισης Ιλύος

3.2. Ανασκόπηση του υφιστάμενου Ελληνικού Νομοθετικού Πλαισίου

Το κύριο εθνικό θεσμικό πλαίσιο που αφορά στην αξιοποίηση της ιλύος περιγράφεται από την ΚΥΑ 80568/4225/1991 που αποτελεί την ενσωμάτωση της Οδηγίας 1986/278 στο εθνικό δίκαιο, χωρίς τροποποιήσεις. Αντίστοιχα, η ενσωμάτωση της Οδηγίας 1991/271 έγινε με την ΚΥΑ 400/5673/1997 στην οποία περιγράφονται τα μέτρα και οι όροι για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων.

Όσο αφορά την θερμική αξιοποίηση της ιλύος τα σχετικά εθνικά νομοθετήματα είναι η ΚΥΑ 82805/2224/1993 για την αποφυγή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την αποτέφρωση των αποβλήτων και η ΚΥΑ 22912/1117/2005 με την αντίστοιχη τροποποίηση της με την ΚΥΑ 36060/1155/Ε.103/2013, που ορίζουν μέτρα για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2010/75.

Στην ΚΥΑ 114218/1997 γίνεται κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων και πραγματοποιείται ειδική μνεία των διάφορων μεθόδων διαχείρισης ιλύος από ΕΕΛ (συμπύκνωση, βιολογική χώνευση, βελτίωση ιλύος, αφυδάτωση και ξήρανση της ιλύος, καύση, συν-κομποστοποίηση ιλύος με οργανικό κλάσμα οικιακών αποβλήτων). Επίσης στην ΚΥΑ 114218/1997 προστέθηκε οριακή τιμή στην παράμετρο του χρωμίου τόσο για την ιλύ που χρησιμοποιείται στην γεωργία (χρώμιο εξασθενές και τρισθενές) όσο και για την ποσότητα του ολικού χρωμίου που μπορεί να εισάγεται κατ' έτος στα καλλιεργημένα εδάφη με βάση ένα μέσο όρο 10 ετών. Η συγκεκριμένη νομοθεσία τροποποιήθηκε από την 56366/4351/2014 όπου καθορίζονται οι απαιτήσεις για εργασίες επεξεργασίας στο πλαίσιο μηχανικής - βιολογικής επεξεργασίας των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων και των χαρακτηριστικών των παραγόμενων υλικών ανάλογα με τις χρήσεις τους.

Όσο αφορά τα στερεά απόβλητα στα οποία εμπίπτει και η ιλύς, η ΚΥΑ 3508/2002 αποτυπώνει την κατεύθυνση της εθνικής στρατηγικής για τη μείωση των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων στους ΧΥΤΑ. Η ΚΥΑ 50910/2727/2003 εντάσσει τον Ευρωπαϊκό Κωδικό Αποβλήτων μέσα στα οποία εμπίπτει και η ιλύς λαμβάνοντας κωδικό κατά ΕΚΑ : 19 08 05 λάσπες από την επεξεργασία αστικών λυμάτων. Με την ίδια ΚΥΑ καθορίζεται ο Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης των μη επικίνδυνων αποβλήτων στα οποία περιλαμβάνεται και η ιλύς από ΕΕΛ.

Το έτος 2015 με την Υπουργική Απόφαση 4684/2015 έγινε κύρωση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) και του Εθνικού Στρατηγικού Σχεδίου Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων όπου τίθενται οι συγκεκριμένοι στόχοι για την

διαχείριση της ιλύος για το διάστημα 2015-2020. Αναλυτικά, οι στόχοι επικεντρώνονται στην μείωση διάθεσης ιλύος σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής με στόχο να μην ξεπερνά το 5% κατά βάρος επί της παραγόμενης ποσότητας (έως το 2020) και κατ' επέκταση η ανάκτηση ιλύος να είναι ίση με 95% κατά βάρος επί της παραγόμενης ποσότητας.

Αντίστοιχα, ο Εθνικός Σχεδιασμός για τον χρονικό ορίζοντα 2020-2030 στοχεύει στην προσαρμογή της διαχείρισης των αποβλήτων με στόχο τη μετάβαση της Ελλάδας προς την κυκλική οικονομία. Από τους βασικότερους στόχους αποτελεί η μείωση παραγωγής αποβλήτων αστικού τύπου για το 2030 σε σχέση με το 2020 και η ανάκτηση/αξιοποίηση/εκτροπή από ταφή του 80% των βιοδιασπάσιμων. Η βιώσιμη διαχείριση της ιλύος εμπίπτει σε αυτούς τους βασικούς στόχους και ως εκ τούτου γίνεται ειδική αναφορά σε αυτήν.

Ειδικότερα, το ΕΣΔΑ για την περίοδο 2020-2030 το οποίο εγκρίθηκε με την πράξη 39 της 31.8.2020/2020 «Έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (Ε.Σ.Δ.Α.) 2020» καθώς και η τροποποίηση του ΕΣΔΑ 2022 διατηρεί τους ίδιους στόχους για την διαχείριση της ιλύος με το ΕΣΔΑ 2015, αφού αν και προσεγγίστηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με το παρελθόν, δεν επιτεύχθηκαν ολοκληρωτικά.

Τα μέτρα που θα πρέπει να υλοποιηθούν για την αποτελεσματική επίτευξη των στόχων παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί μαζί με τους δείκτες παρακολούθησης που θα βοηθήσουν τους αρμόδιους φορείς να παρακολουθούν την πορεία υλοποίησής τους.

Σημειώνεται ότι από τη φύση του θέματος τα παρακάτω αναφερόμενα μέτρα, δείκτες, φορείς κ.λπ., είναι ενδεικτικά και όχι περιοριστικά.

Πίνακας 2: Ενδεικτικά προτεινόμενα μέτρα και δράσεις για τις ιλύες αστικού τύπου - Δείκτες Παρακολούθησης (ΕΣΔΑ 2020)

Μέτρο	Δείκτης παρακολούθησης	Χρονοδιάγραμμα	Φορέας
Κατασκευή νέων μονάδων επεξεργασίας ιλύος συνδεδεμένων με μεγάλες και μεσαίες ΕΕΛ, σύμφωνα με τα πρότυπα και προδιαγραφές. Υιοθέτηση συμβατικών ή προχωρημένων	1. Ποσότητες ιλύος αστικού τύπου σε αστικές ΕΕΛ, Βιομηχανία, Οργανισμούς Κοινής Ωφέλειας, και τουριστικές μονάδες, σε t	2020-2030	ΔΕΥΑ/Περιφερειακές Υπηρεσίες Περιβάλλοντος

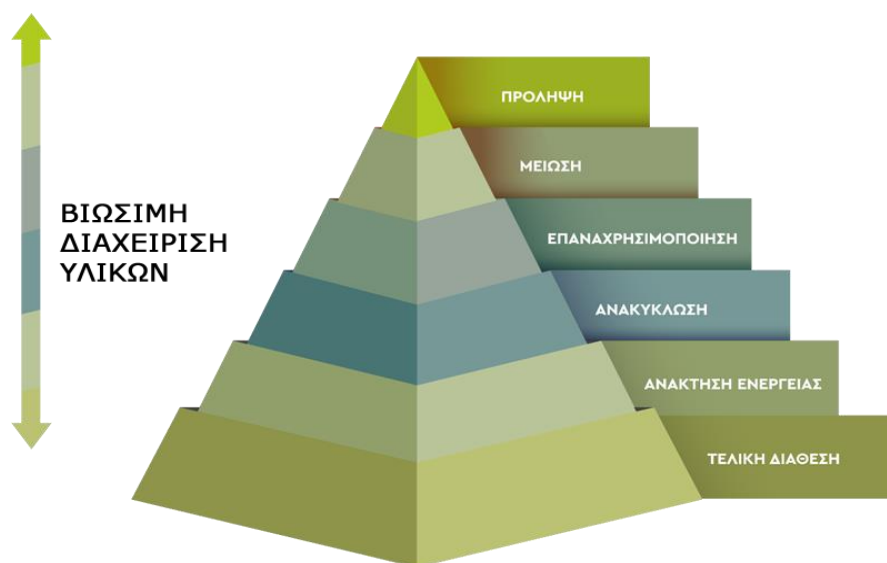
<p>τεχνολογιών επεξεργασίας ιλύος, αναλόγως του μεγέθους της ΕΕΛ και οικονομοτεχνικών κριτηρίων, ενδεικτικά: • Αναερόβια επεξεργασία στη μεσοφιλική/θερμοφιλική περιοχή συνοδευόμενη από θερμική επεξεργασία (παστερίωση) • Θερμοφιλική αερόβια επεξεργασία • Ηλιακή ή Θερμική Ξήρανση • Επεξεργασία με ασβέστη για την επίτευξη υψηλού pH και υψηλών θερμοκρασιών (Ασβεστοποίηση) • Κομποστοποίηση ή συγκομποστοποίηση με άλλα οργανικά απόβλητα</p>	<p>αφυδατωμένης και t ξηράς ιλύος/έτος</p> <p>2. Συνδεδεμένος πληθυσμός στις αστικές ΕΕΛ</p> <p>3. Αριθμός, είδος και δυναμικότητα σε t/έτος μονάδων επεξεργασίας ιλύος (συμβατικές/προχωρημένες)</p>		
<p>Αντιμετώπιση των δυσλειτουργιών στις προβληματικές γραμμές επεξεργασίας ιλύος των ΕΕΛ που κατασκευάστηκαν στο παρελθόν</p>	<p>Αριθμός, είδος και δυναμικότητα σε t/έτος μονάδων επεξεργασίας ιλύος (συμβατικές/προχωρημένες)</p>	<p>2020-2025</p>	<p>ΔΕΥΑ/ Περιφερειακές Υπηρεσίες Περιβάλλοντος</p>
<p>Παροχή οικονομικών κίνητρων – επιδοτήσεων σε ΦοΔΣΑ – ΟΤΑ – ΔΕΥΑ για την εφαρμογή συμβατικών ή προχωρημένων μεθόδων επεξεργασίας της ιλύος. Διερεύνηση δυνατότητας συνεπεξεργασίας ιλύος αστικού τύπου με το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ σε ΜΕΑ ή ΜΕΒΑ</p>	<p>1. Συνδεδεμένος πληθυσμός σε ΕΕΛ</p> <p>2. Αριθμός, είδος και δυναμικότητα σε t/έτος μονάδων επεξεργασίας ιλύος (συμβατικές/προχωρημένες)</p>	<p>2020-2030</p>	<p>ΥΠΕΝ /ΦΟΔΣΑ/συναρμόδια υπουργεία</p>

ή/και συνεπεξεργασία με τα ΑΣΑ σε μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης με θερμική επεξεργασία.			
Αξιοποίηση παραγόμενης ιλύος, έπειτα από συμβατική/ προχωρημένη επεξεργασία, με εφαρμογή στο έδαφος: • Γεωργία • Δασοπονία • Αποκατάσταση τραυματισμένων τοπίων (landscaping)	1. Αριθμός, είδος και δυναμικότητα σε t/έτος μονάδων επεξεργασίας ιλύος (συμβατικές/ προχωρημένες) 2. Ποσοστιαία συμμετοχή μεθόδων αξιοποίησης ιλύος	2020-2030	ΕΓΥ/ΔΕΥΑ/ Περιφερειακές Υπηρεσίες Περιβάλλοντος
Αξιοποίηση παραγόμενης ιλύος για ανάκτηση ενέργειας: • Ως εναλλακτικό καύσιμο σε τσιμεντοβιομηχανίες, ΑΗΣ, κλπ. • Σε μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης	1. Αριθμός, είδος και δυναμικότητα σε t/έτος μονάδων αξιοποίησης 2. Ποσοστιαία συμμετοχή μεθόδων αξιοποίησης ιλύος	2020-2030	ΕΓΥ/ΔΕΥΑ/ Περιφερειακές Υπηρεσίες Περιβάλλοντος
Προώθηση της εφαρμογής σε μικρού ή και μεσαίου μεγέθους ΕΕΛ απλών συστημάτων επεξεργασίας, όπως η ασβεστοποίηση και η τεχνική της επεξεργασίας σε τεχνητούς υδροβιότοπους (καλαμιώνες).	Αριθμός, είδος και δυναμικότητα σε t/έτος μονάδων επεξεργασίας ιλύος (συμβατικές/ προχωρημένες)	2021 και μετά	ΕΓΥ/ΔΕΥΑ/ Περιφερειακές Υπηρεσίες Περιβάλλοντος
Προώθηση ερευνητικών εφαρμογών για την ανάκτηση φωσφόρου από ιλύες.	1. Ποσότητα ιλύος ανά κάτοικο και χρόνο σε t DS/έτος 2. Ποσοστιαία συμμετοχή	2020-2030	ΔΕΥΑ/ Περιφερειακές Υπηρεσίες Περιβάλλοντος

	μεθόδων αξιοποίησης ιλύος		
Εκστρατείες ενημέρωσης των παραγωγών ιλύος και των γεωργών και ανθοπαραγωγών σχετικά με τους τρόπους διαχείρισής της ιλύος για εφαρμογή της επ' ωφελεία της γεωργίας.	Ποιοτική σύσταση ιλύος (έλεγχος τήρησης ορίων που τίθενται από τη νομοθεσία)	2020-2030	ΔΕΥΑ/ΟΤΑ Α' βαθμού/ Περιφερειακές Υπηρεσίες Περιβάλλοντος/σε συνεργασία με ΥΠΕΝ και ΥΠΑΤ
Εφαρμογή πιλοτικών προγραμμάτων για τη χρήση της ιλύος σε διάφορες καλλιέργειες.		2020-2030	ΔΕΥΑ/ Περιφερειακές Υπηρεσίες Περιβάλλοντος
Επικαιροποίηση και έκδοση του υφιστάμενου σχεδίου ΚΥΑ «Μέτρα, όροι και διαδικασίες για τη χρησιμοποίηση της ιλύος που προέρχεται από επεξεργασία οικιακών και αστικών λυμάτων καθώς και ορισμένων υγρών αποβλήτων. Αντικατάσταση της 80568/4225/1991 (Β'641) κοινής Υπουργικής απόφασης.»		2020-2024	ΥΠΕΝ / συναρμόδια υπουργεία
Μείωση της τελικά παραγόμενης ποσότητας ιλύος μέσω αξιολόγησης/ υιοθέτησης νέων τεχνολογιών και μεθόδων όπως η θερμική υδρόλυση, η βιοενίσχυση – βιοεξυγίανση με	1. Αριθμός, είδος και δυναμικότητα σε t/έτος μονάδων επεξεργασίας ιλύος (συμβατικές/ προχωρημένες) 2. Ποσοστιαία συμμετοχή	2021-2030	ΕΓΥ/ΔΕΥΑ/ Περιφερειακές Υπηρεσίες Περιβάλλοντος

κατάλληλους μικροοργανισμούς	μεθόδων αξιοποίησης ιλύος		
Σημαντική αύξηση του τέλους ταφής για την αποτροπή της διάθεσης σε ΧΥΤ	Ποσοστιαία συμμετοχή μεθόδων αξιοποίησης ιλύος	2020-2024	ΦΟΔΣΑ/ Περιφερειακές Υπηρεσίες Περιβάλλοντος
Βελτίωση της περιεκτικότητας σε επικίνδυνες/ανεπιθύμητες ουσίες.	Ποιοτική σύσταση ιλύος (έλεγχος τήρησης ορίων που τίθενται από τη νομοθεσία)	2020-2030	ΕΓΥ/ΔΕΥΑ/ Περιφερειακές Υπηρεσίες Περιβάλλοντος

Ακολούθως απεικονίζεται η ιεράρχηση των μεθόδων διαχείρισης των αποβλήτων όπως αποτυπώνονται στον Εθνικό Σχεδιασμό σύμφωνα με τις αρχές της βιωσιμότητας :



Εικόνα 2: Ιεράρχηση Μεθόδων Διαχείρισης Αποβλήτων

Όπως φαίνεται παραπάνω, η υγειονομική ταφή αποτελεί την τελευταία επιλογή και συγκεκριμένα ο στόχος που τίθεται είναι το μέγιστο ποσοστό αστικών αποβλήτων που θα καταλήγουν σε υγειονομική ταφή το 2030 να μην ξεπερνά το 10%. Πιο συγκεκριμένα για τις ιλύες αστικού τύπου με την ανάκτηση τους να είναι 95% η διάθεσή τους πρέπει να είναι 5%.

Με βάση τις ίδιες αρχές, ο πρόσφατος Νόμος 4819/2021 περιγράφει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων όπου γίνεται ενσωμάτωση των

Οδηγιών 2018/ 851 και 2018/852 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 30ής Μαΐου 2018 για την τροποποίηση της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ περί αποβλήτων και της Οδηγίας 94/62/ΕΚ. Στο πεδίο εφαρμογής αυτού του Νόμου εμπίπτει και η ιλύς ως απόβλητο – πόρος όπου δίνεται έμφαση στην πρόληψη παραγωγής και την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση.

Συνοπτικά, η αξιοποίηση της ιλύος σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία μπορεί να γίνει με τις ακόλουθες μεθόδους:

- ✓ Αξιοποίηση της παραγόμενης ιλύος έπειτα από συμβατική/προχωρημένη επεξεργασία με απευθείας εφαρμογή στο έδαφος για γεωργική χρήση τηρώντας την ΚΥΑ 80568/4225/91.
- ✓ Επανένταξη στο φυσικό περιβάλλον για αποκατάσταση λατομείων. Απαραίτητο είναι πριν την τελική χρήση της ιλύος για τους παραπάνω σκοπούς να είναι σταθεροποιημένη ή θα έχει υποστεί συν-επεξεργασία με άλλα μη επικίνδυνα βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα, όπως το οργανικό κλάσμα των αστικών αποβλήτων, σύμφωνα με την ΚΥΑ 50910/2727/2003.
- ✓ Ξήρανση της ιλύος και χρήση αυτής ως καυσίμου ύλης, σύμφωνα με την ΚΥΑ 50910/2727/2003. Χαρακτηριστικό παράδειγμα για την χώρα μας είναι η εγκατάσταση της Ψυτάλλειας όπου η ιλύς υπόκειται σε ξήρανση και αξιοποιείται ως καύσιμο σε εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου ή θερμοηλεκτρικά εργοστάσια.

Όπως περιγράφεται και ανωτέρω, οι δυνατότητες αξιοποίησης της ιλύος σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο είναι η εδαφική χρήση της και η ενεργειακή αξιοποίησή της.

Όσο αφορά την γεωργική χρήση της ιλύος, αυτή πλαισιώνεται όπως προαναφέρθηκε, από την Οδηγία 86/278 και της ελληνικής σχετικής νομοθεσίας ΚΥΑ 80568/4225/91 όπου τίθενται οι όροι για την χρησιμοποίηση της :

- ✓ Απαγόρευση της χρήσης ακατέργαστης ιλύος σε γεωργική γη εκτός εάν εγχέεται ή ενσωματώνεται στο έδαφος.
- ✓ Υποχρεωτικός έλεγχος για την ποιότητα της ιλύος και του εδάφους όπου χρησιμοποιείται. Στόχος του ελέγχου αυτού είναι να περιορίζεται η προσθήκη βαρέων μετάλλων σε καλλιεργημένα εδάφη είτε με το να καθορίζονται κατ' έτος οι μέγιστες ποσότητες ιλύος που μπορούν να προστεθούν, φροντίζοντας ώστε η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στην χρησιμοποιούμενη ιλύ να μην υπερβαίνει τις οριακές τιμές, είτε με το να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να τηρούνται οι οριακές τιμές για τις ποσότητες των βαρέων μετάλλων που μπορούν να προστεθούν στο έδαφος σε δεκαετή, κατά μέσον όρο, βάση. Εκτός από την συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων, η ιλύς και το έδαφος στο

οποίο χρησιμοποιείται υποβάλλονται σε αναλύσεις που περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό ξηράς ουσίας, οργανικής ύλης, pH, αζώτου και φωσφόρου.

- ✓ Η ιλύς δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε έδαφος το οποίο προορίζεται για καλλιέργειες οπωροκηπευτικών και σε λειμώνες ή εκτάσεις καλλιέργειας ζωοτροφών.
- ✓ Η ιλύς που προέρχεται από σταθμούς καθαρισμού μικρής δυναμικότητας οι οποίοι επεξεργάζονται κυρίως οικιακά λύματα, παρουσιάζουν μικρό κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου, των ζώων, των φυτών και του περιβάλλοντος, και συνεπώς, για την ιλύ αυτή επιτρέπεται η εξαίρεση από ορισμένες υποχρεώσεις που προβλέπονται στον τομέα της ενημέρωσης και της ανάλυσης.
- ✓ Η οδηγία ορίζει ένα χρονικό διάστημα μετά τη χρήση της ιλύος στο έδαφος πριν από το οποίο απαγορεύεται η βόσκηση των βοσκοτόπων ή οι κτηνοτροφικές καλλιέργειες συγκομιδή. Τα κράτη μέλη μπορούν να ορίσουν τη δική τους χρονική περίοδο ανάλογα με κλίμα και γεωγραφική θέση, αλλά ποτέ δεν θα είναι κάτω από τρεις εβδομάδες.
- ✓ Για την χρησιμοποίηση της ιλύος πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες θρέψης των φυτών και η υψηλή κινητικότητα των μετάλλων σε pH μικρότερο του 6.

Εκτός από την γεωργική χρήση της, η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό μέσω της παραγωγής κόμποστ, σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 114218/97 και της τροποποίησης της ΚΥΑ 56366/4351/2014. Η παραγωγή του κόμποστ μπορεί να γίνει με συν-διαχείριση της ιλύος και αστικών σύμμεικτων απορριμμάτων τηρώντας τα ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά που τίθενται από την ΚΥΑ 56366/4351/2014. Για την εξασφάλιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του κόμποστ τύπου Α τίθενται οριακές τιμές σε ορισμένα βαρέα μέταλλα, οργανικούς ρύπους, στις προσμίξεις, στην υγρασία, σε ζιζάνια και σε παθογόνους μικροοργανισμούς. Ωστόσο δεν υπάρχει ακόμη νομοθετικό πλαίσιο για την παραγωγή κόμποστ υψηλής ποιότητας, παρά μόνο για την παραγωγή CLO κόμποστ τύπου Α που προκύπτει από το οργανικό κλάσμα σύμμεικτων αστικών αποβλήτων.

Όσο αφορά την αποτέφρωση ή την συν-αποτέφρωση της ιλύος αυτή πλαισιώνεται από την Οδηγία 2000/76/ΕΕ και την ελληνική σχετική νομοθεσία ΚΥΑ 22912/1117/2005 με την τροποποίηση της ΚΥΑ 36060/1155/Ε.103/2013 όπου περιγράφονται οι δύο αυτές κατηγορίες. Συγκεκριμένα η βασική διάκριση μεταξύ αποτέφρωσης και συν - αποτέφρωσης αποτελεί η κύρια λειτουργία τους, όπου στην

περίπτωση της αποτέφρωσης γίνεται θερμική επεξεργασία με ή χωρίς ανάκτηση θερμότητας που εκλύεται κατά την καύση ενώ στις μονάδες συν-αποτέφρωσης η κύρια λειτουργία της είναι η παραγωγή ενέργειας. Η χρήση της ιλύος ως βιοκαύσιμο προωθείται και στην Οδηγία 2009/28 αφού αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Επιπλέον στην ίδια Οδηγία 2000/76/ ΕΕ καθορίζονται οι βασικές παράμετροι για την λειτουργία τους, καθώς και ορίζονται οριακές τιμές εκπομπών ατμοσφαιρικών εκπομπών. Επίσης αναφέρεται πως τα υγρά απόβλητα που παράγονται κατά την επεξεργασία των καυσαερίων από τις μονάδες αποτέφρωσης και συν – αποτέφρωσης θα πρέπει να υπόκεινται σε επεξεργασία πριν την διάθεση τους στο περιβάλλον ώστε να ικανοποιούνται οι προβλεπόμενες οριακές τιμές.

Συγκεκριμένα, ορίζονται οριακές τιμές για :

- ✓ Απαέρια από μονάδες αποτέφρωσης,
- ✓ Απαέρια από μονάδες συν-αποτέφρωσης σε τσιμεντοκλιβάνους,
- ✓ Απαέρια από μονάδες συν-αποτέφρωσης εκτός τσιμεντοκλιβάνων
- ✓ Υγρά απόβλητα από την επεξεργασία καυσαερίων

3.3. Ενσωμάτωση Οδηγίας 86/278 στα κράτη-μέλη της ΕΕ

Σύμφωνα με τα στοιχεία που συγκεντρώνονται από τα κράτη-μέλη και συλλέγονται στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, φαίνεται πως όλα τα κράτη μέλη έχουν πλέον παράσχει στην Επιτροπή λεπτομέρειες σχετικά με τις νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις τους που εισήχθησαν για την ενσωμάτωση της Οδηγίας για την ιλύ λυμάτων στην εθνική νομοθεσία.

Η πλειονότητα των κρατών μελών έχει θεσπίσει μέτρα που είναι αυστηρότερα από εκείνα της οδηγίας. Οι πέντε που δεν έχουν θεσπίσει αυστηρότερα όρια είναι οι : Ελλάδα, Εσθονία, Ιρλανδία, Λετονία και Μάλτα.

Οριακές Τιμές Συγκεντρώσεων στα Βαρέα Μέταλλα

Όπως προαναφέρθηκε, βασικό μέτρο για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας από τις αναμενόμενες δυσμενείς επιπτώσεις της διάθεσης της ιλύος στην γεωργική γη, αποτελεί σύμφωνα με την Οδηγία 86/278 η τήρηση συγκεκριμένων ορίων σε ορισμένες παραμέτρους. Οι παράμετροι που απαιτείται ο έλεγχος τους είναι έξι βαρέα μέταλλα : κάδμιο (Cd), χαλκός (Cu), νικέλιο (Ni), μόλυβδος (Pb), ψευδάργυρος (Zn) και υδράργυρος (Hg). Στην Οδηγία επίσης αναφέρεται ότι χρειάζεται να γίνεται παρακολούθηση του χρωμίου χωρίς όμως να τίθεται οριακή τιμή.

Σε αυτή την ενότητα συγκεντρώνονται οι οριακές τιμές συγκεντρώσεων για τα βαρέα μέταλλα στο έδαφος, στην ιλύ που προορίζεται για γεωργική χρήση αλλά και τα μέγιστα ετήσια φορτία βαρέων μετάλλων που προστίθενται ετησίως στην γεωργική γη όπως έχουν καθοριστεί από τα διάφορα κράτη μέλη σύμφωνα με τις επιταγές της Οδηγίας 86/278.

Σημειώνεται ότι οι διάφορες οριακές τιμές για τα βαρέα μέταλλα δίνονται με pH 6 έως pH 7 αφού σε αυτό το εύρος επιτρέπεται η εδαφική διάθεση της ιλύος, διότι σε όξινα εδάφη τα όρια θα έπρεπε να είναι αυστηρότερα λόγω της μεγαλύτερης διαλυτότητας και επομένως και κινητικότητας των μετάλλων σε χαμηλές τιμές pH.

3.3.1. Οριακές Συγκεντρώσεις Βαρέων Μετάλλων στο Έδαφος

Πίνακας 3: Επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Cr και Zn στο έδαφος (mg/kg DM παραγόμενης ιλύος) ανά κράτος – μέλος, European Commission 2018

Κράτη -Μέλη	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	Cr
Σουηδία	0,4	40	30	40	100	0,3	60
Τσεχική Δημοκρατία	0,5	60	50	60	120	0,3	90
Δανία	0,5	40	15	40	100	0,5	30
Φιλανδία	0,5	100	60	60	150	0,2	200
Ολλανδία	0,8	36	35	85	140	0,3	100
Λετονία	0,9	70	70	40	100	0,5	90
Ουγγαρία	1,0	75	40	100	200	0,5	75
Ιρλανδία	1,0	50	30	50	150	1	-
Σλοβακία	1,0	50	50	70	150	0,5	60
Σλοβενία	1,0	60	50	85	200	0,8	100
Ισπανία	1,0	50	30	50	150	1	100
Κροατία	1,5	100	70	100	200	1	100
Γερμανία	1,5	60	50	100	200	1	100
Ιταλία	1,5	100	75	100	300	1	-
Λιθουανία	1,5	80	60	80	200	1	80
Μάλτα	1,5	100	70	100	200	1	100
Αυστρία	2,0	100	70	100	260	1,5	100
Βέλγιο	2,0	50	50	100	200	1,3	100
Βουλγαρία	2,0	50	50	100	200	1	100
Γαλλία	2,0	100	50	100	300	1	150
Λουξεμβούργο	2,0	100	75	200	300	1,5	150
Κύπρος	3,0	140	75	300	300	1,5	-
Εσθονία	3,0	50	50	100	300	1,5	100
Ελλάδα	3,0	140	75	300	300	1,5	-
Πολωνία	3,0	75	50	80	180	1,5	100
Πορτογαλία	3,0	100	75	300	300	1,5	200
Ρουμανία	3,0	100	50	50	300	1	100
Ηνωμένο Βασίλειο	3,0	135	75	300	300	1	-

Όριο Οδηγίας 86/278	1,0-3,0	50-140	30-75	50-300	150-300	1,0-1,5	-
--------------------------------	---------	--------	-------	--------	---------	---------	---

Όλες οι οριακές τιμές για τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο έδαφος που αναφέρθηκαν από τα κράτη μέλη είναι είτε εντός είτε χαμηλότερες από τα όρια που επιτρέπονται από την οδηγία.

Η Δανία και η Σουηδία έχουν επανειλημμένα θέσει χαμηλότερα όρια σε κάθε περίπτωση. Τα κράτη-μέλη που εξακολουθούν να έχουν όρια κοντά σε αυτά της Οδηγίας είναι η Βουλγαρία, η Γαλλία, η Ελλάδα, η Εσθονία, η Ιρλανδία, η Ισπανία, η Ιταλία, η Κύπρος, η Λετονία και η Ουγγαρία.

3.3.2. Συγκεντρώσεις Βαρέων Μετάλλων στην Ιλύ που προορίζεται για γεωργική χρήση

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται οι εθνικές οριακές τιμές των κρατών μελών για τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην ιλύ που προορίζεται για χρήση στη γεωργία.

Πίνακας 4: Επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Cr και Zn στην ιλύ (mg/kg DM παραγόμενης ιλύος) ανά κράτος μέλος, European Commission 2018

Κράτη -Μέλη	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	Cr
Σουηδία	2	600	50	100	800	2,5	100
Τσεχική Δημοκρατία	5	500	100	200	2.500	2,5	100
Δανία	0,8	1.000	30	120	4.000	0,8	100
Φιλανδία	1,5	600	100	100	1.500	1	300
Ολλανδία	1,25	75	30	100	300	0,75	75
Λετονία	10	800	200	500	2.500	10	600
Ουγγαρία	10	1.000	200	750	2.500	10	1.000
Ιρλανδία	-	-	-	-	-	-	-
Σλοβακία	10	1.000	300	750	2.500	10	1.000
Σλοβενία	2	300	70	100	1.200	2	150
Ισπανία	20	1.000	300	750	2.500	16	1.000
Κροατία	5	600	80	500	2.000	5	500
Γερμανία	10	800	200	900	2.500	8	900
Ιταλία	20	1.000	300	750	2.500	10	-
Λιθουανία	20	1.000	300	750	2.500	8	400
Μάλτα	5	800	200	500	2.000	5	800
Αυστρία	10	500	100	50	2.000	10	500
Βέλγιο	6	600	100	500	2.000	5	500
Βουλγαρία	30	1.600	350	800	3.000	16	500
Γαλλία	10	1.000	200	800	3.000	10	1.000
Λουξεμβούργο	2,5	700	80	200	3.000	1,6	100
Κύπρος	40	1.750	400	1.200	4.000	25	-

Εσθονία	20	1.000	300	750	2.500	16	1.000
Ελλάδα	40	1.750	400	1.200	4.000	25	-
Πολωνία	10	800	100	500	2.500	5	500
Πορτογαλία	20	1.000	300	750	2.500	16	1.000
Ρουμανία	10	500	100	300	2.000	5	500
Ηνωμένο Βασίλειο	-	-	-	-	-	-	-
Όριο Οδηγίας 86/278	20-40	1.000-1.750	300-400	750-1.200	2.500-4.000	16-25	-

Όλες οι οριακές τιμές που τέθηκαν από τα διάφορα κράτη μέλη για τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην ιλύ που προορίζεται για χρήση στην γεωργία ήταν είτε εντός των ορίων που επιτρέπονται από την Οδηγία 86/278 είτε χαμηλότερες.

