



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

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

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΣΤΙΣ  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ  
ΤΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΒΙΟΔΙΑΣΠΑΣΙΜΩΝ ΟΙΚΙΑΚΩΝ  
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ**

*Εκπόνηση: Παναγιώτα Ψαριανού*

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ»**

**Αθήνα, Οκτώβριος 2012**

**Επιβλέπων: Κ. Νουτσόπουλος, Λέκτορας Ε.Μ.Π.**



## Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

<b>Πρόλογος</b>	<b>1</b>
<b>Περίληψη</b>	<b>2</b>
<b>Extended Abstract</b>	<b>8</b>
<b>Κατάλογος πινάκων</b>	<b>13</b>
<b>Κατάλογος σχημάτων</b>	<b>17</b>
<b>1 Εισαγωγή</b>	<b>21</b>
1.1 Γενική τοποθέτηση του προβλήματος.....	21
1.2 Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας.....	23
<b>2 Γενικά στοιχεία διαχείρισης υγρών αποβλήτων</b>	<b>25</b>
2.1 Εισαγωγή.....	25
2.2 Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	28
2.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	33
2.3.1 Φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων.....	33
2.3.2 Ανόργανα χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	35
2.3.3 Οργανικά χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	37
2.3.4 Βιολογικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	39
2.4 Ποσοτικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	40
<b>3 Γενικά στοιχεία διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων</b>	<b>42</b>
3.1 Ορισμός αστικών στερεών αποβλήτων.....	42
3.2 Πηγές προέλευσης αστικών στερεών αποβλήτων.....	43
3.3 Κατηγορίες αστικών στερεών αποβλήτων.....	46
3.3.1 Αστικά Απόβλητα (απορρίμματα).....	48
3.3.2 Ειδικά Απόβλητα.....	48
3.3.3 Κατηγορίες αποβλήτων βάσει Ε.Ε. (Q1-Q16).....	51
3.4 Στερεά Μη Επικίνδυνα Απόβλητα (Σ.Μ.Ε.Α.).....	52
3.5 Απόβλητα από Ηλεκτρικό και Ηλεκτρονικό Εξοπλισμό (Α.Η.Η.Ε.).....	52
3.6 Ποιοτική ανάλυση των στερεών αποβλήτων.....	53
3.6.1 Φυσικά χαρακτηριστικά.....	61
3.6.2 Χημικά χαρακτηριστικά.....	63
3.6.3 Βιολογικά χαρακτηριστικά.....	67
3.6.4 Σύνθεση των δημοτικών στερεών αποβλήτων στην Ευρώπη.....	68
3.7 Ποσοτική ανάλυση των στερεών αποβλήτων.....	69

3.7.1	Ποσότητες Παραγωγής .....	69
3.7.2	Ποσότητες παραγωγής στην Ευρώπη .....	75
3.7.3	Μεγέθη που περιγράφουν την παραγωγή των απορριμμάτων .....	76
<b>4</b>	<b>Απόβλητα τροφίμων</b> .....	<b>85</b>
4.1	Εισαγωγή .....	85
4.2	Ποσότητες των αποβλήτων τροφίμων .....	90
4.3	Χαρακτηριστικά των αποβλήτων τροφίμων .....	91
4.3.1	Φυσικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων τροφίμων .....	91
4.3.2	Χημικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων τροφίμων .....	92
4.4	Απόβλητα τροφίμων και υπερθέρμανση του πλανήτη .....	93
4.5	Η υπάρχουσα κατάσταση στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων .....	94
4.5.1	Οικιακή κομποστοποίηση .....	94
4.5.2	Κεντρική κομποστοποίηση .....	95
4.5.3	Υγειονομική ταφή .....	95
4.5.4	Καύση .....	96
4.5.5	Κεντρική αναερόβια χώνευση .....	97
4.5.6	Σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων .....	98
4.6	Οφέλη για την κλιματική αλλαγή .....	99
4.7	Παράλληλη παρουσίαση των μεθόδων της κομποστοποίησης και της χρήσης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων .....	99
4.7.1	Κομποστοποίηση .....	100
4.7.2	Σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων .....	104
<b>5</b>	<b>Εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων</b> .....	<b>108</b>
5.1	Μονάδα σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων .....	108
5.2	Δομή της συσκευής .....	109
5.2.1	Ενεργοποίηση μαγνητικού καλύμματος .....	110
5.2.2	Δακτύλιος για τη μείωση του θορύβου στο διάφραγμα του νεροχύτη .....	111
5.2.3	Μονωτής για τη μείωση των δονήσεων .....	112
5.2.4	Μειωτής θορύβου πολλαπλών στιβάδων .....	113
5.2.5	Δακτύλιος άλεσης – κοπής .....	114
5.2.6	Σύστημα προεξοχών τριπλής δράσης .....	116
5.2.7	Κάτω δίσκος κοπής .....	117
5.2.8	Κύκλωμα αισθητήρων εμπλοκών .....	118
5.2.9	Τεχνολογία έγχυσης βιοφόρτισης .....	118
5.2.10	Αρχές λειτουργίας .....	119
5.2.11	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων .....	120
5.3	Οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης .....	125
5.3.1	Βελτίωση της ποιότητας του εδάφους .....	126
5.3.2	Αύξηση της ανάκτησης των οργανικών αποβλήτων .....	126
5.3.3	Βελτίωση της ποιότητας της λυματολάσπης .....	127

5.4	Τάσεις και η τρέχουσα νομική κατάσταση στα κράτη μέλη .....	127
5.4.1	Το διεθνές τοπίο .....	127
5.4.2	Το Ευρωπαϊκό τοπίο .....	128
5.4.3	Σύντομη επισκόπηση της νομοθετικής κατάστασης στα κράτη μέλη.....	128
5.5	Αρνητικές επιπτώσεις μιας απαγόρευσης.....	130
5.5.1	Προβληματισμοί σχετικά με τη νομοθεσία.....	130
5.5.2	Άλλοι προβληματισμοί.....	132
5.6	Μελέτες περιπτώσεων .....	133
5.6.1	ΗΠΑ .....	133
5.6.2	Σουηδία .....	136
5.6.3	Γερμανία .....	140
5.6.4	Νορβηγία.....	142
5.6.5	Ιταλία.....	142
5.6.6	Ολλανδία.....	142
5.6.7	Ηνωμένο Βασίλειο .....	143
<b>6</b>	<b>Ανασκόπηση βιβλιογραφίας σχετικά με τις επιπτώσεις της ενσωμάτωσης των σκουπιδοφάγων τροφίμων στο υπάρχον σύστημα</b>	<b>144</b>
6.1	Γενικά.....	144
6.2	Υλικά που μπορούν να προσλαμβάνουν οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων .....	145
6.3	Μέγεθος των σωματιδίων στην έξοδο των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων.....	146
6.4	Υποθέσεις για τα απόβλητα τροφίμων που θα αποτελέσουν την εισροή στον σκουπιδοφάγο αποβλήτων τροφίμων .....	147
6.5	Ανάλυση των αιωρούμενων στερεών (SS).....	147
6.6	Βιολογικός απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) και άζωτο (N) και φωσφόρος (P).....	148
6.7	Χρήση νερού .....	150
6.8	Κατανάλωση ενέργειας .....	153
6.9	Κατάσταση των αποβλήτων κατά τη μετακίνησή τους προς τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας.....	153
6.10	Αποχετευτικό σύστημα - πιθανός σχηματισμός εμφράξεων .....	155
6.11	Η Μονάδα Επεξεργασίας.....	159
6.12	Η ιλύς.....	160
6.13	Παραγωγή βιοαερίου.....	162
<b>7</b>	<b>Σχεδιασμός και λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων πριν και μετά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων</b>	<b>166</b>
7.1	Γενικά.....	166
7.2	Παρουσίαση και κατάστρωση του σχεδιαστικού μαθηματικού μοντέλου ενεργού ιλύος για τη διαστασιολόγηση των Ε.Ε.Λ. ....	168
7.2.1	Παρουσίαση γενικών στοιχείων για τα σενάρια των Ε.Ε.Λ. που θα μελετηθούν.....	168

7.2.2	Σχέσεις υπολογισμού θεωρητικού μοντέλου – παραδοχές σχεδιασμού .....	173
7.2.3	Ενεργειακή κατανάλωση από το σύστημα ενεργού ιλύος .....	191
7.2.4	Εκτίμηση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Α.Θ.) από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.....	194
7.2.5	Συγκεντρωτικός πίνακας κινητικών σταθερών και παραμέτρων θεωρητικού μοντέλου.....	204
7.3	Παρουσίαση των αριθμητικών αποτελεσμάτων για τις Ε.Ε.Λ. πριν την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων.....	207
7.3.1	Περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων.....	207
7.3.2	Περίπτωση των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων.....	217
7.4	Παρουσίαση και αξιολόγηση των αριθμητικών αποτελεσμάτων για τις Ε.Ε.Λ. για τα διάφορα σενάρια μετά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων.....	232
7.4.1	Περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων.....	236
7.4.2	Περίπτωση των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων.....	261
<b>8</b>	<b>Συμπεράσματα</b>	<b>295</b>
	<b>Αναφορές</b>	<b>302</b>
	Στην ελληνική γλώσσα .....	302
	Ξενόγλωσσες .....	303
	Ηλεκτρονικές πηγές.....	305
	<b>Παράρτημα Α: Παρουσίαση θεσμικού πλαισίου για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων</b>	<b>306</b>
	Θεσμικό πλαίσιο .....	306
	Εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/Ε.Ο.Κ. στην Ελλάδα .....	307
	Εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/Ε.Ο.Κ. στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	308
	<b>Παράρτημα Β: Παρουσίαση νομοθετικού πλαισίου και υφιστάμενης κατάστασης για τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων</b>	<b>309</b>
	Παρουσίαση εθνικού και ευρωπαϊκού νομοθετικού πλαισίου .....	309
	Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των Α.Σ.Α. στην Ελλάδα .....	309
	Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των Α.Σ.Α. στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	313
	Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα.....	319
	Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Ευρώπη.....	323

# Πρόλογος

---

Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Διεπιστημονικού – Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Την επίβλεψη της εργασίας είχε ο λέκτορας κ. Κωνσταντίνος Νουτσόπουλος, στον οποίο οφείλεται κατά κύριο λόγο η φιλοσοφία και το βασικό περιεχόμενο της εργασίας αυτής. Θεωρώ, λοιπόν, υποχρέωσή μου να τον ευχαριστήσω για την εμπιστοσύνη με την οποία με περιέβαλε, για τη συμπαράσταση και την υπομονή που έδειξε και για τη δυνατότητα που μου έδωσε, κάτω από την καθοδήγησή του και τις κατευθυντήριες συμβουλές του, να προβώ στην εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας και μάλιστα, σε ένα σχετικά νέο για μένα επιστημονικό πεδίο.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής, και ιδιαίτερα την κ. Αλεξάνδρα Κατσίρη, η οποία με τις υποδείξεις, τις προτροπές και τις γνώσεις της συνέβαλε ουσιαστικά στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου και σε όλους όσους μου συμπαραστάθηκαν με οποιονδήποτε τρόπο κατά τη διεκπεραίωση αυτής της εργασίας.

## Περίληψη

---

Η ταχεία αστικοποίηση σε συνδυασμό με την αντίστοιχη ανάπτυξη της βιομηχανίας και των υπηρεσιών αποτελούν βασικά στοιχεία της οικονομικής και δημογραφικής ανάπτυξης σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες. Οι πόλεις απορροφούν σήμερα τα δύο τρίτα της συνολικής αύξησης του πληθυσμού σε ολόκληρο τον αναπτυσσόμενο κόσμο. Μια σημαντική περιβαλλοντική ανησυχία σχετικά με την αστικοποίηση είναι η ποσότητα των στερεών αποβλήτων, που παράγονται με ένα ρυθμό που ξεπερνά την ικανότητα των δημοτικών αρχών να την διαχειριστούν, με αποτέλεσμα πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, την υγεία του ανθρώπου και την ποιότητα της αστικής ζωής.

Και στην Ελλάδα η διαχείριση των αποβλήτων αποτελεί ένα σημαντικό, περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό πρόβλημα λόγω της ανάπτυξης των μεγάλων αστικών κέντρων, τη συνεχή αύξηση του τουριστικού ρεύματος και κυρίως την άνοδο του βιοτικού επιπέδου, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών. Η Ελλάδα έχει ένα πληθυσμό 10.9 εκατομμυρίων κατοίκων. Το 50% σχεδόν του πληθυσμού βρίσκεται στα δύο μεγάλα αστικά κέντρα, Θεσσαλονίκη και Αθήνα. Η ποσότητα των οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα υπολογιζόταν το 1982 σε 2.8 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Το έτος 2001 ανήλθε σε 4.5 εκατομμύρια τόνους, δηλαδή η μέση μοναδιαία παραγωγή αποβλήτων ήταν 1.14 kg ανά κάτοικο και ημέρα, μικρότερη βέβαια από τον αντίστοιχο μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 1.48 kg ανά κάτοικο και ημέρα. Επίσης, είχε προβλεφθεί ότι η παραγωγή των αστικών στερεών αποβλήτων (Α.Σ.Α.) το 2011 θα έφτανε περίπου τα 6 εκατομμύρια τόνους και το 2025 τα 7.6 εκατομμύρια τόνους. Το 2010 η ημερήσια παραγωγή Α.Σ.Α. ήταν περίπου 15 000 τόνοι, που αντιστοιχεί σε 5.4 εκατομμύρια τόνους Α.Σ.Α. σε ετήσια βάση.

Με περιορισμένες εκτάσεις γης γύρω από πολλά αστικά κέντρα, η αναζήτηση για ασφαλείς για το περιβάλλον, καθώς και κοινωνικά και πολιτικά αποδεκτές θέσεις για τους χώρους υγειονομικής ταφής έχει γίνει ένα χρόνιο πρόβλημα και για πολλές πόλεις φαινομενικά άλυτο. Έτσι, δημιουργείται η ανάγκη να εξεταστούν άλλες εναλλακτικές λύσεις ελαχιστοποίησης των αποβλήτων στην πηγή.

Οι δημοτικές αρχές σε όλο τον κόσμο μοιράζονται ένα κοινό δίλημμα για την καλύτερη μέθοδο διαχείρισης των διαρκώς αυξανόμενων αποβλήτων που παράγονται από την παρασκευή των τροφίμων και των υπολειμμάτων από την κατανάλωσή τους. Από μια παγκόσμια οπτική, οι εν λόγω διοικητικοί φορείς είναι πολύ σημαντικό να επιτύχουν την εφαρμογή μιας περιβαλλοντικά πιο υπεύθυνης στρατηγικής για την επίλυση αυτού του προβλήματος.

Η ιεράρχηση των στόχων για την πολιτική της διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων θα πρέπει να περιλαμβάνει τη μείωση, την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση, με τη διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής να αποτελεί τη λιγότερο προτιμώμενη στρατηγική. Τα απορρίμματα τροφίμων είναι μια πραγματικότητα, ακόμα και αν



αναγνωριστούν οι καλύτερες προσπάθειες για τη μείωση ή την επαναχρησιμοποίηση. Η επόμενη καλύτερη περιβαλλοντική στρατηγική είναι η ανακύκλωση των απορριμμάτων τροφίμων και η αξιοποίηση της ενέργειας και της αξίας των θρεπτικών συστατικών ως πόρους, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις αρνητικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) είναι το μόνο όργανο που μπορεί να δημιουργήσει μια βιώσιμη και κατανοητή πολιτική σε ό, τι αφορά τα απόβλητα για ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Μια τέτοια πολιτική είναι απαραίτητο να θέσει σαφείς στόχους, αλλά παράλληλα να παραμείνει ανοιχτή σε διαφορετικές τεχνικές λύσεις, ώστε να είναι σε θέση να ανταποκριθεί σε αυτές τις προθέσεις. Η Ε.Ε. βρίσκεται σήμερα στη διαδικασία ολοκλήρωσης της νομοθεσίας που θα διαμορφώσει τη στρατηγική διαχείρισης των αποβλήτων της Ε.Ε. για το μέλλον. Η οδηγία περί υγειονομικής ταφής (Οδηγία 1999/31/Ε.Κ.) και η οδηγία για την ιλύ (οδηγία 86/278/Ε.Ο.Κ.) εφαρμόζονται και οι διάφορες τροποποιήσεις τους έχουν ενσωματωθεί στο βασικό κείμενο. Η Οδηγία 2008/98/ΕΚ αποτελεί την αναθεωρημένη νέα οδηγία – πλαίσιο για τα απόβλητα και μια θεματική στρατηγική για την προστασία του εδάφους έχει δρομολογηθεί. Αυτές οι νομικές πράξεις ορίζουν τρία βασικά στοιχεία: τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους, την αύξηση της ανάκτησης των οργανικών αποβλήτων σε αντίθεση με την υγειονομική ταφή ή την αποτέφρωση και τη βελτίωση της ποιότητας της ιλύος των λυμάτων.

Σε αυτά τα πλαίσια, οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων μπορούν να αποτελέσουν μια οικονομικά και περιβαλλοντικά ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση για την συλλογή με διαλογή στην πηγή και την επεξεργασία των αποβλήτων τροφίμων από τα νοικοκυριά και να γίνουν ένα ζωτικής σημασίας εργαλείο για τη δημιουργία ενός βιώσιμου συστήματος διαχείρισης αποβλήτων στην Ευρώπη. Η χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων επιτρέπει το διαχωρισμό μεγάλου μέρους των συστατικών των αποβλήτων τροφίμων από το σύνολο των αστικών στερεών αποβλήτων μέσω της άλεσής τους με τη χρήση μηχανικών μέσων και την προσθήκη νερού από τη βρύση, διευκολύνοντας την είσοδο του μίγματος στο αποχετευτικό σύστημα.

Στην Ευρώπη, οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων αναγνωρίστηκαν μόλις πρόσφατα (σε μεγάλη αντίθεση με τις Ηνωμένες Πολιτείες), και αυτός είναι ο κύριος λόγος που οι άλλες επιλογές διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων, όπως η κομποστοποίηση, έχουν αναπτυχθεί περαιτέρω. Ωστόσο, πολλές εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων, τοπικές αρχές, ερευνητές, αλλά και πολίτες αναγνωρίζουν τα προβλήματα που συνδέονται με τη συλλογή των οργανικών αποβλήτων στις αστικές περιοχές. Τα ποσοστά συλλογής είναι συνήθως χαμηλά, η διαδικασία συλλογής απαιτεί πολύ προσωπικό και είναι ενεργοβόρα και ακριβή και η αποθήκευση των οργανικών αποβλήτων προκαλεί αποστροφή λόγω των δυσάρεστων οσμών και των ανησυχιών για την υγεία τόσο για τα νοικοκυριά όσο και για το προσωπικό χειρισμού των απόβλητων.

Σε καμία περιοχή του κόσμου οι περιορισμοί για τη χρήση των σκουπιδοφάγων δεν βασίζονται σε εμπειρική έρευνα και αποδεικτικά στοιχεία, αλλά περισσότερο στην εφαρμογή της αρχής της πρόληψης. Στην πραγματικότητα, η χρήση ενός σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων με επακόλουθη επεξεργασία σε εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) και διασπορά στο έδαφος των βιοστερεών είναι ένα απαραίτητο

εργαλείο για κάθε σχέδιο εκτροπής των αποβλήτων από την υγειονομική ταφή. Οι οργανικές ουσίες από τα απορρίμματα τροφίμων σταθεροποιούνται μέσω αναερόβιας χώνευσης με το παραγόμενο μεθάνιο να ανακτάται ως όφελος ανανεώσιμης ενέργειας. Τα βιοστερεά είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και η διάθεσή τους για γεωργικούς σκοπούς ή αποκατάσταση εκτάσεων χρησιμεύσει ως ανακύκλωση των αποβλήτων αντί της χρήσης του πολύτιμου χώρου υγειονομικής ταφής.

Ωστόσο, κάποιες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να βρίσκονται κοντά στα όρια της δυναμικότητάς τους, για τις οποίες το πρόσθετο οργανικό φορτίο θα είναι ένα πρόβλημα, αλλά αυτό δε μπορεί να αποτελέσει ένα γενικό πρόβλημα για όλες τις εγκαταστάσεις ούτε ένα εικαζόμενο πρόβλημα μέχρι τα ποσοστά ενσωμάτωσης των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά να είναι υψηλά. Κατά συνέπεια, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει η συχνότητα εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων, όπως αποδεικνύεται και από τις υπολογισθείσες εκτιμήσεις της παρούσας μελέτης.

#### *Παρουσίαση του μαθηματικού μοντέλου*

Για τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων εφαρμόστηκε το σύστημα της ενεργού ιλύος, το οποίο αποτελεί το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο σύστημα. Ο πρωταρχικός στόχος ενός συστήματος ενεργού ιλύος είναι η διάσπαση και απομάκρυνση του οργανικού φορτίου των λυμάτων με μηχανισμούς βιολογικής οξείδωσης και σύνθεσης, ενώ στην απομάκρυνση τόσο των οργανικών όσο και των ανόργανων στερεών συμβάλουν και οι μηχανισμοί της βιοπροσρόφησης. Στις διάφορες παραλλαγές του, το σύστημα ενεργού ιλύος έχει τη δυνατότητα για σχεδόν πλήρη βιολογική απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών των λυμάτων, δηλαδή του αζώτου και του φωσφόρου, καθώς και για παραγωγή σταθεροποιημένης ιλύος. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε ένα αντίστοιχο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων που επιτελεί και απομάκρυνση αζώτου μέσω των διαδικασιών νιτροποίησης και απονιτροποίησης.

Ο καθαρισμός των λυμάτων στις Ε.Ε.Λ. βασίζεται στη συνδυασμένη εφαρμογή φυσικοχημικών και βιολογικών (βιοχημικών) διεργασιών. Για κάθε μεταβλητή που εξετάζεται, γράφεται η αντίστοιχη εξίσωση με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός συστήματος εξισώσεων. Οι επιμέρους μονάδες επεξεργασίας που συνθέτουν τις Ε.Ε.Λ. απομακρύνουν από την υγρή φάση τις ανεπιθύμητες ουσίες μέσω φυσικοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών. Μεγάλο μέρος των ουσιών αυτών μετατρέπεται σε ένα παχύρευστο υγρό μικρής παροχής, την ιλύ, η οποία δεν μπορεί να διατεθεί στο περιβάλλον χωρίς προηγούμενη επεξεργασία.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα κύρια στάδια της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων του συστήματος που εφαρμόστηκε.

Το στάδιο της προκαταρκτικής και πρωτοβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνει, συνήθως, εσχάρες, εξαμμωτές, λιποσυλλέκτες και δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης. Βασίζεται σε φυσικοχημικές διαδικασίες και επιτυγχάνει μερική απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και του BOD. Το στάδιο της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας στηρίζεται κατά κύριο λόγο σε βιολογικές διεργασίες και περιλαμβάνει ένα βιολογικό αντιδραστήρα και μια δεξαμενή τελικής καθίζησης. Στο στάδιο αυτό επιτελείται σχεδόν πλήρης απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και του BOD, κατά περίπτωση δε μπορεί να

γίνει και απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου (π.χ. όταν ο αποδέκτης των λυμάτων είναι ευαίσθητος). Το στάδιο επεξεργασίας της ιλύος χρησιμεύει για την κατάλληλη επεξεργασία των ιλύων, που προκύπτουν από τα άλλα στάδια καθαρισμού των λυμάτων, έτσι ώστε να είναι ασφαλής η διάθεσή τους. Συνήθως αποτελείται από τους παχυντές, τους χωνευτές και το σύστημα αφυδάτωσης. Η επεξεργασία, λοιπόν, των υγρών αποβλήτων πριν από τη διάθεσή τους αμβλύνει τις δυσμενείς επιπτώσεις στους αποδέκτες, διαφυλάσσει την οικολογική ισορροπία και προστατεύει το περιβάλλον.

#### *Εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου – Συμπεράσματα*

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται η διαστασιολόγηση δύο πρότυπων θεωρητικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) δύο πόλεων ισοδύναμου πληθυσμού 10 000 και 100 000 κατοίκων, και στη συνέχεια εξετάζονται και αξιολογούνται οι επιπτώσεις των διαφόρων σεναρίων εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις. Μελετώνται είκοσι διαφορετικές περιπτώσεις εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά, ξεκινώντας από το ποσοστό του 5% και φτάνοντας στο 100% του συνόλου των νοικοκυριών, αυξάνοντας κάθε φορά την εφαρμογή τους κατά 5% από σενάριο σε σενάριο.

Κατά συνέπεια, στόχος για την κάθε εγκατάσταση είναι η πραγματοποίηση του έλεγχου της επαρκούς λειτουργίας του υφιστάμενου συστήματος, ο προσδιορισμός της ενεργειακής κατανάλωσης των βασικών μονάδων ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και ο υπολογισμός των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, καθώς θα αυξάνεται το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στα νοικοκυριά.

Στην περίπτωση της πόλης με ισοδύναμο πληθυσμό 10 000 κατοίκων προκύπτει το συμπέρασμα ότι η εγκατάσταση θα είναι δυνατό να ανταπεξέλθει αρκετά καλά, ακόμη και στην περίπτωση της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Συγκεκριμένα, στο βιολογικό αντιδραστήρα δε θα υπάρξουν προβλήματα ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών. Σε ό, τι αφορά τη λειτουργία της δεξαμενής καθίζησης, η εφαρμογή του κριτηρίου του υδραυλικού φορτίου δείχνει ότι δε θα δημιουργηθεί ιδιαίτερο πρόβλημα κατά τη διαδικασία της διαύγασης, ενώ ο έλεγχος του κριτηρίου του φορτίου των στερεών δείχνει ότι αναμένεται μια σχετική υπερφόρτωση της εγκατάστασης, όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων ξεπεράσει το 80%. Αναφορικά με την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης για τα διάφορα στάδια επεξεργασίας, διαπιστώνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, δε θα δημιουργηθεί κανένα πρόβλημα. Η ίδια διαπίστωση γίνεται και για τα στάδια της μηχανικής πάχυνσης και αφυδάτωσης της βιολογικής ιλύος.

Μετά την ολοκλήρωση του ελέγχου της επαρκούς λειτουργίας των υφιστάμενων μονάδων του συστήματος για τα διάφορα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στα νοικοκυριά, πραγματοποιείται ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης των διαφόρων μονάδων του συστήματος. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που έγιναν, προκύπτει ότι η μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης από το σύστημα θα είναι της τάξης του 21.2%. Ενδεικτικά, αναφέρεται

ότι, στην περίπτωση της εγκατάστασης σκουπιδοφάγων στο 25% των νοικοκυριών, η ημερήσια συνολική ενεργειακή κατανάλωση θα αυξηθεί κατά 5%.

Σε ό, τι αφορά τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Α.Θ.), εκτιμάται ότι η μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή θα είναι της τάξης του 28%, ενώ στην περίπτωση που εγκατασταθούν σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων στο 25% των νοικοκυριών, οι ημερήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα αυξηθούν κατά 6.8%. Ακόμη, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό των καθαρών εκπομπών Α.Θ. λόγω της εκτροπής των αποβλήτων τροφίμων από τους Χ.Υ.Τ.Α. και της διοχέτευσής τους στους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων ήταν πολύ ενθαρρυντικά, καθώς παρατηρήθηκε μείωση των εκπομπών Α.Θ. ακόμη και κατά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων μόνο στο 5% των νοικοκυριών. Με την αύξηση του ποσοστού ενσωμάτωσης των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά, διαπιστώθηκε όλο και περισσότερο αυξητική τάση μείωσης των εκπομπών Α.Θ.

Στην περίπτωση της πόλης με ισοδύναμο πληθυσμό 100 000 κατοίκων προέκυψε το συμπέρασμα ότι η αναβάθμιση της υπάρχουσας Ε.Ε.Λ. θα είναι αναγκαία με την αύξηση της δυναμικότητας του εξοπλισμού άντλησης και την αύξηση του όγκου κάποιων μονάδων επεξεργασίας. Συγκεκριμένα, λειτουργικά προβλήματα δεν αναμένονται στη βιολογική βαθμίδα και στις δεξαμενές τελικής καθίζησης ούτε κατά την πάχυνση της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας ιλύος. Αναφορικά με την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης, απαραίτητη κρίνεται η αύξηση της δυναμικότητας μόνο των αντλιών πρωτοβάθμιας ιλύος, παχυμένης πρωτοβάθμιας ιλύος και εσωτερικής ανακυκλοφορίας του ανάμικτου υγρού. Κατά τον έλεγχο του βαθμού σταθεροποίησης της ιλύος προκύπτει το συμπέρασμα ότι θα υπάρξει πρόβλημα στη λειτουργία του χωνευτή, ακόμη και σε σχετικά μικρά ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων (30% και άνω), και κρίνεται απαραίτητη η αύξηση του όγκου της μονάδας χώνευσης. Επίσης, υπέρβαση της φόρτισης σχεδιασμού του φυγοκεντρική παρατηρείται όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων ξεπερνά το 50%. Αναφορικά με την ημερήσια παραγωγή βιοαερίου κατά τη χώνευση της ιλύος, συμπεραίνεται ότι θα παρουσιάσει αύξηση της τάξης του 44%, στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών. Αυτό δείχνει ότι οι σκουπιδοφάγοι όχι μόνο μειώνουν την αρνητική επίδραση της απαραίτητης αποκομιδής των αποβλήτων κουζίνας, αλλά με την αύξηση της παραγωγής βιοαερίου αντισταθμίζουν την ενεργειακή τους ζήτηση.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που έγιναν για την ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος, προκύπτει ότι η μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης από το σύστημα θα είναι της τάξης του 22.1%. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι, στην περίπτωση της εγκατάστασης σκουπιδοφάγων στο 25% των νοικοκυριών, η ημερήσια συνολική ενεργειακή κατανάλωση θα αυξηθεί κατά 5.9%.

Για την εξεταζόμενη Ε.Ε.Λ. των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου εκτιμάται ότι θα παρουσιάσουν μέγιστη ποσοστιαία αύξηση της τάξης του 33.8%, ενώ στην περίπτωση που εγκατασταθούν σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων στο 25% των νοικοκυριών, που θα μπορούσε να αποτελέσει ένα πιθανό σενάριο, οι ημερήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα αυξηθούν κατά 8.4%.

Επισημαίνεται ότι και σε αυτή την περίπτωση τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τον υπολογισμό των καθαρών εκπομπών Α.Θ. λόγω της εκτροπής των αποβλήτων τροφίμων από τους Χ.Υ.Τ.Α. και της διοχέτευσής τους στους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων είναι πολύ αισιόδοξα, καθώς διαπιστώνεται ότι οι εκπομπές Α.Θ. θα αρχίσουν να μειώνονται σημαντικά ακόμη και με την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων μόνο στο 5% των νοικοκυριών. Με την αύξηση του ποσοστού ενσωμάτωσης των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά, παρατηρείται όλο και μεγαλύτερη αυξητική τάση μείωσης των εκπομπών Α.Θ., φτάνοντας τα 5 743 kg CO<sub>2</sub>/day λιγότερα για την περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών. Κατά συνέπεια, η μείωση των εκπομπών Α.Θ. και η παραγωγή καθαρής ενέργειας θα είναι ευεργετικές για την πρόληψη της υπερθέρμανσης του πλανήτη και την προστασία του περιβάλλοντος.

Τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας είναι σύμφωνα με την υπάρχουσα εμπειρία, η οποία δείχνει ότι τα επίπεδα διεύθυνσης έως 15 – 20% των βεβαιωθέντων χρηστών δεν οδηγούν σε σημαντικές διαφορές στα χαρακτηριστικά των λυμάτων που εισέρχονται. Κατά τη διεύθυνση μεταξύ 20 και 35%, μια αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας του συστήματος παρατηρείται, που οφείλεται στη μεγαλύτερη αναπνοή της ενεργού βιομάζας, και μια μεγαλύτερη παραγωγή της περίσσειας λάσπης. Πέρα από το ποσοστό διάδοσης του 35 – 40%, είναι απαραίτητο να γίνουν συμπληρωματικές εργασίες στη μονάδα επεξεργασίας. Θα πρέπει να σημειωθεί, βέβαια, ότι τα ευρωπαϊκά επίπεδα διεύθυνσης δεν αναμένεται να υπερβούν το 15% στα επόμενα 25 με 30 χρόνια.

## Extended Abstract

---

Rapid urbanization coupled with the associated growth of industry and services constitute a key feature of economic and demographic development in many developing countries. Cities are currently absorbing two thirds of the total population increase throughout the developing world. An important environmental concern of urbanization is the amount of solid waste that is generated at a rate that surpasses the capacity of municipal authorities to manage it, resulting in potential adverse impacts on the environment, human health and the quality of urban life.

Waste management constitutes an important environmental, social and economical problem in Greece, as well, due to the development of big urban cities, the continuous increase in tourist flow, and, mostly, the rising of living standards, which results in changing of consumer habits. Greece has a population of 10.9 millions habitants. Almost 50% lives in the two big urban centres, Thessaloniki and Athens. The amount of residential waste in Greece was 2.8 millions tons in the year 1982. In the year 2001 it reached 4.5 tons, which means that the mean unit waste generation was 1.14 kg per capita per day, smaller than the respective mean E.E. value of 1.48 kg per capita per day. It had been predicted that in 2011 the generation of municipal solid waste (M.S.W.) would reach 6 millions tons approximately and 7.6 millions tons in 2025. The daily generated M.S.W. was 15 000 tons approximately, which corresponds to 5.4 millions tons of M.S.W. annually.

With limited land areas around many urban centres, the search for environmentally safe as well as socially and politically acceptable sites for landfills has become a perennial problem, and for several cities, seemingly unsolvable, thus creating the need to consider other waste minimization alternatives at the source.

Municipalities world-over share a common dilemma for the best method to manage the ever-present wastes generated through food preparation and consumption residual. From a universal perspective, it is of utmost importance that these governing bodies incorporate the most environmentally responsible strategy when solving this dilemma.

A hierarchy of food waste management policy objectives should include reduction, reuse, and recycling, with disposal to a landfill being the least preferred strategy. Food waste is a reality, even in recognition of the best efforts to reduce or reuse. The next best environmental strategy is to recycle food waste and utilize the energy and nutrient value as a resource, while minimizing detrimental public health effects, fossil fuel consumption and emissions in the process of recycling.

The E.U. is the only body, which can create a sustainable and coherent waste policy for the whole European Community. Such a Waste Policy has to put up clear aims, but at the same time remain open to different technical solutions, in order to be able to meet these

intentions. The E.U. is currently in the process of completing legislation that will shape the E.U.'s waste management strategy for the future. The Landfill Directive (1999/31/E.C.) and the Sludge Directive (86/278/E.E.C.) have been adopted, and their various modifications have been incorporated in the basic text. The Directive 2008/98/E.C. is the revised Waste Framework Directive and a Thematic Strategy for Soil Protection is in the pipeline. These legal acts are in line with three main elements: improvement of the soil quality, increase of the recovery of organic waste to insure that it is not landfilled or incinerated, and improvement of the quality of sewage sludge.

In this context, the implementation of food waste disposers may constitute a very interesting alternative solution for separate collection at source and treatment of food waste from an economical and environmental point of view and become a vital instrument for the creation of a sustainable waste management system in Europe. The use of food waste disposers enables the separation of a considerable fraction of food waste ingredients out of the entire municipal solid waste stream by grinding the waste using mechanical means with the addition of tap water, and allowing the mixture into the sewage system.

In Europe, food waste disposers have been recognized only recently (in large contrast to the United States), which is the main reason that other food waste management options, such as composting, are further developed. However, many waste management firms, local authorities, scholars and residents recognize problems associated with collection of organic waste in inner-city districts. The collection rates are normally low, the collection process is labor and energy intensive and expensive, and the storage of organic waste causes aversions, due to foul odor and health concerns for both the households and waste handling staff.

Disposer restrictions are not based on empirical research and evidence in any area of the world, but rather on the application of the precautionary principle. In fact, the use of a food waste disposer with subsequent W.W.T.P. treatment and biosolids land application is a complement to any landfill waste diversion plan. Food waste organics are stabilized through anaerobic digestion with the generated methane recovered as a renewable energy benefit. Biosolids are rich in nutrients and disposal for agricultural or land reclamation purposes serve as a recycling of the waste stream rather than using valuable landfill space.

However, there may be W.W.T.P. that are close to their treatment capacity for which the additional organic loading would be a problem, but this is neither a general problem for all plants nor a suspected problem until disposer implementation rates are high. Consequently, the installation rate of food waste disposers plays a critical role, as it is demonstrated by the calculated estimations of this research.

#### *Presentation of the mathematical model*

For the biological waste treatment, active sludge treatment system has been applied, which is the most usually used system. The primary goal of active sludge system is degradation and removal of waste organic load by implementing mechanisms of biological oxidation and composition, while the mechanism of bioabsorption contributes

to removing both organic and inorganic solids. In some of its variations, active sludge system is capable of almost complete biological removal of nutrients, nitrogen and phosphorus, and generation of stabilized sludge, as well.

In the context of this work, a respective waste treatment system is carried out, which includes nitrogen removal, as well, through nitrification and denitrification processes.

Wastewater purification at W.W.T.P. is based on combined implementation of physical, chemical and biological (biochemical) processes. For each variable examined, the respective equation is written resulting in the formation of a system of equations. All treatment units together, that compose the W.W.T.P., remove unwanted substances from the liquid phase through physical, chemical or biochemical processes. An important part of these substances is converted to a low flow thick liquor, the sludge, which cannot be disposed of to the environment without pretreatment.

Subsequently, the main stages of the implemented wastewater treatment system are presented.

The stages of preliminary and primary treatment usually include screens, grit removal chambers, grease collectors and primary sedimentation tanks. Partial removal of suspended solids and BOD is achieved during these stages. The stage of secondary treatment is mainly based on biological processes and it consists of a biological reactor and a secondary settlement tank. Complete removal of suspended solids and BOD takes place during this stage. In some cases, removal of nitrogen and phosphorus may be done, as well (for example, in case of a susceptible receiving water body). The sludge treatment stage is useful for the appropriate treatment of sludge that is generated during the other waste purification stages in order to be safely disposed. It usually consists of thickeners, digesters and dewatering system. As a result, wastewater treatment before its disposal mitigates its adverse effects at the receiving water bodies, keeps safe the ecological balance and protects the environment.

#### *Model application - Conclusions*

In this study, the dimensioning of two standard theoretical wastewater treatment plants (W.W.T.P.) is conducted for two cities of equivalent populations of 10 000 and 100 000 inhabitants, respectively. Then, the effects of food waste disposers application on the existing W.W.T.P. are examined and evaluated under various implementation scenarios. Twenty different cases about the introduction of food waste disposers to households are studied, beginning with an installation rate of 5% and reaching the upper rate of 100% installation of food waste disposers to all households, increasing the percentage every time by 5%.

As a consequence, the most important aims of this study are the verification of the adequate operation of the existing system, the determination of the energy consumption of electromechanical equipment key units and the estimation of greenhouse gases emissions for each facility, as the installation rate of food waste disposers will increase.

In the case of the city with a population equivalent of 10 000 residents, it is concluded that the facility will be possible to cope with quite well even in the case of 100%



implementation of food waste disposers. Specifically, no problems will take place in the bioreactor even if the implementation of food waste disposers to households reaches the rate of 100%. As far as the operation of the settling tank is concerned, the application of the hydraulic load criterion shows that no particular problem will arise in the refining process, while solids loading testing shows that a relative overload of the facility will be expected, when the application of food waste disposers exceeds 80%. With regard to the adequacy of pumping equipment for the various stages of treatment, it is found that, even the implementation of food waste disposers to 100% of households will not create any problem. The same verification is made for the stages of mechanical thickening and dewatering of biological sludge.

After the verification of the adequate functioning of the system existing units for the various application rates of food waste disposers is completed, energy consumption of the system different units is calculated. According to the estimations made for, it appears that the maximum percent change in the total energy consumption of the system will be around 21.2%. Indicatively, it is noted that in the case of installing food waste disposers at 25% of households, the daily total energy consumption will increase by 5%.

Concerning total emissions of greenhouse gases (G.H.G.), it is estimated that the maximum percent change will be around 28%, while in case of food waste disposers installation at 25% of households, the daily G.H.G. emissions will increase by 6.8%. Moreover, the obtained results from the calculation of net G.H.G. emissions due to the diversion of food waste from landfill sites and their disposal to food waste disposers are very encouraging, as a reduction in G.H.G. emissions is observed even if food waste disposers are applied only at 5% of households. By increasing the incorporation rate of household food waste disposers, an increasingly downward trend in G.H.G. emissions is expected.

In the case of the city with a population equivalent of 100 000 inhabitants, it is concluded that the enhancement of the existing W.W.T.P. will be necessary by increasing the capacity of the pumping equipment and increasing the volume of certain treatment units. Specifically, operational problems in the bioreactor and final sedimentation tanks or during the thickening of primary and secondary sludge are not anticipated. Regarding the adequacy of pumping equipment, it is required to increase the capacity of pumps only for primary sludge, thickened primary sludge and internal recirculation of the mixed liquor. According to the results about the sludge stabilization degree, it is concluded that there will be a problem at the operation of the digester even at relatively low application rates of food waste disposers installation (30% and above). So, it is essential to increase the volume of digestion unit. Also, excess of centrifuge loading design is observed when the application of food waste disposers is over 50%. Regarding the daily biogas production during digestion of sludge, it is concluded that it will present an increase of 44% in the case of food waste disposers application to 100% of households. This shows that food waste disposers not only reduce the negative influence of required kitchen waste disposal, but offset their energy demand due to the increase of biogas production, as well.

According to estimations made for the energy consumption of the system, it is shown that the maximum percent change of total energy consumption from the system will be

around 22.1%. Indicatively, it is noted that in the case of installing food waste disposers at 25% of households, the daily total energy consumption will increase by 5.9%.

Concerning total emissions of greenhouse gases, it is estimated that they will present maximum percent increase of 33.8%, while in case of food waste disposers installed at 25% of households, which could be a possibility, daily G.H.G. emissions will increase by 8.4%. It should be noted that, in this case as well, the obtained results from the calculation of net G.H.G. emissions due to the diversion of food waste from landfill sites and their disposal to food waste disposers are very optimistic, as it is observed that G.H.G. emissions will start decreasing significantly even with the implementation of food waste disposers only at 5% of households. By increasing the incorporation rate of household food waste disposers, there is an increasing trend of reducing G.H.G. emissions, reaching 5 743 kg CO<sub>2</sub>/day less in case of the 100% installation of food waste disposers. Consequently, the reduction of G.H.G. emissions and the production of clean energy will be beneficial to prevention of global warming and protection of the environment.

The conclusions of this study are in accordance with existing experience, which shows that penetration levels of up to 15 – 20% of established users do not result in significant variations in the characteristics of the arriving sewage. Between 20 – 35% penetration, an increase in energy consumption of the system is observed due to the greater respiration of the active biomass and a larger production of excess sludge. Beyond 35 – 40% diffusion, additional works must be done to the treatment plant. It should be noted that European penetration levels will not exceed 15% in the next 25 – 30 years.

## Κατάλογος πινάκων

---

Πίνακας 2.1: Συσχετίσεις μεταξύ BOD, COD και TOC.....	38
Πίνακας 2.2: Χαρακτηριστικά τυπικών αστικών λυμάτων.....	39
Πίνακας 2.3: Σύσταση αστικών λυμάτων (mg/L) και παραγόμενες ποσότητες ρύπανσης (g κάτοικο και ημέρα).....	39
Πίνακας 3.1: Γενική διάκριση Α.Σ.Α. ως προς την πηγή προέλευσης.....	45
Πίνακας 3.2: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα (κ.β.).....	56
Πίνακας 3.3: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων σε άλλες χώρες (κ.β.).....	59
Πίνακας 3.4: Σύνθεση απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης ανάλογα με την εποχή.....	60
Πίνακας 3.5: Ειδικό βάρος διαφόρων συστατικών απορριμμάτων.....	62
Πίνακας 3.6: Τυπικές τιμές υγρασίας απορριμμάτων (κ.β.).....	63
Πίνακας 3.7: Θερμογόνος δύναμη απορριμμάτων.....	64
Πίνακας 3.8: Πρόσφατες μετρήσεις φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των Α.Σ.Α.....	67
Πίνακας 3.9: Παραγωγή Α.Σ.Α. στην Ελλάδα ανάλογα με τον πληθυσμό.....	74
Πίνακας 3.10: Μεταβολή Μ.Π.Α. ανάλογα την ανάπτυξη των χωρών.....	77
Πίνακας 3.11: Κατανομή της παραγωγής αστικών αποβλήτων (kg ανά κάτοικο και ημέρα) στις ΗΠΑ το 1990.....	80
Πίνακας 3.12: Ενδεικτικές τιμές ειδικού βάρους απορριμμάτων.....	81
Πίνακας 3.13: Παραγωγή αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα – Τυπικές τιμές.....	83
Πίνακας 4.1: Τυπικές τιμές ειδικού βάρους και περιεκτικότητας σε υγρασία οικιακών και εμπορικών αποβλήτων τροφίμων.....	92
Πίνακας 4.2: Προσεγγιστική ανάλυση των τυπικών ενεργειακών δεδομένων για τα οικιακά, εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα τροφίμων.....	93
Πίνακας 4.3: Χημική σύνθεση διαφορετικών κλασμάτων των αποβλήτων τροφίμων σε ποσοστό αιωρούμενων στερεών (SS).....	93
Πίνακας 4.4: Δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τη συλλογή των διαχωρισμένων στην πηγή αποβλήτων τροφίμων, που υφίστανται κομποστοποίηση.....	95
Πίνακας 4.5: Δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τη συλλογή από το πεζοδρόμιο των αποβλήτων τροφίμων ως μέρος των ανάμεικτων αποβλήτων, που οδηγούνται προς υγειονομική ταφή.....	96
Πίνακας 4.6: Δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τη συλλογή από το πεζοδρόμιο των αποβλήτων τροφίμων ως μέρος των ανάμεικτων αποβλήτων, που οδηγούνται προς αποτέφρωση.....	97
Πίνακας 4.7: Δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τη συλλογή από το πεζοδρόμιο των αποβλήτων τροφίμων, που οδηγούνται προς αναερόβια χώνευση.....	98
Πίνακας 4.8: Δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τη συλλογή με διαχωρισμό στη πηγή μέσω σκουπιδοφάγων των αποβλήτων τροφίμων, που οδηγούνται προς αναερόβια χώνευση.....	99
Πίνακας 5.1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων για το χρήστη.....	121

Πίνακας 5.2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων για τους δημόσιους φορείς και τους διαχειριστές.....	122
Πίνακας 5.3: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων για το περιβάλλον .....	124
Πίνακας 6.1: Επιπρόσθετα ειδικά ρυπαντικά φορτία λόγω της εισροής των αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων μέσω των σκουπιδοφάγων σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (g/l.k./day) ....	150
Πίνακας 6.2: Ανάπτυξη της δυναμικότητας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων στα κράτη μέλη της Ε.Ε. ....	160
Πίνακας 7.1: Παροχή σχεδιασμού και ρυπαντικά φορτία εισόδου στην Ε.Ε.Λ.....	170
Πίνακας 7.2: Απαιτήσεις εκροής επεξεργασμένων λυμάτων από Ε.Ε.Λ. (Οδηγία 91/271/Ε.Ο.Κ.) .....	172
Πίνακας 7.3: Συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων εξόδου από την Ε.Ε.Λ.....	173
Πίνακας 7.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και εξοπλισμού άντλησης.....	193
Πίνακας 7.5: Δυναμικό συμβολής ορισμένων Α.Θ. στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	194
Πίνακας 7.6: Μείγμα καυσίμου για όλη τη χώρα.....	203
Πίνακας 7.7: Τιμές των σταθερών των κινητικών παραμέτρων του μοντέλου.....	205
Πίνακας 7.8: Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού των μονάδων επεξεργασίας ιλύος (τράπεζες πάχυνσης, ταινιοφιλτρόπρεςσες) και εξοπλισμού άντλησης (ανακυκλοφορία ιλύος, περίσσεια ιλύος, αντλίες θετικής εκτόπισης (αντλίες παχυμένης ιλύος), εσωτερική ανακυκλοφορία) για την περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων.....	214
Πίνακας 7.9: Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού των μονάδων επεξεργασίας ιλύος (τράπεζες πάχυνσης, ταινιοφιλτρόπρεςσες) και εξοπλισμού άντλησης (ανακυκλοφορία ιλύος, περίσσεια ιλύος, αντλίες θετικής εκτόπισης (αντλίες παχυμένης και χωνεμένης ιλύος), εσωτερική ανακυκλοφορία) για την περίπτωση των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων.....	226
Πίνακας 7.10: Σύγκριση των χαρακτηριστικών των εισροών στην Ε.Ε.Λ. για λύματα και λύματα + αλεσμένα απόβλητα τροφίμων προερχόμενα από την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών για τις δύο υπό μελέτη πόλεις .....	233
Πίνακας 7.11: Μεταβολή του βαθμού ανακυκλοφορίας της ιλύος, της παροχής ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$ και $m^3/h$ ) και του χρόνου λειτουργίας του εξοπλισμού για την ανακυκλοφορία της ιλύος ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	242
Πίνακας 7.12: Μεταβολή του βαθμού εσωτερικής ανακυκλοφορίας, της παροχής εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$ και $m^3/h$ ) και του χρόνου λειτουργίας του εξοπλισμού για την εσωτερικής ανακυκλοφορία ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	244
Πίνακας 7.13: Μεταβολή των ποσοτήτων πολυηλεκτρολύτη στην πάχυνση και στην αφυδάτωση της ιλύος, καθώς και της συνολικής κατανάλωσης πολυηλεκτρολύτη και του αντίστοιχου κόστους ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων) .....	249
Πίνακας 7.14: Μεταβολή της απορροφούμενης ισχύος από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων) .....	251

Πίνακας 7.15: Μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	253
Πίνακας 7.16: Ποσοστιαία μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	254
Πίνακας 7.17: Μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	255
Πίνακας 7.18: Μεταβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούνται εντός και εκτός της Ε.Ε.Λ. ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	257
Πίνακας 7.19: Ποσοστιαία μεταβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούνται εντός και εκτός της Ε.Ε.Λ. ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	258
Πίνακας 7.20: Μεταβολή των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	259
Πίνακας 7.21: Υπολογισμός των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	261
Πίνακας 7.22: Μεταβολή του βαθμού ανακυκλοφορίας της ιλύος, της παροχής ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$ και $m^3/h$ ) και του χρόνου λειτουργίας του εξοπλισμού για την ανακυκλοφορία της ιλύος ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	267
Πίνακας 7.23: Μεταβολή του βαθμού εσωτερικής ανακυκλοφορίας, της παροχής εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$ και $m^3/h$ ) και του χρόνου λειτουργίας του εξοπλισμού για την εσωτερική ανακυκλοφορία ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	269
Πίνακας 7.24: Μεταβολή του παραγόμενου όγκου του βιοαερίου, της παραγόμενης ενέργειας από την καύση του βιοαερίου, της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από την αξιοποίηση του πλεονάζοντος βιοαερίου και του οφέλους από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων(περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	276
Πίνακας 7.25: Μεταβολή των ποσοτήτων πολυηλεκτρολύτη στην πάχυνση και στην αφυδάτωση της ιλύος, καθώς και της συνολικής κατανάλωσης πολυηλεκτρολύτη και του αντίστοιχου κόστους ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	280
Πίνακας 7.26: Μεταβολή της απορροφούμενης ισχύος από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	282
Πίνακας 7.27: Μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	284

Πίνακας 7.28: Ποσοστιαία μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	286
Πίνακας 7.29: Μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	288
Πίνακας 7.30: Μεταβολή της καθαρής ενεργειακής κατανάλωσης της Ε.Ε.Λ. ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων) .....	289
Πίνακας 7.31: Μεταβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούνται εντός και εκτός της Ε.Ε.Λ. ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	291
Πίνακας 7.32: Ποσοστιαία μεταβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούνται εντός και εκτός της Ε.Ε.Λ. ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων) .....	292
Πίνακας 7.33: Μεταβολή των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	293
Πίνακας 7.34: Υπολογισμός των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων) .....	294

## Κατάλογος σχημάτων

---

Σχήμα 2.1: Διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος. ....	31
Σχήμα 3.1: Γενική διάκριση στερεών αποβλήτων .....	47
Σχήμα 3.2: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα (κ.β.).....	56
Σχήμα 3.3: Ποιοτική σύσταση Α.Σ.Α. για τις Περιφέρειες της Ελλάδας.....	57
Σχήμα 3.4: Μέση ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων .....	57
Σχήμα 3.5: Μέση ποιοτική σύσταση των οικιακών αποβλήτων (1997) .....	58
Σχήμα 3.6: Σύσταση απορριμμάτων (κ.β.).....	58
Σχήμα 3.7: Εκτίμηση σύνθεσης αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα .....	59
Σχήμα 3.8: Κατώτερη θερμογόνος τιμή διαφόρων κλασμάτων των ελληνικών Α.Σ.Α. ....	65
Σχήμα 3.9: Συμμετοχή στην ενέργεια των ελληνικών οικιακών απορριμμάτων .....	65
Σχήμα 3.10: Μέση ποιοτική σύσταση των δημοτικών αποβλήτων στην Ευρώπη.....	68
Σχήμα 3.11: Σύνθεση των δημοτικών αποβλήτων στην Ευρώπη .....	69
Σχήμα 3.12: Σχετική εξέλιξη της παραγωγής των στερεών αποβλήτων, Α.Ε.Π. και πληθυσμού	70
Σχήμα 3.13: Διαχρονική αύξηση παραγωγής αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα .....	70
Σχήμα 3.14: Ετήσιες παραγόμενες ποσότητες ανά Περιφέρεια .....	71
Σχήμα 3.15: Συμμετοχή των Περιφερειών στην ετήσια παραγωγή Α.Σ.Α .....	72
Σχήμα 3.16: Μέσος συντελεστής παραγωγής Α.Σ.Α. για τις Περιφέρειες της Ελλάδας .....	72
Σχήμα 3.17: Μέση ετήσια παραγωγή Α.Σ.Α. στην Ελλάδα από το 1996 ως το 2007 .....	73
Σχήμα 3.18: Ημερήσια παραγωγή Α.Σ.Α. στο Ίλιον, την Αθήνα και την Κηφισιά τις χρονιές 1985, 1990 και 1996.....	75
Σχήμα 3.19: Παραγωγή δημοτικών και οικιακών αποβλήτων ανά κάτοικο σε Ευρωπαϊκές χώρες .....	76
Σχήμα 3.20: Σχέση μοναδιαίας παραγωγής απορριμμάτων και πληθυσμιακής πυκνότητας .....	78
Σχήμα 3.21: Μοναδιαία παραγωγή απορριμμάτων σε διάφορες μεγαλουπόλεις (kg/i.k./day).....	79
Σχήμα 4.1: Ετήσιες ποσότητες αποβλήτων τροφίμων στις χώρες της Ευρώπης για το 2010 (kg ανά κάτοικο).....	91
Σχήμα 5.1: Σκουπιδοφάγος αποβλήτων τροφίμων.....	109
Σχήμα 5.2: Το εσωτερικό ενός σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων. ....	110
Σχήμα 5.3: Ενεργοποίηση του μαγνητικού καλύμματος.....	110
Σχήμα 5.4: Ο διακόπτης του σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων.....	111
Σχήμα 5.5: Η άλλη λειτουργία του καλύμματος .....	111
Σχήμα 5.6: Δακτύλιος για τη μείωση του θορύβου.....	112
Σχήμα 5.7: «Υδατόφραγμα».....	112
Σχήμα 5.8: Η θέση του μονωτή για τη μείωση των δονήσεων.....	113
Σχήμα 5.9: Ο μονωτής για τη μείωση των δονήσεων μειώνει και το θόρυβο.....	113
Σχήμα 5.10: Μειωτής θορύβου πολλαπλών στιβάδων.....	114
Σχήμα 5.11: Πρόσθετο παρέμβυσμα για τον ήχο.....	114
Σχήμα 5.12: Δακτύλιος άλεσης – κοπής .....	115

Σχήμα 5.13: Πλάκα κα προεξοχές άλεσης .....	115
Σχήμα 5.14: Τα 40 «παράθυρα» σε σειρά.....	116
Σχήμα 5.15: Σύστημα προεξοχών τριπλής δράσης .....	116
Σχήμα 5.16: Οι λειτουργίες του συστήματος των προεξοχών τριπλής δράσης.....	117
Σχήμα 5.17: Κάτω δίσκος κοπής.....	117
Σχήμα 5.18: Ο κάτω δίσκος κοπής τεμαχίζει τα σωματίδια ακόμη μία φορά.....	118
Σχήμα 5.19: Κύκλωμα αισθητήρων εμπλοκών .....	118
Σχήμα 5.20: Έγχυση βιοφόρτισης.....	119
Σχήμα 5.21: Έγχυση βιοφόρτισης αυτόματα στο χώρο άλεσης.....	119
Σχήμα 6.1: Απόδοση βιοαερίου διαφόρων ειδών αποβλήτων.....	163
Σχήμα 7.1: Μεταβολή της συγκέντρωσης των MLSS ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	237
Σχήμα 7.2: Μεταβολή του υδραυλικού φορτίου ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	238
Σχήμα 7.3: Μεταβολή του φορτίου στερεών ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	239
Σχήμα 7.4: Μεταβολή της παροχής της περίσσειας ιλύος ( $m^3/day$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	240
Σχήμα 7.5: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής της περίσσειας ιλύος ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	240
Σχήμα 7.6: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής ανακυκλοφορίας ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	243
Σχήμα 7.7: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	245
Σχήμα 7.8: Μεταβολή της φόρτισης κατά τη μηχανική πάχυνση της βιολογικής ιλύος ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	246
Σχήμα 7.9: Μεταβολή της αντλούμενης δευτεροβάθμιας παχυμένης ιλύος ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	247
Σχήμα 7.10: Μεταβολή της φόρτισης στερεών των ταινιοφίλτροπρεσσών ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	248
Σχήμα 7.11: Μεταβολή της ζήτησης οξυγόνου σε τυπικές συνθήκες ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	250
Σχήμα 7.12: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής της πρωτοβάθμιας ιλύος ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	262
Σχήμα 7.13: Μεταβολή της συγκέντρωσης των MLSS ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	263



Σχήμα 7.14: Μεταβολή του υδραυλικού φορτίου ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	264
Σχήμα 7.15: Μεταβολή του φορτίου στερεών ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	264
Σχήμα 7.16: Μεταβολή της παροχής της περίσσειας ιλύος ( $m^3/day$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	265
Σχήμα 7.17: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής της περίσσειας ιλύος ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	266
Σχήμα 7.18: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής ανακυκλοφορίας της ιλύος ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	268
Σχήμα 7.19: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	270
Σχήμα 7.20: Μεταβολή της φόρτισης κατά την πάχυνση με βαρύτητα της πρωτοβάθμιας ιλύος ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	271
Σχήμα 7.21: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής της πρωτοβάθμιας παχυμένης ιλύος ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	272
Σχήμα 7.22: Μεταβολή της φόρτισης κατά τη μηχανική πάχυνση της δευτεροβάθμιας ιλύος ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	273
Σχήμα 7.23: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής της δευτεροβάθμιας παχυμένης ιλύος ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	273
Σχήμα 7.24: Μεταβολή του χρόνου παραμονής των στερεών στη μονάδα χώνευσης ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	274
Σχήμα 7.25: Μεταβολή της οργανικής φόρτισης κατά τη χώνευση ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	275
Σχήμα 7.26: Μεταβολή της παροχής της αντλούμενης χωνεμένης ιλύος ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	277
Σχήμα 7.27: Μεταβολή της φόρτισης στερεών στο φυγοκεντρική ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	278
Σχήμα 7.28: Μεταβολή της παροχής του φυγοκεντρική ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).....	278

Σχήμα 7.29: Μεταβολή της ζήτησης οξυγόνου σε τυπικές συνθήκες ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων) ..... 281

# 1 Εισαγωγή

---

## 1.1 Γενική τοποθέτηση του προβλήματος

Η ταχεία αστικοποίηση σε συνδυασμό με την αντίστοιχη ανάπτυξη της βιομηχανίας και των υπηρεσιών αποτελούν βασικά στοιχεία της οικονομικής και δημογραφικής ανάπτυξης σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες. Οι πόλεις απορροφούν σήμερα τα δύο τρίτα της συνολικής αύξησης του πληθυσμού σε ολόκληρο τον αναπτυσσόμενο κόσμο. Μια σημαντική περιβαλλοντική ανησυχία σχετικά με την αστικοποίηση είναι η ποσότητα των στερεών αποβλήτων που παράγονται με ένα ρυθμό που ξεπερνά την ικανότητα των δημοτικών αρχών να την διαχειριστούν, με αποτέλεσμα πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, την υγεία του ανθρώπου και την ποιότητα της αστικής ζωής.

Τα απόβλητα είναι ένα αναπόφευκτο προϊόν της ανθρώπινης κοινωνίας. Κατά μέσο όρο, κάθε Ευρωπαίος πολίτης παράγει 460 kg αστικά στερεά απόβλητα (Α.Σ.Α.) το 1995. Το ποσό αυτό αυξήθηκε σε 520 kg ανά άτομο το 2004, και προβλέπεται περαιτέρω αύξηση στα 680 kg ανά άτομο μέχρι το 2020. Συνολικά, αυτό αντιστοιχεί σε αύξηση κατά σχεδόν 50% σε 25 χρόνια. Η αποτελεσματικότερη διαχείριση των Α.Σ.Α. αποτελεί πλέον μια επιτακτική ανάγκη που έχει να αντιμετωπίσει η κοινωνία. Η ανεξέλεγκτη απόρριψη και μη ορθολογική διαχείριση των αποβλήτων προκαλεί ποικίλα προβλήματα, συμπεριλαμβανομένης της υποβάθμισης της ποιότητας των επιφανειακών και υπογείων υδάτων. Επιπλέον, μπορεί να οδηγήσει σε κινδύνους για την ασφάλεια από πυρκαγιές ή εκρήξεις. Η ακατάλληλη διαχείριση των αποβλήτων αυξάνει, επίσης, την παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου, που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή. Με περιορισμένες εκτάσεις γης γύρω από πολλά αστικά κέντρα, η αναζήτηση για ασφαλείς για το περιβάλλον, καθώς και κοινωνικά και πολιτικά αποδεκτές θέσεις για τους χώρους υγειονομικής ταφής έχει γίνει ένα χρόνιο πρόβλημα και για πολλές πόλεις φαινομενικά άλυτο. Έτσι, δημιουργείται η ανάγκη να εξεταστούν άλλες εναλλακτικές λύσεις ελαχιστοποίησης των αποβλήτων στην πηγή.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, η Ευρώπη δημιούργησε σταδιακά ένα νομοθετικό και κανονιστικό πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων. Η αναθεωρημένη Οδηγία Πλαίσιο για τα απόβλητα (2008/98/Ε.Κ.) θεσπίζει τις αρχές της ιεράρχησης των αποβλήτων και ορίζει στόχους ανάκτησης υλικών, ώστε να ενθαρρυνθούν τα κράτη μέλη να εκτελούν έργα επεξεργασίας και προγράμματα διαχείρισης αποβλήτων. Με την επιφύλαξη του άρθρου 10(2) της Οδηγίας Πλαίσιο για τα απόβλητα, έως το 2015 προβλέπεται η υιοθέτηση της διαλογής στην πηγή τουλάχιστον για τα ακόλουθα υλικά: χαρτί, μέταλλο, πλαστικό και γυαλί. Επιπλέον, η Οδηγία Πλαίσιο για τα απόβλητα ενθαρρύνει τη χωριστή συλλογή των βιοαποδομήσιμων οργανικών αποβλήτων (βιολογικά απόβλητα). Η Οδηγία περί υγειονομικής ταφής υποχρεώνει τα κράτη μέλη να μειώσουν την ποσότητα των βιολογικών αποβλήτων προς υγειονομική ταφή στο 35%

των επιπέδων του 1995 μέχρι το 2016 (2020 για την Ελλάδα και κάποια ακόμα κράτη μέλη), ενέργεια η οποία θα μειώσει σημαντικά το πρόβλημα. Προτεραιότητα της Επιτροπής είναι να διασφαλίσει ότι τα κράτη μέλη συμμορφώνονται με την παρούσα νομική απαίτηση πλήρως και εγκαίρως.

Τα τελευταία χρόνια η έννοια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων έχει προταθεί ως η πλέον κατάλληλη δράση για να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, που προκαλούνται από τις αυξανόμενες ποσότητες των στερεών αποβλήτων που απορρίπτονται χωρίς κατάλληλη συλλογή ή διάθεση. Σε ό, τι αφορά τα απόβλητα τροφίμων, οι δημοτικές αρχές σε όλο τον κόσμο μοιράζονται ένα κοινό δίλημμα για την καλύτερη μέθοδο διαχείρισης των διαρκώς αυξανόμενων αποβλήτων που παράγονται από την παρασκευή των τροφίμων και των υπολειμμάτων από την κατανάλωσή τους. Η ολοκληρωμένη διαχείρισή τους περιλαμβάνει την πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση, την επεξεργασία και ένα πρόγραμμα ασφαλούς διάθεσης, κατά τρόπο που να υπηρετεί πιο αποτελεσματικά την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος, με τη διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής να αποτελεί τη λιγότερο προτιμώμενη στρατηγική. Η ολοκληρωμένη διαχείριση περιλαμβάνει την αξιολόγηση των τοπικών αναγκών και συνθηκών και, στη συνέχεια, την επιλογή και το συνδυασμό των πιο κατάλληλων δραστηριοτήτων διαχείρισης αποβλήτων για τις προϋποθέσεις αυτές.

Σε αυτά τα πλαίσια, η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων μπορεί να αποτελέσει μια οικονομικά και περιβαλλοντικά ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση για την συλλογή με διαλογή στην πηγή και την επεξεργασία των αποβλήτων τροφίμων από τα νοικοκυριά. Η χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων επιτρέπει το διαχωρισμό μεγάλου μέρους των συστατικών των αποβλήτων τροφίμων από το σύνολο των Α.Σ.Α. μέσω της άλεσής τους με τη χρήση μηχανικών μέσων και την προσθήκη νερού από τη βρύση, διευκολύνοντας την είσοδο του μίγματος στο αποχετευτικό σύστημα.