Η Αυστρία, το Βέλγιο, η Κροατία, η Φινλανδία, η Μάλτα, η Ρουμανία, η Σλοβενία και η Σουηδία έχουν θέσει οριακές τιμές χαμηλότερες από αυτές που περιγράφονται στην Οδηγία για όλες τις παραμέτρους. Από την άλλη μεριά, η Κύπρος και η Ελλάδα έχουν θέσει το υψηλότερο όριο που επιτρέπεται από την Οδηγία για όλες τις παραμέτρους. Η Ιρλανδία και το Ηνωμένο Βασίλειο δεν έχουν θέσει οριακές τιμές για τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην ιλύ, αλλά και οι δύο χώρες έχουν ορίσει ένα πλήρες φάσμα μέγιστων ποσοτήτων για την προσθήκη βαρέων μετάλλων στη γεωργική γη, ώστε να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις της Οδηγίας.

Είναι προφανές ότι από τα κράτη-μέλη της Ε.Ε. τα αυστηρότερα όρια έχουν θεσπιστεί για τα πιο τοξικά βάρεια μέταλλα, τον υδράργυρο και το κάδμιο (στο 67% των 27 χωρών). Αντίθετα για τον ψευδάργυρο έχουν θεσπιστεί οι οριακές τιμές της Οδηγίας 86/278/EEC (στο 33% των 27 χωρών) (Hudcová et al., 2019).

3.3.3. Ποσότητες βαρέων μετάλλων που προστίθενται ετησίως στη γεωργική γη

Ακολουθώς παρουσιάζονται οι εθνικές οριακές τιμές των κρατών μελών για τις ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να προστίθενται ετησίως στη γεωργική γη (βάσει δεκαετούς μέσου όρου).

Συνολικά 22 κράτη μέλη έχουν θέσει εθνικά όρια που συνάδουν με αυτήν την απαίτηση. Η Βουλγαρία, η Κροατία, η Τσεχική Δημοκρατία, η Γερμανία, η Ιταλία και η Πολωνία δεν έχουν θέσει οριακές τιμές για την ποσότητα βαρέων μετάλλων που μπορεί να προστίθενται ετησίως στη γεωργική γη. Ωστόσο, καθώς έχουν θέσει οριακές τιμές για τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην ιλύ που χρησιμοποιείται στη γεωργία, συμμορφώνονται με την Οδηγία αφού επιτρέπεται στα κράτη μέλη είτε να ορίζουν τέτοιες οριακές τιμές είτε να ορίζουν μέγιστες ποσότητες για προσθήκη στη γεωργική γη.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα κράτη μέλη εφαρμόζουν και τις δύο επιλογές, υποδεικνύοντας την κατεύθυνση τους προς τη διασφάλιση υψηλότερης περιβαλλοντικής προστασίας του γεωργικού εδάφους.

Πίνακας 5: Επιτρεπτά όρια ποσότητας Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Cr και Zn που μπορούν να εισάγονται ετησίως στη γεωργική γη με βάση ένα μέσο όρο 10 ετών (kg/ha/έτος) , European Commission 2018

Κράτη -Μέλη	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	Cr
Σουηδία	0	0,3	0,025	0,025	0,6	0,0015	0,04
Τσεχική Δημοκρατία	-	-	-	-	-	-	-
Δανία	0,01	7,5	0,21	0,84	28	0,01	0,7
Φιλανδία	0,0015	0,6	0,1	0,1	1,5	0,0015	0,3
Ολλανδία	0	0,2	0,06	0,2	0,6	0	0,2
Λετονία	0,035	1,2	0,3	0,35	6	0,01	0,7
Ουγγαρία	0,15	12	2	10	30	0,1	10
Ιρλανδία	0,05	7,5	3	4	7,5	0,1	3,5
Σλοβακία	0,03	3	0,9	2,3	7,5	0	3
Σλοβενία	0,02	7	0,8	2,5	12	0	2
Ισπανία	0,15	12	3	15	30	0,1	3
Κροατία	-	-	-	-	-	-	-
Γερμανία	-	-	-	-	-	-	-
Ιταλία	-	-	-	-	-	-	-
Λιθουανία	0,15	12	3	15	30	0,1	10
Μάλτα	0,015	2,4	0,6	1,5	6	0,015	2,4
Αυστρία	0,006	1,8	0,3	4,5	5	0	1,3
Βέλγιο	0,15	12	3	15	30	0,1	1
Βουλγαρία	-	-	-	-	-	-	-
Γαλλία	0,15	12	3	9	30	0,1	12
Λουξεμβούργο	0,15	12	3	15	30	0,1	4,5
Κύπρος	0,15	12	3	15	30	0,1	-
Εσθονία	0,15	3	3	15	30	0,1	4,5
Ελλάδα	0,15	12	3	15	30	0,1	5
Πολωνία	-	-	-	-	-	-	-
Πορτογαλία	0,15	12	3	15	30	0,1	4,5
Ρουμανία	0,15	12	3	15	30	0,1	12
Ηνωμένο Βασίλειο	0,15	10	3	15	15	0,1	-
Όριο Οδηγίας 86/278	0,15	12	3	15	30	0,1	-

Όλες οι οριακές τιμές που έχουν θέσει τα κράτη μέλη για τις ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να προστεθούν ετησίως σε γεωργική γη ήταν ίσες ή χαμηλότερες από τις οριακές τιμές που αναφέρονται στην Οδηγία. Η Κύπρος, Εσθονία, Ελλάδα , η Λιθουανία, το Λουξεμβούργο, η Πορτογαλία, η Ρουμανία και η Ισπανία έχουν καθορίσει οριακές τιμές ίσες με αυτές που αναφέρονται στην οδηγία.

Η Βουλγαρία, η Κροατία, η Τσεχική Δημοκρατία, η Γερμανία και η Ιταλία και η Πολωνία δεν θέτουν οριακές τιμές για ετήσιες ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να προστεθούν σε γεωργική γη αλλά θέτουν οριακές τιμές για τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην ιλύ, το οποίο όπως προαναφέρθηκε είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις της Οδηγίας.

Από την άλλη πλευρά, η Ιρλανδία έχει θέσει οριακές τιμές για τις ετήσιες ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να προστεθούν στη γεωργική γη, αλλά δεν έχει θέσει οριακές τιμές για τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην ιλύ.

Συμπερασματικά από τους τρεις παραπάνω πίνακες, φαίνεται πως όλα τα κράτη μέλη εξακολουθούν να ευθυγραμμίζονται με την οδηγία είτε καθορίζοντας τις μέγιστες ποσότητες ιλύος που πρέπει να εφαρμόζονται στο έδαφος είτε τηρώντας τις οριακές τιμές για τα βαρέα μέταλλα που εισάγονται στο έδαφος.

Οριακές Τιμές Παραμέτρων εκτός των επιταγών της Οδηγίας 86/278

Στον ακόλουθο πίνακα, φαίνονται τα επιτρεπτά όρια, που έχουν θεσπίσει ορισμένα κράτη μέλη της Ε.Ε. για το χρώμιο (Cr), το αρσενικό (As), το κοβάλτιο (Co), το μολυβδαίνιο (Mo) και το σελήνιο (Se) που δε ρυθμίζονται από την Οδηγία για την ιλύ.

Πίνακας 6: Επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης Cr, As, Mo, Co και Se στην ιλύ (mg/kg DM παραγόμενης ιλύος) (Μήτσιου Π., 2019, Hudcová et al., 2019)

Κράτη/Περιοχές	Cr	As	Mo	Co	Se
Άνω Αυστρία	400				
Κάτω Αυστρία	50			10	
Καρινθία	100				
Μπούρκενλαντ	500				
Στυρία	70	20	20	100	
Φόραλμπεργκ	300				
Βέλγιο (Βαλλωνία)	500				
Βέλγιο (Φλάνδρα)	250	150			
Βουλγαρία	500	25			
Γαλλία	1.000				
Γερμανία (διάταξη BMU,2002)	900				

Γερμανία (προτείνονται νέα όρια)	80				
Δανία	100	25			
Ελλάδα	500 Cr III και 10 Cr IV				
Εσθονία	1.200				
Ισπανία pH εδάφους >7 pH εδάφους <7	1.500 1.000				
Κάτω Χώρες	75	15			
Κροατία	500				
Κύπρος					
Λετονία	600				
Λιθουανία	400				
Λουξεμβούργο	100				
Μάλτα	800				
Ουγγαρία	1.000 1(Cr VI)	75	20	50	100
Πολωνία	500				
Πορτογαλία	1.000				
Ρουμανία	500	10	50		
Σλοβακία	1.000	20			
Σλοβενία	150				
Σουηδία	100				
Τσεχική Δημοκρατία	200				
Φιλανδία	300				

Αντίστοιχα στον πίνακα 7, φαίνονται τα επιτρεπτά όρια, που έχουν θεσπίσει ορισμένα κράτη μέλη της Ε.Ε. για επιλεγμένους οργανικούς μικρορύπους που δεν ρυθμίζονται από την Οδηγία για την ιλύ.

Πίνακας 7: Όρια συγκέντρωσης επιλεγμένων οργανικών μικρορύπων στην ιλύ (mg/kg DM παραγόμενης ιλύος) (Μήτσιου Π., 2019, Hudcová et al., 2019)

Κράτη/Περιοχές	AOX	DEHP	LAS	NP/NPE	PAH	PCB	PCDD/F
EC (2000) ^a	500	10 0	2.600	50	6 ^b	0,8 ^c	100
EC (2003) ^a			5.000	450	6 ^b	0,8 ^c	100
Άνω Αυστρία	500					0,2 ^d	100
Κάτω Αυστρία	500					0,2 ^d	100
Καρινθία	500				6 ^b	1	50
Στυρία	500				6		
Φόραλμπεργκ	-					0,2 ^d	100
Βέλγιο						0,8 ^c	
Βουλγαρία					6,5	1	
Γαλλία					Φλουορανθέ νιο: 4 Βενζο(b)φλο υορανθένιο: 2,5 Βενζο(a)πυρ ένιο: 1,5	0,8 ^c	
Γερμανία (διάταξη BMU,2002)	500					0,2 ^e	100
Γερμανία (διάταξη BMU,2007) ^f	400				Benzo(a)πυ ρένιο: 1	0,1 ^e	30
Δανία		50	1.300	10	3 ^b		
Κροατία						0,2	100
Λουξεμβούργο					20	0,2 ^d	20
Ουγγαρία					10	1 ^c	
Ρουμανία					5 ^b	0,8 ^c	
Σουηδία	-	-	-	50	3 ^b	0,4 ^c	-
Τσεχική Δημοκρατία	500				10	0,6	

- a* Προτεινόμενες αλλά αποσυρθείσες τιμές
b Σύνολο από: Ακεναφθένιο, Φλουορένιο, Φαιναθρένιο, Φλουροανθένιο, Πυρένιο,
Βενζο(a)ανθρακένιο, Βενζο(gήi)περυλένιο, Ινδενο(1,2,3-cd)πυρένιο
c Σύνολο 7 ομοειδών: PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180
d Σύνολο 6 ομοειδών: PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180
e Ανά ομοιογενή ένωση
f Προτεινόμενα νέα όρια στη Γερμανία (BMU 2007)

Τέλος, στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται τα επιτρεπτά όρια, που έχουν θεσπίσει ορισμένα κράτη μέλη της Ε.Ε. για ορισμένους παθογόνους μικροοργανισμούς.

Πίνακας 8: Όρια για μέγιστες συγκεντρώσεις ορισμένων παθογόνων οργανισμών (Μήτσιου Π., 2019, Hudcová et al., 2019)

Κράτη/Περιοχές	Σαλμονέλα	Άλλα Παθογόνα
Βουλγαρία	Κανένα περιστατικό σε 20g	Escherichia coli (Εσερίχια κόλι) <500cfu/g Escherichia coli <100MPN/g Helminths eggs and larvae (προνύμφες): 1μονάδα/kg DM
Γαλλία	8MPN/10g DM	Enterovirous (Εντεροϊού): 3MPCN/10g DM Helminths eggs (Παράσιτα): 3/10g DM
Δανία^a	Κανένα περιστατικό	Faecal streptococci (Στρεπτόκοκκοι κοπράνων): <100/g
Καρινθία	Κανένα περιστατικό σε 1g	Enterococci (Εντερόκοκκοι) <10 ³ g Όχι Helminths eggs
Κάτω Αυστρία	Κανένα περιστατικό σε 1g	Escherichia coli <100cfu Όχι Helminths eggs
Ιταλία	1.000MPN/g DM	
Λιθουανία		Escherichia coli ≤1.000cfu/g Clostridium perfringens ≤100.000cfu/g Helminths eggs and larvae: 0μονάδες/kg
Λουξεμβούργο		Enterobacteria (Εντεροβακτηρίδια): 100/g

		Όχι Helminths eggs που πιθανόν να είναι μεταδοτικά
Πολωνία	Η ιλύς δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία αν περιέχει σαλμονέλα	
Πορτογαλία	Κανένα περιστατικό σε 50g	Escherichia coli ≤ 1.000 cfu/g
Σλοβακία		Faecal streptococci $< 2 \times 10^6$ cfu/g DM
Τσεχία^b	Κανένα περιστατικό σε 50g	Escherichia coli ή Enterococci $< 10^3$ (σε 4 από 5 δείγματα) $< 5 \cdot 10^3$ (σε 1 από 5 δείγματα)
Φιλανδία	Κανένα περιστατικό σε 25g	Escherichia coli < 1.000 cfu

a Μόνο για προηγμένη επεξεργασία ιλύος

b Ελέγχονται 5 δείγματα

Προκειμένου να ενισχυθεί η περιβαλλοντική προστασία του εδάφους αλλά και της ανθρώπινης υγείας στο μέλλον, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στηρίζει πως τα κράτη μέλη που σήμερα κάνουν το ελάχιστο για την εφαρμογή της οδηγίας θα πρέπει να προσπαθήσουν να θέσουν αυστηρότερα όρια για τα βαρέα μέταλλα στην ιλύ αλλά και για τη ποσότητα τους που προστίθεται στη γη. Επιπλέον, απαραίτητη κρίνεται και η προσθήκη οριακών τιμών για το χρώμιο από τα κράτη μέλη που δεν έχουν θέσει ακόμη.

3.4. Ανασκόπηση Νομοθετικού Πλαισίου Ηνωμένων Πολιτειών

Στην ενότητα αυτή πραγματοποιείται μία ανασκόπηση του νομοθετικού πλαισίου που έχει τεθεί από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (EPA), ώστε να εξεταστεί μία ακόμη προσέγγιση εκτός της ευρωπαϊκής.

Το βασικότερο νομοθέτημα των Ηνωμένων Πολιτειών είναι αυτό περί καθαρών υδάτων (Clean Water Act) το οποίο καθιερώνει τη βασική δομή για τη ρύθμιση των απορρίψεων ρύπων στα ύδατα των Ηνωμένων Πολιτειών και τη ρύθμιση των προτύπων ποιότητας για τα επιφανειακά ύδατα.

Ο Νόμος CWA του 1972 και οι τροποποιήσεις του διέπουν τα θέματα της ρύπανσης των υδάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες και έχει κεντρική θέση στον στόχο της EPA για την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος. Τμήμα του αντικείμενου αυτού

του Νόμου είναι η θέσπιση ορίων και πρακτικών διαχείρισης που προστατεύουν τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον από τις αναμενόμενες δυσμενείς επιπτώσεις των χημικών και μικροβιακών ρύπων κατά τη χρήση ή τη διάθεση της ιλύος. Τα πρότυπα αυτά ρυθμίζουν την ιλύ που εφαρμόζεται στο έδαφος, οδηγείται προς αποτέφρωση ή διατίθεται επί του εδάφους. Περιλαμβάνει όρια ρύπων, απαιτήσεις για μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών, πρακτικές διαχείρισης, παρακολούθηση και τήρηση αρχείων.

Συγκρίνοντας το νομοθετικό πλαίσιο των Ηνωμένων Πολιτειών σε σχέση με αυτό της Ευρώπης, στις Ηνωμένες Πολιτείες η διαχείριση της ιλύος πραγματοποιείται κυρίως σε ομοσπονδιακό επίπεδο από την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (EPA) ενώ στην Ευρώπη η διαχείριση της ιλύος διαχειρίζεται κατά κύριο λόγο από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ).

Η EPA έχει θεσπίσει εθνικά πρότυπα για τη διαχείριση της ιλύος βάσει του νόμου περί καθαρών υδάτων (CWA), ο οποίος θέτει όρια σε ορισμένους ρύπους που μπορεί να υπάρχουν στην ιλύ που προορίζεται για χρήση. Η ΕΕ με κύριο νομοθέτημα την Οδηγία 86/278 που θέτει πρότυπα για την χρήση της ιλύος που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα, έχει θεσπίσει παράλληλα και μια σειρά από οδηγίες και κανονισμούς που σχετίζονται με τη διαχείριση της ιλύος.

Προκειμένου να καταστεί ασφαλής η επαναχρησιμοποίηση, τόσο η EPA όσο και η ΕΕ έχουν θεσπίσει πρότυπα για τη χρήση της ιλύος. Σύμφωνα και με τα δύο νομοθετήματα απαιτείται ο έλεγχος της συγκέντρωσης ορισμένων βαρέων μετάλλων, ενώ η EPA θέτει και συγκεκριμένα πρότυπα για την μείωση των παθογόνων ανάλογα με την τελική χρήση της ιλύος. Στην περίπτωση της αποτέφρωσης τίθενται ρυθμιστικό όριο και για τους υδρογονάνθρακες.

Όσο αφορά στα παθογόνα, οι απαιτήσεις για την μείωση τους στην ιλύ χωρίζονται σε δύο κατηγορίες γνωστές ως Κατηγορία Α και Κατηγορία Β. Ο στόχος των απαιτήσεων της Κλάσης Α είναι η μείωση των παθογόνων στην ιλύ έως κάτω ανιχνεύσιμα όρια, ενώ οι απαιτήσεις της Κλάσης Β στοχεύουν να διασφαλίσουν ότι τα παθογόνα έχουν μειωθεί σε επίπεδα που είναι απίθανο να αποτελέσουν απειλή για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Η ιλύς κατηγορίας Α μπορεί να χρησιμοποιηθεί απεριόριστα (υπόκειται σε περιορισμούς για τα βαρέα μέταλλα) ενώ η Κλάση Β μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό περιορισμούς και για συγκεκριμένες διαχειριστικές πρακτικές (Andreadakis et al., 2002).

Πιο αναλυτικά, η ιλύς της κατηγορίας Α, γνωστή και ως ιλύς «υψηλής ποιότητας», έχει χαμηλά επίπεδα ρύπων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς περιορισμούς. Πληροί τις πιο

αυστηρές απαιτήσεις και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς, όπως λίπανση καλλιεργειών για ανθρώπινη κατανάλωση ή δημόσια επαφή. Η ιλύς της κατηγορίας Α έχει υποβληθεί σε διαδικασίες επεξεργασίας που μειώνουν αποτελεσματικά τα παθογόνα και συμμορφώνεται σε πιο αυστηρά όρια για τα βαρέα μέταλλα, καθιστώντας την ασφαλή για χρήση.

Η ιλύς κατηγορίας Β, γνωστή και ως ιλύς «μη υψηλής ποιότητας», περιέχει υψηλότερα επίπεδα ρύπων και απαιτεί πρόσθετη επεξεργασία ή περιορισμούς στη χρήση της για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος. Μπορεί να περιέχει παθογόνα, βαρέα μέταλλα που δεν έχουν μειωθεί στον ίδιο βαθμό με τη λάσπη της κατηγορίας Α. Η λάσπη της κατηγορίας Β μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για συγκεκριμένους σκοπούς, όπως η εφαρμογή εδάφους που δεν συνεπάγεται άμεση επαφή με καλλιέργειες που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή δημόσια πρόσβαση.

Παρακάτω ακολουθεί ένας συγκριτικός πίνακας των ορίων που τίθενται στα βαρέα μέταλλα από τις Ηνωμένες Πολιτείες και την ΕΕ στην περίπτωση εδαφικής διάθεσης στην γεωργία:

Πίνακας 9: Συγκριτικός Πίνακας Επιτρεπτών ορίων συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στην ιλύ (mg/kg DM παραγόμενης ιλύος) στην ΕΕ (Οδηγία 86/278/ΕΟΚ) και στα ΗΕ (Part 503 Rule-Φεβρουάριος 2019)

Παράμετρος (mg/kg ξηράς ουσίας)	ΕΡΑ	ΕΕ
Αρσενικό	75	-
Χρώμιο	1.200	-
Κάδμιο	85	40
Χαλκός	4.300	1.750
Μόλυβδος	840	1.200
Υδράργυρος	57	25
Μολυβδαίνιο	75	-
Νικέλιο	420	400
Σελήνιο	1.000	-
Ψευδάργυρος	7.500	4.000

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, η ΕΡΑ θέτει όρια σε τέσσερα επιπλέον βαρέα μέταλλα (αρσενικό, σελήνιο, μολυβδαίνιο, χρώμιο) σε σχέση με την ΕΕ. Επίσης για όλες τις παραμέτρους με εξαίρεση τον μόλυβδο, η ΕΕ έχει θέσει σημαντικά μικρότερα όρια από αυτά της ΕΡΑ.

Η ΕΡΑ θέτει περιορισμούς κατά την εφαρμογή στο έδαφος ανάλογα με την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων εδάφους, όπως αντίστοιχα η Οδηγία 86/278 θέτει οριακές τιμές βαρέων μετάλλων στο έδαφος για pH μεταξύ 6 έως 7.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η EPA ύστερα από μελέτη που διενέργησε, δεν ρυθμίζει τις διοξίνες στην ιλύ λυμάτων που εφαρμόζεται στο έδαφος, αφού διαπιστώθηκε ότι οι διοξίνες από αυτή την πηγή δεν αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον. Γενικώς τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην ΕΕ δεν απαιτείται μέχρι σήμερα ο έλεγχος των οργανικών ρύπων.

Εντούτοις, η νομοθεσία CWA επιτάσσει από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) την αναθεώρηση των κανονισμών για τα βιοστερεά κάθε δύο χρόνια προκειμένου να εντοπιστούν τυχόν πρόσθετοι ρύποι που μπορεί να εμφανιστούν και στην συνέχεια την καθιέρωση νέων κανονισμών για αυτούς τους ρύπους εάν επαρκή επιστημονικά στοιχεία δείχνουν ότι μπορεί να βλάψουν την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον.

Μέχρι σήμερα, η EPA έχει πραγματοποιήσει οκτώ διετείς ανασκοπήσεις και τρεις εθνικές έρευνες για τον εντοπισμό χημικών και μικροβιακών ρύπων που βρίσκονται στα βιοστερεά. Μέσω των συνολικών προσπαθειών που προαναφέρθηκαν, η EPA δημιούργησε μία λίστα με 726 χημικές ουσίες. Αυτές οι χημικές ουσίες έχουν ταξινομηθεί σε σύνολα σύμφωνα με την λειτουργική τους χρήση αλλά και της δομής τους. Μέσω αυτής της προσέγγισης, έχει εντοπιστεί στα βιοστερεά η παρουσία φυτοφαρμάκων και φαρμάκων, καλλυντικών και επιβραδυντικών φλόγας, καθώς και με βάση τη δομή, πολυχλωριωμένα διφαινυλίου (PCBs), πολυβρωμιωμένα διφαινυλίου αιθέρες (PBDEs), διοξίνες και διβενζοφουράνια). Μέσω της δημιουργίας της λίστας Biosolids η EPA αξιολογεί τον πιθανό κίνδυνο των χημικών ρύπων που βρίσκονται στα βιοστερεά (Richman et al.,2022).

Συνολικά, τα ρυθμιστικά όρια για τη διαχείριση της ιλύος στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι παρόμοια καθώς στοχεύουν και τα δύο στην προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας θέτοντας όρια στα επίπεδα ορισμένων ρύπων που μπορούν να υπάρχουν στην εφαρμοζόμενη ιλύ.

4. Δυνατότητες & Πρακτικές Διαχείρισης Ιλύος

4.1. Παραγωγή Ιλύος

Κράτη – Μέλη της ΕΕ

Όσο αφορά στην ποσότητα της ιλύος που προκύπτει από την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η Ευρώπη, η Βόρεια Αμερική και η Ανατολική Ασία είναι οι κύριοι παραγωγοί ιλύος στον κόσμο (Balikci et al., 2020).

Ακολούθως παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με την ετήσια παραγωγή ξηράς ιλύος (tn DS) ανά κράτος – μέλος της ΕΕ για την δεκαετία 2010-2020 που δημοσίευσε η Eurostat (2023). Όπως φαίνεται και παρακάτω, η παραγωγή της ιλύος διαφοροποιείται σημαντικά από χώρα σε χώρα καθώς κάθε κράτος μέλος εξυπηρετεί διαφορετικό ποσοστό του ισοδύναμου πληθυσμού από το αποχετευτικό σύστημα.

Πίνακας 10: Παραγωγή ιλύος από τις ΕΕΛ στα κράτη – μέλη της Ε.Ε. την δεκαετία 2010-2020 (10³ tn DS) , Eurostat 2023

ΚΡΑΤΗ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Βέλγιο	160,56	173,31	175,30	172,25	177,96	172,20	177,67	170,80	166,98	164,00	165,96
Βουλγαρία	49,80	51,40	59,30	60,30	54,90	57,40	65,80	68,60	53,10	44,43	
Τσεχία	196,30	217,90	263,30	260,10	238,59	210,24	206,71	223,27	228,22	221,09	219,11
Δανία	141,00										
Γερμανία	1.893,64	1.946,29	1.848,85	1.808,72	1.830,82	1.820,57	1.794,36	1.785,55	1.761,62	1.749,86	
Εσθονία	18,80	18,30	21,70	17,00	19,91	19,11	18,65	20,94	25,54	19,48	18,99
Ιρλανδία	89,99	85,65	72,43	64,55	53,54	58,39	56,02	58,77	55,23	58,63	58,45
Ελλάδα		147,00	118,62	113,04	116,11	119,77	119,77	103,28	103,28	103,28	
Ισπανία	1.355,10	1.331,60	1.233,40	1.122,60	1.131,60	1.152,60	1.174,40	1.192,00	1.210,40		
Γαλλία	1.025,00	1.022,00	1.043,00	909,00	1.059,00	1.238,00	1.006,00	1.174,00			
Κροατία	30,30	31,00	16,95	16,02	16,31	17,94	19,72	17,60	19,23	20,65	22,51
Ιταλία	1.102,70										
Κύπρος	7,08	6,82	6,53	6,12	6,16	6,70	7,41	7,17	8,41		
Λετονία	21,39	19,76	20,11	22,82	22,08	21,92	25,92	24,94	24,59	24,18	23,15
Λιθουανία	51,31	51,83	45,09	41,43	40,71	44,45	44,42	42,49	44,19	39,94	41,05
Λουξεμβούργο	9,70		8,68			9,16	8,92	9,32	9,08	8,89	9,47
Ουγγαρία	170,34	168,33	160,60	170,47	163,12	177,70	217,96	266,84	233,66	227,89	
Μάλτα	1,24	6,06	10,50	9,64	8,50	8,44	10,77	10,30	8,28	9,69	10,36
Ολλανδία	351,00	350,80	346,40	339,10	345,00	354,60	347,60		341,77		353,85
Αυστρία	262,80		266,30		239,04		237,94		234,48	233,56	228,01
Πολωνία	526,70	519,20	533,30	540,30	556,00	568,00	568,33	584,45	583,07	574,64	568,86
Πορτογαλία			338,80		85,89		119,17				
Ρουμανία	82,10	114,10	85,40	172,80	192,33	210,45	240,41	283,34	247,76	230,59	254,22
Σλοβενία	30,10	26,80	26,20	27,20	28,30	29,10	32,80	36,70	38,10	34,80	31,00
Σλοβακία	54,76	58,72	58,71	57,43	56,88	56,24	53,05	54,52	55,93	54,83	55,52
Φιλανδία	142,70	140,90	141,20	95,20	115,70	146,00	146,99	161,19	146,62	160,17	
Σουηδία	203,50	200,10	207,50	207,90	200,50	197,50	204,30	205,60	211,60		

Ισλανδία											
Λιχτενσταϊν											
Νορβηγία									147,60	141,35	157,15
Ελβετία				194,50				177,00			
Ηνωμένο Βασίλειο	1.419,10		1.136,70								
Μαυροβούνιο											
Βόρεια Μακεδονία											
Αλβανία					91,00	91,54	94,50	98,12	94,50	96,20	97,10
Σερβία				9,70	8,30	10,80	11,20	13,30	9,60	9,60	10,00
Τουρκία							299,30		318,50		314,3
Βοσνία - Ερζεγοβίνη	0,7	0,50	1,20	1,30	1,30	1,30	9,50	9,50	9,50	9,50	
ΣΥΝΟΛΟ/έτος	9.397,71	6.688,37	8.246,07	6.439,49	6.859,55	6.800,12	7.319,59	6.799,59	6.390,84	4.237,25	2.639,09

Όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα, οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή ύλος είναι η Γερμανία, η Γαλλία, η Ισπανία και η Πολωνία. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι τέσσερις παραπάνω χώρες παράγουν περίπου το 50% της συνολικής ύλος. Τη μικρότερη παραγωγή ύλος εμφανίζουν η Βοσνία-Ερζεγοβίνη η Κύπρος και το Λουξεμβούργο. Είναι φανερό ότι ο βασικός παράγοντας για τα μεγέθη αυτά είναι ο συνολικός ισοδύναμος πληθυσμός του κάθε κράτους και το ποσοστό κάλυψής του με αποχετευτικά συστήματα.

Όσο αφορά τις χώρες της ΕΕ που εισήρθαν στην Ε.Ε. μετά το 2004, η Πολωνία η Ουγγαρία και η Τσεχία συμμετέχουν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 70% της παραγόμενης ύλος σε αυτή την ομάδα κρατών-μελών (EC, 2018).

Ο βασικός λόγος των παραπάνω διαφορών είναι η διαφορετική γεωγραφική ανάπτυξη των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων. Η σύνδεση με το αποχετευτικό δίκτυο δεν έχει γίνει με τον ίδιο ρυθμό σε όλες τις χώρες με αποτέλεσμα να διαφέρει ο ισοδύναμος πληθυσμός που είναι συνδεδεμένος με το αποχετευτικό σύστημα. Χώρες όπως η Γερμανία και οι Σκανδιναβικές είναι ιδιαίτερα προηγμένες στην κατασκευή αποχετευτικών συστημάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Δανία της οποίας όλος σχεδόν ο πληθυσμός εξυπηρετούνταν από ΕΕΛ ήδη από το 1995 (Κελεσίδης Α., 2010).

Ακολούθως παρατίθεται πίνακας με συγκεντρωτικά στοιχεία του ισοδύναμου πληθυσμού που εξυπηρετείται σε κάθε χώρα από το αποχετευτικό δίκτυο καθώς και αντίστοιχα οι τιμές παραγωγής της ύλος ανά κάτοικο σύμφωνα με τα στοιχεία παραγωγής του Πίνακα 10. Τα στοιχεία του ισοδύναμου πληθυσμού λήφθηκαν από την ιστοσελίδα water.europa.eu, όπου η καταγραφή γίνεται σύμφωνα με το έτος 2018 και ως εκ τούτου κατ' αντιστοιχία χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια στοιχεία από τον Πίνακα 10.

Πίνακας 11 : Ποσότητα παραγόμενης ύλος ανά Ισοδύναμο κάτοικο για το 2018 (water.europa.eu)

Κράτη - Μέλη	Ισοδύναμος Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός (10 ⁶)	Συνολική Παραγόμενη Ποσότητα Ύλος (10 ³ kg DS) 2018	Ποσότητα (kg DS) /κάτοικο 2018
Βέλγιο	9,2	166.980	18,15
Βουλγαρία	7,1	53.100	7,48
Τσεχία	9,5	228.220	24,02
Γερμανία	111,3	1.761.620	15,83
Εσθονία	1,5	25.540	17,03
Ιρλανδία	5,3	55.230	10,42
Ελλάδα	11,9	103.280	8,68
Ισπανία	64,5	1.210.400	18,77
Κροατία	5	19.230	3,85
Κύπρος	1	8.410	8,41
Λετονία	1,5	24.590	16,39
Λιθουανία	2,6	44.190	17,00
Λουξεμβούργο	0,6	9.080	15,13

Ουγγαρία	13,7	233.660	17,06
Μάλτα	0,9	8.280	9,20
Ολλανδία	19,7	341.770	17,35
Αυστρία	20,7	234.480	11,33
Πολωνία	38,5	583.070	15,14
Σλοβενία	1,5	38.100	25,40
Σλοβακία	4,2	55.930	13,32
Φιλανδία	5,6	146.620	26,18
Σουηδία	12,6	211.600	16,79
Νορβηγία	6	147.600	24,60

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα υπάρχουν διακυμάνσεις μεταξύ των κρατών μελών στην παραγόμενη ποσότητα της ιλύος. Ο μέσος όρος των παραπάνω δείχνει ότι η παραγωγή της ιλύος κυμαίνεται περί τα 15,54 kg DS/έτος ανά ισοδύναμο κάτοικο.