Ο σκουπιδοφάγος αποβλήτων τροφίμων εφευρέθηκε το 1927 από τον Αμερικανό αρχιτέκτονα John Hammes. Σήμερα υπάρχουν περίπου 8 κατασκευαστικές εταιρείες σκουπιδοφάγων παγκοσμίως. Στις Η.Π.Α. η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά πραγματοποιείται πάνω από 70 χρόνια και υπάρχουν εγκατεστημένοι στο 45% όλων των νοικοκυριών. Πάνω από το 80% όλων των νεόδμητων κατοικιών έχουν μία συσκευή. Η στάση απέναντι στους σκουπιδοφάγους υπήρξε αρνητική στην Κεντρική και Δυτική Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες. Οι κύριοι λόγοι ήταν η πρόσθετη ποσότητα νερού και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία τους, καθώς και τα πρόσθετα φορτία που θα επιβάρυναν τις Ε.Ε.Λ. Σήμερα το πιο σύνηθες επιχείρημα ενάντια στους σκουπιδοφάγους είναι ότι η ιδέα της εφαρμογής αυτού του συστήματος διαχείρισης δε συμβαδίζει με την ιδέα της χωριστής συλλογής των αποβλήτων στην πηγή.

Ωστόσο, λόγω των θετικών ερευνητικών αποτελεσμάτων, οι σκουπιδοφάγοι κερδίζουν όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην Ευρώπη (π.χ. Ηνωμένο Βασίλειο, Σουηδία, Νορβηγία, Ιταλία, Ολλανδία). Η μεγαλύτερη διείσδυση στη Δυτική Ευρώπη εντοπίζεται στο Ηνωμένο Βασίλειο, όπου περίπου το 5% του συνόλου των νοικοκυριών έχουν ήδη

εγκατεστημένο ένα σκουπιδοφάγο. Για τις υπόλοιπες δυτικές ευρωπαϊκές χώρες, η ενσωμάτωση μπορεί να εκτιμηθεί στο 1%.

Ο σκουπιδοφάγος αποβλήτων τροφίμων είναι μια συσκευή που τοποθετείται ακριβώς κάτω από το νεροχύτη της κουζίνας και συνδέεται με τον αγωγό αποχέτευσης. Αυτές οι μονάδες είναι σχεδιασμένες για την άλεση των βιοδιασπάσιμων οργανικών ουσιών, όπως υπολείμματα κρέατος, λαχανικά, κουκούτσια φρούτων, φλούδες εσπεριδοειδών, αλεσμένο καφέ και μικρά οστά. Αντίθετα με τις συχνά αναφερόμενες προκαταλήψεις, ο σκουπιδοφάγος δεν περιέχει περιστρεφόμενα μαχαίρια και ο κίνδυνος τραυματισμών είναι μικρός σε σύγκριση με άλλες συσκευές κουζίνας, όπως το ηλεκτρικό μίξερ χειρός ή ένας ζεσταμένος φούρνος. Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων είναι αποτελεσματικές σε ό, τι αφορά τη μετατροπή των οργανικών στερεών σε προϊόντα λιπασμάτων (βιοστερεά) με προηγμένες εγκαταστάσεις που παγιδεύουν το μεθάνιο για την παραγωγή ενέργειας.

Με τη χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων, τα προεπεξεργασμένα (αλεσμένα) απόβλητα τροφίμων μεταφέρονται στην τοπική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων μέσω του αποχετευτικού δικτύου. Το μεγαλύτερο μέρος του σωματιδιακού κλάσματος των αποβλήτων τροφίμων καθιζάνει στη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης, ενώ οι μονάδες εσχάρωσης και οι εξαμμωτές επηρεάζονται σε μικρό βαθμό μόνο. Έτσι, η πλειοψηφία των αποβλήτων τροφίμων φτάνει στο χωνευτή με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής βιοαερίου. Το διαλυτό μέρος των αποβλήτων τροφίμων οδηγεί σε υψηλότερα οργανικά φορτία κατά το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων, τα οποία αφενός προκαλούν αύξηση της ζήτησης σε οξυγόνο, αλλά από την άλλη πλευρά χρησιμεύουν ως μια φτηνή και συνεχώς διαθέσιμη πηγή άνθρακα.

## **1.2 Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας**

Η δομή της παρούσας εργασίας είναι η παρακάτω:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική περιγραφή του προβλήματος της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, και ειδικότερα των αποβλήτων τροφίμων, καθώς και της μεθόδου των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων.

Στο δεύτερο και στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά στοιχεία για τα συστήματα διαχείρισης και επεξεργασίας των υγρών και στερεών αποβλήτων αντίστοιχα, καθώς για την αξιολόγηση των επιπτώσεων των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη και τα δύο συστήματα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνονται τα γενικά χαρακτηριστικά στοιχεία των αποβλήτων τροφίμων, καθώς αυτά εισάγονται στους σκουπιδοφάγους, και παρουσιάζεται η υπάρχουσα κατάσταση στον τομέα διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων. Επίσης, πραγματοποιείται χωριστή περιγραφή των μεθόδων της κομποστοποίησης και της χρήσης του σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων σε συνδυασμό με την απόρριψή τους στις Ε.Ε.Λ., αφού αυτές αποτελούν τις δύο καλύτερες επιλογές αποκατάστασης για τη διάθεση των αποβλήτων τροφίμων σε σχέση με το περιβαλλοντικό όφελος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια αρκετά αναλυτική παρουσίαση της δομής της συσκευής του σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων, όπως και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της εφαρμογής του. Επίσης, περιγράφονται οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μια βιώσιμη πολιτική σε ό, τι αφορά τα απόβλητα για ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Κοινότητα, η τρέχουσα νομική κατάσταση στα κράτη μέλη σχετικά με την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων και οι αρνητικές επιπτώσεις της απαγόρευσης της χρήσης τους. Τέλος, παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα από διάφορες μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής των σκουπιδοφάγων.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τις επιπτώσεις της ενσωμάτωσης των σκουπιδοφάγων απόβλητων τροφίμων στο υπάρχον σύστημα από τη στιγμή της παραγωγής τους και της επεξεργασίας τους από τους σκουπιδοφάγους έως την άφιξή τους στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων μέσω της διοχέτευσής τους στο αποχετευτικό δίκτυο και την τελική τους επεξεργασία.

Στο έβδομο κεφάλαιο πραγματοποιείται θεωρητική παρουσίαση και κατάστρωση του μαθηματικού μοντέλου ενεργού ιλύος για τη διαστασιολόγηση των υπό μελέτη εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και ακολουθεί η παρουσίαση και αξιολόγηση των εκτιμήσεων για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων πριν και μετά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων για τα διάφορα σενάρια.

Τέλος, στο όγδοο κεφάλαιο διατυπώνονται τα κυριότερα συμπεράσματα.

## 2 Γενικά στοιχεία διαχείρισης υγρών αποβλήτων

---

### 2.1 Εισαγωγή

Η έντονη συγκέντρωση πληθυσμών στα αστικά κέντρα και η ραγδαία βιομηχανική ανάπτυξη οδήγησε σε υπερκατανάλωση νερού από τον άνθρωπο και σε ταχεία μετατροπή του πολύτιμου αυτού αγαθού, ίσως του πολυτιμότερου στον πλανήτη, σε «βρώμικο νερό», δηλαδή σε απόβλητο. Με άλλα λόγια θα μπορούσαμε να πούμε ότι όταν το νερό χρησιμοποιηθεί με οποιονδήποτε τρόπο από τον άνθρωπο μετατρέπεται σε απόβλητο.

Με δεδομένο ότι τα υγρά απόβλητα περιέχουν διάφορες ρυπαντικές και μολυσματικές ουσίες, η απευθείας διάθεσή τους σε έναν φυσικό, συνήθως υδάτινο, αποδέκτη εγκυμονεί κινδύνους τόσο για τον αποδέκτη όσο και για τα υπόλοιπα έμβια όντα, κυρίως όμως για τον άνθρωπο. Για την προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας είναι απαραίτητες οι θεμελιώδεις γνώσεις των χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων, της επίδρασής τους στο περιβάλλον, των μεθόδων επεξεργασίας που μπορούν να εφαρμοστούν για την απομάκρυνση και την εξουδετέρωση αυτών των συστατικών και των μεθόδων για την αξιοποίηση ή την ασφαλή διάθεση των στερεών που παράγονται κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων (Νταρακάς, 2011).

Η βιώσιμη ανάπτυξη, που αποτελεί μια από τις βασικές πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συνεπάγεται για τον άνθρωπο τον πλήρη έλεγχο της διάθεσης των οικιακών και αστικών λυμάτων, χρησιμοποιώντας, στο μέτρο του δυνατού, τεχνικές που είναι ταυτόχρονα οικονομικά και τεχνικά εφικτές, φιλικές προς το περιβάλλον και εξοικονομούν ενέργεια. Η Οδηγία 91/271/Ε.Ο.Κ. για τα αστικά υγρά απόβλητα της 21ης Μαΐου 1991 και η πιο πρόσφατη Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά (2000/60/Ε.Κ.) ήρθαν να μας θυμίσουν την αναγκαιότητα μιας κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας αυτών των αποβλήτων με σκοπό την καλή οικολογική κατάσταση των υδάτων μας (Μάστακα, 2007).

Η οδηγία 91/271/Ε.Ο.Κ., η οποία εκδόθηκε με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της απόρριψης των υγρών αποβλήτων και αφορά την ολοκληρωμένη διαχείρισή τους, αναφέρει ότι αστικά λύματα είναι τα υγρά απόβλητα που προέρχονται κυρίως από χώρους υγιεινής, κουζίνες, πλυντήρια και γενικά από διαδικασίες καθαριότητας κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων, κ.λπ. Στην κατηγορία των αστικών λυμάτων περιλαμβάνονται και αυτά των εστιατορίων, ξενοδοχείων, δημοσίων υπηρεσιών, καταστημάτων, γραφείων, κ.λπ. Συνεπώς, τα αστικά λύματα περιέχουν, κυρίως, υπολείμματα τουαλέτας, απόνερα λουτρού και κουζίνας, απόνερα λάτρας και καθαριότητας, κ.λπ. Στα κυριότερα συστατικά τους περιλαμβάνονται οργανικές, κυρίως, ουσίες σε διάλυση ή αιωρούμενα σωματίδια, λίπη, έλαια, ανόργανες

ουσίες και ελάχιστες ποσότητες από διαλυμένα αέρια, όπως η αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) και το υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Η έννοια των αστικών (ή δημοτικών) υγρών αποβλήτων καλύπτει όχι μόνον αυστηρά τα οικιακά απόβλητα αλλά και αυτά που προκύπτουν από τις εγγενείς εμπορικές, διοικητικές και βιοτεχνικές δραστηριότητες της πόλης, ενώ κανονικά δεν περιλαμβάνει ενδεχόμενες ανεπεξέργαστες εκροές από μεγάλες ή/και ιδιαίτερα ρυπογόνες βιομηχανίες. Βιομηχανικά απόβλητα ονομάζονται τα απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα. Είναι, δηλαδή, τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται. Δεν συμπεριλαμβάνονται τα λύματα του προσωπικού, τα οποία κατατάσσονται στα αστικά λύματα (Νταρακάς, 2011).

Οι ποσότητες και τα χαρακτηριστικά των βιομηχανικών υγρών αποβλήτων ποικίλουν πολύ όχι μόνο μεταξύ βιομηχανιών που παράγουν διαφορετικά είδη, αλλά και μεταξύ βιομηχανιών που παράγουν τα ίδια είδη προϊόντων, επειδή οι διαδικασίες παραγωγής μπορεί να διαφέρουν. Σε αντιδιαστολή, οι ποσότητες και τα χαρακτηριστικά των αστικών υγρών αποβλήτων (λυμάτων) παρουσιάζουν, με αναγωγή στον εξυπηρετούμενο ισοδύναμο κάτοικο, μια σχετική σταθερότητα. Ο ισοδύναμος πληθυσμός είναι μεγαλύτερος, συχνά δε πολύ μεγαλύτερος από το μόνιμο πληθυσμό μιας πόλης ή ενός αυτόνομα αποχετευόμενου πληθυσμού. Στον ισοδύναμο πληθυσμό θα πρέπει να προσμετράται και ο εποχιακός πληθυσμός, ο οποίος σε τουριστικές περιοχές μπορεί να είναι κατά πολύ μεγαλύτερος του μόνιμου πληθυσμού (Ανδρεαδάκης, 2008).

Οι θεμελιώδεις γνώσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων βοηθούν ώστε αυτά να υποβληθούν σε κατάλληλη επεξεργασία, που είναι αποδεκτή από τον ρυθμό αυτοκαθαρισμού του αποδέκτη στον οποίο διατίθενται. Είναι γνωστό ότι οι φυσικοί υδάτινοι αποδέκτες αποικοδομούν τα οργανικά συστατικά με τα οποία φορτίζονται, εφόσον η φόρτιση που δέχονται διατηρείται κάτω από το επίπεδο που αντιστοιχεί στην ικανότητα αυτοκαθαρισμού τους. Σε περίπτωση που ένας αποδέκτης φορτιστεί πέραν του επιπέδου που αντιστοιχεί στην ικανότητα αυτοκαθαρισμού του καταστρέφεται (ρυπαίνεται και μολύνεται). Σε περίπτωση δε που ο συγκεκριμένος αποδέκτης χρησιμοποιείται και ως υδατικός πόρος, δηλαδή για υδροληψία νερού που προορίζεται για πόσιμο, απαιτούνται πολυδάπανες διεργασίες τόσο για την επαναφορά του όσο για την κατεργασία του νερού, ώστε να ικανοποιηθούν οι προδιαγραφές που τίθενται για την ποιότητα του πόσιμου νερού.

Ο όρος «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων» περιλαμβάνει έργα για τη συλλογή, την επεξεργασία και τη διάθεσή τους. Τα υγρά απόβλητα μιας πόλης συλλέγονται με το σύστημα αποχέτευσης, το οποίο είναι δυνατόν να είναι χωριστικό (όταν δεν δέχεται όμβρια ύδατα) ή μικτό (όταν δέχεται και όμβρια ύδατα) ή και μερικά χωριστικό (όταν μόνο μερικά τμήματα του δικτύου αποχέτευσης δέχονται όμβρια ύδατα και μερικά δεν δέχονται). Πολλές φορές το σύστημα δέχεται και εισροές από υπόγεια ή επιφανειακά νερά. Μπορεί ακόμα και υπό προϋποθέσεις να δέχεται και κάποιες κατηγορίες βιομηχανικών αποβλήτων, τα οποία όμως έχουν οπωσδήποτε υποστεί κάποιου είδους προεπεξεργασία. Όλο το δίκτυο του συστήματος αποχέτευσης συμβάλλει



σε έναν Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (Κ.Α.Α.), ο οποίος καταλήγει σε μια Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.), όπου τα λύματα υφίστανται επεξεργασία με σκοπό τη δέσμευση και την εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων συστατικών τους. Σημειώνεται, επίσης, ότι σε μια Ε.Ε.Λ. καταλήγουν και βοθρολύματα, αφού ακόμα και σήμερα ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού σε διάφορες χώρες, αλλά ιδιαίτερα στις λιγότερο αναπτυγμένες, δεν είναι συνδεδεμένο σε κάποιο δίκτυο αποχέτευσης και εξυπηρετείται με σηπτικούς κυρίως βόθρους (Νταρακάς, 2011).

Ο όγκος των αστικών λυμάτων μπορεί να εκτιμηθεί σύμφωνα με τις ημερήσιες καταναλώσεις πόσιμου νερού και συνήθως θεωρείται ότι το 80% της κατανάλωσης του νερού απορρέει στο δίκτυο συλλογής λυμάτων. Η μέση ημερήσια παροχή λυμάτων (για σκοπούς σχεδιασμού) βρίσκεται κοντά στα 200 – 250 L ανά κάτοικο και ημέρα. Στην παροχή αυτή περιλαμβάνονται και περιορισμένες διηθήσεις υπόγειου νερού, δηλαδή αυτές που αντιστοιχούν σε ένα καλά κατασκευασμένο δίκτυο αποχέτευσης, τοποθετημένο κατά το μεγαλύτερο μέρος του πάνω από τη στάθμη του υπόγειου υδροφορέα (Ανδρεαδάκης, 2008). Στην περίπτωση που δεν είναι δυνατή η απευθείας μέτρηση της παροχής και του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων που οδηγούνται σε μια Ε.Ε.Λ., ο προσδιορισμός των ανωτέρω παραμέτρων είναι δυνατόν να γίνει βιβλιογραφικά. Η χρήση όμως των στοιχείων αυτών είναι σκόπιμο να γίνεται με προσοχή και μόνο στην περίπτωση απουσίας πρωτογενών στοιχείων. Η αβεβαιότητα των βιβλιογραφικών στοιχείων αυξάνεται σημαντικά, ιδιαίτερα σε ό, τι αφορά την εκτίμηση των παροχών των λυμάτων, στην περίπτωση παντοροϊκού δικτύου υπονόμων, κατά την οποία πρέπει να συνυπολογιστούν και οι απορροές των όμβριων υδάτων (Ανδρεαδάκης κ.α., 2001). Οι Crites και Tchobanoglous (1998), προτείνουν παροχή οικιακών υγρών αποβλήτων από 245 έως 300 L ανά κάτοικο και ημέρα για το σχεδιασμό έργων επεξεργασίας και παροχές εμπορικών και μικρών βιομηχανικών μονάδων από 38 έως 76 L ανά κάτοικο και ημέρα. Αυτές οι τιμές βρίσκουν εφαρμογή, κυρίως, σε αναπτυγμένες χώρες. Το μέγεθος της υπό εξέταση πόλης, η κοινωνικοοικονομική διάρθρωση και πολλές άλλες παράμετροι, μπορούν να διαφοροποιήσουν την ποσότητα υγρών αποβλήτων ανά κάτοικο. Οι ερευνητές Rujol και Lienard (1990) προτείνουν παροχή 150 ( $\pm 50$ ) L ανά κάτοικο και ημέρα για αγροτικές περιοχές και πόλεις μικρότερες των 5 000 ισοδύναμων κατοίκων, ενώ οι Campus και von Sperling (1996) ανέπτυξαν στην έρευνά τους ένα μοντέλο για την παραγωγή υγρών αποβλήτων στη Βραζιλία, το οποίο έδειξε σημαντικές διακυμάνσεις, σύμφωνα με το εισόδημα του εξυπηρετούμενου πληθυσμού. Έτσι, η παραγωγή των υγρών αποβλήτων κυμαίνεται από 74 έως 210 L ανά κάτοικο και ημέρα, για κοινωνικές ομάδες χαμηλότερου και υψηλότερου εισοδήματος, αντίστοιχα (Νταρακάς, 2011).

Ο υπολογισμός των βιοχημικών διεργασιών μιας Ε.Ε.Λ. πρέπει βάσει της νομοθεσίας να γίνεται με τη μέγιστη ημερήσια παροχή του έτους. Η μέγιστη αυτή παροχή ορίζεται ως η μέση ημερήσια παροχή της εβδομάδας του έτους, η οποία χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη εβδομαδιαία συνολική παροχή (εξαιρουμένων ενδεχόμενων παροχών λόγω πλημμύρας). Συχνά, η μέγιστη ημερήσια παροχή του έτους υπολογίζεται με προσαύξηση της μέσης ετήσιας παροχής κατά ένα ποσοστό (π.χ. 50%). Για τις συνθήκες της Ελλάδας ο τρόπος αυτός μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά σφάλματα, ιδίως σε περιοχές με έντονο τουρισμό, στις οποίες η μέγιστη ημερήσια παροχή κατά την αιχμή της τουριστικής περιόδου μπορεί

να είναι πολλαπλάσια της μέσης ετήσιας. Φρονιμότερο είναι η εκτίμηση της μέγιστης ημερήσιας παροχής να γίνεται άμεσα, λαμβάνοντας υπόψη τα πληθυσμιακά κυρίως δεδομένα (μόνιμα και εποχιακά) της κρίσιμης περιόδου (Ανδρεαδάκης, 2008).

Κατά την διαστασιολόγηση μιας Ε.Ε.Λ. απαιτείται, εκτός από τη μέση και μέγιστη, ημερήσια και ωριαία παροχή, ο συνυπολογισμός των αποβλήτων από βιομηχανίες, στην περίπτωση που αυτές διαθέτουν τα απόβλητά τους στο δίκτυο των αστικών λυμάτων. Έρευνα που διενεργήθηκε στην Ελλάδα και αφορούσε τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων Ε.Ε.Λ. μεσαίου και μεγάλου μεγέθους (>10 000 ι.κ.), έδειξε ότι η μέση παροχή υγρών αποβλήτων που εισρέει στην εγκατάσταση είναι 170 L ανά κάτοικο και ημέρα (Tsagarakis, 1999). Αντίθετα, μικρότερες εγκαταστάσεις σε αγροτικές περιοχές είχαν εισροές από 100 έως 120 L ανά κάτοικο και ημέρα, ενώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές από αυτές τις εγκαταστάσεις είχαν σχεδιαστεί για 200 L ανά κάτοικο και ημέρα. Οι ποιοτικές παράμετροι, που προσδιορίζονται στην εισροή σε αυτές τις μονάδες, είναι κυρίως BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, ολικό άζωτο (TN) και ολικός φώσφορος (TP). Οι ημερήσιες, εποχιακές και ετήσιες διακυμάνσεις των παραμέτρων αυτών θα πρέπει να παρακολουθούνται, με σκοπό την εύρυθμη λειτουργία της μονάδος αυτής για τυχόν μελλοντικές τροποποιήσεις ή αναβάθμιση της εγκατάστασης. Η επεξεργασία, λοιπόν, των υγρών αποβλήτων πριν από τη διάθεσή τους αμβλύνει τις δυσμενείς επιπτώσεις στους αποδέκτες, διαφυλάσσει την οικολογική ισορροπία και προστατεύει το περιβάλλον.

## **2.2 Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων**

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

- Η προεπεξεργασία ορίζεται ως το σύνολο των διεργασιών που έχουν στόχο την προστασία των επόμενων σταδίων, καθώς και τη βελτιστοποίηση της απόδοσής τους. Συνήθως, πραγματοποιείται εσχάρωση, εξάμμωση και απολίπανση για την απομάκρυνση ρυπαντικού φορτίου, στερεών μεγέθους μεγαλύτερου από 2 – 5 cm (π.χ. ξύλων, φύλλων, πλαστικών, χαλικίων, κ.λπ.), άμμου και επιπλεόντων στερεών και λιπών, τα οποία συνήθως προκαλούν ζημιές στο μηχανολογικό εξοπλισμό και προβλήματα στη συντήρηση και τη λειτουργία της Ε.Ε.Λ. (Μάστακα 2007, Νταρακάς 2011).
- Η πρωτοβάθμια επεξεργασία είναι το στάδιο που αναφέρεται στη μηχανική κατεργασία των αποβλήτων και αποσκοπεί στην απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών με καθίζηση κατά ποσοστό 50 – 70%. Παράλληλα πραγματοποιείται και μείωση του οργανικού φορτίου μέχρι ποσοστό 35%. Αυτό επιτυγχάνεται με το φυσικό φαινόμενο της καθίζησης. Σε αρκετές περιπτώσεις η πρωτοβάθμια επεξεργασία δεν εφαρμόζεται και τα λύματα καταλήγουν μετά την προεπεξεργασία απευθείας στη δευτεροβάθμια επεξεργασία (Μάστακα, 2007).
- Η δευτεροβάθμια επεξεργασία αποσκοπεί στη βιολογική απομάκρυνση της οργανικής ύλης των λυμάτων από μικροοργανισμούς και ακολούθως στο διαχωρισμό των βιολογικών στερεών από τα επεξεργασμένα λύματα. Ο βαθμός απομάκρυνσης της οργανικής ύλης και των στερεών είναι υψηλός και μπορεί να φτάσει μέχρι ποσοστό

95%. Στο στάδιο αυτό, επιτελείται σχεδόν πλήρης απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και του BOD, κατά περίπτωση μάλιστα, μπορεί να γίνει και απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου. Σημειώνεται ότι και η απολύμανση περιλαμβάνεται στον τυπικό ορισμό της συμβατικής δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.

Υπό ειδικές συνθήκες και εάν η εγκατάσταση επεξεργασίας λειτουργεί σωστά, με συνδυασμό της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, επιτυγχάνεται ελάττωση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων τέτοια ώστε το υγρό κλάσμα, να μπορεί να διατεθεί στους φυσικούς αποδέκτες ή να χρησιμοποιηθεί για άρδευση λυμάτων (Μάστακα, 2007).

- Το στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας αποτελεί σύνθεση επιμέρους μονάδων, η οποία ποικίλει ανάλογα με τους ρύπους που πρόκειται να υποστούν επεξεργασία. Όταν το υγρό κλάσμα που περιλαμβάνεται μετά το τέλος της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας προορίζεται για επαναχρησιμοποίηση ή υπάρχει ιδιαίτερο πρόβλημα ρύπανσης του υδροφόρου ορίζοντα, τότε ακολουθεί τριτοβάθμια επεξεργασία για την απομάκρυνση ορισμένων ρυπαντικών ουσιών, που δεν επιτυγχάνεται με τα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας. Η επεξεργασία αυτή είναι πολυδάπανη και περιλαμβάνει πολλά επί μέρους στάδια, όπως απολύμανση και ραφινάρισμα, απομάκρυνση θρεπτικών, κλπ. (Μάστακα, 2007).
- Η προχωρημένη επεξεργασία εφαρμόζεται για την απομάκρυνση των αιωρούμενων αλλά και των διαλυμένων ουσιών που παραμένουν στα απόβλητα μετά τη συνηθισμένη βιολογική επεξεργασία, όταν αυτή απαιτείται σε διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Η προχωρημένη επεξεργασία επιτυγχάνεται με συνδυασμό φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών και συνήθως περιλαμβάνει διήθηση, χρήση μεμβρανών, αντίστροφη όσμωση, προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα, ιοντοεναλλαγή, κ.λπ. (Νταρακάς, 2011).

Με στόχο λοιπόν:

- την προστασία της υγείας των ανθρώπων μέσω της προστασίας της ποιότητας του νερού (πόσιμο, κολύμβηση, ψάρεμα, κ.λπ.) και την αποφυγή μετάδοσης ασθενειών,
- την αποτροπή δηλητηριάσεων από τοξικές ουσίες, υπολείμματα φαρμάκων και βαριά μέταλλα, τα οποία βιοσυσσωρεύονται,
- την προστασία της ποιότητας των αποδεκτών από την ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO) και την αλλοίωση του οικοσυστήματος (αποξυγόνωση), από την αισθητική υποβάθμιση (οσμές, μη διαύγεια, κ.λπ.) και τα φαινόμενα ευτροφισμού (υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων),

είναι προφανές ότι όλοι οι ρύποι, οι οποίοι αναφέρθηκαν παραπάνω, θα πρέπει να απομακρυνθούν από τα υγρά απόβλητα στις Ε.Ε.Λ. εφαρμόζοντας διάφορες διεργασίες και τεχνικές.

Σύγχρονα δίκτυα αποχέτευσης άρχισαν να κατασκευάζονται στην Ευρώπη πριν από 100 – 120 περίπου χρόνια. Τη δεκαετία του 1930 ξεκίνησε στην Ευρώπη η κατασκευή των πρώτων Ε.Ε.Λ. Σήμερα έχουν κατασκευαστεί σύγχρονες Ε.Ε.Λ. σε όλες σχεδόν τις πόλεις της Ελλάδας, οι οποίες περιλαμβάνουν πολλά στάδια επεξεργασίας υγρών

αποβλήτων και κάθε στάδιο επεξεργασίας περιλαμβάνει περισσότερες από μια διεργασίες.

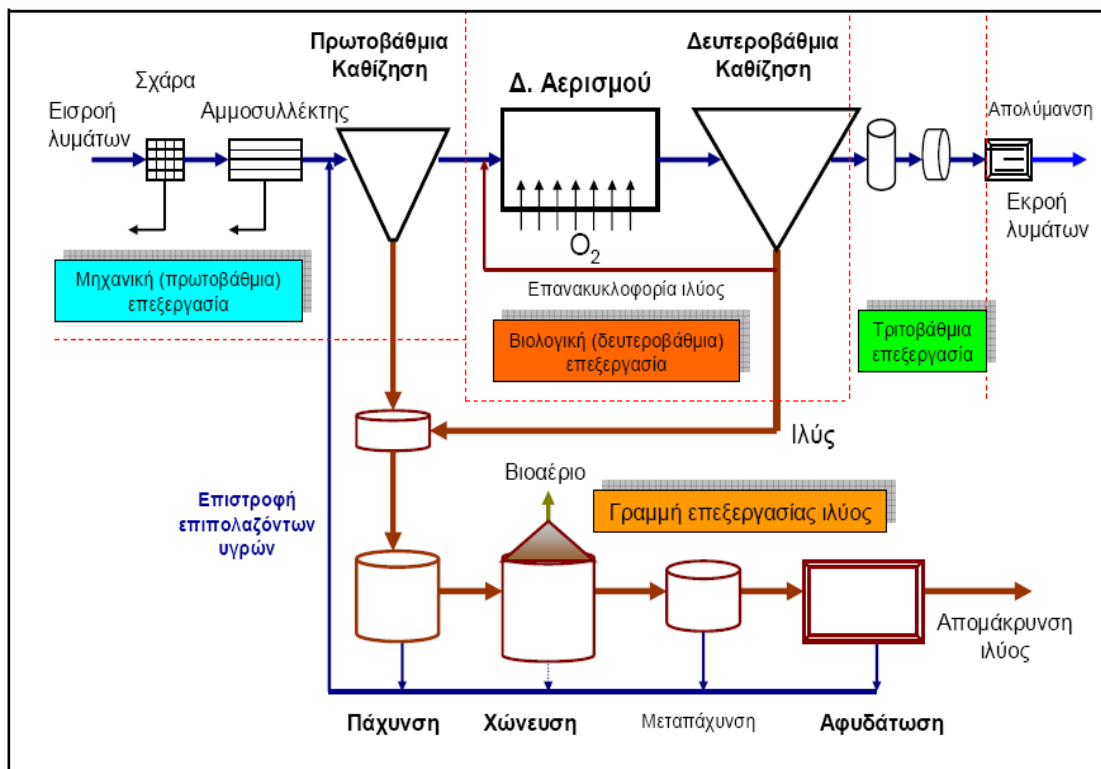
Στις μεγάλες Ε.Ε.Λ. οι διάφορες διεργασίες γίνονται σε ξεχωριστούς χώρους (δεξαμενές). Στις μικρότερες εγκαταστάσεις κατασκευάζονται όσο το δυνατόν λιγότερες δεξαμενές. Αντίστοιχα έχουν αναπτυχθεί ξεχωριστές τεχνολογίες για την κατασκευή:

- μικρών εγκαταστάσεων, μέχρι 50 κατοίκους,
- μεσαίων εγκαταστάσεων, μέχρι 10 000 κατοίκους,
- μεγάλων εγκαταστάσεων, για περισσότερους από 10 000 κατοίκους.

Ένα σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει διάφορα στάδια επεξεργασίας και σχεδιάζεται με σκοπό να δεσμεύσει και να απομακρύνει από τα απόβλητα:

- το οργανικό φορτίο,
- τις ανόργανες ουσίες όπως τα θρεπτικά άλατα (N και P),
- τα αιωρούμενα (SS) και διαλυμένα (DS) στερεά,
- τους επικίνδυνους μικροοργανισμούς και
- διάφορους άλλους ρυπαντές.

Αυτό επιτυγχάνεται με συνδυασμό φυσικών, χημικών, φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών. Το σύνολο αυτών των διεργασιών αποτελεί τη διαδικασία της επεξεργασίας, κύρια επιδίωξη της οποίας είναι η απαλλαγή της μάζας των αποβλήτων από τους ρύπους και δευτερεύουσα επιδίωξη η εξουδετέρωση των ρύπων. Στο σχήμα 2.1 δίνεται ένα απλό σκαρίφημα (διάγραμμα ροής) μιας μεγάλης εγκατάστασης βιολογικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος (Νταρακάς, 2011).



Σχήμα 2.1: Διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος (Νταρακάς, 2011).

Είναι εμφανής η διάκριση μεταξύ της μηχανικής ή πρωτοβάθμιας και της βιολογικής ή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Διακρίνεται επίσης η τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία, η απολύμανση των λυμάτων και η γραμμή επεξεργασίας της ιλύος.

Οι πιο συνηθισμένες διαδικασίες καθαρισμού είναι η υποδοχή των υγρών αποβλήτων, η αφαίρεση χονδρών στερεών συνήθως με σχάρες ή κόσκινα, η αφαίρεση λιπών και ελαίων (λιποσυλλέκτες) και η αφαίρεση της άμμου (αμμοσυλλέκτες). Ακολουθεί η δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης, η δεξαμενή αερισμού και η δεξαμενή τελικής καθίζησης. Τα λύματα που υπερχειλίζουν από την δεξαμενή τελικής καθίζησης απολυμαίνονται, συνήθως με χλωρίωση ( $Cl_2$ ) ή υπεριώδη ακτινοβολία (UV) ή όζον ( $O_3$ ) και διατίθενται σε κάποιον αποδέκτη.

Η ιλύς που προκύπτει από τις δεξαμενές καθίζησης οδηγείται στον παχυντή προς συμπύκνωση, μετά στη δεξαμενή χώνευσης προς βιοσταθεροποίηση και τέλος αφού αφυδατωθεί είτε με φυσική ξήρανση (κλίνες ξήρανσης, χωμάτινες δεξαμενές, ηλιακή ακτινοβολία) είτε με μηχανική αφυδάτωση (ταινιοφιλτρόπρεςσες, φυγοκεντρικοί διαχωριστές) διατίθεται σε χώρους που προβλέπει η αρμόδια αρχή (Νταρακάς, 2011).

Το τελικό εδαφικό υλικό υφίσταται πάλι σειρά ελέγχων και μετρήσεων και πιστοποιείται μόνο εφόσον υπάρχει συμφωνία με τις αρχικά τιθέμενες προδιαγραφές (λαμβάνονται υπόψη περίπου 120 παράμετροι). Μετά τον τελικό έλεγχο, το παραγόμενο προϊόν είναι πλέον κατάλληλο για τη χρήση του. Δεν αποτελεί πλέον απόβλητο, αλλά ένα υγιές εδαφικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για εργασίες κατασκευής «τραυματισμένων»

φυσικών ανάγλυφων και θα πρέπει να έχει τις ιδιότητες που θα το καθιστούν κατάλληλο για το συγκεκριμένο σκοπό (κατάλληλη σύσταση, μηχανικές ιδιότητες, κλπ.). Σημειώνεται ότι το παραγόμενο υλικό δύναται να χρησιμοποιηθεί ακόμη και για την πλήρωση/αποκατάσταση λατομείων, μεταλλείων και άλλων υποβαθμισμένων χώρων (Φουρίκη, 2009).

Οι γενικοί αντικειμενικοί στόχοι που τίθενται σε σχέση με το τελικό προϊόν (εδαφικό υλικό) συνοψίζονται ως εξής:

- Αρχικά, το υλικό πρέπει να είναι κατάλληλο για φύτευση, δηλαδή να περιέχει μακροθρεπτικές και μικροθρεπτικές ουσίες, πολύτιμη οργανική ύλη, σταθερότητα και παστεριοποίηση, ικανή φυσική δομή και να αντιστέκεται στη διάβρωση.
- Ακολούθως, πρέπει να διαθέτει την απαιτούμενη υδατοχωρητικότητα ώστε να αποτρέπεται η κατείσδυση των όμβριων υδάτων στις υποκείμενες στρώσεις της τελικής επικάλυψης ή εντός της απορριμματικής μάζας στην περίπτωση Χ.Υ.Τ.Α. Εν συνεχεία, το υλικό πρέπει να είναι απαλλαγμένο από ανεπιθύμητες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και να πληροί τις απαιτήσεις της Εθνικής και Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας.
- Εν τέλει, μετά το πέρας της επεξεργασίας, το υλικό πρέπει να είναι απαλλαγμένο από ανεπιθύμητες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και να πληροί τις απαιτήσεις της Εθνικής και Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας, δηλαδή να εμφανίζει οσμή παρόμοια με του εδάφους, να έχει άριστα χαρακτηριστικά αποθήκευσης και να διαθέτει επωφελή μικροβιακή μικροχλωρίδα (Φουρίκη, 2009).

Διευκρινίζεται ότι σε κάθε περίπτωση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων δεν εφαρμόζονται ταυτόχρονα όλες οι πιο πάνω επεξεργασίες, αλλά ο πιο κατάλληλος για την περίπτωση συνδυασμός, που η εκλογή του γίνεται από τον ειδικό μελετητή με βάση την επαγγελματική του εκτίμηση, την ποιότητα και ποσότητα των αποβλήτων, την αφομοιωτική ικανότητα και τις επιθυμητές χρήσεις του αποδέκτη, τις τοπικές συνθήκες και την ακολουθούμενη γενικά τοπική πολιτική για το περιβάλλον.

Προκειμένου να προσδιοριστεί το βέλτιστο δυνατό σύστημα επεξεργασίας είναι απαραίτητο να διερευνηθεί η ποιότητα και η μορφή των ρύπων και οι απαιτήσεις διάθεσης ανάλογα με τα θεσπισμένα όρια για τον αποδέκτη. Ο τελικός βαθμός καθαρισμού/επεξεργασίας εξαρτάται από τον καθορισμό της χρήσης του αποδέκτη και τις (νομικές) απαιτήσεις που ισχύουν για την απόρριψη σε αυτόν (όρια εκπομπής ανά παράμετρο). Διαφορετική είναι για παράδειγμα η απαιτούμενη επεξεργασία όταν ο αποδέκτης είναι η θάλασσα και διαφορετική όταν πρόκειται για ένα ποτάμι ή μια λίμνη. Πολλές φορές μελετάται το σύστημα σε πειραματική μονάδα (pilot plant) και διεξάγονται εργαστηριακές δοκιμές για τον προσδιορισμό των ειδικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να συνδυάζεται η απαιτούμενη ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων με τη μικρότερη δυνατή δαπάνη κατασκευής και λειτουργίας μιας Ε.Ε.Λ., να διασφαλίζεται η δημόσια υγεία και γενικότερα η προστασία του περιβάλλοντος και η ποιότητα ζωής (Νταρακάς, 2011).

## 2.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Τα υγρά αστικά απόβλητα περιέχουν κυρίως οργανικές ουσίες (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη, έλαια, φαινόλες, επιφανειακά τασιενεργές ουσίες), ανόργανες ουσίες (άζωτο, φώσφορο, άλατα), και διάφορα στερεά. Περιέχουν, επίσης, ουσίες, οι οποίες βρίσκονται σε κολλοειδή μορφή, μικροοργανισμούς, τοξικές ουσίες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία, καθώς και διαλυμένα αέρια, όπως αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ), υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ), κ.λπ. Τα υγρά απόβλητα χαρακτηρίζονται με βάση τη φυσική, τη χημική και τη βιολογική τους σύσταση.

### 2.3.1 Φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων

Η θερμοκρασία, η αγωγιμότητα, η πυκνότητα, η θολότητα, το χρώμα, η οσμή και τα στερεά ανήκουν στα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων.

#### *Θερμοκρασία*

Η θερμοκρασία ( $^{\circ}\text{C}$ ) των υγρών αποβλήτων είναι πολύ σπουδαία φυσική παράμετρος εξαιτίας της επίδρασής της στο ρυθμό των βιοχημικών αντιδράσεων. Όλες οι βιοχημικές αντιδράσεις εκτελούνται με ταχύτερο ρυθμό σε υψηλές θερμοκρασίες. Συνδέεται άμεσα με τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό (είναι λιγότερο διαλυτό στο θερμό νερό από ότι στο ψυχρό). Ιδιαίτερα τονίζεται η σχέση της θερμοκρασίας με τη διαλυτότητα του οξυγόνου, το οποίο προσδίδεται στα απόβλητα κατά την αερόβια βιολογική επεξεργασία στις δεξαμενές ενεργού ιλύος. Τέλος, η διάθεση θερμών υγρών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες επηρεάζει άμεσα το οικοσύστημα.

#### *Αγωγιμότητα*

Η αγωγιμότητα, η οποία εκφράζεται σε  $\text{mS/cm}$ , χρησιμοποιείται ως αντιπροσωπευτικό μέτρο της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) στα υγρά απόβλητα. Χρησιμοποιείται, επίσης, για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των επεξεργασμένων αποβλήτων που προορίζονται για άρδευση και συνδέεται άμεσα με την αλατότητα, η οποία εκφράζεται σαν ποσοστό επί τοις χιλίοις (%).

#### *Πυκνότητα*

Η πυκνότητα, η οποία εκφράζεται σε  $\text{g/L}$  ή  $\text{kg/m}^3$ , είναι σημαντικό φυσικό χαρακτηριστικό εξαιτίας της δυνατότητάς της για σχηματισμό ρευμάτων πυκνότητας στις δεξαμενές καθίζησης, στις δεξαμενές χλωρίωσης και σε άλλες μονάδες κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

#### *Θολότητα*

Σαν θολότητα ορίζεται η αντίσταση του νερού στην διέλευση του φωτός και συνδέεται κυρίως με την ύπαρξη αργίλου σε αιώρηση και άλλων λεπτόκοκκων και κολλοειδών υλών που υπάρχουν στα απόβλητα. Η θολότητα μετριέται σε μονάδες θολότητας (NTU) ή σε  $\text{mg/L}$  (ppm) διοξειδίου του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ), δηλαδή θολότητα που οφείλεται στην περιεκτικότητα 1 mg πυρόλιθου ( $\text{SiO}_2$ ) σε 1 L νερού. Θολότητα που υπερβαίνει τα 0.5 ppm αρχίζει να γίνεται αντιληπτή με γυμνό μάτι. Το πρότυπο όργανο μέτρησης της θολότητας είναι το θολόμετρο. Η μέτρηση βασίζεται στη σύγκριση της έντασης του

φωτός που υφίσταται διάχυση περνώντας μέσα από ένα δείγμα αποβλήτων με την ένταση του φωτός που υφίσταται διάχυση κατά τη διέλευσή του από ένα πρότυπο αιώρημα κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Τα 10 ppm της κλίμακας SiO<sub>2</sub> θεωρούνται σαν ανώτατο επιτρεπτό όριο θολότητας, συνιστάται, όμως, μη υπέρβαση των 5 ppm όταν πρόκειται για πόσιμο νερό.

#### *Χρώμα*

Το χρώμα στο νερό είναι αισθητικά ανεπιθύμητο. Το καθαρό φυσικό νερό είναι διαυγές και άχρωμο σε μικρές μάζες. Όμως η παρουσία ορισμένων μεταλλικών ιόντων, όπως σιδήρου (Fe) και μαγγανίου (Mn) που βρίσκονται στη φύση, προσδίδουν στο νερό κάποιο χρώμα. Το χρώμα, συνήθως, χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει την ηλικία των υγρών αποβλήτων. Τα φρέσκα αστικά απόβλητα έχουν συνήθως ανοιχτό καφέ-γκρι χρώμα. Κάτω από αναερόβιες συνθήκες τα υγρά απόβλητα αλλάζουν διαδοχικά χρώμα από ανοιχτό καφέ-γκρι σε γκρι και τελικά μαύρο. Όταν το χρώμα των αποβλήτων είναι μαύρο, θεωρείται ότι αυτά έχουν υποστεί σήψη. Πολλές φορές το σκούρο γκρι και το μαύρο χρώμα των υγρών αποβλήτων οφείλεται στη δημιουργία σουλφιδίων μετάλλων, τα οποία σχηματίζονται όταν τα σουλφίδια που παράγονται κάτω από αναερόβιες συνθήκες αντιδρούν με τα μέταλλα των υγρών αποβλήτων.

#### *Οσμή και γεύση*

Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά συνδέονται με το χρώμα και είναι δυνατόν να προέρχονται από διάφορες χημικές ουσίες, από διαλυμένες ή από εν αιώρηση οργανικές ουσίες σε αποσύνθεση, και τέλος από μικροοργανισμούς και από διαλυμένα στο νερό αέρια. Οι ιδιότητες αυτές εκφράζονται, συνήθως, μόνον ποιοτικά σαν έντονες, μέτριες ασθενείς, κ.λπ. Το προς πόση νερό πρέπει να είναι απαλλαγμένο από κάθε ίχνος δυσάρεστης οσμής ή γεύσης. Τα προβλήματα γεύσης στο νερό οφείλονται στα διαλυμένα άλατα (TDS), καθώς επίσης στην παρουσία κάποιων συγκεκριμένων μετάλλων, όπως είναι ο σίδηρος (Fe), ο χαλκός (Cu), το μαγγάνιο (Mn) και ο ψευδάργυρος (Zn). Τα νερά με σύνολο διαλυμένων αλάτων μικρότερο από 1 200 mg/L δεν παρουσιάζουν προβλήματα γεύσης και είναι αποδεκτά από τον καταναλωτή, αν και πρέπει να προτιμάται συγκέντρωση μικρότερη από 500 mg/L. Η αποικοδόμηση φυτικών υλικών και τα προϊόντα μεταβολισμού των μικροοργανισμών αποτελούν τις πιο πιθανές αιτίες δημιουργίας γεύσης και οσμής στα επιφανειακά νερά. Οι μικροοργανισμοί που δημιουργούν, συνήθως, τέτοια προβλήματα είναι τα νηματοειδή βακτήρια, οι ακτινομύκητες και τα πράσινο-μπλε φύκια, αν και είναι δυνατή η δημιουργία τέτοιων προβλημάτων και από άλλους μικροοργανισμούς. Τα συστατικά αυτά είναι ιδιαίτερα δύσσοσμα και υπεύθυνα για την πολύ γνωστή οσμή γαιώδους μούχλας που προσδίδουν στο νερό. Αρκετά υπόγεια νερά έχουν δυσάρεστη οσμή, αλλά και γεύση, που οφείλεται στο περιεχόμενο υδρόθειο (H<sub>2</sub>S).

#### *Στερεά*

Στα φυσικά συστατικά των υγρών αποβλήτων ανήκουν τα ολικά στερεά (TS), τα οποία βρίσκονται αιωρούμενα (SS) ή διαλυμένα (DS) στη μάζα των αποβλήτων. Τα στερεά αποτελούνται από οργανικά (εξαερώσιμα, δηλαδή πτητικά) στερεά (VS) και ανόργανα (αδρανή μη εξαερώσιμα, δηλαδή σταθερά) στερεά (FS).



### 2.3.2 Ανόργανα χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Τα ανόργανα χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνουν τα θρεπτικά συστατικά (κυρίως άλατα αζώτου και άλατα φωσφόρου), τα αμέταλλα συστατικά, τα μέταλλα και διάφορα αέρια.

Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, pH (οξύτητα)

Το pH είναι πολύ σπουδαία παράμετρος και χαρακτηρίζει τόσο τα φυσικά νερά όσο και τα υγρά απόβλητα, τα οποία είναι συνήθως αλκαλικά. Ορίζεται ως ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου και επηρεάζει όλες τις βιοχημικές αντιδράσεις. Το κατάλληλο εύρος για τη διατήρηση των περισσότερων μικροοργανισμών είναι συνήθως μεταξύ 6 και 9. Πολύ όξινα ή πολύ αλκαλικά απόβλητα είναι δύσκολο έως αδύνατο να υποστούν βιολογική επεξεργασία. Η αναερόβια επεξεργασία της ύλης απαιτεί σταθερές τιμές pH (7.0 – 7.5) για να υπάρξει ισορροπία μεταξύ της όξινης και της αλκαλικής ζύμωσης. Οι τιμές pH των εκροών των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων πρέπει να κυμαίνονται από 6.5 – 8.5, ώστε να μην μεταβάλλονται οι αντίστοιχες τιμές των φυσικών νερών.

*Χλωριούχα (Cl)*

Τα χλωριούχα ιόντα στα απόβλητα οφείλονται στα χλωριούχα των νερών της περιοχής και επηρεάζουν την τελική χρήση των επεξεργασμένων αποβλήτων.

*Αλκαλικότητα*

Η αλκαλικότητα των υγρών αποβλήτων οφείλεται κυρίως στην παρουσία των ανθρακικών ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) και των όξινων ανθρακικών ιόντων ( $\text{HCO}_3^-$ ), των υδροξειδίων ( $\text{OH}$ ) και στοιχείων όπως το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg), το κάλιο (K) και το νάτριο (Na). Η αλκαλικότητα είναι πολύ σημαντική παράμετρος γιατί συνεισφέρει στην αντίσταση ενάντια στις αλλαγές του pH, οι οποίες προκαλούνται από την προσθήκη οξέων. Οι χημικές και οι βιολογικές διεργασίες επεξεργασίας συμπεριλαμβανομένης και της βιολογικής απομάκρυνσης των θρεπτικών συστατικών (N, P) προϋποθέτουν σαφή γνώση της αλκαλικότητας των υγρών αποβλήτων. Η αλκαλικότητα εκφράζεται χημικά ως  $\Sigma [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]$  και πρακτικά ως συγκέντρωση (mg/L) ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ).

*Άζωτο (N)*

Το άζωτο είναι βασικό στοιχείο για τη σύνθεση των πρωτεϊνών και οι γνώσεις για τη μορφή με την οποία βρίσκεται στα απόβλητα, καθώς και οι συγκεντρώσεις του σε οποιαδήποτε μορφή, είναι απαραίτητες για τη διαδικασία αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των βιολογικών διεργασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Στα υγρά απόβλητα το άζωτο βρίσκεται σε διάφορες μορφές, κυριαρχεί, όμως, η μορφή του πρωτεϊνικού υλικού και της ουρίας ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ ). Ανεπαρκής ποσότητα αζώτου μπορεί να επιβάλλει την προσθήκη αζώτου προκειμένου να διευκολυνθεί η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Οι ευαίσθητοι φυσικοί αποδέκτες επεξεργασμένων εκροών απαιτούν πάντα την απομάκρυνση του αζώτου από τα υγρά απόβλητα. Το οργανικό κλάσμα, το οποίο βρίσκεται στα απόβλητα σε διαλυτή ή σωματιδιακή μορφή,

αποτελείται από αμινοξέα, αμινοσακχαρίτες και πρωτεΐνες. Η κατανομή της αμμωνίας και των αμμωνιακών ιόντων εξαρτάται συνήθως από το pH. Σε απόβλητα με χαμηλό pH κυριαρχεί το άζωτο με τη μορφή των αμμωνιακών ( $\text{NH}_4^+$ ), ενώ σε υψηλότερες τιμές pH κυριαρχεί η αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ). Τα νιτρώδη ιόντα ( $\text{NO}_2^-$ ) αποτελούν ένα δείγμα προϋπάρχουσας ρύπανσης, ενώ σπάνια συναντάται υψηλή συγκέντρωση αυτών των ιόντων στα υγρά απόβλητα. Τα νιτρώδη θεωρούνται σημαντικά για τα υγρά απόβλητα γιατί είναι ιδιαίτερα τοξικά. Συνήθως, όμως, οξειδώνονται πολύ γρήγορα σε νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ). Τα νιτρώδη που βρίσκονται στις εκροές των υγρών αποβλήτων οξειδώνονται από το χλώριο κατά την απολύμανση και αυτό οδηγεί στην αύξηση της δόσης του χλωρίου και επομένως και στο κόστος της απολύμανσης. Η υπερίσχυση των νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ), τα οποία αποτελούν τη πιο οξειδωμένη μορφή του αζώτου στα υγρά απόβλητα, υποδηλώνει ότι τα απόβλητα σταθεροποιήθηκαν αναφορικά με τις απαιτήσεις σε οξυγόνο.

#### *Φώσφορος (P)*

Και ο φώσφορος (P) όπως και το άζωτο αποτελεί απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, των φυτών και των ζώων. Λόγω των φαινομένων ευτροφισμού, που δημιουργεί στα επιφανειακά νερά, πρέπει να απομακρυνθεί από τα υγρά απόβλητα, τα οποία μπορεί να περιέχουν από 4 – 16 mg/L φώσφορο. Στη βιοτεχνολογία ενδιαφέρον παρουσιάζει η μετατροπή των διαφόρων ανόργανων φωσφορικών αλάτων του εδάφους από τα φυτά σε οργανικές ενώσεις φωσφόρου, ο μεταβολισμός των οργανοφωσφορικών ενώσεων από τα ζώα και η μετατροπή των οργανοφωσφορικών ενώσεων με τη βοήθεια διαφόρων ετεροτροφικών μικροοργανισμών (βακτήρια, μύκητες, κ.λπ.) σε ανόργανα φωσφορικά άλατα.

Στα υγρά απόβλητα ο φώσφορος βρίσκεται (περίπου 4 g ανά κάτοικο και ημέρα), κυρίως, στις οργανικές ενώσεις και αποτελεί το 75% περίπου του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου. Ο υπόλοιπος (25% περίπου) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα, κυρίως, με τη μορφή των ορθοφωσφορικών διαλυτών ιόντων ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) από 70 ως 90% και πολυφωσφορικών ιόντων ( $\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$ ), τα οποία είναι περίπλοκα μόρια, αλλά και με τη μορφή οργανικών φωσφορικών ενώσεων. Ο οργανικά δεσμευμένος φώσφορος δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για τα αστικά λύματα. Τα ορθοφωσφορικά ιόντα χρησιμεύουν για το βιολογικό μεταβολισμό χωρίς να διασπώνται περαιτέρω. Τα πολυφωσφορικά ιόντα υφίστανται υδρόλυση για να επανέλθουν στην ορθοφωσφορική μορφή. Η διαδικασία αυτή είναι συνήθως πολύ αργή. Ο φώσφορος αποτελεί βασικό συστατικό για τη σύνθεση του κυτταρικού ιστού των μικροοργανισμών της ενεργού ιλύος και για την μεταφορά ενέργειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα ποσοστό της τάξης του 10% έως 30% της εισερχόμενης ποσότητας φωσφόρου να απομακρύνεται κατά τη διάρκεια της βιολογικής επεξεργασίας στις δεξαμενές αερισμού, ενώ το σύνολο σχεδόν των φωσφορικών ενώσεων μετατρέπεται σε διαλυτά ορθοφωσφορικά ιόντα. Η συγκέντρωση του φωσφόρου στην εκροή των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων καθορίζεται από τον χαρακτηρισμό του αποδέκτη, όπως ισχύει και για τους άλλους ρύπους. Αυτό σημαίνει ότι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος και η διαδικασία επεξεργασίας που επιλέγεται είναι άμεσα συνυφασμένη με τον αποδέκτη και τις χρήσεις του. Σε γενικές γραμμές, όταν πρόκειται για ευαίσθητους αποδέκτες, θεωρείται ικανοποιητική η ποσότητα του φωσφόρου στην απορροή, όταν αυτή δεν υπερβαίνει τα 2

mg/L. Η πρακτική που ακολουθείται πάντως, εφόσον αποφασίζεται απομάκρυνση του φωσφόρου, αποβλέπει σε απομάκρυνση της τάξης του 90 έως και 95%.

#### *Θείο (S)*

Το θείο είναι απαραίτητο στοιχείο στη σύνθεση των πρωτεϊνών και απελευθερώνεται κατά την αποικοδόμησή τους. Τα θειικά ιόντα ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) διασπώνται βιολογικά κάτω από αναερόβιες συνθήκες σε θειούχα ( $\text{S}^{2-}$ ), τα οποία στη συνέχεια σχηματίζουν υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Το υδρόθειο εκτός του ότι είναι τοξικό, είναι και επικίνδυνο, γιατί οξειδώνεται σε θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), το οποίο ευθύνεται για τη διάβρωση των αγωγών αποχέτευσης.

#### *Μέταλλα*

Τα μέταλλα (K, Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Zn, Sn, Pb, Cr, κ.λπ.) σε ίχνη είναι απαραίτητα για όλα τα έμβια όντα, είναι, όμως, τοξικά σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Πολλά από αυτά χαρακτηρίζονται σαν ρύποι προτεραιότητας. Οι εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων πρέπει να ελέγχονται για την ύπαρξη μετάλλων, ιδιαίτερα εάν οι εκροές προορίζονται για άρδευση.

#### *Αέρια*

Τα αέρια, τα οποία συνδέονται με την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, είναι κυρίως το οξυγόνο ( $\text{O}_2$ ), το οποίο είναι απαραίτητο για την αναπνοή των αερόβιων μικροοργανισμών, η αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ), το υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ), το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) και το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ).

### **2.3.3 Οργανικά χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων**

Στα οργανικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων ανήκουν οι οργανικές ουσίες οι οποίες μετρώνται με το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand, BOD), το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD) και τον Ολικό Οργανικό Άνθρακα (Total Organic Carbon, TOC).

Το BOD είναι η παράμετρος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του οργανικού φορτίου (της τροφής) των υγρών αποβλήτων και των ρυπασμένων νερών. Είναι, δηλαδή, η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για την πλήρη βιοχημική οξείδωση των περιεχόμενων οργανικών ουσιών. Η ταχύτητα της βιολογικής αυτής οξείδωσης εξαρτάται από το είδος της οργανικής ύλης που περιέχεται στο προς εξέταση δείγμα. Υπάρχουν οργανικές ουσίες που οξειδώνονται (αποικοδομούνται) βιολογικά σχετικά εύκολα, αλλά υπάρχουν και αυτές που δεν οξειδώνονται βιολογικά (μη βιοδιασπάσιμες ύλες). Ως γνωστόν τα αστικά λύματα περιέχουν κυρίως υδατάνθρακες, π.χ. κντταρίνη, σάκχαρα, άμυλο, καθώς και αζωτούχες (ουρία, πρωτεΐνες, κ.λπ.) και θειούχες ενώσεις. Οι περισσότερες από αυτές τις ουσίες κατά την βιολογική οξείδωση διασπώνται σε άλλες απλούστερες και δίνουν ανάλογα προϊόντα, όπως διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) και νερό ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Οι οξειδωτικές αυτές αντιδράσεις είναι συνυφασμένες με υψηλή κατανάλωση οξυγόνου, η οποία λαμβάνεται σαν μέτρο της οργανικής ρύπανσης των νερών.

Το απαιτούμενο οξυγόνο για την οξείδωση μιας ποσότητας οργανικών ουσιών (της τροφής) μπορεί να μετρηθεί και με χημικές μεθόδους. Πρόκειται για το Χημικά

Απαιτούμενο Οξυγόνο, το οποίο συμβολίζεται ως COD. Με τον όρο COD εννοούμε την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για τη χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και νερό (H<sub>2</sub>O). Η οξείδωση αφορά το σύνολο των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε ένα δείγμα και μπορούν να οξειδωθούν με ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο. Η μέτρηση του COD χρησιμοποιείται πολλές φορές αντί της μέτρησης του BOD ή συμπληρωματικά. Η ταχύτητα της μέτρησης είναι το μεγάλο πλεονέκτημά της, αφού ολοκληρώνεται σε 2 – 3 ώρες, σε αντίθεση με τη μέτρηση του BOD<sub>5</sub>, η οποία διαρκεί 5 ημέρες. Το μειονέκτημα, όμως, είναι ότι με το COD μετρείται όχι μόνο η βιοδιασπάσιμη, αλλά και η μη βιοδιασπάσιμη οργανική ύλη. Συνεπώς, η μέτρηση του COD είναι κατά κάποιο τρόπο λιγότερο αντιπροσωπευτική από τη μέτρηση του BOD<sub>5</sub>, όταν πρόκειται για προσδιορισμό του οργανικού φορτίου που υπάρχει στα τυπικά αστικά λύματα. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/L COD. Κατά κανόνα το COD είναι πάντα μεγαλύτερο από το BOD<sub>5</sub> και για τα αστικά λύματα ο λόγος COD/BOD<sub>5</sub> είναι 1.2 – 1.5.

Ο Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC) αποτελεί μια άλλη παράμετρο μέτρησης του οργανικού φορτίου. Είναι ένα μέτρο κατάλληλο για μετρήσεις μικρών συγκεντρώσεων οργανικής ύλης, που ενδιαφέρουν ιδιαίτερα την παραγωγή πόσιμου νερού. Με τις σύγχρονες αναλυτικές συσκευές ο προσδιορισμός του ολικού οργανικού άνθρακα είναι πολύ απλή διαδικασία. Η ανάλυση του TOC έχει το πλεονέκτημα ότι ολοκληρώνεται σε 5 με 10 λεπτά. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/L TOC.

Στον Πίνακα 2.1 δίνονται συσχετίσεις μεταξύ BOD, COD και TOC. Εάν ο λόγος BOD/COD για ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα είναι ίσος με 0.5 ή μεγαλύτερος, τότε τα απόβλητα θεωρούνται ότι είναι εύκολα επεξεργάσιμα με βιολογικές μεθόδους. Εάν ο λόγος είναι μικρότερος από 0.3, τότε τα απόβλητα μπορεί να περιέχουν ορισμένα τοξικά στοιχεία, ενώ ταυτόχρονα προσαρμοσμένοι μικροοργανισμοί απαιτούνται για τη σταθεροποίησή τους. Ο αντίστοιχος λόγος BOD/TOC για ανεπεξέργαστα απόβλητα ποικίλλει από 1.2 έως 2.0.

Πίνακας 2.1: Συσχετίσεις μεταξύ BOD, COD και TOC.

Είδος αποβλήτων	BOD/COD	BOD/TOC
Ανεπεξέργαστα	0.3 – 0.8	1.2 – 2.0
Μετά από πρωτοβάθμια επεξεργασία	0.4 – 0.6	0.8 – 1.2
Εκροή	0.1 – 0.3	0.2 – 0.5

Πηγή: Νταρακάς, 2011

Στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά και η σύσταση των τυπικών αστικών λυμάτων, καθώς και οι παραγόμενες ποσότητες ρύπανσης σε g ανά κάτοικο και ημέρα.

Πίνακας 2.2: Χαρακτηριστικά τυπικών αστικών λυμάτων.

Παράμετρος	Ποσότητα (g ανά κάτοικο και ημέρα)	Συγκέντρωση (mg/L)
Ολικά στερεά	115 – 170	680 – 1 000
Πτητικά στερεά	65 – 85	380 – 500
Αιωρούμενα στερεά	35 – 50	200 – 290
Οργανική ύλη ως BOD	50 – 70	290 – 410
Οργανική ύλη ως COD	115 – 125	680 – 730
Ολικό άζωτο	6 – 17	35 – 100
Αμμωνία	1 – 3	6 – 18
Νιτρώδη και νιτρικά	< 1	< 5
Ολικός φώσφορος	1 – 4	6 – 24
Ολικά κολοβακτηριοειδή	–	$10^{10} - 10^{12}$ αποικ/mL
Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	–	$10^8 - 10^{10}$ αποικ/mL

Πηγή: Νταρακάς, 2011

Πίνακας 2.3: Σύσταση αστικών λυμάτων (mg/L) και παραγόμενες ποσότητες ρύπανσης (g κάτοικο και ημέρα).

Είδος	Ανόργανα		Οργανικά		Σύνολο		BOD <sub>5</sub>	
	mg/L	g/i.k./day	mg/L	g/i.k./day	mg/L	g/i.k./day	mg/L	g/i.k./day
Καθιζάνοντα στερεά	130	20	270	40	400	60	130	21
Αιωρούμενα στερεά	70	10	130	20	200	30	80	14
Διαλυμένες ουσίες	330	50	330	50	650	100	150	25
Σύνολο	530	80	110	110	1260	190	360	60

Πηγή: Νταρακάς, 2011

### 2.3.4 Βιολογικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Η σπουδαιότητα των βιολογικών χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων συνιστάται σε λόγους προστασίας της υγείας των ανθρώπων από τους παθογόνους μικροοργανισμούς ανθρώπινης προέλευσης και τη σημασία των βακτηρίων και άλλων μικροοργανισμών στην αποικοδόμηση και την σταθεροποίηση της οργανικής ύλης. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι βρίσκονται στα υγρά απόβλητα προέρχονται από απεκκρίσεις ανθρώπων ή ζώων που έχουν προσβληθεί από μολυσματική ασθένεια ή είναι φορείς αυτής. Διακρίνονται τέσσερις γενικές κατηγορίες παθογόνων μικροοργανισμών: τα βακτήρια, τα πρωτόζωα, οι ελμίνθες (σκουλήκια) και οι ιοί. Με τα βακτήρια εκτιμάται η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών και η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης και με τους ειδικούς μικροοργανισμούς εκτιμάται η λειτουργία της Ε.Ε.Λ., καθώς και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων μέσω των ελέγχων τοξικότητας.

Στα βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων κατατάσσονται και τα πειράματα προσδιορισμού της τοξικότητας. Τα πειράματα αυτά προσφέρουν χρήσιμα στοιχεία για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, των υδρόβιων οργανισμών και του περιβάλλοντος από ουσίες που εμπεριέχονται στα απόβλητα και εκβάλλουν σε επιφανειακά υδάτινα οικοσυστήματα. Πέρα από τον έλεγχο για τη ρύπανση που προκαλείται από τις κλασσικές παραμέτρους (BOD, COD, TSS, N, P, μέταλλα, κ.λπ.), απαιτείται έλεγχος όλων των τοξικών ουσιών που υπάρχουν στις εκροές των Ε.Ε.Λ. Η προσέγγιση βάσει των χημικών ιδιοτήτων των τοξικών ουσιών αποδείχτηκε ανεπαρκής, γιατί δεν μπορούσε να διακρίνει συνεργιστικές επιδράσεις και το βαθμό βιοδιαθεσιμότητας. Η πιο σύγχρονη προσέγγιση περιλαμβάνει πειράματα προσδιορισμού τοξικότητας σε επεξεργασμένες εκροές χωρίς παρεμβολές στη σύστασή τους. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται η συνολική τοξικότητα του δείγματος που θα εισέλθει σε ένα υδάτινο οικοσύστημα.

Τα πειράματα τοξικότητας κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τη διάρκειά τους σε βραχεία, ενδιάμεσα και χρόνια, ανάλογα με τη μέθοδο προσθήκης της ουσίας σε στατικά, επανακυκλοφορίας, ανανέωσης ή συνεχούς παροχής, ανάλογα με τον τύπο της βιοδοκιμής σε in vivo ή in vitro και ανάλογα με το σκοπό που έχουν, π.χ. για θέσπιση ορίων, κατάσταση αποδεκτών, κ.λπ.