Αναφορικά τις ποσότητες ιλύος που παρήχθησαν ανά έτος την δεκαετία 2010-2020 παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις (Πίνακας 10). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πολλές χώρες δεν υπέβαλλαν στοιχεία ως όφειλαν.

Ελλάδα

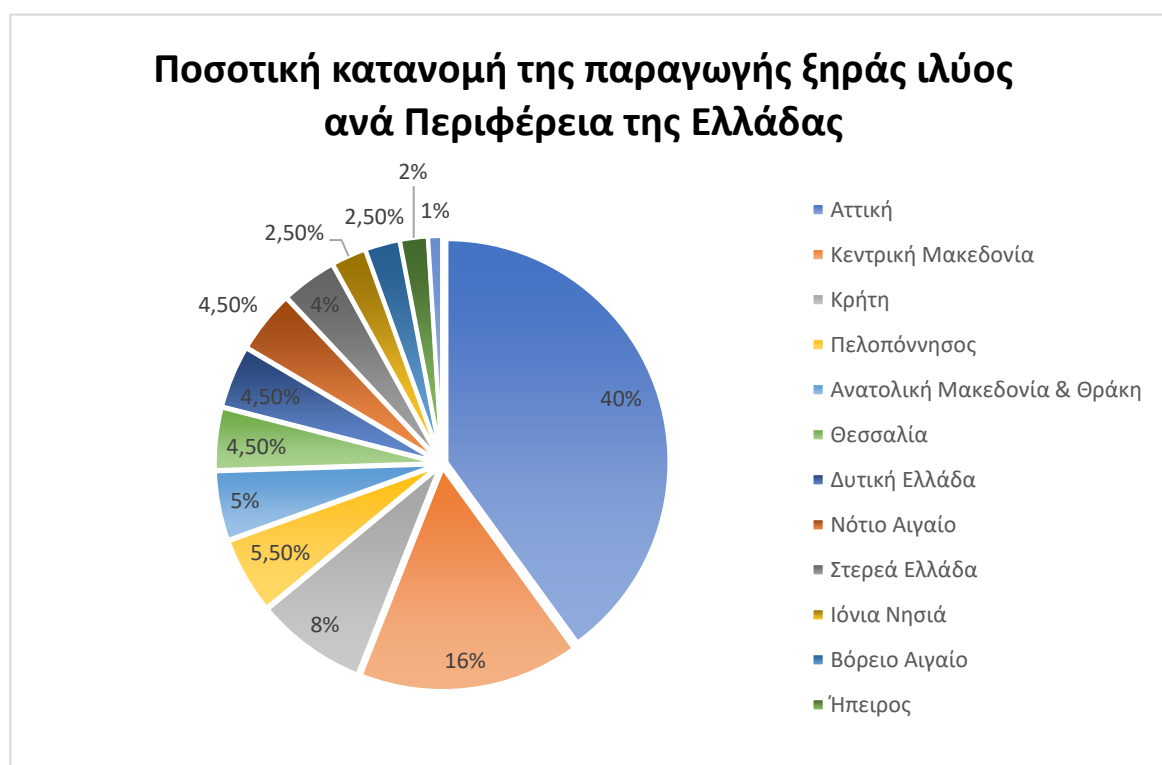
Η Ελλάδα έχει ένα υψηλό φορτίο λυμάτων που διαχειρίζονται μέσω μεμονωμένων ή άλλων κατάλληλων συστημάτων (IAS), δηλαδή μη συγκεντρωμένων συστημάτων αποχέτευσης. Πιο συγκεκριμένα, το 9,2% του ισοδύναμου πληθυσμού δηλαδή περίπου 1.092.600 ισοδύναμοι κάτοικοι στην Ελλάδα δεν είναι συνδεδεμένοι με το σύστημα αποχέτευσης (Freshwater Information System for Europe).

Για την πλειοψηφία των λυμάτων που προέρχονται από μικρά χωριά, καθώς και από τα οικόπεδα των αποκεντρωμένων εξοχικών κατοικιών στην Ελλάδα, οι σηπτικές δεξαμενές/τα συστήματα απορρόφησης του εδάφους παραμένουν ως κυρίαρχη επιλογή για την επεξεργασία λυμάτων. Ωστόσο, ο ακριβής αριθμός αυτών των συστημάτων εξακολουθεί να είναι άγνωστος, δεδομένου ότι σπάνια καταχωρούνται επίσημα (Prochaska et al., 2020).

Βάσει των στοιχείων της ιστοσελίδας water.europa.eu της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το ποσοστό συνδεδεμένου πληθυσμού της χώρας σε υφιστάμενες ΕΕΛ ανέρχεται σε 90% του ισοδύναμου πληθυσμού. Το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω με την κατασκευή νέων ΕΕΛ ή σύνδεσης νέων οικισμών σε υφιστάμενες ΕΕΛ, σύμφωνα με τον προγραμματισμό των Περιφερειακών Επιχειρησιακών Σχεδίων Λυμάτων, όπως αναφέρει ο ΕΣΔΑ 2020.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικά παραγόμενης ιλύος στην Ελλάδα, προέρχεται από την Αττική (40%) και ακολουθούν η Κεντρική Μακεδονία (16%), η Κρήτη (8%), η Πελοπόννησος (5,5%), η Ανατολική Μακεδονία και Θράκη (5%) η Θεσσαλία, η Δυτική Ελλάδα και το Νότιο Αιγαίο με 4,5% αντίστοιχα, η Στερεά Ελλάδα (4%), τα Ιόνια Νησιά και το Βόρειο Αιγαίο με 2,5% αντίστοιχα, η Ήπειρος (2%) και η Δυτική Μακεδονία (1%) (Ε.Δ.Ε.Υ.Α., 2015).

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή παραγωγής ιλύος ανά Ελληνική Περιφέρεια (Ε.Δ.Ε.Υ.Α., 2015).



Διάγραμμα 1: Ποσοτική κατανομή της παραγωγής ξηράς ιλύος ανά Περιφέρεια της Ελλάδας (Ε.Δ.Ε.Υ.Α. 2015).

4.2. Μέθοδοι Επεξεργασίας Ιλύος

Κράτη – Μέλη της ΕΕ

Οι μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος στα διάφορα κράτη μέλη σύμφωνα με τους : EC, 2006; Kelessidis and Stasinakis, 2012; ο έχουν ως εξής :

Στην **Αυστρία**, οι τεχνολογίες επεξεργασίας διαφέρουν μεταξύ των περιοχών της. Στο Σάλτσμπουργκ, το 35% περίπου της ιλύος (σε ξηρή βάση) υφίσταται αερόβια και αναερόβια σταθεροποίηση, προσθήκη βελτιωτικών (άσβεστος και πολυμερή), αφυδάτωση, ξήρανση και κομποστοποίηση. Η περιοχή Καρινθία χρησιμοποιεί ξήρανση,

κομποστοποίηση, εδαφοποίηση, ταφή. Στην περιοχή Φόραλμπεργκ, η ξήρανση και κομποστοποίηση είναι υποχρεωτικές. Στη Στυρία, εφαρμόζονται αερόβια και αναερόβια σταθεροποίηση, μηχανική αφυδάτωση, κομποστοποίηση, εδαφοποίηση, ξήρανση, ασβεστοποίηση. Η βιολογική ιλύς διαβρέχεται πριν τη διασπορά της στο έδαφος ως υγρή ιλύς ή compost. Στην κατω Αυστρία, οι κύριες μέθοδοι επεξεργασίας περιλαμβάνουν την αναερόβια και αερόβια σταθεροποίηση (μη θερμαινόμενη διαχωριζόμενη, ταυτόχρονη, μεσοφιλική ή θερμοφιλική), αφυδάτωση με αλκαλική βελτίωση, κομποστοποίηση, εδαφοποίηση, Τέλος, στην άνω Αυστρία, χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι αερόβιας και αναερόβιας χώνευσης, όπως και αφυδάτωσης με προσθήκη ασβέστου και πολυμερών.

Στη **Βαλονία** (Βέλγιο), η ιλύς επεξεργάζεται με χώνευση, αερόβια σταθεροποίηση, μηχανική ή θερμική ξήρανση, ή βελτίωση με άσβεστο ή πολυηλεκτρολύτες. Στην περιοχή της Φλάνδρας, προτιμώνται η αερόβια σταθεροποίηση, μεσοφιλική αναερόβια χώνευση, κρύα ζύμωση (cold fermentation), θερμική ξήρανση και αλκαλική σταθεροποίηση.

Στη **Βουλγαρία** χρησιμοποιείται αερόβια χώνευση, μεσοφιλική αναερόβια χώνευση, ασβεστοποίηση, αφυδάτωση με φιλτρόπρεσες και μακροχρόνια αποθήκευση. Η κομποστοποίηση χρησιμοποιείται ελάχιστα.

Στη **Γαλλία**, η βιολογική ιλύς υπόκειται σε παρατεταμένο αερισμό, αερόβια ή αναερόβια σταθεροποίηση, βελτίωση με άσβεστο, θερμική ξήρανση ή κομποστοποίηση.

Στη **Γερμανία**, εφαρμόζεται ένας συνδυασμός τεχνικών, π.χ. αναερόβια σταθεροποίηση με ταυτόχρονη ασβεστοποίηση. Η σταθεροποίηση της ιλύος επιτυγχάνεται κυρίως με μεθόδους: αναερόβιας (σηπτικές δεξαμενές), αερόβιας (λίμνες οξείδωσης, παρατεταμένη επεξεργασία) και άλλες (χημική βελτίωση με προσθήκη ασβέστου και άλλων ουσιών, θερμική σταθεροποίηση). Η πιο διαδεδομένη μέθοδος επεξεργασίας είναι η θερμική ξήρανση.

Στη **Δανία**, η παραγόμενη ιλύς χωνεύεται σε θερμαινόμενο θάλαμο χώνευσης ή σε βιοντιδραστήρα, σταθεροποιείται με αερισμό, κομποστοποιείται υπό ελεγχόμενες συνθήκες για δύο εβδομάδες στους 55°C και βελτιώνεται με προσθήκη ασβέστου ή παστεριώνεται με θέρμανση στους 70°C για μία ώρα.

Στην **Ελλάδα**, οι μέθοδοι σταθεροποίησης που εφαρμόζονται είναι η μεσοφιλική αναερόβια χώνευση, η αερόβια χώνευση, η ασβεστοποίηση, η βελτίωση με πολυμερή, η αφυδάτωση σε κλίνες ξήρανσης, φυγοκεντρητές ή ταινιοφιλτρόπρεσες και η ηλιακή ξήρανση. Η κομποστοποίηση εφαρμόζεται ελάχιστα.

Στην **Εσθονία**, η κύρια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία της ιλύος είναι η κομποστοποίηση. Εφαρμόζεται επίσης και μεσοφιλική αναερόβια χώνευση.

Στο **Ην. Βασίλειο**, οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι είναι η μεσοφιλική αναερόβια χώνευση, θερμοφιλική αερόβια χώνευση, κομποστοποίηση, σταθεροποίηση με άσβεστο, υγρή αποθήκευση, αφυδάτωση με φιλτρόπρεσες ή ταινιοφιλτρόπρεσες και θερμική ξήρανση.

Στην **Ιρλανδία**, η ιλύς είτε αφυδατώνεται με φιλτρόπρεσα ή φυγοκέντρηση σε συγκέντρωση στερεών 18% και αποθηκεύεται για 3 μήνες πριν την εφαρμογή, είτε υφίσταται αναερόβια χώνευση, είτε θερμική ξήρανση, είτε θερμοφιλική αερόβια χώνευση, είτε αλκαλική σταθεροποίηση. Περισσότερο από το 60% των χρησιμοποιούμενων βιοστερεών στη γεωργία προέρχεται από την ΕΕΛ του Δουβλίνου, όπου η ιλύς αφυδατώνεται με φυγοκέντρηση και στη συνέχεια υπόκειται θερμική ξήρανση.

Στην **Ισπανία**, οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνικές αφυδάτωσης είναι η ξήρανση, φυγοκέντρηση, φίλτρα πίεσης και ταινιοφιλτρόπρεσες. Η συγκέντρωση στερεών που επιτυγχάνεται έτσι είναι 20 – 25% DS. Η παραγόμενη ιλύς, ανάλογα με τον τελικό της προορισμό, ακολουθεί διάφορες διεργασίες σταθεροποίησης με συνηθέστερη αυτή της αναερόβιας χώνευσης. Χρησιμοποιείται επίσης η μακροχρόνια αποθήκευση και η κομποστοποίηση.

Στην **Ιταλία**, οι πιο διαδεδομένες τεχνικές είναι η αερόβια σταθεροποίηση (συμπεριλαμβανομένης της κομποστοποίησης), μηχανική αφυδάτωση, θερμική ξήρανση, χημική επεξεργασία με αλκάλι. Η αερόβια χώνευση εφαρμόζεται συνήθως σε μικρές μονάδες μέχρι 50.000 ι.κ., ενώ η αναερόβια προτιμάται για εγκαταστάσεις μεγαλύτερες. Συστήματα κομποστοποίησης ή συν-κομποστοποίησης που σταθεροποιούν αστικά στερεά και άλλα βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα, επεξεργάζονται ένα μικρό μέρος της παραγόμενης ιλύος (περίπου 5%). Εκτός της αερόβιας και αναερόβιας σταθεροποίησης, οι ΕΕΛ εφαρμόζουν αφυδάτωση με κλίνες ξήρανσης, μηχανική αφυδάτωση με φυγοκεντρητές ή ταινιόπρεσες (φιλτρόπρεσες χρησιμοποιούνται σε μερικές μεγάλες μονάδες). Οι διεργασίες υγειονομοποίησης και βελτίωσης υλοποιούνται μακριά από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και περιλαμβάνουν χημική επεξεργασία (με άσβεστο, αμμωνία), φυσική επεξεργασία (ξήρανση, παστερίωση) και βιολογική επεξεργασία (κομποστοποίηση).

Στην **Κροατία**, η επεξεργασία ιλύος περιλαμβάνει πάχυνση κυρίως με βαρύτητα, αερόβια ή αναερόβια σταθεροποίηση, αφυδάτωση η οποία γίνεται σε όλες σχεδόν τις

ΕΕΛ με μηχανικά μέσα (φυγοκεντρητές ή ταινιοφιλτρώπρεςες) και ένας μόνο μικρός αριθμός ΕΕΛ χρησιμοποιεί ξήρανση και σχετικά μικρές ποσότητες ιλύος κομποστοποιούνται.

Στην **Κύπρο**, χρησιμοποιείται για την επεξεργασία της ιλύος μεσοφιλική αναερόβια χώνευση, μηχανική αφυδάτωση με φυγοκεντρητές ή φιλτρώπρεςες, μακροχρόνια αποθήκευση και σε πολύ λίγες περιπτώσεις κομποστοποίηση.

Η **Λετονία**, εφαρμόζει μεσοφιλική αναερόβια χώνευση, ψυχρή ζύμωση και σπάνια κομποστοποίηση.

Στη **Λιθουανία**, η μέθοδος επεξεργασίας που εφαρμόζεται κυρίως είναι η μακροχρόνια αποθήκευση. Επίσης εφαρμόζονται σε μικρότερο ποσοστό αερόβια σταθεροποίηση, ασβεστοποίηση και κομποστοποίηση.

Στο **Λουξεμβούργο**, οι μέθοδοι σταθεροποίησης που χρησιμοποιούνται είναι η αναερόβια χώνευση, η κομποστοποίηση, η χημική βελτίωση και η μακροχρόνια αποθήκευση.

Στην **Ουγγαρία**, οι κύριες τεχνικές περιλαμβάνουν την κομποστοποίηση και την αναερόβια σταθεροποίηση.

Στην **Ολλανδία**, η βιολογική ιλύς είναι υποχρεωτικό να επεξεργάζεται με βιολογικές, χημικές ή θερμικές διεργασίες, με μακροχρόνια αποθήκευση ή οποιαδήποτε άλλη κατάλληλη μέθοδο, η οποία εξαλείφει τους περισσότερους παθογόνους μικροοργανισμούς των βιοστερεών. Οι μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων είναι ελεύθερες να επιλέξουν οποιαδήποτε μέθοδο επεξεργασίας, υπό την προϋπόθεση ότι εξασφαλίζει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Στην **Πολωνία**, οι περισσότερες μονάδες επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων είναι μικρής δυναμικότητας και διαθέτουν απλά συστήματα επεξεργασίας της ιλύος, ενώ στερούνται πρωτοβάθμιας καθίζησης. Κυρίως χρησιμοποιείται η αερόβια σταθεροποίηση (54,5% των ΕΕΛ). Σε αρκετές περιπτώσεις (25,2%) λαμβάνει χώρα σταθεροποίηση της ιλύος σε δεξαμενές Imhoff ή σε ανοικτούς θαλάμους χώνευσης. Οι μεγάλες μονάδες είναι συνήθως εξοπλισμένες με κλειστά συστήματα χώνευσης. Επίσης, η υγειονομοποίηση με χρήση ασβέστου εφαρμόζεται κυρίως στις μικρές εγκαταστάσεις σε ποσοστό 21,7% σε συνδυασμό με κλίνες ξήρανσης. Όσον αφορά τη μηχανική αφυδάτωση, αυτή εφαρμόζεται στην πλειοψηφία των περιπτώσεων (58,2%) με προεξάρχουσα τεχνική αυτή των ταινιοπρεςών. Σε μικρότερες μονάδες προτιμώνται μηχανές γέμισης σάκων.

Στην **Πορτογαλία**, οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές περιλαμβάνουν τις κλίνες ξήρανσης (αμμοκλίνες), πάχυνση, μηχανική αφυδάτωση (φιλτρόπρεσες, ταινιόπρεσες, φίλτρα κενού, φυγοκεντρητές) και διάφορες διαδικασίες σταθεροποίησης. Τέλος χρησιμοποιείται και η θερμική ξήρανση.

Στην **Ρουμανία**, η επεξεργασία γίνεται με κομποστοποίηση και κλίνες ξήρανσης.

Στη Σλοβενία, χρησιμοποιείται η αερόβια χώνευση και η μηχανική αφυδάτωση. Σε λίγες ΕΕ εφαρμόζουν αναερόβια χώνευση και κομποστοποίηση.

Στη **Σλοβακία**, οι πιο ευρέως διαδεδομένες τεχνικές είναι η αναερόβια σταθεροποίηση (χρησιμοποιείται από το 57% των μονάδων), αναερόβια χώνευση σε δεξαμενές Imhoff (15%), αερόβια σταθεροποίηση (34%). Επίσης, εφαρμόζονται και άλλες τεχνικές, όπως η χημική σταθεροποίηση.

Στη **Σουηδία**, η επεξεργασία της ιλύος περιλαμβάνει τις ακόλουθες τεχνικές: Πάχυνση (με βαρύτητα ή επίπλευση), σταθεροποίηση [αερόβια (3%), αναερόβια (70%), χρήση ασβέστου (15%), κομποστοποίηση (6%)], βελτίωση, αφυδάτωση (κυρίως φυγοκέντρηση, ταινιόπρεσα, αέρια ξήρανση), θερμική ξήρανση, κομποστοποίηση. Ειδικότερα ως προς τη σταθεροποίηση, όλες οι μεγάλες ΕΕ εφαρμόζουν αναερόβια χώνευση, ενώ οι άλλες μέθοδοι βρίσκουν εφαρμογή σε μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις. Μόνο 3% της ιλύος δεν υπόκειται σε σταθεροποίηση. Αυξημένο ενδιαφέρον αποκτά η συν-επεξεργασία με αστικά στερεά απόβλητα υπό τη μορφή συνδυασμένης αναερόβιας χώνευσης, συν-αποτέφρωσης με άλλα οργανικά υλικά και συν-κομποστοποίησης μεγάλης κλίμακας.

Στην **Τσεχία**, οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος είναι η μεσοφιλική αναερόβια χώνευση και η κομποστοποίηση. Επίσης εφαρμόζουν θερμοφιλική αναερόβια χώνευση και αερόβια χώνευση.

Στη **Φιλανδία**, ακολουθείται αναερόβια χώνευση ή κομποστοποίηση της ιλύος. Αυξανόμενη σημασία είναι και άλλες μέθοδοι, όπως η αερόβια σταθεροποίηση ή χρήση ασβέστου.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, η αναερόβια και αερόβια σταθεροποίηση είναι οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι σταθεροποίησης της ιλύος οι οποίες εφαρμόζονται στην συντριπτική πλειοψηφία των κρατών – μελών. Λιγότερο συχνά πραγματοποιείται και ασβεστοποίηση ως μέθοδος σταθεροποίησης της ιλύος. Τέλος, η αφυδάτωση της ιλύος φαίνεται να αποτελεί σημαντικό βήμα στην επεξεργασία της ιλύος στα περισσότερα κράτη-μέλη της ΕΕ, ενώ παράλληλα σε κάποια από αυτά επιλέγεται και η ξήρανση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε ορισμένα κράτη μέλη, όταν τα εθνικά όρια ορισμένων κρατών μελών είναι αυστηρότερα της Οδηγίας 86/278 το επίπεδο της επεξεργασίας διαμορφώνεται αντίστοιχα ώστε να επιτευχθεί η κατάλληλη ποιότητα. Έτσι το επίπεδο της επεξεργασίας που απαιτείται διαμορφώνεται από το κάθε κράτος – μέλος.

Ελλάδα

Η αναερόβια και κυρίως η αερόβια χώνευση μέσω της εφαρμογής παρατεταμένου αερισμού κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι σταθεροποίησης της ιλύος στην Ελλάδα. Για την αφυδάτωση της ιλύος, η συντριπτική πλειοψηφία των ΕΕΛ, ανεξαρτήτως μεγέθους, χρησιμοποιεί μηχανικά μέσα, στις περισσότερες των περιπτώσεων ταινιοφιλτρόπρεσσες. Το ΚΕΛ Ψυτάλλειας και η ΕΕΛ Θεσσαλονίκης χρησιμοποιούν θερμική ξήρανση, επίσης θερμική ξήρανση σε θερμοκήπια χρησιμοποιεί η ΕΕΛ Χανίων και οι δύο (2) ΕΕΛ Χερσονήσου Κρήτης.

4.3. Τελική Διάθεση Ιλύος

Κράτη – Μέλη ΕΕ

Ακολούθως παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με την ετήσια διάθεση ξηράς ιλύος (tn DS) ανά κράτος – μέλος της ΕΕ για την δεκαετία 2010-2020 που δημοσίευσε η Eurostat (2023). Όπως φαίνεται από τους Πίνακες 9 και 10, η συνολικά παραγόμενη ιλύς από τις ΕΕΛ των κρατών-μελών της Ε.Ε. διαφέρει από την συνολική που οδηγείται προς διάθεση. Δεν υπάρχουν στοιχεία στη Eurostat για την ποσότητα της ιλύος που δεν οδηγείται προς κάποια διάθεση.

Πίνακας 12: Συνολική διάθεση υλός στις χώρες της ΕΕ τη δεκαετία 2010-2020 (10³ tn DS) (Eurostat, 2023)

ΚΡΑΤΗ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Βέλγιο	144,10	153,32	153,78	154,38	157,53	153,62	158,95	151,65	155,44	154,14	155,70
Βουλγαρία	39,70	31,10	41,80	30,20	32,60	47,20	47,10	45,30	42,30	33,29	
Τσεχία	196,30	217,90	263,30	260,10	238,59	210,24	206,71	223,27	228,22	221,09	219,11
Δανία	114,90										
Γερμανία	1.889,23	1.946,65	1.844,31	1.787,87	1.802,99	1.803,09	1.773,19	1.713,19	1.747,23	1.740,09	
Εσθονία	16,70	18,10	21,70	15,31	18,37	17,93	17,11	19,13	20,13	16,87	18,05
Ιρλανδία	89,99	85,65	72,43	64,55	53,54	58,39	56,02	58,77	55,23	58,63	58,45
Ελλάδα		147,00	118,62	113,04	116,11	119,77	119,77	103,28	103,28	103,28	
Ισπανία	1.355,10	1.331,60	1.233,40	1.122,60	1.131,60	1.152,60	1.174,40	1.192,00	1.210,40		
Γαλλία	867,00	973,00	950,00	827,00	986,00	833,00	801,00	809,00			
Κροατία			2,96	16,02	15,44	17,41	8,43	3,37	3,95	3,07	5,92
Ιταλία	953,70										
Κύπρος	7,08	6,82	6,53	6,12	6,16	6,70	7,41	7,17	8,41		
Λετονία	21,38	20,97	18,03	20,73	22,71	22,80	25,19	24,47	24,13	22,66	22,51
Λιθουανία	20,77	21,60	19,97	18,61	23,17	26,78	28,96	40,87	38,68	37,31	44,37
Λουξεμβούργο	6,70		8,68			9,16	8,92	9,32	9,08	8,89	9,47
Ουγγαρία	130,95	157,79	91,63	86,21	105,73	102,48	216,59	241,76	231,48	217,12	
Μάλτα	1,24	6,06	10,50	9,64	8,50	8,44	10,77	10,30	8,28	9,69	10,36
Ολλανδία	332,60	331,30	324,60	315,60	319,70	325,36	325,13		303,62		308,36
Αυστρία	262,80		266,30		239,04		237,94		234,48	233,56	228,01
Πολωνία	526,60	519,10	533,30	540,30	556,00	568,00	568,33	584,45	583,07	574,64	568,86
Πορτογαλία			113,10								
Ρουμανία	45,50	57,40	48,40	172,40	192,33	155,81	240,41	283,34	247,76	230,59	254,22
Σλοβενία	30,10	26,50	25,70	27,00	28,00	29,00	32,70	36,60	38,00	34,80	31,00
Σλοβακία	54,76	58,72	58,71	57,43	56,88	56,24	53,05	54,52	55,93	54,83	55,52
Φιλανδία							146,99	161,19	146,62	160,17	
Σουηδία	186,10		195,90		183,90		191,40		198,90		

Ισλανδία											
Λιχτενστάιν											
Νορβηγία	105,80	113,20	122,00	131,10	122,30	114,40	113,80	121,30	111,70	108,37	125,32
Ελβετία				194,50				177,00			
Ηνωμένο Βασίλειο	1.389,50		1.078,40								
Μαυροβούνιο											
Βόρεια Μακεδονία											
Αλβανία					91,00	91,54	94,50	98,12	94,50	96,20	97,10
Σερβία				9,70	8,30	10,80	8,30	13,00	9,50	8,10	5,50
Τουρκία							266,45		288,91		285,42
Βοσνία - Ερζεγοβίνη	0,70	0,50	1,20	1,30	1,30	1,30	9,50	9,50	9,50	9,50	
ΣΥΝΟΛΟ/έτος	8.789,30	6.224,28	7.625,25	5.981,71	6.517,79	5.942,06	6.949,02	6.191,87	6.208,73	4.136,89	2.503,25

Αντίστοιχα παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα με την ετήσια διάθεση ξηράς ιλύος (tn DS) προς γεωργική χρήση, κομποστοποίηση, υγειονομική ταφή, αποτέφρωση και άλλη διάθεση ανά κράτος – μέλος της ΕΕ για την δεκαετία 2010-2020 που δημοσίευσε η Eurostat (2023).

Από την επεξεργασία των δεδομένων που παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες προέκυψαν δύο διαγράμματα προκειμένου να εξαχθούν κάποια βασικά συμπεράσματα.

Στο πρώτο διάγραμμα, φαίνεται η διαχρονική εξέλιξη για την κάθε μέθοδο διάθεσης της ιλύος (γεωργία, κομποστοποίηση, αποτέφρωση, υγειονομική ταφή) στην ΕΕ κατά την χρονική διάρκεια 2010-2018. Αναφέρεται ότι χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη χρονική περίοδος καθώς για τα έτη 2019 και 2020 υπήρχαν αρκετά ελλιπή δεδομένα, αφού κάποια κράτη – μέλη δεν είχαν παράσχει τις απαραίτητες πληροφορίες.

Στο δεύτερο διάγραμμα, παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή της κάθε μεθόδου (γεωργία, κομποστοποίηση, αποτέφρωση, υγειονομική ταφή) διαχείρισης σε σχέση την συνολική διάθεση της κάθε χώρας της ΕΕ για το έτος 2018. Το συγκεκριμένο έτος επιλέχθηκε καθώς είναι το πιο πρόσφατο έτος με τις πιο ολοκληρωμένες καταγραφές από τα περισσότερα κράτη – μέλη.

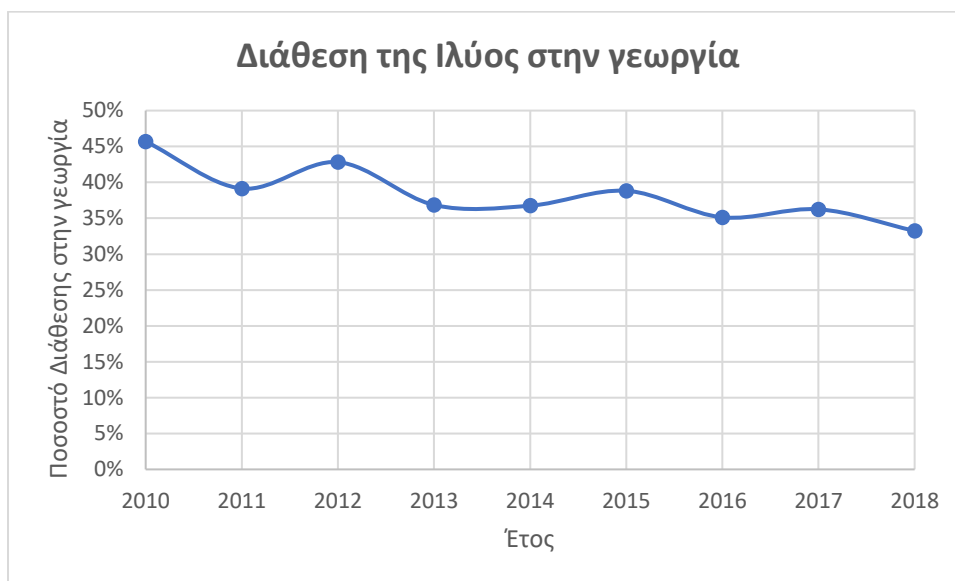
Γεωργική Χρήση

Πίνακας 13: Γεωργική χρήση της υλούς στις χώρες της ΕΕ τη δεκαετία 2010-2020 (10^3 tn DS) (Eurostat, 2023)

ΚΡΑΤΗ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Βέλγιο	17,26	18,50	19,30	20,07	25,77	24,93	29,65	30,62	32,16	35,82	35,95
Βουλγαρία	13,60	17,60	21,20	16,70	16,40	30,40	26,20	22,50	29,80	25,66	
Τσεχία	100,60	108,20	72,40	81,10	80,02	101,64	98,51	102,94	108,31	114,31	84,81
Δανία	74,00										
Γερμανία	568,12	563,71	541,94	484,46	470,88	427,74	423,50	311,91	280,33	287,48	
Εσθονία	2,70	0,80	0,50	2,00	0,93	3,29	2,12	2,77	3,25	12,08	10,38
Ιρλανδία	82,67	57,70	68,33	52,00	42,48	46,70	45,34	46,49	44,00	52,14	51,79
Ελλάδα		6,00	14,20	22,57	22,79	21,53	21,53	10,19	10,19	10,19	
Ισπανία	1.005,10	958,80	848,20	868,40	901,40	923,90	941,60	997,10	1.052,70		
Γαλλία	424,00	443,00	417,00	369,00	421,00	378,00	351,00	299,00			
Κροατία			0,67	1,27	0,77	0,97	0,87	1,09	1,55	0,47	0,48
Ιταλία	315,60										
Κύπρος	5,29	3,91	2,76	2,92	1,39	0,94	1,61	1,08	0,94		
Λετονία	9,31	8,76	7,47	7,48	6,86	4,71	4,25	3,32	4,29	6,23	6,46
Λιθουανία	7,90	10,40	7,79	7,68	8,54	11,22	9,70	20,82	15,89	15,05	12,29
Λουξεμβούργο	2,50		4,29			3,15	1,55	1,16	2,00	1,77	1,98
Ουγγαρία	4,81	16,43	15,77	14,56	5,95	9,01	25,91	28,20	34,09	43,77	
Μάλτα	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ολλανδία	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		0,00
Αυστρία	44,40		39,90		39,63		48,31		48,17	49,70	48,36
Πολωνία	109,30	116,20	115,00	105,40	107,20	107,50	116,03	108,52	118,33	123,78	137,77
Πορτογαλία			101,60		32,35		13,89				
Ρουμανία	1,90	1,80	2,20	8,00	13,05	10,64	17,56	35,00	46,39	43,56	54,12
Σλοβενία	0,50	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Σλοβακία	0,92	0,36	1,25	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Φιλανδία							63,80	74,05	64,08	64,07	
Σουηδία	50,50	40,40	48,30	57,60	51,00	59,50	69,50	71,20	82,30		
Ισλανδία											
Λιχτενσταϊν											
Νορβηγία	57,20	63,90	70,10	82,60	78,30	70,90	65,70	66,00	65,40	56,59	68,74
Ελβετία				0,00				0,00			
Ηνωμένο Βασίλειο	1.118,20		844,40								
Μαυροβούνιο											
Βόρεια Μακεδονία											
Αλβανία					68,00	70,36	42,50	10,30	8,20	5,50	3,78
Σερβία											
Τουρκία							19,47		11,36		3,51
Βοσνία - Ερζεγοβίνη	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ΣΥΝΟΛΟ/έτος	4.016,38	2.436,47	3.264,57	2.204,33	2.394,91	2.307,03	2.440,6	2.244,26	2.063,73	948,17	520,42

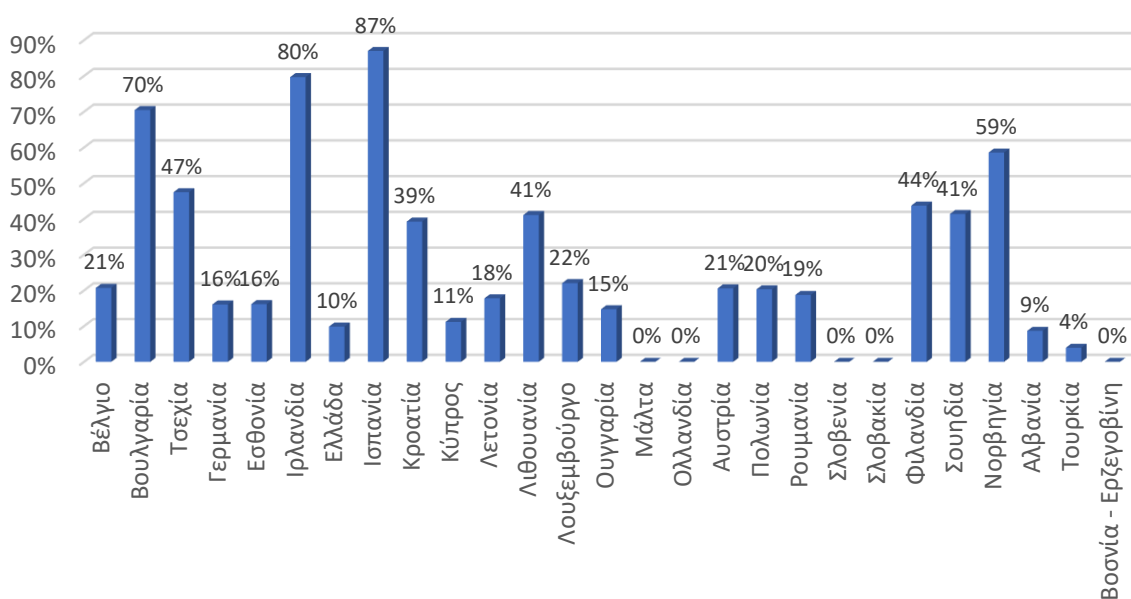
Σύμφωνα με την επεξεργασία των δεδομένων του Πίνακα 11, φαίνεται ότι η διάθεση της ιλύος στην γεωργία κυμαίνεται μεταξύ 33% - 46%. Από το διάγραμμα που παρουσιάζεται παρακάτω φαίνεται μία γενική τάση μείωσης της διάθεσης της ιλύος που οδηγείται προς γεωργική χρήση. Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης της ιλύος στην γεωργία σε σχέση με την συνολική διάθεση της ιλύος συναντάται το έτος 2010 (ίσο με 46%), ενώ μετά το έτος 2013 φαίνεται να μην ξεπερνάει ξανά το 40% της συνολικής διάθεσης.