Οι μέθοδοι για την εξαγωγή συμπερασμάτων σε πειράματα τοξικότητας χρησιμοποιούν συνήθως θαλάσσιους οργανισμούς και περιλαμβάνουν σύντομες, αλλά και μακροχρόνιες βιοδοκιμές για την επιβίωση, τη γονιμοποίηση, την ικανότητα αναπαραγωγής, την ανάπτυξη, τα ποσοστά των ανωμαλιών, κ.λπ. Η οξεία τοξικότητα εκφράζεται με τη θνησιγόνα συγκέντρωση, όταν σαν αποτέλεσμα της δοκιμής είναι η θνησιμότητα ή η συγκέντρωση που μπορεί να έχει επίδραση στο 50 % των οργανισμών.

## **2.4 Ποσοτικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων**

Η παροχή των υγρών αποβλήτων και η διακύμανσή της αποτελούν βασικά κριτήρια για τον σωστό σχεδιασμό μιας Ε.Ε.Λ. Η παροχή σε μικτό δίκτυο αποχέτευσης κατά την υγρή περίοδο (βροχοπτώσεις) δεν μπορεί να είναι ίδια με την παροχή κατά την ξηρή περίοδο. Η παροχή της ξηρής περιόδου δεν απέχει πολύ από την πραγματική «παραγωγή» αποβλήτων με βάση την κατανάλωση νερού για τις διάφορες δραστηριότητες. Όπως προαναφέρθηκε, τα αστικά λύματα προκύπτουν κατά κύριο λόγο από το χρησιμοποιούμενο από τον πληθυσμό νερό. Υπάρχει, όμως, και ένα ποσοστό χρησιμοποιούμενου νερού το οποίο δεν φτάνει ποτέ στο δίκτυο αποχέτευσης, αλλά απορροφάται από το έδαφος (πότισμα κήπων, διαρροές δικτύου, κ.λπ.) ή ενσωματώνεται σε διάφορα προϊόντα που παράγονται από διάφορες βιοτεχνίες και βιομηχανίες. Επίσης, υπάρχουν κατοικίες και δραστηριότητες, οι οποίες δεν είναι συνδεδεμένες στο αποχετευτικό δίκτυο, χρησιμοποιούν όμως το νερό του δικτύου ύδρευσης, ή και το αντίθετο. Ακόμα, οι εισροές στο αποχετευτικό δίκτυο, όπως η χρήση ιδιωτικών συστημάτων ύδρευσης (γεωτρήσεις) και άλλες όπως οι βροχοπτώσεις, οι ρήξεις αγωγών ύδρευσης, κ.λπ., αποτελούν αστάθμητους παράγοντες στον υπολογισμό της παροχής των υγρών αποβλήτων. Για όλους αυτούς τους λόγους, η παροχή των υγρών αποβλήτων παρουσιάζει διακυμάνσεις κατά τις διάφορες εποχές του έτους, κατά τις διάφορες ημέρες

της εβδομάδας, αλλά ακόμα και κατά τις διάφορες ώρες της ημέρας. Σε γενικές γραμμές, για τους υπολογισμούς λαμβάνεται σαν αφετηρία η κατανάλωση νερού για διάφορες χρήσεις (οικιακή χρήση, βιοτεχνία, βιομηχανία, άρδευση, αναψυχή, κ.λπ.) και δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην παροχή για την ξηρή και την υγρή περίοδο. Ανάλογα με το μέγεθος μιας πόλης μεταβάλλεται μεταξύ 100 - 300 L ανά άτομο και ημέρα.

Για τα Ευρωπαϊκά δεδομένα ο υπολογισμός γίνεται με περίπου 150 – 200 L ανά άτομο και ημέρα, λαμβάνοντας υπόψη το χωριστικό σύστημα όπου κατασκευάζονται δύο ανεξάρτητα δίκτυα, ένα για την αποχέτευση των όμβριων και ένα για τη συλλογή και απομάκρυνση των λυμάτων. Στη χώρα μας κυριαρχεί το μικτό σύστημα αποχέτευσης (αστικά λύματα και όμβρια).

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας που εξυπηρετούν μικτά συστήματα αποχέτευσης σχεδιάζονται, συνήθως, για επεξεργασία λυμάτων τουλάχιστον τριπλάσια της παροχής της ξηρής περιόδου και με δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης μέχρι και εξαπλάσια της παροχής της ξηρής περιόδου, για χρονικό διάστημα δύο περίπου ωρών. Σε πόλεις με χωριστικό σύστημα αποχέτευσης παρατηρούνται μικρότερες διακυμάνσεις και οι παραδοχές για τους υπολογισμούς της παροχής είναι πιο εύκολες, γιατί τα όμβρια ύδατα οδηγούνται απευθείας στους πλησιέστερους παρακείμενους αποδέκτες, ενώ στην Ε.Ε.Α καταλήγει μόνο η «παραγωγή» των αστικών λυμάτων μαζί φυσικά με τις σχετικές εισροές, αλλά χωρίς επαυξήσεις από επιφανειακές απορροές. Στις περιπτώσεις των χωριστικών συστημάτων αποχέτευσης θεωρείται επαρκής ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων που δέχονται μέχρι και την διπλάσια παροχή της ξηρής περιόδου (Νταρακάς, 2011).

## 3 Γενικά στοιχεία διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων

---

### 3.1 Ορισμός αστικών στερεών αποβλήτων

Ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η κοινωνία μας, αλλά και παγκόσμια, τις τελευταίες δεκαετίες και κυρίως τα τελευταία χρόνια είναι ο τρόπος διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, που συνεχώς αυξάνονται. Το πρόβλημα αυτό δεν είναι εθνικό, αλλά παγκόσμιο, και οφείλεται στο γεγονός ότι ο όγκος των παραγόμενων στερεών αποβλήτων αυξάνει δυσανάλογα. Αξίζει να σημειωθεί ότι από το 1995 έως το 2003 τα αστικά απόβλητα στην Ε.Ε. αυξήθηκαν κατά 19% (Αμπελιώτης, 2006).

Μετά την παραγωγή τσιμέντου (1.38 δισεκατομμύρια τόνοι ετησίως), τα δημοτικά στερεά απόβλητα (Δ.Σ.Α.) αντιπροσωπεύουν τη μεγαλύτερη μάζα στερεών, που παράγονται στον κόσμο. Τα κύρια μέσα για τη διαχείριση των Δ.Σ.Α. είναι η ανάκτηση υλικών (ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση), η ανάκτηση ενέργειας (καύση ή αεριοποίηση, πυρόλυση, τεχνική πλάσματος), η βιολογική μετατροπή και η υγειονομική ταφή. Τα περισσότερα αναπτυγμένα κράτη χρησιμοποιούν αυτές τις μεθόδους σε διαφορετική, όμως, έκταση. Παραδείγματος χάριν, από τα 210 εκατομμύρια τόνους Δ.Σ.Α. που παράγονται ετησίως στις Η.Π.Α., 22% ανακυκλώνεται, 14% καίγεται στις εγκαταστάσεις W.T.E. (Waste – to – Energy, θερμική επεξεργασία στερεών αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας) και 55% καταλήγει σε υγειονομική ταφή. Συγκριτικά, στην Ιαπωνία, ανακυκλώνεται το 13%, καίγεται το 74.5%, ενώ για ταφή καταλήγει μόνο 20.3% των Δ.Σ.Α., συμπεριλαμβανομένης και της τέφρας από την καύση. Οι Αμερικανοί πολίτες παράγουν ετησίως περίπου 0.8 τόνους ανά άτομο, σχεδόν διπλάσιο ποσό παραγωγής Δ.Σ.Α. από ότι στην Ιαπωνία. Αυτές οι διαφορές έχουν αποδοθεί στην πυκνότητα του πληθυσμού και σε άλλους πολιτιστικούς παράγοντες (Θέμελης και Κορωναίος, 2004).

«Στερεά απόβλητα» είναι τα στερεά ή ημιστερεά υλικά, τα οποία, κάτω από κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες, δεν έχουν αρκετή αξία ή χρησιμότητα για τον κάτοχό τους, ώστε αυτός να συνεχίσει να υφίσταται τη δαπάνη, τη μέριμνα ή το βάρος της διατήρησής τους (Παναγιωτακόπουλος, 2002). Ωστόσο, μπορεί το αγαθό αυτό να έχει πάψει να δίνει χρησιμότητα στον ιδιοκτήτη του, αλλά για κάποιον άλλο μπορεί να είναι χρήσιμο και να του ικανοποιεί τις ανάγκες του.

Η Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 15<sup>ης</sup> Ιουλίου 1975 περί των στερεών αποβλήτων, ορίζει ως «στερεό απόβλητο» κάθε ουσία ή αντικείμενο, το οποίο ο κάτοχός του αποβάλλει ή υποχρεούται να αποβάλλει, δυνάμει των διατάξεων της εν ισχύ εθνικής νομοθεσίας.



Για να χαρακτηριστεί μια ουσία ως «απόβλητο» δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητές του, αλλά και από:

- τις ισχύουσες οικονομικές συνθήκες,
- το κόστος της απόρριψης,
- την ισχύουσα νομοθεσία (Βουλγαρίδου, 2009).

Τα αστικά στερεά απόβλητα περιλαμβάνουν την ετερογενή μάζα των στερεών αποβλήτων από τις αστικές περιοχές, καθώς και την ομοιογενή μάζα γεωργικών και βιομηχανικών αποβλήτων, αλλά και των μπαζών. Δηλαδή, πρόκειται για τα στερεά απόβλητα που παράγονται από τα νοικοκυριά, τα εμπορικά καταστήματα, τον καθαρισμό οδών και άλλων δημόσιων χώρων, αλλά και εκείνα που παράγονται από πάσης φύσεως επιχειρήσεις και μπορούν από τη φύση τους να εξομοιωθούν με τα στερεά απόβλητα των νοικοκυριών (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Συγκεκριμένα, στη κατηγορία των αστικών στερεών αποβλήτων περιλαμβάνονται όλα τα απόβλητα, εκτός από αυτά που βρίσκονται σε υγρή φάση, χωρίς να έχουν αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ρύπων (δηλαδή υγρών αποβλήτων) και αέριων ρύπων.

Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι καθετί που συμπεριλαμβάνεται στα αστικά στερεά απόβλητα είναι θέμα σύμβασης που συνάπτει η εκάστοτε χώρα. Δηλαδή μέχρι τώρα, τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν ακολουθούσαν τους ίδιους ορισμούς για τους εθνικούς καταλόγους τους. Για το λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμο να διαμορφωθεί ένα ενιαίο πλαίσιο αναφοράς για όλα τα κράτη μέλη, ώστε να γίνονται συγκρίσεις και έγκυρες προβλέψεις της υπάρχουσας κατάστασης που επικρατεί στην εκάστοτε χώρα (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει έντονη συζήτηση στην Ευρωπαϊκή Ένωση τις τελευταίες τρεις δεκαετίες ως προς την διάκριση μεταξύ των «αγαθών» και των «αποβλήτων», χωρίς ωστόσο να έχουν βρεθεί ορισμοί που να ικανοποιούν τις απαιτήσεις τους. Δεν μπορούν να προσδιορίσουν τη διαφορά μεταξύ προϊόντος και αποβλήτου, το πότε και πώς ένα προϊόν μετατρέπεται σε απόβλητο και το αντίθετο. Απλώς αντιλαμβάνονται ότι κάθε αγαθό προσδίδει στον ιδιοκτήτη του χρησιμότητα, η οποία έχει κάποια διάρκεια ζωής και πέραν του ενός σημείου παύει να την παρέχει.

### **3.2 Πηγές προέλευσης αστικών στερεών αποβλήτων**

Τα αστικά στερεά απόβλητα μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορους τρόπους ανάλογα με την οπτική γωνία, υπό την οποία αντιμετωπίζεται το πρόβλημα και οι επιδιωκόμενοι στόχοι. Οι συνηθέστεροι τρόποι κατηγοριοποίησης είναι ανάλογα με:

- την πηγή προέλευσής τους (οικιακά, εμπορικά, βιομηχανικά, κ.λπ.)
- το επίπεδο επικινδυνότητας (επικίνδυνα, τοξικά, κ.λπ.)
- τις φυσικές ιδιότητες (ζυμώσιμα, καύσιμα, κ.λπ.)
- την αρχική χρήση (υλικά συσκευασίας, υπολείμματα τροφών, κ.λπ.).

Κάθε ένας από τους παραπάνω τρόπους ταξινόμησης προσφέρει διαφορετικές πληροφορίες και βοηθά στο να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα. Ο συνηθέστερος τρόπος ταξινόμησης στη διεθνή βιβλιογραφία και πρακτική είναι οι κατηγορίες ανά πηγή προέλευσης, που εστιάζουν το ενδιαφέρον στη σχέση μεταξύ των στερεών αποβλήτων και των δραστηριοτήτων από τις οποίες αυτά παράγονται. Μια τυπική κατάταξη ανά πηγή προέλευσης παρατίθεται στον ακόλουθο πίνακα. Τα απόβλητα που περιέχουν μολυσματικές ουσίες, όπως τα ιατρικά, νοσοκομειακά, εργαστηριακά απόβλητα δεν συγκαταλέγονται στα Α.Σ.Α. (Τράκας, 2006).

Πίνακας 3.1: Γενική διάκριση Α.Σ.Α. ως προς την πηγή προέλευσης.

Χαρακτηρισμός πηγής αποβλήτων	Τυπικές δραστηριότητες ή εγκαταστάσεις όπου παράγονται	Τύποι και συστατικά αποβλήτων
Οικιακά απόβλητα	Κατοικίες, πολυκατοικίες	Τροφικά υπολείμματα, ζυμώσιμα, χαρτιά, χαρτόνια, πλαστικά, υφάσματα, δέρματα, ξύλα, απόβλητα κήπων, γυαλιά, μέταλλα, τέφρα, ογκώδη αντικείμενα, επικίνδυνα/τοξικά οικιακά απόβλητα, ηλεκτρικά είδη/συσκευές, κ.λπ.
Εμπορικά απόβλητα	Καταστήματα, εστιατόρια, γραφεία, ξενοδοχεία, μικρές βιοτεχνίες, τυπογραφεία, συνεργεία, ελαφρά βιομηχανία, κ.λπ.	Τροφικά υπολείμματα, χαρτιά, χαρτόνια, πλαστικά, ξύλα, γυαλιά, μέταλλα, ειδικά απόβλητα (ηλεκτρικές συσκευές, άλλες συσκευές, επικίνδυνα/τοξικά απόβλητα, κ.λπ.
Απόβλητα ιδρυμάτων	Σχολεία, νοσοκομεία, διοικητήρια, κ.λπ. (δεν περιλαμβάνονται τα μολυσματικά απόβλητα)	Τροφικά υπολείμματα, χαρτιά, χαρτόνια, πλαστικά, ξύλα, γυαλιά, μέταλλα, ειδικά απόβλητα (ηλεκτρικές συσκευές, άλλες συσκευές, επικίνδυνα/τοξικά απόβλητα, κ.λπ.
Απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων	Νέες κατασκευές κτιρίων, δρόμων, κ.λπ., κατεδαφίσεις	Ξύλα, σκυρόδεμα, τούβλα, καλώδια, μέταλλα, χώμα, πέτρες, κ.λπ.
Απόβλητα καθαρισμού κοινόχρηστων χώρων	Καθαρισμός οδών, πάρκων, παραλίων χώρων, χώρων αναψυχής	Σκουπίδια, ξύλα, κλαδιά, κ.λπ.
Απόβλητα εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων	Καύση αποβλήτων, βιολογικοί καθαρισμοί, σηπτικές δεξαμενές, κ.λπ.	Τέφρα, ιλύς (λυματολάσπη)

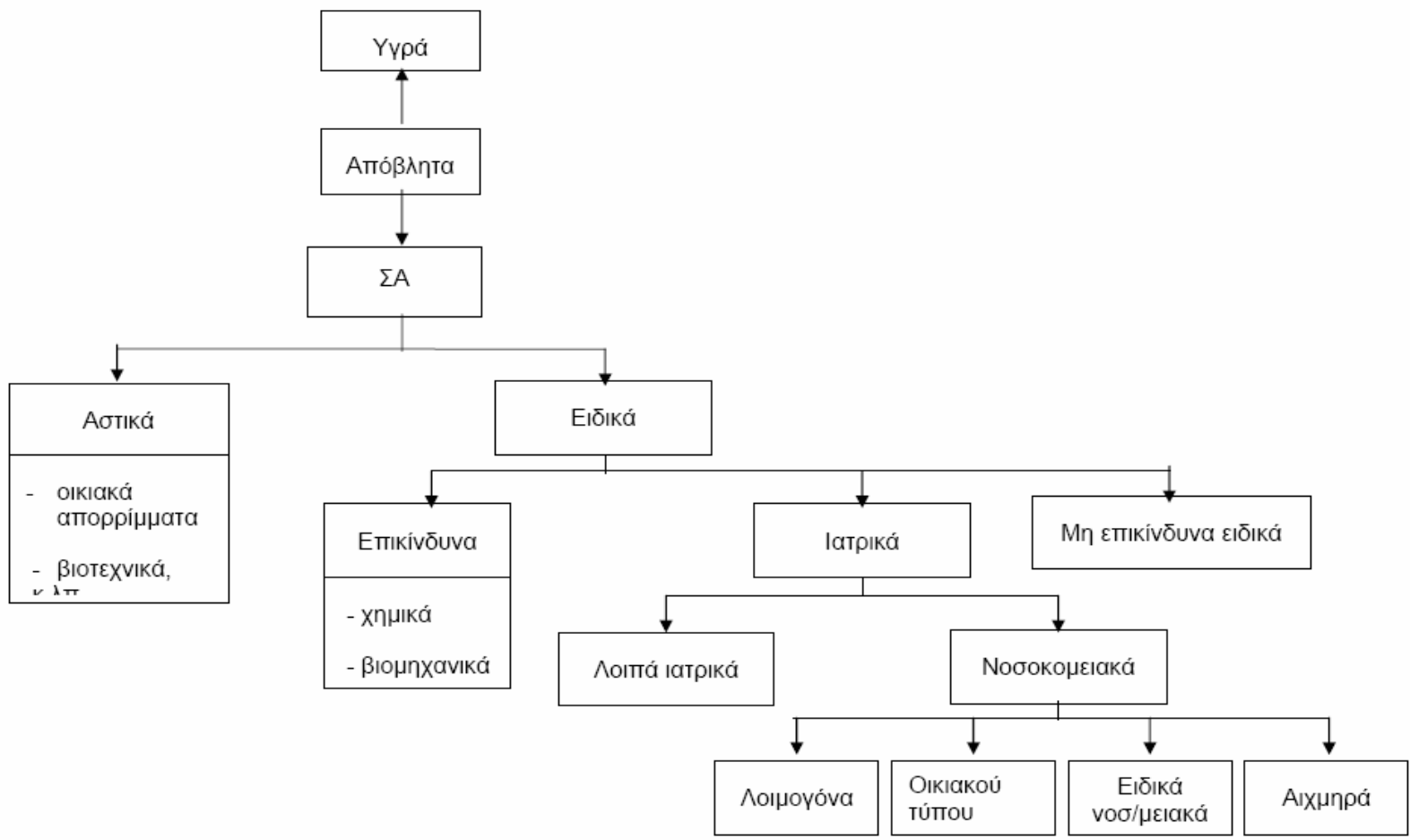
Πηγή: Παναγιωτακόπουλος, 2002

### 3.3 Κατηγορίες αστικών στερεών αποβλήτων

Όπως αναφέραμε, τα αστικά στερεά απόβλητα γενικά είναι τα αντικείμενα από τα οποία ο ιδιοκτήτης τους θέλει να απαλλαγεί, επειδή δεν του ικανοποιούν πλέον τις ανάγκες του. Τα στερεά απόβλητα για λόγους ευκολίας τα διαχωρίζουμε σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τα αστικά απόβλητα και τα ειδικά απόβλητα.

Αναλυτικότερα τα στερεά απόβλητα περιλαμβάνουν:

- αστικά απορρίμματα (οικιακά, βιοτεχνικά, εμπορικά, οδοκαθαρισμού, κ.λπ.)
- στερεά ή υδαρή (με αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ουσιών) απόβλητα, που δε μπορούν να διατεθούν μαζί με τα οικιακά (ορισμένα βιομηχανικά, τοξικά ή αδρανή και απόβλητα της βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας)
- πετρελαιοειδή απόβλητα (προέρχονται από την επεξεργασία του πετρελαίου, διυλιστήρια, χημικά εργοστάσια, ναυπηγεία, κ.λπ.)
- απόβλητα γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων
- απόβλητα ορυχείων και μεταλλείων
- απόβλητα εκσκαφών (από ξηρά και θάλασσα)
- απόβλητα οικοδομικών κατεδαφίσεων
- ιλύες από την επεξεργασία αστικών λυμάτων και τη βιομηχανία
- απόβλητα εμπορικών δραστηριοτήτων
- ιατρικά απόβλητα. ελαστικά.
- σκράπ (π.χ. αποσυρθέντων αυτοκινήτων, παλαιών ηλεκτρονικών υπολογιστών, κ.λπ.).



Σχήμα 3.1: Γενική διάκριση στερεών αποβλήτων (Ανώνυμος, 2002)

### **3.3.1 Αστικά Απόβλητα (απορρίμματα)**

Στην κατηγορία των αστικών αποβλήτων ανήκουν, κατά κύριο λόγο, τα οικιακά απορρίμματα. Επίσης, συγκαταλέγονται τα απόβλητα των εμπορικών καταστημάτων, ιδρυμάτων και βιοτεχνιών και εργασιών οδοκαθαρισμού. Δηλαδή, είναι όλα εκείνα που παρουσιάζουν παρόμοια σύσταση και μορφολογία με τα οικιακά απόβλητα. Σε αυτή τη κατηγορία δε συγκαταλέγονται τα απόβλητα των εκσκαφών, των οικοδομικών κατεδαφίσεων και τα κατεστραμμένα αυτοκίνητα, καθώς είναι αντιληπτό ότι παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές με τα απορρίμματα που παράγονται από τα νοικοκυριά.

Ως «Αστικά Στερεά Απόβλητα» (Α.Σ.Α.) νοούνται τα στερεά απόβλητα που παράγονται από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών (οικιακά Σ.Α.), των εμπορικών δραστηριοτήτων, τον καθαρισμό των δρόμων, καθώς και άλλα στερεά απόβλητα από άλλες πηγές, τα οποία από τη φύση τους ή τη σύνθεσή τους μοιάζουν με τα οικιακά (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Τα οικιακά απορρίμματα αποτελούν ένα ιδιαίτερος ανομοιογενές συνούλευμα υλικών. Η ποιοτική ανάλυση των οικιακών απορριμμάτων αποσκοπεί στο να προσδιορίσει βασικές ποσοστιαίες κατηγορίες υλικών σε αυτά, προκειμένου να προσδιορισθεί πληροφωρία απαραίτητη για την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης, επεξεργασίας και αξιοποίησής τους (ανακύκλωση, ανάκτηση ενέργειας, κ.λπ.).

Επειδή υπήρχαν διαφωνίες και μακρές συζητήσεις, που δεν οδηγούσαν σε συμπεράσματα, το 1993 διαμορφώθηκε ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος αποβλήτων. Ο κατάλογος αυτός έδινε τη δυνατότητα στα κράτη μέλη να συγκρίνουν τα δεδομένα τους, να προβλέπουν τα προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν και γενικά να έχουν εναλλακτικές μεθόδους διαχείρισης για να επιλέξουν. Και σε αυτή τη περίπτωση, η κάθε χώρα τροποποίησε τους ορισμούς για τους εθνικούς καταλόγους, όπως και η χώρα μας (Βουλγαρίδου, 2009).

### **3.3.2 Ειδικά Απόβλητα**

Τα ειδικά απόβλητα βάσει των ιδιοτήτων τους και των αρνητικών επιπτώσεών τους στη δημόσια υγεία και το περιβάλλον διακρίνονται σε επικίνδυνα, μη επικίνδυνα και ιατρικά απόβλητα, καθώς και βιομηχανικά στερεά απόβλητα.

#### *Επικίνδυνα Απόβλητα*

Ως επικίνδυνο απόβλητο ορίζεται κάθε στερεό απόβλητο ή οποιοσδήποτε συνδυασμός αυτών, που λόγω της ποιότητας, της συγκέντρωσης των συστατικών τους ή/και των φυσικών, χημικών ή μεταδοτικών χαρακτηριστικών που έχουν, μπορούν να δημιουργήσουν προβληματικές καταστάσεις. Ορισμένα από τα προβλήματα που προκαλούν είναι οι ασθένειες, που μπορούν να οδηγήσουν μέχρι το θάνατο, και η ανεπανόρθωτη μόλυνση του περιβάλλοντος, η οποία μπορεί να καταστρέψει τη χλωρίδα και τη πανίδα.

Προέρχονται από βιομηχανίες όπως βυρσοδεψία, μονάδες επιφανειακής επεξεργασίας μετάλλων, κλωστοϋφαντουργία, φινιριστήρια και μονάδες παραγωγής γεωργικών

φαρμάκων. Στη κατηγορία αυτή, εντάσσονται και τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB's), τα οποία χρησιμοποιούνται ακόμη σε μεγάλο βαθμό στους μετασηματιστές της ΔΕΗ. Επίσης, επικίνδυνα απόβλητα παράγονται και από τα ναυπηγεία. Τα τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα που παράγονται στην Ελλάδα ετησίως ανέρχονται σε 280 000 tons. Ωστόσο, στις ποσότητες αυτές δε περιλαμβάνονται τα απόβλητα που χρησιμοποιούνται για το μπάζωμα των δρόμων ή ως πρόσθετα υλικά σε τσιμέντα (<http://www.greenpeace.gr>).

Τα αστικά στερεά απόβλητα είναι δυνατόν να περιέχουν ορισμένες ποσότητες επικίνδυνων υλικών, τα οποία λόγω της χημικής ή βιολογικής τους φύσης δεν μπορούν να διατεθούν τελικώς και με ασφάλεια για την ανθρώπινη υγεία. Η ποικιλία των επικίνδυνων αυτών υλικών αυξάνεται με συνεχείς ρυθμούς, επηρεάζοντας τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων που προκύπτουν από τις διάφορες διεργασίες των αποβλήτων (Παναγιωτακόπουλος, 2002). Για να επιτευχθεί ασφαλέστερη αποθήκευση, επεξεργασία και τελική διάθεση των επικίνδυνων στερεών αποβλήτων διεθνώς, τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έκριναν απαραίτητη τη δημιουργία καταλόγου για την ύπαρξη μιας κοινής ορολογίας.

#### *Μη Επικίνδυνα Απόβλητα*

Ως μη επικίνδυνα απόβλητα νοούνται όλα τα ειδικά απόβλητα που δεν είναι επικίνδυνα για το περιβάλλον και τον άνθρωπο και τα οποία θα αναλυθούν σε παρακάτω ενότητα.

#### *Ιατρικά Απόβλητα*

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα απόβλητα όλων των φαρμακευτικών βιομηχανιών, καθώς και εκείνα που προέρχονται από τη περίθαλψη των ασθενών εντός της οικίας τους. Γενικότερα, περιλαμβάνονται τα απόβλητα ανατομικής, παθολογικής, μολυσματικής και επικίνδυνης φύσεως, αλλά και τα μη επικίνδυνα απόβλητα που διακρίνονται στις εξής υποκατηγορίες: νοσοκομειακά απόβλητα και λοιπά ιατρικά και φαρμακευτικά απόβλητα.

Τα «νοσοκομειακά απόβλητα» αναφέρονται στα απόβλητα που παράγονται από κάθε οργανισμό ή υπηρεσία, που ασχολείται με την υγεία των έμβιων όντων, όπως τα νοσοκομεία, οι κλινικές και τα ιατρικά και βιολογικά εργαστήρια. Επεκτείνοντας το δοθέντα ορισμό, στα «ιατρικά απόβλητα» περιλαμβάνονται τα απόβλητα φαρμακευτικών βιομηχανιών και εκείνα που είναι αποτέλεσμα της περίθαλψης ατόμων εντός της οικίας τους. Γενικά, στα ιατρικά απόβλητα περιλαμβάνονται ανατομικά, παθολογικά, μολυσματικά, επικίνδυνα και άλλα μη επικίνδυνα απόβλητα (ανθρώπινα μέλη ή όργανα, επίδεσμοι, αντικείμενα που έχουν έλθει σε επαφή με αίμα ασθενών, κ.λπ. ). Τις τελευταίες δεκαετίες έχει διαπιστωθεί ραγδαία αύξηση των ατόμων που πάσχουν από μολυσματικές μεταδοτικές ασθένειες, όπως η ηπατίτιδα και το AIDS, και παρατηρείται ότι υπάρχει μεγάλη ανησυχία για τον τρόπο διαχείρισης των ιατρικών αποβλήτων, επειδή κινδυνεύει κυρίως η δημόσια υγεία (<http://aix.meng.auth.gr>).

Τα «νοσοκομειακά απόβλητα» διακρίνονται σε τρεις βασικές υποομάδες ανάλογα με τη προέλευσή τους:

- *οικιακού τύπου*: θεωρούνται τα απόβλητα των νοσοκομείων που προέρχονται από τα μαγειρεία, τα εστιατόρια, τις καφετέριες, τα γύψινα εκμαγεία και τα απορρίμματα γραφείων.
- *ειδικά*: χαρακτηρίζονται τα στερεά απόβλητα που περιέχουν τόσο τοξικές όσο και ραδιενεργές ουσίες, και για αυτό το λόγο κρίνεται αναγκαίο να εισαχθούν στο νομαρχιακό σχεδιασμό διαχείρισης στερεών αποβλήτων, ώστε να ακολουθούν τη προβλεπόμενη πορεία διαχείρισης μαζί με τα άλλα επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα.
- *μολυσματικά*: χαρακτηρίζονται εκείνα τα οποία είναι λοιμογόνα ή δυνητικά λοιμογόνα, όπως για παράδειγμα τα προϊόντα χειρουργείων, τα προϊόντα των μικροβιολογικών και αιματολογικών εργαστηρίων και εκείνα που προκύπτουν από την εξυπηρέτηση των ασθενών (<http://www.e-telescope.gr>).

Η ελληνική νομοθεσία, σε ό, τι αφορά το νοσοκομειακά απόβλητα προβλέπει την καύση τους σε ειδικούς αποτεφρωτικούς κλιβάνους, που εγκαθίστανται στα νοσοκομεία. Το 50% των νοσοκομειακών απορριμμάτων είναι παραπλήσια με τα οικιακά απόβλητα, ωστόσο το υπόλοιπο 50% περιέχει μολυσματικές, ραδιενεργές ή εύφλεκτες ουσίες και για αυτό απαιτείται ειδική διαχείριση (Κώττης, 1994).

#### *Ειδικά – Βιομηχανικά Στερεά απόβλητα*

Στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται οι εξής επιμέρους κατηγορίες:

- *αδρανή απόβλητα κατασκευαστικών δραστηριοτήτων*: προέρχονται από ανεγέρσεις οικοδομών, κατεδαφίσεις και εκσκαφές. Τα απόβλητα που παράγονται από αυτές τις δραστηριότητες είναι, κατά κύριο λόγο, αδρανή και ογκώδη, όπως το χώμα, η άμμος, το χαλίκι, το σκυρόδεμα, οι πέτρες και τα τούβλα, αλλά ακόμη και υλικά, όπως το ξύλο, μέταλλα, γυαλί, πλαστικά, χαρτί και ύφασμα. Τα απόβλητα αυτά διαφέρουν ανάλογα με το τύπο της κατασκευής και τη τοποθεσία.
- *στερεά απόβλητα οχημάτων*: στη κατηγορία αυτή εντάσσονται τα ελαστικά επίσωτρα, οι μεταχειρισμένοι καταλύτες, αλλά και τα οχήματα που δε χρησιμοποιούνται πλέον. Τα ελαστικά επίσωτρα συσσωρεύονται, συνήθως, στα βουλκανιζατέρ και έχουν υψηλή θερμογόνο δύναμη, επειδή αποτελούνται, κυρίως, από λάστιχο. Η διαχείριση των ελαστικών αποτελεί ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα στην Ελλάδα, επειδή έχουν μεγάλο όγκο, αλλά και επειδή είναι επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία.
- *αυτοκίνητα*: η μέση ηλικία κατά μέσο όρο των καταλυτικών επιβατικών αυτοκινήτων εκτιμάται περίπου στα 4.5 έτη, ενώ για τα συμβατικά στα 13.2 έτη.
- *καταλύτες*: έχουν συνήθως όριο ζωής τα 100 000 km. Πέρα από το όριο αυτό, θεωρούνται τοξικοί και επικίνδυνοι για τη δημόσια υγεία και χρειάζονται ειδική μεταχείριση. Περιέχουν, όμως, πολύτιμα μέταλλα, όπως η πλατίνα, τα οποία μπορούν να επανενεργοποιηθούν με διάφορες μεθόδους. Στην Ελλάδα δεν υπάρχει κάποιο εργοστάσιο επανενεργοποίησης των καταλυτών και για αυτό στέλνονται στη Γερμανία.
- *ιλύες*: κατά την επεξεργασία καθαρισμού που υφίστανται τα απόβλητα, παράγονται ταυτόχρονα και ορισμένα παραπροϊόντα, όπως, για παράδειγμα, τα σχαρίσματα, η



άμμος, τα ξαφρίσματα και η λάσπη. Από τα παραπροϊόντα αυτά, το σημαντικότερο είναι η λάσπη (ιλύς), η οποία είναι ουσιαστικά ένα παχύρρευστο υγρό, που περιέχει σαράντα περίπου φορές περισσότερες στερεές ουσίες, από ό, τι τα αστικά λύματα και έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία.

- στερεά βιομηχανικά απόβλητα: πρόκειται για τα πάσης φύσεως στερεά απόβλητα που παράγονται από τις βιομηχανικές δραστηριότητες. Στην Ελλάδα δραστηριοποιείται ένας σημαντικός αριθμός βιομηχανικών μονάδων από τη παραγωγική διαδικασία, που παράγει ακίνδυνα στερεά απόβλητα (<http://aix.meng.auth.gr>).

### 3.3.3 Κατηγορίες αποβλήτων βάσει Ε.Ε. (Q1-Q16)

Σύμφωνα με την Οδηγία 2006/12/Ε.Κ. του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5<sup>ης</sup> Απριλίου 2006 περί των στερεών αποβλήτων, η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε ένα κοινό κατάλογο για όλα τα κράτη μέλη με στόχο τη δυνατόν καλύτερη διαχείρισή τους και είναι τα εξής:

Q1: υπολείμματα παραγωγής ή κατανάλωσης που δεν διευκρινίζονται κατωτέρω,

Q2: προϊόντα μη σύμφωνα με τα πρότυπα,

Q3: προϊόντα που έχουν υπερβεί το όριο διατήρησής τους,

Q4: ύλες που έχουν κατά τύχη εκχυθεί, απολεσθεί ή για τις οποίες έχει σημειωθεί κάποιο περιστατικό, συμπεριλαμβανομένου κάθε είδους υλικού εξοπλισμού,

Q5: ύλες που έχουν μολυνθεί ή ρυπανθεί ύστερα από ηθελημένες δραστηριότητες,

Q6: μη χρησιμοποιήσιμα στοιχεία (π.χ. άδειες ηλεκτρικές στήλες, εξαντλημένοι καταλύτες, κ.λπ.),

Q7: ουσίες που έχουν γίνει ακατάλληλες προς χρήση,

Q8: υπολείμματα βιομηχανικών μεθόδων (π.χ. σκωρίες, υποσυστήματα απόσταξης, κ.λπ.),

Q9: υπολείμματα μεθόδων για την καταπολέμηση της ρύπανσης (π.χ. ιλύς πλυσίματος αερίων, σκόνες φίλτρων αέρος, φθαρμένα φίλτρα, κ.λπ.),

Q10: υπολείμματα βιομηχανικής κατεργασίας/μορφοποίησης (π.χ. ρινίσματα τόννευσης ή φρεζαρίσματος, κ.λπ.),

Q11: υπολείμματα εξόρυξης και προετοιμασίας πρώτων υλών (π.χ. υπολείμματα μεταλλευτικής ή πετρελαϊκής εκμετάλλευσης, κ.λπ.),

Q12: ρυπασμένες ύλες,

Q13: κάθε ύλη, ουσία ή προϊόν η χρησιμοποίηση του οποίου απαγορεύεται από το νόμο,

Q14: προϊόντα που δεν μπορούν να χρησιμεύσουν ή δεν μπορούν πλέον να χρησιμεύσουν στον κάτοχό τους (π.χ. απορρίμματα γεωργίας, κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων, εργαστηρίων, κ.λπ.),

Q15: μολυσμένες ύλες, ουσίες και προϊόντα που προέρχονται από δραστηριότητες αποκατάστασης γαιών,

Q16:κάθε ουσία, ύλη ή προϊόν που δεν καλύπτονται από τις προαναφερόμενες κατηγορίες (Βουλγαρίδου, 2009).

### **3.4 Στερεά Μη Επικίνδυνα Απόβλητα (Σ.Μ.Ε.Α.)**

Ως στερεά μη επικίνδυνα απόβλητα χαρακτηρίζονται τα απόβλητα που δεν συμπεριλαμβάνονται στην Οδηγία 91/689/Ε.Ε.Κ. για τα επικίνδυνα απορρίμματα (Βουλγαρίδου, 2009).

Τα στερεά μη επικίνδυνα απόβλητα για πρακτικούς λόγους μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις εξής κατηγορίες:

- Αστικά και παρεμφερή στερεά μη επικίνδυνα απόβλητα.

Στην κατηγορία αυτή εκτός από τα οικιακά απόβλητα συμπεριλαμβάνονται και τα Σ.Μ.Ε.Α. από τις βιοτεχνίες, τα εμπορικά κέντρα, τους καθαρισμούς των δρόμων και των νοσοκομείων (εκτός των μολυσματικών).

- Τα γεωργικά μη επικίνδυνα απόβλητα.

Ως «γεωργικό απόβλητο» χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε γεωργικό υποπροϊόν ή παράγωγο, το οποίο είτε παύει να έχει οποιαδήποτε συμμετοχή στο οικονομικό όφελος ή η παραπέρα επεξεργασία του θεωρείται οικονομικά ασύμφορη και επομένως, χαρακτηρίζεται ως άχρηστο. Στα γεωργικά απόβλητα ανήκουν η ζωική κοπριά, τα υγρά επεξεργασίας γάλακτος, τα απόβλητα των σφαγείων, τα νεκρά ζώα, τα ανεπιθύμητα γεωργικά φάρμακα και χημικά προϊόντα ή τα άδεια δοχεία φαρμάκων, καθώς και οτιδήποτε άλλο απορρίπτεται από τις γεωργικές δραστηριότητες. Στα γεωργικά μη επικίνδυνα απόβλητα συγκαταλέγονται όλα τα υπόλοιπα απορρίμματα που δεν ανήκουν στα γεωργικά απόβλητα (Λαζαρίδη κ.α., 2001).

- Οι σταθεροποιημένες αφυδατωμένες λάσπες εγκαταστάσεων βιολογικών καθαρισμών. Το κύριο χαρακτηριστικό της αφυδατωμένης λάσπης είναι ότι αποτελείται από κολοβακτηριοειδή, κολοβακτηρίδια και σαλμονέλες.
- Τα υλικά κατεδάφισης (μπάζα).

Τα υλικά αυτά προέρχονται από τις κατεδαφίσεις κτιρίων και από το σκάψιμο των δρόμων. Τα υλικά κατεδαφίσεων αποτελούνται από τούβλα (20-40%), μετόν και λάσπη (50%), ξύλο (10-20%) και από υπόλοιπα υλικά (0-20%) (Σκορδίλης, 2006).

### **3.5 Απόβλητα από Ηλεκτρικό και Ηλεκτρονικό Εξοπλισμό (Α.Η.Η.Ε.)**

Ο όρος «απόβλητα από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό» (Α.Η.Η.Ε.) αναφέρεται σε ένα ευρύ φάσμα υλικών και πρόκειται ουσιαστικά για το πιο πολύπλοκο ρεύμα στερεών αποβλήτων. Η πολυπλοκότητά του οφείλεται στην μεγάλη ποικιλία υλικών, που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες για την παραγωγή ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (Η.Η.Ε.), καθώς και στο μεγάλο αριθμό ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών προϊόντων ([www.eedsa.gr](http://www.eedsa.gr)).

Τα απόβλητα του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (Α.Η.Η.Ε.) έχουν προσδιοριστεί από την Κοινοτική και την Εθνική νομοθεσία ως ρεύμα αποβλήτων προτεραιότητας, λόγω της επικινδυνότητάς τους, της ταχείας αύξησης του όγκου τους και των σημαντικών επιπτώσεων που προκαλεί η παραγωγή του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στο περιβάλλον και εξαιτίας της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας. Η ετήσια παραγωγή Α.Η.Η.Ε. οικιακής προέλευσης στη χώρα μας υπολογίζεται μεταξύ 190 000 και 200 000 τόνων. Τα παραγόμενα Α.Η.Η.Ε. ισοδυναμούν κατά μέσο όρο με 18 kg ανά κάτοικο ετησίως (<http://www.minenv.gr>).

Οι κατηγορίες ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που καλύπτονται από τη σχετική νομοθεσία είναι:

1. μεγάλες οικιακές συσκευές
2. μικρές οικιακές συσκευές
3. εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών
4. καταναλωτικά είδη
5. φωτιστικά είδη
6. ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (εξαιρουμένων των μεγάλης κλίμακας σταθερών βιομηχανικών εργαλείων)
7. παιχνίδια, εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού
8. ιατροτεχνολογικές συσκευές (εξαιρουμένων όλων των εμφυτεύσιμων και μολυσμένων προϊόντων)
9. όργανα παρακολούθησης και ελέγχου

(<http://www.minenv.gr>).

### **3.6 Ποιοτική ανάλυση των στερεών αποβλήτων**

Η σύνθεση των απορριμμάτων αποτελεί τη βασική παράμετρο για το σχεδιασμό της διαχείρισής τους και έχει καθοριστικό ρόλο για την επιλογή των μεθόδων και των συστημάτων επεξεργασίας και αξιοποίησής τους, καθώς και για τον έλεγχο της λειτουργίας των εγκαταστάσεων.

Σημειώνεται ότι επηρεάζεται από πολυάριθμους παράγοντες, όπως ο χαρακτήρας του πολεοδομικού συγκροτήματος (πολεοδομική ζώνη, βιομηχανική ζώνη, κ.λπ.), το κλίμα και η εποχή, καθώς το καλοκαίρι περιέχονται στα απορρίμματα πολλά φρούτα και φρέσκα λαχανικά ενώ το χειμώνα στάχτες, ο τύπος της κατοικίας, ο τρόπος ζωής και τα υλικά συσκευασίας.

Οι δειγματοληψίες για τον έλεγχο της σύνθεσης των απορριμμάτων σχεδιάζονται με στατιστικά παραδεκτές μεθόδους και στηρίζονται σε στατιστικά στοιχεία σχετικά με την απασχόληση, τη μόρφωση και γενικά το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων μιας περιοχής. Ένα αντιπροσωπευτικό γενικό δείγμα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 1% της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων και οι στατιστικές περιοχές πρέπει να είναι όσο

το δυνατόν ομοιογενείς. Οι αναλύσεις των απορριμμάτων χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- στις ομάδες διαλογής των υλικών,
- στις φυσικές και χημικές παραμέτρους και
- στο μέγεθός τους.

Η πιο δόκιμη κατηγοριοποίηση των απορριμμάτων, όπως προκύπτει από σειρά δειγματοληψιών και αναλύσεων, περιλαμβάνει τις παρακάτω ομάδες υλικών.

1. Ζυμώσιμα: Περιλαμβάνονται τα τροφικά υπολείμματα (αποφάγια) της κουζίνας και του κήπου.
2. Χαρτί: Περιλαμβάνονται τα πάσης φύσεως χαρτιά και χαρτόνια που προέρχονται, κατά κύριο λόγο, από τις συσκευασίες των προϊόντων και το έντυπο υλικό.
3. Μέταλλα: Είναι το σύνολο των μεταλλικών υλικών που καταλήγουν στον κάδο απορριμμάτων. Υπόκεινται σε διαχωρισμό σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα που ο κύριος αντιπρόσωπός τους είναι το αλουμίνιο. Τα σιδηρούχα έχουν μαγνητικές ικανότητες.
4. Γυαλί: Το γυαλί το διαχωρίζουμε σε λευκό, καφέ και πράσινο γυαλί όταν πρόκειται να ανακυκλωθεί. Σε ό, τι αφορά την παραγωγή λευκού και καφέ γυαλιού απαιτείται υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος.
5. Πλαστικό: Περιλαμβάνεται το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων και χαρακτηρίζεται από έντονη ανομοιογένεια. Η κατηγορία αυτή όλο και επεκτείνεται, επειδή οι καταναλωτές προτιμούν τα συσκευασμένα τρόφιμα.
6. Δέρμα – Ξύλο – Λάστιχο – Ύφασμα.: Αυτή η ομάδα χαρακτηρίζεται ως λοιπά καύσιμα.
7. Αδρανή: Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται τα χημικά ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά απορρίμματα (π.χ. χρώματα, πέτρες, τούβλα). Τα αδρανή απόβλητα μπορούμε να τα χαρακτηρίσουμε και ως ακίνδυνα, καθώς δεν έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην δημόσια υγεία και στο περιβάλλον.
8. Λοιπά: Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλα εκείνα τα απορρίμματα που δεν μπορούν να καταταχθούν σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες (<http://aix.meng.auth.gr>).

Στην κατηγορία των φυσικών και χημικών παραμέτρων ανήκει ο προσδιορισμός της υγρασίας, του ξηρού στερεού, των πτητικών, της τέφρας, του άνθρακα, οργανικού και ανόργανου, του ολικού αζώτου, του αμμωνιακού αζώτου, του ολικού άνθρακα, του υδρογόνου και της θερμογόνου δύναμης. Επίσης, προσδιορίζεται η αναλογία C/N, ο φώσφορος, το θείο, το χλώριο, το φθόριο, το κάλιο, το νάτριο, το χρώμιο, το νικέλιο, ο χαλκός, το κάδμιο, ο ψευδάργυρος, ο μόλυβδος, το ολικό υπόλειμμα και τα ολικά καύσιμα (Τσομπανόγλου, 2009).

Σύμφωνα με το μέγεθός τους, τα απορρίμματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Κατηγορία I: απορρίμματα μεγέθους 0 – 40 mm ,

- Κατηγορία II: απορρίμματα μεγέθους 40 – 120 mm και
- Κατηγορία III: απορρίμματα μεγαλύτερα από 120 mm.

Η ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων είναι παράμετρος δυναμική τόσο τοπικά όσο και χρονικά. Έτσι, παρατηρείται το φαινόμενο να υπάρχει διαφοροποίηση εντός ιδίων περιφερειών της χώρας, από νόμο σε νόμο, αλλά ακόμη και σε περιοχές της ίδιας πόλης. Επίσης, η σύσταση μπορεί να διαφοροποιείται και χρονικά από έτος σε έτος και από εποχή σε εποχή. Για παράδειγμα, τα ελληνικά απορρίμματα παρουσιάζουν αύξηση του ποσοστού του οργανικού κλάσματος κατά τους θερινούς μήνες, λόγω της αυξημένης κατανάλωσης φρούτων και λαχανικών. Τα οικιακά απορρίμματα αποτελούν ένα ιδιαίτερος ανομοιογενές συνοθύλευμα υλικών. Η ποιοτική ανάλυση των οικιακών απορριμμάτων αποσκοπεί στο να προσδιορίσει βασικές ποσοστιαίες κατηγορίες υλικών σε αυτά, προκειμένου να προσδιοριστεί πληροφορία απαραίτητη για την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης, επεξεργασίας και αξιοποίησής τους.

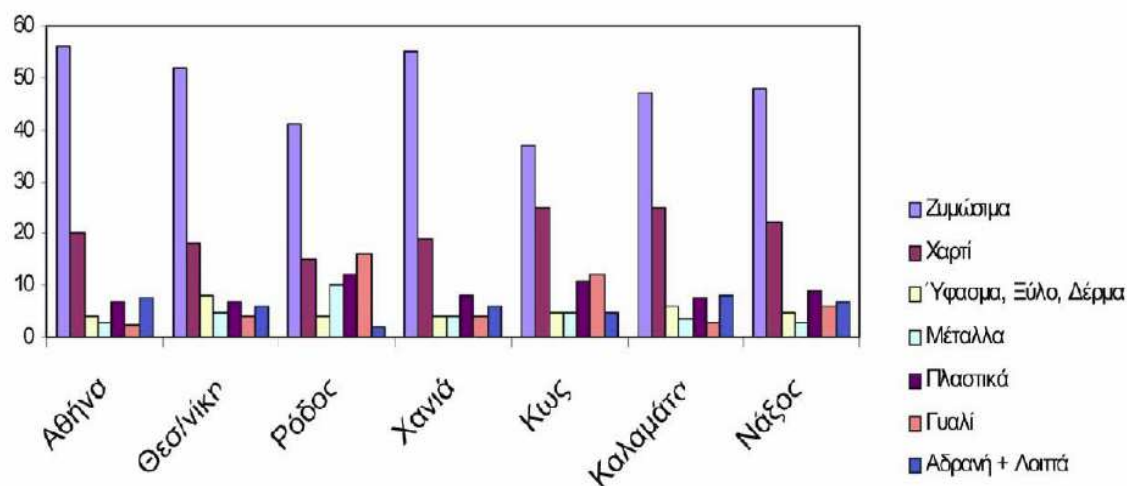
Η έλλειψη περιβαλλοντικής συνείδησης, καθώς και η ελλιπής ενημέρωση των πολιτών και η αδιαφορία ορισμένων φορέων διαχείρισης, έχουν ως αποτέλεσμα να οδηγούνται προς ταφή και επικίνδυνα απόβλητα, όπως προϊόντα ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης, χρώματα, μπαταρίες και φυτοφάρμακα.

Στον πίνακα που ακολουθεί, καθώς και στο αντίστοιχο γράφημα παρουσιάζεται η σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Βασικά χαρακτηριστικά της σύνθεσης των ελληνικών οικιακών απορριμμάτων είναι το υψηλό ποσοστό σε ζυμώσιμα υλικά και πλαστικά. Οι διακυμάνσεις για τις κατηγορίες των υλικών όπως χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί, ύφασμα – ξύλο – δέρμα, αδρανή και υπόλοιπα δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Αντιθέτως, τα ζυμώσιμα υλικά, παρουσιάζουν αυξήσεις κατά τη θερινή περίοδο. Κατά την ταξινόμηση ανά μέγεθος, η κατηγορία II (40 – 120 mm) δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από την κατηγορία I (0 – 40 mm), ενώ η κατηγορία III (>120 mm) έχει το μεγαλύτερο ποσοστό.

Πίνακας 3.2: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα (κ.β.).

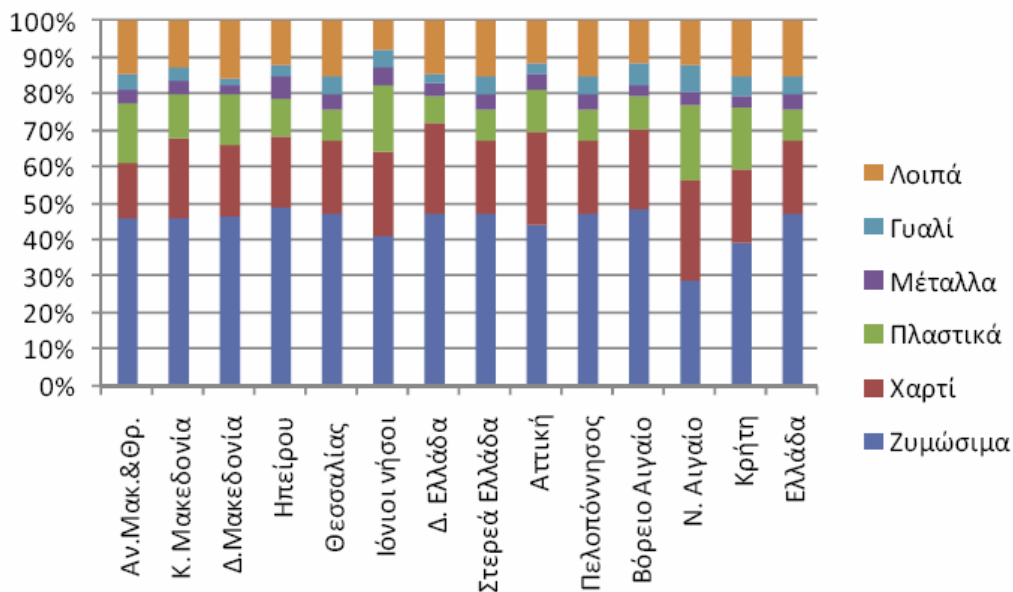
	Αθήνα	Θεσσαλονίκη	Ρόδος	Χανιά	Κως	Καλαμάτα	Νάξος
Ζυμώσιμα	56	52	41	55	37	47	48
Χαρτί	20	18	15	19	25	25	22
Ύφασμα – ξύλο – δέρμα	4	8	4	4	5	6	5
Μέταλλα	3	5	10	4	5	3.5	3
Πλαστικά	7	7	12	8	11	7.5	9
Γυαλί	2.5	4	16	4	12	3	6
Αδρανή και λοιπά	7.5	6	2	6	5	8	7

Πηγή: Τσομπανόγλου, 2009



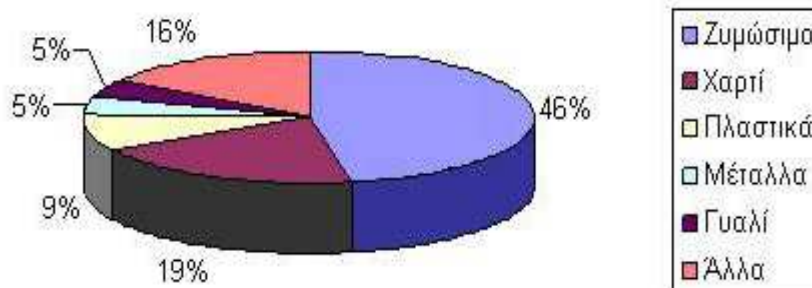
Σχήμα 3.2: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα (κ.β.) (Τσομπανόγλου, 2009)

Η ποιοτική σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων για τις 13 Περιφέρειες της Ελλάδος παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3.



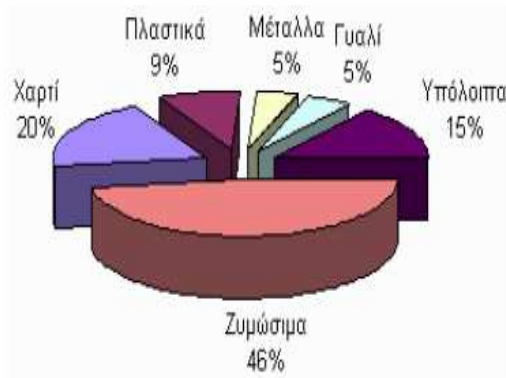
Σχήμα 3.3: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ για τις Περιφέρειες της Ελλάδας (Μπουρτσάλας κ.α., 2011)

Στο διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζεται η μέση ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2003).

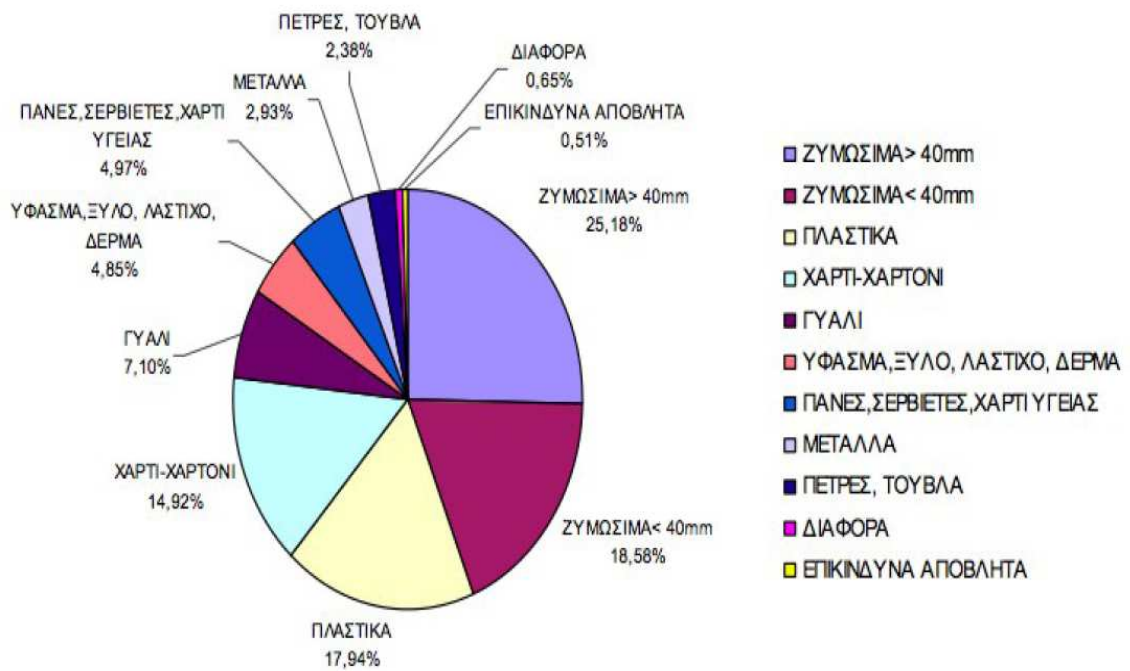


Σχήμα 3.4: Μέση ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων(www.eedsa.gr)

Όπως φαίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα, οι ουσιαστικότερες μεταβολές στη σύνθεση των απορριμμάτων από τη δεκαετία του '80 έως σήμερα είναι η μείωση των ζυμώσιμων υλικών και η αύξηση των πλαστικών και του χαρτιού. Σήμερα βρίσκεται σε εξέλιξη η δεύτερη έρευνα για τη σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων της Αθήνας, η οποία πραγματοποιείται από το Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών.

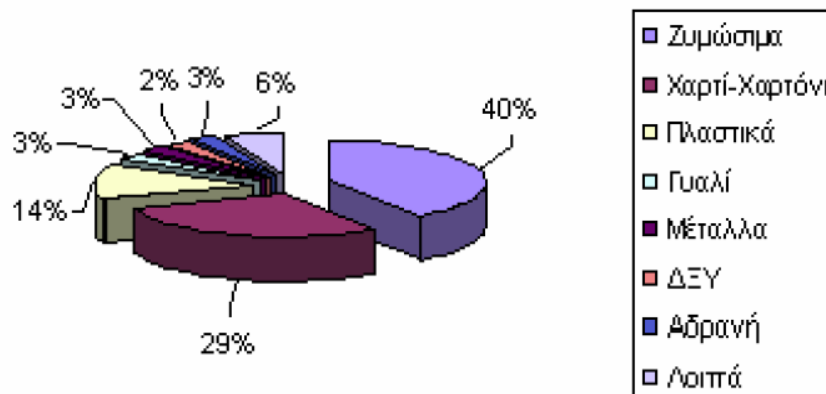


Σχήμα 3.5: Μέση ποιοτική σύσταση των οικιακών αποβλήτων (1997) (Ανώνυμος, 2002)



Σχήμα 3.6: Σύσταση απορριμμάτων (κ.β.) (Δερματάς, 2010)





Σχήμα 3.7: Εκτίμηση σύνθεσης αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα (Βαϊοπούλου, 2010)

Σύμφωνα με τα πρώτα στοιχεία, ο κύριος όγκος των αστικών αποβλήτων σήμερα στην Αθήνα εξακολουθεί να αποτελείται από ζυμώσιμα υλικά (40%), αν και πλέον σε μικρότερο ποσοστό. Αντίθετα, έχει αυξηθεί από το ένα πέμπτο στο ένα τρίτο (29%) η παρουσία χαρτιού και χαρτονιού, ενώ διπλασιάστηκε το ποσοστό των πλαστικών (14%). Στα ίδια επίπεδα περίπου εκτιμάται ότι περιέχεται στα απορρίμματά μας γυαλί (3%), μέταλλα (3%), αδρανή (3%), δέρμα – ξύλο – λάστιχο (2%), ενώ το υπόλοιπο 6% αποτελείται από διάφορα άλλα υλικά (www.eedsa.gr).

Ωστόσο, η μέση σύνθεση των απορριμμάτων διαφέρει σημαντικά από χώρα σε χώρα, καθώς εξαρτάται από μεγάλη ποικιλία παραγόντων (βιοτικό επίπεδο, διατροφή, πρόγραμμα ανακύκλωσης υλικών, κ.λπ.). Μερικές τυπικές αναλύσεις για τα οικιακά απορρίμματα στη Δυτική Ευρώπη, τις ΗΠΑ και τη Μέση Ανατολή παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3.3: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων σε άλλες χώρες (κ.β.).

	Δυτική Ευρώπη	ΗΠΑ	Μέση Ανατολή
Οργανικά	21.3	22.6	60.0
Χαρτί	27.4	45.6	25.3
Υφάσματα	3.5	4.5	1.4
Πλαστικά	3.1	2.6	5.8
Γυαλί	9.5	6.2	1.0
Μέταλλα	8.5	9.1	2.8
Σκόνη. Αδρανή	19.8	7.6	2.3
Διάφορα	6.8	1.8	1.4

Πηγή: Φελεσκούρα και Παπαϊωάννου, 2004

Θα πρέπει να σημειωθεί πως για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας των Α.Σ.Α., είναι σημαντικό να γίνουν μελέτες για την ταυτοποίηση της σύστασής τους. Οποιαδήποτε τεχνική επεξεργασίας και να επιλεγεί ενδέχεται να οδηγήσει σε αστοχία, αν δεν είναι γνωστή η ακριβής σύσταση των απορριμμάτων.

Η σύνθεση των απορριμμάτων ποικίλει ανάλογα και με την εποχή του έτους. Χαρακτηριστικά στοιχεία δίνονται στον Πίνακα 3.4, όπου παρουσιάζεται η εποχικότητα της σύνθεσης των απορριμμάτων για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Πίνακας 3.4: Σύνθεση απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης ανάλογα με την εποχή.

	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας
Ζυμώσιμα	54.7	57.3	49.2	45.9
Χαρτί	17.2	15.0	20.4	18.1
Ύφασμα – ξύλο – δέρμα	7.7	7.3	10.2	12.5
Πλαστικά	6.9	6.5	6.4	9.5
Αδρανή	3.5	4.3	3.1	4.2
Μέταλλα	6.2	5.7	6.0	5.0
Γυαλί	3.8	3.7	4.7	4.8

Πηγή: Φελεσκούρα και Παπαϊωάννου, 2004

Για να είναι δυνατή η επεξεργασία των Α.Σ.Α. πρέπει να είναι γνωστά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους και οι ιδιότητές τους. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η εύρεση της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων προκύπτουν με βάση το χαρακτήρα των ιδιοτήτων τους. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων μπορούν να κατανεμηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- Τα φυσικά χαρακτηριστικά αναφέρονται στη φυσική σύσταση κατά βάρος κάποιων ευδιάκριτων υλικών, όπως το χαρτί, το γυαλί, το πλαστικό, τα μέταλλα, τα ζυμώσιμα και λοιπά συστατικά, που εκφράζεται σε ποσοστιαίες μονάδες, το ειδικό βάρος τους, το μέγεθος – κατανομή των μεγεθών και τέλος, τη διαπερατότητά τους.
- Τα χημικά χαρακτηριστικά προκύπτουν αναλογικά με τη χημική σύσταση των απορριμμάτων. Τα στερεά απόβλητα, συνήθως, αποτελούνται από υγρασία, ανόργανα και οργανικά συστατικά και μη πτητικές ουσίες, καθώς και μικρά ποσοστά χημικών στοιχείων. Στα χημικά χαρακτηριστικά, ανήκει και η θερμογόνο δύναμη των απορριμμάτων, καθώς και η περιεκτικότητα που έχουν σε επικίνδυνα συστατικά.
- Τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά ορίζονται από το ποσοστό των μολυσματικών αποβλήτων που βρίσκονται στην συνολική παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων.
- Τα βιολογικά χαρακτηριστικά: αναφέρονται στη δυνατότητα του οργανικού κλάσματος των στερεών απορριμμάτων να μετασχηματίζεται μέσω βιολογικών διεργασιών, σε αέρια, αδρανή οργανικά και αέρια στερεά συστατικά. Τα βιολογικά χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των μεθόδων επεξεργασίας που σχετίζονται με τη βιοδιάσπαση της οργανικής ύλης των Α.Σ.Α. Από τις διαδικασίες σήψης των οργανικών συστατικών και ιδιαίτερα των υπολειμμάτων των τροφών, είναι δυνατό να εκλύονται οσμές και να προσελκύονται διάφορα έντομα (<http://aix.meng.auth.gr>).

Οι φυσικές μετατροπές που ενδιαφέρουν στη διαχείριση των Α.Σ.Α. είναι: α) ο διαχωρισμός σε συστατικά για την μετατροπή ενός ανομοιογενούς και ποικιλόμορφου υλικού σε πολλά λιγότερο ποικιλόμορφα και σχεδόν ομοιόμορφα συστατικά, β) η συμπίεση για την αύξηση της αποδοτικότητας και γ) ο τεμαχισμός για την διαμόρφωση ενός πιο ομοιόμορφου και πιο κατάλληλου για περαιτέρω επεξεργασία υλικού.

Οι χημικές μετατροπές είναι οι αναφερόμενες ως θερμικές επεξεργασίες όπως καύση, πυρόλυση και αεριοποίηση, οι οποίες συνεπάγονται αλλαγή κατάστασης που συνοδεύεται από έκλυση ενέργειας. Κύριος στόχος είναι η μείωση του όγκου και η παραγωγή ενέργειας.

Οι κύριες βιολογικές μετατροπές είναι η αερόβια και η αναερόβια βιοαποδόμηση που έχουν σαν στόχο τη σχετική αδρανοποίηση του οργανικού κλάσματος των Α.Σ.Α., τη μείωση του όγκου και του βάρους, την παραγωγή μεθανίου και εδαφοβελτιωτικού υλικού (Τσομπανόγλου, 2009).

Παρακάτω, περιγράφονται αναλυτικότερα τα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων που αναφέρθηκαν.

### **3.6.1 Φυσικά χαρακτηριστικά**

#### *Φυσική σύσταση*

Όπως προαναφέρθηκε η φυσική σύσταση αναφέρεται στην ποσοστιαία σύσταση των απορριμμάτων σε ευδιάκριτα υλικά. Ο προσδιορισμός της φυσικής σύστασης των απορριμμάτων αποτελείται από τα ακόλουθα τρία βασικά στάδια:

- δειγματοληψία
- προεπεξεργασία δείγματος
- ανάλυση (<http://aix.meng.auth.gr>)

#### *Πυκνότητα ή ειδικό βάρος*

Ως πυκνότητα ενός υλικού ορίζεται η μάζα του υλικού ανά μονάδα όγκου και το ειδικό βάρος ορίζεται το βάρος του υλικού ανά μονάδα όγκου. Το ειδικό βάρος ή πυκνότητα των στερεών απορριμμάτων μεταβάλλεται ανάλογα με τη φάση διαχείρισής τους. Η πυκνότητα των Α.Σ.Α. μπορεί να μεταβάλλεται, καθώς επηρεάζεται από τη συμπίεση που μπορεί να δέχονται τα υλικά, δηλαδή καθώς μειώνεται ο όγκος τους. Συνεπώς, υπολογίζεται είτε στη μορφή που βρίσκονται αυτά μέσα στους κάδους είτε σε συμπιεσμένη μορφή. Ο βαθμός συμπίεσης εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το υλικό (Παναγιωτακόπουλος, 2002). Οι τιμές του ειδικού βάρους εξαρτώνται από τη γεωγραφική θέση της περιοχής που εξετάζεται, την εποχή του έτους και το χρόνο παραμονής των απορριμμάτων στους κάδους. Η πυκνότητα των απορριμμάτων πρέπει να είναι γνωστή, διότι είναι απαραίτητη για το προσδιορισμό της συνολικής μάζας των απορριμμάτων και του όγκου του νερού που περιέχουν, ο οποίος επηρεάζει σημαντικά τη διαχείρισή τους (<http://aix.meng.auth.gr>). Η πυκνότητα των Α.Σ.Α. χωρίς καμία επεξεργασία είναι  $130 \text{ kg/m}^3$ , ενώ στα απορριμματοφόρα, όπου είναι συμπιεσμένα, είναι  $300 \text{ kg/m}^3$  (Αμπελιώτης, 2006).

Πίνακας 3.5: Ειδικό βάρος διαφόρων συστατικών απορριμμάτων.

Συστατικό	Ειδικό βάρος (kg/m <sup>3</sup> )
Υπολείμματα τροφών	130 – 490
Χαρτί	40 – 130
Χαρτόνι	40 – 80
Πλαστικά	40 – 130
Υφάσματα	40 – 100
Ελαστικά	100 – 200
Δέρματα	100 – 265
Απορρίμματα κήπων	60 – 230
Ξύλο	130 – 325
Γυαλί	160 – 485
Αλουμίνιο	65 – 240
Σιδηρούχα κράματα	50 – 160
Σκόνη, τέφρες	325 – 1 000

Πηγή: Ανώνυμος, 2002

#### *Υγρασία*

Η υγρασία των απορριμμάτων ποικίλει ανάλογα με την εποχή του έτους, τις καιρικές συνθήκες και τη σύνθεση των Α.Σ.Α. (Παναγιωτακόπουλος, 2002). Επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τη μέθοδο επεξεργασίας που θα χρησιμοποιηθεί στον τρόπο διαχείρισής τους. Όταν πρόκειται να υποστούν θερμική επεξεργασία (καύση) πρέπει πρώτα να αφαιρεθεί το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού, γιατί μειώνει τη θερμογόνο δύναμη. Επίσης, η υγρασία επηρεάζει την αερόβια χώνευση (κομποστοποίηση) και την αναερόβια χώνευση, που λαμβάνει χώρα στους Χ.Υ.Τ.Α. Το γεγονός ότι προσθέτει βάρος στα αστικά στερεά απόβλητα έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος μεταφοράς τους. Κατά μέσο όρο η υγρασία των Α.Σ.Α. στην χώρα μας κυμαίνεται στο 37.5% (Αμπελιώτης, 2006).

Πίνακας 3.6: Τυπικές τιμές υγρασίας απορριμμάτων (κ.β.).

Συστατικό	Υγρασία (%)
Υπολείμματα τροφών	70
Χαρτί	6
Χαρτόνι	5
Πλαστικά	2
Γυαλί	2
Μέταλλα	3
Κονσέρβες	3
Απορρίμματα κήπων (κλαδιά, φύλλα, κλπ.)	60
Στάχτη, σκόνη, τούβλα, κλπ.	8
Δέμα	10
Υφάσματα	10
Αδρανή άνω των 20 mm	10
Αδρανή κάτω των 20 mm	8

Πηγή: Ανώνυμος, 2002

#### *Μέγεθος και κατανομή μεγεθών*

Δίνεται βαρύτητα στο μέγεθος των στερεών απορριμμάτων, ιδιαίτερα όταν πρόκειται να εφαρμοστεί κάποιο πρόγραμμα ανάκτησης υλικών με μηχανικά μέσα. Το μέγεθος των απορριμμάτων εκφράζεται σε συνάρτηση μιας, δύο ή τριών διαστάσεων και παίζει καθοριστικό ρόλο στην καύση, τη συμπίεση, τη μηχανική διαλογή, την αποδόμηση και την ανάκτηση υλικών (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

#### *Υδραυλική αγωγιμότητα*

Η υδραυλική αγωγιμότητα ή υδατοπερατότητα των στερεών απορριμμάτων είναι ουσιαστικά το μέτρο που δείχνει την ευκολία που έχει το νερό και τα άλλα ρευστά να διαπερνούν μέσα από τα απορρίμματα. Η ειδική διαπερατότητα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων, το πορώδες, τη κατανομή και πολυπλοκότητα των πόρων, καθώς και από την κοκκομετρία. Μετράται με μονάδες ταχύτητας ( $m/s^2$ ) (<http://aix.meng.auth.gr>).

#### *Υδροαπορροφητικότητα*

Η υδροαπορροφητικότητα είναι η μέγιστη υγρασία που μπορούν να συγκρατήσουν τα Α.Σ.Α. σε κανονικές συνθήκες πεδίου βαρύτητας, δηλαδή χωρίς να δέχονται καμία συμπίεση. Από την υδροαπορροφητικότητα εξαρτάται η δημιουργία στραγγισμάτων στους χώρους υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων. Ως φυσικό χαρακτηριστικό εξαρτάται από τη σύνθεση των αστικών στερεών απορριμμάτων, το βαθμό συμπίεσης και το βαθμό βιοαποδόμησης των οργανικών ουσιών (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

### **3.6.2 Χημικά χαρακτηριστικά**

#### *Στοιχειακή ανάλυση*

Η στοιχειακή ανάλυση αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία, καθώς λαμβάνει χώρα σε εργαστήριο. Η μέθοδος που ακολουθείται είναι η καύση του δείγματος σε πολύ υψηλή θερμοκρασία. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η συγκράτηση των παραγόμενων οξειδίων σε ειδικές στήλες για να αναλυθούν και να καθοριστούν τα χημικά στοιχεία και η ποσοστιαία τους περιεκτικότητα στα αστικά στερεά απόβλητα. Τα σημαντικότερα χημικά συστατικά, που αφορούν τα στερεά απόβλητα, είναι ο άνθρακας (C), το οξυγόνο (O), το άζωτο (N), το υδρογόνο (H), το θείο (S) και το υπόλειμμα της καύσης, δηλαδή η τέφρα. Το οξυγόνο, ο άνθρακας και το υδρογόνο αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος σε όλα τα συστατικά (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

#### *Θερμογόνος δύναμη*

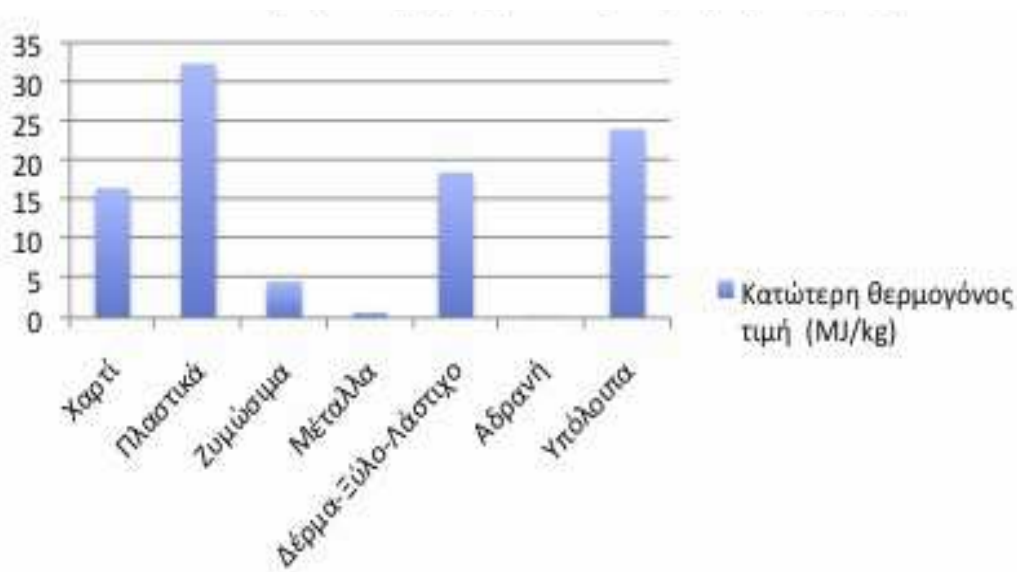
Η θερμογόνος δύναμη που προέρχεται από το οργανικό κλάσμα των Α.Σ.Α. είναι η θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται από την πλήρη καύση του και εκφράζεται σε χλιοθερμίδες ανά κιλό απορριμμάτων (kcal/kg). Η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων ή των συστατικών τους υπολογίζεται με τη βοήθεια θερμοδόμετρου στο εργαστήριο (<http://aix.meng.auth.gr>). Η τυπική τιμή της θερμογόνου δύναμης των αστικών στερεών απορριμμάτων είναι περίπου 2 500 kcal/g. Η κυτταρίνη θεωρείται βασική πηγή της θερμογόνου δύναμης (Θωμά, 2005). Ενδεικτικές τιμές της θερμογόνου δύναμης ανάλογα με τον τύπο των απορριμμάτων δίνονται στον Πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7: Θερμογόνος δύναμη απορριμμάτων.

Συστατικό	Θερμιδικό περιεχόμενο (kJ/kg)
Υπολείμματα τροφών	4 000 – 37 000
Χαρτί	11 500 – 25 300
Χαρτόνι	16 000
Πλαστικά	23 000 – 44 000
Υφάσματα	18 500
Ελαστικά	25 500
Δέρματα	17 400
Απορρίμματα κήπων	4 800 – 17 000
Ξύλο	6 000 – 17 000

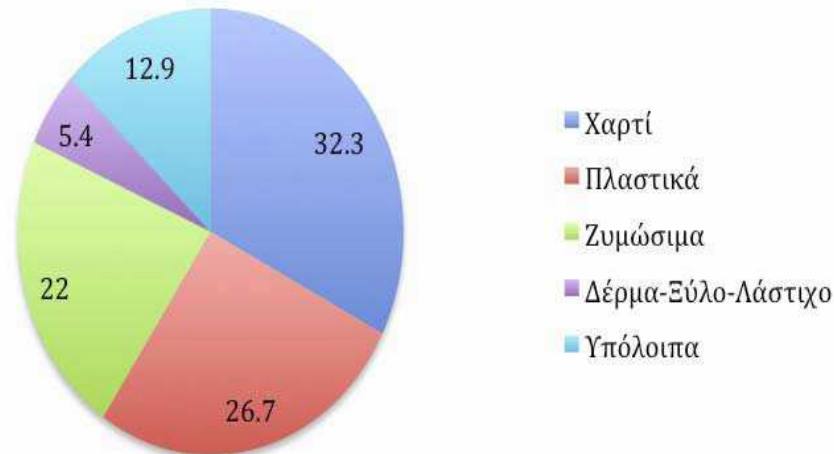
Πηγή: Ανώνυμος, 2002

Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζεται η κατώτερη θερμογόνος τιμή των ελληνικών Α.Σ.Α.



Σχήμα 3.8: Κατώτερη θερμογόνος τιμή διαφόρων κλασμάτων των ελληνικών Α.Σ.Α. (Μπουρτσάλας κ.α., 2011)

Το Σχήμα 3.9 παρουσιάζει την επί τοις εκατό συμμετοχή της ενέργειας που περικλείει κάθε κλάσμα υλικού των ελληνικών Α.Σ.Α.



Σχήμα 3.9: Συμμετοχή στην ενέργεια των ελληνικών οικιακών απορριμμάτων (Μπουρτσάλας κ.α., 2011)

#### Ανάλυση καταλληλότητας για καύση

Η ανάλυση καταλληλότητας καύσης αναφέρεται στον προσδιορισμό των ακόλουθων χαρακτηριστικών, που έχουν καθοριστική σημασία για τη καταλληλότητα προς καύση των αστικών στερεών αποβλήτων:

1. υγρασία: μειώνει τη θερμογόνο δύναμη των Α.Σ.Α. και αυξάνει το βάρος τους. Τα απορρίμματα θερμαίνονται για περίπου μία ώρα στους 105°C, ώστε να απαλλαγούν από αυτήν αλλά και από το πρόσθετο βάρος που τους δίνει.

2. τέφρα: είναι το υπόλειμμα της καύσης των Α.Σ.Α. αλλά και των συστατικών των αποβλήτων που δε καίγονται. Τα απόβλητα θερμαίνονται στους 550°C, για να απαλλαχθούν από το πρόσθετο βάρος.
3. πτητική καύσιμη ύλη: θεωρείται ότι είναι το επί τοις % βάρος των απορριμμάτων, το οποίο μετατρέπεται σε αέρια μορφή όταν θερμαίνονται στους 550°C.
4. μη πτητικός άνθρακας: είναι η μη πτητική οργανική ύλη που μένει όταν θερμαίνεται σε θερμοκρασία 550°C. Θεωρείται ότι και αυτός είναι καύσιμη ύλη, αλλά σε μεγαλύτερες των 550°C θερμοκρασίες.

#### *Ομαδοποίηση χημικών ενώσεων*

Με την ομαδοποίηση των χημικών ενώσεων ουσιαστικά επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των χημικών ενώσεων που αποτελούν τα απορρίμματα, οι οποίες είναι:

- τα λιπίδια, με υψηλή θερμογόνο δύναμη και χαμηλή διαλυτότητα στο νερό,
- οι υδατάνθρακες, με μεγάλη διαλυτότητα στο νερό και υψηλό ρυθμό βιοαποδόμησης,
- οι φυσικές και τεχνητές ίνες, που συναντώνται στα υφάσματα και στα δέρματα,
- οι πρωτεΐνες,
- τα συνθετικά οργανικά υλικά, όπως τα πλαστικά που βιοαποδομούνται πολύ δύσκολα και έχουν υψηλή θερμογόνο δύναμη,
- τα ανόργανα υλικά (όπως τα γυαλιά, μέταλλα, κεραμικά, χώμα και τέφρα) (Παναγιωτακόπουλος, 2002).



Πίνακας 3.8: Πρόσφατες μετρήσεις φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των Α.Σ.Α.

Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Ελάχιστο	Μέγιστο	Διάμεση τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Υγρασία	(%)	30.0	48.2	37.2	37.5	4.6
ph	–	5.98	7.11	6.57	6.60	0.34
Οργανική ουσία	(%)d,w	72.1	91.6	83.4	83.0	5.2
Οργανικός άνθρακας	(%)d,w	30.2	34.0	32.6	32.4	1.1
Άζωτο (TKN)	(%)d,w	0.61	1.30	0.95	0.93	0.23
Αγωγιμότητα	(mS/cm)	0.84	2.08	1.49	1.46	0.27
Θερμογόνος δύναμη	(kcal/kg)d,w	2230	4794	2847	3045	716
Ολικά χλωριούχα (Cl)	(%)d,w	0.13	1.46	0.61	0.63	0.35
Cr	(mg/kg)	0.068	0.530	0.173	0.201	0.126
Cu	(mg/kg)	15.5	49.0	27.7	29.9	9.9
Mn	(mg/kg)	21.0	67.1	31.3	34.1	10.9
Ni	(mg/kg)	13.2	58.9	21.5	27.7	12.0
Zn	(mg/kg)	33.6	205.1	76.5	85.1	37.3

Πηγή: Αθανασιάδη, 2011

Οι μετρήσεις που παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος «Προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων και ποιοτικής σύστασης απορριμμάτων λεκανοπεδίου Αττικής», που εκπόνησε ο ΕΣΔΚΝΑ από τον Ιανουάριο του 2008 σε συνεργασία με το Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και το Πολυτεχνείο της Δρέσδης.

### 3.6.3 Βιολογικά χαρακτηριστικά

Τα αστικά στερεά απόβλητα έχουν ορισμένες βιολογικές ιδιότητες, οι οποίες επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την αποτελεσματικότητα της βιοαποδόμησης της οργανικής τους ύλης. Αναφέρονται αναλυτικά οι κυριότερες βιολογικές ιδιότητες παρακάτω:

#### *Βιοαποδομησιμότητα*

Ως κύριο βιολογικό χαρακτηριστικό των αστικών στερεών αποβλήτων αναφέρεται η ικανότητα που έχει το οργανικό τους κλάσμα να βιοαποδομείται, δηλαδή να μετατρέπεται με βιολογικές διεργασίες σε αδρανή οργανικά και ανόργανα στερεά. Οι συγκεκριμένες βιολογικές διεργασίες μπορούν να γίνουν κάτω από:

1. αναερόβιες συνθήκες, δηλαδή χωρίς τη παρουσία οξυγόνου. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι είναι δυνατή η παραγωγή και ανάπτυξη εντόμων, καθώς και δυσάρεστων οσμών.

- αερόβιες συνθήκες, δηλαδή με τη παρουσία οξυγόνου. Έτσι, παράγεται το κομπόστ, το οποίο είναι ένα πλούσιο σε οργανική ύλη στερεό υλικό και χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό.

Πρέπει να επισημανθεί ότι η βιοαποδόμηση των οργανικών υλικών δε γίνεται με τον ίδιο ρυθμό και ότι εκτιμάται μόνο με εμπειρικό τρόπο. Ανάλογα με το ρυθμό βιοαποδόμησης, τα αστικά στερεά απόβλητα διακρίνονται σε βραδέως βιοαποδομήσιμα και ταχέως βιοαποδομήσιμα. Ωστόσο, υπάρχουν και κάποια υλικά, όπως για παράδειγμα τα πλαστικά είδη, τα οποία σε θεωρητικό επίπεδο, βιοαποδομούνται πολύ αργά, αλλά σε πρακτικό επίπεδο χαρακτηρίζονται ως μη βιοαποδομήσιμα.

#### *Παραγωγή οσμών*

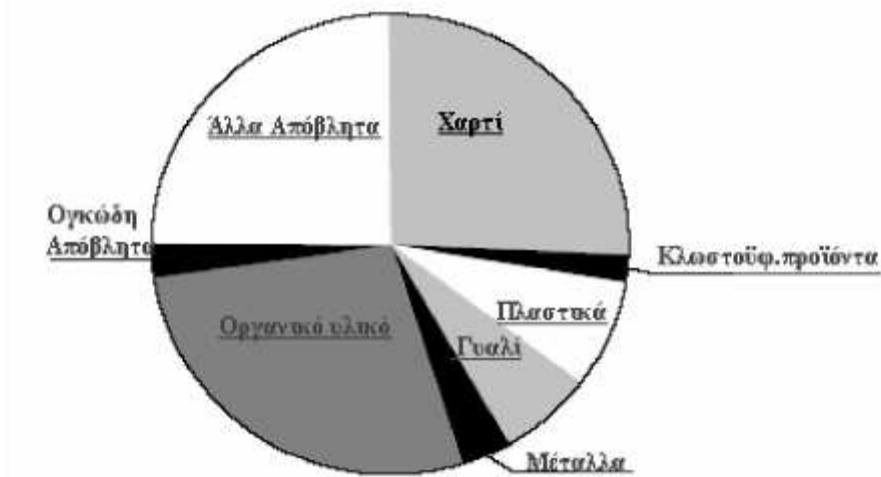
Η παραγωγή οσμών οφείλεται στις αναερόβιες διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα στους χώρους, όπου συσσωρεύονται τα αστικά στερεά απόβλητα (κάδους απορριμμάτων, χώρους εναπόθεσης απορριμμάτων, κ.λπ.). Η υψηλή θερμοκρασία δρα ως καταλύτης και αυξάνει τη βιοαποδόμηση. Το αποτέλεσμα είναι η ύπαρξη δυσάρεστων οσμών, που οφείλονται στις ενώσεις του θείου, όπως το υδρόθειο.

#### *Ανάπτυξη εντόμων*

Η κοινή μύγα αναπτύσσεται σε 9 – 11 μέρες από τη στιγμή παραγωγής αυγών και αποτελεί το όριο που προσδιορίζει την αρχή της βιοαποδόμησης των Α.Σ.Α. (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

### **3.6.4 Σύνθεση των δημοτικών στερεών αποβλήτων στην Ευρώπη**

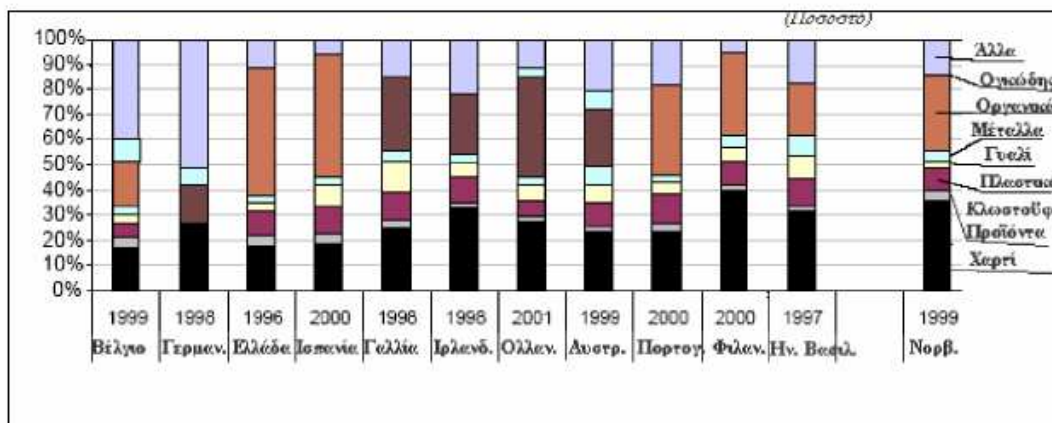
Η μέση ποιοτική σύσταση των δημοτικών στερεών αποβλήτων στην Ευρώπη (Ε.Ε., Ισλανδία, Νορβηγία και Ελβετία) φαίνεται στο σχήμα 3.10. Τα στοιχεία δεν αφορούν συγκεκριμένο έτος, διότι τα διαθέσιμα στοιχεία για κάθε χώρα αναφέρονται σε διαφορετικά έτη.



Σχήμα 3.10: Μέση ποιοτική σύσταση των δημοτικών αποβλήτων στην Ευρώπη (Τράκας, 2006)

Η σύνθεση των δημοτικών αποβλήτων παρουσιάζει ορισμένες διαφορές μεταξύ των χωρών. Συγκεκριμένα, στην Ελλάδα και την Ισπανία τα οργανικά υλικά αποτελούν

περίπου το 50% των δημοτικών αποβλήτων, ενώ στο Βέλγιο αποτελούν το 18% περίπου. Η ποσότητα του χαρτιού κυμαίνεται από 17% (Δανία) μέχρι και 40% (Φιλανδία). Τα πλαστικά αποτελούν κατά μέσο όρο το 7% των δημοτικών αποβλήτων (Σχήμα 3.11) (Τράκας, 2006).



Σχήμα 3.11: Σύνθεση των δημοτικών αποβλήτων στην Ευρώπη (Τράκας, 2006)

### 3.7 Ποσοτική ανάλυση των στερεών αποβλήτων

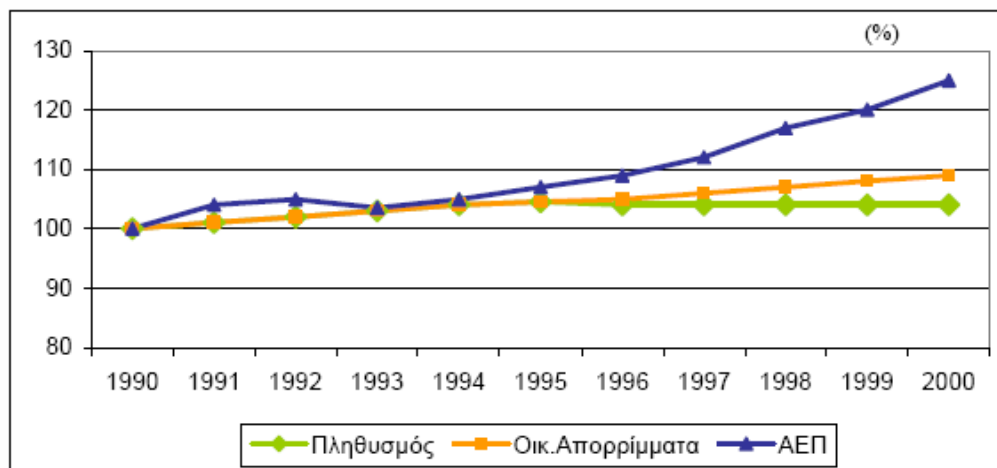
#### 3.7.1 Ποσότητες Παραγωγής

Η οικονομική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών σε συνάρτηση με την άνοδο του βιοτικού επιπέδου και τη συνεχόμενη αύξηση του πληθυσμού είχαν ως αποτέλεσμα και την αύξηση των παραγόμενων στερεών αποβλήτων. Η ποσότητα των οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα υπολογιζόταν το 1982 σε 2.8 εκατομμύρια τόνους ετησίως (Γεωργόπουλος, 2004). Το 1991 η ποσότητα αυτή αυξήθηκε στα 3.2 εκατομμύρια τόνους Α.Σ.Α. το χρόνο, και το 1997 ήταν 3.9 εκατομμύρια τόνοι, δηλαδή στον κάθε πολίτη αντιστοιχούσε περίπου μία παραγωγή ενός kg απορριμμάτων ανά ημέρα (<http://aix.meng.auth.gr>).

Η Ελλάδα έχει ένα πληθυσμό 10.9 εκατομμυρίων κατοίκων. Το 50% σχεδόν του πληθυσμού βρίσκεται στα δύο μεγάλα αστικά κέντρα, Θεσσαλονίκη και Αθήνα. Με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2003), η παραγωγή σε εθνικό επίπεδο στερεών αποβλήτων για το έτος 2001 ανήλθε σε 4.5 εκατομμύρια τόνους. Συγκεκριμένα, η μέση μοναδιαία παραγωγή αποβλήτων ήταν 1.14 kg ανά κάτοικο και ημέρα, κατώτερη από τον αντίστοιχο μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 1.48 kg ανά κάτοικο και ημέρα. Επίσης, είχε προβλεφθεί ότι η παραγωγή των Α.Σ.Α. το 2011 θα έφτανε περίπου τα 6 εκατομμύρια τόνους και το 2025 τα 7.6 εκατομμύρια τόνους. Το 2010 η ημερήσια παραγωγή Α.Σ.Α. ήταν περίπου 15 000 τόνοι, που αντιστοιχεί σε 5.4 εκατομμύρια τόνους Α.Σ.Α. σε ετήσια βάση.

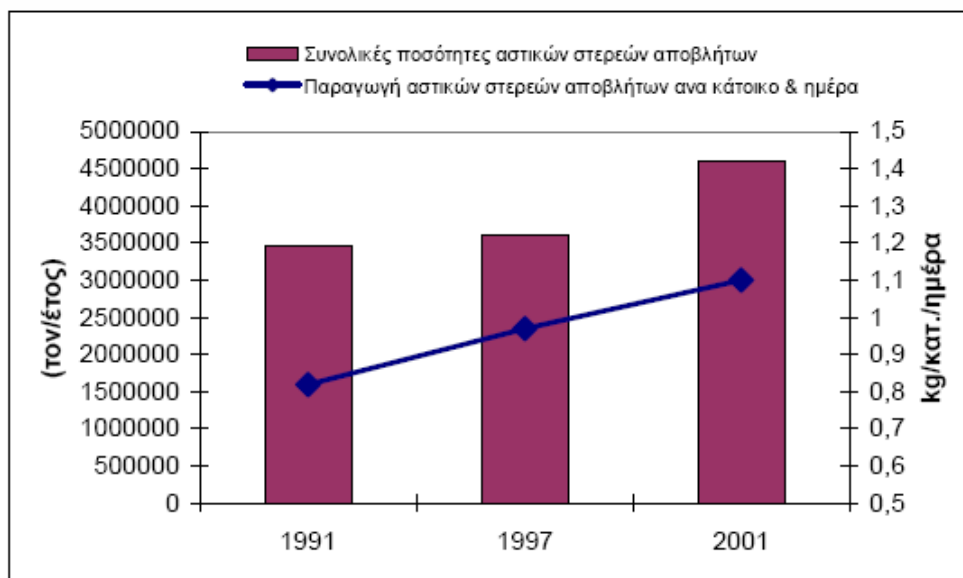
Διαχρονικά παρατηρείται μια αύξηση της παραγωγής αστικών αποβλήτων σύμφωνα και με τις εκτιμήσεις των αρμόδιων φορέων που λειτουργούν τους Χ.Υ.Τ.Α. λόγω της ανάπτυξης των μεγάλων αστικών κέντρων, της συνεχούς αύξησης του τουριστικού ρεύματος και, κυρίως, της ανόδου του βιοτικού επιπέδου με αποτέλεσμα την αλλαγή των

καταναλωτικών συνηθειών (Σχήμα 3.12). Μόνο στην Αττική, εκτιμάται ότι σήμερα η παραγόμενη ποσότητα των αστικών αποβλήτων φτάνει τους 6 500 τόνους ανά ημέρα, ποσότητα που αντιστοιχεί σε 2.4 εκατομμύρια τόνους Α.Σ.Α. το χρόνο (Τράκας, 2006).



Σχήμα 3.12: Σχετική εξέλιξη της παραγωγής των στερεών αποβλήτων, ΑΕΠ και πληθυσμού (Τράκας, 2006)

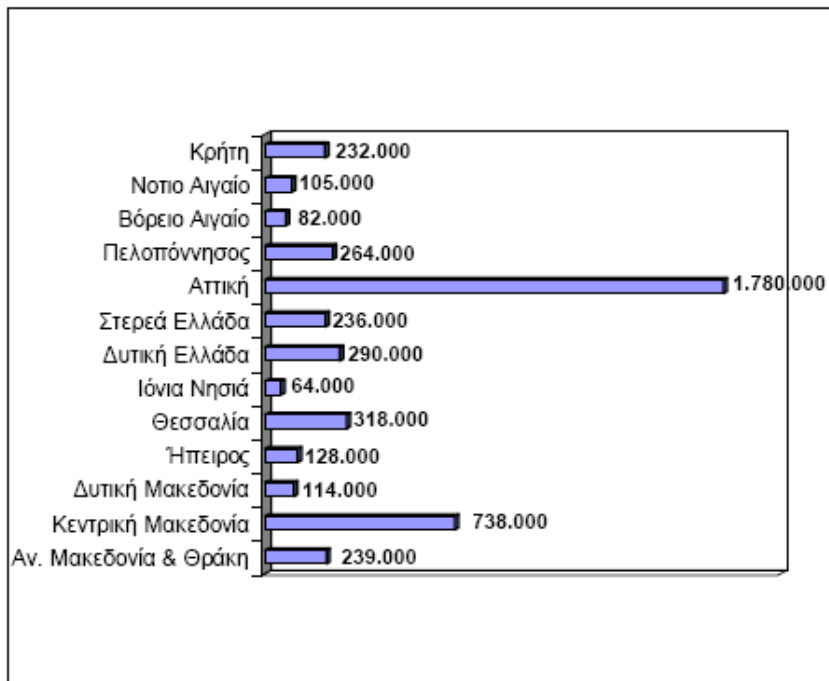
Συγκεκριμένα για το έτος 1991 η παραγωγή των αστικών αποβλήτων ανήλθε περίπου στα 3.5 εκατομμύρια τόνους και για το έτος 1997 στα 3.9 εκατομμύρια τόνους, ενώ η μέση μοναδιαία παραγωγή για τα εν λόγω έτη ήταν 0.8 και 0.97 kg ανά κάτοικο και ημέρα, αντίστοιχα (Σχήμα 3.13).



Σχήμα 3.13: Διαχρονική αύξηση παραγωγής αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα (Τράκας, 2006)

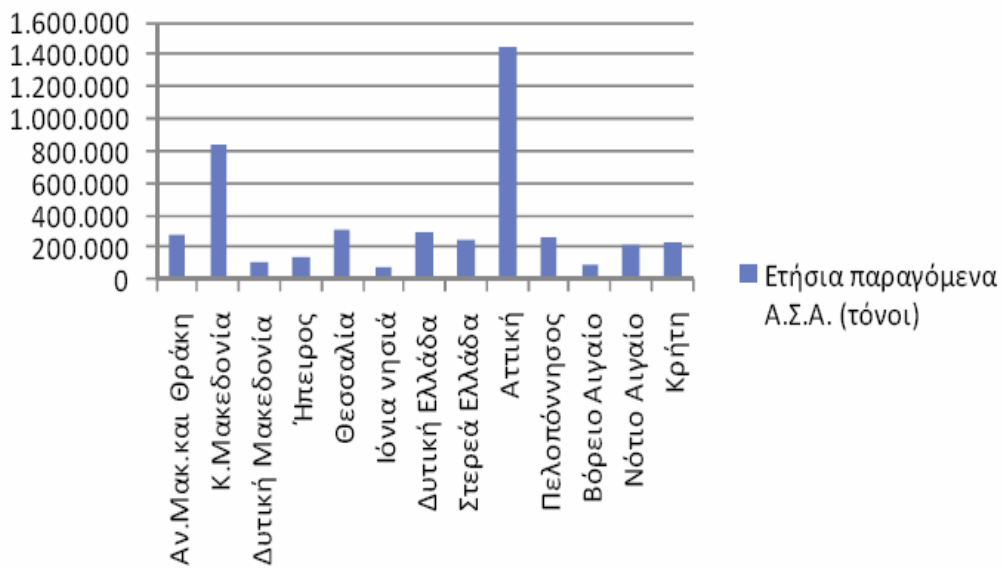
Ειδικότερα οι ποσότητες των στερεών αποβλήτων που παράχθηκαν στις 13 Περιφέρειες της χώρας για το έτος 2001 φαίνονται στο παρακάτω σχήμα. Η Περιφέρεια Αττικής παράγαγε περίπου το 39% της συνολικής ετήσιας ποσότητας αστικών στερεών

αποβλήτων και ακολουθεί η Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας με ποσοστό 16%, με το 9% να έχει παραχθεί στο Νομό Θεσσαλονίκης (Τράκας, 2006).

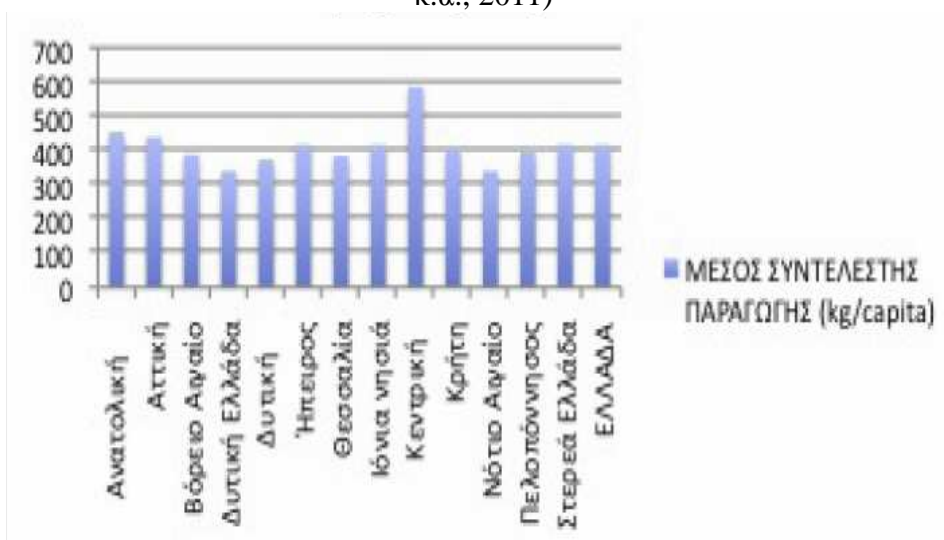


Σχήμα 3.14: Ετήσιες παραγόμενες ποσότητες ανά Περιφέρεια (Τράκας, 2006)

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία των Περιφερειακών Σχεδιασμών Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΠΕ.Σ.Δ.Α.), η ακριβής συνολική παραγωγή Α.Σ.Α. της Ελλάδας το έτος 2001 ήταν 4 529 585 τόνοι. Αναλυτικά, η συμμετοχή των Περιφερειών στην παραγωγή Α.Σ.Α. παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.15. Ο μέσος συντελεστής παραγωγής για κάθε Περιφέρεια παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.16.



Σχήμα 3.15: Συμμετοχή των Περιφερειών στην ετήσια παραγωγή ΑΣΑ (Μπουρτσάλας κ.α., 2011)

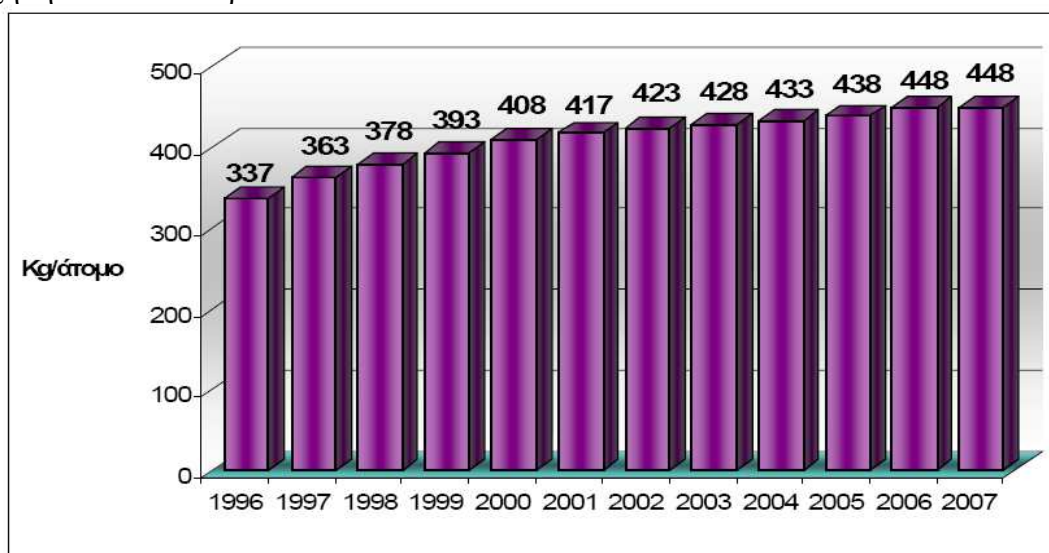


Σχήμα 3.16: Μέσος συντελεστής παραγωγής ΑΣΑ για τις Περιφέρειες της Ελλάδας (Μπουρτσάλας κ.α., 2011)

Η Περιφέρεια Αττικής παράγει τα περισσότερα απορρίμματα, καθώς διαθέτει τον μεγαλύτερο πληθυσμό των 3.76 εκατομμυρίων κατοίκων έναντι των 1.87 εκατομμυρίων κατοίκων της δεύτερης μεγαλύτερης πληθυσμιακής Περιφέρειας της Κεντρικής Μακεδονίας και των 0.75 εκατομμυρίων κατοίκων της τρίτης πληθυσμιακής Περιφέρειας της Θεσσαλίας. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η πυκνότητα πληθυσμού στην Αττική είναι 988 κάτοικοι/km<sup>2</sup>, έναντι 100 της Κεντρικής Μακεδονίας. Ο μέσος συντελεστής παραγωγής απορριμμάτων κυμαίνεται από 340 kg/κάτοικο (Β. Αιγαίο και Ήπειρος) έως 585 kg/κάτοικο (Αττική). Ο μέσος συντελεστής παραγωγής Α.Σ.Α. για την Ελλάδα ήταν 417 kg/κάτοικο κατά το 2001, ενώ σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της Eurostat κατά το 2009 ήταν 458 kg/κάτοικο (Μπουρτσάλας κ.α., 2011).

Ωστόσο, η σύσταση των παραγόμενων ποσοτήτων Α.Σ.Α. είναι αρκετά δύσκολο να εκτιμηθεί. Για να εκτιμηθούν σωστά οι ποσότητες των υλικών που αποτελούν τα αστικά στερεά απόβλητα, πρέπει να παρθούν δείγματα και να γίνουν στατιστικές αναλύσεις. Ο πιο συνήθης τρόπος είναι ο διαχωρισμός των υλικών με χειρωνακτικό τρόπο, όπου τα υλικά τοποθετούνται σε χωριστούς κάδους για να ζυγιστούν. Για να γίνει μια σωστή εκτίμηση πρέπει να γνωρίζουν οι ενδιαφερόμενοι τα είδη των αποβλήτων και τις αναγκαίες μεθόδους της Στατιστικής (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Στο Σχήμα 3.17 δίνεται η κατά μέσο όρο ετήσια παραγωγή στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα ανά άτομο, από το 1996 έως το 2007. Αυτό που συμπεραίνεται είναι ότι σε περίπου 11 χρόνια ο κάθε Έλληνας παράγει 111 kg απορρίμματα παραπάνω, δηλαδή αύξηση κατά 33% περίπου.



Σχήμα 3.17: Μέση ετήσια παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα από το 1996 ως το 2007 (Βουλγαρίδου, 2009)

Οι ποσότητες παραγωγής των αστικών στερεών αποβλήτων επηρεάζονται από γεωγραφικούς, οικονομικούς, κοινωνικούς και τεχνολογικούς παράγοντες. Όταν αυτοί οι παράγοντες μεταβάλλονται διαχρονικά έχουν ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται ο ρυθμός κατανάλωσης, ο οποίος έχει άμεσο αντίκτυπο στην παραγωγή των Α.Σ.Α. Οι σημαντικότεροι παράγοντες αναφέρονται εν συντομία παρακάτω:

1. Το νοικοκυριό αφορά στις καταναλωτικές συνήθειες, το βιοτικό επίπεδο, το μορφωτικό επίπεδο, τον τρόπο ζωής και γενικά όλες τις συνιστώσες που επηρεάζουν σε επίπεδο νοικοκυριού την παραγωγή τους.
2. Το γεωγραφικό διαμέρισμα, δηλαδή τα πολεοδομικά του χαρακτηριστικά, το μέγεθός του, η τουριστική κίνηση και η συχνότητα συλλογής των Α.Σ.Α.
3. Η μακροοικονομία αφορά οικονομικά στοιχεία, όπως το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα, την οικονομική ανάπτυξη και τις οικονομίες κλίμακας, που διαμορφώνονται στην εκάστοτε χώρα και που επηρεάζουν την παραγωγή και κατανάλωση αγαθών.

4. Τα προϊόντα αναφέρονται στα υλικά παραγωγής και συσκευασίας, τη διάρκεια ζωής και χρήσης τους (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Η παραγωγή αστικών στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα ποικίλλει ανάλογα με τον πληθυσμό της περιοχής. Ενδεικτικά, αν ο πληθυσμός είναι μικρότερος από 2 000 άτομα, η ημερήσια παραγωγή Α.Σ.Α. είναι 0.7 kg ανά άτομο, ενώ όταν ο πληθυσμός υπερβαίνει τις 100 000 η ποσότητα ανέρχεται στα 1.3 kg ανά άτομο την ημέρα. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι παραγόμενες ποσότητες.

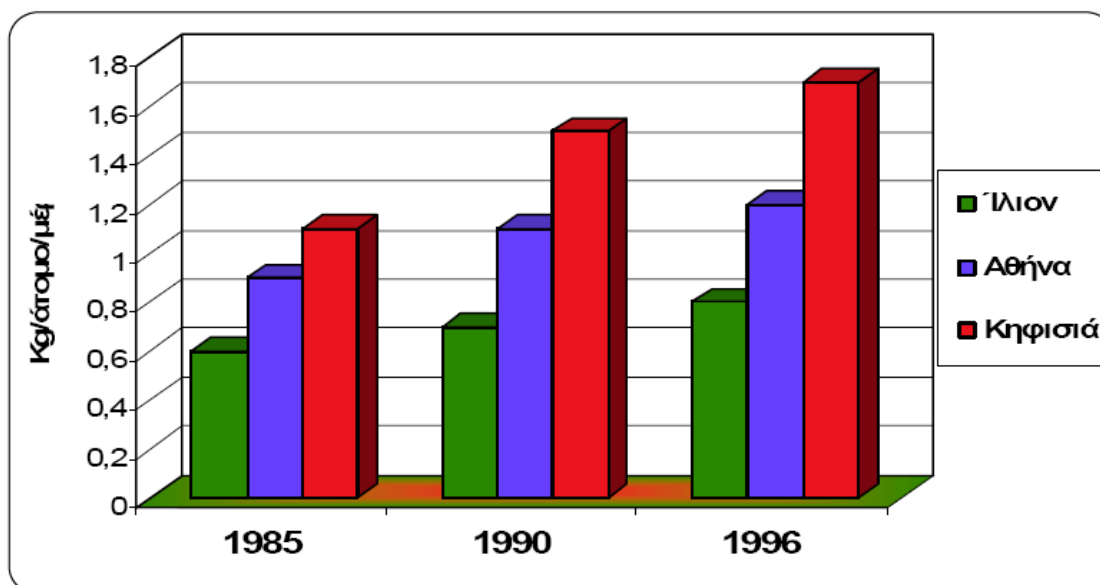
Πίνακας 3.9: Παραγωγή Α.Σ.Α. στην Ελλάδα ανάλογα με τον πληθυσμό.

Πληθυσμός	kg/ι.κ./day
< 2 000	0.7
2 000 – 10 000	0.9
10 000 – 100 000	1
> 100 000	1.3

Πηγή: Αμπελιώτης, 2006

Επίσης, παρατηρείται ότι με τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, αυξήθηκε και η κατά άτομο παραγωγή αστικών στερεών απορριμμάτων, ενώ μειώθηκε σε μέρη όπου οι ευκαιρίες για απασχόληση και άνετη επιβίωση είναι σχεδόν μηδαμινές. Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ του βιοτικού επιπέδου των ατόμων με την παραγωγή Α.Σ.Α. σε τρεις διαφορετικές περιοχές της Αττικής (Κηφισιά, Ίλιον, Αθήνα). Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το βιοτικό επίπεδο αντικατοπτρίζει, κυρίως, την οικονομική κατάσταση των ατόμων. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι όσο βελτιώνεται το βιοτικό επίπεδο τόσο αυξάνεται και η ημερησία παραγωγή στερεών αποβλήτων ανά άτομο. Για παράδειγμα, στην Κηφισιά το 1985 η ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων είναι 1.1 kg/άτομο και το 1996 ανέρχεται σε 1.7 kg/άτομο. Επίσης, συγκρίνοντας τη Κηφισιά με το Ίλιον παρατηρείται ότι οι κάτοικοι στο Ίλιον παράγουν τη μισή ποσότητα στερεών αποβλήτων από αυτούς της Κηφισιάς. Αυτή η διαφορά στις παραγόμενες ποσότητες μπορεί να οφείλεται και στον τρόπο ζωής, στη συμπεριφορά τους σε ό, τι αφορά τι θεωρούν ανάγκη και πόσο εύκολα μπορούν να την ικανοποιήσουν.



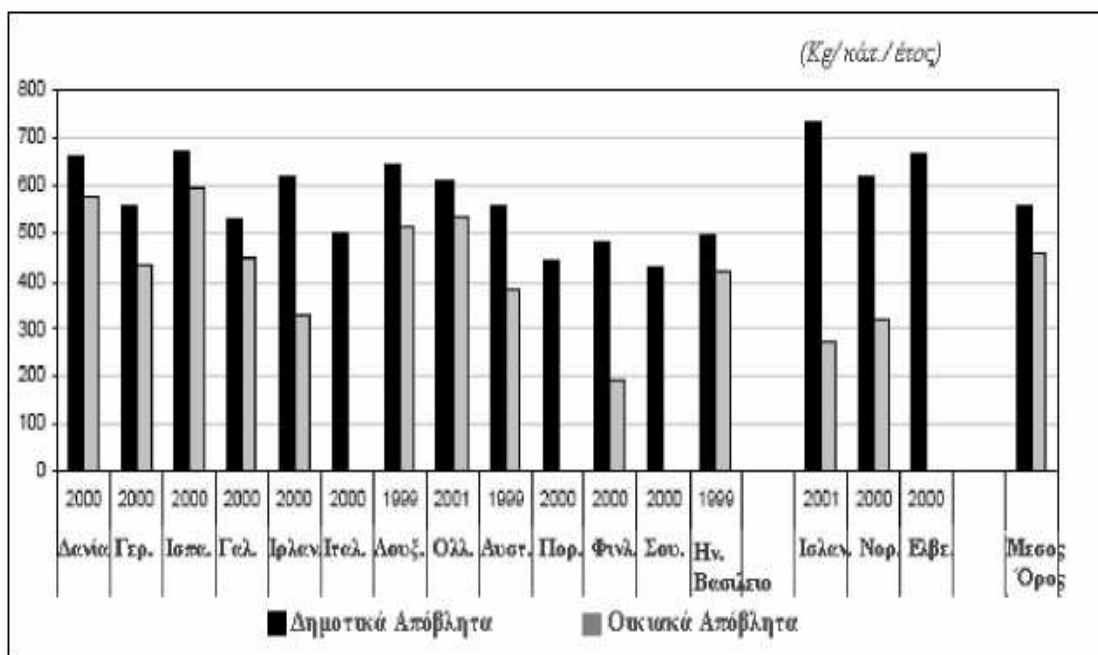


Σχήμα 3.18: Ημερήσια παραγωγή Α.Σ.Α. στο Ίλιον, την Αθήνα και την Κηφισιά τις χρονιές 1985, 1990 και 1996 (Αμπελιώτης, 2006)

### 3.7.2 Ποσότητες παραγωγής στην Ευρώπη

Εντός της Ε.Ε. εκτιμάται ότι παράγονται συνολικά 2 000 εκατομμύρια τόνοι στερεά απόβλητα ετησίως, εκ των οποίων τα 40 ταξινομούνται ως επικίνδυνα και ακατάλληλα προς απευθείας διάθεση στο έδαφος. Σε εθνικό επίπεδο η ετήσια παραγωγή δημοτικών στερεών αποβλήτων ανά κάτοικο κυμαίνεται μεταξύ 428 και 730 kg/κάτοικο. Τη χαμηλότερη παραγωγή (κάτω από 450 kg/κάτοικο) έχει η Σουηδία και η Πορτογαλία, ενώ τη μεγαλύτερη η Δανία, η Ισπανία, η Ισλανδία και η Ελβετία.

Στις περισσότερες χώρες το 60% τουλάχιστον των δημοτικών στερεών αποβλήτων συνίσταται από τα οικιακά απόβλητα. Ωστόσο, η κατάσταση είναι διαφορετική στην Ισλανδία και τη Φιλανδία, όπου τα οικιακά απόβλητα αποτελούν το 37% και 40% αντίστοιχα. Στη Δανία, την Ισπανία, την Ολλανδία και το Ηνωμένο Βασίλειο τα οικιακά απόβλητα κατέχουν υψηλό ποσοστό της τάξεως του 85%.



Σχήμα 3.19: Παραγωγή δημοτικών και οικιακών αποβλήτων ανά κάτοικο σε Ευρωπαϊκές χώρες (Τράκας, 2006)

### 3.7.3 Μεγέθη που περιγράφουν την παραγωγή των απορριμμάτων

Τα πιο χαρακτηριστικά μεγέθη περιγραφής για την παραγωγή απορριμμάτων είναι τα ακόλουθα.

#### *Η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (Μ.Π.Α.)*

Το μέγεθος αυτό εκφράζεται από το βάρος των απορριμμάτων που παράγει κάθε άτομο στη διάρκεια μιας ημέρας. Η μονάδα μέτρησής της είναι kg ανά κάτοικο και ημέρα. Είναι σημαντικό το γεγονός ότι, σε ό, τι αφορά την ποσότητα των απορριμμάτων που παράγεται από κάθε κάτοικο μεμονωμένα, παρουσιάζει διαφοροποιήσεις ανάλογα με τη χώρα και τη περιοχή. Η ποσότητα των απορριμμάτων είναι φανερό ότι αυξάνεται στις πλούσιες χώρες και στις πλούσιες περιοχές των συγκεκριμένων χωρών. Η τιμή της Μ.Π.Α. για την Ελλάδα κυμαίνεται από 0.6 kg ανά κάτοικο και ημέρα (για τις αγροτικές περιοχές) έως 1.4 kg ανά κάτοικο και ημέρα (για τις οικονομικά ακμαίες πόλεις) (<http://aix.meng.auth.gr>).

Πίνακας 3.10: Μεταβολή Μ.Π.Α. ανάλογα την ανάπτυξη των χωρών.

Περιοχή	Μ.Π.Α. (kg/ι.κ./day)
Χώρες με πολύ καλό χαμηλό εισόδημα (π.χ. Αιθιοπία)	0.4
Αναπτυσσόμενα κράτη (π.χ. Αίγυπτος, Βραζιλία)	0.7
Βιομηχανικά αναπτυγμένα κράτη	1.1
Πλούσια κράτη (π.χ. Καναδάς, Ελβετία)	έως 2.5
Ελλάδα	0.8 – 1.0

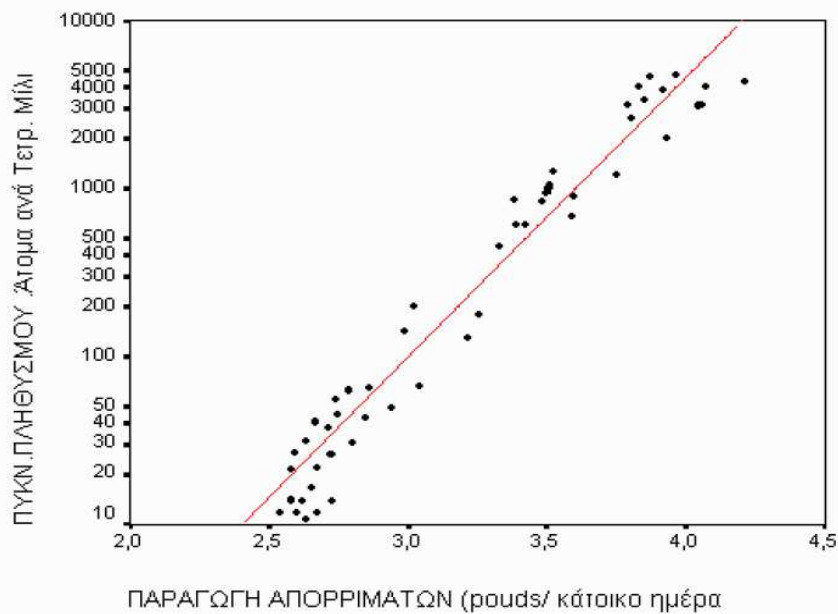
Πηγή: Ανώνυμος, 2002

*Ο Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων (Ρ.Π.Α.)*

Προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της Μοναδιαίας Παραγωγής Απορριμμάτων (Μ.Π.Α.) με το πληθυσμό που εξυπηρετεί. Ωστόσο, το Ρ.Π.Α. επηρεάζουν πολλοί παράγοντες, όπως οι εποχές του χρόνου, η συχνότητα συλλογής των απορριμμάτων, η εμπορική/βιομηχανική δραστηριότητα, η πληθυσμιακή πυκνότητα και οι διακυμάνσεις που παρουσιάζει. Επίσης, επηρεάζεται από το οικονομικοκοινωνικό επίπεδο, το πολιτισμικό και μορφωτικό επίπεδο, την ηλικία και τη γεωγραφική περιοχή, καθώς και από άλλους παράγοντες (<http://aix.meng.auth.gr>).

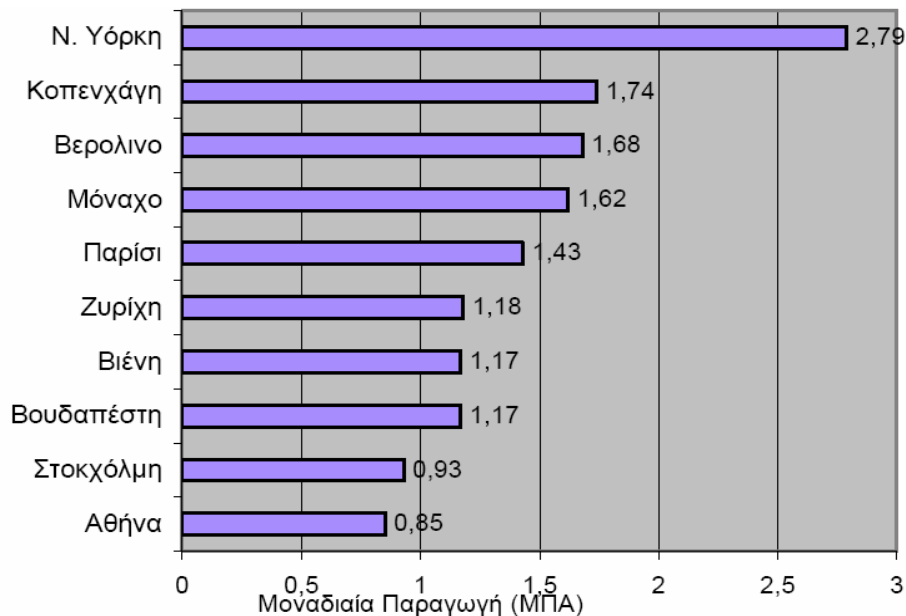
Στη συνέχεια παρατίθενται οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό παραγωγής απορριμμάτων (Ξενιτέλλης, 2004).

- Πληθυσμιακές διακυμάνσεις: Είναι παράμετρος σημαντική για τουριστικές περιοχές. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι για το νησί της Ρόδου ο χειμερινός πληθυσμός ανέρχεται σε 40 000 και ο καλοκαιρινός σε 300 000, ενώ για το νησί της Θήρας σε 7 500 και 32 000 αντίστοιχα.
- Συχνότητα συλλογής: Έχει παρατηρηθεί ότι η αύξηση της συχνότητας συλλογής έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της παραγόμενης ποσότητας απορριμμάτων.
- Πληθυσμιακή πυκνότητα: Έχει παρατηρηθεί ότι η Μ.Π.Α. αυξάνεται με την αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας (Σχήμα 3.20). Αυτό ερμηνεύεται με την αύξηση της κατανάλωσης συσκευασμένων τροφίμων στις αστικές περιοχές σε αντίθεση με τις μη αστικές ή αγροτικές. Επιπλέον, στην αύξηση των απορριμμάτων στις πόλεις συμβάλει και η βιοτεχνική δραστηριότητα. Για τα Ελληνικά δεδομένα η Μ.Π.Α. στο λεκανοπέδιο Αττικής ανέρχεται σε 0.85 kg ανά κάτοικο και ημέρα, και σε μικρές κοινότητες κυμαίνεται γύρω στα 0.5 kg ανά κάτοικο και ημέρα. Επίσης, οι αγροτικές περιοχές με μικρή πληθυσμιακή πυκνότητα χαρακτηρίζονται από μικρή συχνότητα συλλογής, χαμηλότερο γενικά βιοτικό επίπεδο, χαμηλή εμπορική δραστηριότητα και δυνατότητα αποθήκευσης υλικών για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια λόγω μεγαλύτερου διαθέσιμου χώρου. Όσο αυξάνεται η πληθυσμιακή πυκνότητα, σταδιακά παύουν να ισχύουν οι παραπάνω παράγοντες με συνέπεια την αύξηση της Μ.Π.Α., άρα και του ρυθμού παραγωγής στην περιοχή.



Σχήμα 3.20: Σχέση μοναδιαίας παραγωγής απορριμμάτων και πληθυσμιακής πυκνότητας (Ξενιτέλλης, 2004)

- Κοινωνικοί και οικονομικοί παράγοντες: Σημαντική επίδραση στην ποσότητα των παραγόμενων απορριμμάτων έχει το βιοτικό επίπεδο του εξυπηρετούμενου πληθυσμού. Έχει παρατηρηθεί ότι η Μ.Π.Α. αυξάνει ανάλογα με το βιοτικό επίπεδο. Επίσης, εξαρτάται από πολιτισμικές παραμέτρους, από τον τρόπο ζωής και από την ηλικία των καταναλωτών. Στο Σχήμα 3.21 παρατίθενται οι Μ.Π.Α. για μερικές μεγαλουπόλεις. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι χρονολογίες καταγραφής των Μ.Π.Α. είναι διαφορετικές. Συγκεκριμένα για την πόλη της Νέας Υόρκης η Μ.Π.Α. αφορά την περίοδο 1971 – 1975, για την Αθήνα το 1980 και για τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές πόλεις το 1989.



Σχήμα 3.21: Μοναδιαία παραγωγή απορριμμάτων σε διάφορες μεγαλουπόλεις (kg/ι.κ./day) (Ξενιτέλλης, 2004)

Επιπλέον, η μεταστροφή του κοινωνικού συνόλου, σε ό, τι αφορά τις καταναλωτικές συνήθειες, και η αύξηση των υλικών συσκευασίας έχουν σαν αποτέλεσμα τη διαχρονική μεταβολή των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των σκουπιδιών. Σαν παράδειγμα, αναφέρεται ότι ενώ το 1981 στην Ελλάδα το 90% των συσκευασιών αναψυκτικών ήταν επιστρεφόμενο, σήμερα είναι μόλις το 40% (Ξενιτέλλης, 2004).

- **Ισχύουσα νομοθεσία:** Μπορεί να έχει έμμεση επίδραση στην ποσότητα παραγόμενων απορριμμάτων, θέτοντας προδιαγραφές συσκευασίας ή άμεση επίδραση, όπως απαγορεύοντας την χρήση σκουπιδοφάγων.

Σε ό, τι αφορά τον καθορισμό του ρυθμού παραγωγής υπάρχουν τρεις μέθοδοι.

Η πρώτη μέθοδος είναι η απευθείας ζύγιση των συλλεγόντων απορριμμάτων για ορισμένη χρονική περίοδο. Αυτό γίνεται, συνήθως, με ζύγιση των απορριμματοφόρων οχημάτων πριν και μετά τη συλλογή σε κατάλληλες γεφυροπλάστιγγες. Η διαφορά βάρους μεταξύ πλήρους και άδειου απορριμματοφόρου δίνει το βάρος των απορριμμάτων κατά τη χρονική περίοδο συλλογής. Το πηλίκο βάρους δια χρόνου δίνει το ρυθμό παραγωγής.

Η μέθοδος αυτή απαιτεί την ύπαρξη γεφυροπλάστιγγας. Σε πολλές σχετικά μικρές πόλεις δεν υπάρχουν γεφυροπλάστιγγες, κάτι που αποκλείει τη χρήση της μεθόδου αυτής. Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι η διαδικασία ζυγίσματος πρέπει να γίνεται για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, ώστε να αποφεύγονται οι επιδράσεις των εποχιακών διακυμάνσεων και σε τακτά διαστήματα, ώστε τα υπολογισμένα στοιχεία βάρους να είναι αντιπροσωπευτικά και έτσι ο υπολογιζόμενος ρυθμός παραγωγής να είναι ο ακριβέστερος δυνατός.

Το 1993 στην πόλη της Ξάνθης, μετρήθηκε με την μέθοδο αυτή η μέση παραγωγή οικιακών απορριμμάτων (εκτιμηθείσα σε ετήσια βάση) και ήταν 0.5 kg ανά κάτοικο και ημέρα. Μαζί με τα εμπορικά απόβλητα, η παραγωγή αστικών αποβλήτων έφτανε τα 0.8 kg ανά κάτοικο και ημέρα. Στις ΗΠΑ το 1990, η παραγωγή αστικών αποβλήτων (kg ανά κάτοικο και ημέρα) είχε την κατανομή του παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.11: Κατανομή της παραγωγής αστικών αποβλήτων (kg ανά κάτοικο και ημέρα) στις ΗΠΑ το 1990.

	Διακύμανση	Τυπική τιμή	%
Οικιακά και εμπορικά	1.4 – 1.2	1.73	66.3
Ειδικά αστικών αποβλήτων	0.09 – 0.25	0.14	5.4
Ιδρύματα	0.09 – 0.14	0.09	3.4
Κατασκευές/Κατεδαφίσεις	0.23 – 0.54	0.39	14.9
Αστικές υπηρεσίες	0.14 – 0.43	0.26	10.0
Σύνολα		2.61	100.0

Πηγή: Ξενιτέλλης, 2004

Η δεύτερη μέθοδος εκτιμά έμμεσα το ρυθμό παραγωγής και δεν είναι τόσο ακριβής όσο η πρώτη. Η μέθοδος αυτή καλείται ανάλυση φορτίων και συνίσταται στην καταμέτρηση των φορτίων των απορριμματοφόρων σε μία δεδομένη χρονική περίοδο και σε τακτά διαστήματα για λόγους αντιπροσωπευτικότητας. Ένα πλήρες απορριμματοφόρο δεδομένου τύπου διακινεί ένα σταθερό όγκο απορριμμάτων. Ο όγκος αυτός είτε είναι γνωστός από στοιχεία του κατασκευαστή του απορριμματοφόρου είτε μπορεί να εκτιμηθεί με διαστασιολόγηση του κάδου του. Ταυτόχρονα, υπάρχουν κατασκευαστικά ή βιβλιογραφικά στοιχεία που αφορούν το ειδικό βάρος των απορριμμάτων για δεδομένο τύπο απορριμματοφόρου, όπως και ανάλογα στοιχεία για απορρίμματα μέσα σε σακούλες ή μετά τη τοποθέτηση και συμπίεσή τους σε κάποιο χώρο εναπόθεσης (Πίνακας 3.12).