Διάγραμμα 2 : Διαχρονική Εξέλιξη Διάθεσης Ιλύος στην γεωργία στην ΕΕ

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται το ποσοστό της ιλύος που διατέθηκε στην γεωργία για το έτος 2018. Σημειώνεται ότι για την κατασκευή αυτού του διαγράμματος λήφθηκαν υπ' όψιν μόνο τα κράτη - μέλη που παρείχαν πληροφορίες.

Ποσοστό Συνολικής Ιλύος που διατέθηκε στην γεωργία ανά κράτος - μέλος



Διάγραμμα 3: Ποσοστό Συνολικής Ιλύος που διατέθηκε στην γεωργία ανά κράτος-μέλος το έτος 2018

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3, το 2018 η Ισπανία, η Ιρλανδία και η Βουλγαρία διέθεσαν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά της ιλύος στην γεωργία. Συνολικά 4 χώρες διέθεσαν περισσότερο από 50% της συνολικής διατιθέμενης ποσότητας τους στην γεωργία (Ισπανία, Ιρλανδία, Βουλγαρία και Νορβηγία). Μεταξύ 15 – 50% κυμαίνεται για 14 κράτη – μέλη από τα 27 εξεταζόμενα το ποσοστό της ιλύος που διατέθηκε στην γεωργία. Με ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά εμφανίζεται η διάθεση της ιλύος για την Ελλάδα, την Κύπρο, την Αλβανία και την Τουρκία. Τέλος, η Μάλτα, η Ολλανδία, η Σλοβενία, η Σλοβακία και η Βοσνία Ερζεγοβίνη δεν επέλεξαν καθόλου την μέθοδο της διάθεσης στην γεωργία.

Η Μάλτα είναι το μόνο κράτος μέλος που δεν έχει χρησιμοποιήσει ποτέ στη γεωργία (καμία διασπορά ιλύος στο έδαφος ή οποιαδήποτε άλλη εφαρμογή ιλύος πάνω και εντός του εδάφους).

Γενικώς παρατηρείται ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά διάθεσης ιλύος στην γεωργία συναντώνται κυρίως σε χώρες που δεν έχουν θέσει ιδιαίτερα αυστηρότερα κριτήρια από αυτά της Οδηγίας 86/278. Πιο συγκεκριμένα, στην Ισπανία που υπάρχει και το μεγαλύτερο ποσοστό (87%) έχει θεσπιστεί όριο μόνο για την παράμετρο του χρωμίου. Στην Ιρλανδία και στην Νορβηγία δεν έχει θεσπιστεί κανένα περαιτέρω όριο για εκτός όσων επιβάλλει η ευρωπαϊκή νομοθεσία. Από την άλλη, ενώ η Βουλγαρία έχει θέσει όρια για το χρώμιο, το αρσενικό, για παθογόνους μικροοργανισμούς και οργανικούς ρύπους έχει αυξήσει το ποσοστό χρήσης στην γεωργική γη κατά 20% σε σχέση με το 2014.

Επίσης, παρατηρείται ότι ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά συναντώνται σε χώρες όπως η Σλοβενία, η Σλοβακία, η Μάλτα και η Ολλανδία που έχουν θεσπίσει από τα πιο αυστηρά όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στην ιλύ για χρήση στο έδαφος και έχουν προσθέσει και επιπλέον παραμέτρους. Από την άλλη ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά χρήσης στην γεωργία συναντώνται και στην Ελλάδα, στην Κύπρο και την Αλβανία όπου δεν έχουν τεθεί πιο αυστηρές οριακές τιμές και η μοναδική επιπλέον παράμετρος που τέθηκε όριο είναι αυτή του χρωμίου μόνο στην περίπτωση της Ελλάδας (εξασθενές και τρισθενές).

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι δεν υπάρχει κάποιο μοτίβο ανάλογα με το εθνικό δίκαιο και την τελική διάθεση της ιλύος. Ωστόσο, από το διάγραμμα 1 φαίνεται ότι η χρήση της ιλύος στην γεωργία έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια. Από τα παραπάνω εκτιμάται ότι υπάρχει ανησυχία ακόμη από πολλά κράτη – μέλη για τον περιβαλλοντικό κίνδυνο από την εφαρμογή της ιλύος σε γεωργικές εκτάσεις.

Παρά τα σαφή οφέλη από τη χρήση της ιλύος στη γεωργία, η αυξανόμενη προσοχή του κοινού τα τελευταία χρόνια και η εστίαση στους οργανικούς ρύπους της ιλύος, όπως οι διοξίνες, έχει παρεμποδίσει την πιθανή ωφέλιμη χρήση της στη γη και στη γεωργία. Κι αυτό παρά το γεγονός ότι υπάρχει μεγάλος όγκος στοιχείων που καταδεικνύουν ότι είναι απίθανο να αντιπροσωπεύουν κίνδυνο. Είναι πιθανόν ότι η ζήτηση για ιλύ στη γεωργία και για άλλες χρήσεις γης θα είχε αυξηθεί εάν αναγνωρίζονταν σαφώς ως προϊόν/πόρος και όχι ως απόβλητο.

Κομποστοποίηση

Πίνακας 14: Κομποστοποίηση της ιλύος στις χώρες της ΕΕ τη δεκαετία 2010-2020 (10³ tn DS) (Eurostat, 2023)

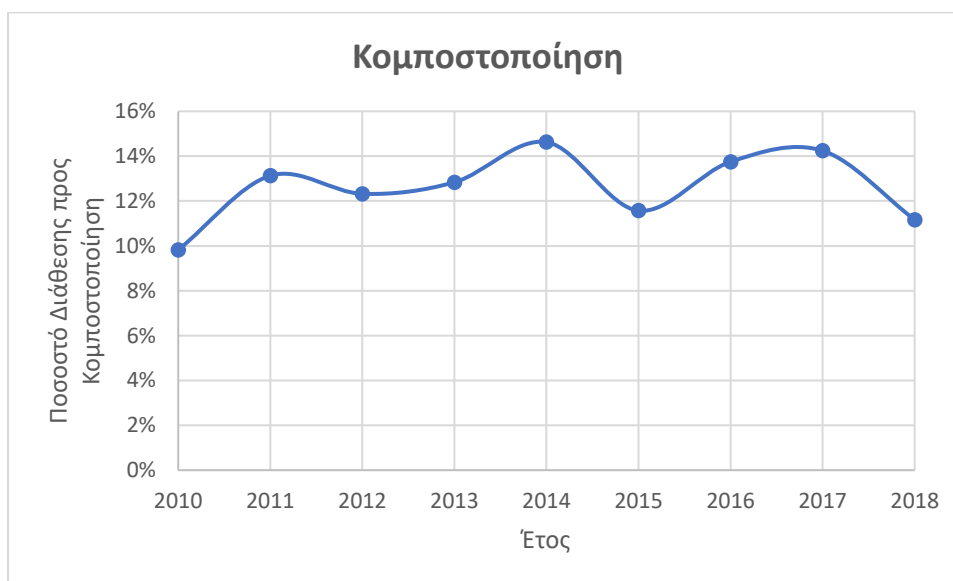
ΚΡΑΤΗ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Βέλγιο	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Βουλγαρία	0,00	1,10	5,50	2,30	0,80	3,40	3,30	3,80	2,90	2,85	
Τσεχία	56,90	72,50	153,70	138,90	137,80	72,89	67,74	73,06	78,01	66,96	92,78
Δανία											
Γερμανία	317,36	315,51	293,55	264,40	251,53	223,67	200,50	204,25	155,82	146,24	
Εσθονία	11,50	15,20	14,80	12,47	16,12	13,19	12,21	14,00	14,57	3,31	5,65
Ιρλανδία	7,13	27,65		9,34	9,27	10,95	9,61	10,07	10,61	6,10	6,50
Ελλάδα											
Ισπανία											
Γαλλία	197,00	253,00	245,00	244,00	305,00	278,00	287,00	318,00			
Κροατία			1,44	0,62	0,01	0,27	0,26	0,00	0,15	0,78	0,82
Ιταλία											
Κύπρος	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,48	4,86		
Λετονία	2,51	1,17	2,14	2,36	2,68	6,07	7,71	5,72	8,84	5,49	4,66
Λιθουανία	11,20	10,19	12,18	10,93	14,63	15,57	13,63	16,70	17,51	16,79	15,20
Λουξεμβούργο	2,70		3,22			2,21	2,53	4,56	1,76	1,86	1,44
Ουγγαρία	77,18	83,26	38,21	40,69	55,23	67,59	127,78	148,10	167,07	159,85	
Μάλτα	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ολλανδία	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	4,18		0,00		0,00
Αυστρία	83,00		74,20		51,50		47,94		46,29	49,83	43,72
Πολωνία	30,90	31,00	33,30	32,60	46,30	47,10	31,82	25,90	25,20	30,55	29,46
Πορτογαλία											
Ρουμανία	1,30	0,20	1,30	0,30	0,20		0,34	1,76	4,15	12,19	5,03
Σλοβενία	0,20	1,90	1,90	2,70	1,50	0,60	1,00	0,40	0,60	0,60	0,40
Σλοβακία	35,29	37,60	36,83	35,21	26,05	24,87	25,18	24,62	25,45	25,62	26,40

Φιλανδία							80,40	80,22	69,42	93,58	
Σουηδία	65,20		66,70		59,10		55,60		54,00		
Ισλανδία											
Λιχτενσταϊν											
Νορβηγία	23,70	27,90	32,30	29,90	25,70	20,50	27,80	33,80	26,70	26,60	36,63
Ελβετία				0,00				0,00			
Ηνωμένο Βασίλειο											
Μαυροβούνιο											
Βόρεια Μακεδονία											
Αλβανία											
Σερβία											
Τουρκία							0,00		0,02		0,00
Βοσνία - Ερζεγοβίνη	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ΣΥΝΟΛΟ/έτος	923,07	878,18	1.016,27	826,74	1.003,42	786,92	1.006,53	968,44	713,93	649,20	268,69

Από τα δεδομένα του Πίνακα 14, φαίνεται ότι η κομποστοποίηση της ιλύος κυμαίνεται μεταξύ 10% - 15%. Όπως παρουσιάζεται παρακάτω, η κομποστοποίηση ως μέθοδος διάθεσης παρουσιάζει κάποιες διακυμάνσεις μέσα στην εξεταζόμενη περίοδο.

Γενικώς όπως παρατηρείται και ακολούθως η κομποστοποίηση δεν αποτελεί ιδιαίτερα δημοφιλή μέθοδο για την διαχείριση της ιλύος. Το γεγονός αυτό οφείλεται πιθανόν στην έκλυση οσμών κατά τη διάρκεια της, την απαίτηση σχετικά μεγάλων εκτάσεων γης και την πιθανή δυσκολία ανεύρεσης αγοράς για την πώληση του τελικού προϊόντος.

Διάγραμμα 4 : Διαχρονική Εξέλιξη Κομποστοποίησης Ιλύος στην ΕΕ



Διάγραμμα 5 : Διαχρονική Εξέλιξη Κομποστοποίησης Ιλύος στην ΕΕ

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται το ποσοστό της ιλύος που διατέθηκε προς κομποστοποίηση για το έτος 2018. Σημειώνεται ότι για την κατασκευή αυτού του διαγράμματος λήφθηκαν υπ' όψιν μόνο τα κράτη – μέλη που παρείχαν πληροφορίες.



Διάγραμμα 6: Ποσοστό Συνολικής Ιλύος που διατέθηκε προς κομποστοποίηση ανά κράτος-μέλος το έτος 2018

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 5, το 2018 η Εσθονία, η Ουγγαρία και η Κύπρος διέθεσαν περισσότερο από 50% της συνολικής διατιθέμενης ποσότητας τους προς κομποστοποίηση. Σε 11 κράτη – μέλη διατέθηκε η ιλύς προς κομποστοποίηση σε ποσοστό 20 – 47%, ενώ σε 6 κράτη – μέλη το ποσοστό ήταν χαμηλότερο από 10%. Τέλος, το Βέλγιο, η Ολλανδία, η Μάλτα, η Τουρκία και η Βοσνία Ερζεγοβίνη δεν εφαρμόζουν καθόλου την μέθοδο της κομποστοποίησης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα φαίνεται να μην εφαρμόζει καθόλου την μέθοδο της κομποστοποίησης, γεγονός που οφείλεται πιθανόν στην έλλειψη νομοθετικού πλαισίου για την παραγωγή κόμποστ υψηλής ποιότητας και κατ' επέκταση στην διευκόλυνση της διάθεση του στην αγορά.

Υγειονομική Ταφή

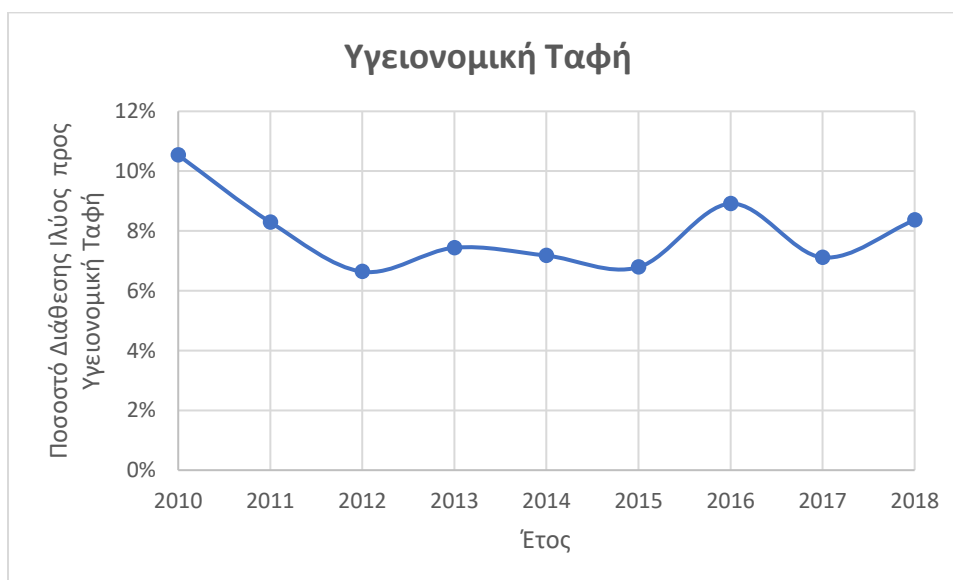
Πίνακας 15: Υγειονομική ταφή της ιλύος στις χώρες της ΕΕ τη δεκαετία 2010-2020 (10³ tn DS) (Eurostat, 2023)

ΚΡΑΤΗ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Βέλγιο	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Βουλγαρία	14,00	7,10	6,60	10,50	8,50	8,50	6,20	6,80	3,70	1,88	
Τσεχία	16,30	14,00	13,40	17,70	14,36	21,46	21,56	22,28	19,56	19,06	17,61
Δανία	1,40										
Γερμανία	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Εσθονία	2,60	2,10	6,50	0,84	1,32	1,44	2,79	2,36	2,31	1,48	2,03
Ιρλανδία	0,19	0,30	0,00		0,36	0,09	0,10	0,09	0,09	0,12	0,07
Ελλάδα		79,80	40,30	37,05	39,03	34,03	34,03	36,83	36,83	36,83	
Ισπανία	188,40	193,40	217,00	132,40	127,80	118,70	120,90	105,80	90,70		
Γαλλία	43,00	46,00	42,00	31,00	31,00	8,00	6,00	13,00			
Κροατία			0,84	14,09	14,57	16,17	7,28	1,93	0,78	0,75	0,71
Ιταλία	462,20										
Κύπρος	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Λετονία	1,31	1,10	0,17	0,24	1,17	0,40	0,15	0,02	0,07	0,00	0,73
Λιθουανία	0,48	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	5,62	3,21	3,40	3,62	1,65
Λουξεμβούργο	0,00		0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ουγγαρία	39,19	32,00	13,69	5,66	3,09	2,86	2,37	1,27	1,51	1,28	
Μάλτα	1,24	6,06	10,50	9,64	8,50	8,44	10,77	10,30	8,28	9,69	10,36
Ολλανδία	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,06	1,10		31,91		1,48
Αυστρία	20,80		13,60		3,21		0,06		0,26	0,39	0,31
Πολωνία	58,90	51,40	46,80	31,40	31,50	40,50	20,67	15,25	10,64	9,37	6,95
Πορτογαλία			11,40		3,67		5,14				
Ρουμανία	40,50	53,90	43,00	117,70	145,14	104,23	177,61	168,45	128,31	130,02	140,69
Σλοβενία	3,00	2,00	1,10	0,50	0,30	0,20	0,20	0,30	0,30	0,50	0,60
Σλοβακία	6,70	8,25	7,81	6,64	4,31	4,64	7,31	7,86	11,27	9,68	7,03

Φιλανδία							1,72	5,40	6,67	1,76	
Σουηδία	7,50		7,10		3,60		3,10		2,30		
Ισλανδία											
Λιχτενσταϊν											
Νορβηγία	8,90	17,90	18,50	18,60	16,70	19,60	13,80	16,90	8,70	10,08	11,99
Ελβετία				0,00				0,00			
Ηνωμένο Βασίλειο	8,80		4,70								
Μαυροβούνιο											
Βόρεια Μακεδονία											
Αλβανία											
Σερβία				9,70	8,30	10,80	8,30	13,00	9,50	8,10	5,50
Τουρκία							153,04		132,69		129,24
Βοσνία - Ερζεγοβίνη	0,70	0,50	1,20	1,30	1,30	1,30	9,50	9,50	9,50	9,50	
ΣΥΝΟΛΟ/έτος	926,11	516,28	506,21	444,96	467,73	403,42	619,32	440,55	519,28	254,11	336,95

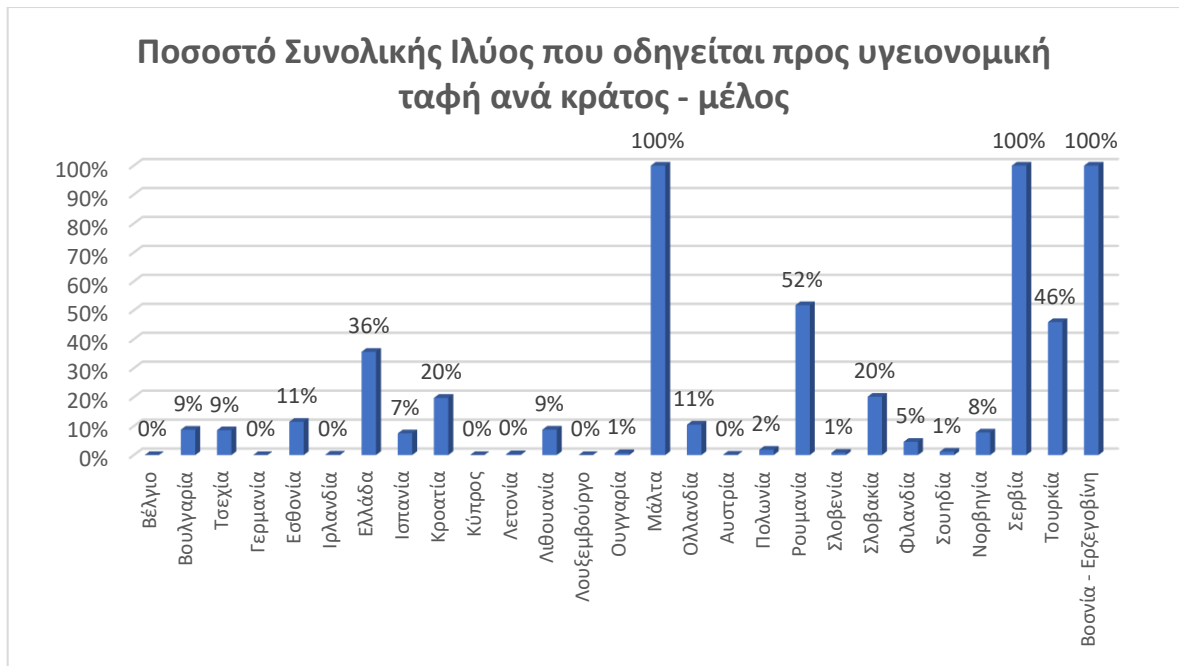
Η υγειονομική ταφή της ιλύος βρίσκεται πλέον υπό πολλούς περιορισμούς και ως εκ τούτου είναι αναμενόμενο το ποσοστό διάθεσης της να κυμαίνεται μόλις μεταξύ 7% - 11%. Όπως απεικονίζεται και στο ακόλουθο διάγραμμα, η υγειονομική ταφή παρουσιάζει μία φθίνουσα πορεία την χρονική περίοδο 2010-2018.

Σύμφωνα με τις επιταγές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα κράτη μέλη πρέπει να υιοθετήσουν σχέδια διαχείρισης αποβλήτων που στοχεύουν στη μείωση της ποσότητας των αποβλήτων που διατίθενται προς υγειονομική ταφή. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την Οδηγία 2018 τίθεται ως στόχος για το 2030 να οδηγούνται μόνο το 10% των συνολικά παραγόμενων απορριμμάτων προς υγειονομική ταφή. Ως εκ τούτου, είναι ύψιστης σημασίας η διεύρεση άλλων λύσεων για την διαχείριση της ιλύος, αφού η υγειονομική ταφή της σύντομα δεν θα αποτελεί ρεαλιστική επιλογή.



Διάγραμμα 7: Διαχρονική Εξέλιξη Υγειονομικής Ταφής Ιλύος στην ΕΕ

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται το ποσοστό της ιλύος που διατέθηκε προς υγειονομική ταφή για το έτος 2018. Σημειώνεται ότι για την κατασκευή αυτού του διαγράμματος λήφθηκαν υπ' όψιν μόνο τα κράτη – μέλη που παρείχαν πληροφορίες.



Διάγραμμα 8: Ποσοστό Συνολικής Ιλύος που διατέθηκε προς υγειονομική ταφή ανά κράτος-μέλος το έτος 2018

Από το διάγραμμα 7 διαπιστώνεται ότι υπάρχει έντονη ανομοιογένεια μεταξύ των κρατών – μελών στην ποσότητα της ιλύος που οδηγείται προς υγειονομική ταφή. Ενώ φαινομενικά η γενική τάση της ΕΕ είναι η μείωση της ιλύος προς υγειονομική ταφή όπως αποτυπώθηκε στο διάγραμμα 6, υπάρχουν συγκεκριμένα κράτη μέλη που διαθέτουν σημαντικό μέρος της παραγόμενης ιλύος σε ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ.

Η Μάλτα, η Σερβία και η Βοσνία Ερζεγοβίνη δεν επαναχρησιμοποιούν με κανέναν τρόπο την παραγόμενη ιλύ, αφού όλο το τμήμα αυτής οδηγείται προς υγειονομική ταφή. Η Ρουμανία, η Τουρκία και η Ελλάδα φαίνεται πως έχουν να διανύσουν μεγάλη απόσταση μέχρι τον στόχο του 10% της συνολικής ταφής. Μεγαλύτερη διάθεση προς ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ από τον ευρωπαϊκό στόχο του 10% φαίνεται να είναι και για τις χώρες : Εσθονία, Κροατία, Ολλανδία και Σλοβακία.

Αποτέφρωση

Πίνακας 16: Αποτέφρωση της ιλύος στις χώρες της ΕΕ τη δεκαετία 2010-2020 (10³ tn DS) (Eurostat, 2023)

ΚΡΑΤΗ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Βέλγιο	81,65	91,57	128,77	131,71	128,02	125,64	126,80	118,97	118,32	115,38	116,84
Βουλγαρία	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Τσεχία	5,10	6,70	7,70	5,90	6,41	14,24	18,91	24,99	22,33	20,75	23,91
Δανία	33,80										
Γερμανία	1.003,75	1.067,43	1.008,83	1.034,77	1.077,93	1.148,68	1.142,89	1.190,16	1.295,19	1.293,25	
Εσθονία											
Ιρλανδία	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ελλάδα		36,30	39,35	41,72	38,52	38,36	38,36	37,71	37,71	37,71	
Ισπανία	161,60	179,40	168,20	121,80	102,40	110,00	111,90	89,10	67,00		
Γαλλία	181,00	199,00	208,00	161,00	171,00	138,00	136,00	149,00			
Κροατία			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,04	0,81
Ιταλία	36,70										
Κύπρος	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,79	0,27		
Λετονία	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
Λιθουανία	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	1,88	1,84	14,43
Λουξεμβούργο	0,80		1,03			0,76	1,01	1,30	1,14	1,67	3,17
Ουγγαρία	7,51	23,29	22,99	24,78	41,47	23,02	60,53	64,19	28,80	12,22	
Μάλτα	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ολλανδία	330,20	331,00	321,10	315,60	319,70	322,41	319,85		270,98		294,76
Αυστρία	114,60		138,60		118,47		127,25		125,36	106,57	118,86
Πολωνία	19,80	41,60	56,60	72,90	84,20	79,30	101,14	106,16	111,54	70,17	98,58
Πορτογαλία			0,10								
Ρουμανία	0,00	0,00	0,40		1,24	0,50	0,38	0,02	0,72	1,14	2,15
Σλοβενία	13,40	15,00	13,00	14,40	15,00	15,10	15,90	12,40	10,60	9,60	11,20
Σλοβακία	0,00	0,00	3,20	5,01	16,04	16,91	11,04	12,24	11,68	12,93	11,93

Φιλανδία							0,72	1,17	5,61	0,66	
Σουηδία	2,50		1,50		2,20		4,20		2,80		
Ισλανδία											
Λιχτενσταϊν											
Νορβηγία	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	4,90	0,01
Ελβετία				194,50					177,00		
Ηνωμένο Βασίλειο	259,60		228,90								
Μαυροβούνιο											
Βόρεια Μακεδονία											
Αλβανία											
Σερβία											
Τουρκία							93,94		142,86		83,94
Βοσνία - Ερζεγοβίνη	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ΣΥΝΟΛΟ/έτος	2.252,01	1.991,29	2.348,27	2.124,09	2.122,60	2.032,92	2.311,43	1.985,45	2.255,58	1.688,83	780,59

Παρόλο που η αποτέφρωση θεωρείται δαπανηρή διαδικασία με πιθανά περιβαλλοντικά προβλήματα και δεν πλαισιώνεται στην Οδηγία 86/278, οι περισσότερες χώρες της ΕΕ φαίνεται να επενδύουν σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης.

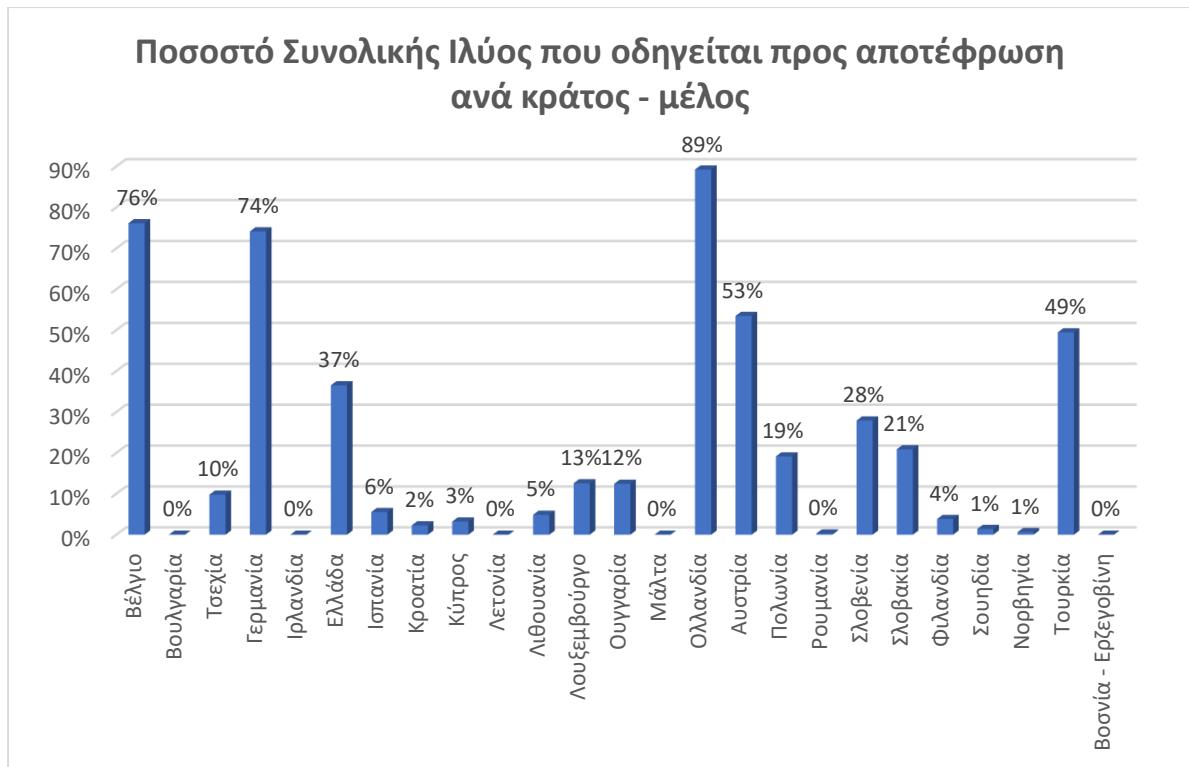
Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8, η αποτέφρωση παραμένει μια δημοφιλής επιλογή απόρριψης και μάλιστα αν και παρουσιάζονται διακυμάνσεις, υπάρχει μία αύξουσα πορεία στα ποσοστά χρήσης της. Το έτος 2010 μόλις το 22% της συνολικά διατιθέμενης ιλύος οδηγούταν προς αποτέφρωση, ενώ το 2013 ξεπερνούσε το 39%. Μετά το 2014 η αποτέφρωση βρίσκεται κατά μέσο όρο στο 33% της συνολικής διατιθέμενης ιλύος.