Στη μέθοδο αυτή είναι απαραίτητο να καταμετρώνται όλα τα απορριμματοφόρα που εξυπηρετούν την περιοχή που εξετάζεται μαζί με τους ανάλογους όγκους τους. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι κατά τη συλλογή των παραπάνω στοιχείων είναι απαραίτητο να ελέγχεται κατά πόσο τα απορριμματοφόρα είναι πλήρη στο τέλος του κύκλου συλλογής και να σημειώνεται ο τύπος του απορριμματοφόρου (ανοικτό, κλειστό, συμπιεστικό).

Μια παραλλαγή της μεθόδου συνίσταται στην εκτίμηση του ρυθμού παραγωγής δια μέσου κάδων, οι οποίοι τοποθετούνται σε επιλεγμένες θέσεις της πόλης. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ογκομέτρηση των κάδων και του χρόνου πλήρωσής τους. Με βάση τα δύο αυτά στοιχεία και το ειδικό βάρος των απορριμμάτων υπολογίζεται ο ρυθμός παραγωγής. Η παραλλαγή αυτή έχει εφαρμοσθεί σαν εναλλακτική λύση γρήγορου προσδιορισμού του ρυθμού παραγωγής απορριμμάτων σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπου τα συστήματα συλλογής και διάθεσης δεν είναι τελειοποιημένα, αλλά υπάρχει ένα υποτυπώδες σύστημα συλλογής με κάδους.

Πίνακας 3.12: Ενδεικτικές τιμές ειδικού βάρους απορριμμάτων.

Είδος απορριμμάτων	Ειδικό βάρος (kg/m <sup>3</sup> )	
	Περιοχή τιμών	Τυπική τιμή
Απόβλητα κηπουρικής (1)	59 – 148	104
Απόβλητα κηπουρικής (2)	59 – 224	142
Στάχτες (1)	653 – 831	742
Στάχτες (2)	646 – 802	739
Συμπιεστικό απορριμματοφόρο (1)	178 – 445	297
Συμπιεστικό απορριμματοφόρο (2)	178 – 448	313
Σε χωματερή (ισχυρή συμπίεση) (1)	593 – 742	593
Σε χωματερή (ισχυρή συμπίεση) (2)	587 – 742	665
Υπολείμματα τροφής (επεξεργ) (1)	475 – 949	534
Υπολείμματα τροφής (επεξεργ) (2)	475 - 949	712

Πηγή: Ξενιτέλλης, 2004

Η τρίτη μέθοδος καθορισμού του ρυθμού παραγωγής αφορά την ανάλυση ισοζυγίου υλικών. Η μέθοδος αυτή αποτελεί τον πλέον εμπειριστατωμένο καθορισμό του πραγματικού ρυθμού παραγωγής σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες που καθορίζουν το ρυθμό παραγωγής των συλλεγόντων μόνο απορριμμάτων. Αν υποθεθεί ότι όλα τα παραγόμενα απορρίμματα συλλέγονται, τότε δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ ρυθμού πραγματικής παραγωγής και εκείνου που καθορίζεται με βάση τα συλλεγόμενα απορρίμματα.

Η ανάλυση ισοζυγίου υλικών στηρίζεται στην αρχή του ισοζυγίου μάζας, που επικρατεί γύρω από ένα σύστημα. Αν ορισθεί μία κατοικία σαν το σύστημα, τότε τα υλικά που εισέρχονται στο σύστημα είναι μια πληθώρα υλικών που παραμένουν για ένα μεταβλητό χρονικό διάστημα στην κατοικία και μετά αποβάλλονται σαν άχρηστα. Ορισμένα υλικά, όπως ένα στρώμα, μπορεί να παραμείνουν για ορισμένα χρόνια πριν πεταχτούν στα σκουπίδια. Ένα περιοδικό μπορεί να κρατήσει ορισμένες μέρες. Αλλά πάλι, όπως τα υπολείμματα τροφής, πετιόνται συνήθως αυθημερόν.

Αργά ή γρήγορα, τα περισσότερα υλικά που εισέρχονται σε μία κατοικία καταλήγουν στα σκουπίδια. Αν σε μία ορισμένη χρονική περίοδο καταμετρηθούν εκείνα τα υλικά που απορρίπτονται ή το μέρος των υλικών αυτών που απορρίπτεται (π.χ. το ποσοστό της πατάτας που απορρίπτεται σαν πατατόφλουδα), τότε είναι δυνατό να υπολογιστεί ο ρυθμός παραγωγής απορριμμάτων. Αυτό ίσως φαίνεται απλό, αν πρόκειται για μία κατοικία. Δεν είναι όμως τόσο απλό, όταν πρόκειται για μια ολόκληρη εξυπηρετούμενη περιοχή, που περιέχει πολλές κατοικίες με συχνά πολύ διαφορετικές κοινωνικοοικονομικές ιδιαιτερότητες και άρα, διαφορετικές συνήθειες παραγωγής

απορριμμάτων. Παρά τις δυσκολίες αυτές, έχουν γίνει έρευνες σε άλλα κράτη, όπου η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοστεί. Για παράδειγμα, έχει εφαρμοστεί στην Ελβετία σε εθνικό επίπεδο για ορισμένα προϊόντα και έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα

Με βάση αυτά, σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο και θεωρώντας την αθροιστική επίπτωση όλων των δραστηριοτήτων, ισχύει η ακόλουθη σχέση:

(Συσσώρευση Υλικών) = (Εισροή Υλικών) – (Εκροή Υλικών) + (Παραγωγή Αποβλήτων)

Αν η συσσώρευση, η εισροή και η εκροή μπορούν να μετρηθούν ακριβώς, τότε εκτιμάται ακριβώς και η παραγωγή αποβλήτων.

Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ο ακριβής υπολογισμός του ρυθμού παραγωγής και ότι δεν απαιτούνται άμεσες μετρήσεις. Επειδή δε λαμβάνει υπόψη της μία σειρά από κοινωνικούς παράγοντες, επιτρέπει ακριβέστερες προβλέψεις για την εξέλιξη του ρυθμού παραγωγής απορριμμάτων στο μέλλον. Η προσοχή κατά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής θα πρέπει να επικεντρώνεται στους ακριβείς υπολογισμούς της παραγωγής/κατανάλωσης ενός προϊόντος και στον προσδιορισμό του χρόνου παραμονής του στο μελετώμενο σύστημα (κατοικία, εμπορικό κατάστημα, κ.λπ.). Πέρα από την πολυπλοκότητα της μεθόδου, το κύριο μειονέκτημά της είναι η εξάρτησή της από τα στοιχεία παραγωγής/κατανάλωσης, τα οποία μπορεί να μην υπάρχουν ούτε σε εθνικό επίπεδο, καθώς και το ότι δεδομένα είναι διαθέσιμα μόνο για ένα περιορισμένο αριθμό προϊόντων. Για τους λόγους αυτούς, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σπάνια.

Εκτός των παραπάνω μεθόδων, ο ρυθμός παραγωγής απορριμμάτων μπορεί να εκτιμηθεί με βάση τη μοναδιαία παραγωγή απορριμμάτων και τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό. Στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητη η τιμή της Μ.Π.Α. και ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, η εκτίμηση της ποσότητας των παραγόμενων απορριμμάτων από ένα κοινωνικό σύνολο είναι το πρώτο και ίσως σπουδαιότερο βήμα. Από την άλλη πλευρά, το μικρό χρονικό διάστημα που προδιαγράφεται για την ολοκλήρωση του σχεδιασμού ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί την προϋπαρξη δεδομένων, πράγμα το οποίο είναι σπάνιο για τα Ελληνικά δεδομένα. Απαιτείται, επομένως, η εφαρμογή άλλων μεθόδων εκτίμησης των παραγόμενων απορριμμάτων, που διαρκούν πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα.

Μία συνηθισμένη πρακτική είναι η χρησιμοποίηση μίας μέσης Μ.Π.Α. (Πίνακας 3.13), που πολλαπλασιάζεται με τον πληθυσμό του κοινωνικού συνόλου, τον οποίο αφορά ο σχεδιασμός του συστήματος, δίνει τον επιθυμητό ρυθμό παραγωγής. Η μέση τιμή, που συναντάται πιο συχνά στα Ελληνικά δεδομένα, είναι τα 0.8 kg ανά κάτοικο και ημέρα και έχει προκύψει από δειγματοληπτικές έρευνες στην περιοχή της Αττικής. Η χρησιμοποίηση τέτοιων μέσων τιμών Μ.Π.Α. πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και μετά από έρευνα, για το κατά πόσο τα χαρακτηριστικά που ισχύουν στην περιοχή από την οποία έχει προκύψει η μέση τιμή μοιάζουν με τα χαρακτηριστικά της περιοχής για την οποία γίνεται ο σχεδιασμός. Για παράδειγμα, η χρησιμοποίηση των 0.8 kg ανά κάτοικο και ημέρα για αγροτικές περιοχές θα ήταν σφάλμα.



Πίνακας 3.13: Παραγωγή αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα – Τυπικές τιμές.

Πληθυσμός οικισμού ή πόλης	Οικιακά απόβλητα	Απόβλητα εμπορικά, ιδρυμάτων, κατασκευών	Σύνολο
< 2 000	0.5	0.2	0.7
2 000 – 10 000	0.7	0.2	0.9
10 000 – 100 000	0.7	0.3	1.0
> 100 000	0.8	0.5	1.3

Πηγή: Ξενιτέλλης, 2004

Εδώ και δεκαετίες, η ανά άτομο παραγωγή αστικών αποβλήτων παρουσιάζει αυξητική τάση παράλληλα με την αύξηση του οικονομικού επιπέδου ζωής. Η παραγωγή σήμερα κυμαίνεται από σχεδόν μηδενική (σε πολύ φτωχές χώρες) μέχρι 4 kg ανά κάτοικο και ημέρα σε ορισμένες περιοχές των ΗΠΑ.

Στην Ελλάδα (2002) εκτιμάται ότι σε χωριά με πληθυσμό κάτω των 2 000 κατοίκων, η μέση (σε ετήσια βάση) παραγωγή αστικών αποβλήτων (οικιακών και εμπορικών) είναι από 0.6 έως 0.8 kg ανά κάτοικο και ημέρα. Σε πόλεις μέχρι 100 000 κατοίκους, η μέση παραγωγή είναι από 0.8 έως 1.2 kg ανά κάτοικο και ημέρα. Σε μεγαλύτερες πόλεις, η μέση παραγωγή για όλη την πόλη εκτιμάται από 1.2 έως 1.4 kg ανά κάτοικο και ημέρα. Μέσα στην ίδια πόλη, η παραγωγή μπορεί να διαφοροποιείται από συνοικία σε συνοικία.

Με βάση σχετικές αναλύσεις, καθώς και τα συμπεράσματα από πλήθος μετρήσεων διαφόρων μελετητών σε διάφορες περιοχές της χώρας, προτείνονται (με επιφύλαξη) οι τιμές του Πίνακα 3.13, ως μία πρώτη εκτίμηση για τις ανάγκες του μελετητή μηχανικού, εφόσον βεβαίως λείπουν άλλα στοιχεία.

Μια άλλη «γρήγορη» μέθοδος, που μπορεί να εφαρμοστεί, είναι ο προσδιορισμός της ποσότητας των παραγόμενων απορριμμάτων μίας κοινότητας ή ενός δήμου μέσω συνεντεύξεων με εκπροσώπους των Ο.Τ.Α. (Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης) και των υπαλλήλων ή αναδόχων της συλλογής των απορριμμάτων. Καταγράφοντας, έτσι, τον ημερήσιο αριθμό δρομολογίων και τις εποχιακές διακυμάνσεις τους και ξέροντας την χωρητικότητα και το τονάζ των οχημάτων συλλογής, βρίσκεται η ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων.

Η μέθοδος αυτή έχει πολλές ομοιότητες με τη μέθοδο ανάλυσης φορτίων. Η διαφορά τους βρίσκεται στο ότι, στη μέθοδο ανάλυσης φορτίων, ο προσδιορισμός του αριθμού των δρομολογίων γίνεται με καταμέτρηση καθημερινά για μακρό χρονικό διάστημα κάθε εποχή, ενώ εδώ η ακρίβεια της πληροφορίας αυτής μειώνεται αρκετά, αφού βασίζεται στην εμπειρία του προσωπικού ή του αναδόχου, που ασχολείται με τη συλλογή των απορριμμάτων. Όταν, όμως, ο σχεδιασμός δεν αφορά μόνο μία κοινότητα, αλλά ένα ευρύτερο σύνολο Ο.Τ.Α., τότε τυχόν ανακρίβειες, που προκύπτουν από λανθασμένες εμπειρικές εκτιμήσεις σε ορισμένους Ο.Τ.Α., μπορούν να εξαλειφθούν από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων (μεγάλες αποκλίσεις από το μέσο όρο της τιμής της Μ.Π.Α. που σημαίνουν μεγάλη τυπική απόκλιση).

Ανεξάρτητα από το ποια μέθοδος χρησιμοποιείται, πρέπει να τονιστεί η ανάγκη εξασφάλισης ενός στατιστικά αντιπροσωπευτικού αριθμού ρυθμών παραγωγής. Η

στατιστική επάρκεια κρίνεται με βάση το που πρόκειται να χρησιμεύσει αυτός ο ρυθμός παραγωγής.

Είναι αυτονόητο πως ο ρυθμός παραγωγής μιας οριστικής μελέτης πρέπει να καθοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτόν μιας προμελέτης. Ακόμα, ο ρυθμός σε μία μεγάλη πόλη, όπου τα κεφάλαια επένδυσης ενός συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων είναι σημαντικά, πρέπει να καθορίζεται με μεγάλη ακρίβεια, αφού καθορίζει και το απαιτούμενο επενδυτικό και λειτουργικό κόστος (Ξενιτέλλης, 2004).

## 4 Απόβλητα τροφίμων

---

### 4.1 Εισαγωγή

Οι δημοτικές αρχές σε όλο τον κόσμο μοιράζονται ένα κοινό δίλημμα για την καλύτερη μέθοδο διαχείρισης των διαρκώς αυξανόμενων αποβλήτων, που παράγονται από την παρασκευή των τροφίμων και των υπολειμμάτων από την κατανάλωσή τους. Από μια παγκόσμια οπτική, οι εν λόγω διοικητικοί φορείς είναι πολύ σημαντικό να επιτύχουν την εφαρμογή μιας περιβαλλοντικά πιο υπεύθυνης στρατηγικής για την επίλυση αυτού του προβλήματος. Εφαρμόζοντας «πράσινες» πρωτοβουλίες, τα απορρίμματα τροφίμων κατηγοριοποιούνται ως πόροι για:

- την ενθάρρυνση της ανάκτησης ενέργειας, οργανικών και θρεπτικών συστατικών από τα απόβλητα τροφίμων,
- την ελαχιστοποίηση των προβλημάτων, που σχετίζονται με τη δημόσια υγεία και τις πρακτικές διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων,
- την ελαχιστοποίηση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, που συνδέονται με τις πρακτικές διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων και
- τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που σχετίζονται με τις διαδικασίες αποκατάστασης των αποβλήτων τροφίμων.

Έχοντας τους παραπάνω στόχους ως προτεραιότητα, προκύπτει ότι η ιεράρχηση της πολιτικής της διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων θα πρέπει να περιλαμβάνει τη μείωση, την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση, με τη διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής να αποτελεί τη λιγότερο προτιμώμενη στρατηγική. Η μείωση αναφέρεται στην προώθηση της ελαχιστοποίησης της αγοράς τροφίμων και της μείωσης του μεγέθους της ατομικής μερίδας με σκοπό την ελαχιστοποίηση του όγκου των αποβλήτων. Στην περίπτωση που τα υπολείμματα τροφίμων δεν μπορούν να μειωθούν, τότε θα πρέπει να εφαρμοστεί η επαναχρησιμοποίηση μέσω της αξιοποίησης των αποβλήτων από τις υπάρχουσες πηγές (δηλαδή τις αποθήκες τροφίμων, την κτηνοτροφία, ή τα καταφύγια ζώων). Αν τα υπολείμματα τροφίμων δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, τότε προτιμάται η ανακύκλωση, με στόχο να αξιοποιηθεί η οργανική, θρεπτική και ενεργειακή αξία των αποβλήτων (InSinkErator, 2005).

Αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με την επίλυση της πείνας στον κόσμο, τη διατήρηση των πόρων και τη μείωση των περιβαλλοντικών και οικονομικών δαπανών έχουν προκαλέσει τη δημόσια ευαισθητοποίηση για το θέμα της διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων. Δυστυχώς, η αποτροπή της παραγωγής όλων των αποβλήτων τροφίμων είναι αδύνατη. Οι απώλειες τροφίμων ξεκινούν από τα αγροκτήματα, πριν ακόμη το εμπόρευμα φτάσει στην αγορά για κατανάλωση, μέσω των ζημιών πριν τη συγκομιδή,

λόγω ξηρασίας, πλημμυρών ή προσβολής από παρασιτικούς οργανισμούς. Επίσης, τεχνολογικοί παράγοντες, όπως η εντεινόμενη εκμηχάνιση, η δυσλειτουργία του εξοπλισμού και οι πρακτικές διαχείρισης, οδηγούν, επίσης, σε απώλειες της συγκομιδής. Πολλοί αγρότες προσπαθούν να μετριάσουν τις απώλειες αυτές με τη χρήση της εναπομένουσας σοδειάς ως λίπασμα ή ζωοτροφή. Πρόσθετες απώλειες τροφίμων εμφανίζονται κατά την αποθήκευση και μεταφορά, λόγω εντόμων, μούχλας, φθοράς ή κακής συντήρησης. Ακόμη, οι κανονισμοί που ισχύουν για την ασφάλεια των τροφίμων εκτρέπουν ένα μέρος των προϊόντων από την ανθρώπινη κατανάλωση. Απώλειες τροφίμων παρατηρούνται, επίσης, κατά τη μετατροπή των αρχικών ακατέργαστων γεωργικών προϊόντων σε τελικά προϊόντα διατροφής. Μερικές από αυτές τις απώλειες αποτελούν ένα φυσιολογικό και απαραίτητο μέρος της επεξεργασίας τροφίμων. Άλλες απώλειες λόγω επεξεργασίας, όπως η αφαίρεση του δέρματος και του λίπους από το κρέας και τα πουλερικά, είναι αποτέλεσμα της ζήτησης των καταναλωτών για πιο υγιεινές επιλογές τροφίμων.

Ωστόσο, τα απορρίμματα τροφίμων, που προέρχονται από τη μαζική εστίαση και τους καταναλωτές (από τρόφιμα ξεχασμένα και χαλασμένα μέχρι αφάγωτα περισσεύματα), είναι η μεγαλύτερη πηγή απωλειών τροφίμων στην εμπορική αλυσίδα. Τα απόβλητα από τη μαζική εστίαση παράγονται κατά την προετοιμασία των γευμάτων, από τις απροσδόκητες διακυμάνσεις στις πωλήσεις τροφίμων και από τις απώλειες ανά μερίδα καταναλωτή λόγω της «αναβάθμισης» της μερίδας φαγητού. Αντίστοιχα, απώλειες τροφίμων στα νοικοκυριά προκύπτουν λόγω της υπερβολικής προετοιμασίας, των υπολειμμάτων σε κάθε πιάτο, των απωλειών κατά το μαγείρεμα, των χαλασμένων περισσευμάτων και της αποτυχίας κατά το σπάσιμο, το τρίψιμο και τη συσκευασία των τροφίμων. Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο του Oregon εξετάστηκαν οι λόγοι για τους οποίους τα νοικοκυριά πετούν τρόφιμα. Αυτή η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η εκπαίδευση των καταναλωτών μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μείωση των αποβλήτων τροφίμων. Η εκπαίδευση είναι, επίσης, σημαντική, προκειμένου να διδαχθούν τα άτομα την αξία της υγιεινής διατροφής και της μείωσης του μεγέθους της μερίδας του φαγητού, καθώς και για να γίνει η διάκριση μεταξύ χαλασμένου και ασφαλούς φαγητού, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των αποβλήτων τροφίμων (InSinkErator, 2005).

Η επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων τροφίμων αναφέρεται στη συλλογή ή την ανάκτηση των ασφαλών τροφίμων από τα αγροκτήματα, τα καταστήματα λιανικής πώλησης ή τους χώρους μαζικής εστίασης, ώστε να διανεμηθούν σε όσους βρίσκονται σε μειονεκτική θέση. Όταν τα πλεονάσματα τροφίμων ανακτώνται ή αποτρέπεται η απόρριψή τους στα σκουπίδια, τότε υπάρχουν εθελοντές που παραλαμβάνουν και μεταφέρουν τα τρόφιμα σε ομάδες απόρων είτε άμεσα μέσω φιλανθρωπικών οργανώσεων ή έμμεσα μέσω τραπεζών τροφίμων. Εκτός από την παροχή πρόσθετων ποσοτήτων τροφίμων στους απόρους, η ανάκτηση επαναχρησιμοποιήσιμων τροφίμων προσφέρει, επίσης, στις φιλανθρωπικές οργανώσεις μεγαλύτερη ποικιλία και θρεπτικά, προσθέτοντας φρέσκα φρούτα και λαχανικά στα τυπικά μη αναλώσιμα προϊόντα κονσέρβας. Αυτή η πρόσθετη προμήθεια τροφίμων επιτρέπει, επίσης, στις οργανώσεις αυτές να ανακαταναείμουν τους περιορισμένους οικονομικούς πόρους που διαθέτουν σε άλλες απαραίτητες υπηρεσίες. Ωστόσο, και η επαναχρησιμοποίηση τροφίμων δεν

πραγματοποιείται χωρίς κόστος. Οι εργασίες που πραγματοποιούνται για την ανάκτηση έρχονται αντιμέτωπες με μια σειρά υλικοτεχνικών και οικονομικών εμποδίων κατά τη διαδικασία μετατροπής των αποβλήτων τροφίμων σε ένα επαναχρησιμοποιήσιμο πόρο για την ανθρώπινη κατανάλωση.

Φυσικά, όλα τα τρόφιμα που απορρίπτονται δεν είναι οικονομικά ή περιβαλλοντικά επαναχρησιμοποιήσιμα ή κατάλληλα για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Αν δεν είναι κατάλληλα για τους ανθρώπους, τότε οι αγορές με δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης προσανατολίζονται προς τις κτηνοτροφικές δραστηριότητες και τα καταφύγια ζώων.

Για τα απορρίμματα τροφίμων που δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, η ανακύκλωση αποτελεί την επόμενη καλύτερη επιλογή από περιβαλλοντική άποψη, ώστε να υπάρξει όφελος από τα περιεχόμενα οργανικά και θρεπτικά συστατικά τους και τις εναλλακτικές δυνατότητες ενέργειας. Η ανακύκλωση είναι η προτιμότερη μέθοδος διαχείρισης οποιοδήποτε υλικού, το οποίο φτάνει στο ρεύμα των στερεών αποβλήτων. Πολλά είδη αποβλήτων, όπως το χαρτί, το γυαλί, το αλουμίνιο, το ασφάλι και τα πλαστικά, ανακυκλώνονται εύκολα ως βασικά υλικά σε νέα προϊόντα, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση πρωτογενών υλικών. Η λειτουργία της ανακύκλωσης κατά τον καλύτερο τρόπο θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κινδύνου για τη δημόσια υγεία και την ελαχιστοποίηση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων και των εκπομπών από τις διεργασίες αποκατάστασης. Επίσης, η σύνθεση των αποβλήτων τροφίμων έχει ερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό με παρόμοια συμπεράσματα. Μια μελέτη του Πανεπιστημίου του Wisconsin βρήκε ότι τα απορρίμματα τροφίμων αποτελούνται κατά 70% από νερό (30% στερεά), 95% από οργανικά, 2.7% από άζωτο, και 0.44% από θειικά άλατα. Συγχρόνως, Ιταλοί ερευνητές εκτίμησαν ότι τα απορρίμματα τροφίμων είναι κατά 74.4% νερό (25.6% στερεά), 96.5% οργανικά, 3.2% άζωτο και 0.2% φώσφορος. Επομένως, αυτά τα χαρακτηριστικά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση του καλύτερου συστήματος διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων.

Οι επιλογές των συστημάτων διαχείρισης όλων των δημοτικών στερεών αποβλήτων συνολικά περιλαμβάνουν υγειονομική ταφή και καύση. Οι επιλογές διαχείρισης των οργανικών αποβλήτων επεκτείνονται, περιλαμβάνοντας και την κομποστοποίηση (οικιακή και κεντρική κομποστοποίηση). Επιπλέον, η χρήση του σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων και η απόρριψή τους μέσω αυτού σε μια δημοτική εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ελκυστικό εναλλακτικό σύστημα διαχείρισης οργανικών αποβλήτων μόνο για τα απόβλητα τροφίμων λόγω των φυσικών χαρακτηριστικών τους. Κατά συνέπεια, μια λεπτομερής αξιολόγηση των επιλογών για τη διαχείριση είναι απαραίτητη για την επιλογή της βέλτιστης εναλλακτικής λύσης (InSinkErator, 2005).

Η κομποστοποίηση ορισμένων υλικών ή η διασπορά των βιοστερεών από την Ε.Ε.Λ. μπορεί, επίσης, να χαρακτηριστεί ως ανακύκλωση, λόγω της ευεργετικής επιστροφής των οργανικών και θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Επιπλέον, οι Ε.Ε.Λ., που ενσωματώνουν αναερόβια χώνευση για τη σταθεροποίηση των οργανικών, μπορούν να χρησιμοποιούν το παραγόμενο μεθάνιο ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Η αποτέφρωση είναι πιο πρακτική για ξηρά, υψηλής ενέργειας, απόβλητα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή καυσίμου. Τα υπολείμματα τροφίμων, τα οποία είναι κατά 70% νερό, δεν είναι κατάλληλα για αποτέφρωση, καθώς η παραγωγή καθαρής ενέργειας θα είναι μηδενική. Η καύση είναι πιο πρακτική από περιβαλλοντική άποψη, όταν η προκύπτουσα ενέργεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Επιπλέον, ο έλεγχος των αέριων εκπομπών, ιδιαίτερα των διοξινών, των φουράνων, του οξειδίου του αζώτου και του διοξειδίου του θείου, συνοδεύεται από έντονη ανησυχία, αλλά και σημαντικές δαπάνες. Τέλος, τα οργανικά και τα θρεπτικά συστατικά των αποβλήτων τροφίμων στη συνέχεια καίγονται και χάνονται στην ατμόσφαιρα. Αυτά τα σημεία καθιστούν ακατάλληλη την αποτέφρωση για τη διάθεση των αποβλήτων τροφίμων, καθώς το σύστημα αποτυγχάνει να συμμορφωθεί με την «πράσινη» πρωτοβουλία, που αναφέρθηκε στην αρχή, σχετικά με την παροχή περιβαλλοντικών πόρων.

Η υγειονομική ταφή επιλέγεται ως μια εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων τροφίμων, μόνο όταν η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση δεν είναι εφικτές. Αποτελεί τη λιγότερο προτιμώμενη στρατηγική διαχείρισης, καθώς τα απόβλητα τροφίμων αποσυντίθενται εύκολα σε αναερόβιες συνθήκες και η υψηλή περιεκτικότητα σε νερό προσθέτει υπολειμματικά στραγγίδια, τα οποία απαιτούν αποκατάσταση. Τα αέρια από την υγειονομική ταφή, που παράγονται από την αναερόβια αποσύνθεση, αποτελούνται περίπου από 45% – 60% μεθάνιο και 40% – 60% διοξείδιο του άνθρακα. Αν και το μεθάνιο μπορεί να παγιδευτεί ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, ακόμη και οι καλύτερα σχεδιασμένοι και συντηρημένοι χώροι υγειονομικής ταφής θα συνεχίσουν να χάνουν περίπου το ένα τρίτο στην ατμόσφαιρα, το οποίο είναι περίπου 21 φορές πιο ισχυρό από το διοξείδιο του άνθρακα, ως αέριο του θερμοκηπίου. Συμπεραίνεται ότι η υγειονομική ταφή, όπως και η καύση, δεν πληρούν τα κριτήρια της πρωτοβουλίας για την παροχή των περιβαλλοντικών πόρων.

Επιπλέον, και η συλλογή των στερεών απόβλητων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών αποκατάστασης τόσο λόγω των ανησυχιών που προκύπτουν σχετικά με τις εκπομπές αερίων όσο και λόγω του γεγονότος ότι από το συνολικό κόστος, που δαπανάται για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, περίπου το 50% – 70% αποδίδεται στη δραστηριότητα συλλογής. Το κόστος της συλλογής περιλαμβάνει το κόστος του κεφαλαιουχικού εξοπλισμού και το κόστος συντήρησης, καθώς και το εξίσου σημαντικό κόστος εργασίας. Μια μελέτη του Πανεπιστήμιου του Wisconsin για τον κύκλο ζωής της διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων διαπίστωσε ότι η συλλογή των αστικών στερεών αποβλήτων συμβάλλει κατά  $\frac{1}{2}$  έως  $\frac{3}{4}$  του συνολικού κόστους, και κατά 88% της συνολικής ενέργειας των συστημάτων που χρησιμοποιούν αυτή τη διαδικασία (InSinkErator, 2005).

Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου δεν αποτελούν ένα ζήτημα που μπορεί να προσπεραστεί γρήγορα σε σχέση με τη διάθεση των αποβλήτων τροφίμων. Από την έναρξη της Βιομηχανικής Επανάστασης, η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα αυξάνεται συνεχώς, γεγονός που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας. Η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει δημιουργήσει, επίσης, αυξημένα επίπεδα μεθανίου, οξειδίου του αζώτου και όζοντος της τροπόσφαιρας στην ατμόσφαιρα. Η αυξημένη απελευθέρωση

αερίων του θερμοκηπίου φαίνεται ότι είναι υπεύθυνη για την κλιματική αλλαγή σε παγκόσμια κλίμακα.

Ο Ο.Η.Ε. και ο Διεθνής Οργανισμός Μετεωρολογίας αναγνωρίζοντας το μέγεθος του προβλήματος και τη διασυνοριακή του φύση προχώρησαν στη συγκρότηση της «Διακυβερνητικής Διάσκεψης για την Αλλαγή του Κλίματος» (United Nations Framework Convention on Climate Change), δηλαδή μιας επιτροπής από ειδικούς επιστήμονες, η οποία θα μελετούσε όλες τις παραμέτρους του προβλήματος. Η επιτροπή αυτή διοργάνωσε την πρώτη συνδιάσκεψη για την αλλαγή του κλίματος. Η ιστορική αυτή συνάντηση έλαβε χώρα στο Ρίο της Βραζιλίας, παράλληλα με τη «Διάσκεψη για τη Γη», τον Ιούνιο του 1992. Η Ελλάδα υπέγραψε τις αποφάσεις της διασκέψεως και τις έκανε νόμο του κράτους (ν. 2205/1994). Έκτοτε έχουν λάβει χώρα και άλλες συνδιασκέψεις με σημαντικότερη αυτή στο Κιότο της Ιαπωνίας. Σε αυτή υπογράφηκε το διάσημο πλέον «Πρωτόκολλο του Κιότο». Το πρωτόκολλο, που υπογράφηκε στο Κιότο από αντιπροσώπους 178 χωρών, έθεσε εθελοντικούς εθνικούς στόχους μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου για κάθε ανεπτυγμένη βιομηχανική χώρα. Ως έτος αναφοράς ελήφθη το 1990. Αντικειμενικός σκοπός ήταν η κατά 5% μείωση των παγκόσμιων εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2010. Η συνολική παγκόσμια μείωση του 5% κατανεμήθηκε ως εξής ανάμεσα στα 39 ανεπτυγμένα βιομηχανικά κράτη του πλανήτη:

- 8% μείωση για την Ε.Ε., την Ελβετία και τα περισσότερα κράτη της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης,
- 7% μείωση για τις ΗΠΑ,
- 6% μείωση για τον Καναδά, την Ιαπωνία, την Ουγγαρία και την Πολωνία,
- η Νέα Ζηλανδία, η Ρωσία και η Ουκρανία έπρεπε να σταθεροποιήσουν τις εκπομπές τους στα επίπεδα του 1990, και
- η Νορβηγία μπορούσε να αυξήσει τις εκπομπές της κατά 1%, η Αυστραλία κατά 8% και η Ισλανδία κατά 10%.

Η κατά 8% συνολική μείωση για την Ε.Ε. προκύπτει από την κατά 28% μείωση για το Λουξεμβούργο και την κατά 21% μείωση για τη Γερμανία και τη Δανία, μέχρι την κατά 25% αύξηση των εκπομπών για την Ελλάδα και την κατά 27% αύξηση για την Πορτογαλία (Αμπελιώτης, 2008).

Οι αποφάσεις που λαμβάνονται για τη διαχείριση των αποβλήτων επηρεάζουν την ποσότητα των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται από τον τομέα των αποβλήτων. Η μείωση των πηγών τους οδηγεί σε μείωση του όγκου των υλικών που καταναλώνονται, εξαλείφοντας έτσι το σύνολο των σχετικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η ανακύκλωση συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε πολλά στάδια του κύκλου ζωής της ύλης, καθώς εκτρέπει τα απόβλητα από τους χώρους υγειονομικής ταφής και μειώνει τις εκπομπές, που παράγονται από την επεξεργασία των πρωτογενών υλικών. Η εκτροπή των οργανικών αποβλήτων είτε προς λιπασματοποίηση ή αναερόβια χώνευση καταλήγει στην απομάκρυνση αυτών των αναερόβια ευκολοδιασπάσιμων αποβλήτων από τους χώρους υγειονομικής ταφής και τη

μείωση του μεθανίου που παράγεται. Επιπλέον, η μεταφορά των απόβλητων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε σχέση με την παραγωγή των αερίων του θερμοκηπίου. Οι εκπομπές από τη μεταφορά των αποβλήτων, που δεν είναι αμελητέες, παραμένουν ένα μικρό αλλά αυξανόμενο ποσοστό των συνολικών εκπομπών στον τομέα των αποβλήτων. Αυτές οι εκπομπές αναμένεται να αυξηθούν, καθώς τα προγράμματα διαχωρισμού στην πηγή των οργανικών αποβλήτων τροφίμων επεκτείνονται, και οι χώροι υγειονομικής ταφής γίνονται όλο και λιγότεροι σε αριθμό και απομακρύνονται από τις μεγάλες πόλεις. Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η αποτέφρωση και η υγειονομική ταφή δεν είναι αξιόλογες επιλογές διαχείρισης για τη διάθεση των αποβλήτων τροφίμων, καθώς δεν έρχονται σε συμφωνία με την πράσινη πρωτοβουλία για τους περιβαλλοντικούς πόρους. Συνεπώς, για τη διάθεση των αποβλήτων τροφίμων, οι δύο καλύτερες επιλογές αποκατάστασης σε σχέση με το περιβαλλοντικό όφελος είναι η λιπασματοποίηση και η χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων με την ακόλουθη απόρριψή τους στις Ε.Ε.Α. (InSinkErator, 2005).

## **4.2 Ποσότητες των αποβλήτων τροφίμων**

Τα απόβλητα τροφίμων αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανικών αποβλήτων, που σήμερα αποστέλλονται σε χώρους υγειονομικής ταφής και υπάρχουν κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους. Το ποσοστό αυτό ανέρχεται περίπου στο 20%. Η ποσότητά τους εξαρτάται, κυρίως, από τον τρόπο ζωής των ανθρώπων και τις διατροφικές τους συνήθειες. Σε σύγκριση με το συνολικό οργανικό κλάσμα των οικιακών αποβλήτων, το κλάσμα των αποβλήτων τροφίμων χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα στοιχεία: υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία, καλύτερη βιοδιασπασιμότητα, μεγαλύτερη πυκνότητα, χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη (λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε νερό).

Η περιορισμένη διαθεσιμότητα και ετερογένεια των δεδομένων εμποδίζουν την εκτίμηση των συνολικών ποσοτήτων των αποβλήτων τροφίμων παγκοσμίως. Τα διαθέσιμα στοιχεία έχουν συγκεντρωθεί από μελέτες και έρευνες που έχουν διεξαχθεί από ιδρύματα και διεθνείς οργανισμούς, ως επί το πλείστον σε εθνικό επίπεδο. Οι αναλύσεις σχετικά με τις απώλειες, που συμβαίνουν στα πρώτα στάδια της προμήθειας τροφίμων, είναι λιγιστές και ανεπαρκείς. Ωστόσο, περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν διαθέσιμες σε ό, τι αφορά την ανάλυση της τελικής κατανάλωσης των αποβλήτων τροφίμων. Ειδικές τεχνικές ελέγχου, όπως η ανάλυση κατά τη διαλογή των αποβλήτων, επιτρέπουν στους ερευνητές να συγκεντρώσουν αξιόπιστα στοιχεία σχετικά με τη σύνθεση των οικιακών τροφικών υπολειμμάτων. Μια από τις λίγες διαθέσιμες παγκόσμιες αναλύσεις είναι η μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2011 από τον F.A.O. (Food and Agricultural Organization), σύμφωνα με την οποία εκτιμάται ότι η ετήσια ποσότητα αποβλήτων τροφίμων παγκοσμίως φτάνει περίπου τα 1.3 δισεκατομμύρια τόνους, που ισοδυναμεί περίπου με το ένα τρίτο της συνολικής παραγωγής τροφίμων.

Μια πρόσφατη μελέτη της Γενικής Διεύθυνσης Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής αναλύει τα απόβλητα τροφίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και εκτιμά ότι η ποσότητα των τροφίμων που απορρίπτεται κάθε χρόνο στην Ευρώπη ανέρχεται σε 89



εκατομμύρια τόνους ή 180 kg ανά κάτοικο, εκ των οποίων το 42% προέρχεται από τα νοικοκυριά. Αυτή η μέση τιμή για τα αποβλήτα τροφίμων ανά κάτοικο είναι αποτέλεσμα μιας εξαιρετικά ποικίλης και διαφορετικής υπάρχουσας κατάστασης σε κάθε κράτος μέλος, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 4.1: Ετήσιες ποσότητες αποβλήτων τροφίμων στις χώρες της Ευρώπης για το 2010 (kg ανά κάτοικο) (Barilla Center, 2012).

### 4.3 Χαρακτηριστικά των αποβλήτων τροφίμων

#### 4.3.1 Φυσικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων τροφίμων

Στα πιο σημαντικά φυσικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων τροφίμων περιλαμβάνονται το ειδικό βάρος, η περιεκτικότητα σε υγρασία, το μέγεθος των σωματιδίων και η κατανομή των μεγεθών, η χωρητική ικανότητα και το πορώδες των συμπιεσμένων απορριμμάτων. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται κάποια τυπικά στοιχεία για το ειδικό βάρος και την περιεκτικότητα σε υγρασία των οικιακών και εμπορικών αποβλήτων τροφίμων.

Πίνακας 4.1: Τυπικές τιμές ειδικού βάρους και περιεκτικότητας ε υγρασία οικιακών και εμπορικών αποβλήτων τροφίμων.

Απόβλητα τροφίμων		Ειδικό βάρος (kg/m <sup>3</sup> )		Περιεκτικότητα σε υγρασία (% κ.β.)	
		Εύρος	Τυπική τιμή	Εύρος	Τυπική τιμή
Οικιακά	Απόβλητα τροφίμων (σύμμεικτα)	130 – 480	290	50 – 80	70
Εμπορικά	Απόβλητα τροφίμων (υγρά)	500 – 950	540	50 – 80	70

Πηγή: Chenxi, 2010

#### 4.3.2 Χημικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων τροφίμων

Τα απόβλητα τροφίμων αποτελούνται κατά βάση από υπολείμματα λαχανικών, μαγειρεμένα ή μη, τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε νερό (70% και άνω). Κύρια συστατικά των οικιακών αποβλήτων τροφίμων είναι φυτικά απόβλητα, αλέσματα καφέ, φίλτρα τσαγιού και υπολείμματα που προκύπτουν κατά την προετοιμασία και το μαγείρεμα των τροφίμων.

Η ισορροπημένη αναλογία άνθρακα/αζώτου (C/N) και η συνεκτικότητα σε υγρασία καθιστούν τα απόβλητα τροφίμων εύκολα βιοδιασπάσιμα, γεγονός που τα καθιστά καταλληλότερα για την αναερόβια επεξεργασία από ό, τι για την αερόβια.

Οι πληροφορίες σχετικά με τη χημική σύνθεση των συστατικών στοιχείων που αποτελούν τα απόβλητα τροφίμων είναι σημαντικές για την αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών επεξεργασίας και ανάκτησης. Για παράδειγμα, η δυνατότητα καύσης εξαρτάται από τη χημική σύνθεση των απόβλητων.

Πίνακας 4.2: Προσεγγιστική ανάλυση των τυπικών ενεργειακών δεδομένων για τα οικιακά, εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα τροφίμων.

Είδος αποβλήτων τροφίμων	Προσεγγιστική ανάλυση (% κ.β.)				Ενεργειακό περιεχόμενο (BTU/lb)		
	Υγρασία	Πτητικά υλικά	Σταθερός άνθρακας	Άκαυστα	Όπως συλλέγονται	Ξηρά	Ξηρά (χωρίς τέφρα)
Λίπη	2.0	95.3	2.5	0.2	16135	16466	16836
Απόβλητα τροφίμων (σύμμεικτα)	70.0	21.4	3.6	5.0	1797	5983	7180
Απόβλητα φρούτων	78.7	16.6	4.0	0.7	1707	8013	8285
Απόβλητα κρέατος	38.8	56.4	1.8	3.1	7623	12455	13120

Πηγή: Chenxi, 2010

Πίνακας 4.3: Χημική σύνθεση διαφορετικών κλασμάτων των αποβλήτων τροφίμων σε ποσοστό αιωρούμενων στερεών (SS).

	Απόβλητα τροφίμων και λαχανικών	Υπολείμματα φρούτων	Υπολείμματα κρέατος	Λίπη και έλαια
C	49.1	49.0	59.6	73.1
H	6.6	5.7	9.5	11.6
O	37.6	41.7	24.6	14.8
N	1.7	1.1	1.0	0.4
S	0.2	0.1	0.2	0.1
Άθροισμα των VSS (= % των SS)	95.2	97.6	94.9	100
FSS	4.8	3.4	5.1	0.0
Άθροισμα των SS	100	100	100	100
C/N	29.2	44.1	58.4	170.0

Πηγή: Bragger, 2009

#### 4.4 Απόβλητα τροφίμων και υπερθέρμανση του πλανήτη

Κατά την αποθήκευσή τους, τα απόβλητα τροφίμων τείνουν να κατακάθονται, να στραγγίζουν και να αναδίδουν δυσάρεστες οσμές προσελκύοντας παράσιτα. Όταν αναμιγνύονται με άλλα ξηρά απόβλητα, τα απόβλητα τροφίμων είναι πιθανό να κολλήσουν σε αυτά και να τα μολύνουν, θέτοντας έτσι σε κίνδυνο τη μηχανική διαλογή και το διαχωρισμό των ξηρών ανακυκλώσιμων υλικών. Όχι μόνο μειώνουν τη θερμιδική

αξία και τις δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας κατά την αποτέφρωση, αλλά αυξάνουν και τον όγκο των εκπομπών λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία.

Τα λίπη και τα έλαια (fats, oils and greases – FOG) συνολικά αποκαλούνται «καφέ λίπος». Παράγονται κατά την προετοιμασία και το μαγείρεμα του φαγητού στα νοικοκυριά, αλλά και από τις βιομηχανίες επεξεργασίας κρέατος, τα εστιατόρια, τις επιχειρήσεις παρασκευής τροφίμων, τις καφετέριες, τις καντίνες στα σχολεία και άλλους αντίστοιχους χώρους. Όταν τα τρόφιμα μαγειρεύονται με λάδι, υπάρχει η ανάγκη απαλλαγής από τα μαγειρικά έλαια και λίπη. Τα λίπη και τα έλαια μπορούν να μετατραπούν σε καύσιμο ντίζελ ή βιοαέριο με τις τόσο υψηλές αποδόσεις ενέργειας που τα καθιστούν την καλύτερη πηγή τόσο από οικονομική άποψη όσο και από την άποψη του δυναμικού συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Global Warming Potential – G.W.P.).

Το δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (G.W.P.) είναι ένα μέτρο με το οποίο προσδιορίζεται πόσο μια δεδομένη μάζα αερίου του θερμοκηπίου εκτιμάται ότι θα συμβάλλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Πρόκειται για μια σχετική κλίμακα, η οποία συγκρίνει το αέριο που μελετάται με αυτό που έχει την ίδια μάζα με το διοξείδιο του άνθρακα (του οποίου το δυναμικό συμβολής είναι κατά σύμβαση ίσο με 1). Υπολογίζεται με βάση ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και η τιμή αυτού πρέπει να δηλώνεται κάθε φορά που καταγράφεται το δυναμικό συμβολής, διαφορετικά η τιμή αυτή θα είναι άνευ σημασίας. Το διοξείδιο του άνθρακα έχει δυναμικό συμβολής ακριβώς 1, δεδομένου ότι είναι η μονάδα βάσης, με την οποία συγκρίνονται όλα τα άλλα αέρια του θερμοκηπίου (παράγραφος 7.2.4).

## **4.5 Η υπάρχουσα κατάσταση στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων**

### **4.5.1 Οικιακή κομποστοποίηση**

Η οικιακή κομποστοποίηση θα μπορούσε να είναι μια καλή μέθοδος, ωστόσο, μόνο ένα μικρό ποσοστό των νοικοκυριών είναι πρόθυμα ή μπορούν να την εφαρμόσουν και η μεταβλητότητα της απόδοσης της πρακτικής αυτής οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η εκτίμηση του δυναμικού συμβολής είναι μάλλον ανούσια. Η κομποστοποίηση μετατρέπει εύκολα το βιοαποδομήσιμο άνθρακα σε βραχέως κύκλου CO<sub>2</sub>, αλλά συγχρόνως παράγεται και ένα μέρος CH<sub>4</sub>. Το CH<sub>4</sub> μπορεί να οξειδώνεται στην επιφάνεια του κάδου κομποστοποίησης.

Η σωστή κομποστοποίηση (αερόβια) απαιτεί κατάλληλη αναλογία άνθρακα – αζώτου στο υλικό τροφοδοσίας και ανοιχτή κατασκευή, ώστε να επιτρέπεται η διέλευση του αέρα και να υπάρχει επαρκής υγρασία για τη διατήρηση της βιομάζας. Ωστόσο, τα περισσότερα νοικοκυριά στις αστικές περιοχές δεν έχουν ούτε το χώρο ούτε τη διάθεση να εφαρμόσουν την οικιακή κομποστοποίηση.

Η αποτελεσματικότητα των συστημάτων αεριζόμενης οικιακής κομποστοποίησης είναι διαφορετική από τόπο σε τόπο. Αναμφισβήτητα, σε κάποιες περιπτώσεις οικιακής κομποστοποίησης εκλύεται CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O λόγω της ανεπάρκειας οξυγόνου. Επίσης, τα

σκουλήκια κομποστοποίησης συχνά αποβάλλουν N<sub>2</sub>O, το οποίο συσσωρεύεται στα επόμενα στάδια της οικιακής κομποστοποίησης (Chenxi, 2010).

#### 4.5.2 Κεντρική κομποστοποίηση

Η χωριστή συλλογή από το πεζοδρόμιο των αποβλήτων τροφίμων έχει μεγαλύτερο δυναμικό συμβολής από τη συλλογή των ανάμεικτων αποβλήτων λόγω των μεγαλύτερων κύκλων συλλογής ή των χαμηλότερων ωφέλιμων φορτίων και της επιτακτικής ανάγκης της συχνότερης συλλογής για την αποφυγή κακοσμιών. Οι Smith et al. εκτίμησαν ότι αφήνοντας το κομπόστ να αποσυντεθεί προσθέτοντάς το στο έδαφος πάνω από 100 χρόνια (η συμβατική χρονική κλίμακα για τον υπολογισμό του δυναμικού συμβολής), τότε η χρήση του κομπόστ στη γη θα μπορούσε να αφαιρέσει ισοδύναμα 22 kg βραχέως κύκλου CO<sub>2</sub> / t αποβλήτων τροφίμων επεξεργασμένων με κομποστοποίηση.

Η συλλογή από το πεζοδρόμιο των απορριμμάτων κήπων μαζί με τα απόβλητα τροφίμων έχει αποδειχθεί σε πολλούς δήμους διαφόρων χωρών ότι αυξάνει τη συνολική μάζα των αποβλήτων που συλλέγονται εξαιτίας της αποθάρρυνσης της οικιακής κομποστοποίησης. Το κομπόστ μπορεί να μετατραπεί σε ένα συνεχώς αυξανόμενο ανταγωνιστικό μέσο, αλλά δεν πρόκειται ποτέ να εξοικονομήσει πολλά χρήματα λόγω του κόστους ανάμειξης, ενσάκισης, διανομής, εμπορίας, κ.λπ.

Πίνακας 4.4: Δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τη συλλογή των διαχωρισμένων στην πηγή αποβλήτων τροφίμων, που υφίστανται κομποστοποίηση.

Συνιστώσες	kg CO <sub>2</sub> e/t αποβλήτων τροφίμων
Χωριστή συλλογή από το πεζοδρόμιο και μεταφορά	+24
Κομποστοποίηση σε δοχεία (in vessel) (συμπεριλαμβανομένης ηλεκτρικής ενέργειας)	+18
Δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος	-22
Αντιστάθμισμα από τα λιπάσματα	-36
Μεταφορά από το χώρο κομποστοποίησης για τη διάθεση στο έδαφος	+2
Δυναμικό συμβολής από τη χωριστή συλλογή και την κεντρική κομποστοποίηση	-14

Πηγή: Chenxi, 2010

#### 4.5.3 Υγειονομική ταφή

Οι σύγχρονοι χώροι υγειονομικής ταφής παγιδεύουν ένα μεγάλο μέρος των αερίων από την υγειονομική ταφή, από τα οποία το 50 – 65% είναι CH<sub>4</sub> και χρησιμοποιείται ως ανανεώσιμο καύσιμο. Το CO<sub>2</sub> που παράγεται από την καύση του CH<sub>4</sub> είναι σύντομο κύκλου. Ωστόσο, υπάρχει κάποια διαρροή από την καλυμμένη περιοχή και από την περιοχή εργασίας του χώρου υγειονομικής ταφής, πριν αυτή καλυφθεί και πραγματοποιηθεί ο έλεγχος της παγίδευσης των αερίων που εκλύονται.

Το δυναμικό συμβολής της συλλογής από το πεζοδρόμιο των αποβλήτων τροφίμων ως μέρος των σύμμεικτων απορριμμάτων μπορεί να υποτεθεί ότι είναι λιγότερο για την υγειονομική ταφή από ό, τι για τη χωριστή συλλογή τους για λιπασματοποίηση ή αναερόβια χώνευση. Ωστόσο, η εκτίμηση αυτή αφορά ένα σύγχρονο χώρο υγειονομικής ταφής, που έχει κατασκευαστεί με τα βέλτιστα πρότυπα πρακτικής και διαχειρίζεται αποδοτικά τη συλλογή και τη χρήση των αερίων υγειονομικής ταφής για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Όταν τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα τοποθετούνται σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής, το πρώτο στάδιο της αποδόμησης είναι αερόβιο. Τότε, απελευθερώνεται σύντομου κύκλου CO<sub>2</sub>, το οποίο δεν έχει καθόλου δυναμικό συμβολής. Όταν καταναλωθεί το διαθέσιμο οξυγόνο, τότε η αποδόμηση γίνεται αναερόβια. Αρχικά το pH μειώνεται λόγω της παραγωγής πτητικών λιπαρών οξέων (Volatile Fatty Acids - VFA), ενεργοποιώντας τα μέταλλα. Αργότερα, αναπτύσσονται μεθανογόνα βακτήρια και μετατρέπουν τα πτητικά λιπαρά οξέα σε αέριο υγειονομικής ταφής. Τότε, τα μέταλλα καθιζάνουν εκ νέου, καθώς αυξάνεται το pH.

Ακόμα και οι καλύτερες τεχνικές για την κατασκευή χώρου υγειονομικής ταφής και άντλησης του αερίου υγειονομικής ταφής καταλήγουν σε κάποια διαρροή και δεδομένου ότι αυτό αποτελείται κατά 50 – 65% CH<sub>4</sub> κατά όγκο, το δυναμικό συμβολής είναι πολύ σημαντικό. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι οι Χ.Υ.Τ.Α. απομονώνουν σημαντικές ποσότητες άνθρακα. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία για το δυναμικό συμβολής της συλλογής των αποβλήτων τροφίμων ως μέρος των σύμμεικτων αποβλήτων, που υφίστανται υγειονομική ταφή.

Πίνακας 4.5: Δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τη συλλογή από το πεζοδρόμιο των αποβλήτων τροφίμων ως μέρος των ανάμεικτων αποβλήτων, που οδηγούνται προς υγειονομική ταφή.

Συνιστώσες	kg CO <sub>2</sub> e/t αποβλήτων τροφίμων
Συλλογή των σύμμεικτων αποβλήτων από το πεζοδρόμιο και μεταφορά	+14
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα αέρια υγειονομικής ταφής	-32
Μεθάνιο από τη διαρροή αερίων υγειονομικής ταφής	+1 114
Δέσμευση του άνθρακα σύντομου κύκλου	-272
Χρήση καυσίμων για τις διάφορες λειτουργίες του χώρου υγειονομικής ταφής	+8
Δυναμικό συμβολής για την υγειονομική ταφή	+832

Πηγή: Chenxi, 2010

#### 4.5.4 Καύση

Η καύση είναι ελκυστική μέθοδος για τους ιδιοκτήτες κατοικιών και τη βιομηχανία, λόγω της πρακτικής εφαρμογής της, καθώς δεν υπόκειται στα προβλήματα που

προκύπτουν από τους ρυπαντές (πλαστικά, γυαλί, μέταλλα, κουρέλια, κ.λπ.), οι οποίοι είναι σημαντικοί για τις άλλες μεθόδους.

Το κόστος λειτουργίας των αποτεφρωτήρων αποβλήτων και του ελέγχου των εκπομπών τους είναι υψηλό. Συγχρόνως, οι υδρατμοί από τα απόβλητα τροφίμων προσθέτουν επιπλέον όγκο στον υπάρχοντα όγκο των παραγόμενων εκπομπών. Η αξία της ηλεκτρικής ενέργειας και της θερμότητας από την καύση των υγρών αποβλήτων (λυματολάσπης) είναι σχετικά ασήμαντη. Οι Smith et al. ανέφεραν στην έρευνά τους ότι η καύση ήταν μία από τις ακριβότερες επιλογές για το σύνολο των Α.Σ.Α. Καθώς το αποσυντεθειμένο κλάσμα έχει τη χαμηλότερη καθαρή θερμιδική αξία από οποιοδήποτε άλλο καύσιμο κλάσμα, επιβεβαιώνεται ότι το αντισταθμιστικό όφελος από την παραγωγή ενέργειας θα είναι αμελητέο. Σε αντίθεση, τα ξηρά Α.Σ.Α. (χωρίς απόβλητα τροφίμων) έχουν μια πολύ χρήσιμη ενεργειακή απόδοση.

Πίνακας 4.6: Δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τη συλλογή από το πεζοδρόμιο των αποβλήτων τροφίμων ως μέρος των ανάμεικτων αποβλήτων, που οδηγούνται προς αποτέφρωση.

Συνιστώσες	kg CO <sub>2</sub> e/t αποβλήτων τροφίμων
Μεταφορά της τέφρας προς υγειονομική ταφή	+1
Συλλογή των σύμμεικτων αποβλήτων από το πεζοδρόμιο και μεταφορά	+14
Αποτέφρωση (συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των εκπομπών, του αντισταθμίσματος από τη χρήση ενέργειας)	-2
Δυναμικό συμβολής για την αποτέφρωση	+13

Πηγή: Chenxi, 2010

#### 4.5.5 Κεντρική αναερόβια χώνευση

Αν και η κομποστοποίηση μπορεί να μετατρέπει το βιοδιασπάσιμο άνθρακα σε CO<sub>2</sub>, χρησιμοποιώντας ενέργεια, η αναερόβια χώνευση τον μετατρέπει σε βιοαέριο, το οποίο περιέχει περίπου 65% CH<sub>4</sub> και 34% CO<sub>2</sub>, καθώς και ίχνη από άλλα αέρια. Το CH<sub>4</sub> μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ανανεώσιμη ενέργεια, επομένως έχει αρνητική συμβολή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω της αντιστάθμισης των ορυκτών καύσιμων.

Η απόδοση του βιοαερίου εξαρτάται από το υλικό. Η θερμική υδρόλυση επεξεργάζεται με πίεση το υλικό τροφοδοσίας στους 160°C για 30 λεπτά, γεγονός που αυξάνει το βαθμό χώνευσης της οργανικής ύλης, αποστειρώνει την τροφή και μειώνει το ιξώδες της, σε τέτοιο βαθμό που το φορτίο των στερεών μπορεί να τριπλασιαστεί και οι χωνευτές να συνεχίζουν να είναι πλήρως αναδεδυμένοι.

Πίνακας 4.7: Δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τη συλλογή από το πεζοδρόμιο των αποβλήτων τροφίμων, που οδηγούνται προς αναερόβια χώνευση.

Συνιστώσες	kg CO <sub>2</sub> e/t αποβλήτων τροφίμων	
	Αναερόβια χώνευση	Θερμική υδρόλυση + αναερόβια χώνευση
Χωριστή συλλογή από το πεζοδρόμιο και μεταφορά	+24	+24
Επεξεργασία (συμπεριλαμβανομένης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας)	-132	-183
Μεταφορά από το χώρο αναερόβιας χώνευσης για διάθεση στο έδαφος	+4	+2
Δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος	-22	-22
Αντιστάθμισμα από τα λιπάσματα	-36	-36
Δυναμικό συμβολής για την κεντρική αναερόβια χώνευση	-162	-215

Πηγή: Chenxi, 2010

#### 4.5.6 Σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων

Οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων μπορούν να χωρίζουν τα απόβλητα τροφίμων στην πηγή χωρίς να προκύπτουν ζητήματα υγιεινής, οσμών και προβλήματα σχετικά με την αποθήκευσή τους σε εξωτερικούς χώρους, αναμένοντας την προγραμματισμένη συλλογή τους από το πεζοδρόμιο. Αν και οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων δε συνηθίζονται σε ορισμένες χώρες, και οι εμπειρογνώμονες για αποχετευτικά ζητήματα τους αντιμετωπίζουν με καχυποψία, ωστόσο, οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων έχουν δείξει επανειλημμένα ότι δεν έχουν αρνητικές επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους, το αποχετευτικό σύστημα ή την επεξεργασία των λυμάτων και ότι παρέχουν μια καλή λύση για όσους είναι απρόθυμοι ή δεν μπορούν να κάνουν κομποστοποίηση στο σπίτι.

Το εξερχόμενο προϊόν από τους σκουπιδοφάγους είναι πολύ βιοδιασπάσιμο και μεταφέρεται πολύ εύκολα με τη σχεδιασμένη ταχύτητα αυτοκαθαρισμού του αποχετευτικού δικτύου. Τα αλεσμένα απόβλητα μετατρέπονται σε λυματολάσπη μετά τη μεταφορά τους στην Ε.Ε.Λ., στην οποία υφίστανται επεξεργασία με αναερόβια χώνευση, είτε στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, αν υπάρχει, ή σε κέντρα επεξεργασίας ιλύος, στα οποία μεταφέρεται από τις μικρότερες Ε.Ε.Λ. για χώνευση. Το βιοαέριο χρησιμοποιείται ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και τα βιοστερεά αφυδατώνονται και απορρίπτονται σε γεωργικές εκτάσεις ως πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά εδαφοβελτιωτικό, συμπληρώνοντας έτσι τους κύκλους των θρεπτικών συστατικών και διατηρώντας την οργανική ύλη.



Πίνακας 4.8: Δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τη συλλογή με διαχωρισμό στη πηγή μέσω σκουπιδοφάγων των αποβλήτων τροφίμων, που οδηγούνται προς αναερόβια χώνευση.

Συνιστώσες	kg CO <sub>2</sub> e/t αποβλήτων τροφίμων
Αντιστάθμισμα από τα λιπάσματα	-36
Δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος	-22
Μεταφορά από την Ε.Ε.Λ. για τη διάθεση στο έδαφος	+3
Επεξεργασία συμπεριλαμβανομένου του αντισταθμίσεως από την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια	-150
Μεταφορά (χρήση ηλεκτρικής ενέργειας...)	+6
Δυναμικό συμβολής για τους σκουπιδοφάγους και την επεξεργασία της ιλύος από την αναερόβια χώνευση	-199

Πηγή: Chenxi, 2010

#### 4.6 Οφέλη για την κλιματική αλλαγή

Με την αύξηση του πληθυσμού και την κλιματική αλλαγή να ασκούν μεγαλύτερη πίεση, γίνεται όλο και πιο επιτακτική η ανάγκη να αντιμετωπιστούν τα απόβλητα τροφίμων και άλλα οργανικά υπολείμματα ως πιθανοί πόροι για την ανάκτηση ενέργειας και βιολιπάσματος, το οποίο μπορεί να συμπληρώσει τους κύκλους των θρεπτικών συστατικών και να διατηρήσει την οργανική ύλη του εδάφους.

Καθώς ο τρόπος ζωής των ανθρώπων διαφέρει και το ενδιαφέρον τους για τη διαχείριση των αποβλήτων τροφίμων ποικίλει, δεν είναι δυνατό να υπάρξει μία μοναδική βέλτιστη μέθοδος για την επεξεργασία των αποβλήτων τροφίμων. Ωστόσο, η αναερόβια χώνευση και οι σκουπιδοφάγοι των αποβλήτων τροφίμων, μέσω των οποίων αυτά μεταφέρονται στην Ε.Ε.Λ., έχουν σχεδόν ισοδύναμο δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου ίσως και καλύτερο από ότι άλλες εναλλακτικές λύσεις, όπως η υγειονομική ταφή, η καύση και η κεντρική κομποστοποίηση. Η αναερόβια χώνευση διατηρεί στα λιπάσματα το περιεχόμενο άζωτο από τα υπολείμματα. Η φυσικοχημική απογύμνωση του αζώτου και του φωσφόρου από τα χωνεμένα και αφυδατωμένα στραγγίσματα φαίνεται να έχει σημαντικά οικονομικά οφέλη σε σύγκριση με τις βιολογικές επεξεργασίες, που στοχεύουν στην απομάκρυνση του διαλυτού αζώτου και στην (επανα)παγίδευση του φωσφόρου στα βιοστερεά (Chenxi, 2010).

#### 4.7 Παράλληλη παρουσίαση των μεθόδων της κομποστοποίησης και της χρήσης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων

Από τις περισσότερες επιστημονικές έρευνες προκύπτει ότι οι δύο καλύτερες επιλογές αποκατάστασης για τη διάθεση των αποβλήτων τροφίμων σε σχέση με το περιβαλλοντικό όφελος είναι η κομποστοποίηση και η χρήση του σκουπιδοφάγου

αποβλήτων τροφίμων σε συνδυασμό με την απόρριψή τους στις Ε.Ε.Λ. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται σύγκριση αυτών των δύο εναλλακτικών επιλογών.

#### 4.7.1 Κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση ορίζεται ως η βιολογική αποσύνθεση του βιοαποικοδομήσιμου οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων υπό ελεγχόμενες συνθήκες σε μια επαρκώς σταθερή κατάσταση. Τα χαρακτηριστικά του προϊόντος είναι συνάρτηση των περιβαλλοντικών παραγόντων, των λειτουργικών παραμέτρων και της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, που πρέπει να ισορροπηθούν για την επιτυχή κομποστοποίηση, περιλαμβάνουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων, την κατάλληλη αναλογία άνθρακα/διαθέσιμου αζώτου (ιδανικά 20 – 25:1), το μέγεθος των οργανικών σωματιδίων (ταχύτερη η μικροβιακή διάσπαση με μικρότερα σωματίδια), τη διαθεσιμότητα οξυγόνου (συνεχής αναπλήρωση του οξυγόνου ή αντικατάστασή του), την περιεκτικότητα σε υγρασία (στην ιδανική περίπτωση 50 – 60%), το επίπεδο του pH (κατά προτίμηση μεταξύ 6.0 και 7.5) και τη θερμοκρασία (μικροβιακή αποδοτικότητα και μείωση της ταχύτητας άνω των 55°C). Η διαδικασία αυτή πρέπει να συνεχιστεί μέχρι να πραγματοποιηθεί η σταθεροποίηση των οργανικών και να καταστραφούν τα παθογόνα (π.χ. νοσογόνοι οργανισμοί) και τα ζιζάνια. Ο πραγματικός χρόνος είναι ένας παράγοντας που εξαρτάται από το υπόστρωμα, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τη λειτουργική τεχνολογία και τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται. Εν ολίγοις, η κομποστοποίηση είναι μια διαδικασία εξαιρετικά μεταβλητή, η οποία εξαρτάται από τη σωστή διανομή των διαθέσιμων υποστρωμάτων. Η διατήρηση της συνοχής του προϊόντος αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή εμπορία. Η μεταβλητότητα στη συνοχή μειώνει τη χρησιμότητα του προϊόντος και οδηγεί σε μείωση της εμπιστοσύνης και του ενδιαφέροντος των καταναλωτών (InSinkErator, 2005).

Για να είναι αποτελεσματική η λειτουργία για την παραγωγή του κομπόστ απαιτείται η αποτελεσματική λειτουργία της διαλογής των αστικών οργανικών στερεών αποβλήτων. Η κομποστοποίηση διασπά βιολογικά την εύκολα αποικοδομήσιμη φυτική και ζωική ύλη, αλλά δε μεταβάλλει σημαντικά τα οργανικά υλικά, που είναι δύσκολο να αποικοδομηθούν (ξύλο, δέρμα, πολυμερή) ή τις ανόργανες ουσίες (ακαθαρσίες, γυαλί, κεραμικά, μέταλλα). Έτσι, τα απορρίμματα τροφίμων, συνήθως, διαχωρίζονται στην πηγή (στο σπίτι ή στον ανάλογο φορέα) και μεταφέρονται σε εγκατάσταση προεπεξεργασίας για την απομάκρυνση των ρυπαντών. Εάν ο διαχωρισμός στην πηγή είναι ανεπαρκής, τότε οι ρυπαντές που αφαιρούνται πρέπει να μεταφερθούν και πάλι στο χώρο υγειονομικής ταφής για απόρριψη. Η αποθήκευση και μεταφορά των οργανικών αποβλήτων δημιουργεί εκτεταμένα περιβαλλοντικά θέματα υγείας, συμπεριλαμβανομένων των οσμών, την έκθεση σε βιοαεροζόλ, τις εκπομπές των οχημάτων και το θόρυβο. Επιπλέον, σε πολλές ευρωπαϊκές πόλεις, η συλλογή με φορτηγά δημιουργεί προβλήματα, όπως η φραγή κάποιων στενών δρόμων. Αυτές οι απαραίτητες δραστηριότητες για την προεπεξεργασία όχι μόνο προκαλούν περιβαλλοντικές ανησυχίες, αλλά είναι και σημαντικά δαπανηρές.

Η χωροθέτηση της εγκατάστασης κομποστοποίησης είναι κρίσιμη για την επιδότηση μιας ουδέτερης ζώνης μεταξύ των κατοικημένων περιοχών, κυρίως λόγω των οσμών. Δυσάρεστες οσμές παράγονται, κυρίως, από τα ανεπεξέργαστα απόβλητα. Ωστόσο, τα ανεπεξέργαστα απόβλητα από τις αυλές έχουν περιορισμένες οσμές, εκτός αν περιλαμβάνουν υψηλή συγκέντρωση χόρτων ή αποβλήτων τροφίμων. Οι διαδικασίες κομποστοποίησης χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: σε σειράδια ή σε δοχεία. Στην πρώτη κατηγορία υπάρχει ο ανοικτός και στραμμένος τύπος, ο μηχανικός αερισμός ή ο συνδυασμός τους. Όλα τα συστήματα σε δοχεία έχουν διατάξεις μηχανικού αερισμού και είναι κατάλληλα εξοπλισμένα για την καλύτερη διαχείριση των οσμών, παρέχουν βελτιωμένο λειτουργικό έλεγχο, απαιτούν λιγότερη επιφάνεια, προσφέρουν χαμηλότερο κόστος εργασίας και μειώνουν το χρόνο της διαδικασίας σε σχέση με τα συστήματα σε σειράδια. Αυτός ο βαθμός βελτίωσης της διαδικασίας αντισταθμίζεται, ωστόσο, από μια σχετική αύξηση του κόστους της τεχνολογίας. Σε γενικές γραμμές, το υψηλό κόστος της εργασίας και της έκτασης της γης ευνοούν τα συστήματα με δοχεία, ενώ το χαμηλό κόστος εργασίας και της έκτασης της γης ευνοούν τα συστήματα με σειράδια. Ωστόσο, εξωγενείς παράγοντες, όπως οι ανησυχίες για τις οσμές και η διαθεσιμότητα γης, είναι καθοριστικοί για την επιλογή της μιας διαδικασίας έναντι της άλλης. Η αναγκαιότητα για τη διαλογή στην πηγή των στερεών αστικών απόβλητων και τη μεταφορά των αποβλήτων τροφίμων στην εγκατάσταση λιπασματοποίησης σίγουρα προσθέτει στο συνολικό κόστος της διαδικασίας.

Η κύρια χρήση του κομποστού είναι ως βελτιωτικό του εδάφους. Μια δευτερογενής χρήση του είναι ως πηγή θρεπτικών ουσιών για λιπάσματα, λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο. Ωστόσο, η χαμηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά μπορεί να ενισχυθεί μέσω ενός μίγματος με βιοστερεά από τις Ε.Ε.Α. Επειδή είναι κυρίως οργανικό και αποτελεί ένα εξαιρετικό μέσο για τα βακτήρια του εδάφους, το κομποστό βελτιώνει την καλλιέργεια του εδάφους, η οποία ακολούθως βελτιώνει την παραγωγικότητα του εδάφους. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι, με την ενσωμάτωσή του στο έδαφος, το κομποστό μπορεί να μειώσει τις δαπάνες για λιπάσματα, μειώνοντας την έκλυση και την επακόλουθη απώλεια των θρεπτικών συστατικών. Το κομποστό έχει, επίσης, υψηλή ικανότητα συγκράτησης του νερού και βοηθά στη μείωση των απωλειών του επιφανειακού εδάφους λόγω της διάβρωσης από τους ανέμους και το νερό. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η μεταβλητότητα στη συνοχή της διαδικασίας μειώνει τη χρησιμότητα του προϊόντος (InSinkErator, 2005).

Η κομποστοποίηση συνεπάγεται, επίσης, πιθανές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με τους υδάτινους και αέριους πόρους, καθώς και τη δημόσια υγεία. Οι αρνητικές επιπτώσεις γίνονται πιο έντονες, όταν εφαρμόζεται μια ανεπαρκής τεχνολογία, όταν δεν εφαρμόζεται σωστά μια τυπικά επαρκής τεχνολογία ή όταν δεν εφαρμόζονται αποτελεσματικά διορθωτικά μέτρα. Η οικιακή κομποστοποίηση μπορεί να έχει περισσότερες πιθανότητες για αρνητικές επιπτώσεις λόγω των απωλειών στραγγιδίων στα υπόγεια ύδατα ή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, εξαιτίας της έλλειψης γνώσεων ή ελέγχου της διαδικασίας. Μια έρευνα στο Πανεπιστήμιο του Griffith (Αυστραλία) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η οικιακή κομποστοποίηση παράγει πολύ περισσότερα στραγγίδια, όταν προστίθενται υπολείμματα από την κουζίνα στο μίγμα, για τη διαχείριση των οποίων δεν υπάρχει άμεσα διαθέσιμος μηχανισμός. Επίσης,

δεν υπάρχει άμεσα διαθέσιμος μηχανισμός για τη διαχείριση της παραγωγής του μεθανίου, το οποίο στη συνέχεια απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

Επιπλέον, οι ανησυχίες για την υγεία αποτρέπουν τη χρήση κάποιων απόβλητων τροφίμων ως υπόστρωμα για κομπόστ. Η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος προτείνει ορισμένα προϊόντα, όπως φλούδες εσπεριδοειδών, γαλακτοκομικά προϊόντα (βούτυρο, γάλα, κρέμα γάλακτος, γιαούρτι), κρόκοι αυγών και κόκαλα από κρέας ή ψάρι και αποφάγια, να μην κομποστοποιούνται λόγω των δυσοσμίων, της προσέλευσης φορέων (μύγες και τρωκτικά) ή των ανησυχιών για την υγεία που μπορεί να προκαλέσουν.

Η ποιότητα του αέρα μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά από τη λειτουργία της κομποστοποίησης μέσω των σωματιδίων σκόνης και των αεροζόλ. Αρκετές μελέτες για την υγεία έχουν δείξει ότι η συλλογή διαχωρισμένων στην πηγή οργανικών αποβλήτων δημιουργεί κινδύνους για την υγεία (κυρίως αναπνευστικές φλεγμονές) για τους εργαζόμενους και τα ευπαθή άτομα, που αποθηκεύουν ή χειρίζονται τα απόβλητα. Σάπια οργανικά απόβλητα παράγουν βιοαεροζόλ, που περιέχουν βακτήρια, βακτηριακά σπόρια και σπόρια μυκήτων και μικροβιακά συστατικά, όπως οι ενδοτοξίνες και οι γλυκάνες. Οι ενδοτοξίνες είναι ένα μέτρο των Gram-αρνητικών βακτηρίων και μπορούν να προκαλέσουν διαταραχές του αναπνευστικού συστήματος, όπως χρόνια βρογχίτιδα και μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων. Οι γλυκάνες είναι ένα μέτρο για τις συγκεντρώσεις μούχλας και θεωρείται ότι έχουν παρόμοιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Η CRC (Chemical Cleaning Products) στο Σίδνεϊ διαπίστωσε ότι οι μετρημένες συγκεντρώσεις των μικροβιολογικών παραγόντων είναι 1.6 έως 3.0 φορές υψηλότερες ανά  $m^2$  σε νοικοκυριά με χωριστή συλλογή των οργανικών αποβλήτων από ότι σε νοικοκυριά χωρίς. Σε μια έρευνα του 1997, που πραγματοποιήθηκε σε μια κοινότητα κοντά στο Όσλο στη Νορβηγία, διαπιστώθηκε ότι η συλλογή των διαχωρισμένων στην πηγή οργανικών αποβλήτων εισήγαγε κινδύνους για την υγεία (κυρίως αναπνευστικές φλεγμονές) για έναν αριθμό εργαζομένων που χειρίζονταν τα απόβλητα. Τα οργανικά απόβλητα αποτελούνταν από απόβλητα τροφίμων και κηπουρικής, που αποθηκεύονταν σε κλειστά κοντέινερς και συλλέγονταν δύο φορές την εβδομάδα. Μια συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ των κατοίκων που ζούσαν κοντά σε χώρο κομποστοποίησης (150 – 200 m) και των υψηλότερων συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών ( $>105$  CFU/ $m^3$  οικιστικού αέρα). Η δύσπνοια ήταν το πιο έντονα συσχετιζόμενο παράπονο, που συνδεόταν με την έκθεση των κατοικιών στα υψηλότερα επίπεδα των βιοαεροζόλ, αλλά και άλλα συμπτώματα, όπως πόνος στα μάτια, διάρροια, υπερβολική κόπωση και ρίγη, συσχετιζονταν θετικά. Ωστόσο, και οι κάτοικοι που ζούσαν πιο μακριά από την περιοχή ( $>400$  – 500m), ανέφεραν υψηλότερα ποσοστά παραπόνων για την υγεία από ότι στις μη εκτεθειμένες περιοχές.

Δεδομένου ότι η μικροβιακή αποσύνθεση των οργανικών αποβλήτων αρχίζει μέσα σε ένα κάδο οργανικών απορριμμάτων, ο κάδος μπορεί να αποτελέσει σημαντική πηγή βακτηρίων και σπορίων μούχλας. Η έκθεση σε βακτήρια, ειδικά σε ενδοτοξίνες, είναι γνωστό ότι σχετίζεται με αναπνευστικά προβλήματα. Πιστεύεται, επίσης, ότι η μούχλα προκαλεί τόσο αλλεργικές όσο και μη αλλεργικές φλεγμονώδεις αντιδράσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παρουσία διαχωρισμένων στην πηγή οργανικών αποβλήτων,

που αποθηκεύονται σε κλειστούς χώρους, και η χαμηλή συχνότητα εκκένωσης των δοχείων (μία φορά την εβδομάδα ή περισσότερο) οδηγεί σε σημαντικά αυξημένες μικροβιακές συγκεντρώσεις.

Όπως συμβαίνει και με τις οσμές, η προσέλκυση φορέων είναι ένα αναπόφευκτο αποτέλεσμα της παρουσίας μη επεξεργασμένων οργανικών αποβλήτων. Οι μύγες και τα τρωκτικά είναι πιθανότερο ότι προσελκύνονται σε μεγαλύτερο βαθμό από τα απόβλητα τροφίμων από ότι από τα απόβλητα από κήπους. Έτσι, η αποθήκευση των οργανικών αποβλήτων στο σπίτι και στους χώρους προεπεξεργασίας πρέπει να είναι σύντομη και οι πρακτικές διαχείρισης που εφαρμόζονται στο σπίτι πρέπει να γίνονται με προσοχή σε όλα τα στάδια αποθήκευσης των οργανικών αποβλήτων και λειτουργίας της διαδικασίας κομποστοποίησης. Τα παραπάνω καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το κίνητρο των ανθρώπων να συμμετάσχουν στο διαχωρισμό των οργανικών στο σπίτι και στα προγράμματα κομποστοποίησης (InSinkErator, 2005).

Στις ΗΠΑ, η κομποστοποίηση των αποβλήτων από τις αυλές ασκείται σε πολλές περιοχές, ιδιαίτερα από τις αρχές έως τα μέσα του 1990, σε μια προσπάθεια εκτροπής αυτών των απόβλητων από τους χώρους υγειονομικής ταφής. Οι οσμές έχουν αποτελέσει το μεγαλύτερο πρόβλημα αυτής της διαδικασίας. Η κομποστοποίηση των αποβλήτων τροφίμων παρουσιάζει αυξημένο ενδιαφέρον, κυρίως στις δυτικές ΗΠΑ και τον Καναδά, όπου η διαθεσιμότητα γης είναι μεγαλύτερη. Οι βασικοί λόγοι είναι τα κίνητρα για τη μείωση των χώρων υγειονομικής ταφής στερεών αποβλήτων και την επέκταση της ικανότητας ζωής τους. Επειδή ένας πιο συμπυκνωμένος όγκος οδηγεί σε πιο αποτελεσματικό διαχωρισμό και συλλογή, η οργανωμένη κομποστοποίηση των αποβλήτων τροφίμων φαίνεται καταλληλότερη για τον εμπορικό τομέα από ότι σε επίπεδο κατοικίας. Η οικιακή λιπασματοποίηση έχει υλοποιηθεί με διάφορους βαθμούς επιτυχίας. Επιπλέον, η κομποστοποίηση οργανικών δεν ενδείκνυται σε επίπεδο κατοικίας λόγω των πρακτικών δυσκολιών που παρουσιάζονται με τη διαλογή στην πηγή.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η οδηγία περί υγειονομικής ταφής απαιτεί την εκτροπή των βιοαποδομήσιμων απόβλητων μακριά από τους χώρους υγειονομικής ταφής, εφαρμόζοντας εναλλακτικές μορφές εξυγίανσης. Στην Ολλανδία, στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ξεκίνησε χωριστή συλλογή των οικιακών οργανικών αποβλήτων σε μια προσπάθεια μείωσης του όγκου των αποβλήτων που καταλήγουν στους χώρους υγειονομικής ταφής, αλλά και λόγω των ανησυχιών σχετικά με την αποδοτικότητα της αποτέφρωσης και των εκπομπών διοξινών στον αέρα. Το 1994, τέθηκε σε ισχύ μια κανονιστική υποχρέωση για τη συλλογή των οργανικών αποβλήτων. Το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων απέκλεισε από τότε ορισμένες περιοχές από την υποχρεωτική συλλογή οργανικών αποβλήτων, λόγω των ανησυχιών για το υψηλό κόστος κομποστοποίησης, την κακή ποιότητα των οργανικών απόβλητων και τις κακές υποδομές για τους κατοίκους. Ο αποκλεισμός αυτός οδήγησε ορισμένες τοπικές διοικήσεις να αντιτεθούν στην υποχρεωτική συλλογή οργανικών αποβλήτων, υποστηρίζοντας ότι τους απομονώνει από άλλες επιλογές, που είναι πιο αποτελεσματικές οικονομικά/ποιοτικά και πιο καινοτόμες (InSinkErator, 2005).

#### 4.7.2 Σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων

Οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων τοποθετούνται στους νεροχύτες και παρέχουν ένα βολικό, απλό και υγιεινό σύστημα ανακύκλωσης οργανικών αποβλήτων. Τα απορρίμματα τροφίμων αλέθονται με ασφάλεια μέσω του σκουπιδοφάγου και μεταφέρονται μέσω του συστήματος συλλογής λυμάτων στην Ε.Ε.Λ. Η Ε.Ε.Λ. είναι σχεδιασμένη ώστε να διαχειρίζεται αποτελεσματικά αυτά τα οργανικά απόβλητα, τα οποία μοιάζουν αρκετά ως προς τη σύνθεση με τα ανθρώπινα απόβλητα. Με τη μέθοδο αυτή, εξαλείφεται η ανάγκη για διαχωρισμό και αποθήκευση των δύσσομων αποβλήτων τροφίμων, καθώς και η δαπανηρή και περιβαλλοντικά δυσάρεστη χρήση των φορτηγών αποκομιδής (απορριμματοφόρων). Μια μελέτη του Πανεπιστημίου του Wisconsin βρήκε μια στοιχειώδη χρήση νερού του 1 L ανά άτομο και ημέρα για την έκπλυση των υπολειμμάτων τροφίμων από τον σκουπιδοφάγο. Με βάση μια τυπική οικιακή χρήση νερού των 200 L ανά άτομο την ημέρα, αυτό αντιπροσωπεύει μια αύξηση της τάξης του 0.5%. Η ίδια μελέτη, επίσης, διαπίστωσε ότι η ετήσια ενέργεια που απαιτείται για τη χρήση του σκουπιδοφάγου για ένα τυπικό νοικοκυριό ήταν λιγότερη από 5 kWh (με βάση ένα συνολικό χρόνο λειτουργίας λιγότερο από ένα λεπτό την ημέρα).

Η άλεση των αποβλήτων τροφίμων μέσω του σκουπιδοφάγου για την αποδόμηση και τη σταθεροποίηση σε μια Ε.Ε.Λ. προσφέρει πολλά περιβαλλοντικά οφέλη σε σύγκριση με άλλα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων. Σε αντίθεση με τη συχνά αντιφατική ή αρνητική στάση των κατοίκων απέναντι στο διαχωρισμό στην πηγή των οργανικών αποβλήτων, οι άνθρωποι απολαμβάνουν υψηλά επίπεδα ικανοποίησης ως καταναλωτές με τη χρήση του σκουπιδοφάγου, λόγω της άνεσης και της ευκολίας που παρέχει μέσω της άμεσης χρήσης του. Μια Σουηδική έρευνα στο Surahammar μελέτησε τους χρήστες σκουπιδοφάγων και βρήκε ότι το 96% των ερωτηθέντων απάντησε ότι οι μονάδες ήταν «πολύ πρακτικές» ή «αρκετά πρακτικές». Σε μια Ιαπωνική πιλοτική μελέτη για τους σκουπιδοφάγους στο Utanobori, που περιελάμβανε εγκαταστάσεις σε δημόσιες κατοικίες (όπου οι κάτοικοι έπρεπε να έχουν εγκατεστημένους σκουπιδοφάγους) και σε ιδιωτικές κατοικίες (όπου οι κάτοικοι εθελοντικά είχαν εγκατεστημένους σκουπιδοφάγους), οι κάτοικοι ανταποκρίθηκαν θετικά στην χρήση των σκουπιδοφάγων κατά 80% και 90%, αντίστοιχα, δείχνοντας ότι θα ήθελαν να συνεχίσουν να τους χρησιμοποιούν και στο μέλλον. Επίσης, εφόσον χρησιμοποιείται το υπάρχον αποχετευτικό δίκτυο, τα κόστη μετακίνησης, μεταφοράς και εργασίας, καθώς και οι εκπομπές των οχημάτων και ο θόρυβος, εξαλείφονται. Οι δυσοσμίες από τα απόβλητα τροφίμων και οι κίνδυνοι για την υγεία από τα βιοαεροζόλ, που δημιουργούνταν εξαιτίας των δραστηριοτήτων αποθήκευσης, επίσης, εξαλείφονται, καθώς τα απόβλητα μεταφέρονται εύκολα και υγιεινά προς την Ε.Ε.Λ. (InSinkErator, 2005).

Φεύγοντας από το σύστημα σωληνώσεων της κουζίνας, τα απόβλητα τροφίμων μεταφέρονται μέσω του συστήματος συλλογής των λυμάτων στην Ε.Ε.Λ. Αρνητική στάση έναντι της χρήσης των σκουπιδοφάγων έχει υπάρξει λόγω των αρνητικών συνεπειών τους στο σύστημα συλλογής (π.χ. εμφράξεις, δυσοσμίες, αύξηση του πληθυσμού παρασίτων). Αν και οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων προκαλούν μια πρόσθετη φόρτιση στο αποχετευτικό σύστημα, ωστόσο, υπάρχουν πολλά παραδείγματα

από έρευνες που δείχνουν ότι τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων, σε γενικές γραμμές, δεν προκαλούν εμφράξεις στα αποχετευτικά συστήματα (παράγραφος 6.10).

Κατά την άφιξη στην Ε.Ε.Λ., τα απόβλητα των τροφίμων ευνοούν ιδιαίτερα τις φυσικές και βιολογικές διαδικασίες επεξεργασίας της μονάδας, καθώς μοιάζουν αρκετά ως προς τη σύνθεσή τους με τα ανθρώπινα απόβλητα. Εκτιμήσεις για τα φορτία που φτάνουν σε μια Ε.Ε.Λ. λόγω της χρήσης σκουπιδοφάγων έχουν πραγματοποιηθεί από ένα σημαντικό αριθμό ερευνητών (παράγραφοι 6.5 – 6.6).

Στην Ε.Ε.Λ., το στάδιο της προκαταρκτικής επεξεργασίας αποτελείται από μονάδες εσχάρωσης και εξάμμωσης. Τα περισσότερα από τα σωματιδιακά απόβλητα τροφίμων καθιζάνουν κατά τη διαδικασία της πρωτοβάθμιας καθίζησης, ενώ οι μονάδες εσχάρωσης και εξάμμωσης επηρεάζονται σε μικρό μόνο βαθμό. Μια πραγματική μελέτη εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων στο Surahammar στη Σουηδία έδειξε ότι μόλις το 4% των εισερχόμενων αποβλήτων τροφίμων παγιδεύεται στη μονάδα εσχάρωσης. Σε μια άλλη σχετική μελέτη στο Utanobori στην Ιαπωνία βρέθηκε ότι μετά την εισαγωγή των σκουπιδοφάγων, δεν ήταν δυνατό να καθοριστεί με σαφήνεια αν υπήρξε αύξηση των εισερχόμενων στερεών και της ποσότητας των ξένων σωμάτων που παγιδεύτηκαν στις μονάδες εσχάρωσης κατά την προεπεξεργασία της Ε.Ε.Λ.

Μετά την προκαταρκτική επεξεργασία, περίπου το 60 – 70% των ολικών στερεών των τυπικών λυμάτων αφαιρείται κατά τη διαδικασία της πρωτοβάθμιας καθίζησης, η οποία αφαιρεί τα εύκολα καθιζήσιμα στερεά και επιπλέοντα υλικά. Η πρωτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνει, επίσης, περίπου 30 – 40% των οργανικών συστατικών, με τη μορφή του BOD. Ωστόσο, έρευνες έχουν δείξει ότι λόγω των χαρακτηριστικών των αποβλήτων τροφίμων υπάρχουν υψηλότερα ποσοστά καθίζησης στο αρχικό στάδιο από ότι στην περίπτωση των τυπικών λυμάτων. Τα στερεά που απομακρύνονται, στη συνέχεια διοχετεύονται στη διαδικασία χώνευσης για περαιτέρω αποικοδόμηση και σταθεροποίηση.

Η διαλυμένη, κολλοειδής και μη καθιζάνουσα οργανική ύλη, μετά την πρωτοβάθμια επεξεργασία, εισρέει στη δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία. Σε αυτό το στάδιο, παρέχεται στους άφθονους ενεργούς μικροοργανισμούς ένα ιδανικό περιβάλλον οξυγόνου και ανάδευσης, καθώς τρέφονται με ανυπομονησία με οργανικά απόβλητα τροφίμων και αναπτύσσονται. Το αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός μιας βιομάζας, που αφαιρείται στη διαδικασία της δευτεροβάθμιας καθίζησης.

Επιπλέον, η δευτεροβάθμια επεξεργασία χρησιμοποιείται, επίσης, για τη βιολογική απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών (π.χ. αζώτου ή/και φωσφόρου). Τα απορρίμματα τροφίμων μπορούν να δημιουργήσουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα, καθώς ενισχύουν την αναλογία άνθρακα/αζώτου, που είναι απαραίτητη για τη μείωση των θρεπτικών συστατικών. Μια μελέτη του Πανεπιστημίου του Wisconsin διαπίστωσε ότι τα απόβλητα τροφίμων περιέχουν 2.7% άζωτο, ενώ τα ανθρώπινα απόβλητα περιέχουν 7.0% άζωτο. Έτσι, υπολόγισαν ότι το στοιχειομετρικό καθαρό αποτέλεσμα της προσθήκης 100 kg αποβλήτων τροφίμων σε μια βιολογική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων είναι μια μείωση κατά 0.22 kg αμμωνίας, που παράγεται από την βιολογική μετατροπή του αζώτου. Οι προκύπτουσες καθαρές απώλειες είναι αποτέλεσμα του

γεγονότος ότι παράγεται λιγότερη αμμωνία κατά την υδρόλυση των αποβλήτων τροφίμων (0.41 kg) από ότι χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιομάζας (0.63 kg). Έτσι, το διαλυτό κλάσμα των αποβλήτων τροφίμων οδηγεί σε υψηλότερη οργανική φόρτιση (BOD) κατά τη φάση της βιολογικής επεξεργασίας, η οποία αφενός προκαλεί αύξηση της ζήτησης σε οξυγόνο, αλλά από την άλλη μπορεί να χρησιμεύσει ως μια φτηνή και συνεχώς διαθέσιμη πηγή άνθρακα για την ενίσχυση της απομάκρυνσης των θρεπτικών συστατικών.

Η ιλύς, που συγκεντρώνεται στους πυθμένες των δεξαμενών πρωτοβάθμιας και τελικής καθίζησης, στη συνέχεια σταθεροποιείται για τη μείωση των οσμών και των παθογόνων μικροοργανισμών. Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη σταθεροποίηση των στερεών στη λάσπη είναι η προσθήκη αλκαλικών (συνήθως ασβέστη), η αερόβια χώνευση, η αναερόβια χώνευση ή η κομποστοποίηση. Η αποτέφρωση σπάνια χρησιμοποιείται, κυρίως, από πολύ μεγάλες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων για την παραγωγή και την εμπορία προϊόντων λιπάσματος. Ωστόσο, αυτό δεν εφαρμόζεται ευρέως, λόγω της μεγάλης ποσότητας ενέργειας και του καθαρισμού των εκπομπών που απαιτούνται.

Η σταθεροποίηση επιτυγχάνεται μέσω της βιολογικής μείωσης της περιεκτικότητας σε πτητικά και της θέρμανσης ή της προσθήκης χημικών για τη δημιουργία ακατάλληλων συνθηκών για την επιβίωση των νοσογόνων οργανισμών. Τα απόβλητα τροφίμων είναι ιδιαίτερα ευεργετικά στις μεθόδους της αναερόβιας χώνευσης και της σταθεροποίησης του κομπόστ. Μια εγκατάσταση για κομπόστ ενισχύεται μέσω της αφθονίας των θρεπτικών συστατικών στο τελικό προϊόν, τα οποία παρέχονται μέσω της προσθήκης των βιοστερεών από την Ε.Ε.Α. Στα οφέλη της αναερόβιας χώνευσης περιλαμβάνεται η παραγωγή μεθανίου, το οποίο είναι ένα υποπροϊόν της βιολογικής καταστροφής των οργανικών και είναι διαθέσιμο ως εναλλακτική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Το μεθάνιο δεν παράγεται από καμία άλλη διαδικασία σταθεροποίησης (π.χ. προσθήκη άσβεστου ή κομποστοποίηση) (InSinkErator, 2005).

Η αναερόβια χώνευση συνεχίζει να είναι η κυρίαρχη διαδικασία στις Ε.Ε.Α. για τη σταθεροποίηση των στερεών της λάσπης, λόγω της έμφασης που δίνεται στην παραγωγή ενός προϊόντος βιοστερεών, που μπορεί να ανακυκλωθεί ευεργετικά για το περιβάλλον, και στη διατήρηση της ενέργειας. Επιπλέον, μία μονάδα επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να ανταποκριθεί στις περισσότερες από τις ενεργειακές απαιτήσεις για τη λειτουργία της μονάδας μέσω του επαρκούς εφοδιασμού από την παραγωγή μεθανίου από τον αναερόβιο χωνευτή. Καθώς τα απόβλητα τροφίμων είναι κατά 94.9% οργανικά, συμπεραίνεται ότι θα αποδομηθούν πλήρως κατά την αναερόβια χώνευση (δηλαδή θα προκύψει μια μεγάλη μείωση των πτητικών στερεών) και, κατά συνέπεια, θα αποτελέσουν σημαντική πηγή μεθανίου. Η επίδραση αυτή έχει ερευνηθεί και τεκμηριωθεί διεξοδικά.

Τα βιοστερεά που παράγονται από την αναερόβια χώνευση ή άλλη διαδικασία σταθεροποίησης στην Ε.Ε.Α. συνήθως αφυδατώνονται για τη μείωση του όγκου και των δαπανών μεταφοράς και ανακυκλώνονται στο περιβάλλον μέσω της εφαρμογής στο έδαφος. Τα οφέλη της εφαρμογής των βιοστερεών στο έδαφος είναι η βελτίωση της δομής του εδάφους, των καλλιεργειών, της ικανότητας συγκράτησης του νερού, της



διηθητικότητας του νερού και του αερισμού του εδάφους. Σημαντική είναι και η παροχή μακροθρεπτικών (άζωτο, φώσφορος και κάλιο) και μικροθρεπτικών συστατικών (σίδηρος, μαγγάνιο, χαλκός, χρώμιο, σελήνιο και ψευδάργυρος) ως ενισχυτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών. Τα θρεπτικά συστατικά που υπάρχουν στα βιοστερεά χρησιμεύουν, επίσης, για τη μερική αντικατάσταση των ακριβών χημικών λιπασμάτων. Η εφαρμογή στο έδαφος των βιοστερεών από την Ε.Ε.Λ. ελέγχεται αυστηρά για την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος και για το λόγο αυτό πρέπει να συμβαδίζει με τα αυστηρά πρότυπα για την περιεκτικότητα σε οργανικά (π.χ. μείωση των πτητικών στερεών), παθογόνα (π.χ. νοσογόνοι μικροοργανισμοί) και βαρέα μέταλλα. Η προσθήκη των αποβλήτων τροφίμων βελτιώνει την ποιότητα των βιοστερεών της Ε.Ε.Λ., καθώς δεν αποτελούν πηγή βαρέων μετάλλων ή τοξικών ουσιών.

Κατά συνέπεια, η εφαρμογή ενός σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων με απόρριψη σε μια Ε.Ε.Λ. οδηγεί σε πλήρη ανακύκλωση των αποβλήτων τροφίμων από τη δημιουργία μέχρι την επεξεργασία τους, την απόρριψή τους, την επεξεργασία και τη σταθεροποίησή τους στην Ε.Ε.Λ., και τέλος, την εφαρμογή τους στο έδαφος. Επιπλέον, με τη χρήση του σκουπιδοφάγου επιτυγχάνονται όλες οι επιθυμητές οικολογικές πρωτοβουλίες, καθώς πραγματοποιείται η αποτελεσματική διαχείριση των απόβλητων τροφίμων ως περιβαλλοντικοί πόροι. Τα εγγενή χαρακτηριστικά των οργανικών και θρεπτικών ουσιών ανακυκλώνονται πίσω στη γη. Με τη σταθεροποίηση μέσω της αναερόβιας χώνευσης παράγεται μεθάνιο, το οποίο δεσμεύεται ως ανανεώσιμη ενέργεια και δεν απελευθερώνεται ως αέριο του θερμοκηπίου. Η δημόσια υγεία προστατεύεται, καθώς δεν απαιτείται πλέον η αποθήκευση και συλλογή των αποβλήτων. Τέλος, τα ορυκτά καύσιμα διατηρούνται και η ανάγκη για μεταφορά των αποβλήτων αντικαθίσταται από τη χρήση του υπάρχοντος συστήματος αποχέτευσης (InSinkErator, 2005).

## 5 Εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων

---

### 5.1 Μονάδα σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων

Τα απόβλητα τροφίμων, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 10% ~ 20% των οικιακών απορριμμάτων, είναι μια προβληματική συνιστώσα των αστικών στερεών αποβλήτων με πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, την υγεία του ανθρώπου και την ποιότητα της αστικής ζωής. Όταν καίγονται σε εγκαταστάσεις καύσης αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας, η υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία των αποβλήτων τροφίμων καθιστά τη διαδικασία παραγωγής δύσκολη. Στην περίπτωση των χωματερών (μια μέθοδος υπό κατάργηση τώρα πια στην Ε.Ε.), τα απόβλητα τροφίμων αποσυντίθενται και παράγουν μεθάνιο, το οποίο είναι ένα πολύ ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου, 25 φορές ισχυρότερο από το διοξείδιο του άνθρακα, σε ό, τι αφορά το δυναμικό συμβολής του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Chenxi, 2010).

Έτσι, δημιουργείται η ανάγκη να εξεταστούν άλλες εναλλακτικές λύσεις ελαχιστοποίησης των αποβλήτων τροφίμων στην πηγή. Σε αυτά τα πλαίσια, η χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων επιτρέπει το διαχωρισμό μεγάλου μέρους των συστατικών των αποβλήτων τροφίμων από το σύνολο των αστικών στερεών αποβλήτων (Α.Σ.Α.), μέσω της άλεσής τους, με τη χρήση μηχανικών μέσων και την προσθήκη νερού από τη βρύση, διευκολύνοντας την είσοδο του μίγματος στο αποχετευτικό σύστημα.

Ο σκουπιδοφάγος αποβλήτων τροφίμων είναι μια συσκευή που τοποθετείται ακριβώς κάτω από το νεροχύτη της κουζίνας και συνδέεται με τον αγωγό αποχέτευσης. Αυτές οι μονάδες είναι σχεδιασμένες για την άλεση των βιοδιασπάσιμων οργανικών ουσιών, όπως υπολείμματα κρέατος, λαχανικά, κουκούτσια φρούτων, φλούδες εσπεριδοειδών, αλεσμένο καφέ και μικρά οστά (Nilsson et al., 1990). Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων είναι αποτελεσματικές σε ό, τι αφορά τη μετατροπή των οργανικών στερεών σε προϊόντα λιπασμάτων (βιοστερεά) με προηγμένες εγκαταστάσεις που παγιδεύουν το μεθάνιο για την παραγωγή ενέργειας.

Οι σκουπιδοφάγοι παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1930 στις ΗΠΑ, όπου η χρήση τους εξαπλώθηκε στο 94% όλων των πόλεων. Πλέον, περιλαμβάνονται ως τυπική συσκευή στις νέες κατασκευές κατοικιών σε ποσοστό πάνω από το 80% και υπάρχουν σχεδόν στα μισά αμερικανικά νοικοκυριά (Marashlian, 2005).

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται αναλυτική παρουσίαση της δομής του σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων και των κύριων εξαρτημάτων που τον αποτελούν.



Σχήμα 5.1: Σκουπιδοφάγος αποβλήτων τροφίμων (Chenxi, 2010).

## 5.2 Δομή της συσκευής

Το Σχήμα 5.2 δείχνει την εσωτερική δομή της συσκευής ενός σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων (μοντέλο της InSinkErator). Τα κύρια μέρη της συσκευής είναι: ο δακτύλιος για τη μείωση του θορύβου (quiet collar), ο μονωτής για τη μείωση των δονήσεων (antivibration mount), ο μειωτής θορύβου πολλαπλών στιβάδων (multi-layer soundlimiter), ο δακτύλιος άλεσης (grindshear ring), ο κάτω δίσκος κοπής (undercutter) και ο αισθητήρας εμπλοκής (jam-sensor).



Σχήμα 5.2: Το εσωτερικό ενός σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων (Chenxi, 2010).

### 5.2.1 Ενεργοποίηση μαγνητικού καλύμματος

Η ενεργοποίηση του μαγνητικού καλύμματος προσφέρει ένα επιπλέον περιθώριο αξιοπιστίας, καθώς η συσκευή λειτουργεί μόνο όταν είναι τοποθετημένο το κάλυμμα.



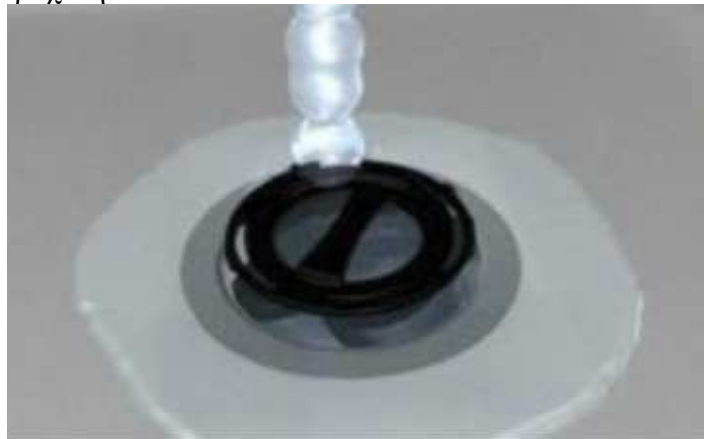
Σχήμα 5.3: Ενεργοποίηση του μαγνητικού καλύμματος (Chenxi, 2010).

Η συσκευή ενεργοποιείται μόλις τοποθετηθεί το κάλυμμα. Μέσα στο σκουπιδοφάγο υπάρχουν τέσσερις μαγνήτες, δύο στο κάλυμμα και δύο στο διακόπτη του σκουπιδοφάγου. Μόλις το κάλυμμα τοποθετηθεί στην κατάλληλη θέση, δημιουργείται μαγνητισμός, ο οποίος θέτει τη συσκευή σε λειτουργία.



Σχήμα 5.4: Ο διακόπτης του σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων (Chenxi, 2010).

Αναφέρεται ότι η άλλη πλευρά του καλύμματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σφράγισμα του νεροχύτη.



Σχήμα 5.5: Η άλλη λειτουργία του καλύμματος (Chenxi, 2010).

### **5.2.2 Δακτύλιος για τη μείωση του θορύβου στο διάφραγμα του νεροχύτη**

Ο σχεδιασμός του διαφράγματος κάνει το τρεχούμενο νερό να συγκεντρώνεται στο άνοιγμα του νεροχύτη. Το προκύπτον «υδατόφραγμα», το οποίο φαίνεται στο σχήμα 5.7, λειτουργεί ως καπάκι του σκουπιδοφάγου και μειώνει το θόρυβο από το άνοιγμα του νεροχύτη. Είναι κατασκευασμένο από καουτσούκ και προστατεύει τα δάχτυλα κατά την εισαγωγή των αποβλήτων τροφίμων στον σκουπιδοφάγο.



Σχήμα 5.6: Δακτύλιος για τη μείωση του θορύβου (Chenxi, 2010).



Σχήμα 5.7: «Υδατόφραγμα» (Chenxi, 2010).

### 5.2.3 Μονωτής για τη μείωση των δονήσεων

Μεταξύ του θαλάμου άλεσης και του στομίου του σκουπιδοφάγου προστίθεται ένα στρώμα μόνωσης για τη μείωση του θορύβου.



Σχήμα 5.8: Η θέση του μονωτή για τη μείωση των δονήσεων (Chenxi, 2010).

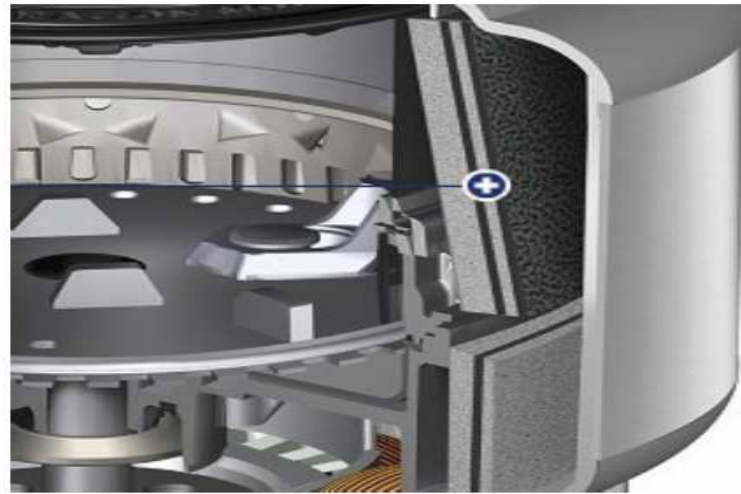
Ο μονωτής για τη μείωση των δονήσεων στο σκουπιδοφάγο είναι κατασκευασμένος από καουτσούκ και αποτελεί ένα μέσο μετριασμού της μεταφοράς του θορύβου και των δονήσεων από το σκουπιδοφάγο στο νεροχύτη.



Σχήμα 5.9: Ο μονωτής για τη μείωση των δονήσεων μειώνει και το θόρυβο (Chenxi, 2010).

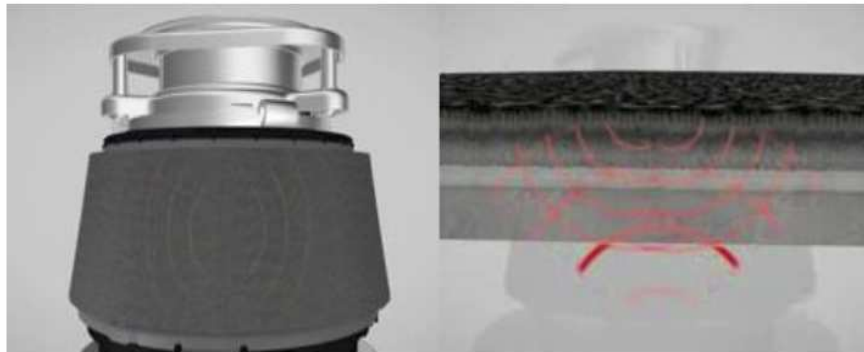
#### 5.2.4 Μειωτής θορύβου πολλαπλών στιβάδων

Τα πολλαπλά στρώματα υλικού του κυττάρου ανοιγοκλείνουν με αποτέλεσμα να καλύπτουν και να παγιδεύουν το θόρυβο που εκπέμπεται από τον σκουπιδοφάγο.



Σχήμα 5.10: Μειωτής θορύβου πολλαπλών στιβάδων (Chenxi, 2010).

Το πρόσθετο παρέμβυσμα για τον ήχο καλύπτει το εξωτερικό του θαλάμου άλεσης, μειώνοντας έτσι αποτελεσματικά τη μετάδοση του ήχου.

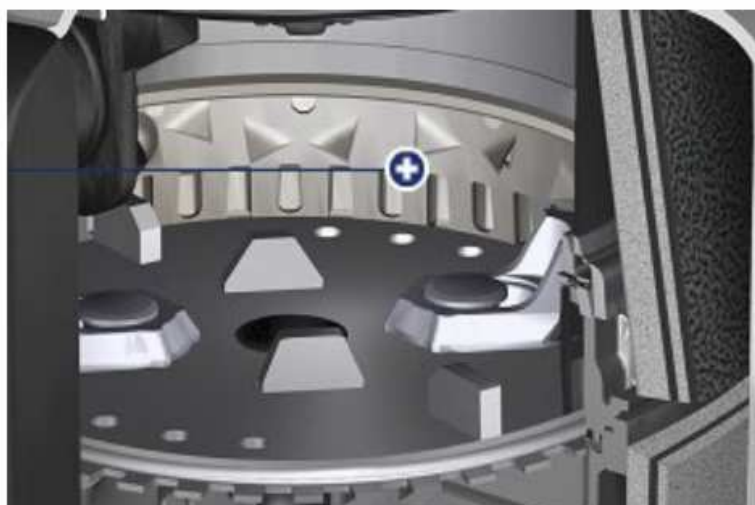


Σχήμα 5.11: Πρόσθετο παρέμβυσμα για τον ήχο (Chenxi, 2010).

### 5.2.5 Δακτύλιος άλεσης – κοπής

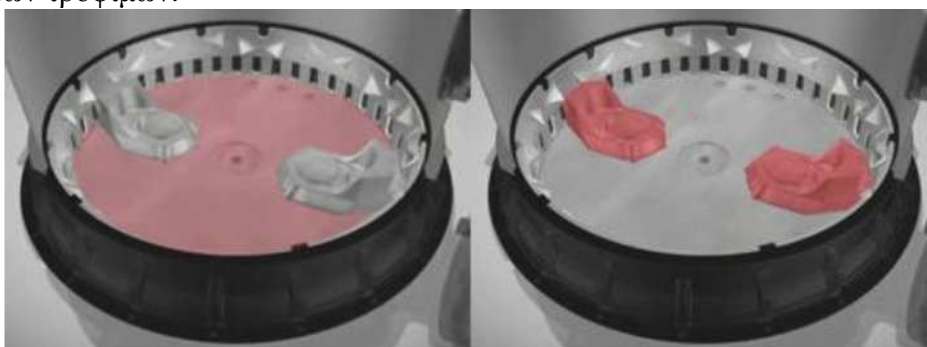
Ο δακτύλιος άλεσης – κοπής καταλαμβάνει ένα μέρος του χώρου άλεσης και έχει δύο λειτουργίες για την απόρριψη των αποβλήτων τροφίμων, την άλεση και την κοπή. Αποτελεί μια ιδανική λύση για την επεξεργασία των ιωδών τροφών, όπως το σέλινο και οι φλούδες του καλαμποκιού.





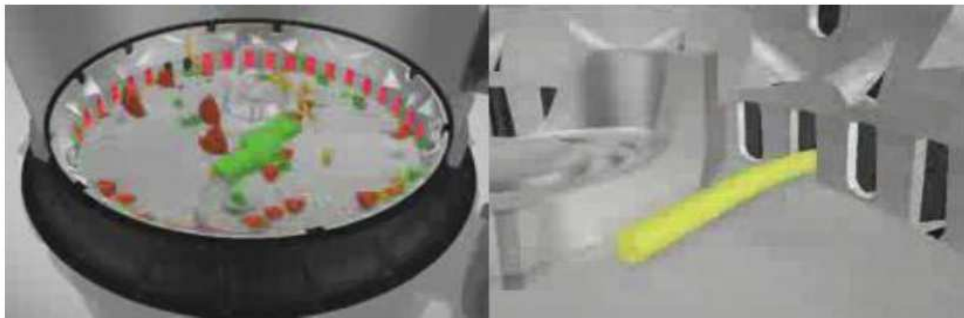
Σχήμα 5.12: Δακτύλιος άλεσης – κοπής (Chenxi, 2010).

Στο θάλαμο άλεσης υπάρχουν μια πλάκα άλεσης και δύο προεξοχές, οι οποίες, καθώς εισέρχονται τα απόβλητα τροφίμων, αρχίζουν να περιστρέφονται με μεγάλη ταχύτητα αλέθοντας με αυτόν τον τρόπο τα απόβλητα σε μικρά σωματίδια κατά μήκος της επιφάνειας του δακτυλίου. Η διαδικασία αυτή αποτελεί το πρώτο στάδιο άλεσης των αποβλήτων τροφίμων.



Σχήμα 5.13: Πλάκα κα προεξοχές άλεσης (Chenxi, 2010).

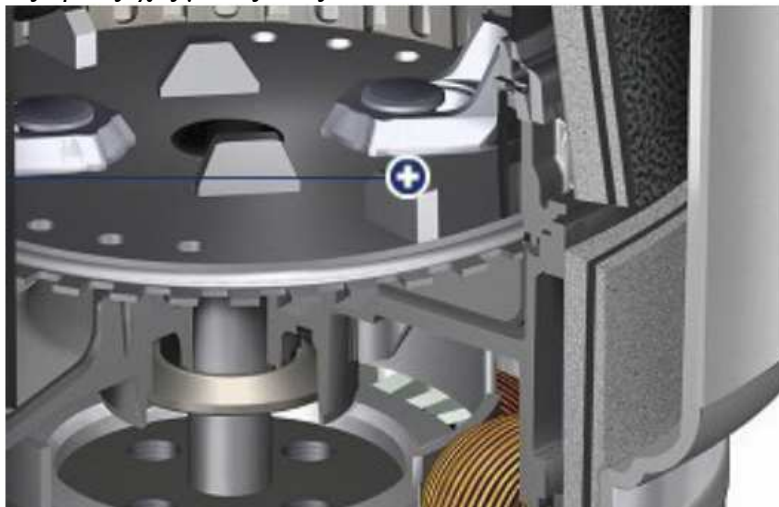
Μετά την πρώτη φάση της άλεσης, τα σωματίδια που έχουν απομείνει αναγκάζονται να διέλθουν από 40 «παράθυρα», ώστε να ψαλιδιστούν σε ακόμα μικρότερα σωματίδια. Αυτό είναι το δεύτερο στάδιο άλεσης.



Σχήμα 5.14: Τα 40 «παράθυρα» σε σειρά (Chenxi, 2010).

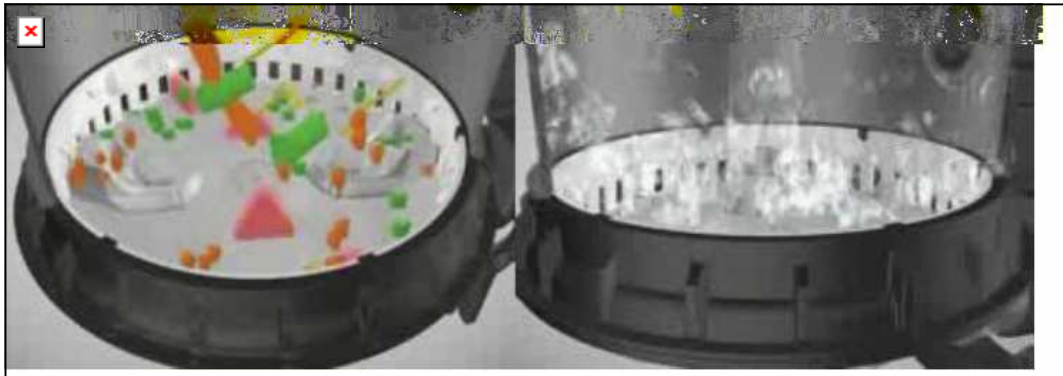
### 5.2.6 Σύστημα προεξοχών τριπλής δράσης

Το σύστημα προεξοχών τριπλής δράσης εκτελεί τρεις σημαντικές λειτουργίες. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, οι περιστρεφόμενες προεξοχές συνεργάζονται με το δακτύλιο άλεσης – κοπής για να εκτελέσουν το πρώτο και το δεύτερο στάδιο της άλεσης. Συγχρόνως, το σύστημα αυτό περιλαμβάνει και σταθερές προεξοχές, οι οποίες είναι σχεδιασμένες ώστε να αλέθουν ακόμη μικρότερα τα σωματίδια από ότι οι περιστρεφόμενες προεξοχές μόνες τους.



Σχήμα 5.15: Σύστημα προεξοχών τριπλής δράσης (Chenxi, 2010).

Τέλος μέσω της διαμόρφωσης των προεξοχών του συστήματος ωθείται νερό σε όλο το χώρο άλεσης, ώστε να πραγματοποιείται η έκπλυσή του μετά από κάθε χρήση.



Σχήμα 5.16: Οι λειτουργίες του συστήματος των προεξοχών τριπλής δράσης (Chenxi, 2010).

### 5.2.7 Κάτω δίσκος κοπής

Τοποθετημένος κατά μήκος της αιχμηρής πλευράς της πλάκας τεμαχισμού, ο κάτω μηχανισμός κοπής εκτελεί το τρίτο στάδιο της άλεσης. Κόβει τα σωματίδια για μια ακόμη φορά, αφού έχουν περάσει από το δακτύλιο άλεσης – κοπής, ώστε να εξαλειφθούν οι πιθανότητες εμφράξεων.



Σχήμα 5.17: Κάτω δίσκος κοπής (Chenxi, 2010).



Σχήμα 5.18: Ο κάτω δίσκος κοπής τεμαχίζει τα σωματίδια ακόμη μία φορά (Chenxi, 2010).

### 5.2.8 Κύκλωμα αισθητήρων εμπλοκών

Το κύκλωμα αισθητήρων εμπλοκών αποτελεί την καρδιά του σκουπιδοφάγου. Παράγει μια ισχυρή κρουστική κίνηση για την άλεση και την κοπή των αποβλήτων τροφίμων, η οποία διαπερνά τις πιο σκληρές εμπλοκές.



Σχήμα 5.19: Κύκλωμα αισθητήρων εμπλοκών (Chenxi, 2010).

Ανιχνεύοντας μια επικείμενη εμπλοκή, εξασφαλίζει αυτόματα την αύξηση της περιστροφικής ροπής του κινητήρα μέχρι 500%, ενώ ταυτόχρονα πάλλεται με ρυθμό 60 φορές ανά δευτερόλεπτο.

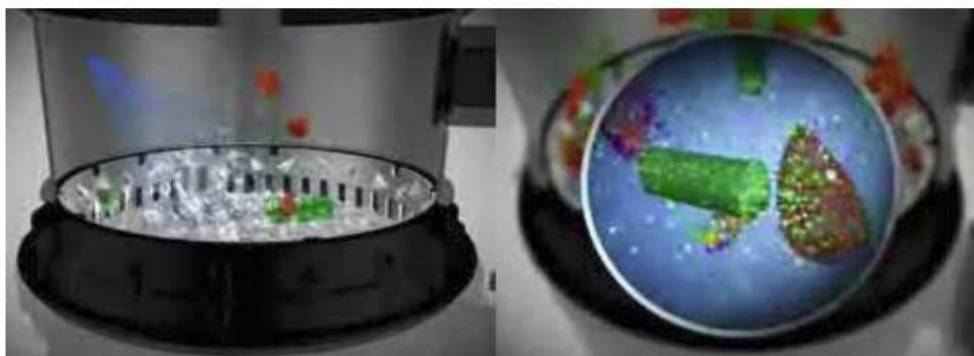
### 5.2.9 Τεχνολογία έγχυσης βιοφόρτισης

Πρόκειται για ένα ειδικό μοντέλο σκουπιδοφάγων, στο οποίο πραγματοποιείται έγχυση βιοφόρτισης. Η αρχή της τεχνολογίας είναι η χρησιμοποίηση ενός φυσικού μικροοργανισμού, που συμβάλει στη διάσπαση των αποβλήτων τροφίμων.



Σχήμα 5.20: Έγχυση βιοφόρτισης (Chenxi, 2010).

Κατά την ενεργοποίηση του σκουπιδοφάγου, η ρευστή βιοφόρτιση αυτόματα εγχέεται στο θάλαμο άλεσης. Κάθε δόση ανέρχεται σε 300 εκατομμύρια μικροοργανισμούς. Οι μικροοργανισμοί όχι μόνο επιταχύνουν την διάσπαση των αποβλήτων τροφίμων, αλλά συμβάλλουν, επίσης, στη διάσπαση άλλων απόβλητων, όπως το χαρτί τουαλέτας. Εκπέμπουν ένα άρωμα εσπεριδοειδών για να βοηθούν στον έλεγχο των οσμών από το νεροχύτη και την αποχέτευση. Υπάρχει, επίσης, μια επιφανειοδραστική ουσία η οποία βοηθάει στη διάσπαση του σαπουνιού και της στρώσης λίπους, που συσσωρεύεται στους αγωγούς αποστράγγισης.



Σχήμα 5.21: Έγχυση βιοφόρτισης αυτόματα στο χώρο άλεσης (Chenxi, 2010).

#### 5.2.10 Αρχές λειτουργίας

Ο πυρήνας του σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων είναι ο θάλαμος άλεσης, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χάλυβα. Ο θάλαμος άλεσης περιλαμβάνει ένα δίσκο κοπής με δύο ή τέσσερις προεξοχές, χωρίς αιχμηρές άκρες, ο οποίος είναι πολύ

ασφαλής, ανθεκτικός και χωρίς απαιτήσεις συντήρησης. Αν και ο δίσκος κοπής, ο οποίος περιστρέφεται με υψηλή ταχύτητα, λειτουργεί με AC ή DC κινητήρα, ώστε να συνθλίβει τα απόβλητα τροφίμων σε μικρά σωματίδια με φυγόκεντρες δυνάμεις, ο θάλαμος άλεσης ασκεί μια δράση φιλτραρίσματος, μπλοκάροντας αυτόματα τα στερεά σωματίδια των τροφών. Η ταχύτητα πλήρους φόρτισης του δίσκου κοπής σε κατάσταση λειτουργίας είναι 2 400 – 5 500 rev/min (στροφές / λεπτό) με DC κινητήρα, και 1 450 – 1 750 rev/min με AC κινητήρα. Το μέγεθος των σωματιδίων των αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων είναι μικρότερο της διαμέτρου των 4 mm και μπορούν εύκολα να εκπλυθούν με νερό, χωρίς να φράξουν την αποχέτευση και τους σωλήνες. Οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων, οι οποίοι γενικά εγκαθίστανται κάτω από το νεροχύτη της κουζίνας, είναι κυλινδρικού σχήματος, έχουν ύψος 300 – 400 mm, διάμετρο 130 – 200 mm και βάρος περίπου 4 kg.

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου των σκουπιδοφάγων είναι η ακόλουθη:

- 1) Άνοιγμα της βρύσης και στη συνέχεια τροφοδότηση του σκουπιδοφάγου με τα απόβλητα τροφίμων ή τα υπολείμματα. Σπάσιμο των μεγάλων κόκκων, αν υπάρχουν, σε μικρά κομμάτια πριν την τοποθέτησή τους.
- 2) Κλείσιμο του ανοίγματος και γύρισμα του διακόπτη, ώστε το νερό να τρέχει μέσα στη συσκευή κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Κλείσιμο της βρύσης και διακοπή σε 25 – 35s.

Τότε, τα απόβλητα των τροφίμων θα έχουν συνθλιβεί σε σωματίδια και εκπλυθεί με το νερό. Ο χρόνος λειτουργίας της συσκευής εξαρτάται από την ποσότητα των αποβλήτων τροφίμων. Ο μέγιστος χρόνος λειτουργίας δεν υπερβαίνει το ένα λεπτό, ενώ η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι 1 kWh (Chenxi, 2010).

#### **5.2.11 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων**

Στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μεθόδου διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων μέσω της εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων για το χρήστη, για τους δημόσιους φορείς και τους διαχειριστές και για το περιβάλλον.

Πίνακας 5.1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων για το χρήστη.

Χρήστης	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απλοποίηση του διαχωρισμού του οργανικού κλάσματος από τα υπόλοιπα κλάσματα των Α.Σ.Α.</li> <li>• Κατάργηση της τοποθέτησης των αποβλήτων με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία σε κοινούς κάδους συλλογής με τα υπόλοιπα κλάσματα των Α.Σ.Α.</li> <li>• Κατάργηση της αναγκαίας προσωρινής αποθήκευσης των αποβλήτων τροφίμων λόγω της καθορισμένης συχνότητας συλλογής</li> <li>• Εξάλειψη των δυσάρεστων οσμών, των εντόμων και των ζώων που ελκύονται από τα απόβλητα τροφίμων</li> <li>• Εξάλειψη του κινδύνου των παθογόνων παραγόντων των αεροζόλ που παράγονται από τη ζύμωση κατά την αποθήκευση των αποβλήτων</li> <li>• Ευκολία για τον καταναλωτή στην καθημερινή διαχείριση των αποβλήτων τροφίμων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελαφρά αύξηση της κατανάλωσης νερού, που υπολογίζεται σε περίπου 1% της μέσης κατανάλωσης μιας τυπικής οικογένειας (περίπου 4 L / kg αποβλήτων τροφίμων)</li> <li>• Αμελητέα αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, που εκτιμάται περίπου σε 0.1% της μέσης κατανάλωσης μιας τυπικής οικογένειας (μέσος χρόνος λειτουργίας 4 min/day ή 8.5 kWh / έτος)</li> <li>• Κόστος αγοράς και εγκατάστασης της συσκευής</li> <li>• Κίνδυνος έμφραξης των εσωτερικών σωληνώσεων (ιδιαίτερα εάν είναι παλαιοί ή μικροί σωλήνες), πρόληψη μέσω του καθαρισμού των σωλήνων πριν την εγκατάσταση του σκουπιδοφάγου</li> </ul>

Πηγή: CECED, 2003



Πίνακας 5.2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων για τους δημόσιους φορείς και τους διαχειριστές.

Δημόσιοι φορείς λήψης αποφάσεων και διαχειριστές	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διατήρηση χαμηλού «πολιτικού» προφίλ μέσω της απόφασης για την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων σε σύγκριση με τα προβλήματα που συνήθως συνδέονται με την επιλογή των θέσεων των χωματερών και των κέντρων κομποστοποίησης και καύσης</li> <li>• Εξαιρετική αποδοχή από μέρους των χρηστών, ιδιαίτερα όταν έχουν ενημερωθεί σχετικά με τη βέλτιστη χρήση της συσκευής</li> <li>• Κλιμακωτό σύστημα: οι εγκαταστάσεις των συσκευών μπορούν να ελέγχονται και είναι υπό διαχείριση σε τοπικό επίπεδο (σε ακραίες περιπτώσεις και να απαγορευθούν), εάν προκύψουν σοβαρά προβλήματα στο αποχετευτικό σύστημα/στην Ε.Ε.Λ. λόγω της αύξησης του αριθμού των συσκευών</li> <li>• Εξοικονόμηση από το κόστος διαχείρισης των διεργασιών που πραγματοποιούνται στη μονάδα επεξεργασίας μέσω της προσθήκης του άνθρακα των αποβλήτων τροφίμων χωρίς κόστος (διεργασία απονιτροποίησης) (*)</li> <li>• Παραγωγή βιοαερίου που προκύπτει από την αύξηση των ζυμώσιμων ουσιών στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια ίλύ (*)</li> <li>• Μεγαλύτερη αποδοτικότητα της καύσης στους αποτεφρωτές μέσω της απομάκρυνσης της προερχόμενης υγρασίας από τα απόβλητα τροφίμων, που κατά μέσο όρο αποτελεί το 70% του βάρους τους (*)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ενδεχόμενη μικρή αύξηση του αριθμού των εργασιών καθαρισμού του αποχετευτικού συστήματος</li> <li>• Πιθανή ανάγκη σημείων ώθησης λόγω της έλλειψης ελάχιστων κλίσεων στο αποχετευτικό δίκτυο</li> <li>• Προσαρμογή της εφαρμοσμένης μηχανικής του συστήματος επεξεργασίας λυμάτων, εάν ο βαθμός διείσδυσης των σκουπιδοφάγων αυξηθεί πάνω από ένα ορισμένο όριο, που κατά μέσο όρο εκτιμάται μεταξύ 30% και 40% (εξαιρετικά απίθανο στα επόμενα 25-30 χρόνια)</li> <li>• Πρόσθετα κόστη για τα έργα επεξεργασίας των λυμάτων λόγω της ανάγκης επεξεργασίας του επιπρόσθετου φορτίου και της χρήσης ή απόρριψης της επιπρόσθετης λάσπης. Το κόστος αυτό υπερσταθμίζεται μέσω της θερμότητας και της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγονται από την εκμετάλλευση του βιοαερίου, εάν υπάρχει αναερόβια χώνευση και συμπαραγωγή θερμότητας και ενέργειας. Αν δεν υπάρχει, τότε αποτελεί σημαντικό κόστος.</li> </ul>

Πηγή: CECED, 2003



Πίνακας 5.2 (Συνέχεια): Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων για τους δημόσιους φορείς και τους διαχειριστές.

Δημόσιοι φορείς λήψης αποφάσεων και διαχειριστές	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μείωση του κόστους μέσω της μείωσης των ποσοτήτων που συλλέγονται (*)</li> <li>• Μείωση του κόστους μέσω της μείωσης της συχνότητας συλλογής (από δύο φορές την εβδομάδα σε μία φορά / δύο φορές το μήνα) (*)</li> <li>• Μείωση των δαπανών που συνδέονται με επείγουσες αποφάσεις που σχετίζονται με την παρουσία των αποσυντιθέμενων κλασμάτων (δύσοσμα και τοξικά)</li> <li>• Μειωμένα κόστη: δεν είναι αναγκαία πλέον η παροχή ειδικών σακουλών ή η ύπαρξη οχημάτων συλλογής ή η ανάληψη εκπαιδευτικών προγραμμάτων για το τι θα συμπεριλαμβάνουν στα βιοαπόβλητα και τι όχι.</li> <li>• Βελτίωση της αφυδάτωσης των προϊόντων χώνευσης μέσω της παρουσίας των ινών από τα βιοαπόβλητα</li> <li>• Η αυξημένη αναλογία τροφής/ μικροοργανισμών μπορεί να βελτιώσει τη βιολογική απομάκρυνση του αζώτου από τα λύματα, να μειώσει την ανάγκη της χημικής απομάκρυνσης (κόστος) και να βελτιώσει την ποιότητα της εκροής.</li> </ul> <p>(*) Μελέτη του Πανεπιστημίου του Wisconsin, Απρίλιος '98</p>	

Πηγή: CECED, 2003

Πίνακας 5.3: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων για το περιβάλλον.

Περιβάλλον	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, κυρίως μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα. Στην περίπτωση του μεθανίου, έχει υπολογιστεί ότι για 100 kg αποβλήτων που υφίστανται επεξεργασία από το σύστημα σκουπιδοφάγοι/μονάδα επεξεργασίας λυμάτων ή το σύστημα συλλογής και διάθεσης σε χωματερή, η αντίστοιχη αναλογία της παραγόμενης ποσότητας είναι 1:17 000. Εάν η χωματερή είναι εξοπλισμένη με ένα βέλτιστο σύστημα μεταβίβασης αερίου, η αναλογία γίνεται μικρότερη από 1:6 000. Εντούτοις, εκτιμάται ότι το 34% χάνεται στην ατμόσφαιρα.</li> <li>• Μείωση των καυσαερίων λόγω της σημαντικής μείωσης των οχημάτων μεταφοράς που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή</li> <li>• Μείωση των στραγγιδίων από τους χώρους υγειονομικής ταφής (έντονα όξινα) που στην περίπτωση των ελεγχόμενων χωματερών πρέπει να απορρίπτονται στα συστήματα καθαρισμού του νερού με νέα μεταφορά των αποβλήτων, που ελήφθησαν ως λύματα</li> <li>• Μείωση του ποσοστού των βαρέων μετάλλων στην επεξεργασμένη ιλύ με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητάς της</li> <li>• Βελτίωση της χωριστής συλλογής των υπολοίπων κλασμάτων σε ό, τι αφορά την ποσότητα και την ποιότητα</li> <li>• Αποτροπή της ολίσθησης αποβλήτων εκτός των αποβλήτων τροφίμων στο δημόσιο αποχετευτικό δίκτυο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μια μικρή αύξηση της κατανάλωσης νερού για τη λειτουργία του σκουπιδοφάγου</li> </ul>

Πηγή: CECED, 2003

### 5.3 Οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η Ε.Ε. είναι το μόνο όργανο, που μπορεί να δημιουργήσει μια βιώσιμη και κατανοητή πολιτική σε ό, τι αφορά τα απόβλητα για ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Μια τέτοια πολιτική είναι απαραίτητο να θέσει σαφείς στόχους, αλλά παράλληλα να παραμείνει ανοιχτή σε διαφορετικές τεχνικές λύσεις, ώστε να είναι σε θέση να ανταποκριθεί σε αυτές τις προθέσεις.