Αν και δαπανηρή από άποψη υποδομής, η αποτέφρωση προσφέρει μία οικονομική και λειτουργική ασφάλεια. Επιπλέον, μέσω της αποτέφρωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η προκύπτουσα θερμότητα για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια έτσι ώστε η επεξεργασία της ιλύος να γίνεται ενεργειακά ουδέτερη. Από την άλλη, είναι αμφίβολο αν έχει υψηλό επίπεδο δημόσιας αποδοχής λόγω ανησυχιών σχετικά με τις εκπομπές αερίων.



Διάγραμμα 9: Διαχρονική Εξέλιξη Αποτέφρωσης Ιλύος στην ΕΕ

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται το ποσοστό της ιλύος που διατέθηκε προς αποτέφρωση για το έτος 2018. Σημειώνεται ότι για την κατασκευή αυτού του διαγράμματος λήφθηκαν υπ' όψιν μόνο τα κράτη – μέλη που παρείχαν πληροφορίες.



Διάγραμμα 10: Ποσοστό Συνολικής Ιλύος που διατέθηκε προς αποτέφρωση ανά κράτος-μέλος το έτος 2018

Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζονται οι μεγάλες διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των κρατών - μελών ως προς την απόρριψη με αποτέφρωση. Η Ολλανδία, η Γερμανία και το Βέλγιο σημειώνουν τα υψηλότερα ποσοστά στην διάθεση μέσω αποτέφρωση που κυμαίνονται από 74% - 89%. Δεδομένου ότι οι τρεις προαναφερθείσες χώρες είναι από τις οικονομικά πιο ανεπτυγμένες της Ευρώπης, είναι εύλογο να έχουν καταστεί δυνατές οι επενδύσεις που απαιτούνται για την κατασκευή και λειτουργία μονάδων αποτέφρωσης.

Αναφορικά με την Γερμανία, σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί στην Επιτροπή, εκπρόσωποι ορισμένων ομοσπονδιακών κρατών θέλουν να απαγορεύσουν ή να μειώσουν σημαντικά τη γεωργική χρήση της ιλύος, κυρίως λόγω ανησυχιών σχετικά με τη συσσώρευση οργανικών ρύπων στο έδαφος. Ομόσπονδα κράτη όπως η Βαυαρία έχουν ήδη μειώσει την ποσότητα της χρησιμοποιούμενης ιλύος από 55% το 1997 σε 20% το 2008, και η Βαυαρία θέλει να τη μειώσει περαιτέρω με την κατασκευή αρκετών μονάδων αποτέφρωσης σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Η Βάδη-Βυρτεμβέργη πρότεινε επίσης τον τερματισμό της χρήσης ιλύος σε γεωργική γη και έχει ήδη ξεκινήσει μια «de facto» απαγόρευση περιορίζοντας ορισμένες γεωργικές επιδοτήσεις σε αγρότες που δεν χρησιμοποιούν ιλύ λυμάτων στα χωράφια τους.

Περίπου την μισή ποσότητα της συνολικής διατιθέμενης ιλύος οδηγούν προς αποτέφρωση η Αυστρία και η Τουρκία, ενώ εμφανίζεται και ένα σημαντικό ποσοστό και στην Ελλάδα. Η Πολωνία, η Σλοβακία και η Σλοβενία διαθέτουν ένα ποσοστό που κυμαίνεται από 19-28% προς αποτέφρωση. Οι υπόλοιπες εξεταζόμενες χώρες (πάνω από τις μισές) χρησιμοποιούν την αποτέφρωση σε ποσοστό μικρότερο από 13%.

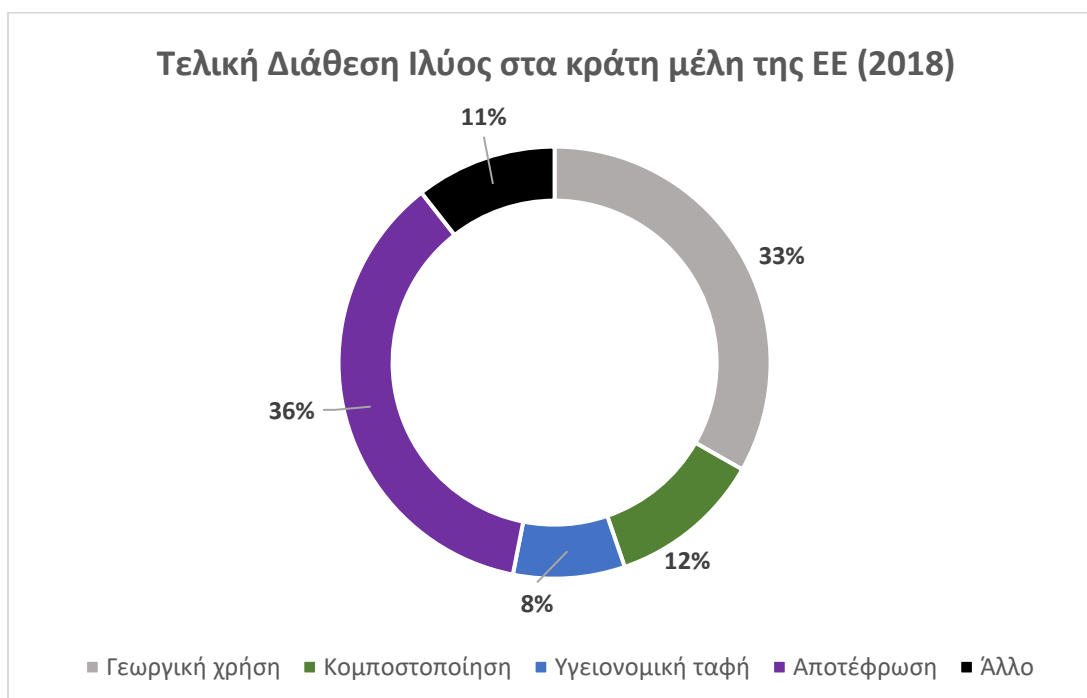
Οι Harder et al. (2019) αναφέρουν ότι «περίπου από τα μέσα της δεκαετίας του 2000, οι προσπάθειες προς την εξαγωγή θρεπτικών ουσιών έχουν ενταθεί» και ότι αυτές οι προσπάθειες ευθυγραμμίζονται με μια γενική τάση προς τη θερμική επεξεργασία. Αυτή η τάση, για τη θερμική επεξεργασία της ιλύος έχει αυξηθεί (Gao et al., 2020; Schnell et al., 2020; Zhang et al., 2017), υποδεικνύοντας ότι οι προκλήσεις που σχετίζονται με τη διαχείριση της ιλύος με θερμική επεξεργασία μπορούν να αντιμετωπιστούν.

Άλλη διάθεση

ΚΡΑΤΗ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Βέλγιο	45,57	43,52	5,99	2,95	4,14	3,56	3,10	3,97	5,29	2,95	2,92
Βουλγαρία	12,10	5,40	8,30	0,70	7,00	4,80	11,40	12,20	5,90	2,91	
Τσεχία	17,40	16,40	16,20	16,60							
Δανία	5,60										
Γερμανία	0,00	0,00	0,00	4,23	2,64	3,00	6,29	6,87	15,90	13,12	
Εσθονία											
Ιρλανδία	0,00	0,00	0,00	0,34	1,43	0,65	0,96	2,13	0,53	0,28	0,08
Ελλάδα		24,90	24,77	11,71	15,78	25,85	25,85	18,56	18,56	18,56	
Ισπανία											
Γαλλία	23,00	33,00	38,00	22,00	58,00	31,00	21,00	30,00			
Κροατία			0,01	0,03	0,08	0,00	0,02	0,35	1,39	1,02	3,10
Ιταλία	94,70										
Κύπρος	1,79	2,90	3,78	3,20	4,77	5,76	5,19	1,83	2,34		
Λετονία	8,25	9,95	8,25	10,65	11,99	11,62	13,08	15,32	10,93	10,94	3,60
Λιθουανία	1,18	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80
Λουξεμβούργο	0,70		0,14			3,04	3,83	2,31	4,19	3,59	2,88
Ουγγαρία	2,26	2,80	0,97	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Μάλτα	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ολλανδία	2,50	0,30	3,50	0,10	0,00	0,85	0,00		0,73		12,12
Αυστρία					26,25		14,37		14,40	27,06	16,77
Πολωνία	307,70	278,90	281,60	298,00	286,70	293,60	298,67	328,64	317,36	340,78	296,10
Πορτογαλία					49,88		100,15				
Ρουμανία	1,70	1,50	1,40	46,50	32,70	40,91	44,49	78,09	68,18	43,67	52,22
Σλοβενία	13,00	7,50	9,70	9,30	11,00	13,00	15,10	23,50	26,60	24,10	18,80
Σλοβακία	11,85	12,51	9,62	10,05	10,48	9,82	9,52	9,80	7,53	6,60	10,16
Φιλανδία							0,36	0,36	0,84	0,12	

Σουηδία	60,40		72,30		68,10		59,00		57,40		
Ισλανδία											
Λιχτενσταϊν											
Νορβηγία	15,90	3,50	1,10	0,10	1,70	3,30	6,40	4,70	10,30	10,19	7,95
Ελβετία				0,00				0,00			
Ηνωμένο Βασίλειο	2,90		0,40								
Μαυροβούνιο											
Βόρεια Μακεδονία											
Αλβανία					23,00	20,64	52,00	87,82	86,30	90,70	93,32
Σερβία											
Τουρκία							0,00		1,98		68,74
Βοσνία - Ερζεγοβίνη	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ΣΥΝΟΛΟ/έτος	628,5	443,62	486,03	436,99	615,64	471,4	690,78	626,45	656,65	596,59	589,56

Συνολικά, η τελική διάθεση της ιλύος από τις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων για τα κράτη – μέλη της ΕΕ για το έτος 2018 απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα :



Διάγραμμα 11: Τελική Διάθεση Ιλύος στα κράτη μέλη της ΕΕ (2018)

Όπως φαίνεται παραπάνω, οι κύριες μέθοδοι διαχείρισης της ιλύος στις χώρες της Ε.Ε. είναι η γεωργική χρήση και η αποτέφρωση.

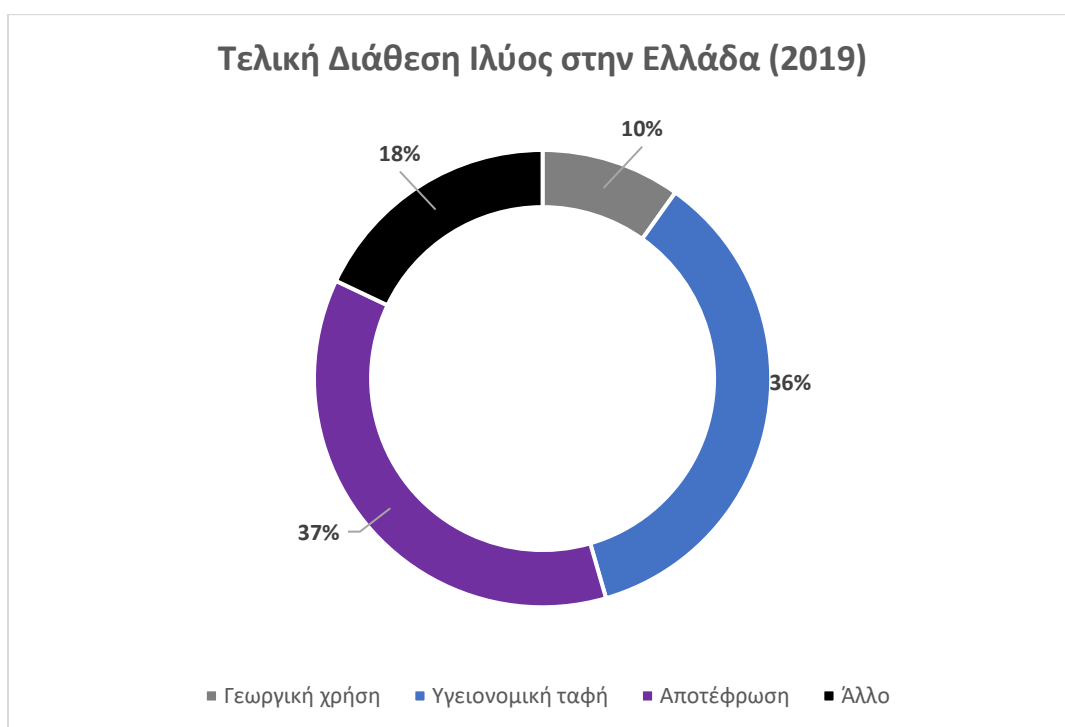
Η εφαρμογή της στην γεωργία προσφέρει τη δυνατότητα ανακύκλωσης θρεπτικών συστατικών στα φυτά, παρέχει οργανικό υλικό, βελτιώνει τη γονιμότητα του εδάφους μαζί με τις φυσικές ιδιότητες και ενισχύει την καλλιέργεια.

Ταυτόχρονα, σήμερα αντιμετωπίζεται παγκοσμίως και μια άλλη πρόκληση, η ενεργειακή κρίση. Η ιλύς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική πηγή ενέργειας για να ξεπεραστεί το ενεργειακό έλλειμμα.

Δεδομένου ότι η γεωργική χρήση προωθείται πιο έντονα από την ΕΕ, η πρόκληση για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής είναι να εξισορροπήσουν την προτιμώμενη πολιτική χρήσης της ιλύος όσον αφορά τη βιώσιμη ανάπτυξη, με ποιοτικά πρότυπα που είναι εφικτά. Εάν δεν επιτευχθεί αυτή η ισορροπία, είναι αναπόφευκτο ότι όλο και περισσότερα κράτη μέλη θα επιλέγουν την αποτέφρωση της ιλύος λόγω της μεγαλύτερης οικονομικής και λειτουργικής ασφάλειας που μπορεί να προσφέρει αυτή η μέθοδος.

Ελλάδα

Με βάση τα πιο πρόσφατα δημοσιευμένα στοιχεία για την Ελλάδα (2019), η κατάσταση διάθεσης της ιλύος παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 10. Το 2019, η παραγωγή ιλύος ήταν στα επίπεδα των 103.280 τόνων, με το μεγαλύτερο μέρος (37%) να καταλήγει προς αποτέφρωση, το 36% να οδηγείται προς ταφή, το 18% να διατίθεται προς άλλη χρήση και μόλις το 10% να χρησιμοποιείται στη γεωργία.



Διάγραμμα 12 : Τελική Διάθεση Ιλύος στην Ελλάδα (2019)

Η Οδηγία 86/278, ενσωματώθηκε στο ελληνικό δίκαιο το έτος 1991, με στόχο να ενθαρρύνει την εφαρμογή της ιλύος στη γεωργία και να ρυθμίσει κατάλληλα τη χρήση του, προσπαθώντας να αποτρέψει τυχόν επιβλαβείς περιβαλλοντικές και ανθρώπινες επιπτώσεις. Ωστόσο, σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα η τρέχουσα χρήση της ιλύος για εφαρμογές εδάφους είναι μάλλον περιορισμένη.

Έρευνα του ΕΜΠ (Andreadakis et al.,2002) που εξέτασε ιλύες από δεκαοχτώ ΕΕΛ στην Ελλάδα, με συνολική ικανότητα επεξεργασίας 5.305.000 ι.π. ή περίπου το 65% της ικανότητας επεξεργασίας όλων των ΕΕΛ στην Ελλάδα, έδειξε ότι οι περισσότερες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα φαίνεται να παράγουν ικανοποιητική ποιότητα ιλύος με υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Εντούτοις, η έρευνα αυτή επίσης έδειξε ότι οι μονάδες επεξεργασίας που βρίσκονται στην Αθήνα (Ψυττάλεια και ΜΕΛ Μεταμόρφωσης) δεν ήταν εντός των οριακών τιμών της

σχετικής ΚΥΑ και φαίνεται να έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα στην ιλύ από τις άλλες μονάδες επεξεργασίας που βρίσκονται στην Ελλάδα.

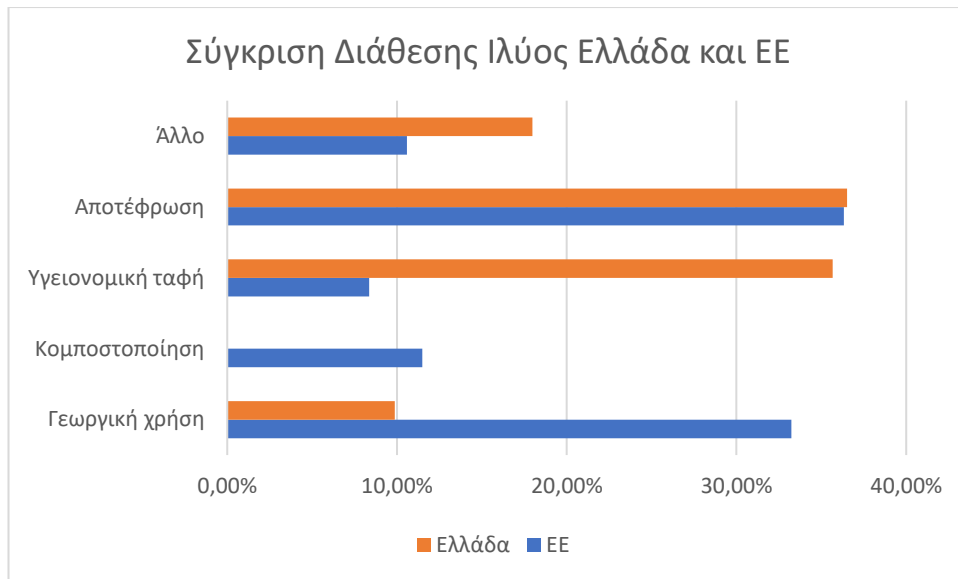
Το γεγονός αυτό είναι υπεύθυνο κατά κύριο λόγο για το χαμηλό ποσοστό γεωργικής χρήσης, αφού στις μεγαλουπόλεις (Αθήνα, Θεσσαλονίκη) όπου και παράγονται οι μεγαλύτερες ποσότητες ιλύος, εντοπίζεται αρκετά υψηλότερη περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα, από τα όρια της υπουργικής απόφασης 80568/4225/91. Για το λόγο αυτό, η ιλύς από τις μεγαλύτερες μονάδες επεξεργασίας χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο καυσίμου στη βιομηχανία τσιμέντου, αλλά και (εν μέρει) ως εδαφοβελτιωτικό (Prochaska et al., 2020). Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί ότι ένας ακόμη ανασταλτικός παράγοντας για χρήση στην γεωργία των ιλύων που παράγονται από την Αθήνα και την Θεσσαλονίκη είναι και η μεγάλη απόσταση που θα χρειάζεται για την μεταφορά της, γεγονός που αυξάνει πολύ το κόστος.

Ενδεχομένως η περιορισμένη εφαρμογή ιλύος στη γεωργία και στο έδαφος στην Ελλάδα, να οφείλεται σε μεγάλο βαθμό και στις ασάφειες που υπάρχουν στην υφιστάμενη Ελληνική Νομοθεσία για τις ενδεχόμενες αρνητικές επιπτώσεις. Αυτό έχει οδηγήσει σε μια προσπάθεια αναθεώρησης της Νομοθεσίας.

Όσο αφορά την επαναχρησιμοποίηση της ιλύος φαίνεται η αποτέφρωση να είναι η πιο προτιμητέα μέθοδος.

Επίσης φαίνεται ότι η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα μακριά από τον στόχο του 10% της συνολικής ποσότητας των αποβλήτων που οδηγούνται προς ταφή, σύμφωνα με τις επιταγές της ΕΕ. Ειδικά για την Ελλάδα τίθεται εθνικός στόχος μέσω του πρόσφατου ΕΣΔΑ με ορίζοντα 2020 – 2030 για τις ιλύες αστικού τύπου με την ανάκτηση τους να είναι 95% η διάθεση τους πρέπει να είναι 5%. Γενικώς η απόθεση της ιλύος σε χώρους υγειονομικής ταφής δεν είναι βιώσιμη μακροπρόθεσμη εναλλακτική. Το Κ.Ε.Λ. Ψυττάλειας και η ΕΕΛ Θεσσαλονίκης, αν και παράγουν μεγάλες ποσότητες ιλύος, αποτελούν εξαιρέσεις καθώς στις συγκεκριμένες ΕΕΛ αξιοποιείται η ξηραμένη ιλύς με μορφή καυσίμου αλλά και στη τσιμεντοβιομηχανία (Κ.Ε.Λ.Ψυττάλειας) ή ως εδαφοβελτιωτικό (ΕΕΛ Θεσσαλονίκης).

Συγκρίνοντας τις διαφορετικές μεθόδους της Ελλάδας και της ΕΕ κατασκευάστηκε το ακόλουθο διάγραμμα :



Όπως φαίνεται οι μεγάλες διαφορές συναντώνται στην γεωργική χρήση η οποία στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα χαμηλή και στην υγειονομική ταφή όπου η Ελλάδα έχει κατά πολύ μεγαλύτερο ποσοστό που καταλήγει σε ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ. Επίσης έντονη διαφορά παρουσιάζεται και στην κομποστοποίηση όπου δεν φαίνεται να επιλέγεται ως μέθοδος στην Ελλάδα και έτσι κρίνεται ότι χρειάζεται ένα πλαίσιο ώστε να προωθηθεί η χρήση της. Το κοινό που υπάρχει μεταξύ της Ελλάδα και της ΕΕ είναι ότι η αποτέφρωση αποτελεί την πιο δημοφιλή μέθοδο αξιοποίησης της ιλύος.

4.4. Κόστος Διαχείρισης Ιλύος

Το κόστος της διαχείρισης της ιλύος, προκύπτει από όλες τις απαραίτητες ενέργειες που χρειάζεται να λάβουν χώρα ώστε να διασφαλιστεί ότι η ιλύς πληροί τα πρότυπα ποιότητας της Οδηγίας και έτσι να αποτραπούν οι αναμενόμενες επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και την περιβάλλον.

Μεταξύ των κρατών μελών υπάρχουν μεγάλες διαφορές στο κόστος διαχείρισης της ιλύος και συγκεκριμένα μπορεί να ποικίλλει έως και 25% έως και 80% του συνολικού κόστους της ΕΕ. Ο λόγος που συναντάται τόσο έντονη διακύμανση είναι ότι το σύστημα της συνολικής διαχείρισης είναι πολυπαραγοντικό και επηρεάζεται έντονα από τις εκάστοτε συνθήκες.

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος διαχείρισης της ιλύος σύμφωνα με έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2014) είναι :

- Ο τύπος της επεξεργασίας και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται (π.χ. ξήρανση, επεξεργασία με ασβέστη, αποτέφρωση, κομποστοποίηση, υγειονομική ταφή, αποκατάσταση γης, γεωργία).

- Η διάρκεια αποθήκευσης της επεξεργασμένης ιλύος.
- Το λειτουργικό κόστος (π.χ. εργατικό δυναμικό, ενέργεια, καύσιμα μεταφοράς, χρήση ορισμένων χημικών ουσιών, gate fee ΧΥΤΑ).
- Ειδικός εξοπλισμός.
- Αποστάσεις μεταφοράς προς τελική διάθεση της ιλύος.

Σε ορισμένα κράτη μέλη όπως το Βέλγιο, η Φιλανδία, η Ολλανδία, η Ρουμανία και η Σλοβενία, η ιλύς πρέπει να υποβάλλεται σε επεξεργασία σύμφωνα με τα ανώτερα εθνικά πρότυπα, δηλαδή πρότυπα για τα παθογόνα. Αντίστοιχα άλλα κράτη, έχουν θέσει ανώτερα εθνικά πρότυπα σχετικά με τους οργανικούς ρύπους. Επομένως, το συνολικό κόστος εξαρτάται από τα εθνικά πρότυπα ποιότητας που ορίζονται από τα κράτη μέλη που καθορίζουν κατ' επέκταση και το επίπεδο επεξεργασίας της.

Σύμφωνα με την έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2014), οι πιο δαπανηρές παράμετροι στην δειγματοληψία και στις δοκιμές φαίνεται να είναι τα όρια στους οργανικούς ρύπους (σε ιδιαίτερα τα όρια για τους PAH) και εκείνα για τα βαρέα μέταλλα στο έδαφος.

Παρά το γεγονός ότι το κόστος επεξεργασίας και διαχείρισης της ιλύος ποικίλλει ευρέως μεταξύ των κρατών μελών μπορούν να συνοψιστούν ορισμένα γενικά στοιχεία για το κόστος. Η συμμόρφωση με την Οδηγία συνεπάγεται ορισμένες δαπάνες όπως, δαπάνες δειγματοληψίας και δοκιμών, συστήματα και διαδικασίες αδειοδότησης, εκπαίδευση και κόστος διαχείρισης ιλύος (π.χ. επεξεργασία ιλύος, έξοδα διάθεσης, συντήρησης). Το κόστος συντήρησης αποτελείται από μισθούς, διαφορετικούς πόρους, άλλα εφαρμοστέο κόστος διαφορετικών σταδίων τεχνολογίας, μεταφοράς, διασποράς, εναπόθεσης και άλλα έξοδα. Ένα από τα σημαντικότερα κόστη διαχείρισης ιλύος είναι η μεταφορά, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελεί τουλάχιστον το 30% του συνολικού κόστους διαχείρισης ιλύος.

Ο πίνακας παρακάτω παρέχει εκτιμήσεις κόστους διαφορετικών μεθόδων ανάλογα με την τελική διάθεση ιλύος, συμπεριλαμβάνοντας το κόστος επεξεργασίας της. Όπως φαίνεται, η χρήση ιλύος στη γη στη γεωργία είναι η επιλογή με το χαμηλότερο κόστος σε σύγκριση με τις λοιπές εναλλακτικές λύσεις. Όπως υποδεικνύεται στον Πίνακα 17, φαίνεται ότι το κόστος των διαφορετικών μεθόδων που εξετάζονται, ποικίλλει από 160 EUR/τόνο ξηρής ύλης (tDM) έως και 330 EUR/tDM. Οι μέθοδοι ταξινομούνται σε τρεις ομάδες ανάλογα με το μέσο κόστος τους. Τα στοιχεία αντικατοπτρίζουν το μέσο κόστος σε όλη την Ευρώπη για διαφορετικές οδούς διάθεσης ιλύος.

Πίνακας 17: Κόστος διαχείρισης ιλύος αναλόγως την τελική της διάθεση (European Commission, 2014)

Εύρος τιμών (EUR/tDM)	Τελική διάθεση
160-210	Διασπορά ημιστερεής ιλύος στην γεωργία
210-300	Διασπορά στερεάς ιλύος στο έδαφος Χρήση στη δασοκομία Συναποτέφρωση με άλλα απόβλητα Ταφή Αποκατάσταση εδαφών
300-330	Διασπορά λιπασματοποιημένης ιλύος στο έδαφος Ειδική αποτέφρωση

Γενικώς σύμφωνα με τα παραπάνω φαίνεται ότι η αποτέφρωση αποτελεί την πιο κοστοβόρα μέθοδο, ακολουθεί η υγειονομική ταφή ενώ η πιο οικονομική λύση αποτελεί η διάθεση της ιλύος στο έδαφος. Τα αποτελέσματα αυτά είναι αναμενόμενα καθώς η αποτέφρωση παρέχει μεγάλη μείωση όγκου της ιλύος και έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της θερμικής απόδοσης. Ωστόσο, το κόστος για τον έλεγχο των παραγόμενων απαερίων και την προστασία από ατμοσφαιρική ρύπανση είναι συνήθως πολύ υψηλό.

Αναφέρεται ότι ειδικά για την περίπτωση της γεωργικής εφαρμογής, σύμφωνα με την οικονομική έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2002) υπολογίστηκαν τα εσωτερικά οφέλη από την αντικατάσταση των λιπασμάτων με τη χρήση ιλύος στη γη. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που εφαρμόζεται, τα εσωτερικά οφέλη είναι ευθέως ανάλογα με τη συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών στην ιλύ (αζώτου και φωσφόρου κυρίως). Για την ιλύ που χρησιμοποιείται στη γεωργία, τα εσωτερικά οφέλη κυμαίνονται από -54 EUR/tDM, για ιλύ με μέση σύνθεση έως -76 EUR/tDM, για ιλύ επεξεργασμένη με ασβέστη και -78 EUR/tDM για ιλύ κομποστοποίησης. Για την ιλύ που δεν χρησιμοποιείται στη γεωργία, αυτά τα οφέλη πέφτουν σε -27 EUR/tDM για τη δασοκομία και -24 EUR/tDM για το κομπόστ που χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση γης, καθώς η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά δεν είναι τόσο χρήσιμη όσο στην περίπτωση του αγροτική χρήση.

Συνοψίζοντας, καταλήγουμε όσον αφορά το σχετικό κόστος των τεχνολογιών στην μη ύπαρξη ιδανικής λύσης, αλλά συνεκτίμησης των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της κάθε περίπτωσης.

Σε αυτό το σημείο χρειάζεται να σημειωθεί ότι όλες οι προαναφερθείσες καταγραφές του κόστους επεξεργασίας και διαχείρισης της ιλύος έχουν πραγματοποιηθεί πριν την ενεργειακή κρίση που σημειώνεται αυτή την στιγμή. Η ενεργειακή κρίση μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην επεξεργασία και συνολική διαχείριση της ιλύος με τους εξής τρόπους :

Αυξημένο ενεργειακό κόστος: Μία από τις κύριες επιπτώσεις της ενεργειακής κρίσης είναι το αυξημένο ενεργειακό κόστος. Αυτό μπορεί να κάνει πιο δαπανηρή την λειτουργία των μηχανημάτων και του εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία της ιλύος.

Μειωμένη διαθεσιμότητα πηγών ενέργειας: Κατά την ενεργειακή κρίση ήδη έχει υπάρξει μειωμένη διαθεσιμότητα πηγών ενέργειας όπως η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο. Αυτό μπορεί να περιορίσει την ικανότητα των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων να λειτουργούν τον εξοπλισμό τους και μπορεί να δυσχεράνει τη μεταφορά της ιλύος στους χώρους διάθεσης.

Πίεση για μείωση της χρήσης ενέργειας: Ως λύση στην ενεργειακή κρίση, ενδέχεται να ασκηθεί πίεση στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων για μείωση της ενεργειακής τους κατανάλωσης. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε αλλαγές στις μεθόδους επεξεργασίας της λάσπης, όπως η χρήση πιο ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού ή η βελτιστοποίηση της χρήσης του υπάρχοντος εξοπλισμού για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Εναλλακτικές μέθοδοι απόρριψης: Σε μια ενεργειακή κρίση, μπορεί να υπάρξει μεγαλύτερη πίεση για την εξεύρεση εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης ιλύος που δεν βασίζονται σε ενεργοβόρες διεργασίες. Για παράδειγμα, η ιλύς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην γεωργία ή για αποκατάσταση εδάφους, η οποία μπορεί να απαιτεί λιγότερη ενέργεια από την αποτέφρωση ή την υγειονομική ταφή.

Συνολικά, η ενεργειακή κρίση μπορεί να έχει πολύπλοκες και εκτεταμένες επιπτώσεις στην επεξεργασία και διάθεση της ιλύος, γεγονός που μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στις περιβαλλοντικές και τη δημόσια υγεία επιπτώσεις της επεξεργασίας των λυμάτων.

4.5. Αναφορά σε καλές Πρακτικές

Οι καλές πρακτικές όσον αφορά τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας περιλαμβάνουν βελτιστοποιημένες λύσεις διαχείρισης για την ιλύ λυμάτων, συμπεριλαμβανομένων των εργασιών επεξεργασίας και διάθεσης.

Παρακάτω παρατίθενται τα παραδείγματα καλών πρακτικών που εντοπίστηκαν στην σχετική έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Τα παραδείγματα εντοπίστηκαν μέσω της διαβούλευσης με τα ενδιαφερόμενα μέρη.

Οι βέλτιστες πρακτικές που έχουν εντοπιστεί σχετίζονται κυρίως με βελτιστοποιημένες πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων που έχουν μειώσει το συνολικό κόστος και έχουν αυξήσει την αποτελεσματικότητα που σχετίζονται με την διαχείριση της ιλύος.

Συγκεκριμένα, παραδείγματα καλών πρακτικών φαίνεται να περιλαμβάνουν την συνεργασία και τον ανοιχτό διάλογο μεταξύ γεωργών και διαχειριστικών φορέων. Στην Αυστρία, αυτή είναι μια γνωστή πρακτική για περίπου 100 μονάδες επεξεργασίας λυμάτων για τα τελευταία 25 χρόνια.

Στη Γερμανία, η συνεργασία μεταξύ των παραγωγών ιλύος και των αγροτικών συνεταιρισμών, ενθαρρύνουν την αποδοχή της γεωργικής χρήσης της ιλύος. Πιο συγκεκριμένα οι προσπάθειες περιλαμβάνουν τα ακόλουθα (BMU, 2017) :

- Ανταλλαγή πληροφοριών και επικοινωνία: Υπάρχει ανοιχτή και διαφανής ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των παραγωγών ιλύος, των γεωργικών συνεταιρισμών και άλλων ενδιαφερομένων. Αυτό βοηθά στην καλύτερη κατανόηση των πλεονεκτημάτων της χρήσης ιλύος στη γεωργία και στην αντιμετώπιση ανησυχιών ή ερωτημάτων που μπορεί να προκύψουν.
- Έρευνα και ανάπτυξη: Δίνεται έμφαση στην έρευνα και ανάπτυξη για τη βελτίωση της ποιότητας της ιλύος και την αύξηση της αποδοχής της στη γεωργία. Αυτό περιλαμβάνει την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και μεθόδων επεξεργασίας και επεξεργασίας ιλύος, καθώς και δοκιμή της αποτελεσματικότητας διαφορετικών μεθόδων εφαρμογής ιλύος.
- Κατάρτιση και εκπαίδευση: Παρέχεται στους αγρότες και σε άλλους ενδιαφερόμενους φορείς κατάρτιση και εκπαίδευση σχετικά με την ασφαλή και αποτελεσματική χρήση της ιλύος στη γεωργία. Αυτό βοηθά να διασφαλιστεί ότι η ιλύς χρησιμοποιείται με υπεύθυνο και βιώσιμο τρόπο και μπορεί να αυξήσει την αποδοχή της χρήσης της ιλύος.
- Ποιοτικός έλεγχος: Υπάρχουν αυστηροί κανονισμοί και μέτρα ποιοτικού ελέγχου για να διασφαλιστεί ότι η λάσπη είναι ασφαλής και πληροί τα απαραίτητα πρότυπα ποιότητας. Αυτό βοηθά στην αύξηση της εμπιστοσύνης στη χρήση της ιλύος στη γεωργία και στην προώθηση της αποδοχής της.
- Συνεργασία: Υπάρχει μια προσπάθεια συνεργασίας μεταξύ των διαφόρων ενδιαφερομένων που εμπλέκονται στη διαχείριση ιλύος και τη γεωργική παραγωγή για την προώθηση των οφελών από τη χρήση της ιλύος στη γεωργία.

Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει κοινές πρωτοβουλίες και έργα για την αύξηση της ευαισθητοποίησης και της αποδοχής της χρήσης ιλύος.

Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος της Σουηδίας τόνισε επίσης τη στενή συνεργασία που υπάρχει μεταξύ των αγροτών και τις Υπηρεσίες ύδρευσης και αποχέτευσης. Αυτό βοηθά στην ανάπτυξη μιας καλής σχέσης καθώς υπάρχει η δυνατότητα ανεπίσημα συζητούν προβλήματα άμεσης εφαρμογής μέσω τακτικών συναντήσεων.

Τα οφέλη της αποτελεσματικής συνεργασίας μεταξύ αυτών των εταιρών είναι:

- Αύξηση της επιστημονικής γνώσης σχετικά με τη χρήση της ιλύος.
- Εφαρμογή προηγμένης διαδικασίας επεξεργασίας ιλύος για βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων και για τον περιορισμό των οχλήσεων.
- Καθιέρωση κώδικα ορθών πρακτικών.
- Παροχή πρόσθετων πληροφοριών στους τελικούς χρήστες.
- Ενημέρωση του κοινού σχετικά με τα οφέλη από την εξάπλωση της ιλύος.

Το κύριο όφελος όμως είναι η εμπιστοσύνη η οποία χτίζεται μεταξύ των διαχειριστικών μελών και των αγροτών και η κατάρριψη της αρνητικής αντίληψης του κοινού για τη χρήση της ιλύος στη γεωργία.

Στο Ηνωμένο Βασίλειο, το κόστος επεξεργασίας της ιλύος ελαχιστοποιείται σε ορισμένες περιπτώσεις με τη συγκέντρωση αποβλήτων από περιφερειακά κέντρα επεξεργασίας. Για παράδειγμα, υπάρχουν κοινές εγκαταστάσεις επεξεργασίας ιλύος, κοπριάς και βιολογικών αποβλήτων που είναι ιδιαίτερα αποδοτική λύση σε περιοχές με χαμηλή πληθυσμιακή πυκνότητα. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, αυτή η πρακτική έχει προωθηθεί από διάφορα βιομηχανικά συστήματα. Το πιο πρόσφατο από αυτά είναι το Biosolids Assurance Scheme (BAS), το οποίο αναπτύχθηκε από την Water UK ως πρωτοβουλία της βιομηχανίας για τη δημιουργία μεγαλύτερης εμπιστοσύνης στους γεωργούς που επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν την ιλύ.

Οι προσπάθειες αυτές περιλαμβάνουν (assuredbiosolids.co.uk) :

- Ανάπτυξη προτύπων και κατευθυντήριων γραμμών: Η BAS αναπτύσσει και διατηρεί ένα σύνολο προτύπων και κατευθυντήριων γραμμών για την παραγωγή, τη μεταφορά, την αποθήκευση και τη χρήση βιοστερεών. Αυτά τα πρότυπα καλύπτουν μια σειρά τομέων, συμπεριλαμβανομένης της υγείας και ασφάλειας, της προστασίας του περιβάλλοντος, της ποιότητας των προϊόντων και της συμμόρφωσης με τους κανονισμούς.

- Πιστοποίηση βιοστερεών: Το BAS παρέχει ένα σύστημα πιστοποίησης για τους παραγωγούς και τους μεταποιητές βιοστερεών, το οποίο βασίζεται σε μια αυστηρή διαδικασία ελέγχου για την απόδειξη της συμμόρφωσης με τα πρότυπα και τις κατευθυντήριες γραμμές του συστήματος. Τα πιστοποιημένα βιοστερεά ελέγχονται τακτικά και παρακολουθούνται για να διασφαλιστεί ότι πληρούν τα απαιτούμενα πρότυπα.
- Εκπαίδευση και εκπαίδευση: Το BAS παρέχει εκπαίδευση σε παραγωγούς και χρήστες βιοστερεών για να συμβάλει στην προώθηση βέλτιστων πρακτικών και στη βελτίωση της ασφάλειας και της βιωσιμότητας της παραγωγής και χρήσης βιοστερεών.
- Έρευνα και ανάπτυξη: Το BAS υποστηρίζει την έρευνα και την ανάπτυξη στην παραγωγή και χρήση βιοστερεών, για την προώθηση της καινοτομίας και την προώθηση των βέλτιστων πρακτικών. Αυτό περιλαμβάνει ερευνητικά έργα συνεργασίας και συνεργασίες με ακαδημαϊκά ιδρύματα και ενδιαφερόμενους φορείς του κλάδου.
- Επικοινωνία: Το BAS συμμετέχει σε δραστηριότητες υπεράσπισης και επικοινωνίας για την προώθηση των οφελών από τη χρήση βιοστερεών στη γεωργία και άλλες εφαρμογές και για την αύξηση της κατανόησης και της αποδοχής από το κοινό της πρακτικής.

Έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί ειδικά εργαλεία, όπως συστήματα και τεχνολογίες διαχείρισης αποβλήτων που αναπτύχθηκαν από ορισμένους ενδιαφερόμενους για να καταστεί η εφαρμογή της Οδηγίας πιο οικονομική και αποτελεσματική. Για παράδειγμα, στην Ιρλανδία όλες οι τοπικές αρχές έχουν ειδικά σχέδια διαχείρισης ιλύος. Τα σχέδια διαχείρισης αφορούν τη διαχείριση και τον έλεγχο της ιλύος με προοδευτικούς και περιβαλλοντικά βιώσιμους τρόπους και κυρίως παρέχουν καθοδήγηση σχετικά με τα κατάλληλα μέσα διαχείρισης της ιλύος που προκύπτουν συγκεκριμένα σε κάθε νομό ή πόλη. Τα σχέδια εξετάζουν την ποιότητα και τις ποσότητες ιλύος, διαθεσιμότητα κατάλληλης έκτασης γης για επαναχρησιμοποίηση, όλες οι επιλογές επαναχρησιμοποίησης, αποθήκευση και μεταφορά.

Ο λόγος για τον οποίο ορισμένα κράτη δεν έχουν προχωρήσει στις απαραίτητες επενδύσεις οφείλεται σε οργανωτικούς και οικονομικούς περιορισμούς, ενώ τα κράτη μέλη με μεγαλύτερη οικονομική ευελιξία έχουν τη δυνατότητα για επενδύσεις μεγαλύτερης κλίμακας.

5. Στόχοι Ευρωπαϊκής Συμφωνίας & Βιώσιμης Ανάπτυξης

5.1. Συσχέτιση Επίτευξης Στόχων Ευρωπαϊκής Συμφωνίας με Βιώσιμη Διαχείριση Ιλύος

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να αναλυθεί η συσχέτιση της επίτευξης των στόχων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (Green Deal) με την βιώσιμη διαχείριση της ιλύος.

Η πολιτική επαναχρησιμοποίησης ιλύος αποτελεί βασικό πυλώνα της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (2019) και του Σχέδιου Δράσης Νέας Κυκλικής Οικονομίας 2020, μία συντονισμένη στρατηγική με στόχο μια προοδευτική, αλλά αναπόφευκτη μετάβαση σε μια κλιματικά ουδέτερη, αποδοτική από πλευράς πόρων και βιώσιμη ανταγωνιστική οικονομία.

Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία δρομολογήθηκε από την Επιτροπή τον Δεκέμβριο του 2019 και είναι μια δέσμη πρωτοβουλιών πολιτικής, η οποία έχει ως στόχο να θέσει την ΕΕ σε τροχιά προς την πράσινη μετάβαση, με απώτερο στόχο την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Υπογραμμίζει την ανάγκη για μια ολιστική και διατομεακή προσέγγιση, στο πλαίσιο της οποίας όλοι οι σχετικοί τομείς πολιτικής συμβάλλουν στην επίτευξη του απώτερου στόχου για το κλίμα. Η δέσμη περιλαμβάνει αλληλένδετες πρωτοβουλίες που καλύπτουν το κλίμα, το περιβάλλον, την ενέργεια, τις μεταφορές, τη βιομηχανία, τη γεωργία και τη βιώσιμη χρηματοδότηση (Συμβούλιο Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Η Πράσινη Συμφωνία περιλαμβάνει μία σειρά από πρωτοβουλίες, πολλές από τις οποίες είναι άμεσα συνδεδεμένες με την διαχείριση της ιλύος :

➤ **Σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία**

Καθοριστικό ρόλο για την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας στην ΕΕ έως το 2050 παίζει η αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από τη χρήση των πόρων και η μετάβαση προς κυκλικά συστήματα στην παραγωγή και την κατανάλωση.

Το 2015, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε ένα φιλόδοξο σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία, το οποίο θεσπίζει ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα δράσεων, με μέτρα που καλύπτουν ολόκληρο τον κύκλο: Από την παραγωγή και την κατανάλωση στη διαχείριση απορριμμάτων και στην αγορά δευτερογενών πρώτων υλών. Αυτές οι προτεινόμενες δραστηριότητες θα συμβάλουν στο «κλείσιμο του βρόχου»: Μέσω

επανασχεδιασμού των κύκλων ζωής παραγωγής και κατανάλωσης που αποφέρει κέρδη τόσο για την οικονομία και για το περιβάλλον (Kisilev et al.,2019).

Το σχέδιο δράσης της κυκλικής οικονομίας στηρίζει πως οι φυσικοί πόροι πρέπει να διατηρηθούν και τα απόβλητα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για ανάκτηση πόρων και υλικών. Η κυκλική οικονομία είναι ένα σύστημα «επαναχρησιμοποίησης, επισκευής και ανακύκλωσης» στο οποίο μόνο τα υπολειμματικά απόβλητα, δηλαδή αυτά που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθούν με κανέναν τρόπο, απορρίπτονται (Rosiek, 2020).

Υπό αυτό το πρίσμα, με στόχο να προώθηση της επαναχρησιμοποίησης, της ανακύκλωσης και της ανάκτησης αποβλήτων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε το σχέδιο της κυκλικής οικονομίας. Στην επίτευξη αυτού του στόχου μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά η βιώσιμη διαχείριση της ιλύος.



Εικόνα 3 : Το υπόδειγμα της κυκλικής οικονομίας, Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2015

Η ιλύς ως ομάδα αποβλήτων ταιριάζει απόλυτα στο αντικείμενο ενδιαφέροντος της κυκλικής οικονομίας. Η ποσότητα της αυξάνεται λόγω του ολοένα και μεγαλύτερου αριθμού εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων αλλά και της ποιότητας της επεξεργασίας (Rosiek. 2020).

Είναι ένα είδος αποβλήτων που περιέχει ανακτήσιμες ουσίες (π.χ. άζωτο ή φώσφορο) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην γεωργία, προς κομποστοποίηση αλλά επίσης να αξιοποιηθεί και το ενεργειακό δυναμικό της. Με τον τρόπο αυτόν χρησιμοποιείται ως

πηγή πόρων ή ενέργειας, μειώνοντας έτσι την χρήση των αντίστοιχων πόρων που θα έπρεπε σε άλλη περίπτωση να σπαταληθούν.

Το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας στον τομέα των λυμάτων και της ιλύος μπορεί να εφαρμοστεί με τις ακόλουθες δράσεις: (i) αφαίρεση και ανάκτηση θρεπτικών συστατικών, (ii) μείωση της κατανάλωσης υδάτινων πόρων από την επαναχρησιμοποίηση του νερού, (iii) μείωση της εξόρυξης ορυκτών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή λιπασμάτων που προορίζονται για την γεωργία, (iv) μείωση της όχλησης της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων (μείωση των εκπομπών οσμών) και (v) αύξηση της ενεργειακής αυτάρκειας των ΕΕΛ (Smol.,2020).

Ένα παράδειγμα καλής πρακτικής για την ενσωμάτωση των αρχών της κυκλικής οικονομίας στην διαχείριση της ιλύος εφαρμόζεται στην Γερμανία. Το νέο σχέδιο των γερμανικών κανονισμών έχει ως κύριο στόχο την επιστροφή στην κυκλική οικονομία πολύτιμων συστατικών της ιλύος (όπως ο φώσφορος) πληρέστερα από πριν. Έτσι εισάγει, την υποχρέωση, εντός 12 ετών από την έναρξή του σχεδίου, για ανάκτηση φωσφόρου από την ιλύ για όλες τις ΕΕΛ μεγαλύτερες από 100.000 ι.κ. και εντός 15 ετών από την έναρξη της απόφασης για τις ΕΕΛ μεγαλύτερες από 50.000 ι.κ. Εξαίρεση αποτελεί η ιλύς με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο (μικρότερη από 2%). Ο Κανονισμός δεν επιβάλλει καμία συγκεκριμένη τεχνολογία ως προς την ανάκτηση του φωσφόρου αλλά αφήνει αρκετό περιθώριο χρήσης ή ανάπτυξης καινοτόμων μεθόδων ανάκτησης (BMU, 2017).

Ωστόσο, η μετάβαση προς μια κυκλική οικονομία είναι μια πολύπλοκη και μακρά διαδικασία λόγω της ύπαρξης τεχνικών, οικονομικών, κοινωνικών και ρυθμιστικών φραγμών. Όσον αφορά τις τεχνικές πτυχές, παρά την ύπαρξη αρκετών προηγμένων τεχνολογιών για την ανάκτηση πόρων, λίγες εφαρμογές μεγάλης κλίμακας έχουν πραγματοποιηθεί. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αδυναμία εκτίμησης της οικονομικής αξίας αλλά και της ποσότητας των εν δυνάμει πόρων προς ανάκτηση (Mannina et al., 2021). Από την άποψη αυτή, είναι υποχρεωτική η εξέλιξη του ρόλου των επιχειρήσεων διαχείρισης νερού και αποχέτευσης, καθώς πρέπει να προωθούν την ανάκτηση πόρων διαμορφώνοντας έτσι μία νέα αγορά.

Όσον αφορά τις κοινωνικές πτυχές, οι χρήστες αντιμετωπίζουν συχνά παρανοήσεις (εξ' αιτίας απουσίας ή/και κακής πληροφόρησης) σχετικά με τους κινδύνους που υπάρχουν με την υιοθέτηση ανακτημένων πόρων, όπως η ιλύς. Ως εκ τούτου, υπάρχει επίσης ανάγκη επένδυσης στην καλύτερη ενημέρωση των χρηστών προκειμένου να ξεπεραστεί ένα τέτοιο εμπόδιο.

Ο αντίκτυπος αυτού του νέου πλαισίου πολιτικής, που προκύπτει από τα σχέδια δράσης για την κυκλική οικονομία, απαιτεί επικαιροποίηση της υφιστάμενης ευρωπαϊκής νομοθεσίας για την ιλύ η οποία χρονολογείται από τη δεκαετία του 1980 (Mannina et al., 2021).

➤ **Καθαρή, οικονομικά προσιτή και ασφαλής ενέργεια**

Καθώς το 75% των αερίων εκπομπών του θερμοκηπίου στην ΕΕ προέρχεται από την χρήση και την παραγωγή ενέργειας, η απαλλαγή του τομέα της ενέργειας από τις ανθρακούχες εκπομπές αποτελεί καίριο βήμα για μία κλιματικά ουδέτερη ΕΕ. Για την επίτευξη των παραπάνω, κύριος στόχος της ΕΕ είναι η ανάπτυξη και η υιοθέτηση καθαρότερων πηγών ενέργειας για τον ριζικό μετασχηματισμό στην επίτευξη της απανθρακοποίησης (Συμβούλιο Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Ο συγκεκριμένος στόχος είναι άμεσα συνδεδεμένος και με την δέσμη «Fit for 55», η οποία αποτελεί βασικό σχεδιασμό της ΕΕ σχετικά με την ενίσχυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ώστε να επιτευχθούν τουλάχιστον 55% λιγότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με το 1990 (Συμβούλιο Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την διάρκεια αναφοράς της παρούσας μελέτης, η ΕΕ αντιμετωπίζει ενεργειακή κρίση αφού οι τιμές της ενέργειας έχουν σημειώσει πρωτοφανή άνοδο το 2022. Όπως αναφέρεται και από το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η τιμή της ενέργειας αναμένεται να παραμείνει υψηλή στην ΕΕ κατά το προσεχές διάστημα, καθώς χρειάζεται χρόνος ώστε να αντικατασταθούν οι πηγές εφοδιασμού με αέριο από την ΕΕ.

Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνεται πως η ενεργειακή αυτονομία καθώς και η εύρεση εναλλακτικών πηγών παραγωγής ενέργειας αποτελούν από τους πιο σημαντικούς στόχους της ΕΕ. Είναι γνωστό ότι η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική πηγή παραγωγής ενέργειας μέσω της αξιοποίησης του ενεργειακού δυναμικού της.

Το οργανικό συστατικό της ιλύος εμφανίζει μια τιμή θερμότητας περίπου 25 MJ/kg ξηρών στερεών (Lee et al., 2004). Οι διάφορες εναλλακτικές τεχνολογίες για τη διαχείριση της ιλύος θα πρέπει να περιλαμβάνουν την εκμετάλλευση του υψηλού ενεργειακού περιεχομένου της ιλύος. Η ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος μπορεί να περιλαμβάνει διάφορες εναλλακτικές λύσεις όπως αναερόβια χώνευση και την επακόλουθη χρήση του παραγόμενου βιοαερίου ή θερμική επεξεργασία, κυρίως με αποτέφρωση (Karagiannidis et al., 2011).

Επιπλέον, στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας, η θερμική επεξεργασία της ιλύος μπορεί να συνδυαστεί παράλληλα και με την ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών (Shaddel et al., 2019).

Η ιλύς αστικών λυμάτων μπορεί να είναι χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας με τη μορφή ανανεώσιμων βιοκαυσίμων. Η διαδικασία μετατροπής της ιλύος σε βιοκαύσιμα είναι αρκετά περίπλοκη αλλά οικονομικά βιώσιμη. Τα κυριότερα παραγόμενα βιοκαύσιμα είναι τα : βιοαέριο βιοντίζελ και βιοαιθανόλη.

Το βιοαέριο, ένα αέριο πλούσιο σε ενέργεια αποτελεί παραπροϊόν της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης η οποία είναι μια βιολογική μέθοδος που αποτελείται από πολλαπλά διαδοχικά στάδια (υδρόλυση, οξογένεση, ακετογένεση και μεθανογένεση) και διασπά την οργανική τροφή. Το βιοαέριο χρησιμοποιείται συχνά για παραγωγή ενέργειας (θερμότητας και/ή ηλεκτρικής ενέργειας) για χρήση εντός της ίδιας της ΕΕΛ. Το βιοαέριο αποτελείται από μεθάνιο (55-75%), διοξείδιο του άνθρακα (25-45%) και υδρογόνο (0-1%), με θερμογόνο δύναμη 20(MJ/m³) (Bharathiraja et al., 2014). Αξίζει να σημειωθεί, ότι ακόμη και σε βέλτιστες συνθήκες, μόνο ένα κλάσμα της οργανικής ύλης μετατρέπεται σε βιοαέριο, ενώ το υπόλοιπο μετατρέπεται σε ένα χωνεμένο υλικό (Bora et al.,2020). Έτσι, συντελείται ανάκτηση ενέργειας από την ιλύ και την κατ' επέκταση εξοικονόμησης πόρων από ορυκτά καύσιμα που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν κατ' αντιστοιχία για την παραγωγή της ίδιας ενέργειας. Η θερμική προεπεξεργασία της ιλύος και η αναερόβια χώνευση είναι ένας καλός συνδυασμός για την παραγωγή βιοαερίου, που χρησιμοποιείται για τη συμπαραγωγή θερμότητας και ρεύματος (CHP) (Carlsson et al., 2016).

Ως Βιοντίζελ (Biodiesel), ορίζεται το προερχόμενο από φυτικά έλαια ή ζωικά λίπη καύσιμο, το οποίο αποτελείται από εστέρες μακριάς ανθρακικής αλυσίδας λιπαρών οξέων, οι οποίοι παράγονται με τη διεργασία της μετεστεροποίησης (transesterification) με μικρής ανθρακικής αλυσίδας αλκοόλες. Οι συγκεκριμένοι εστέρες έχουν συναφείς φυσικές ιδιότητες με το πετρελαϊκά προερχόμενο ντίζελ και μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως καύσιμο στις μεταφορές έναντι του πετρελαίου κίνησης. Η ιλύς περιέχει υψηλή περιεκτικότητα λιπιδίων καθώς περιέχει έλαια, λίπη και λιπαρά οξέα που προέρχονται από οικιακή ή και βιομηχανική χρήση ή από τα φωσφολιπίδια που περιέχονται στις κυτταρικές μεμβράνες των μικροοργανισμών. Έρευνα έχει δείξει ότι τα λιπίδια που περιέχονται στην ιλύ αποτελούν βασική πρώτη ύλη για το βιοντίζελ (Bharathiraja et al., 2014).

Η βιοαιθανόλη είναι μια αλκοόλη που παράγεται μέσω ζύμωσης, απλών σακχάρων όπως η γλυκόζη και η φρουκτόζη υπό αναερόβιες συνθήκες. Η παραγωγή βιοαιθανόλης ως ένα ανανεώσιμο υγρό καύσιμο έχει καθιερωθεί. Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνη της είτε σε συνδυασμό συμβατικά υγρά καύσιμα. Η ιλύς των αστικών λυμάτων αποτελεί άφθονη, προσβάσιμη και φθηνή πρώτη ύλη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή βιοαιθανόλης, αφού έχει υψηλή οργανικό περιεχόμενο. Η ιλύς αστικών λυμάτων περιέχει ουσίες υδατανθράκων υψηλής περιεκτικότητας σε κυτταρίνη. Ως εκ τούτου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για υδρόλυση για την παραγωγή αιθανόλης (Bharathiraja et al., 2014).

➤ **Στρατηγική της ΕΕ για τη βιοποικιλότητα με ορίζοντα το 2030**

Η στρατηγική της ΕΕ για τη βιοποικιλότητα με ορίζοντα το 2030 έχει ως στόχο να συμβάλει στην ανάκαμψη της βιοποικιλότητας της Ευρώπης έως το 2030. Η εξέλιξη αυτή θα αποφέρει οφέλη για τους ανθρώπους, το κλίμα και τον πλανήτη. Μέσα στις δράσεις που εκτίθενται στην παραπάνω στρατηγική είναι η επέκταση προστατευόμενων χερσαίων και θαλάσσιων περιοχών στην Ευρώπη, η αποκατάσταση υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων μέσω της μείωσης της χρήσης και της επικινδυνότητας των φυτοφαρμάκων και με την αύξηση της χρηματοδότησης των δράσεων και καλύτερη παρακολούθηση της προόδου (Συμβούλιο Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Μετά την έκκληση αρκετών κρατών μελών για την πλήρη ενσωμάτωση των στόχων βιοποικιλότητας σε άλλους τομείς συμπεριλαμβανόμενης και της γεωργίας, εκτιμάται ότι στο μέλλον ο στόχος αυτός θα συνδέεται και με την γεωργία και κατ' επέκταση και με την χρήση της ιλύος.

➤ **Στρατηγική «Από το αγρόκτημα στο πιάτο»**

Η στρατηγική της Επιτροπής «από το αγρόκτημα στο πιάτο» έχει ως στόχο να βοηθήσει την ΕΕ να επιτύχει κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, στρέφοντας το σημερινό σύστημα τροφίμων της ΕΕ προς ένα βιώσιμο πρότυπο. Κύριος στόχος της συγκεκριμένης στρατηγικής είναι η στήριξη της βιώσιμης παραγωγής τροφίμων. Το Συμβούλιο της ΕΕ ζητάει την προώθηση της συνετής και υπεύθυνης χρήσης λιπασμάτων με σκοπό τη βιώσιμη παραγωγή τροφίμων και την ταυτόχρονη στήριξη του περιβάλλοντος. Επισημαίνει ότι για την επίτευξη των στόχων αυτών απαιτούνται προσπάθειες από τα κράτη μέλη και όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς και εντατική συνεργασία, διαβούλευση και σύμπραξη (Συμβούλιο Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Με την ανακύκλωση της ιλύος στην γεωργική περιοχή μπορεί να μειωθούν σημαντικά τα χρησιμοποιούμενα χημικά λιπάσματα, παρέχοντας οικονομικά, περιβαλλοντικά και

κοινωνικά οφέλη, όπως η βελτιωμένη ποιότητα του εδάφους, τα κέρδη παραγωγικότητας, τη μικρότερη εξάρτηση από χημικά λιπάσματα και χαμηλότερο κόστος παραγωγής (Chojnacka et al.,2020).

Η έντονη χρήση χημικών λιπασμάτων προκαλεί μόλυνση του νερού, απώλεια θρεπτικών συστατικών και αλλοίωση του εδάφους. Υπολογίζεται ότι το 30-50% των θρεπτικών ουσιών του λιπάσματος είτε εκπλένεται στα υπόγεια ύδατα ή εξατμίζονται στον αέρα (Chojnacka et al.,2020). Γενικώς, η έρευνα έχει δείξει ότι τα λιπάσματα οργανικής βάσης διοχετεύονται λιγότερο στα υπόγεια ύδατα από τα χημικά λιπάσματα (Solanki et al.,2016).

Εφόσον λοιπόν τηρούνται όλα τα ποιοτικά όρια για την διατιθέμενη ιλύ αυτή μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική λύση για την μείωση ή την εξάλειψη των χημικών λιπασμάτων στην γεωργία προωθώντας έτσι την βιώσιμη γεωργία και ενισχύοντας την στρατηγική «από το αγρόκτημα στο πιάτο».

5.2. Σχέση Ορθολογικής Διαχείρισης Ιλύος με τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης

Η Ατζέντα για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη, οι σχετικοί με αυτήν 17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ) και 169 υποστόχοι υιοθετήθηκαν το 2015 από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών. Οι ΣΒΑ είναι παγκόσμιου χαρακτήρα και γενικής εφαρμογής με χρονοδιάγραμμα υλοποίησης έως το 2030. Δημιουργούν δεσμεύσεις υλοποίησης για όλες τις χώρες, ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές εθνικές πραγματικότητες, επίπεδα ανάπτυξης, εθνικές πολιτικές και προτεραιότητες. Η Ατζέντα 2030 προωθεί την ενσωμάτωση και των τριών διαστάσεων της βιώσιμης ανάπτυξης – κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική – σε όλες τις τομεακές πολιτικές, ενώ παράλληλα προάγει τη διασύνδεση και τη συνοχή των σχετικών με τους ΣΒΑ πολιτικών και νομοθετικών πλαισίων (Γενική Γραμματεία Νομικών και Κοινοβουλευτικών Θεμάτων).

Από τους 17 Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης, υπάρχουν ορισμένοι που σχετίζονται άμεσα με την ορθολογική διαχείριση της ιλύος. Πιο συγκεκριμένα, η βιώσιμη διαχείριση της ιλύος μπορεί να επιδράσει θετικά στην επίτευξη των στόχων :

- Καθαρό νερό και αποχέτευση
- Μηδενική πείνα
- Φτηνή και καθαρή ενέργεια
- Υπεύθυνη Κατανάλωση και Παραγωγή

- Ζωή στην Στεριά

Η ιλύς μέσω της δυνατότητας ανακύκλωσης των θρεπτικών συστατικών της, της οργανικής ύλης έχει την δυνατότητα να βελτιώνει τη γονιμότητα του εδάφους και να ενισχύει τις αποδόσεις των καλλιεργειών (Robert et al.,2011). Η εδαφική χρήση της ιλύος σχετίζεται άμεσα με τους στόχους SDG2 : **«Μηδενική πείνα»**, SDG12 : **«Υπεύθυνη Κατανάλωση και Παραγωγή»** όσο και με τον στόχο SDG15: **«Ζωή στην Στεριά»**.

Ο στόχος SDG2 στοχεύει στην διασφάλιση της χρήσης βιώσιμων συστημάτων παραγωγής τροφίμων και στην εφαρμογή ανθεκτικών γεωργικών πρακτικών που αυξάνουν την παραγωγικότητα. Ο στόχος αυτός είναι άμεσα συνδεδεμένος με την ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών της ιλύος αντικαθιστώντας τα λιπάσματα στην παραγωγή τροφίμων (Bagheri et al.,2022). Επιπλέον ο στόχος αυτός διευκολύνεται ακόμη περισσότερο από την χρήση της ιλύος αφού αυτός αφορά περισσότερο αναπτυσσόμενες χώρες όπου η οι οικονομικοί πόροι είναι περιορισμένοι. Με την αντικατάσταση ή μείωση των λιπασμάτων μειώνεται και το κόστος λίπανσης αλλά και το κόστος μεγαλύτερων απολήψεων νερού, αφού η χρήση χημικών λισπασμάτων απαιτεί μεγαλύτερη άρδευση (Yadav and Garg 2011). Όσο αφορά τον στόχο SDG12 : **«Υπεύθυνη Κατανάλωση και Παραγωγή»** μπορεί με τον ίδιο τρόπο με αυτό της Μηδενικής Πείνας να συμβάλει στην επίτευξη της βιώσιμης διαχείρισης και της επαρκούς χρήσης των φυσικών πόρων και την διασφάλιση ότι η παραγωγή και η κατανάλωση πραγματοποιείται παράλληλα με τη βιώσιμη ανάπτυξη και έναν τρόπο ζωής σε αρμονία με τη φύση.

Ο στόχος SDG15: **«Ζωή στην Στεριά»** επιδιώκει, την διασφάλιση της αποκατάστασης των χερσαίων οικοσυστημάτων και την βιώσιμη διαχείριση όλων των τύπων των δασών. Η εφαρμογή της ιλύος μπορεί να βελτιώσει τη γονιμότητα και την παραγωγικότητα του εδάφους. Το οργανικό κλάσμα της ιλύος μπορεί να ενισχύσει σημαντικά τη σύσταση του εδάφους, τη διείσδυση νερού, τη μικροβιακή δραστηριότητα, τη δομή και την ικανότητα συγκράτησης νερού, ιδιαίτερα σε εδάφη ξηρών και ημίξηρων περιοχών όπως επίσης και μπορεί να μειώσει την διάβρωση του εδάφους (Solanski et al.,2016).