Ο συνδυασμός των διαφόρων εναλλακτικών διαχείρισης των αποβλήτων πρέπει να είναι διαθέσιμος, ώστε να είναι εφικτή η διαχείριση μιας σειράς παραγόντων, όπως οι υφιστάμενες και οι υπό σχεδιασμό υποδομές, οι οικονομικές επιπτώσεις, οι ιδιαιτερότητες σε περιφερειακό/τοπικό επίπεδο, το κλίμα, κ.λπ. Ενώ τα συστήματα κομποστοποίησης είναι καταλληλότερα για ορισμένα κράτη μέλη, η αναερόβια χώνευση ή η χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων αποτελούν πολύ σημαντικές μεθόδους επεξεργασίας για άλλες χώρες ή περιοχές αυτών των κρατών μελών. Η εμπειρία έχει δείξει ότι τα κεντρικά ή οικιακά συστήματα κομποστοποίησης είναι πιο κατάλληλα σε ορισμένες χώρες από ό, τι σε άλλες. Ακόμη και σε χώρες με ευνοϊκές πολιτισμικές, κλιματικές και περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η Ολλανδία και η Δανία, η συλλογή των απορριμμάτων τροφίμων δεν υπήρξε απολύτως επιτυχής. Αυτό οφείλεται, κυρίως, στις συνθήκες υγιεινής, που επέδρασαν αποτρεπτικά στη συμμετοχή τους σε τέτοια συστήματα συλλογής. Είναι, επομένως, επιτακτική η ανάγκη να μην αντιμετωπίζονται αρνητικά άλλες εναλλακτικές λύσεις ή συμπληρωματικές τεχνολογίες, που έχουν τα δικά τους πλεονεκτήματα, και οι οποίες μπορούν να συνεισφέρουν, διασφαλίζοντας ότι ένα σημαντικό μέρος της συνολικής ποσότητας των οργανικών απόβλητων ανακτώνται και δεν οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής ή προς αποτέφρωση. Η ανακύκλωση των απορριμμάτων τροφίμων μέσω της επανεφαρμογής της λυματολάσπης στο έδαφος είναι μια μέθοδος σε πλήρη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς στόχους της Ε.Ε. Κατά συνέπεια, δεν πρέπει να παραβλέπονται συστήματα με αποδεδειγμένη επιτυχία και χειροπιαστά οφέλη για το περιβάλλον (CECED, 2003).

Η Ε.Ε. βρίσκεται σήμερα στη διαδικασία ολοκλήρωσης της νομοθεσίας, που θα διαμορφώσει τη στρατηγική διαχείρισης των αποβλήτων της Ε.Ε. για το μέλλον. Η Οδηγία περί υγειονομικής ταφής (Οδηγία 1999/31/Ε.Κ.) και η Οδηγία για την ιλύ (Οδηγία 86/278/Ε.Ο.Κ.) εφαρμόζονται και οι διάφορες τροποποιήσεις τους έχουν ενσωματωθεί στο βασικό κείμενο. Η Οδηγία 2008/98/Ε.Κ. αποτελεί την αναθεωρημένη νέα Οδηγία – Πλαίσιο για τα απόβλητα και μια θεματική στρατηγική για την προστασία του εδάφους έχει δρομολογηθεί.

Η επίδραση των σκουπιδοφάγων στη διαχείριση των αποβλήτων και το περιβάλλον έρχεται σε συμφωνία με τα τρία κύρια σημεία που επισημαίνονται στις αναφερόμενες νομικές πράξεις, και θα μπορούσε ακόμη και να τα ενισχύσει. Αυτοί οι στόχοι μπορούν να περιγραφούν ως εξής:

- Βελτίωση της ποιότητας του εδάφους

- Αύξηση της ανάκτησης των οργανικών αποβλήτων για να διασφαλιστεί ότι δεν οδηγούνται προς υγειονομική ταφή ή αποτέφρωση
- Βελτίωση της ποιότητας της λυματολάσπης

Με τις πληροφορίες που παρέχονται, προκύπτει ότι οι σκουπιδοφάγοι όχι μόνο πληρούν τους στόχους αυτούς, αλλά, επίσης, ότι ο σκουπιδοφάγος είναι ένα ζωτικής σημασίας εργαλείο για τη δημιουργία ενός βιώσιμου συστήματος διαχείρισης αποβλήτων στην Ευρώπη.

### **5.3.1 Βελτίωση της ποιότητας του εδάφους**

Η σπουδαιότητα της προστασίας του εδάφους από μολυσματικούς παράγοντες είναι πολύ μεγάλη. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητη η προστασία της λειτουργίας του εδάφους και της γονιμότητάς του, αποτρέποντας την υπερβολική μόλυνση. Επίσης, είναι σκόπιμη η διατήρηση (ή η αύξηση) της περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ύλη. Ιδιαίτερης σημασίας είναι και η υποστήριξη της ανάπτυξης οργανικής ύλης, κυρίως στις περιοχές εκείνες της Ευρώπης, όπου η διάβρωση του εδάφους αποτελεί σημαντικό ζήτημα. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές που μπορούν να υποστηρίξουν αυτή τη διαδικασία και μια από αυτές είναι η αξιοποίηση στα αγροκτήματα των αποβλήτων τροφίμων, που παράγονται από τους σκουπιδοφάγους. Τα απόβλητα τροφίμων, στην καθαρή μορφή τους, περιέχουν οργανική ύλη και θρεπτικά συστατικά αξιόλογα για το έδαφος. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με την άποψη που αναφέρεται στην Θεματική Στρατηγική για την Προστασία του Εδάφους, η οποία προβλέπει ότι η πρόληψη της μόλυνσης της λυματολάσπης αποτελεί μια πολύ ευεργετική και θρεπτική συνεισφορά στο έδαφος.

### **5.3.2 Αύξηση της ανάκτησης των οργανικών αποβλήτων**

Υπάρχει ευρεία συναίνεση σχετικά με το γεγονός ότι ανεξάρτητα από το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων που θα επιλέξει η Ε.Ε., στόχος είναι η συμβολή του στην ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών, τη διατήρηση της οργανικής ύλης, καθώς και την αποφυγή πρόκλησης αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ώστε να είναι δυνατή η προσφυγή σε άλλα πιο βιώσιμα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων σε σχέση με την υγειονομική ταφή. Η οδηγία περί υγειονομικής ταφής προβλέπει υποχρεωτικούς στόχους για τα κράτη μέλη για τη μείωση των ποσοτήτων των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που απορρίπτονται στους Χ.Υ.Τ.Α., όπως ότι μόνο το 35% της ποσότητας που απορρίφθηκε το 1995 θα επιτρέπεται από το 2016 (ή 2020). Πρόκειται για ένα δύσκολο έργο, δεδομένου ότι η ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων αυξάνεται κατά 2 – 6% ετησίως. Ωστόσο, υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι που μπορούν να βοηθήσουν τα κράτη μέλη να εκπληρώσουν τους στόχους αυτούς. Οι πιο κοινές μέθοδοι σήμερα είναι η κομποστοποίηση, η αναερόβια χώνευση και η αποτέφρωση. Ο σκουπιδοφάγος αποβλήτων τροφίμων αποτελεί αναπόσπαστο εργαλείο, μετατρέποντας τα απόβλητα τροφίμων σε λάσπη, που μπορεί να υποστεί αναερόβια χώνευση. Η μέθοδος έχει ισχυρά πλεονεκτήματα, δεδομένου ότι δημιουργεί καθαρά και ανακυκλώσιμα απόβλητα κατά τρόπο πρακτικό για τον καταναλωτή.

### **5.3.3 Βελτίωση της ποιότητας της λυματολάσπης**

Καλώς ή κακώς η πιο συνήθης αρνητική αντίληψη για τη λυματολάσπη σχετίζεται με τους χημικούς μολυσματικούς παράγοντες. Κάποιοι προέρχονται από εισροές που διαχέονται και άλλοι αποτελούν αναγνωρίσιμες πηγές. Σε όλους σχεδόν τους δήμους χρησιμοποιείται ένα ενιαίο σύστημα συλλογής λυμάτων για τα οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα. Σε κάποιες περιοχές το ίδιο σύστημα χρησιμοποιούταν, επίσης, για να μεταφέρει τα επιφανειακά ύδατα. Οι εισερχόμενοι ρύποι από τα εργοστάσια έχουν μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια μέσω της συνεργασίας των βιομηχανιών με των φορέων επεξεργασίας λυμάτων. Παρόλα αυτά, σε ορισμένες περιοχές υπάρχει περιθώριο για περαιτέρω μειώσεις. Οι σύγχρονες λάσπες είναι πολύ διαφορετικές σε σχέση με τις αντίστοιχες πριν από 15 χρόνια, σύμφωνα με τις εκθέσεις προς την Ε.Κ. υπό την οδηγία 86/278/Ε.Ο.Κ. Το κόστος της ανακατασκευής του αποχετευτικού δικτύου και της επεξεργασίας των λυμάτων, ώστε να διαχωρίζονται τα βιομηχανικά από τα οικιακά λύματα θα ήταν αδικαιολόγητο. Αντιθέτως, η χρήση του σκουπιδοφάγου δεν θα ήταν επιζήμια για την ποιότητα της ιλύος και θα μπορούσε ακόμη να οδηγήσει σε μειωμένες συγκεντρώσεις ορισμένων παραμέτρων (CECED, 2003).

## **5.4 Τάσεις και η τρέχουσα νομική κατάσταση στα κράτη μέλη**

### **5.4.1 Το διεθνές τοπίο**

Σε περίπου 50 χώρες δεν υπάρχουν περιορισμοί για τη χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στα νοικοκυριά. Μεταξύ των χωρών αυτών είναι οι ΗΠΑ, η Ιαπωνία, ο Καναδάς, το Μεξικό, η Αυστραλία, η Νέα Ζηλανδία και πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Υπάρχουν περίπου 110 εκατομμύρια χρήστες σε όλο τον κόσμο. Οι σκουπιδοφάγοι έχουν κερδίσει το μεγαλύτερο έδαφος στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου παρουσιάστηκαν τη δεκαετία του 1930 και χρησιμοποιήθηκαν ευρέως από τη δεκαετία του 1960. Ο βαθμός κορεσμού στις ΗΠΑ είναι γύρω στο 48%. Η χρήση τους στα νοικοκυριά επιτρέπεται, χωρίς περιορισμούς, σε όλες τις πόλεις της Αμερικής, ενώ σε ορισμένες πόλεις, όπως το Ντιτρόιτ, το Λος Άντζελες και το Ντένβερ, υπάρχει εντολή να εγκαθίστανται στα νεόδμητα κτίρια. Δεν υπάρχουν εμπειρικές ή επιστημονικές μελέτες που να δικαιολογούν τον περιορισμό της χρήσης τους. Αντίθετα, οι σκουπιδοφάγοι έχουν κερδίσει ευρεία αναγνώριση λόγω των χαρακτηριστικών τους, που συμβάλλουν στη βελτίωση της υγιεινής του νοικοκυριού και στην προστασία του περιβάλλοντος. Η αναγνώριση αυτή έχει επιβεβαιωθεί από πολλές μελέτες, τα συμπεράσματα των οποίων θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών υπήρξε μία μόνο συγκεκριμένη περίπτωση στις ΗΠΑ, όπου διατυπώθηκαν φόβοι σχετικά με τη χρήση των σκουπιδοφάγων, συγκεκριμένα στην πόλη της Νέας Υόρκης. Μέχρι τον Οκτώβριο του 1997, στη Νέα Υόρκη ίσχυε η απαγόρευση της χρήσης των σκουπιδοφάγων σε περιοχές όπου λύματα και όμβρια ύδατα έρεαν σε ενιαίους σωλήνες αποχέτευσης. Η αιτιολογία για την απαγόρευση ήταν ο προβλεπόμενος κίνδυνος παρουσίας εμποδίων στους σωλήνες των νοικοκυριών και μεγάλων αποθέσεων στους σωλήνες αποχέτευσης, λόγω της μεγάλης

ποσότητας των υλικών που εκπλένονταν μέσω των κακώς διαστασιολογημένων και παλαιών σωλήνων. Συνεπώς, η πόλη διέταξε προκαταρκτική μελέτη διάρκειας 21 μηνών, ώστε να επανεξεταστούν οι λόγοι απαγόρευσης των σκουπιδοφάγων και να διαπιστωθεί αν αυτοί εξακολουθούσαν να είναι δικαιολογημένοι. Το συμπέρασμα της έκθεσης ήταν ότι δεν υπήρχαν απτοί κίνδυνοι που να συνδέονται με τη χρήση των σκουπιδοφάγων, και κατά συνέπεια, η απαγόρευση ήρθη. Το Νοέμβριο του 2000, μετά τις θετικές εμπειρίες τόσο από οικολογική όσο και οικονομική σκοπιά, οι αρχές της πόλης αποφάσισαν να παράσχουν μείωση του φόρου διάθεσης αποβλήτων της τάξης των 300 δολαρίων στους πολίτες που επιθυμούσαν να εγκαταστήσουν ένα σκουπιδοφάγο.

Στον υπόλοιπο κόσμο, οι σκουπιδοφάγοι έχουν αρχίσει να εξαπλώνονται. Εκτιμάται ότι η διείσδυση στην αγορά της Αυστραλίας και του Καναδά είναι στο 10%, στη Νέα Ζηλανδία στο 20%, ενώ στις υπόλοιπες χώρες υπάρχει μια αυξητική τάση, η οποία, ωστόσο, ξεκινά από αρκετά χαμηλά επίπεδα (CECED, 2003).

#### **5.4.2 Το Ευρωπαϊκό τοπίο**

Στην Ευρώπη, οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων άρχισαν πολύ πρόσφατα να κερδίζουν την αναγνώριση των δυνατοτήτων τους ως ένα σύστημα διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος για τον οποίο οι Ευρωπαίοι έχουν αναπτύξει άλλα συστήματα διαχείρισης των απόβλητων τροφίμων, όπως η κομποστοποίηση. Το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης τους παρατηρείται στη Μεγάλη Βρετανία, όπου το 5% των νοικοκυριών χρησιμοποιεί σκουπιδοφάγους. Συνολικά, εκτιμάται ότι στην Ευρώπη πωλούνται περίπου 100 000 σκουπιδοφάγοι το χρόνο και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της εφαρμογής τους στα νοικοκυριά είναι μικρότερος του 1%.

Η πολιτική και η νομοθεσία που ακολουθεί η Ε.Ε. για τα μη επικίνδυνα απόβλητα επιτρέπουν στα κράτη μέλη να αποφασίζουν ποια προσέγγιση και ποιες μεθόδους διαχείρισης των αποβλήτων θα υιοθετήσουν. Το γεγονός αυτό έρχεται σε συμφωνία με τις δύο θεμελιώδεις αρχές της αναλογικότητας και της επικουρικότητας. Ως εκ τούτου, η προσέγγιση και η νομοθεσία στα κράτη μέλη σχετικά με τους σκουπιδοφάγους διαφέρουν ανάλογα με παράγοντες, όπως η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των τοπικών αρχών και των πολιτών, το μέγεθος των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, η αγορά της λυματολάσπης και του βιοαερίου, το κλίμα, οι πολιτιστικές αντιλήψεις και η στάση απέναντι στις νέες τεχνολογικές λύσεις (CECED, 2003).

#### **5.4.3 Σύντομη επισκόπηση της νομοθετικής κατάστασης στα κράτη μέλη**

*Χωρίς περιορισμούς*

##### **1) Ιρλανδία και Ηνωμένο Βασίλειο**

Σε ολόκληρη την επικράτεια της Ιρλανδίας και του Ηνωμένου Βασιλείου μπορούν να πωλούνται και να χρησιμοποιούνται νόμιμα σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων.

##### **2) Ιταλία**

Κατά το πρώτο εξάμηνο του 2002, η ιταλική σύγκλητος ήρε την απαγόρευση της χρήσης των σκουπιδοφάγων (που οριζόταν στο διάταγμα «Ronchi» 22/97). Ο κύριος λόγος για την άρση της απαγόρευσης ήταν διττός: πρώτον, ανεπαρκή στοιχεία για την απαγόρευση

στα άρθρα 5, 6 και 32 του νόμου, και δεύτερον, η ανάγκη για εναλλακτικές λύσεις για τη χωριστή συλλογή των οργανικών αποβλήτων ιδιαίτερα σε ορισμένες περιοχές που αντιμετώπιζαν δυσκολίες. Η χρήση των σκουπιδοφάγων ενθαρρύνεται ακόμα και σε τοπικό επίπεδο (π.χ. Capri, Lombardy και Trezzano sul Naviglio). Σύμφωνα με το διάταγμα Ronchi:

- πρέπει να ευνοούνται οι δράσεις που επικεντρώνονται στη μείωση της ποσότητας και της επικινδυνότητας των προϊόντων αποβλήτων και στην ανάπτυξη καθαρών τεχνολογιών, που παρέχουν αυξημένη εξοικονόμηση φυσικών και οικονομικών πόρων.
- πρέπει να ευνοούνται οι δράσεις και τα μέτρα τα οποία επιτρέπουν τη μέγιστη δυνατή ανάκτηση και ανακύκλωση των ουσιών, που προορίζονται για τελική διάθεση. Τα απόβλητα πρέπει να αξιοποιούνται ή να απορρίπτονται χωρίς να θέτουν σε κίνδυνο την υγεία των ανθρώπων και χωρίς να χρησιμοποιούνται διαδικασίες ή μέθοδοι που θα μπορούσαν να προκαλέσουν βλάβη στο περιβάλλον.

#### *Προαπαιτούμενη άδεια*

##### 1) Δανία, Φινλανδία και Νορβηγία

Η άδεια για την εγκατάσταση σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων εξαρτάται από τις τοπικές αρχές, οι οποίες είναι υπεύθυνες για το σύστημα αποχέτευσης.

##### 2) Σουηδία

Η άδεια για την εγκατάσταση σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων εξαρτάται από τις τοπικές αρχές, οι οποίες είναι υπεύθυνες για το σύστημα αποχέτευσης. Ωστόσο, στη Σουηδία έχουν ξεκινήσει να πραγματοποιούνται αρκετά πειράματα για την εγκατάσταση σκουπιδοφάγων στα νεόδμητα κτίρια σε όλη τη χώρα.

#### *Απαγόρευση ή εκτεταμένοι περιορισμοί*

##### 1) Αυστρία

Η εγκατάσταση σκουπιδοφάγων δεν επιτρέπεται.

##### 2) Βέλγιο

Η χρήση σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων αποφασίζεται σε περιφερειακό επίπεδο. Το βασιλικό διάταγμα (8/9/1976) δεν απαγορεύει τους ίδιους τους σκουπιδοφάγους, αλλά την πράξη του να «πετάς ή να απορρίπτεις στερεά απόβλητα στο δημόσιο αποχετευτικό δίκτυο, τα οποία έχουν τεμαχιστεί μηχανικά».

##### 3) Γαλλία

Οι κανονισμοί για την υγεία (διοικητική εγκύκλιος 9/8/1978, άρθρο 83) θέτουν την εφαρμοστική αρχή σε επίπεδο Τμήματος, πράγμα που σημαίνει ότι οι δυνητικοί χρήστες πρέπει να ζητούν άδεια από τους τοπικούς δήμους.

##### 4) Γερμανία

Αποθαρρύνεται η εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων, αλλά ισχύουν κρατικοί και δημοτικοί κανονισμοί.

- 16 περιφέρειες της Γερμανίας, είτε δεν αναφέρουν καθόλου την απόρριψη αποβλήτων κουζίνας στο αποχετευτικό σύστημα ή δηλώνουν μόνο ότι απαγορεύεται η απόρριψη ουσιών/υπολειμμάτων που μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία του αποχετευτικού συστήματος.
- 39 από τις 50 μεγαλύτερες περιφέρειες της Γερμανίας δεν απαγορεύουν ρητά τη χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων, αλλά απαγορεύουν την απόρριψη στο αποχετευτικό σύστημα ουσιών, ακόμα και αν είναι τεμαχισμένες σε κομμάτια, που μπορεί να επηρεάσουν την ορθή λειτουργία του δημόσιου συστήματος αποχέτευσης.
- 11 περιφέρειες της Γερμανίας έχουν διατάξεις για τα λύματα, οι οποίες απαγορεύουν ρητά τη σύνδεση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων με το δημόσιο αποχετευτικό σύστημα.
- Ο γερμανικός νόμος περί ανακύκλωσης αποβλήτων προβλέπει ότι τα νοικοκυριά είναι υποχρεωμένα να μεταβιβάζουν τα απόβλητά τους σε δημόσιους φορείς διαχείρισης αποβλήτων.

#### 5) Ολλανδία

Η νομοθεσία απαγορεύει τη χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων, αλλά το Υπουργείο Περιβάλλοντος σε αρκετές περιπτώσεις επιβεβαιώνει ότι η απαγόρευση αυτή βασίζεται σε ηθικές αρχές και όχι σε επιστημονικές μελέτες και εμπειρικά στοιχεία.

#### 6) Λουξεμβούργο

Απαγορεύεται η χρήση σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Η απαγόρευση αυτή αναφέρεται στο πλαίσιο του κανονισμού του Μεγάλου Δουκάτου από την 7<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 1997, ο οποίος ορίζει ότι «απαγορεύεται η εκκένωση στερεών αποβλήτων στα ύδατα των υπονόμων, ακόμη και μετά την επεξεργασία τους σε μύλο» (άρθρο 6, σημείο 5).

#### 7) Πορτογαλία

Το διάταγμα του 1995 (άρθρο 117) απαγορεύει την εκκένωση αποβλήτων τροφίμων, που μπορεί να διαταράξουν τη λειτουργία των σωληνώσεων, που συνδέονται με το δημόσιο αποχετευτικό σύστημα ή την επεξεργασία των λυμάτων. Ωστόσο, πολυάριθμες επιστημονικές μελέτες καταδεικνύουν ότι αυτό δεν ισχύει (CECED, 2003).

## 5.5 Αρνητικές επιπτώσεις μιας απαγόρευσης

### 5.5.1 Προβληματισμοί σχετικά με τη νομοθεσία

#### *Η αρχή της αναλογικότητας*

Σύμφωνα με την αρχή της αναλογικότητας, που διατυπώνεται στο άρθρο 5 της Συνθήκης της Ε.Κ., η Ε.Ε. δεσμεύεται να διασφαλίζει ότι τα μέτρα της είναι δικαιολογημένα και δεν υπερβαίνουν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την επίτευξη των στόχων της Συνθήκης της Ε.Κ. και την εφαρμογή της (παράγωγο δίκαιο). Επιπλέον, τα επίμαχα μέτρα πρέπει να είναι όσο το δυνατό λιγότερο περιοριστικά υπό τις δεδομένες συνθήκες.



Ακόμα και αν οι ενέργειες της Ε.Ε. επιτυγχάνουν το στόχο πρέπει να έρχονται σε συμφωνία με τη σπουδαιότητα αυτού του στόχου και να μην επιβάλλουν υπερβολικές επιβαρύνσεις στο άτομο. Τέλος, σε ό, τι αφορά την επιλογή του μέτρου για την επίτευξη του στόχου, η Ε.Ε. πρέπει να εξετάζει τα σχετικά κόστη και οφέλη του αντίστοιχου μέτρου.

Πρώτον, δεν μπορεί να αποδειχθεί ότι η απαγόρευση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων επιτυγχάνει το στόχο του άρθρου 174 της συνθήκης της Ε.Κ., το οποίο ορίζει ότι η πολιτική της Ε.Ε. στον τομέα του περιβάλλοντος θα πρέπει να συμβάλλει στην επιδίωξη ενός αριθμού στόχων, όπως η διατήρηση, προστασία και βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και να επιτρέπει μια συνετή και ορθολογική χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων. Δεν υπάρχει καμία ολοκληρωμένη μελέτη που να υποστηρίζει την απαγόρευση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Οι πρόσθετες ποσότητες της λυματολάσπης που παράγονται, εξαιτίας της χρήσης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων, αυξάνουν τη θρεπτική οργανική ύλη στα λύματα, βελτιώνοντας την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Ως εκ τούτου, η απαγόρευση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων δεν θα συμβάλει στη διατήρηση ή την προστασία του περιβάλλοντος, αλλά μάλλον το αντίθετο. Ο στόχος της προτεινόμενης απαγόρευσης στα ερευνητικά έγγραφα, που προηγούνται της οδηγίας για τα βιολογικά απόβλητα, είναι η αποφυγή μιας αδικαιολόγητης αύξησης της λυματολάσπης. Ο στόχος αυτός δεν είναι απαραίτητα σύμφωνος με το στόχο του άρθρου 174 (δηλαδή να διατηρηθεί, να προστατευτεί ή να βελτιωθεί η ποιότητα του περιβάλλοντος ή να επιτραπεί η ορθολογική χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων). Η χρήση της λυματολάσπης δεν έρχεται σε αντίθεση με τους περιβαλλοντικούς στόχους, εφόσον μπορεί να εφαρμοστεί σε γεωργικές εκτάσεις χωρίς να ενέχει κινδύνους για το περιβάλλον. Οι κίνδυνοι προκύπτουν, όταν η λυματολάσπη περιέχει πολύ υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, για τις οποίες η βιομηχανία είναι ο κύριος ένοχος. Το προτεινόμενο μέτρο της Ε.Κ. αποσκοπεί στην αποτροπή της αύξησης της βιομηχανικής λάσπης, που περιέχει επικίνδυνες ουσίες, οι οποίες δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν, εκτός εάν υποστούν ειδική επεξεργασία στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, και όχι της καλής θρεπτικής λάσπης (CECED, 2003).

Επιπλέον, η απαγόρευση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων δεν συνεπάγεται απαραίτητα μια αντίστοιχη αύξηση του ποσοστού συμμετοχής σε συστήματα κομποστοποίησης, καθώς πολλοί άνθρωποι δε μπορούν ούτε επιθυμούν να συμμετάσχουν σε προγράμματα κομποστοποίησης. Επίσης, δε θα μειώσει την ποσότητα των αποβλήτων τροφίμων που οδηγούνται προς υγειονομική ταφή. Εν κατακλείδι, περισσότερα απόβλητα τροφίμων θα καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής ή θα αποτεφρώνονται. Αυτό το αποτέλεσμα δεν υποστηρίζει κανένα περιβαλλοντικό στόχο και είναι αντίθετο με το στόχο της οδηγίας περί υγειονομικής ταφής. Σε κάθε περίπτωση, η σημασία της πρόληψης μιας σημαντικής αύξησης της λυματολάσπης είναι δευτερεύουσα σε σχέση με τη σημασία της αποδοχής μιας ευρέως αναγνωρισμένης φιλικής προς το περιβάλλον μεθόδου διάθεσης.

#### *Η αρχή της επικουρικότητας*

Το άρθρο 5 της συνθήκης της Ε.Κ. ορίζει ότι η Ε.Ε. μπορεί να αναλάβει δράση μόνο εάν οι στόχοι των προτεινόμενων ενεργειών δε μπορούν να επιτευχθούν επαρκώς από τα

κράτη μέλη και μπορούν, συνεπώς, να επιτευχθούν καλύτερα από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η περιβαλλοντική πολιτική είναι ένα πεδίο της πολιτικής των από κοινού αρμοδιοτήτων, στην οποία τα κράτη μέλη διαθέτουν σημαντική διακριτική εξουσία για την επιλογή της κατάλληλης φόρμας και μεθόδων για την εφαρμογή της κοινοτικής νομοθεσίας, καθώς τα κράτη μέλη, και μάλιστα οι τοπικές αρχές, είναι πιο εξοικειωμένα με τις γεωγραφικές, κλιματολογικές και ρυθμιστικές ιδιομορφίες της περιοχής τους. Για παράδειγμα, η οδηγία για την υγειονομική ταφή και η οδηγία για την λυματολάσπη αφήνει στα κράτη μέλη ένα μεγάλο περιθώριο κατανόησης, προκειμένου να αξιολογήσουν την ανάγκη περιορισμού της ετήσιας ποσότητας λάσπης, που χρησιμοποιείται σε διαφορετικά σημεία, και να αποφασίσουν για το περιεχόμενο της εθνικής στρατηγικής για τη μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που διατίθενται προς υγειονομική ταφή. Αντίστοιχα, στα περισσότερα κράτη μέλη οι τοπικές αρχές είναι αυτές που ορίζουν τις συνθήκες, υπό τις οποίες οι σκουπιδοφάγοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν, καθώς κατέχουν τις σχετικές πληροφορίες για την διάσταση και την ικανότητα των τοπικών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και την ποιότητα του αποχετευτικού συστήματος (CECED, 2003).

### **5.5.2 Άλλοι προβληματισμοί**

#### *Περιβάλλον*

Ο περιορισμός ή η πλήρης απαγόρευση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων θα οδηγούσε σε μείωση της ποσότητας των αποβλήτων τροφίμων, που διαχωρίζονται από την κανονική ροή των αποβλήτων προς αξιοποίηση. Η επίδραση αυτή έρχεται σε αντίθεση με τους στόχους του Έκτου Περιβαλλοντικού Προγραμματικού Πλαισίου και της κοινοτικής οδηγίας περί υγειονομικής ταφής, που απαιτούν εντονότερες προσπάθειες για ανακύκλωση ή ανάκτηση οργανικών αποβλήτων. Έχει, ήδη, παρατηρηθεί ότι σε κάποιες περιπτώσεις, όπου εφαρμόστηκε η χωριστή συλλογή, μια σημαντική ποσότητα των αποβλήτων απορριπτόταν στα «υπόλοιπα απορρίμματα». Στα νοικοκυριά, στα οποία χρησιμοποιούνται σκουπιδοφάγοι, υπάρχουν λιγότεροι λόγοι για τη μη απομάκρυνση των απορριμμάτων τροφίμων από τα στερεά απόβλητα. Ως εκ τούτου, η αξιοποίηση αυτού του κλάσματος των οικιακών απορριμμάτων ως βιοαέριο και βελτιωτικό εδάφους ενδέχεται να είναι μεγαλύτερη, όταν υπάρχουν σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων.

#### *Ανταγωνισμός*

Η θεμελιώδης αρχή της εσωτερικής αγοράς είναι ο ελεύθερος ανταγωνισμός, ο οποίος έχει μια συνολική θετική επίδραση στην οικονομία και στην ευημερία των πολιτών και οποιοσδήποτε περιορισμός πρέπει να είναι καλά δικαιολογημένος. Η απαγόρευση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων θα συνιστούσε κατάργηση μιας αναγνωρισμένης τεχνικής για τη συλλογή και την επεξεργασία των αποβλήτων τροφίμων εις βάρος του ανταγωνισμού, των τοπικών αρχών, των πολιτών και της βιομηχανίας. Θα στερούσε από τις τοπικές αρχές και τα νοικοκυριά την ελευθερία της επιλογής για το πώς να επιτύχουν το στόχο της αξιοποίησης των αποβλήτων τροφίμων, όπως ορίζεται στην οδηγία περί υγειονομικής ταφής.

#### *Οικονομία*

Η απαγόρευση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων θα επέφερε αποτρεπτικά κόστη για τους ενδιαφερόμενους, ιδίως τους κατασκευαστές και τους προμηθευτές των συσκευών αυτών, τους υδραυλικούς, τους χρήστες εστιατορίων και τις τοπικές αρχές, που έχουν επενδύσει στην τεχνική αυτή. Πρόκειται για μια επίπονη άσκηση για να εκτιμηθούν τα ακριβή κόστη για τη βιομηχανία, αλλά σίγουρα θα επηρέαζε ένα μεγάλο αριθμό ενδιαφερομένων και θα οδηγούσε σε πολλές απολύσεις σε συσχετιζόμενες με τους σκουπιδοφάγους θέσεις εργασίας σε όλη την Ευρώπη.

#### *Εμπόριο*

Η απαγόρευση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων θα αποτελούσε εμπόδιο στο εμπόριο μεταξύ της Ε.Ε. και των ΗΠΑ, αλλά και με τον υπόλοιπο κόσμο. Πολλοί προμηθευτές σκουπιδοφάγων εισάγουν το μεγαλύτερο μέρος τους από τις ΗΠΑ. Απαγορεύοντας τη χρήση τους, το εμπόριο αυτό δεν θα είναι πλέον δυνατό. Μια απαγόρευση, που δεν τεκμηριώνεται διεξοδικά σχετικά με τα περιβαλλοντικά και νομικά ζητήματα, θα μπορούσε να αμφισβητηθεί ενώπιον του Παγκόσμιου Οργανισμού Εμπορίου, διότι ενδέχεται να συνιστά συγκαλυμμένο περιορισμό του εμπορίου.

#### *Δημόσια Υγεία*

Τα νοικοκυριά που αποθηκεύουν ή κομποστοποιούν τα απορρίμματα τροφίμων και το προσωπικό που εμπλέκεται στη συλλογή και επεξεργασία των αποβλήτων τροφίμων υπόκεινται σε ορισμένους κινδύνους για την υγεία τους, αναφορικά με την έκθεση σε παθογόνους οργανισμούς, αεροζόλ, έντομα, τρωκτικά, κ.λπ. Πρόσφατες μελέτες αποκαλύπτουν ότι οι ενδοτοξίνες και οι γλυκάνες, που απελευθερώνονται από το κομποστοποιήσιμο υλικό, που φυλάσσεται στο σπίτι πριν τη δημοτική συλλογή και επεξεργασία, μπορούν να προσκολληθούν σε μαλακές επιφάνειες όπως στρώματα, χαλιά, καναπέδες, και να επιδεινώσουν ή να προκαλέσουν αναπνευστικές παθήσεις, όπως άσθμα. Ως εκ τούτου, για τις ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού, όπως οι ηλικιωμένοι και τα ευπαθή άτομα σε αλλεργίες, η αποθήκευση και/ή η οικιακή κομποστοποίηση των απορριμμάτων τροφίμων θα μπορούσε να αποτελέσει μείζονα κίνδυνο για την υγεία (CECED, 2003).

## **5.6 Μελέτες περιπτώσεων**

### **5.6.1 ΗΠΑ**

#### *Νέα Υόρκη*

Οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων είχαν απαγορευτεί στις περιοχές με παντοροϊκά δίκτυα αποχέτευσης στην πόλη της Νέας Υόρκης από το 1970 κυρίως ως μέρος της στρατηγικής για τον περιορισμό της άμεσης απόρριψης των μη επεξεργασμένων οργανικών αποβλήτων στα υδάτινα σώματα που περιβάλλουν την πόλη και την αποτροπή της υποβάθμισης του συστήματος αποχέτευσης της πόλης. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη την αυξανόμενη χρήση των σκουπιδοφάγων και σε άλλες περιοχές στις ΗΠΑ, η οποία δεν έφερε καμία σημαντική δυσμενή επίπτωση, και την πίεση από τους υδραυλικούς, τους καταναλωτές και άλλους ενδιαφερόμενους για την άρση της απαγόρευσης, ο δήμαρχος της Νέας Υόρκης ενέκρινε ένα 21μηνο πιλοτικό πρόγραμμα.

Ένα άλλο βασικό κίνητρο για το δήμαρχο της Νέας Υόρκης Ρούντι Τζουλιάνι ήταν η μείωση της ποσότητας των αποβλήτων που οδηγούνταν προς υγειονομική ταφή, καθώς ο βασικός Χ.Υ.Τ.Α. της πόλης ήταν προγραμματισμένο να κλείσει. Ο κύριος στόχος αυτού του προγράμματος ήταν η μελέτη των δυνητικών επιπτώσεων από τη χρήση των σκουπιδοφάγων στις περιοχές με συνδυασμένα δίκτυα αποχέτευσης. Ζητήματα που απασχολούσαν ιδιαίτερα ήταν:

- οι επιπτώσεις από τα λίπη και τα υπολείμματα τροφίμων στη λειτουργία των παντοροϊκών δικτύων αποχέτευσης,
- οι επιπτώσεις στην κατανάλωση νερού,
- οι επιπτώσεις στην περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά των ανεπεξέργαστων λυμάτων,
- ο αντίκτυπος των φορτίσεων στα ύδατα υποδοχής (π.χ. BOD, COD και TSS),
- οι επιπτώσεις στη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων και της διαχείρισης της ιλύος,
- οι επιπτώσεις στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων,
- οι δυσμενείς επιπτώσεις για το περιβάλλον, τη δημόσια υγεία και την ασφάλεια και
- οι επιπτώσεις στο κόστος λειτουργίας του συστήματος των υγρών αποβλήτων και αποχέτευσης.

Το πιλοτικό πρόγραμμα πραγματοποιήθηκε σε τρεις διαφορετικές τοποθεσίες στην πόλη της Νέας Υόρκης, όπου 243 σκουπιδοφάγοι εγκαταστάθηκαν σε 18 κτίρια. Η μελέτη περιελάμβανε δειγματοληψία, βιντεοσκοπική έρευνα και προβλέψεις για τα έτη ανάλυσης 2000, 2005, 2010, 2025 και 2035.

Η μελέτη έδειξε ότι οι πιθανές επιπτώσεις των σκουπιδοφάγων ήταν τόσο οριακές, ώστε η απαγόρευση να μην είναι πλέον δικαιολογημένη και το Τμήμα Προστασίας του Περιβάλλοντος της Νέας Υόρκης συνέστησε την κατάργηση της απαγόρευσης των σκουπιδοφάγων. Μια προειδοποιητική σημαία θα πρέπει να τεθεί μόνο σε περίπτωση υψηλών ποσοστών διείσδυσης της χρήσης των σκουπιδοφάγων, η οποία είχε εκτιμηθεί ότι αυξάνεται στις ΗΠΑ κατά 1% ανά έτος.

Ωστόσο, το Τμήμα Προστασίας του Περιβάλλοντος έκρινε ότι ένα υψηλό ποσοστό διείσδυσης δεν ήταν πιθανό λόγω του σχετικά υψηλού κόστους της συσκευής του σκουπιδοφάγου και της τεκμηριωμένης εμπειρίας σε άλλα μέρη των ΗΠΑ. Σε ό, τι αφορά το αποχετευτικό σύστημα, δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες αποθέσεις αιωρούμενων υλών στις βιντεοκασέτες. Το Τμήμα Αποχετεύσεων αναγνώρισε τις πιθανές θετικές συνέπειες της χρήσης των σκουπιδοφάγων στη διαχείριση των αστικών αποβλήτων της Νέας Υόρκης. Η ποσότητα των αποβλήτων τροφίμων που εκτρεπόταν από τα άλλα ρεύματα αποβλήτων εκτιμήθηκε σε 3% της συλλογής των ολικών οικιακών απορριμμάτων. Επιπλέον, με βάση την υπόθεση ότι το 38% των νοικοκυριών της πόλης θα έχουν εγκαταστήσει σκουπιδοφάγους μέχρι το 2035 και ότι τα εν λόγω νοικοκυριά τοποθετούν το 50% των αποβλήτων τροφίμων σε αυτούς, το Τμήμα Αποχετεύσεων θα

εξοικονομήσει 4 εκατομμύρια δολάρια από το κόστος μεταφοράς των στερεών αποβλήτων (CECED, 2003).

#### *Μελέτη του Πανεπιστήμιου του Wisconsin*

Στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο του Wisconsin διερευνήθηκαν οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις πέντε διαφορετικών συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων για 100 kg αποβλήτων τροφίμων και συγκρίθηκαν μεταξύ τους κατά τη διάρκεια μιας περιόδου τεσσάρων ετών, ώστε να διαπιστωθεί ποιο σύστημα ήταν το πιο ευνοϊκό. Τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων που μελετήθηκαν ήταν:

- σκουπιδοφάγοι συνδεδεμένοι σε δημόσια μονάδα επεξεργασίας,
- συλλογή αστικών στερεών αποβλήτων/υγειονομική ταφή,
- συλλογή αστικών στερεών αποβλήτων/ανάκτησης ενέργειας,
- συλλογή αστικών στερεών αποβλήτων/κομποστοποίηση,
- σκουπιδοφάγοι συνδεδεμένοι με επιτόπιο σηπτικό σύστημα.

Σε ό, τι αφορά τα κόστη κύκλου ζωής, τα συστήματα κατατάσσονται με αυτή τη σειρά (από το χαμηλότερο προς το υψηλότερο):

- συλλογή αστικών στερεών αποβλήτων/υγειονομική ταφή,
- συλλογή αστικών στερεών αποβλήτων/κομποστοποίηση,
- σκουπιδοφάγοι συνδεδεμένοι σε δημόσια έργα επεξεργασίας,
- συλλογή αστικών στερεών αποβλήτων/ανάκτησης ενέργειας (καύση),
- σκουπιδοφάγοι συνδεδεμένοι με επιτόπιο σηπτικό σύστημα.

Ωστόσο, σε ό, τι αφορά τα άμεσα κόστη στο δήμο, ο συνδυασμός σκουπιδοφάγων/δημόσιων έργων επεξεργασίας, απαιτεί, μακράν, το χαμηλότερο κόστος. Η κατάταξη έχει ως εξής:

- σκουπιδοφάγοι/δημόσια έργα επεξεργασίας,
- συλλογή αστικών στερεών αποβλήτων/υγειονομική ταφή,
- συλλογή αστικών στερεών αποβλήτων/κομποστοποίηση,
- συλλογή αστικών στερεών αποβλήτων/ανάκτησης ενέργειας (καύση),
- σκουπιδοφάγοι συνδεδεμένοι με επιτόπιο σηπτικό σύστημα.

Το τελευταίο σύστημα απαιτεί τις μεγαλύτερες δαπάνες από τα υπόλοιπα, δεδομένου ότι όλες οι δαπάνες επιβαρύνουν άμεσα τον ιδιοκτήτη, αφού το κόστος για τον δήμο είναι μηδενικό.

Σε ό, τι αφορά τα περιβαλλοντικά ευρήματα της έκθεσης, τα κύρια συμπεράσματα ήταν:

- Η διοχέτευση των αποβλήτων τροφίμων μέσω των σκουπιδοφάγων στα δημόσια έργα επεξεργασίας είναι βέλτιστη, όταν τα συστήματα διαχείρισης των στερεών είναι

επαρκή, το μεθάνιο καίγεται για την παραγωγή ενέργειας και οι στερεές ύλες μεταποιούνται σε λάσπη, η οποία επιστρέφει στο έδαφος.

- Μεταξύ των πέντε διαφορετικών μεθόδων διάθεσης, ο συνδυασμός σκουπιδοφάγων/δημόσιων έργων επεξεργασίας έχει τις λιγότερες εκπομπές στην ατμόσφαιρα (π.χ. αέρια του θερμοκηπίου), μετατρέπει τα απορρίμματα τροφίμων σε ιλύ, που μπορεί να ανακυκλωθεί (καλλιέργεια του εδάφους ή παραγωγή αερίου), και είναι ένα καλό μέσο για τον διαχωρισμό στην πηγή των αποβλήτων τροφίμων από το ρεύμα των στερεών αποβλήτων.
- Τα απορρίμματα τροφίμων, συνήθως, αποτελούνται από 70% νερό, και επομένως, είναι πιο κατάλληλα για επεξεργασία σε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων από ό, τι σε μια εγκατάσταση για στερεά απόβλητα (π.χ. υγειονομική ταφή, αποτέφρωση).
- Τα απορρίμματα τροφίμων είναι πλούσια σε άνθρακα, ο οποίος ενισχύει την παραγωγή βιοστερεών (λάσπης), αυξάνοντας τα επίπεδα των θρεπτικών ουσιών αζώτου και φωσφόρου (εμπλουτισμός της λάσπης για γεωργικούς σκοπούς).
- Η ιλύς, που προέρχεται από απόβλητα τροφίμων, συνιστά ένα πολύτιμο στοιχείο για τη διαδικασία της απονιτροποίησης στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, λόγω του χαμηλού επιπέδου του αζώτου.
- Τα απορρίμματα τροφίμων είναι κατάλληλα για κομποστοποίηση, καθώς η υψηλή περιεκτικότητα σε νερό ενισχύει την διαδικασία. Ωστόσο, αυτή η επιπλέον υγρασία απαιτεί περισσότερη περιστροφή του υλικού, ώστε η διαδικασία να μη γίνει αναερόβια, παρατείνοντας τη διαδικασία της κομποστοποίησης και αυξάνοντας την παρουσία δυσάρεστων οσμών. Αυτές μπορεί να καταστήσουν υποχρεωτική την τοποθέτηση της εγκατάστασης σε απομακρυσμένες περιοχές, με αποτέλεσμα και πάλι την αύξηση του κόστους λόγω της αναγκαίας μεταφοράς των αποβλήτων και των εκπομπών CO<sub>2</sub> που προκαλούνται από τα απορριμματοφόρα. Επιπλέον, οι θρεπτικές ουσίες στα απόβλητα τροφίμων μπορούν να αξιοποιηθούν καλύτερα στη λυματολάσπη από ό, τι στο κομπόστ.
- Τέλος, οι σκουπιδοφάγοι είναι ο πιο υγιεινός τρόπος διαχείρισης των απορριμμάτων τροφίμων στα νοικοκυριά (CECED, 2003).

### 5.6.2 Σουηδία

Οι σουηδικές αρχές έχουν διατηρήσει πολύ περιοριστική στάση απέναντι στους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, πολλοί δήμοι έδειξαν ενδιαφέρον για την ένταξη των σκουπιδοφάγων στα συστήματα διάθεσης των αποβλήτων τους. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα μια σειρά από μικρής και μεγάλης κλίμακας προγράμματα για τη διερεύνηση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων της χρήσης των σκουπιδοφάγων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το σύστημα που περιελάμβανε τη χρήση του σκουπιδοφάγου επιλεγόταν κυρίως για τις περιβαλλοντικές και οικολογικές δυνατότητές του. Ορισμένες πόλεις στη Σουηδία, όπως Surahammar, Piteå, Smedjebacken και Västerås, προώθησαν την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά τους παρέχοντας οικονομικά κίνητρα, ώστε να

αποτελέσουν ένα αναπόσπαστο στοιχείο των προγραμμάτων τους για την τοπική διαχείριση των αποβλήτων.

*Staffanstorp (μελέτη του Πανεπιστημίου του Lund)*

Το 1990 πραγματοποιήθηκε μια μελέτη περίπτωσης στην πόλη του Staffanstorp για να διερευνηθεί η πιθανότητα χρήσης των σκουπιδοφάγων ως εργαλείο για τη διαλογή στην πηγή των στερεών αποβλήτων. Στη μελέτη συμμετείχαν 100 πρόσφατα κατασκευασμένα διαμερίσματα. Ένας επιπλέον στόχος ήταν να διαπιστωθεί η στάση των κατοίκων απέναντι στην τεχνολογία των σκουπιδοφάγων και να μελετηθούν οι επιπτώσεις τους σε μια σειρά παραγόντων, οι οποίοι ήταν οι εξής:

- οι εσωτερικοί χώροι,
- η εσωτερική μεταφορά,
- η μεταφορά στους αγωγούς λυμάτων,
- η επεξεργασία των λυμάτων,
- η συλλογή και επεξεργασία της ιλύος,
- η μεταφορά των στερεών αποβλήτων και η επεξεργασία τους.

Το σχέδιο ολοκληρώθηκε σε μια περίοδο δύο ετών. Περιλάμβανε ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τους αγωγούς, τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και τα συστήματα διαχείρισης των αποβλήτων, μια μελέτη περιήγησης στις πόλεις όπου είχαν εγκατασταθεί σκουπιδοφάγοι, εργαστηριακά πειράματα σχετικά με την έμφραξη των σωλήνων και τα επίπεδα θορύβου, μετρήσεις που αφορούσαν την καθιζηματικότητα και πειράματα σχετικά με την άλεση.

Εν συντομία, η μελέτη έδειξε ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης των σκουπιδοφάγων σχετικά με τη διαχείριση των στερεών απορριμμάτων ήταν συνολικά θετικές, ενώ παρατηρήθηκε αύξηση του φορτίου της οργανικής ύλης κατά 50%, με αποτέλεσμα την αύξηση της ιλύος στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων. Δεν εντοπίστηκαν προβλήματα που να συνδέονται με τη μεταφορά στο αποχετευτικό δίκτυο και τα νοικοκυριά είχαν θετική στάση απέναντι στους σκουπιδοφάγους. Το συμπέρασμα της μελέτης ήταν ότι σε αρκετές περιπτώσεις «το σύστημα του σκουπιδοφάγου θα ήταν μια πολύ καλή λύση για το πρόβλημα των αποβλήτων».

Σε ό, τι αφορά τον αντίκτυπο των σκουπιδοφάγων στο σύστημα των αγωγών, οι έλεγχοι και οι φωτογραφίες που ελήφθησαν μετά από 1 500 και 3 000 κύκλους έδειξαν ότι μόνο μικρές αποθέσεις βρέθηκαν στο σωλήνα των 50 mm και δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική έμφραξη των σωλήνων. Η δοκιμή πραγματοποιήθηκε με κρύο νερό αποκλειστικά και καθόλου απορρυπαντικό πιάτων, σαπούνι ή άλλους διαλύτες. Ο αγωγός των λυμάτων βιντεοσκοπήθηκε σε κατάσταση εσωτερικής έκπλυσης μετά από ένα χρόνο χρήσης των σκουπιδοφάγων και έγινε σύγκριση με τα αποτελέσματα της βιντεοσκόπησης μιας περιόδου εννέα μηνών πριν από την εγκατάσταση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κατάσταση του αγωγού ήταν τόσο καλή όσο και πριν την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων. Για τη μέτρηση της ποιότητας των υγρών αποβλήτων πριν και μετά την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων, έγινε δειγματοληψία στον

εξωτερικό αγωγό. Εννέα δείγματα ελήφθησαν χωρίς σκουπιδοφάγους και δεκατέσσερα με αυτούς. Η μεγαλύτερη αύξηση που παρατηρήθηκε αφορούσε το οργανικό και αιωρούμενο υλικό, γεγονός που ήταν αναμενόμενο, καθώς η λογική της χρήσης των σκουπιδοφάγων βασίζεται στη μετατόπιση μεγάλου μέρους του οργανικού κλάσματος των στερεών αποβλήτων στα λύματα (CECED, 2003).

### *Surahammar*

Το Δεκέμβριο του 1998 στην κομητεία του Surahammar υπήρχαν εγκατεστημένοι σκουπιδοφάγοι στο 40% των νοικοκυριών, που συνδέονταν με το δημοτικό αποχετευτικό σύστημα, ποσοστό που αντιστοιχεί σε 1 500 νοικοκυριά. Σύμφωνα με σχετική έρευνα, 96% των χρηστών ήταν είτε ικανοποιημένοι ή πολύ ικανοποιημένοι με τη χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Σύμφωνα με το σχέδιο τοπικής διαχείρισης των αποβλήτων, η κομητεία του Surahammar προσέφερε στα νοικοκυριά τρεις εναλλακτικές λύσεις για διαλογή στην πηγή των αποβλήτων τροφίμων, οι οποίες περιελάμβαναν την εγκατάσταση σκουπιδοφάγων, την οικιακή κομποστοποίηση και τη συλλογή για κεντρική κομποστοποίηση.

Για την τεκμηρίωση της επίδρασης των σκουπιδοφάγων στις διεργασίες και λειτουργίες της μονάδας επεξεργασίας αστικών λυμάτων, πραγματοποιήθηκαν μελέτες πριν την εγκατάστασή τους και αφού τέθηκαν σε λειτουργία. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν και άλλες έρευνες (π.χ. έρευνα του αποχετευτικού συστήματος και τοπική έρευνα των κατοίκων). Σε γενικές γραμμές, η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι σκουπιδοφάγοι δεν είχαν καθόλου αρνητικές επιπτώσεις παρά μόνο θετικές στο αποχετευτικό σύστημα και στις λειτουργίες της τοπικής μονάδας επεξεργασίας λυμάτων. Δεν υπήρξε καμία υπερχειλίση και καμία διακοπή των υπηρεσιών στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων κατά την περίοδο της έρευνας. Άλλα σχετικά συμπεράσματα περιλαμβάνουν τα εξής:

- Ανιχνεύθηκε μια μικρή αύξηση της ποσότητας της ύλης κατά την εσχάρωση.
- Δεν εντοπίστηκε καμία αύξηση στην ποσότητα του εισερχόμενου αζώτου, φωσφόρου ή BOD από τις αναλύσεις του νερού. Η ποιότητα των εισερχόμενων και εξερχόμενων λυμάτων παρέμεινε στα ίδια μέσα επίπεδα (σχετικά με το άζωτο, φωσφόρο και BOD<sub>7</sub>), όπως και κατά τα προηγούμενα χρόνια.
- Το βιολογικό στάδιο δεν φάνηκε να επηρεάστηκε. Η απαίτηση αερισμού δεν αυξήθηκε.
- Η κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας δεν επηρεάστηκε από την εισροή των αποβλήτων τροφίμων σε μεγαλύτερο βαθμό.
- Η αύξηση της παραγωγής αερίου φάνηκε να είναι σε συμφωνία με τη θεωρητική δυνατότητα παραγωγής βιοαερίου από τα απόβλητα.
- Υπήρξε τάση προς μια αυξημένη εισροή φωσφόρου στα υγρά απόβλητα.
- Δεν ανιχνεύθηκαν επιπτώσεις στην επεξεργασία της ίλως.

Τυπικά προβλήματα που συνδέονταν με τη χρήση των σκουπιδοφάγων ήταν μπλοκαρίσματα στους αγωγούς εντός των κατοικιών (μη ικανοποιητική λειτουργία των



σωληνώσεων), υλικά που παγιδεύονταν στο σκουπιδοφάγο και προβλήματα που οφείλονταν στη λανθασμένη εγκατάσταση. Η σημαντική πλειοψηφία των νοικοκυριών ήταν ικανοποιημένα από τη χρήση των σκουπιδοφάγων ως μια εναλλακτική λύση για τη διαλογή στην πηγή των απορριμμάτων τροφίμων.

#### *Bokenäs*

Το 1994, η Volvo AB έχτισε ένα παραθεριστικό χωριό στη δυτική Σουηδία, σε ένα νησί που δεν είναι συνδεδεμένο ούτε με την τοπική ηλεκτρική ενέργεια ούτε στις τοπικές γραμμές αποχέτευσης. Φιλοδοξία τους ήταν η δημιουργία υπερσύγχρονων και φιλικών προς το περιβάλλον εγκαταστάσεων για τους υπαλλήλους της εταιρείας. Οι εγκαταστάσεις αναψυχής περιλαμβάνουν ένα συνεδριακό κέντρο και 103 διαμερίσματα. Ο στόχος του τοπικού συστήματος διαχείρισης των αποβλήτων ήταν η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στον κοντινό υδάτινο αποδέκτη. Τα κεντρικά στοιχεία του συστήματος διαχείρισης των αποβλήτων αποτελούνται από ένα σκουπιδοφάγο σε κάθε διαμέρισμα, μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, μια δεξαμενή χώνευσης και εξοπλισμό βιοαερίου, όλα βασισμένα στη νέα αυτοματοποιημένη τεχνολογία. Όλες οι δραστηριότητες στο Bokenäs στηρίζονται στην αρχή της ανακύκλωσης και της διαλογής στην πηγή και όλα τα διαμερίσματα είναι εξοπλισμένα με τρία δοχεία διαχωρισμού απορριμμάτων.

Η διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων ξεκινά με τη λειτουργία των σκουπιδοφάγων τροφίμων, που είναι εγκατεστημένοι σε κάθε διαμέρισμα. Αυτοί χρησιμοποιούνται για να αλέθουν τα απορρίμματα τροφίμων. Τα αλεσμένα απόβλητα, στη συνέχεια, διασπώνται περαιτέρω από τα βακτήρια σε μια δεξαμενή χώνευσης, μαζί με τα απόβλητα τουαλέτας. Στη συνέχεια, αποδομούνται με αναερόβια χώνευση, παράγοντας βιοαέριο. Μετά από τέσσερις εβδομάδες στη δεξαμενή χώνευσης, η χωνεμένη ιλύς διαχωρίζεται από το υγρό της λάσπης. Το πλούσιο σε άζωτο υγρό υποβάλλεται σε μια διαδικασία, η οποία δεσμεύει μέχρι το 90 – 95% του αζώτου μέσω της κατακρήμνισης του ορυκτού στρουβίτη, και το υπόλοιπο υγρό μεταφέρεται στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων για συμβατικό καθαρισμό σε τρία στάδια. Η αφυδατωμένη ιλύς αναμειγνύεται, στη συνέχεια, με το στρουβίτη και αποξηραίνεται, παράγοντας ένα υψηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό. Το βιοαέριο, που παράγεται κατά την χώνευση, χρησιμοποιείται ως καύσιμο για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα μέρος του νερού από την επεξεργασία των λυμάτων επαναχρησιμοποιείται για την έκπλυση των τουαλετών, ώστε να μειωθεί η κατανάλωση πόσιμου νερού. Το νερό, που δεν επαναχρησιμοποιείται, διοχετεύεται σε μικρές λίμνες σταθεροποίησης, όπου υφίσταται περαιτέρω καθαρισμό και οξυγόνωση. Στο τέλος της διαδικασίας, το καθαρισμένο νερό οδηγείται στη θάλασσα.

Το οικολογικό σύστημα Bokenäs είναι το πρώτο του είδους του στη Σουηδία. Ως εκ τούτου, το έργο έχει εγείρει το ενδιαφέρον των τοπικών αρχών, των περιβαλλοντικών οργανώσεων και των περιβαλλοντικών ερευνητών (CECED, 2003).

#### *Havslunden και Vitruvius (Malmö)*

Η σουηδική κατασκευαστική εταιρεία JM κατασκεύασε μια σειρά οικολογικών διαμερισμάτων σε δύο κατοικημένες κοινότητες στη Νότια Σουηδία, ως μέρος ενός κατασκευαστικού έργου στα πλαίσια της ετήσιας ευρωπαϊκής έκθεσης κατοικίας στο

Malmö. Οι κατευθυντήριες αρχές για τις δύο κοινότητες ήταν η κατασκευή ξέγνοιαστων, άνετων και ελκυστικών κατοικιών, παράλληλα με την εκπλήρωση των στόχων για έναν οικολογικά βιώσιμο τρόπο ζωής. Εκτός από τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον δομικών υλικών, τα διαμερίσματα είναι εξοπλισμένα με σκουπιδοφάγους. Η έκθεση κατοικίας είναι γενικά γνωστή για την περιβαλλοντική της δέσμευση και το γενικό προσανατολισμό προς τη δημιουργία μιας οικολογικά βιώσιμης μελλοντικής πόλης.

#### *Inspektoren (Kalmar)*

Το 1993 άρχισε η θεμελιώδης ανακαίνιση και ανακατασκευή 159 διαμερισμάτων στη γειτονιά Inspektoren. Οι ένοικοι ζήτησαν η ανακαίνιση να είναι όσο το δυνατόν περιβαλλοντικά προσανατολισμένη. Ως εκ τούτου, ο ανάδοχος έλαβε μια σειρά μέτρων για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κατασκευής. Πρώτον, χρησιμοποιήθηκαν μόνο περιβαλλοντικά υλικά κατασκευής και συγκεντρώθηκαν όλα τα απορρίμματα κατεδάφισης. Δεύτερον, εισήχθη ένα ολιστικό σύστημα διαχείρισης αποβλήτων, συνδυάζοντας το διαχωρισμό όλων των υλικών αποβλήτων και τη χρήση σκουπιδοφάγων ως μέσο για το διαχωρισμό των απορριμμάτων τροφίμων. Το έργο χρηματοδοτήθηκε από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα για την αειφόρο ανακαίνιση της Ε.Ε. (SUREURO).

#### *Στοκχόλμη*

Τον Σεπτέμβριο του 2008, μετά την ολοκλήρωση μιας εμπειριστατωμένης μελέτης για τις επιπτώσεις και τα οφέλη των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων, το Συμβούλιο Υδάτων της Στοκχόλμης ψήφισε για να επιτραπεί η εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων σε όλες τις περιοχές της δικαιοδοσίας τους, χωρίς προηγούμενη έγκριση, και κατήργησε τις πρόσθετες επιβαρύνσεις που απαιτούνταν στο παρελθόν. Αυτή η ενέργεια υιοθετήθηκε τον Απρίλιο του 2008 από το Σουηδικό Κόμμα των Πρασίνων, το οποίο υποστήριξε ότι η ορθή χρήση των σκουπιδοφάγων έρχεται σε συμφωνία με την εθνική στρατηγική για εκτροπή του 35% των οικιακών αποβλήτων τροφίμων από την καύση στη βιολογική ανακύκλωση μέχρι το 2010. Η Στοκχόλμη πωλεί σήμερα το βιοαέριο για την παραγωγή ενέργειας και διαθέτει πλεονάζουσα ικανότητα χώνευσης στις μονάδες επεξεργασίας των λυμάτων της για να αυξήσει την παραγόμενη ποσότητα του βιοαερίου (InSinkEerator, 2011).

### **5.6.3 Γερμανία**

#### *Μελέτη του Πανεπιστημίου του Karlsruhe*

Αυτή η έρευνα στοχεύει στην διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων για τη συλλογή διαχωρισμένων βιολογικών αποβλήτων. Το επίκεντρο είναι η μεταφορά των αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων στο αποχετευτικό σύστημα μαζί με τα λύματα. Τα απόβλητα χρησιμοποιούνται ως πηγή άνθρακα για την ενίσχυση της βιολογικής απομάκρυνσης των θρεπτικών συστατικών ή ως υπόστρωμα για την αναερόβια χώνευση και την παραγωγή βιοαερίου. Η μελέτη υπογραμμίζει την καταλληλότητα των αποβλήτων τροφίμων για χώνευση, καθώς τα απόβλητα τροφίμων δεν μπορούν να κομποστοποιηθούν, χωρίς την προσθήκη δομικών υλικών, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε νερό. Σε αντίθεση, τα απόβλητα κήπων, τα οποία μπορούν να αποθηκευτούν για μεγάλο χρονικό διάστημα σε

ένα βαρέλι, είναι πιο κατάλληλα για κομποστοποίηση. Η μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα οικονομικά και οικολογικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των εναλλακτικών συστημάτων αποβλήτων θα πρέπει να διερευνηθούν για κάθε περίπτωση χωριστά. Προφανή πλεονεκτήματα από τη μεταφορά των αποβλήτων τροφίμων μέσω του συστήματος αποχέτευσης είναι η μείωση των εκπομπών από τα απορριμματοφόρα, η μείωση στη χρήση των καυσίμων για τη λειτουργία των απορριμματοφόρων και η βελτίωση των συνθηκών υγιεινής στα σπίτια. Υπό το πρίσμα της εμπειρίας από το εξωτερικό, οι συγγραφείς θέτουν υπό αμφισβήτηση την υπάρχουσα απόρριψη των σκουπιδοφάγων σύμφωνα με τις αρχές που ισχύουν στη Γερμανία.

#### *Μελέτη του Πανεπιστήμιου του Ανόβερν (Hanover)*

Ερευνητές στο Πανεπιστήμιο του Ανόβερν προσπάθησαν να διερευνήσουν τις δυνατότητες συγχώνευσης οργανικών αποβλήτων με αναερόβια επεξεργασία και τις επιπτώσεις της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στην επεξεργασία των λυμάτων και της λάσπης. Η μελέτη αυτή παρέκκλινε από την άποψη ότι λόγω του υψηλού οργανικού φορτίου και της υψηλής περιεκτικότητας σε νερό των οργανικών αποβλήτων, τα απόβλητα από τις βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων και τα απόβλητα τροφίμων από τα νοικοκυριά είναι κατά βάση πιο κατάλληλα για αναερόβια επεξεργασία από ό, τι για αερόβια. Βελτιώσεις στις διαδικασίες επεξεργασίας των λυμάτων έχουν οδηγήσει σε μεγαλύτερες χωρητικότητες στους δημοτικούς χωνευτές για την επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων. Σε ό, τι αφορά τη μεταφορά των οργανικών αποβλήτων στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, η χρήση των σκουπιδοφάγων θεωρείται ότι είναι πιο αποτελεσματική μέθοδος για τα απόβλητα τροφίμων από τα νοικοκυριά (ιδίως στις πόλεις με χωριστικό αποχετευτικό σύστημα), ενώ η μεταφορά μέσω φορτηγών συνιστάται για τα βιομηχανικά απόβλητα. Αυτό το σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων διερευνάται στα πλαίσια της αύξησης των προβλημάτων, όπως το υψηλό κόστος για τη διαχείριση των αποβλήτων, τα όλο και μεγαλύτερα βουνά σκουπιδιών, η αλλαγή του κλίματος, οι εκπομπές οσμών, τα στραγγίδια από τους χώρους υγειονομικής ταφής, καθώς και ο νέος γερμανικός νόμος που προωθεί την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένου του βιοαερίου από τους δημοτικούς χωνευτές. Στη Γερμανία, τα απορρίμματα τροφίμων, συλλέγονται κυρίως σε ειδικούς κάδους και μεταφέρονται με φορτηγά σε εγκατάσταση κεντρικής κομποστοποίησης. Ωστόσο, στις ενδοαστικές περιοχές αυτό το σύστημα δεν λειτουργεί σωστά λόγω:

- της εκπομπής οσμών σε όλα τα στάδια της διαδικασίας,
- της αύξησης των κλασμάτων βιολογικών αποβλήτων σε άλλα κλάσματα αποβλήτων,
- του υψηλού κόστους για τις οδικές μεταφορές, λόγω του μεγάλου βάρους των υγρών αποβλήτων τροφίμων,
- των ασήμαντων ποσοστών οικιακής κομποστοποίησης,
- της έλλειψης χώρου για κάδους βιολογικών απόβλητων,
- των μη ικανοποιητικών ποσοστών συλλογής των αποβλήτων τροφίμων.

Η μελέτη προτείνει την εισαγωγή των σκουπιδοφάγων στα υπάρχοντα συστήματα αποχέτευσης, με την προϋπόθεση ότι το αποχετευτικό σύστημα είναι σε καλή κατάσταση και η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων περιλαμβάνει μια πρωτοβάθμια δεξαμενή καθίζησης, ένα χωνευτή ιλύος και διαθέτει μεγάλες δυναμικότητες σε ό, τι αφορά την επεξεργασία των λυμάτων και της λάσπης. Οι σκουπιδοφάγοι θεωρούνται κατάλληλα συνυποστρώματα, ώστε να διασφαλίζεται ότι το κόστος της συγχώνευσης των εύκολα βιοδιασπώμενων αποβλήτων (απόβλητα τροφίμων) δεν είναι απαγορευτικό, κάτι που θα μπορούσε να συμβεί αν ήταν απαραίτητη η εγκατάσταση ακριβών μονάδων προεπεξεργασίας (CECED, 2003).