Όσο αφορά τον στόχο SDG6 : **«Καθαρό νερό και αποχέτευση»** αυτός επιδιώκει μεταξύ άλλων, επίτευξη επαρκούς και ισότιμης πρόσβασης σε εγκαταστάσεις/συστήματα υγιεινής για όλους και της μείωσης κατά το ήμισυ του ποσοστού των ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων. Αυτό εφόσον επιτευχθεί, έχει ως άμεσο συνεπακόλουθο την επεξεργασία μεγαλύτερου όγκου λυμάτων και κατ' επέκταση

την μεγαλύτερη παραγωγή ιλύος. Σε συνδυασμό με τον αυξανόμενο πληθυσμό, την αστικοποίηση, τις βελτιωμένες συνθήκες διαβίωσης και την οικονομική ανάπτυξη, φαίνεται ότι ο όγκος των λυμάτων και κατ' επέκταση της ιλύος που θα απαιτεί διαχείριση θα αυξηθεί σημαντικά. Η διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων ιλύος απαιτεί και κατάλληλες στρατηγικές επαναχρησιμοποίησης που είναι βιώσιμες από περιβαλλοντική και οικονομική άποψη (Lamastra et al., 2018). Ως εκ τούτου στον στόχο 6 εμπίπτει άμεσα και ο εκσυγχρονισμός του πλαισίου για την διαχείριση της ιλύος ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί στις μελλοντικές προκλήσεις.

Όσο αφορά τον στόχο SDG7 : «**Φτηνή και καθαρή ενέργεια**» αυτός επιδιώκει μεταξύ άλλων :

- σημαντική αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα,
- ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας ώστε να διευκολυνθεί η πρόσβαση στην έρευνα και τη τεχνολογία καθαρής ενέργειας – συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας,
- να προωθηθούν οι επενδύσεις σε ενεργειακές υποδομές και τεχνολογίες καθαρής ενέργειας,
- επέκταση των υποδομών και αναβάθμιση της τεχνολογίας για την παροχή σύγχρονων και βιώσιμων υπηρεσιών ενέργειας και ιδίως στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, στα μικρά αναπτυσσόμενα νησιωτικά καθώς και στα περικλειστά αναπτυσσόμενα κράτη, σύμφωνα με τα αντίστοιχα προγράμματα στήριξής τους.

Όπως έχει περιγράψει αναλυτικά και στην παραπάνω ενότητα, η χρήση της ιλύος ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στην επίτευξη του στόχου SDG7.

Η τάση που παρατηρείται προς την ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος αλλά και της ανακύκλωσης των θρεπτικών συστατικών θα μπορούσε να πραγματοποιείται παράλληλα ως παράδειγμα εφαρμογής των διάφορων ΣΒΑ που υλοποιούνται ταυτόχρονα (Shaddel et al., 2019).

6. Προτάσεις

6.1. Αναγκαιότητα Εκσυγχρονισμού Πλαισίου Διαχείρισης Ιλύος

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση που παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, φαίνεται πως η Οδηγία 86/278 που αποτελεί και το βασικό νομοθετικό πλαίσιο για την διαχείριση της ιλύος, δεν καλύπτει πλέον τις σύγχρονες προκλήσεις και ως εκ τούτου κρίνεται αναγκαίος ο εκσυγχρονισμός του πλαισίου διαχείρισης ιλύος. Παρόλο που πολλά κράτη μέλη έχουν ενσωματώσει στο εθνικό τους δίκαιο πιο αυστηρά πρότυπα και πρακτικές, εκτιμάται ότι μία αναθεώρηση σε πλαίσιο ΕΕ θα έδινε μία καλύτερη συνολική κατεύθυνση και θα ενίσχυε την εμπιστοσύνη του κοινού.

Η Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής τον Απρίλιο του 2000 πραγματοποίησε μία προσπάθεια βελτίωσης και εκσυγχρονισμού του πλαισίου διαχείρισης της ιλύος, το οποίο να ανταποκρίνεται στις αυξανόμενες προκλήσεις, αλλά χωρίς αυτή η πρόταση να είναι νομικώς δεσμευτική. Αξίζει λοιπόν να καταγραφούν τα βασικά σημεία που δείχνουν τις τάσεις και για τις σημερινές ανάγκες και μπορούν να αποτελέσουν βάση για την αναθεώρηση του πλαισίου.

Το σχετικό έγγραφο ανοίγει νέες προοπτικές σχετικά με τον χαρακτηρισμό, την επεξεργασία και τη διαχείριση της ιλύος, ορισμένες από αυτές αξίζει να σημειωθούν καθώς παραμένουν επίκαιρες. Το έγγραφο αυτό επεκτείνει τη σφαίρα εφαρμογής της ιλύος σε χώρους πρασίνου, πάρκα, κήπους πόλεων και όλους τους άλλους παρόμοιους κοινόχρηστους χώρους με την προϋπόθεση ότι η ιλύς είναι καλά σταθεροποιημένη και άοσμη. Παράλληλα απαγορεύει ρητά την εφαρμογή ιλύος στα δάση. Τα κράτη μέλη μπορούν να εγκρίνουν τη χρήση ιλύος σε ορισμένες φυτείες και για σκοπούς αναδάσωσης υπό την προϋπόθεση ότι τα φυτά αυτά έχουν ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά και η ιλύς εφαρμόζεται χωρίς κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Επιπλέον, δίνεται επίσης μεγαλύτερη προσοχή στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους.

Ωστόσο, για την εφαρμογή όλων των παραπάνω θέτει και ορισμένους περιορισμούς. Για πρώτη φορά εντάχθηκαν όρια για διαφορετικές κατηγορίες οργανικών μικρορύπων. Το έγγραφο εισάγει επίσης πιο αυστηρά όρια για την συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στα εδάφη (εκφρασμένη ανάλογα με το pH) και στην ιλύ αλλά και εισάγεται μέγιστη τιμή κατωφλίου για το χρώμιο. Με μία διαφορετική προοπτική από τους κανόνες που περιγράφονται στην Οδηγία 86/278/ΕΟΚ, το σχέδιο επιτρέπει τη χρήση ιλύος και όταν η τιμή συγκέντρωσης ενός μεμονωμένου μετάλλου είναι υψηλότερη από

το επιτρεπόμενο όριο συγκέντρωσης υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Οι προϋποθέσεις περιλαμβάνουν να αξιολογηθούν από την σχετική αρμόδια αρχή οι ακόλουθων πτυχές:

- πρόσληψη βαρέων μετάλλων από τα φυτά,
- πρόσληψη βαρέων μετάλλων από ζώα,
- μόλυνση των υπόγειων υδάτων,
- μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα, ιδίως στη βιοποικιλότητα του εδάφους.

Επίσης το σχετικό έγγραφο δίνει μεγαλύτερη έμφαση στην υγιεινοποίηση της ιλύος και προτείνει συγκεκριμένες τεχνολογικές λύσεις για τον περιορισμό της διασποράς του παθογόνων στο περιβάλλον και για τη βελτίωση της διασφάλισης του τελικού προϊόντος που διατίθεται στο έδαφος. Έτσι διακρίνονται δύο είδη επεξεργασίας πριν από την εφαρμογή στο έδαφος οι συμβατικές μέθοδοι και οι προηγμένες που εξασφαλίζουν και υγιεινοποίηση του τελικού προϊόντος.

Συγκεκριμένα, το έγγραφο ανέφερε ότι για να χρησιμοποιείται η ιλύς χωρίς περιορισμούς αυτή πρέπει υποβάλλεται σε υγιεινοποίηση με προηγμένες μεθόδους επεξεργασίας ώστε να επιτύχει μείωση τουλάχιστον 6 log την *Escherichia Coli* και να παράγουν ιλύ που συμμορφώνεται με τα ακόλουθα όρια: απουσία σαλμονέλα σε 50 g ww και *E. coli* < 500 cfu/g dw. Η χρήση της ιλύος που παράγεται με συμβατικές μεθόδους επεξεργασίας χρειάζεται να μειώνουν κατά 2 log την *Escherichia Coli*, με περιορισμούς στον χρόνο, τον τόπο και τον τρόπο εφαρμογής της.

Τα παραπάνω αποτελούν βασική δομή στην οποία θα πρέπει να στηριχθεί η αναθεώρηση του πλαισίου για την ιλύ αφού περιγράφουν πολλά σημεία των σημερινών προκλήσεων.

Επίσης, κατά την διεκπόνηση της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε διαβούλευση σχετικά με την επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Η Οδηγία – Πρόταση θα επηρεάσει την διαχείριση της ιλύος και για αυτό είναι σημαντικό να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο που δεν δημιουργεί αντιφάσεις και σύγχυση στους χρήστες.

Ακολούθως παρατίθενται τα βασικά σημεία των μελλοντικών προκλήσεων στην διαχείριση της ιλύος τα οποία καθιστούν αναγκαία την αναθεώρηση της ευρωπαϊκής νομοθεσίας.

Σύσταση Ιλύος

Η τελική σύσταση της ιλύος είναι αυτή που καθορίζει την καταλληλότητα της για την εκάστοτε χρήση. Οι κύριες ανησυχίες των χρηστών σχετίζονται με την εγκυρότητα των οριακών τιμών των ρύπων ως μέτρο ασφαλείας (Bauer et al., 2020).

Στην Οδηγία – Πρόταση για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων φαίνεται ότι μία βασική πρόκληση αποτελεί η εναπομένουσα ρύπανση και έτσι τονίζεται η αναγκαιότητα για τροποποίηση των οριακών τιμών συγκεκριμένων ρύπων. Επίσης αναφέρεται ότι η έκλυση θρεπτικών ουσιών θα πρέπει να περιοριστεί ακόμα περισσότερο, με αυστηρότερες οριακές τιμές για την επεξεργασία του αζώτου και του φωσφόρου.

Επιπλέον, η προτεινόμενη Αναθεώρηση της Οδηγίας επικεντρώνεται πολύ στην καταπολέμηση της ρύπανσης από μικροπλαστικά. Επίσης, αντίστοιχα υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την αντιμετώπιση των μικρορύπων στα λύματα. Ως εκ τούτου προτείνεται να καθοριστούν νέες οριακές τιμές για τους μικρορύπους και τα μικροπλαστικά που απαιτούν πρόσθετη επεξεργασία.

Εφόσον τεθούν τέτοια όρια για την ποιότητα της εκροής των ΕΕΛ, αυτό θα έχει ως επακόλουθο την συγκέντρωση των ρύπων αυτών και των θρεπτικών συστατικών στην παραγόμενη ιλύ. Όσο αφορά τα θρεπτικά συστατικά ή και ενδεχομένως το οργανικό φορτίο (σε περίπτωση που τροποποιηθεί το σχετικό όριο) αυτά θα προσθέσουν στις θετικές ιδιότητες της ιλύος προς επαναχρησιμοποίηση της στην γεωργία.

Όσο αφορά όμως την αντιμετώπιση ρύπων όπως τα μικροπλαστικά και τους μικρορύπους, η περαιτέρω διεργασία για την απομάκρυνση τους θα έχει ως αποτέλεσμα την συγκέντρωση των ρύπων αυτών στην παραγόμενη ιλύ. Δεδομένου ότι τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον γύρω από το ζήτημα των μικροπλαστικών και των μικρορύπων είναι ιδιαίτερα μεγάλο, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες για την απομάκρυνση τους από τα λύματα. Όλες αυτές οι τεχνολογίες όμως, έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή ιλύος η οποία παράγεται με μηχανικά, χημικά ή βιολογικά μέσα.

Όσο αφορά τα μικροπλαστικά, αυτά αφαιρούνται μέσω επεξεργασίας από τις ΕΕΛ και συγκεντρώνονται κυρίως στην ιλύ. Μία από τις πιο σημαντικές πηγές μικροπλαστικών στο έδαφος στο περιβάλλον θεωρείται ότι είναι η ιλύς (Singh, 2022). Κάθε χρόνο, γεωργικά εδάφη στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική δέχονται αντίστοιχα 43.000–63.000 και 30.000–44.000 τόνους μικροπλαστικά, τα οποία χρειάζονται έως και χίλια χρόνια για να αποσυντεθούν (Nizzetto et al., 2016).

Αντίστοιχα συμβαίνει και με τους μικρορύπους όπου ένα ευρύ φάσμα τους, ιδιαίτερα υδρόφοβων ενώσεων απομακρύνονται από τα λύματα με προσρόφηση στην ιλύ. Ως εκ

τούτου, η λύς είναι επιβαρυνόμενη με διάφορους αναδύμενους ρύπους, όπως πολυχλωριωμένοι διφαινύλια (PCB), πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH) και βαρέα μέταλλα (Dubey et al.,2021).

Ως εκ τούτου, γίνεται αντιληπτή η αναγκαιότητα εκσυγχρονισμού του πλαισίου της διαχείρισης της λύος για να ανταποκρίνεται στις νέες προκλήσεις που τίθενται από την προτεινόμενη αναθεώρηση της Οδηγίας για την επεξεργασία των λυμάτων. Επίσης, είναι αναγκαία προκειμένου να υπάρχει συντονισμός μεταξύ των Οδηγιών και να μην έρχονται σε αντιφάσεις.

Η αναθεώρηση της Οδηγίας για την λύ θα πρέπει σίγουρα να συμπεριλαμβάνει στον σχεδιασμό της και τις προκλήσεις που τίθενται από τους νέους ρύπους, ειδικά όταν αυτοί αποτελούν ήδη βασική ανησυχία που προκαλεί μείωση του ενδιαφέροντος για την εφαρμογή της λύος στην γη (Bagheri et al.,2022).

Ήδη πολλά κράτη μέλη έχουν θέσει οριακές τιμές σε διάφορους επιπλέον ρύπους από αυτούς που επιβάλλει η Οδηγία προς εξέταση, για την διασφάλιση της ποιότητας της λύος που προορίζεται για γεωργική χρήση. Συνοπτικά, οι επιπλέον ρύποι που ελέγχονται στα κράτη μέλη είναι οι ακόλουθοι (Mininni et al.,2014) :

- Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH)
- Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB)
- Πολυχλωριωμένη διβενζο(ρ)διοξίνη και φουράνιο PCDD/F
- Υπερφθοριωμένες ενώσεις (PFC)
- Απορροφήσιμα οργανικά αλογόνα (AOX)
- Γραμμικά αλκυλοβενζολοσουλφονικά (LAS), εννεύλοφαινόλη και -αιθοξυλικά (NPE) και δι(2-αιθυλεξυλ)φθαλικά (DEHP)

Επίσης, τα περισσότερα κράτη μέλη έχουν θεσπίσει αυστηρότερα όρια στους ρύπους που επιβάλλεται να εξετάζονται από την Οδηγία 86/278.

Σύμφωνα με τις επιταγές και της προτεινόμενης αναθεώρησης για την επεξεργασία των λυμάτων εκτιμάται ότι στο άμεσο μέλλον πολλές χώρες θα εισάγουν και τον έλεγχο για τα μικροπλαστικά στην διατιθέμενη λύ.Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, θα πρέπει να δοθεί έμφαση στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών απομάκρυνσης μικρορύπων και μικροπλαστικών με γνώμονα την μικρότερη δυνατή επιβάρυνση της λύος. Αντίστοιχα το αναθεωρημένο πλαίσιο για την διαχείριση της λύος

θα πρέπει να δίνει ορισμένες κατευθύνσεις ή και όρια για την διάθεση ιλύος που έχει παραχθεί από τεταρτοβάθμια επεξεργασία, αφού εκεί η περιεκτικότητα στους αναδυόμενους ρύπους αναμένεται να είναι υψηλή. Επιπλέον, στην προτεινόμενη αναθεώρηση της επεξεργασίας των λυμάτων εισάγεται ένα σύστημα το οποίο μπορεί να αποτελέσει βασικό πυλώνα και για την αντιμετώπιση των μικροπλαστικών και των μικρορύπων στην ιλύ. Ένα σύστημα ευθύνης του παραγωγού επικεντρωμένο στα φάρμακα και τα προϊόντα προσωπικής περιποίησης, τις δύο κυριότερες πηγές επιβλαβών μικρορύπων, θα θεσπιστεί προκειμένου να καλυφθεί το πρόσθετο κόστος επεξεργασίας των μικρορύπων και να δοθούν κίνητρα για την διάθεση λιγότερο επιβλαβών προϊόντων στην αγορά της ΕΕ. Γενικώς η βιομηχανία προϊόντων προσωπικής περιποίησης και η φαρμακοβιομηχανία θα χρειαστεί να ιδρύσουν νέους φορείς «ευθύνης του παραγωγού» και να χρηματοδοτούν τις δραστηριότητες τους. Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών θα πρέπει να γίνει με γνώμονα την συνολική διαχείριση των ρύπων δηλαδή και την συγκέντρωση τους στην ιλύ.

Τέλος, προκειμένου να μειωθεί σημαντικά κάθε συνδεδεμένος κίνδυνος ή απαγόρευση της χρήσης της ιλύος για γεωργικές πρακτικές ή άλλες χρήσεις, προτείνεται και η εισαγωγή ορίων σε μικροβιολογικές παραμέτρους, όπως επίσης έχουν ήδη εισαχθεί στο εθνικό δίκαιο διάφορων κρατών – μελών. Η ανησυχία σχετικά με τις μικροβιολογικές παραμέτρους προκύπτει εξ' αιτίας των παθογόνων που υπάρχουν στην ιλύ και τους κινδύνους που μπορεί να υπάρχουν είτε με την εφαρμογή της στην γεωργία είτε και στην γη μέσω διασποράς των παθογόνων σε επιφανειακά ή και υπόγεια ύδατα (Bagheri et al.,2022). Στο ισχύον θεσμικό πλαίσιο έμμεσα απαιτείται η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών μέσω της απαίτησης για σταθεροποίηση της ιλύος, αλλά δεν ορίζονται συγκεκριμένες προδιαγραφές. Σύμφωνα με το έγγραφο της ΕΕ (2000) που προαναφέρθηκε, μπορούν να ενταχθούν συγκεκριμένες μέθοδοι επεξεργασίας (συμβατικές και προηγμένες) με συγκεκριμένους στόχους ως προς την απομάκρυνση των παθογόνων για να αποφευχθεί ο κίνδυνος για την διασπορά τους στο περιβάλλον μέσω της εφαρμογής της ιλύος.

Μία ακόμη πρόταση που θα μπορούσε να εφαρμοστεί για την αντιμετώπιση των προβληματισμών σχετικά με την σύσταση της ιλύος είναι ένα σύστημα κλασματοποίησης της, όπως πραγματοποιείται και στις Ηνωμένες Πολιτείες μέσω των κατηγοριών Α και Β και αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3. Οι κατηγορίες αυτές έχουν διαφορετικά πρότυπα, αφού η κατηγορία Α που να χρησιμοποιηθεί απεριόριστα ενώ η κατηγορία Β περιορισμένα. Με αυτόν τον τρόπο, η κλασματοποίηση της ιλύος ανάλογα με την τελική της χρήση, θα μπορούσε να προωθήσει πιο εύκολα την επαναχρησιμοποίηση της αφού

θα γίνεται μία πιο στοχευμένη διαχείριση προσαρμοσμένη στις εκάστοτε ανάγκες. Αντίστοιχη κλασματοποίηση ανάλογα με την επεξεργασία που έχει υποστεί ως προς τις διαδικασίες υγεινοποίησης της πρότεινε και το σχέδιο του 2000 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Ποσότητα Ιλύος

Στην Οδηγία – Πρόταση φαίνεται ότι μία βασική πρόκληση αποτελεί η εναπομένουσα ρύπανση από αστικές πηγές που δεν συγκεντρώνονται στις εγκαταστάσεις (μικρότερες πόλεις κάτω των 2.000 ι.π., ρύπανση από όμβρια ύδατα). Ως εκ τούτου, το νέο πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας θα επεκταθεί σε οικισμούς άνω των 1.000 μονάδων Ι.Π.. Αντίστοιχα, η υποχρέωση εφαρμογής δευτεροβάθμιας επεξεργασίας στα αστικά λύματα επεκτείνεται σε όλους τους οικισμούς με ι.π. 1.000 ή περισσότερο (έναντι 2.000 ι.π. και άνω στην ισχύουσα οδηγία). Η τριτοβάθμια επεξεργασία σύμφωνα με την προτεινόμενη Οδηγία θα είναι πλέον υποχρεωτική για όλες τις μεγάλες εγκαταστάσεις που επεξεργάζονται φορτίο ίσο ή μεγαλύτερο από 100.000 ι.π. Τριτοβάθμια επεξεργασία θα πρέπει επίσης να εφαρμόζεται στις απορρίψεις από οικισμούς με ι.π. μεταξύ 10.000 και 100.000 σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από τα κράτη μέλη ως ευαίσθητες στον ευτροφισμό. Τέλος, η προτεινόμενη Οδηγία θεσπίζει την υποχρέωση εφαρμογής πρόσθετης επεξεργασίας στα αστικά λύματα προκειμένου να απομακρύνεται το ευρύτερο δυνατό φάσμα μικρορύπων.

Τα παραπάνω θα επηρεάσουν την ιλύ, τόσο ποσοτικά αφού θα παράγεται μεγαλύτερη ποσότητα από τις υψηλότερες επεξεργασίες αλλά και ποιοτικά αφού η σύσταση της εξαρτάται από τον βαθμό επεξεργασίας, όπως αναλύθηκε στο 2^ο Κεφάλαιο.

Η ανάπτυξη του δικτύου των αποχετευτικών συστημάτων που αναμένεται τα επόμενα χρόνια αλλά και η επιβολή μεγαλύτερου βαθμού επεξεργασίας, θα αυξήσει την παραγόμενη ποσότητα της ιλύος που απαιτεί διαχείριση. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2018/850 έως το 2035 θα πρέπει να οδηγείται προς ταφή μόνο το 10% των αποβλήτων. Αυτά τα δύο γεγονότα σε συνδυασμό, επιβάλλουν την προώθηση και ανάπτυξη κατάλληλων μεθόδων προκειμένου να μπορέσει να επιτευχθεί ο στόχος του 10% που θα αφορά πλέον κατά κύριο λόγο υπολειμματικές ποσότητες από την επεξεργασία της ιλύος. Η γενική τάση στην ΕΕ είναι η μείωση της υγειονομικής ταφής της ιλύος, εντούτοις υπάρχουν ακόμη συγκεκριμένα κράτη μέλη που διαθέτουν σημαντικό μέρος της παραγόμενης ιλύος σε ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι αναγκαίο να ενσωματωθούν στο νομοθετικό πλαίσιο της διαχείρισης της ιλύος στόχοι και πρακτικές για την μείωση της ποσότητας

που θα καταλήγει προς υγειονομική ταφή μέσω εφαρμογής τεχνολογιών επεξεργασίας της και προώθησης της επαναχρησιμοποίησης της.

Τελική Διάθεση Ιλύος

Η τελική διάθεση της ιλύος θα πρέπει να διαμορφώνεται σύμφωνα με τις αρχές που διέπουν την κυκλική οικονομία, δηλαδή με στόχο την χρήση των πολύτιμων συστατικών της. Στόχος πρέπει να είναι η αύξηση των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης της ιλύος και η μείωση απόρριψης της.

Αντίστοιχα, στην προτεινόμενη Οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, αναφέρεται πως απαιτούνται πρόσθετες προσπάθειες προκειμένου και να καταστεί ο τομέας πιο κυκλικός με την βελτίωση της διαχείρισης της ιλύος (ιδίως με την καλύτερη ανάκτηση αζώτου, φωσφόρου και ενδεχομένως και πολύτιμων οργανικών ουσιών).

Προκειμένου να ενσωματωθούν οι αρχές της κυκλικής οικονομίας στην ιλύ, αυτή θα πρέπει να υφίσταται επεξεργασία, ανακύκλωση και ανάκτηση όποτε κρίνεται σκόπιμο, σύμφωνα με την ιεράρχηση των αποβλήτων, όπως ορίζεται στην οδηγία-πλαίσιο για τα απόβλητα και με τις απαιτήσεις της οδηγίας για την ιλύ, και να απορρίπτεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της οδηγίας-πλαισίου για τα απόβλητα.

Η επαναχρησιμοποίηση της ιλύος στην γη μέσω της ανάκτησης των θρεπτικών συστατικών και των πολύτιμων οργανικών ουσιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην γεωργία ή και στην αποκατάσταση εδαφών, αποτελεί βασικό τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται η κυκλική διαχείριση της ιλύος. Για να εξασφαλιστούν υψηλά ποσοστά ανάκτησης, ιδίως για κρίσιμα υλικά όπως ο φώσφορος, προτείνεται να καθοριστούν ελάχιστα ποσοστά ανάκτησης.

Μία ακόμη βασική πρόκληση, είναι η ευθυγράμμιση της οδηγίας με τους στόχους πολιτικής της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας. Στην προτεινόμενη Οδηγία – Πλαίσιο αναφέρεται πως απαιτούνται πρόσθετες προσπάθειες στον τομέα των λυμάτων προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και η κατανάλωση ενέργειας.

Ειδικά για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων φαίνονται ως «περιοχές πρώτης επιλογής» για την επίτευξη της ενεργειακής ουδετερότητας σύμφωνα με τη νομοθετικής πρόταση για την τροποποίηση της Οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά και με το σχέδιο REPowerEU που περιλαμβάνει αύξηση του στόχου χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 45% έως το 2030.

Ο στόχος της ενεργειακής ουδετερότητας θεσπίζεται έως το 2040 σε εθνικό επίπεδο για όλες τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων άνω των 10.000 ι.π., σύμφωνα με τις βέλτιστες πρακτικές που εφαρμόζονται ήδη σε ορισμένα κράτη μέλη. Συγκεκριμένα, η ενέργεια που χρησιμοποιείται από τον τομέα θα πρέπει να είναι ισοδύναμη με την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Αυτός ο στόχος επηρεάζει έντονα την τελική διάθεση της ιλύος καθώς αυτή αποτελεί το βασικό παραπροϊόν με το οποίο θα μπορούσαν οι ΕΕΛ να εξασφαλίσουν την ενεργειακή τους ουδετερότητα, αξιοποιώντας το ενεργειακό δυναμικό της. Ως αποτέλεσμα αυτός ο στόχος απομακρύνει την επαναχρησιμοποίηση της ιλύος στην γεωργία.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι στην υπό αναθεώρηση Οδηγία για την επεξεργασία των λυμάτων προτείνεται η επικαιροποίηση του σχετικού άρθρου για την ιλύ ακολουθώντας τις σύγχρονες τάσεις της ΕΕ. Πιο αναλυτικά, η ιλύς θα πρέπει να υφίσταται επεξεργασία, ανακύκλωση και ανάκτηση σύμφωνα με την ιεράρχηση των αποβλήτων όπως ορίζεται στην οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα 2008/98/ΕΚ και με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 86/278. Όπως έχει περιγράψει και στο 3^ο Κεφάλαιο της παρούσας, η ανάκτηση πόρων και η επαναχρησιμοποίηση είναι πιο ψηλά στην ιεραρχία από την ανάκτηση ενέργειας. Αυτό με άλλα λόγια σημαίνει, ότι σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ η επαναχρησιμοποίηση της ιλύος στην γεωργία ή στην δασοπονία και την αποκατάσταση εδαφών είναι περισσότερο επιθυμητή επιλογή στην ιεράρχηση των επιλογών διαχείρισης των στερεών αποβλήτων σε σχέση με την ανάκτηση ενέργειας. Αυτή είναι μία ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος που χρειάζεται να ληφθεί υπόψη στον σχεδιασμό του εκσυγχρονισμού του πλαισίου για την διαχείριση της ιλύος. Επιπλέον, στην προτεινόμενη επικαιροποίηση αναφέρεται ότι για να εξασφαλιστούν υψηλά ποσοστά ανάκτησης, ιδίως για κρίσιμα υλικά όπως ο φώσφορος και το άζωτο θα καθοριστούν από την Επιτροπή ελάχιστα ποσοστά ανάκτησης. Το μέτρο αυτό μπορεί να ενσωματωθεί τόσο μέσω της επαναχρησιμοποίηση της ιλύος για εδαφική εφαρμογή αλλά και στην ανάκτηση ενέργειας με παράλληλη ανάκτηση θρεπτικών από την τέφρα της ιλύος.

Συνολικά, προκειμένου να επιτευχθεί μία ισορροπία ανάμεσα στους στόχους ανάκτησης πόρων, χρήσης στην γεωργία και ενεργειακής αξιοποίησης το πλαίσιο της ιλύος χρειάζεται να αναμορφωθεί προωθώντας μεθόδους που διαμορφώνουν ένα ολιστικό μοντέλο διαχείρισης. Με άλλα λόγια, έναν σχεδιασμό προσαρμοσμένο στις σύγχρονες τάσεις της ΕΕ παρουσιάζοντας λεπτομερή μοντέλα που ανταποκρίνονται στις

σημερινές ανάγκες που είναι τόσο η ανάκτηση πόρων, η γεωργική χρήση όσο και η ενεργειακή αξιοποίηση, τηρώντας πάντα την ιεραρχία του πλαισίου για τα απόβλητα.

Βελτίωση Επικοινωνίας

Από τις καλές πρακτικές που έχουν καταγραφεί, φαίνεται ότι ο κοινός παρονομαστής στα περισσότερα συστήματα είναι η συνεργασία των παραγωγών λύος και των αγροτών καθώς έτσι δημιουργείται εμπιστοσύνη μεταξύ των ενδιαφερόμενων μελών που αποτελεί έναν από τους πιο αναχαιτιστικούς παράγοντες στην επαναχρησιμοποίηση της λύος. Ως εκ τούτου, προτείνεται να ενταχθούν εθνικά συστήματα στα οποία να γίνεται μεταφορά της πληροφορίας μεταξύ των ενδιαφερόμενων μελών και των διαχειριστικών φορέων.

Επίσης στα ίδια πλαίσια, δεδομένου ότι η ανησυχία για τους αναδυόμενους ρύπους είναι μεγάλη, προτείνεται η διεξαγωγή ερευνών για τον εντοπισμό χημικών ρύπων που βρίσκονται στην ιλύ, όπως πραγματοποιεί αντίστοιχα και η ΕΡΑ. Αυτό δημιουργεί ένα πλαίσιο ασφάλειας μεταξύ των διαχειριστικών μέσων και των ενδιαφερόμενων μελών καθώς έτσι πραγματοποιείται συνεχής αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων των χημικών ρύπων.

Η Οδηγία εγκρίθηκε πριν από 37 χρόνια και πλέον δεν ανταποκρίνεται πλήρως στα σύγχρονα προβλήματα. Συνοψίζοντας τις παραπάνω προτάσεις, τα πιο κρίσιμα θέματα είναι τα εξής:

- Η αναθεώρηση της οδηγίας είναι απαραίτητη και εξαιρετικά σημαντική για την προσαρμογή του παλιού νόμου στις σημερινές ανάγκες. Πρέπει να ληφθούν υπόψη οι κοινοτικές και κοινωνικές πτυχές, καθώς και η ανάπτυξη για νέες τεχνολογίες.

- Ειδικά για το θέμα της επαναχρησιμοποίησης της λύος στη γεωργία, χρειάζεται να δοθεί μεγάλη προσοχή τα επίπεδα των ρύπων για την προστασία του περιβάλλοντος. Η τελική σύσταση της λύος θα επηρεαστεί έντονα από τις τάσεις που υπάρχουν στον τομέα της επεξεργασίας των λυμάτων, με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα αναγκαία η αναπροσαρμογή των οριακών τιμών και των προς εξέταση παραμέτρων. Η κλασματοποίηση της λύος θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα πιο στοχευμένο πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης. Αναγκαία κρίνεται η αναθεώρηση και αναβάθμιση των μεθόδων επεξεργασίας της λύος.

- Η αναθεώρηση της Οδηγίας χρειάζεται να δίνει συγκεκριμένες κατευθύνσεις και στόχους για την μείωση της ποσότητας της λύος που οδηγείται προς ταφή, για την μετάβαση της ΕΕ προς την κυκλική οικονομία.

- Αναλυτικός σχεδιασμός για την ανάκτηση πόρων, την γεωργική χρήση όσο και την ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος στα πλαίσια ένταξης της διαχείρισης της στις αρχές της κυκλικής οικονομίας.

- Υπάρχει ανάγκη συντονισμού μεταξύ των διαφόρων ισχυουσών οδηγιών (επεξεργασίας αστικών λυμάτων, διαχείρισης ιλύος) για να αποφευχθούν νομοθετικές αντιφάσεις.

- Βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ διαχειριστικών μέσων και ενδιαφερόμενων μελών.

6.2. Προσπάθειες Εκσυγχρονισμού Ελληνικού Νομοθετικού Πλαισίου

Όπως περιεγράφηκε αναλυτικά στο 3ο Κεφάλαιο της παρούσης, στην Ελλάδα έως και σήμερα, ακολουθείται ως κύριο εθνικό θεσμικό πλαίσιο για την αξιοποίηση της ιλύος η ΚΥΑ 80568/ 4225/ 1991, δηλαδή η ενσωμάτωση της Οδηγίας 86/278.

Το έτος 2012 πραγματοποιήθηκε μία προσπάθεια αναθεώρησης και εκσυγχρονισμού του πλαισίου της διαχείρισης της ιλύος, χωρίς όμως να προχωρήσει η νομική κατοχύρωση του. Ωστόσο, η εθνική πολιτική που προτάθηκε για την διαχείριση της ιλύος, θέτει θεμέλια για την αναθεώρηση που σήμερα κρίνεται πιο αναγκαία από ποτέ.

Σε αυτό το σημείο, θα παρατεθούν τα βασικά σημεία του σχεδίου ΚΥΑ 2012 μέσω των οποίων μπορεί να επιτευχθεί ένα πιο προοδευτικό πλαίσιο αξιοποίησης των ποικίλων δυνατοτήτων ιλύος και να αποφευχθεί η συνήθης τακτική της υγειονομικής ταφής.

- ✓ Κατηγοριοποίηση της ιλύος σε επεξεργασμένη με συμβατικές μεθόδους και σε επεξεργασμένη με προχωρημένες μεθόδους.
- ✓ Εδαφική αξιοποίηση μόνο επεξεργασμένης ιλύος σε αντίθεση με την Οδηγία 86/278 που επιτρέπει και την διάθεση ανεπεξέργαστης.
- ✓ Επαναπροσδιορισμός των τιμών συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων τόσο για την ιλύ όσο και για το έδαφος σε αρκετά πιο αυστηρά όρια από αυτά που επιβάλλει η ΚΥΑ 80568/ 4225/ 1991, ανάλογα με το pH. Οι μέγιστες επιτρεπόμενες φορτίσεις μετάλλων στο έδαφος αναφέρονται σε μέσο όρο τριετίας αντί για δεκαετίας.
- ✓ Ένταξη νέων παραμέτρων προς εξέταση σύμφωνα με τις σημερινές προκλήσεις. Συγκεκριμένα τίθενται όρια για οργανικές ουσίες στην ιλύ που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία, στη δασοπονία και στην αποκατάσταση του εδάφους. Επίσης τίθενται υποχρέωση μείωσης των παθογόνων μικροοργανισμών ανάλογα με την κατηγορία της ιλύος.
- ✓ Η ΚΥΑ 80568/4225/1991 ακολουθεί την λογική της αποδοχής της συσσώρευσης εντός των οριακών τιμών, ενώ στο σχέδιο ΚΥΑ 2012

ακολουθείται η λογική της θεμελιώδους αρχής της μηδενικής συσσώρευσης. Με άλλα λόγια, η ισχύουσα νομοθεσία βασίζει τον προσδιορισμό των οριακών τιμών των ρυπαντικών ουσιών σε επίπεδα τα οποία να μην είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο. Αντίθετα, το προτεινόμενο σχέδιο ΚΥΑ αποτρέπει την συσσώρευση των ρυπαντών στο έδαφος, στοχεύοντας ώστε η εφαρμογή της λύσης να μην έχει ως αποτέλεσμα της αύξηση των συγκεντρώσεων των ρυπαντικών ουσιών στο έδαφος.

Από όλα τα προαναφερόμενα προκύπτει το συμπέρασμα πως οι εθνικές νομοθετικές αρχές προσπάθησαν να δώσουν μία πιο αυστηρή κατεύθυνση στην διαχείριση και διάθεση της λύσης. Οι προτεινόμενες οριακές τιμές για την λύ είναι 2-6 φορές μικρότερες και για ορισμένα μέταλλα (Cd, Ni) χαμηλότερες κατά μια τάξη μεγέθους. Ακόμη μεγαλύτερη είναι η προτεινόμενη μείωση των επιτρεπόμενων φορτίσεων (κατά 10-20 φορές), γεγονός που οδηγεί στην αναγκαιότητα κατανομής της λύσης σε πολύ μεγάλες εκτάσεις. Αξίζει μνείας πως με την εξασφάλιση των προτεινόμενων μέτρων διευρύνονται οι δυνατότητες εδαφικής εφαρμογής, προσφέρονται ως δυνητικοί αποδέκτες της λύσης νέες εκτάσεις όπως δάση και χώροι αναψυχής.

Εντούτοις η νομοθέτηση αυτής της πρότασης δεν πραγματοποιήθηκε και όπως αναφέρεται και σε σχετικές εκθέσεις της ΕΕ, η χώρα μας βρίσκεται μέσα στις 5 χώρες της ΕΕ που δεν έχουν τροποποιήσει ακόμη και σήμερα 37 χρόνια αργότερα, κανένα σημείο της ενσωμάτωσης της Οδηγίας 86/278 προς μία κατεύθυνση που να προωθεί την επαναχρησιμοποίηση της λύσης. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν όλες οι σύγχρονες προκλήσεις που περιεγράφηκαν παραπάνω, είναι απαραίτητο να προχωρήσει η νομοθέτηση μίας εθνικής πολιτικής που να δίνει ιδιαίτερη προσοχή στα χαρακτηριστικά της χώρας και τις μελλοντικές ανάγκες, να συμπεριλάβει τις σκέψεις που έχουν γίνει σε επίπεδο ΕΕ και τις διεθνείς τεχνολογικές τάσεις, με τρόπους που θα προωθούσαν την ανάκτηση πόρων και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Όπως προαναφέρθηκε, έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα καταδεικνύουν ότι παράγεται ικανοποιητική ποιότητα λύσης με υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Επιπλέον στις πιο αποκεντρωμένες ΕΕΛ θα μειώνεται και κόστος μεταφοράς της παραγόμενης λύσης για διάθεση στην γεωργία που αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους παράγοντες οικονομικής επιβάρυνσης στην διαχείριση της. Έτσι, φαίνεται ότι η διάθεση της παραγόμενης λύσης από μικρές και μεσαίες ΕΕΛ στο έδαφος για γεωργικούς σκοπούς αποτελεί μια πολύ καλή μέθοδο διάθεσης, που πρέπει να εξετάζεται κατά προτεραιότητα. Για έναν ορθολογικό σχεδιασμό προτείνεται μία συνεργασία με τους τοπικούς φορείς για να εξασφαλίζεται η διαθεσιμότητα των απαραίτητων εκτάσεων.

Άλλες προκλήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψιν στον εθνικό σχεδιασμό είναι η ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος, αφού αποτελεί βασικό παράγοντα για την επίτευξη βιωσιμότητας στον τομέα των λυμάτων επεξεργασίας λυμάτων και μια μετατόπιση από το αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο (δηλαδή όταν η ζήτηση ενέργειας καλύπτεται από εξωτερικές πηγές) στην ενέργεια ουδέτερη, ή ακόμη και ενεργειακά θετική. Ένα παράδειγμα αποτελεί η Ψυττάλεια όπου το βιοαέριο που παράγεται χρησιμοποιείται επιτόπου ως καύσιμο σε μονάδες συμπαραγωγής (CHP). Το σύστημα της μονάδας ΣΗΘ παρέχει ένα σημαντικό μέρος των αναγκών σε θερμότητα της ΜΕΛ Ψυττάλειας (ειδικά για την χώνευση και ξήρανση ιλύος), καθώς και για τις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. για αερισμό στο στάδιο βιολογικής επεξεργασίας) (ΕΥΔΑΠ). Μέσω ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού που παρέχει οικονομικά κίνητρα στους διαχειριστικούς φορείς για την εφαρμογή μεθόδων ενεργειακής αξιοποίησης θα μπορούσαν κι άλλες μονάδες να ανακτούν ενέργεια μέσω της ιλύος όπως η Ψυττάλεια. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να εξασφαλίζεται η διάθεση του τελικού προϊόντος σε μονάδες παραγωγής ενέργειας ως καύσιμο, στην τσιμεντοβιομηχανία κα.

Όλα τα παραπάνω θα συμβάλλουν στον εθνικό στόχο που έχει ήδη τεθεί από τον υφιστάμενο ΕΣΔΑ που επιτάσσει ανάκτηση ιλύος τουλάχιστον ίση με 95% κατά βάρος επί της παραγόμενης ποσότητας έως το 2030 και διάθεση ιλύος έως 5% κατά βάρος επί της παραγόμενης ποσότητας έως το 2030. Δεδομένου ότι ο ίδιος στόχος είχε τεθεί για το 2020 και δεν πραγματοποιήθηκε, απαιτείται ακόμη περισσότερο ένα νέο πλαίσιο για την διαχείριση της ιλύος.

Προκειμένου να εξασφαλισθούν όλα τα παραπάνω, μία πρόταση αποτελεί και η διαμόρφωση ενός κοινού πλαισίου για την κομποστοποίηση της ιλύος. Όπως προαναφέρθηκε, δεν υπάρχει ακόμη μία πολιτική για την κομποστοποίηση από προδιαλεγμένα οργανικά παρά μόνο η ΚΥΑ 56366/4351/2014 για σύμμεικτα απορρίμματα με αποτέλεσμα το κόμποστ που παράγεται τύπου A,CLO να μην είναι υψηλής ποιότητας. Η ιλύς αποτελεί ιδανικό υλικό για την κομποστοποίηση ικανή να διαμορφώσει ένα κόμποστ υψηλής ποιότητας.

Σε επίπεδο ΕΕ υπάρχουν κανονισμοί και αποφάσεις της ΕΕ που αφορούν ειδικά την κομποστοποίηση. Πιο συγκεκριμένα, ο κανονισμός (ΕΕ) 2019/1009 της 5ης Ιουνίου 2019 «για την θέσπιση κανόνων σχετικά με τη διάθεση προϊόντων λίπανσης της ΕΕ στην αγορά και για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) 1069/2009 και (ΕΚ) αριθ. 1107/2009 και την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2003/2003, που εφαρμόζεται από τις 16 Ιουλίου 2022. Επίσης η απόφαση (ΕΕ) 2015/2099 της Επιτροπής της 18ης Νοεμβρίου 2015 «περί καθορισμού αναθεωρημένων οικολογικών κριτηρίων και των

σχετικών κριτηρίων αξιολόγησης και εξακρίβωσης για την απονομή κοινοτικού οικολογικού σήματος σε βελτιωτικά εδάφους».

Και οι δυο παραπάνω διατάξεις περιλαμβάνουν μια σειρά κριτηρίων προκειμένου να διασφαλιστεί η ικανοποίηση των απαιτήσεων ως προς την ποιότητα του προϊόντος, τη διαδικασία αξιολόγησης κι ελέγχου αυτού, συμπεριλαμβανομένου και του τρόπου παρασκευής του και την σήμανση του.

Το κόμποστ υψηλής ποιότητας μπορεί επίσης να διατίθεται στην γεωργία, στην διαχείριση τοπίου, στην αποκατάσταση εδάφους, στην αποκατάσταση ΧΥΤ και ορυχείων, στην παραγωγή εδαφών και καλλιεργητικών μέσων και στην παραγωγή βιολογικών φίλτρων.

Για όλους ειδικούς τομείς εφαρμογής μπορούν να ληφθούν συγκεκριμένα κριτήρια και απαιτήσεις για την ποιότητα τους αλλά και συγκεκριμένες μέγιστες ποσότητες κόμποστ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Για την εξασφάλιση της υψηλής ποιότητας του τελικού προϊόντος και έτσι την ενίσχυση της εμπιστοσύνης από τους τελικούς χρήστες τα πρόσωπα που παράγουν κόμποστ μπορούν να παρέχουν πληροφορίες στους τελικούς χρήστες καθώς και σήμανση σύμφωνα με τις απαιτήσεις των αντίστοιχων Κανονισμών. Τα παραπάνω μπορούν να τεκμηριώνονται ποιοτικά από εργαστήρια, μέσω ελέγχων συμμόρφωσης και διεξαγωγή επιτόπιων επιθεωρήσεων.

Μεγάλης σημασίας στην επίτευξη του τελικού προϊόντος είναι ο καθορισμός από σχετική νομοθεσία των τύπων των επιτρεπόμενων βιοαποβλήτων για την παραγωγή κόμποστ. Όσο αφορά την ιλύ που μπορεί να χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή κόμποστ θα πρέπει να είναι σταθεροποιημένη και να πληροί συγκεκριμένα κριτήρια τα οποία να κατοχυρώνονται με την διενέργεια δοκιμών. Ο έλεγχος αυτός χρειάζεται να γίνεται για συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων αλλά και οργανικών ρύπων, προκειμένου να εξασφαλίζεται πρώτη ύλη υψηλής ποιότητας. Προκειμένου να ανταποκρίνεται η ποιότητα του τελικού προϊόντος στις σύγχρονες προκλήσεις, χρειάζεται να τεθούν οριακές τιμές για τα βαρέα μέταλλα, τις προσμίξεις και τους παθογόνους μικροοργανισμούς στο τελικό προϊόν. Σύμφωνα με την τελική του σύσταση μπορεί να γίνεται μία κλασματοποίηση που θα καθορίζουν τον τομέα χρησιμοποίησής του. Για όλα τα παραπάνω προτείνεται να περιγράφουνε από την σχετική νομοθεσία και οι τεχνολογικές μέθοδοι επεξεργασίας με έμφαση στην υγεινοποίηση του τελικού προϊόντος.

7. Συμπεράσματα

Οι μελλοντικές τάσεις διαχείρισης της ιλύος από τις ΕΕΛ εξαρτώνται κυρίως, από τη μελλοντική εναρμόνιση της σχετικής εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Από όλη την βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε και παρουσιάστηκε παραπάνω έχουν εξαχθεί κάποια βασικά συμπεράσματα :

- Η ιλύς από τις ΕΕΛ είναι ένας πόρος που ακόμη και σήμερα δεν αξιοποιείται στο μέγιστο των δυνατοτήτων του, καθώς διαθέτει μεγάλο αριθμό πολύτιμων θρεπτικών συστατικών και οργανικών υλών αλλά και υψηλή θερμική αξία.
- Τα περισσότερα εμπόδια που συναντώνται στην εκμετάλλευση της ιλύος, μπορούν να αντιμετωπιστούν με έναν ορθολογικό σχεδιασμό με στόχο την αειφόρο ανάπτυξη. Απαιτείται αλλαγή του συστήματος διαχείρισης στην κατεύθυνση όχι μόνο της αξιοποίησης της ιλύος με ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση και ανάκτηση ενέργειας αλλά και της πρόληψης ή και μείωσης της παραγωγής της με την ανάπτυξη καθαρών τεχνολογιών. Ένα τέτοιο σύστημα διαχείρισης δίνει έμφαση στις επιλογές επαναχρησιμοποίησης, παρά στις οδούς διάθεσης, για την παραγωγή ενέργειας και την ανάκτηση όλων των πιθανών πόρων.
- Οι χώρες τις Ε.Ε. χρησιμοποιούν ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών για τη διαχείριση της ιλύος. Οι κύριες μέθοδοι αξιοποίησης της ιλύος στις χώρες της Ε.Ε. είναι η γεωργική χρήση και η αποτέφρωση. Όσο αφορά την Ελλάδα, η αποτέφρωση φαίνεται να είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος αξιοποίησης.
- Όσο αφορά την χρήση στην γεωργία, στην ΕΕ το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο Οδηγία 86/278 έχει εφαρμοστεί ποικιλοτρόπως από όλα τα κράτη – μέλη ρυθμίζοντας κυρίως τα βαρέα μέταλλα που βρίσκονται στην ιλύ ή στο έδαφος. Εντούτοις, τα περισσότερα κράτη μέλη έχουν υιοθετήσει αυστηρότερα κριτήρια από αυτά της οδηγίας τόσο στα βαρέα μέταλλα όσο και σε άλλες παραμέτρους όπως τα μικροβιολογικά, τα μικροπλαστικά και οργανικές ενώσεις προκειμένου να ανταποκρίνονται στις σημερινές ανάγκες. Ένας συλλογικός νέος σχεδιασμός σε πλαίσιο ΕΕ για την γεωργική χρήση της ιλύος με επαναπροσδιορισμό των οριακών τιμών αλλά και την ένταξη νέων ρύπων είναι απαραίτητος, προκειμένου να αναπτυχθεί και η εμπιστοσύνη των ενδιαφερόμενων μελών.
- Η αποτέφρωση της ιλύος παρά το μεγάλο της κόστος συνεχίζει να είναι μία από τις πιο συνήθεις πρακτικές επεξεργασίας της και μάλιστα σημειώνει και αυξητική τάση. Η ιλύς ως εναλλακτική πηγή ενέργειας συμβάλλει και στην μείωση του ενεργειακού ελλείμματος εξ αιτίας της ενεργειακής κρίσης αλλά και της ενεργειακής αυτονομίας των ΕΕΛ.
- Η κομποστοποίηση της ιλύος χρειάζεται την δημιουργία ενός συγκεκριμένου πλαισίου ώστε να καθορίζονται σαφή πρότυπα και διαδικασίες τα οποία θα κατοχυρώνουν την υψηλή ποιότητα του τελικού προϊόντος.
- Η υπό αναθεώρηση Οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, προτείνει ένα πλαίσιο το οποίο επηρεάζει έντονα την διαχείριση της ιλύος. Προκειμένου να μην

δημιουργούνται αντιφάσεις, απαιτείται ένας νέος σχεδιασμός για την ιλύ ώστε να ανταποκρίνεται στις νέες απαιτήσεις που προκύπτουν από την Οδηγία – Πρόταση. Τα βασικότερα σημεία είναι η καταπολέμηση της ρύπανσης από τα μικροπλαστικά και τους μικρορύπους, η διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής της Οδηγίας και σε οικισμούς με φορτίο μεγαλύτερο από 1.000 ι.π., η ενεργειακή ουδετερότητα των ΕΕΛ και η κυκλική διαχείριση της ιλύος. Για τον λόγο αυτό η διαχείριση της ιλύος χρειάζεται άμεσα ένα πιο στενό νομοθετικό έλεγχο.

- Παρά την έντονη τάση που σημειώνεται στην ΕΕ μείωσης της ποσότητας της ιλύος που οδηγείται προς υγειονομική ταφή, στην χώρα μας μέχρι και σήμερα η διάθεση της σε ΧΥΤΑ ή ΧΥΤΥ είναι αρκετά δημοφιλής. Η διάθεση της ιλύος προς υγειονομική ταφή μπορεί να εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που άλλοι τρόποι διάθεσης, πιο φιλικό στο περιβάλλον δεν μπορούν να εφαρμοστούν. Πλέον, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος που τίθεται από την Οδηγία 2018/850, όλη η ποσότητα της παραγόμενης ιλύος θα πρέπει να επεξεργάζεται και να ανακτάται ώστε το 10% που θα οδηγείται προς υγειονομική ταφή να είναι οι υπολειμματικές ποσότητες που δεν επιδέχονται άλλης επεξεργασίας. Στην Ελλάδα με τον νέο εγκεκριμένο ΕΣΔΑ για τις ιλύες αστικού τύπου αναφέρεται στόχος για την ανάκτηση τους τουλάχιστον 95% και κατ' επέκταση η διάθεση τους πρέπει να είναι έως 5%. Στην χώρα μας το 2019 φαίνεται ότι το 36% της παραγόμενης ποσότητας διατέθηκε προς ταφή, οπότε ο φαίνεται ότι έχει να διανυθεί μία μεγάλη απόσταση έως το 5%.
- Από όλες τις καλές πρακτικές που έχουν καταγραφεί κατά τα 37 χρόνια ισχύς της Οδηγία 86/278 όλες είχαν κοινό χαρακτηριστικό την επικοινωνία των διαχειριστικών φορέων και των ενδιαφερόμενων μελών. Η ενημέρωση του κοινού και των χρηστών είναι απαραίτητη, ώστε να αυξάνεται η επιστημονική γνώση σχετικά με την χρήση της ιλύος, να παρέχονται πρόσθετες πληροφορίες σε αυτούς και να ενημερώνονται σχετικά με τα οφέλη από την διάθεση της ιλύος.
- Η βιώσιμη διαχείριση της ιλύος φαίνεται ότι μπορεί να συμβάλλει σε αρκετές πρωτοβουλίες της Ευρωπαϊκής Πράσινης συμφωνίας, όπως στην κυκλική οικονομία, στην καθαρή, οικονομική προσιτή και ασφαλής ενέργεια, στην βιοποικιλότητα και στην στρατηγική από το αγρόκτημα στο πιάτο. Αντίστοιχα η ορθολογική διαχείριση της ιλύος συμβάλλει θετικά στην επίτευξη ορισμένων στόχων της Βιώσιμης Ανάπτυξης όπως στον στόχο SDG2 «Μηδενική πείνα», SDG6 : «Καθαρό νερό και αποχέτευση» , SDG7 : «Φτηνή και καθαρή ενέργεια», SDG12 : «Υπεύθυνη Κατανάλωση και Παραγωγή» όσο και με τον στόχο SDG15: «Ζωή στην Στεριά».

Με γνώμονα όλα τα παραπάνω, κρίνεται αναγκαίος ο εκσυγχρονισμός του πλαισίου για την διαχείριση της ιλύος που παράγεται από εγκαταστάσεις επεξεργασία αστικών λυμάτων ώστε να ανταποκρίνεται στις μελλοντικές προκλήσεις και στην επίτευξη ενός συνολικού σχεδιασμού με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και τη δημόσια υγεία.

Βιβλιογραφία

➤ Ξενόγλωση

Andreadakis A.D., Mamais D., Gavalaki E. and Kampylafka S., 2002. Sludge utilization in agriculture: possibilities and prospects in Greece. *Water Science and Technology*.

Angin, I. & Yaganoglu. 2011. Effects of sewage sludge application on some physical and chemical properties of a soil affected by wind erosion. *Journal of Agricultural Science and Technology*.

Annual Report Water 2017/18 Research Commission (WRC), 2018.

Bagheri M., Bauer T., Burgman L. E., Wetterlund E., 2022. Fifty years of sewage sludge management research: Mapping researchers' motivations and concerns. *Journal of Environmental Management*.

Balikci A.K. & Yagci N., 2020. A review on promising strategy to decrease sludge production: Oxidic-settling/anaerobic process. *Environmental Research & Technology*.

Bationo, A., Kihara, J., Vanlauwe, B., Waswa, B. and Kimetu, J., 2006. Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agricultural Systems*.

Bauer, T., Burgman, L.E., Andreas, L., Lagerkvist, A., 2020. Effects of the different implementation of legislation relating to sewage sludge disposal in the EU. *Detritus*.

Beata Bien & Jurand D. Bien, 2021. Conditioning of Sewage Sludge with Physical, Chemical and Dual Methods to Improve Sewage Sludge Dewatering. *Energies*.

Bharathiraja B., Yogendran D., Ranjith Kumar R., Chakravarthy M., Palani S., 2014. Biofuels from sewage sludge- A review. *International Journal of ChemTech Research*.

BMU, 2017. Regulation on the reorganization of sewage sludge recycling. Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.

Carlsson, M., Lagerkvist, A., Morgan-Sagastume, F., 2016. Energy balance performance of municipal wastewater treatment systems considering sludge anaerobic biodegradability and biogas utilisation routes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*.

Chen Xiurong, Yuan Wang, Qiuyue Li, Yingying Yang, Xiao Wei, Shanshan Wang, Quanlin Lu, Xiaoli Sun, 2020. Contrast of sludge toxicity variation during treatment of

wastewater containing mixed chlorophenols and single chlorophenol. *Environmental Engineering Research*.

Chojnacka, K., Moustakas, K., Witek-Krowiak A., 2020. Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy. *Bioresource Technology*.

Christodoulou A. & Stamatelatou K. 2016. Overview of legislation on sewage sludge management in developed countries worldwide. *Water Science and Technology*.

Dubey, M., Mohapatra, S., Tyagi, V.K., Suthar, S., Kazmi, A.A., 2021. Occurrence, fate, and persistence of emerging micropollutants in sewage sludge treatment. *Environmental Pollution*.

Dumontet, S., Dinel, H. and Baloda, S.B. 1999. Pathogen reduction in sewage sludge by composting and other biological treatment: a review, *Biological Agriculture and Horticulture*.

European Commission – DG Environment, 2002. Disposal and Recycling Routes for Sewage Sludge. Economic sub-component report.

European Commission – DG Environment, 2014. Ex-post Evaluation of certain waste stream Directives Final Report.

European Commission – DG Environment, 2018. Final Implementation Report for Directive 86/278/EEC on Sewage Sludge: 2013-2015.

Eurostat, 2023. Environment and energy, environment, water, water statistics on national level, sewage sludge production and disposal.

Gao, N., Kamran, K., Quan, C., Williams, P.T., 2020. Thermochemical conversion of sewage sludge: a critical review. *Progress in Energy and Combustion Science*.

Garcia, C., Hernandez, T. and Costa, F. 1992. Characterization of humic acids from uncomposted and composted sewage sludge by degradative and non-degradative techniques, *Bioresource Technology*.

Harder, R., Wielemaker, R., Larsen, T.A., Zeeman, G., Oberg, G., 2019. Recycling nutrients contained in human excreta to agriculture: pathways, processes, and products. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*.

Herman Helness Mubarak, A. R., Ragab, O. E., Ali, A. A. , Hamed, N .E. 2009. Short-term studies on use of organic amendments for amelioration of a sandy soil. African Journal of Agriculture Research.

Hudcová, H., Vymazal, J., Rozkošný, M., 2019. Present restrictions of sewage sludge application in agriculture within the European Union. Soil and Water Research. Czech Academy of Agricultural Sciences.

Karagiannidis A., Samaras P., Kasampalis T., Perkoulidis G., Ziogas P. , Zorpas A.,2011. Evaluation of sewage sludge production and utilization in Greece in the frame of integrated energy recovery. Desalination and Water Treatment.

Kelessidis A. & A.S. Stasinakis, 2012. Comparative Study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. Waste Management.

Kiselev A., Magaril E., Magaril R., Panepinto D., Ravina M., Zanetti M.C., 2019. Towards Circular Economy: Evaluation of Sewage Sludge Biogas Solutions. Resources.

Lamastra L., Suciú A. N., Trevisan M., 2018. Sewage sludge for sustainable agriculture: contaminants' contents and potential use as fertilizer. Chemical and Biological Technologies in Agriculture.

Lee D.J., Tay J.H., 2004. Energy recovery in sludge management process. Journal of Residual Science and Technology.

Li J., Yan J. G., Wang Y. F., Yang K., Shao Y. Y., Shao Y. Q. Wang Q., Zhu Y., 2021. Influencing factors of the drying rate of sludge for solar drying chamber. Earth and Environmental Science.

Mannina G., Badalucco L., Barbara L., Cosenza A., Trapani Di D., Gallo G., Laudicina Armando V., Marino G., Muscarella S., Presti D., 2021. Enhancing a Transition to a Circular Economy in the Water Sector: The EU Project WIDER UPTAKE. Water.

Milieu Ltd, 2008. Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land. European Commission, DG Environment

Nizzetto, L., Futter, M., Langaas, S., 2016. Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? Environmental Science and Technology.

Pascual, J.A., Ayuso, M., Garcia, C. and Hernandez, 1997. Characterization of urban wastes according to fertility and phytotoxicity parameters, *Waste Management and Research*.

Prochaska Ch., Zouboulis A., 2020. A Mini-Review of Urban Wastewater Treatment in Greece: History, Development and Future Challenges. *Sustainability*.

Rezig, FAM, Mubarak, A. R., Elhadi, E. A. 2013. Impact of organic residues and mineral fertilizer application on soil-crop system: II soil attributes. *Archives of Agronomy and Soil Science*.

Richman T., Arnold E., Williams J. A., 2022. Curation of a list of chemicals in biosolids from EPA National Sewage Sludge Surveys & Biennial Review Reports, Springer Nature.

Rigas F., Kordoutis K., 2005. Economic and environmental evaluation of municipal sewage sludge treatment methods, Conference: Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development.

Robert W. E., Silvana I., Torri R., Studart, Correa, 2011. Biosolids Soil Application: Agronomic and Environmental Implications. *Applied and Environmental Soil Science*.

Rosiek K., 2020. Directions and Challenges in the Management of Municipal Sewage Sludge in Poland in the Context of the Circular Economy. *Sustainability*.

Schnell, M., Horst, T., Quicker, P., 2020. Thermal treatment of sewage sludge in Germany: a review. *Journal Environmental*.

Scholz, M., 2016. Sludge Treatment and Disposal. *Wetlands for Water Pollution Control*. Second Edition, Elsevier Science.

Sewage Sludge Status Quo Report 2020/21. Western Cape Government. Environmental Affairs & Development Planning.

Shaddel S., Bakhtiary-Davijany H., Christian K., Farbod D., Stine O., 2019. Sustainable sewage sludge management: from current practices to emerging nutrient recovery technologies. *Sustainability*.

Singh K. V., 2022. Microplastic Pollution through Waste Water Treatment: A Review. *Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*.

Smol M., 2020. Inventory of Wastes Generated in Polish Sewage Sludge Incineration Plants and Their Possible Circular Management Directions. *Resources*.

Solanki P., Akula B., Sharma Kumar H., Reddy Jagdishwar D., 2016. Physico-Chemical Properties Of Sewage Sludge And Its Impact On Soil Fertility. International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science.

Soon Kay Teoh, Loretta Y. Li, 2019. Feasibility of alternative sewage sludge treatment methods from a lifecycle assessment (LCA) perspective. Journal of Cleaner Production.

Sorrenti Alice, Corsino Santo Fabio, Traina Francesco, Viviani Gaspare and Torregrossa, 2022. Enhanced Sewage Sludge Drying with a Modified Solar Greenhouse, Clean Technologies.

Tomei C. Maria, Braguglia M. Camilla, Cento Giorgia, Mininni Giuseppe, 2009. Modeling of Anaerobic Digestion of Sludge, Critical Review in Environmental Science and Technology.

Turovskiy Izrail S., Mathai P. K. 2006. Wastewater Sludge Processing, Wiley Interscience.

Xiang L., Li H., Wang Y., Qu L., Xiao D., 2023. Energy Utilization Assessment of Municipal Sewage Sludge Based on SWOT-FAHP Analysis. Water.

Yadav, A., Garg, V. K. 2011. Recycling of organic wastes by employing *Eisenia fetida*. Bioresource Technology.

Zaharioiou A. M., Bucura F., Ionete R. E., Marin F., Constantinescu M., Oancea S., 2021. Opportunities regarding the use of technologies of energy recovery from sewage sludge. Springer Nature.

➤ **Ελληνική**

Αγγελάκης Α., Βούρβαχη Κ., Διαβάτης Η., Ευμορφοπούλου Α., Κάρτσωνας Ν., Μαμάης Δ., Μποσδογιάννη Α., Στάμου Α, Αθήνα, Απρίλιος 2005. Εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης των παραπροϊόντων από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων.

Ανδρεαδάκης Α., Αθήνα, 2009. Μέθοδοι Υγειονομποίησης της Ιλύος Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Ανδρεαδάκης Α., Αθήνα, 2015. Επεξεργασία και Διαχείριση Λυμάτων και Ιλύος Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Καρτσώνας Ν., 2005. Εναλλακτικοί Τρόποι Διαχείρισης παραπροϊόντων επεξεργασίας από μικρές εγκαταστάσεις λυμάτων. Πρακτικά Ημερίδας «Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων με Αποκεντρωμένα Συστήμα Επεξεργασίας».

Κελεσίδης Α., 2010. Διερεύνηση των μεθόδων επεξεργασίας και τελικής διάθεσης της ιλύος στις χώρες της ΕΕ.

Κελεσίδης Α., 2017. Εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και επιλογή του βέλτιστου σεναρίου με χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Μήτσιου Π., 2019. Παραγωγή, επεξεργασία και διάθεση περίσσειας ιλύος από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) σε Ελλάδα και Ευρώπη: υφιστάμενη κατάσταση και μελλοντικές προοπτικές.

Σκουλού Β., 2011. Αξιοποίηση ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην γεωργία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ηλεκτρονικές Πηγές

<https://water.europa.eu/>

<https://www.consilium.europa.eu/el/policies/green-deal/>

<https://eu-dashboards.sdgindex.org/profiles>

<https://unric.org/el/>

<https://gslegal.gov.gr/>

<https://www.eydap.gr/>

<https://www.edeya.gr/>

<https://assuredbiosolids.co.uk/>