#### **5.6.4 Νορβηγία**

##### *Πόλεις Frøya, Hitra και Bardu*

Η χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων εντάχθηκε στα προγράμματα διαχείρισης των δημοτικών αποβλήτων των πόλεων Frøya, Hitra και Bardu, προσφέροντας στα νοικοκυριά 15% μείωση για την εγκατάσταση σκουπιδοφάγων ως μία από τρεις εναλλακτικές λύσεις (οι άλλες δύο ήταν η οικιακή κομποστοποίηση και η τοπική συλλογή) για να διαχωρίσουν τα υγρά οργανικά απόβλητα από τα άλλα ρεύματα αποβλήτων.

#### **5.6.5 Ιταλία**

Όπως και στη Σουηδία, η προώθηση του συστήματος των σκουπιδοφάγων πραγματοποιείται κυρίως σε τοπικό επίπεδο, ιδιαίτερα σε περιοχές ή πόλεις όπου οι συνθήκες για αυτό είναι ευνοϊκές. Για παράδειγμα, το Trezzano sul Naviglio θέσπισε το 1995 τοπικούς κανονισμούς απαιτώντας την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων σε όλες τις νέες κατοικίες. Επιπλέον, η τοπική διοίκηση της Λομβαρδίας έδειξε ενδιαφέρον για την ιδέα των σκουπιδοφάγων χορηγώντας χρηματοδότηση για μελέτες, που αποσκοπούσαν στο άνοιγμα του δρόμου για την εκτεταμένη χρήση των σκουπιδοφάγων. Επίσης, η πόλη του Κάπρι ενέκρινε την εγκατάστασή τους στα νοικοκυριά, όταν εξέδωσε διάταγμα το Δεκέμβριο του 1998, για τη χορήγηση επιδότησης 180 δολαρίων για τους πολίτες, που θα επέλεγαν ένα σκουπιδοφάγο για το σπίτι τους (CECED, 2003).

#### **5.6.6 Ολλανδία**

Οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων ήταν σχετικά άγνωστοι στην Ολλανδία το 1996, όταν οι De Koning και Der Graaf, δύο ερευνητές από το Τμήμα Υγειονομικής Μηχανικής στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο του Delft, μελέτησαν τις επιπτώσεις τους στα συστήματα αποχέτευσης και στην επεξεργασία των λυμάτων. Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η χρήση των σκουπιδοφάγων είχε αμελητέα επίδραση και στα δύο. Οκτώ χρόνια αργότερα, ο De Koning πραγματοποίησε μια μελέτη παρακολούθησης, μετά από αίτημα της ολλανδικής κυβέρνησης, ειδικά για την ποσοτικοποίηση της επίδρασης της φόρτισης από τα απόβλητα τροφίμων στο ολλανδικό αποχετευτικό σύστημα και των επιπτώσεων της χρήσης των σκουπιδοφάγων στη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων. Η μελέτη, η οποία ολοκληρώθηκε τον Ιούλιο του 2004, ενίσχυσε την άποψη ότι οι επιπτώσεις στο σύστημα αποχέτευσης και στην εγκατάσταση

επεξεργασίας λυμάτων ήταν αμελητέες. Επιπλέον, ο De Koning κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η χρήση των σκουπιδοφάγων θα μπορούσε να βελτιώσει το υπάρχον σύστημα για τη συλλογή των αποβλήτων κουζίνας, κήπων και τροφίμων, ειδικά σε περιοχές όπου οι χωριστές συλλογές είχαν εγκαταλειφθεί εξαιτίας περιβαλλοντικών και/ή οικονομικών λόγων (InSinkEerator, 2011).

#### **5.6.7 Ηνωμένο Βασίλειο**

Οι επαρχίες του Ηνωμένου Βασιλείου Worcestershire και Herefordshire κοντά στην Ουαλία ξεκίνησαν να επιδοτούν την αγορά σκουπιδοφάγων από τους κατοίκους το 2005, έπειτα από διερεύνηση του θέματος και συμπεραίνοντας ότι οι σκουπιδοφάγοι ήταν ένα οικονομικά αποδοτικό, βολικό και υγιεινό μέσο εκτροπής των αποβλήτων τροφίμων κουζίνας από τους χώρους υγειονομικής ταφής. Σύμφωνα με την ανάλυσή τους, η χρήση των σκουπιδοφάγων στο νεροχύτη για τα απορρίμματα τροφίμων κοστίζει λιγότερο και έχει καλύτερο αποτύπωμα άνθρακα από ό, τι άλλες επιλογές επεξεργασίας των αποβλήτων. Οι επαρχίες αυτές εκτίμησαν ότι το χαμηλότερο κόστος διάθεσης των στερεών αποβλήτων θα μπορούσε να καλύψει το κόστος των επιδοτήσεων σε περίπου τρία χρόνια (InSinkEerator, 2011).

## 6 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας σχετικά με τις επιπτώσεις της ενσωμάτωσης των σκουπιδοφάγων τροφίμων στο υπάρχον σύστημα

---

### 6.1 Γενικά

Τα απόβλητα τροφίμων αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανικών αποβλήτων, που σήμερα αποστέλλονται σε χώρους υγειονομικής ταφής και υπάρχουν κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους. Το ποσοστό αυτό ανέρχεται περίπου στο 20%. Τα απορρίμματα τροφίμων έχουν αρνητικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, καθώς αποτελούν πηγή για τη βακτηριακή ανάπτυξη, αλλά και πηγή δυσάρεστων οσμών και έλξης τρωκτικών. Το κόστος για τη συλλογή τους είναι υψηλό, δεδομένου ότι πρέπει να συλλέγονται τακτικά, ώστε να μειώνονται οι πιθανοί κίνδυνοι. Ωστόσο, κάποια συστατικά των οικιακών απορριμμάτων μπορούν να συλλέγονται με μικρότερη συχνότητα, καθώς δεν έχουν αποσυντιθέμενα στοιχεία (Diggleman et al., 2003).

Στο παρελθόν τα αστικά στερεά απόβλητα (Α.Σ.Α.) στέλνονταν μόνο σε χωματερές ή αποτεφρώνονταν, γεγονός που έπρεπε να αλλάξει, καθώς ο κόσμος έχει αρχίσει να ενεργοποιείται περιβαλλοντικά και να εργάζεται προς την κατεύθυνση της επαναφοράς του πλανήτη, ώστε να ξαναγίνει «πιο πράσινος». Με περιορισμένες εδαφικές εκτάσεις γύρω από πολλά αστικά κέντρα, η αναζήτηση για χώρους υγειονομικής ταφής περιβαλλοντικά ασφαλείς, καθώς και κοινωνικά και πολιτικά αποδεκτούς, αποτελεί μείζον πρόβλημα και για πολλές πόλεις φαινομενικά άλυτο, δημιουργώντας έτσι την ανάγκη για εναλλακτικές λύσεις για την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων στην πηγή (Marashlian et al., 2005).

Η ελεγχόμενη αναερόβια χώνευση μπορεί να είναι ένα από τα στοιχεία της λύσης. Ωστόσο, πολλά ερωτήματα πρέπει να απαντηθούν, πριν η αναερόβια χώνευση των στερεών αστικών αποβλήτων βελτιωθεί για το διαχωρισμό των οργανικών υλικών. Ένα άλλο ζήτημα που τίθεται είναι η αντιμετώπιση των μολυσμένων υλικών μέσα στην πρώτη ύλη, τα οποία εμποδίζουν την ανακύκλωση των υπολειμμάτων μετά την αναερόβια χώνευση των λυμάτων. Η αναερόβια χώνευση του οργανικού κλάσματος των αστικών αποβλήτων έχει μελετηθεί εντατικά τις τελευταίες δεκαετίες, στην προσπάθεια να αναπτυχτεί μια τεχνολογία που θα προσφέρει σταθεροποίηση των αποβλήτων με ανάκτηση των πόρων (Nguyen et al., 2007).

Οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων, οι οποίοι τροφοδοτούν με βιοαποδομήσιμα απόβλητα κουζίνας το αποχετευτικό δίκτυο, μέσω του οποίου αυτά μεταφέρονται στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και αναερόβιας χώνευσης, αποτελούν μια ενδιαφέρουσα επιλογή για τη διαχείριση του ρεύματος των οργανικών αποβλήτων και της εκτροπής

τους από την υγειονομική ταφή, καθώς έχουν το πλεονέκτημα ενός πολύ μικρού αποτυπώματος άνθρακα σε σύγκριση με άλλες μεθόδους συλλογής αποβλήτων. Επισημαίνεται ότι οι περισσότερες μέθοδοι διαχείρισης, εκτός της οικιακής κομποστοποίησης, απαιτούν τα απόβλητα να συλλέγονται κάθε εβδομάδα ή δύο φορές την εβδομάδα για να κομποστοποιηθούν ή να υποστούν επεξεργασία, ενώ οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων μειώνουν το μεγάλο αποτύπωμα άνθρακα αυτής της συλλογής (Evans, 2007).

Η τεχνολογία των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων είναι τόσο καινούρια όσο και παλιά. Οι σκουπιδοφάγοι κέρδισαν έδαφος από τη δεκαετία του 1940, αλλά τότε πωλούνταν ως συσκευές για άνεση και ευκολία στην κουζίνα. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960 το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στην επεξεργασία του νερού και, επειδή η τότε υπάρχουσα αντίληψη ήταν ότι οι σκουπιδοφάγοι αύξαναν το φορτίο στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τα συστήματα των αγωγών, θεωρήθηκαν ως μια ακατάλληλη τεχνολογία. Ως εκ τούτου, κατά τη διάρκεια των δεκαετιών '70 και '80 η αύξηση της χρήσης των σκουπιδοφάγων ήταν οριακή λόγω των περιοριστικών ρυθμίσεων.

Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών '80 και '90 το ενδιαφέρον μετατοπίστηκε από τη διαχείριση των λυμάτων στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, καθώς τα βουνά των σκουπιδιών προς υγειονομική ταφή αυξάνονταν όλο και περισσότερο. Κατά συνέπεια, σχεδόν όλες οι τοπικές κοινότητες στην Ευρώπη δημιούργησαν κάποιο είδος συστήματος διαλογής στην πηγή για τα στερεά απόβλητα. Από την άποψη αυτή, η χρήση των σκουπιδοφάγων πρέπει να θεωρείται ως μια από τις πολλές πιθανές επιλογές για το διαχωρισμό των απορριμμάτων τροφίμων στην πηγή (CECED, 2003). Σημειώνεται ότι η ενσωμάτωση των σκουπιδοφάγων μπορεί να μειώσει τα συνολικά στερεά απόβλητα προς διαχείριση κατά 12 – 43% με τη διείσδυσή τους στην αγορά κατά 25 – 75%, αντίστοιχα (Marashlian et al., 2005).

## **6.2 Υλικά που μπορούν να προσλαμβάνουν οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων**

Η αποτελεσματικότητα των συστημάτων των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων εξαρτάται από την υιοθέτηση των συσκευών (διείσδυση στην αγορά) και τη συχνότητα που χρησιμοποιούνται, σε συνδυασμό με τον όγκο των αποβλήτων που απορρίπτονται μέσω αυτών. Οι τελευταίοι δύο παράγοντες μπορεί να επηρεάζονται από τις διατροφικές συνήθειες της κάθε περιοχής, από τα υλικά που μπορεί να προσλάβει ο σκουπιδοφάγος, αλλά και από την ανταπόκριση των χρηστών. Η βιβλιογραφία, που υπάρχει στο εμπόριο, παρουσιάζει διαφορές ως προς τα τρόφιμα που οι σκουπιδοφάγοι μπορούν να προσλάβουν, αλλά οι περισσότερες έρευνες αναφέρουν ότι μπορούν να επεξεργαστούν τσόφλια αυγών και φλούδες λαχανικών, και μερικές ακόμη ισχυρίζονται ότι μπορούν να αντιμετωπίσουν και μικρά κόκαλα κοτόπουλου (Bragger, 2009).

Σύμφωνα με τη Marashlian, αυτές οι μονάδες είναι σχεδιασμένες να αλέθουν βιοδιασπώμενες οργανικές ουσίες, όπως υπολείμματα κρέατος, λαχανικά, κουκούτσια φρούτων, φλούδες εσπεριδοειδών, αλέσματα καφέ και μικρά οστά. Ορισμένες τροφές

που δημιουργούν αμφιβολίες, σε ό, τι αφορά την πρόσληψή τους από τους σκουπιδοφάγους, είναι οι ξηροί καρποί, οι σπόροι και οι φλούδες από φρούτα και λαχανικά με υψηλή περιεκτικότητα σε λιγνίνη, όπως για παράδειγμα η ινώδης φλούδα της μπανάνας. Επιπλέον, αν οι σκουπιδοφάγοι μπορούν να προσλάβουν με επιτυχία αυτές τις τροφές, τότε δημιουργούνται ερωτηματικά σχετικά με το τι συμβαίνει με τα λίπη και τα έλαια στο αποχετευτικό σύστημα. Μόνο ένας περιορισμένος αριθμός αποβλήτων τροφίμων δεν θα μπορούσε να αλεστεί, όπως τα ιδιαίτερα ινώδη απόβλητα και τα όστρακα ορισμένων θαλασσινών (Marashlian et al., 2005).

Κατά συνέπεια, δημιουργούνται ανησυχίες σχετικά με αυτά τα είδη τροφίμων, καθώς εάν αυτά τα απόβλητα δεν μπορούν να απορριφτούν μέσω των σκουπιδοφάγων, εξακολουθεί να υπάρχει ένα μέρος αποσυντιθέμενων αποβλήτων στα αστικά στερεά απόβλητα των νοικοκυριών, το οποίο μπορεί να χρειάζεται συχνή συλλογή, ώστε να αποφευχθούν οι πιθανοί κίνδυνοι. Κατά συνέπεια, αυτό δεν υποστηρίζει την ιδέα ότι η συλλογή από τα νοικοκυριά θα μπορούσε να περικοπεί σε ό, τι αφορά τη συχνότητα, αν και ο όγκος των αποβλήτων προς αποκομιδή θα μειωθεί από τη στιγμή που τα περισσότερα βιοδιασπώμενα υλικά θα εκτρέπονται από την πορεία τους προς υγειονομική ταφή μέσω των σκουπιδοφάγων.

### **6.3 Μέγεθος των σωματιδίων στην έξοδο των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων**

Το μέγεθος των σωματιδίων που εισέρχονται στο σύστημα αποχέτευσης από τους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων είναι ένας παράγοντας που προκαλεί επιπλέον ανησυχίες για τις υδατικές αρχές, καθώς δεν επιθυμούν αύξηση των εμφράξεων λόγω της αύξησης των αποθέσεων ή της πήξης των σωματιδίων. Για το σκοπό αυτό το μέγεθος των σωματιδίων, που απελευθερώνονται στο σύστημα αποχέτευσης, πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μικρό, ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά τους μέσω του αποχετευτικού συστήματος ως αιωρούμενα στερεά.

Τα στοιχεία που υπάρχουν από την παλαιότερη βιβλιογραφία δείχνουν ότι τα απόβλητα τροφίμων που εξέρχονται από τους σκουπιδοφάγους έχουν πολύ μικρές διαστάσεις. Για παράδειγμα, η Marashlian αναφέρει ότι μετρήσεις στην έξοδο σκουπιδοφάγων δείχνουν ότι περίπου το 98% των εισερχόμενων αποβλήτων μειώνεται σε μέγεθος μικρότερο των 2 mm. Αν και η μέθοδος που υιοθετήθηκε στην μελέτη αυτή ήταν η ανάμειξη (blending) των αποβλήτων τροφίμων, αντί της άλεσης (grinding), οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων στερεών (SS) που προέκυψαν ήταν χαμηλότερες από εκείνες που ήδη αναφέρονταν στη βιβλιογραφία (Marashlian et al., 2005).

Από προηγούμενη έρευνα των Kegebein et al., επιβεβαιώνεται ότι περίπου το 98% όλων των σωματιδίων περνούσαν από το κόσκινο των 2 mm, ενώ το 40 – 50% ήταν μικρότερα από 0.5 mm. Όλη η έξοδος περνούσε από κόσκινο 5 mm. Μεγαλύτερα σωματίδια ήταν ως επί το πλείστον κομμάτια φύλλων μαρουλιού, που τυλίγονταν γύρω από τις εσχάρες (Kegebein et al., 2003).



#### **6.4 Υποθέσεις για τα απόβλητα τροφίμων που θα αποτελέσουν την εισροή στον σκουπιδοφάγο αποβλήτων τροφίμων**

Η μέση οικογένεια των 2.63 ατόμων στις ΗΠΑ παράγει 100 kg υγρά απόβλητα τροφίμων σε ένα χρόνο, κάνοντας την υπόθεση των 0.13 kg απόβλητων τροφίμων ανά άτομο και ημέρα. Το 75% αυτών μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία από ένα σκουπιδοφάγο (Diggleman et al., 2003). Θεωρείται ότι το υπόλοιπο 25% αποτελείται από κόκαλα και δύσκολα χωνεύσιμα τρόφιμα, όπως φρούτα και λαχανικά πλούσια σε λιγνίνη, όπως οι φλούδες της μπανάνας.

Οι υποθέσεις και όλοι οι υπολογισμοί που έγιναν κατά τη διάρκεια της αμερικανικής μελέτης βασίστηκαν σε εθνικά στοιχεία, όπως ότι τα απορρίμματα τροφίμων είναι 30% στερεά και 70% νερό, ότι αυτά τα στερεά απόβλητα τροφίμων είναι 95% αποσυντιθέμενα και 5% τέφρα και ότι η θερμογόνο δύναμη είναι 4 650 kJ/kg υγρών αποβλήτων τροφίμων. Για τον καθορισμό των αποβλήτων τροφίμων που υπήρχαν στα Α.Σ.Α. που παρήχθησαν χρησιμοποιήθηκε το ποσοστό του 8%, τιμή που είχε εκτιμηθεί το 1990 (Diggleman et al., 2003). Το ποσοστό αυτό είναι χαμηλό σε σύγκριση με την εκτίμηση του Ηνωμένου Βασιλείου, που είναι μεγαλύτερο από 10%.

Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε για τις ροές των αποβλήτων στην πόλη της Βηρυτού, στο Λίβανο, παρουσίασε ένα υψηλό ποσοστό αποβλήτων τροφίμων (63% του συνόλου των Α.Σ.Α.) και ένα προβλεπόμενο ρυθμό παραγωγής στερεών που υπερβαίνει τους 2 000 tons/day στο αποχετευτικό σύστημα (Marashlian et al., 2005). Αυτό ενισχύει την ανάγκη να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες για τον υπολογισμό των επιπτώσεων που θα προκύψουν. Και στη μελέτη αυτή θεωρήθηκε 70% περιεκτικότητα σε υγρασία στα τυπικά απόβλητα τροφίμων.

#### **6.5 Ανάλυση των αιωρούμενων στερεών (SS)**

Σε μια μελέτη που διεξήχθη στη Νέα Υόρκη, καταγράφηκαν συγκεντρώσεις διαφόρων ρύπων σε γύρω τοποθεσίες έλεγχου και στη συνέχεια, σε τοποθεσίες όπου είχαν εγκατασταθεί σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων. Τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) πριν από την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων (στη θέση ελέγχου) ήταν κατά μέσο όρο 30 g ανά κάτοικο και ημέρα. Αυτή η τιμή αυξήθηκε σε 50 g ανά κάτοικο και ημέρα, όταν η ομάδα μελέτης έκανε την υπόθεση της 100% χρήσης των σκουπιδοφάγων. Αυτό δείχνει μια διαφορά κατά 40% μετά την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων, προσαρμοσμένη στο χειρότερο σενάριο του 100% κορεσμού του πληθυσμού των υπό εξέταση περιοχών (Τμήμα Προστασίας Περιβάλλοντος Νέας Υόρκης, 1997). Η αύξηση των αιωρούμενων στερεών, που απελευθερώνονται στο αποχετευτικό δίκτυο σε αυτή τη μελέτη, θα μπορούσε να έχει αρνητικές επιπτώσεις σε ό, τι αφορά τις εμπλοκές στο δίκτυο των αποχετευτικών αγωγών. Οι αγωγοί έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να διαχειρίζονται τα στερεά. Επομένως, το μέγεθος των σωματιδίων και η κροκιδωσή τους είναι καθοριστικοί παράγοντες, αλλά δεν επισημάνθηκαν σε αυτή την έρευνα. Έχουν υπάρξει, ωστόσο, μελέτες σχετικά με το πώς οι σκουπιδοφάγοι επηρεάζουν τη διατήρηση των αγωγών, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα των

οποίων παρουσιάζονται στην παράγραφο 6.10. Σε μία πιλοτική μελέτη στην πόλη του Staffanstorp στη Σουηδία, τα αιωρούμενα στερεά και το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο αυξήθηκαν σχεδόν κατά 50% μετά την εισαγωγή των σκουπιδοφάγων (Nilsson et al., 1990).

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε ένα από αυτά τα παραδείγματα απαιτούν περαιτέρω εξέταση, πέρα από τα όσα παρουσιάζονται στα αντίστοιχα άρθρα, για να διαπιστωθεί εάν η μέθοδος ή το σημείο μέτρησης διέφεραν. Επίσης, ο τρόπος με τον οποίο ποικίλλουν οι διατροφικές συνήθειες και τα συστήματα αποχέτευσης μεταξύ αυτών των δύο διαφορετικών χωρών είναι άλλοι παράγοντες, οι οποίοι, επίσης, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη. Ακόμη, απαιτείται εξέταση των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό αυτών των τιμών, ώστε να είναι δυνατός ο σχολιασμός της συγκρισιμότητας τους (Bragger, 2009).

Στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Λίβανο τα απόβλητα τροφίμων αναμείχθηκαν αντί να αλεστούν, με αποτέλεσμα συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών των 1 537 mg/L (Marashlian et al., 2005), που είναι παρόμοιες με εκείνες στις μελέτες της Νέας Υόρκης και του Staffanstorp. Η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε στη μελέτη της Νέας Υόρκης και ήταν 5 634 mg/L (Τμήμα προστασίας του Περιβάλλοντος της Νέας Υόρκης, 1997). Μια χαμηλότερη συγκέντρωση των 223 mg/L καταγράφηκε για τη μικρή αποκεντρωμένη πόλη Gogliole στην Ιταλία, με 95 άτομα να συμμετέχουν από 35 νοικοκυριά και ένα βιομηχανικό σκουπιδοφάγο για το τοπικό σχολείο με ικανότητα που αντιστοιχεί σε 60 άτομα, δίνοντας ένα συνολικό αριθμό 155 ατόμων. Αυτή η συγκέντρωση ολικών αιωρούμενων στερεών αντιστοιχούσε σε μια αύξηση των 51 mg/L από την ανάγνωση έλεγχου, πριν τα αλεσμένα απόβλητα τροφίμων εισέρθουν στα λύματα μέσω των σκουπιδοφάγων (Battistoni et al., 2007).

## **6.6 Βιολογικώς απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) και άζωτο (N) και φωσφόρος (P)**

Το βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) είναι η μέτρηση του οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για τη διάσπαση της οργανικής ύλης. Υπάρχει η ανησυχία ότι το BOD και το οξυγόνο που απαιτείται στο αποχετευτικό σύστημα θα αυξηθούν, καθώς θα εισέλθει η οργανική ύλη στους αγωγούς λόγω της εκτροπής του ρεύματος των αποβλήτων τροφίμων.

Όπως προκύπτει από τις μελέτες της Νέας Υόρκης και του Staffanstorp, που αναφέρθηκαν παραπάνω, το BOD μετά την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων αυξήθηκε. Στη μελέτη της Νέας Υόρκης το BOD πριν την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων ήταν 26.40 g ανά κάτοικο και ημέρα (0.0582 lbs ανά κάτοικο και ημέρα) ως μέσος όρος των τιμών που ελήφθησαν από τις δύο θέσεις ελέγχου και ανήλθε σε 59.15 g ανά κάτοικο και ημέρα (0.1304 lbs ανά κάτοικο και ημέρα) μετά την προσαρμογή από την ομάδα μελέτης για 100% εφαρμογή των σκουπιδοφάγων. Η αύξηση των μέσων τιμών των συγκεντρώσεων μεταξύ των υπό μελέτη ομάδων και των ομάδων ελέγχου ήταν 72.2 g/L, η οποία είναι αρκετά σημαντική (Τμήμα Προστασίας του Περιβάλλοντος της Νέας Υόρκης, 1997).

Το διαλυτό BOD και το διήθημά του ήταν 14.11 g ανά κάτοικο και ημέρα (0.0311 lbs ανά κάτοικο και ημέρα) ως ο μέσος όρος των δύο περιοχών ελέγχου πριν την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων. Η τιμή αυτή αυξήθηκε σε 24.36 g ανά κάτοικο και ημέρα (0.0537 lbs ανά κάτοικο και ημέρα), όταν η ομάδα μελέτης έκανε την υπόθεση της 100% χρήσης των σκουπιδοφάγων ως την περίπτωση του χειρότερου σεναρίου. Η αύξηση του BOD και του διηθήματός του ήταν 10.25 g ανά κάτοικο και ημέρα (0.0226 lbs ανά κάτοικο και ημέρα), δηλαδή αύξηση κατά 33% στο διαλυτό υλικό και ως εκ τούτου στη ζήτηση αερισμού (Τμήμα Προστασία του Περιβάλλοντος της Νέας Υόρκης, 1997).

Στην μελέτη της Νέας Υόρκης η αύξηση του ολικού αζώτου ήταν 12%, ενώ η μεταβολή του φωσφόρου ήταν αμελητέα. Παράλληλα, μια μελέτη που εξέτασε τις επιπτώσεις της χρήσης των μονάδων διάθεσης αποβλήτων τροφίμων και των κάδων κομποστοποίησης στο προάστιο Ashmore της Gold Coast City στο Queensland παρουσίασε στα αποτελέσματά της αύξηση της τάξης του 16.5% για το BOD, 3.0% για το ολικό άζωτο και 4.6% για το φώσφορο βασιζόμενη σε 100% διείσδυση των σκουπιδοφάγων στην αγορά. Μια άλλη μελέτη που διεξήχθη στην πόλη Surahammar στη Σουηδία δεν παρατήρησε καμία αύξηση της ποσότητας του εισερχόμενου φωσφόρου, παρά μόνο μια αύξηση στο λόγο BOD/αζώτου (Marashlian et al., 2005).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα επιπρόσθετα ειδικά ρυπαντικά φορτία που προκύπτουν λόγω της εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων και της εισροής των αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Πίνακας 6.1: Επιπρόσθετα ειδικά ρυπαντικά φορτία λόγω της εισροής των αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων μέσω των σκουπιδοφάγων σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (g/t.k./day).

Συγγραφέας	COD	BOD	TSS	TN	TP
Rosenwinkel and Wendler (2001), Germany	18 – 36	6 – 15	28 – 40	–	0.13 – 0.25
Battistoni et al. (2007), Italy	55	–	12	2	μείωση
Bolzonella et al. (2003), Italy (για 30 – 100% εφαρμογή των σκουπιδοφάγων)	18 – 121	–	20 – 90	0.5 – 14	0.1 – 3.1
De Koning (2004), Netherlands	95	66	60	2.1	0.3
New York City Department of Environmental Protection (1997), USA	46	33	21.2	–	0.5
United States Environmental Protection Agency (2002), USA	–	18	26.5	0.6	0.1

## 6.7 Χρήση νερού

Καθώς το νερό είναι απαραίτητο για την έκπλυση των στερεών διαμέσου του σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων, π.χ. για 30 δευτερόλεπτα πριν και ενώ βρίσκεται σε λειτουργία (εγχειρίδιο Insinkerator), δημιουργείται ανησυχία λόγω των αυξημένων όγκων υγρών αποβλήτων που παράγονται. Η αυξημένη χρήση νερού θα έχει αρνητικό αντίκτυπο στην αειφορία, που συνδέεται τόσο με το κόστος της ενέργειας όσο και με τη λειψυδρία. Κατά συνέπεια, η ανάλυση ενός πλήρους κύκλου ζωής (πρότυπα ISO 14000) είναι απαραίτητη, ώστε να είναι δυνατή η διατύπωση των πλεονεκτημάτων της εκτροπής ενός μέρους των βιοδιασπάσιμων απόβλητων κουζίνας από την υγειονομική ταφή.

Οι τιμές για την κατανάλωση του νερού ποικίλουν. Αν, για παράδειγμα, οι σκουπιδοφάγοι χρησιμοποιούνται μόνο κατά το ξέπλυμα των πιάτων, τότε καθόλου επιπλέον νερό δε θα απαιτείται για τη χρήση τους. Αν, όμως, χρησιμοποιούνται πάντα χωριστά, τότε θα δημιουργείται περισσότερο μεταφορικό νερό (Diggleman et al, 2003). Και άλλες υποθέσεις σχετίζονται με την κατανάλωση του νερού ανά άτομο λόγω της

χρήσης των σκουπιδοφάγων. Για παράδειγμα, το μέσο νοικοκυριό στην Αμερική εκτιμάται ότι αποτελείται από 2.63 άτομα. Όπως είναι φυσικό, το μέσο νοικοκυριό στη Βρετανία μπορεί να διαφέρει από τον αριθμό αυτό. Στο Herefordshire το μέσο νοικοκυριό έχει 2.23 άτομα και το Worcestershire έχει κατά μέσο όρο 2.26 άτομα ανά νοικοκυριό. Αν βασιστούμε στα στοιχεία που αντιστοιχούν στις περιοχές αυτές, προκειμένου να εξάγουμε συμπεράσματα για το σύνολο του Ηνωμένου Βασιλείου, τότε τα αποτελέσματα θα είναι παραπλανητικά και ο μέσος όρος αρκετά υψηλότερος, καθώς το Herefordshire και το Worcestershire είναι αγροτικές και αρκετά πλούσιες περιοχές (Bragger, 2009).

Μια λεπτομερής έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ (Ketzenberger, 1995) έδειξε ότι οι σκουπιδοφάγοι χρησιμοποιούνται για περίπου 15 δευτερόλεπτα σε κάθε ξεκίνημα ανεξάρτητα από τον αριθμό των ατόμων στο νοικοκυριό. Θεωρητικά αυτό φαίνεται λογικό, επειδή η χρήση του σκουπιδοφάγου συνδέεται με την προετοιμασία των φαγητών, και έρχεται σε συμφωνία με το εύρος της καταγεγραμμένης χρήσης νερού, όταν εκφράζεται ως λίτρα ανά κάτοικο. Στα πλαίσια μιας μελέτης στη Σουηδία μια κοινότητα 100 διαμερισμάτων (155 ενήλικες και 56 παιδιά) εφοδιάστηκε με σκουπιδοφάγους. Η διάρκεια χρήσης τους ανά εκκίνηση ήταν 38 δευτερόλεπτα (Nilsson et al., 1990). Η χρήση νερού ανά κάτοικο ήταν 13 L/day λιγότερη κατά τη διάρκεια των 11 μηνών μετά την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων από ότι τους 6 μήνες πριν από την εγκατάσταση, αλλά, όπως και οι Karlberg και Norin (1999), έτσι οι Nilsson et al. (1990) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι δεν θα ήταν ενδεδειγμένο να αποδοθεί το γεγονός αυτό άμεσα στην εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων, καθώς οι ακριβείς λόγοι δεν εξηγούνται. Ο Jones το 1990 στον Καναδά, μην μπορώντας να εντοπίσει μεγαλύτερη κατανάλωση νερού ανά κάτοικο στα νοικοκυριά που είχαν εγκατασταθεί σκουπιδοφάγοι, συμπέρανε ότι η επίδρασή τους στη χρήση νερού δεν ήταν σημαντική συγκριτικά με το συνολικό «θόρυβο» για τη μέτρησή της.

Μόνο λίγες μελέτες έχουν όντως μετρήσει τη χρήση του νερού που σχετίζεται με τη λειτουργία των σκουπιδοφάγων. Από τα στοιχεία που προέρχονται από τις μελέτες αυτές προκύπτει ένα εύρος τιμών, που κυμαίνονται από μείωση μετά την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων (Nilsson et al. 1990, Karlberg and Norin 1999 και Jones 1990) μέχρι αύξηση των 0.29 L ανά άτομο και ημέρα (πολυμελείς οικογένειες) ως 6.4 L ανά άτομο ημερησίως. Οι ακραίες τιμές του εύρους προκύπτουν πιθανότατα από ανωμαλίες. Ωστόσο, κάποιοι συγγραφείς έχουν χρησιμοποιήσει αυτά τα στοιχεία. Οι Peters και Lundie (2005), αξιολογώντας τα δεδομένα για τη χρήση του νερού από την βιβλιογραφία, κατέληξαν στα 6.4 L ανά νοικοκυριό ημερησίως (3 L ανά άτομο ημερησίως) και συμπέραναν ότι αυτός ήταν ένας σημαντικός παράγοντας στην μελέτη αξιολόγησης του κύκλου ζωής των σκουπιδοφάγων, λαμβάνοντας υπόψη ότι η Αυστραλία είναι η ξηρότερη κατοικημένη ήπειρος στη γη.

Κατά τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Λίβανο η χρήση επιπρόσθετου νερού λόγω των σκουπιδοφάγων αναφέρθηκε ότι ήταν αμελητέα, φτάνοντας τα 4.3 L ανά κάτοικο και ημέρα, τιμή που αντιπροσωπεύει το 2.2% της συνολικής οικιακής χρήσης νερού (Marashlian et al., 2005). Κατά τη διάρκεια της μελέτης της Νέας Υόρκης το 1997 πραγματοποιήθηκαν προβλέψεις για τη σταδιακή αύξηση της ζήτησης νερού λόγω της

εισαγωγής των σκουπιδοφάγων για τα έτη ανάλυσης 2000, 2005, 2025 και 2035. Οι προβλέψεις αυτές βασίστηκαν σε μια εκτίμηση επιπρόσθετης κατανάλωσης 4.5 L ανά ημέρα και ανά κάτοικο από τους σκουπιδοφάγους. Η τιμή αυτή ήταν ένας μέσος όρος των μετρήσεων ζήτησης νερού που είχαν ληφθεί κατά την πειραματική μελέτη. Η χρήση του νερού στους εμπορικούς σκουπιδοφάγους ήταν χαμηλότερη. Χρησιμοποιώντας την παραπάνω υπόθεση, η πρόσθετη ζήτηση νερού θα είναι περίπου  $1.36 \cdot 10^6$  L (3 εκατομμύρια γαλόνια) ανά ημέρα για την Νέα Υόρκη μέχρι το 2035, ακόμη και στην περίπτωση του χειρότερου σεναρίου. Η τιμή αυτή αντιπροσωπεύει μια μικρή σταδιακή αύξηση, αν τη συγκρίνουμε με τα  $5.9 \cdot 10^9$  L (1.3 δισεκατομμύρια γαλόνια) της ετήσιας μέσης ημερήσιας ζήτησης νερού των υφιστάμενων συστημάτων. Επομένως, προέκυψε το συμπέρασμα ότι δεν αναμένονται σοβαρές επιπτώσεις στο σύστημα ύδρευσης της πόλης, εάν η χρήση των σκουπιδοφάγων επιτραπεί ευρέως στην πόλη (Τμήμα Προστασίας Περιβάλλοντος της Νέας Υόρκης, 1997).

Σύμφωνα με την έκθεση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Κατασκευαστών Οικιακών Συσκευών (European Committee of Manufacturers of Domestic Appliances – CECED, 2005), η λειτουργία των σκουπιδοφάγων δεν προκαλεί σημαντική αύξηση στην κατανάλωση πόσιμου νερού, που χρησιμοποιείται για την έκπλυση των απορριμμάτων τροφίμων. Η αύξηση στη χρήση νερού έχει υπολογιστεί σε  $2.1 \text{ m}^3$  ετησίως ανά τυπική οικογένεια (2.7 άτομα) ή σε 3 – 4.5 L ανά κάτοικο και ημέρα, ποσότητα περίπου ίση με την ποσότητα μιας έκπλυσης μιας ενιαίας σύγχρονης τουαλέτας. Ακόμη και κάτω από τα χειρότερα σενάρια, η μεταβολή στην κατανάλωση νερού, που συνοδεύει τους σκουπιδοφάγους, θεωρείται ασήμαντη.

Οι συνολικές ροές μάζας προς το περιβάλλον από τα συστήματα λυμάτων είναι τουλάχιστον 100 φορές σαν αυτές που προέρχονται από τα συστήματα αστικών στερεών απόβλητων (π.χ. Ηνωμένο Βασίλειο το 2000: 25 εκατομμύρια τόνοι ημερησίως). Επομένως, η επίδραση που ασκούν τα όμβρια ύδατα στο αποχετευτικό σύστημα είναι μεγαλύτερη από την επίδραση της χρήσης των σκουπιδοφάγων (Diggleman et al, 2003). Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο αριθμός αυτός θα μπορούσε ενδεχομένως να αλλάξει ανάλογα με τα πρότυπα συμπεριφοράς κατά τη διάρκεια της χρήσης. Δε θα ήταν φρόνιμη η πραγματοποίηση υπολογισμών σκοπιμότητας έχοντας ως βάση υποθέσεις όπως αυτές που εξαρτώνται από τη στάση και συμπεριφορά του χρήστη, καθώς δεν μπορούν να είναι εγγυημένες. Κατά συνέπεια, αυτό θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο περαιτέρω έρευνας, ιδίως κατά τον προσδιορισμό των σεναρίων των χειρότερων περιπτώσεων.

Η Marashlian επισήμανε ότι οι αυξήσεις στην οικιακή κατανάλωση νερού λόγω της άλεσης των τροφίμων ήταν ασήμαντες, καθώς ασήμαντες ήταν και οι αυξήσεις στο ρυθμό ροής των λυμάτων. Ωστόσο, η αύξηση κατά 62% της ισχύος των λυμάτων, που ήταν η ανώτατη τιμή του εύρους 17 έως 62% που αναφέρθηκε για το BOD, ήταν σημαντική, ακόμη και εάν εφαρμοστεί σε αρχικά αδύναμα λύματα. Αντίθετα, η αναφερόμενη αύξηση των TSS κατά 1.9 – 7.1% δεν ήταν σημαντική. Αυτό δείχνει ότι το μεγαλύτερο μέρος των επεξεργασμένων τροφίμων από τους σκουπιδοφάγους μειώθηκαν σε λεπτά σωματίδια ή διαλυτοποιήθηκαν (Marashlian et al., 2005).

Στη μελέτη της Νέας Υόρκης έγινε προσπάθεια να εκτιμηθούν οι πιθανές επιπτώσεις της ανάγκης για πρόσθετη δυνατότητα επεξεργασίας των λυμάτων στο ρυθμό ροής του νερού και των αποβλήτων. Τελικά, οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι είναι πολύ μικρές για να επηρεάσουν τις αλλαγές στα υγρά απόβλητα (Τμήμα Προστασίας Περιβάλλοντος της Νέας Υόρκης, 1997). Σημειώνεται ότι οι Diggleman et al. ανέφεραν ότι το νερό που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά μέσω του σκουπιδοφάγου είναι 1 L ανά άτομο και ημέρα (Diggleman et al, 2003).

Σε μια μικρότερη αμερικανική μελέτη για τη χρήση του νερού από τους σκουπιδοφάγους, παρακολουθήθηκαν για 30 ημέρες 19 σπίτια, εκ των οποίων τα 11 είχαν 1 ή περισσότερα παιδιά, με αυτόματη συσκευή καταγραφής και μετρητή ροής στη βρύση της κουζίνας. Η ημερήσια κατά κεφαλήν χρήση νερού κυμάνθηκε από 0.05 L (0.01 γαλόνια) ως 10.6 L (2.35 γαλόνια), με μέση τιμή τα 3.0 L (0.66 γαλόνια), που οφείλονται στην απευθείας χρήση των σκουπιδοφάγων (Ketzenberger, 1995).

## **6.8 Κατανάλωση ενέργειας**

Οι οικιακοί σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων έχουν, συνήθως, κινητήρα 350 – 500 W (0.5 έως 0.75 ιπποδύναμη). Αν η χρήση τους είναι κατά μέσο όρο 2.4 φορές την ημέρα για 16 δευτερόλεπτα ανά χρήση, τότε η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου 2 – 3 kWh ανά νοικοκυριό το έτος. Οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν για αυτό το σκοπό διαπίστωσαν ότι η χρήση τους (ξεκινήματα ανά ημέρα) ήταν σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητη από τον αριθμό των ατόμων σε ένα νοικοκυριό, επειδή καθοριζόταν από τις φορές παρασκευής των φαγητών (Evans et al., 2010).

Έχει ευρέως διαπιστωθεί ότι το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των σκουπιδοφάγων τροφίμων και η συνδεδεμένη με αυτούς ρύπανση είναι ασήμαντη. Όντας πιο συντηρητικοί, λαμβάνοντας το συνήθη χρόνο χρήσης του σκουπιδοφάγου των 2 min/day, ο πιο κοινός κινητήρας σκουπιδοφάγου τροφίμων των 0.5 hp καταναλώνει λιγότερη ενέργεια από μία λάμπα 75 W που χρησιμοποιείται για 10 min (Marashlian et al, 2005). Οι πληροφορίες και τα αποτελέσματα των διαθέσιμων υπολογισμών δείχνουν ότι η κατανάλωση ενέργειας είναι σχετικά ασήμαντη.

Δεδομένου ότι υπάρχουν μικτά αποτελέσματα και ερμηνείες των αποτελεσμάτων σχετικά με την αύξηση στην κατανάλωση νερού και τις επιπτώσεις στη συγκέντρωση ρύπων στο αποχετευτικό δίκτυο, όπως το BOD και τα SS, απαιτείται πιο ανεξάρτητη έρευνα. Επίσης, λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με ακριβείς μετρήσεις για την κατανάλωση νερού και ενέργειας από τους σκουπιδοφάγους δεν υπάρχουν σε ικανοποιητικό βαθμό (Bragger, 2009).

## **6.9 Κατάσταση των αποβλήτων κατά τη μετακίνησή τους προς τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας**

Ένας από τους παράγοντες που είναι άγνωστοι σε μεγάλο βαθμό από τις προηγούμενες έρευνες σχετικά με τους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων είναι το ποσοστό της εξόδου από αυτούς που πραγματικά φτάνει στην Ε.Ε.Α. Είναι γνωστό ότι οι

αποχετευτικοί αγωγοί είναι γραμμικοί βιοαντιδραστήρες, αλλά η δυνατότητα αντίληψης των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό τους είναι ελλιπής. Στους αγωγούς βαρύτητας με ελεύθερη επιφάνεια ο κύριος όγκος των λυμάτων βρίσκεται σε αερόβιες συνθήκες, αλλά στην περίπτωση υπερφόρτωσης του αγωγού δεν υπάρχει αέρας για την αναπλήρωση του διαλυμένου οξυγόνου, που χρησιμοποιείται κατά τη βιολογική δραστηριότητα. Έτσι, η βιοχημεία περιπλέκεται περαιτέρω, διότι τα βιοφίλμς στα τοιχώματα των αποχετευτικών σωλήνων μπορεί να είναι αναερόβια κοντά στα τοιχώματα, ακόμη και αν είναι αερόβια στην επιφάνεια επαφής με τα λύματα (Evans, 2010).

Οι Raunkjaer et al. (1995) μέτρησαν σημαντική απομάκρυνση διαλυμένης οργανικής ύλης και πρωτεΐνης στα λύματα κατά τη διάρκεια τριώρης μεταφοράς τους μέσω του αγωγού, γεγονός που το συσχέτισαν με τη θερμοκρασία και τη συγκέντρωση. Καθαρή απομάκρυνση σωματιδιακής οργανικής ύλης των λυμάτων δε βρέθηκε στους αγωγούς βαρύτητας και διαπιστώθηκε ότι το διαλυμένο οξυγόνο αναπληρωνόταν, όταν υπήρχε αέρας στον επιφανειακό χώρο. Οι Tendaj et al. (2008) ανέφεραν ότι, όπως προκύπτει από την έξοδο του σκουπιδοφάγου, κυρίως η οργανική ύλη είναι αυτή που βρίσκεται ήδη σε διαλυμένη μορφή και αποσυντίθεται κατά τη μεταφορά στο δίκτυο αποχέτευσης, ενώ το σωματιδιακό μέρος δεν αποσυντίθεται. Ως αποτέλεσμα της μελέτης αυτής, η Stockholm Water αντέστρεψε την αρνητική στάση της απέναντι στους σκουπιδοφάγους και τώρα ενθαρρύνει τη χρήση τους ως ένα μέσο που παράγει περισσότερο βιοαέριο για τη τροφοδότηση των λεωφορείων της πόλης και άλλες χρήσεις.

Μια άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ένα ιταλικό χωριό κατέγραψε ένα χρόνο παραμονής στο αποχετευτικό του σύστημα της 1.5 h σε ξηρές καιρικές συνθήκες, με αποτέλεσμα η διαδικασία ζύμωσης να μην προλάβει να ξεκινήσει μέσα στο αποχετευτικό δίκτυο (Battistoni et al., 2007). Υπάρχει, βέβαια, βιβλιογραφία σχετικά με τα αποχετευτικά συστήματα που αναφέρει πολύ βιοδιασπάσιμα απόβλητα, που προκαλούν οσμές και άλλα προβλήματα σε χαμηλότερους χρόνους παραμονής. Έτσι, η δραστηριότητα θα μπορούσε να έχει ξεκινήσει μέσα στο χρόνο που προτείνουν οι Battistoni et al., κυρίως λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας που υπάρχει στην κεντρική Ιταλία. Στη μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε βιντεοσκόπηση της πορείας των αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων, σύμφωνα με την οποία δεν προέκυψε καμία καθίζηση, ακόμη και κατά μήκος των αγωγών, όπου η κλίση ήταν μόνο 0.001. Επίσης, ο ημερήσιος ρυθμός ροής (υδραυλική φόρτιση ανά χρήση νερού) δεν μεταβλήθηκε.

Σε μια άλλη μελέτη έγινε η υπόθεση ότι τα απόβλητα τροφίμων υπέστησαν, κυρίως, αερόβια αποσύνθεση από τη μικροβιακή βιομάζα, καθώς περνούσαν από τη δεξαμενή αερισμού των έργων επεξεργασίας πρωτοβάθμιας οξείδωσης σε μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων (Diggleman et al., 2003).

Παρά τα συμπεράσματα των δύο προηγούμενων άρθρων, είναι πιθανό ότι μια αύξηση στην ισχύ των λυμάτων, ιδιαίτερα στα θερμά κλίματα, θα μπορούσε να προκαλέσει προβλήματα οσμών και διάβρωσης στο αποχετευτικό δίκτυο. Κατά συνέπεια, χρειάζεται περισσότερη ερευνητική προσπάθεια.



## 6.10 Αποχετευτικό σύστημα - πιθανός σχηματισμός εμφράξεων

Τα συστήματα αποχετεύσεων είναι σχεδιασμένα για την μεταφορά των υγρών αποβλήτων, ώστε να αποτρέπονται οι πλημμύρες και οι ασθένειες στις πόλεις. Οι διάμετροι των σωλήνων και οι κλίσεις είναι σχεδιασμένες, κατά τέτοιο τρόπο ώστε η ταχύτητα ροής να εξασφαλίζει το μακροχρόνιο αυτοκαθαρισμό. Τις περιόδους εκείνες κατά τις οποίες η ταχύτητα ροής είναι χαμηλή, υπάρχει η πιθανότητα καθίζησης στερεών. Όταν, όμως, οι ταχύτητες αυξάνονται, τα στερεά πρέπει να επαναιωρούνται. Τα σχεδιαστικά πρότυπα για την ταχύτητα αυτοκαθαρισμού κυμαίνονται από 0.48 έως 0.9 m/s (Ashley et al., 2004). Οι σχετικές μελέτες για τους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων δεν έχουν βρει σημαντικές συσσωρεύσεις στους αγωγούς. Οι ώρες της ημέρας κατά τις οποίες χρησιμοποιούνται οι σκουπιδοφάγοι είναι σε αντιστοιχία με τις περιόδους υψηλής ροής (Nilsson et al., 1990).

Η πειραματική μελέτη που πραγματοποιήθηκε, όπως προαναφέρθηκε, σε ένα χωριό στην κεντρική Ιταλία διήρκεσε 275 ημέρες. Βιντεοκάμερες εγκαταστάθηκαν στους υπονόμους για τη λήψη βίντεο και φωτογραφικών εικόνων από τα πιο κρίσιμα σημεία του αποχετευτικού δικτύου, 96 ημέρες πριν την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων και 179 ημέρες μετά. Σύμφωνα με το υλικό που συγκεντρώθηκε, δεν υπήρξαν εμφράξεις των αγωγών μετά την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων, αλλά δεν υπήρχαν και διαθέσιμες λεπτομέρειες για το σχεδιασμό του αποχετευτικού δικτύου όπως κλίσεις, διακλαδώσεις, κ.α. (Battistoni et al., 2007).

Σε μια γραφειακή μελέτη, που εκπονήθηκε από τα Συμβούλια του Worcestershire και του Herefordshire, είχε τονιστεί ότι οι επιπτώσεις στο σύστημα αποχέτευσης από τα λίπη και τα έλαια (fats, oils and greases - FOGs) θα μπορούσαν να αποτελέσουν πιθανότατα ένα σημαντικό πρόβλημα. Προέβλεπαν, λοιπόν, ότι τα λίπη και τα έλαια θα μπορούσαν να προκαλέσουν εμφράξεις των υπονόμων λόγω της ενοποίησής τους και συνεπώς, αύξηση του κόστους συντήρησης και λειτουργίας για τη χρησιμότητα του νερού (Evans, 2007).

Η εισαγωγή των μονάδων σκουπιδοφάγων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των αιωρούμενων στερεών στο αποχετευτικό σύστημα. Σύμφωνα με τις τιμές που βρέθηκαν από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, η αύξηση αυτή είναι περίπου 20% ανά κάτοικο για τα οικιακά λύματα και μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του κόστους συντήρησης. Για τη μελέτη της Νέας Υόρκης η αύξηση του κόστους συντήρησης των υπόνομων είχε προβλεφθεί σε 178 000 δολάρια μέχρι το 2010 για παράπονα σχετικά με την ασφάλεια των αγωγών και τον καθαρισμό των λιπών και 521 000 δολάρια μέχρι το 2035 για τα ίδια ζητήματα. Το Τμήμα Προστασίας του Περιβάλλοντος της Νέας Υόρκης δαπανούσε το 2000 περίπου 500 000 δολάρια για το συνηθισμένο συμβατικό καθαρισμό και 6 850 000 δολάρια για παράπονα σχετικά με την ασφάλεια των αγωγών. Ωστόσο, τα στοιχεία αυτά εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας στοιχεία του 1997. Η χρονική κλίμακα των εν λόγω υπολογισμών του κόστους δεν δόθηκε στο άρθρο, αλλά θεωρείται ότι είναι ετήσια (Τμήμα Προστασίας Περιβάλλοντος της Νέας Υόρκης, 1997).

Οι σκουπιδοφάγοι είχαν απαγορευτεί στη Νέα Υόρκη από τη δεκαετία του 1970 έως το 1997 για τον περιορισμό της άμεσης απόρριψης των οργανικών αποβλήτων στα υδάτινα σώματα γύρω από την πόλη κατά τη διάρκεια των υγρών καιρικών συνθηκών λόγω των

υπερχειλίσεων και για την αποφυγή της πιθανής υποβάθμισης του συστήματος αποχέτευσης (Τμήμα Περιβάλλοντος Προστασίας της Νέας Υόρκης, 1997). Αυτό δείχνει ότι η ανησυχία σχετικά με την πρόσθετη οργανική ύλη, το μέγεθός της και τη φύση της υπήρξε πάντα μια σημαντική ανησυχία και κατά κάποιο βαθμό ένας απαγορευτικός παράγοντας για την ανάπτυξη των συστημάτων των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων.

Στα πλαίσια της πιλοτικής μελέτης στη Νέα Υόρκη πραγματοποιήθηκε και βιντεοσκοπική έρευνα. Η βιντεοσκόπηση έγινε πριν την εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων, κατά τη διάρκεια της μελέτης και μετά την ολοκλήρωσή της παρόμοια με την μελέτη της Ιταλίας. Το Τμήμα Προστασίας του Περιβάλλοντος δήλωσε ότι «στα παντοροϊκά δίκτυα αποχέτευσης, που ήταν κατασκευασμένα με επαρκή ταχύτητα αυτοκαθαρισμού (για τους αποχετευτικούς αγωγούς 0.6 – 0.8 m/s, για τους αγωγούς όμβριων υδάτων 0.8 – 0.9 m/s), δεν αναμένονται πρόσθετες εναποθέσεις, που να οφείλονται στα αλεσμένα απόβλητα τροφίμων, αφού το ειδικό βάρος τους είναι 1.01, δηλαδή μικρότερο από εκείνο των λυμάτων, που είναι 1.05, και πολύ μικρότερο από εκείνο των αιωρούμενων στερεών, που μεταφέρονται από την απορροή των όμβριων (2.65). Στο τέλος της σχετικά σύντομης περιόδου της μελέτης δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες αποθέσεις αιωρούμενες ύλης στις βιντεοκασέτες (Τμήμα Προστασία του Περιβάλλοντος της Νέας Υόρκης, 1997). Τα αποτελέσματα αυτά είναι παρόμοια με τα αποτελέσματα της ιταλικής μελέτης (Battistoni et al., 2007).

Επίσης, μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Surahammar στη Σουηδία διαπίστωσε ότι οι σωλήνες αποχέτευσης εκπλύθηκαν και βιντεοσκοπήθηκαν χωρίς να παρατηρηθούν διαφορές (δηλαδή καθόλου επιπρόσθετα σωματίδια, λάσπη ή συσσωρευση λίπους) μετά από ένα και τρία έτη εγκατάστασης οικιακών σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Αντίστοιχα, το Συνεταιριστικό Κέντρο Ερευνών (Cooperative Research Centre) βρήκε σε μια μελέτη του Σίδνεϊ στην Αυστραλία ότι το 91% των στερεών στην εκροή του σκουπιδοφάγου αποβλήτων τροφίμων ήταν μικρότερα του 1 mm και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το τόσο μικρό μέγεθος θα ήταν απίθανο να φράξει ή να αποτεθεί στους αποχετευτικούς ή τους υδραυλικούς σωλήνες (InSinkErator, 2005).

Το Πανεπιστήμιο του Karlsruhe στη Γερμανία διεξήγαγε εργαστηριακές δοκιμές καναλιών ροής. Συμφωνά με τα ευρήματά τους, περίπου το 1/3 των στερεών διαλυθήκαν μετά την άλεση των αποβλήτων κουζίνας μέσω ενός εμπορικού σκουπιδοφάγου τροφίμων. Τα υπόλοιπα μη διαλυμένα στερεά μεταφέρονταν ομαλά χωρίς δημιουργία ίζημάτων με χαμηλές ταχύτητες ροής. Έτσι, μια ημερήσια ελάχιστη ταχύτητα ροής των 0.5 m/s θεωρείται επαρκής για τη μεταφορά χωρίς καθίζηση, καθώς η πυκνότητα των σωματιδίων των βιοαποβλήτων και η ταχύτητα καθίζησης είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με τα ορυκτά σωματίδια.

Την ίδια άποψη επιβεβαιώνει και μια άλλη πανεπιστημιακή μελέτη στην Ιταλία, σύμφωνα με την οποία τρεις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων ήταν υπό παρακολούθηση ώστε να πραγματοποιηθεί έλεγχος της ταχύτητας καθίζησης των στερεών που μεταφέρονται από τους αποχετευτικούς αγωγούς κατά τη διάρκεια ξηρών καιρικών συνθηκών. Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές καθίζησης με ένα αντιπροσωπευτικό μείγμα αποβλήτων τροφίμων που αλέσθηκαν μέσω σκουπιδοφάγου. Τα αποτελέσματα έδειξαν

ότι μόνο το 16.8% από το σύνολο των στερεών των αποβλήτων τροφίμων καθίζησαν στο αποχετευτικό δίκτυο, ενώ το 83.2% έφτασε στην Ε.Ε.Λ.

Μια τετραετής κυβερνητική μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Utanobori στην Ιαπωνία, ανέφερε ότι η συχνότητα εμφάνισης των αποθέσεων στις αποχετεύσεις από τη χρήση σκουπιδοφάγου ήταν 1.3 έως 3.0 φορές υψηλότερη και ο αριθμός των σημείων απόθεσης 2.7 έως 3.8 φορές υψηλότερος μετά την εισαγωγή των σκουπιδοφάγων. Ωστόσο, οι αποθέσεις ήταν πολύ μικρές, με ποσοστό έμφραξης μικρότερο του 1% για το 80% των σημείων. Επιπλέον, το 76% των αποθέσεων σημειώθηκε σε τμήματα κεκλιμένα και το 10.7% σημειώθηκε σε τμήματα με ήπια κλίση (InSinkEerator, 2005).

Περισσότερα στοιχεία για την υποστήριξη της άποψης ότι οι σκουπιδοφάγοι δεν αυξάνουν τον κίνδυνο εμφράξεων του δικτύου αποχέτευσης παρουσιάστηκαν στη μελέτη της Marashlian. Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε τακτικός έλεγχος και ετήσια βιντεοσκόπηση του δικτύου αποχέτευσης στο Λίβανο και δεν εντοπίστηκε καμία επίδραση στα τοιχώματα των αγωγών. Σημαντικά υπολείμματα υπήρξαν στη στάθμη του νερού, που είχαν πλάτος 2 – 3 cm κατά μήκος της επιφάνειας του νερού και πάχος 0.5 – 1.5 cm (Marashlian et al., 2005).

Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο σχετικά με τα αίτια της έμφραξης του δικτύου αποχέτευσης ανέφερε ότι οι σωλήνες διαμέτρου μικρότερης των 225 mm ήταν οι πιο ευάλωτοι (Arthur et al., 2008). Σύμφωνα με στοιχεία της μελέτης, οι συνδυασμένοι αποχετευτικοί αγωγοί του δικτύου ήταν πιθανόν να φράζουν περίπου 2.5 φορές περισσότερο ως αποτέλεσμα της υπερβολικής ροής. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι μπλοκαρισμένοι σωλήνες είχαν κόμβους που λάμβαναν δυσανάλογα μεγάλες εισροές (αναφορικά με τον πληθυσμό που συμβάλλει και/ή την περιοχή). Είχε γίνει η υπόθεση ότι αυτοί οι σωλήνες είχαν περισσότερες πιθανότητες να φράζουν από κάτι ακατάλληλο που εισέρχεται στο δίκτυο (π.χ. οικιακά απορρίμματα που εισέρχονται στο σύστημα διαμέσου της τουαλέτας), λόγω των πολύ μεγαλύτερων εισροών (Arthur et al., 2008).

Αυτό, επιπλέον, υποστηρίζει την υπόθεση ότι η προσθήκη των αποβλήτων τροφίμων, που οδηγεί σε αυξημένο BOD και αιωρούμενα στερεά, θα πρέπει να εξετάζεται σε ανεξάρτητη βάση σε σχέση με την περιοχή, το αποχετευτικό σύστημα και τα έργα επεξεργασίας που μελετώνται. Αποδεικνύεται, επίσης, η σημασία της συντήρησης των σκουπιδοφάγων από τη στιγμή που εγκαθίστανται, ώστε όλα τα απόβλητα τροφίμων που εισέρχονται στο σύστημα αποχέτευσης να αλέθονται σε κατάλληλο μέγεθος, αν και η ελάχιστη διάμετρος των σωλήνων των νοικοκυριών θα είναι καθοριστική.

Τα λίπη και τα έλαια (FOGs) αποτελούν μια σημαντική αιτία των προβλημάτων λειτουργίας για τους διαχειριστές των αποχετευτικών συστημάτων, καθώς μπορούν να προκαλέσουν εμφράξεις σε αγωγούς μικρής διαμέτρου και να διευκολύνουν τη δημιουργία ιζημάτων σε όλους τους υπονόμους (Bragger, 2009). Για το σκοπό αυτό όλες οι λειτουργούσες εταιρείες νερού είναι επιφυλακτικές σχετικά με την εισαγωγή των συστημάτων των σκουπιδοφάγων, καθώς είναι πιθανόν ότι θα αυξήσουν την ποσότητα των λιπών και ελαίων, που εισέρχονται στα συστήματα αποχέτευσης. Επομένως, θα πρέπει να εκπονηθούν μελέτες για τον προσδιορισμό της πιθανής έκτασης αυτού του

προβλήματος, το οποίο θα διαφοροποιείται από χώρα σε χώρα ανάλογα με τις διατροφικές συνήθειες.

Προβλήματα, επίσης, μπορεί να εμφανιστούν στα αντλιοστάσια των λυμάτων λόγω της παρουσίας λιπών και ελαίων, και κυρίως εξαιτίας της παχιάς κρούστας που δημιουργείται στην επιφάνεια των υγρών αποβλήτων και τη συσσώρευση λίπους/μάζας λιπών και ελαίων. Φαίνεται ότι τα λίπη και τα έλαια υφίστανται χημικούς μετασχηματισμούς, που αυξάνουν τη σκληρότητα και την αντοχή τους. Συγκεκριμένα, μπορούν να εμποδίσουν την ορθή λειτουργία του φλοτέρ και να επηρεάσουν τις αντλίες, προκαλώντας το μπλοκάρισμά τους, με αποτέλεσμα βλάβες στον εξοπλισμό. Μπορούν, επίσης, να συσσωρευτούν στο εσωτερικό των ψυκτικών μεμβρανών των αντλιών και να προκαλέσουν την υπερθέρμανσή τους, εάν δεν αφαιρεθούν. Αυτές οι επιπτώσεις κοστίζουν στις υπεύθυνες για το νερό βρετανικές αρχές περίπου 15 000 000 – 20 000 000£ ετησίως και επιπρόσθετα έξοδα για την αντιμετώπιση και τον καθαρισμό των πλημμυρικών περιστατικών (Bragger, 2009). Οι ιδιωτικές εταιρείες νερού θα ήταν απρόθυμες να επωμιστούν αυτό το οικονομικό βάρος με αποτέλεσμα την αυξημένη φορολόγηση του νερού, που θα ήταν άδικη για τα νοικοκυριά που δεν χρησιμοποιούν σκουπιδοφάγους.

Σχετικές μελέτες έχουν δείξει ότι οι οικιακοί σκουπιδοφάγοι δεν αυξάνουν τα λίπη και τα έλαια. Υπάρχει η αντίληψη ότι τα συστατικά τους προσκολλώνται στα σωματίδια των απορριμμάτων τροφίμων κατά την έκπλυση με το κρύο νερό με αποτέλεσμα να μην είναι «ελεύθερα» να ενωθούν και να στερεοποιηθούν πάνω στις επιφάνειες των αγωγών. Οι de Koning και Graff (1996) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ακόμα και στην Ολλανδία, όπου οι κλίσεις των αγωγών είναι πιο μικρές από οπουδήποτε αλλού και κατά συνέπεια, η καθίζηση είναι πιο πιθανή, τα αλεσμένα απόβλητα τροφίμων κουζίνας από τους σκουπιδοφάγους δεν δημιουργούν εμπόδια στις αποχετεύσεις λόγω καθίζησης ή εναπόθεσης λιπών και ελαίων.

Οι Ducoste et al. (2008) ανέλυσαν 27 δείγματα λιπών και ελαίων από 23 αποχετευτικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας σε όλες τις περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών, εκτός από τις βορειοανατολικές. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μηχανισμοί με τους οποίους σχηματίζονται οι αποθέσεις λιπών και ελαίων παρέμειναν άγνωστοι, αλλά οι φυσικές ιδιότητες και τα οπτικά χαρακτηριστικά δείχνουν ότι η πλειοψηφία των αποθέσεων (84%) ήταν μεταλλικά άλατα λιπαρών οξέων, που σχηματίστηκαν μέσω της σαπωνοποίησης. Ανεξάρτητα από την τοπική κουζίνα, τα κορεσμένα λιπαρά οξέα συσσωρεύονταν στις σκληρές μάζες με πορώδη δομή. Οι συγγραφείς υπέθεσαν ότι τα υψηλού pH (άνω του 10) αλκαλικά απορρυπαντικά, απολιπαντικά και απολυμαντικά, που χρησιμοποιούνται συνήθως στους χώρους εστίασης, ήταν υπεύθυνα για τη σαπωνοποίηση. Μια δευτερεύουσα αιτία των αποθέσεων λιπών και ελαίων μπορεί να είναι η συσσώρευση λαδιού χωρίς σαπωνοποίηση, ενδεχομένως από απορρίψεις πολύ συμπυκνωμένων λαδιών, που προέρχονται από παράνομες χωματερές ή ακατάλληλη διαχείριση της αναχίτισης λιπών. Ο Keener (ένας από τους συγγραφείς) υποστήριξε ότι δεν υπήρχαν αποδείξεις ότι η έξοδος των σκουπιδοφάγων είχε κάποια σχέση με τις αποθέσεις των λιπών και ελαίων.

Ένα άλλο σημαντικό ερώτημα είναι αν, εισάγοντας την έξοδο των σκουπιδοφάγων στο αποχετευτικό δίκτυο, θα αυξηθεί ο αριθμός των αρουραίων. Ένας εκπρόσωπος της βρετανικής Pest Control Association (Adrian Meyer, Σύμβουλος Ελέγχου τροφικών, 2005) επισήμανε ότι η εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων θα μπορούσε πιθανότατα να είναι επιζήμια για τους αρουραίους και σίγουρα όχι συμφέρουσα, διότι τα καλώς αλεσμένα απόβλητα τροφίμων θα ήταν λιγότερο ελκυστικά για τους αρουραίους των υπονόμων σε σχέση με τα μη αλεσμένα απόβλητα. Ο Meyer ανέφερε ότι υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με το πώς τα ποντίκια βρίσκουν τροφή στους υπονόμους, οι οποίοι είναι σκοτεινοί, αλλά έχουν δει αρουραίους να συγκεντρώνουν κόκκους, σπόρους, κ.α. έξω από τη ροή. Βέβαια, πάντοτε υπάρχουν αναγνωρίσιμα τρόφιμα, όπως οι σπόροι καλαμποκιού στην εξάμμωση και στην εσχάρωση στις Ε.Ε.Λ. Τρόφιμα σαν αυτά θα ήταν αρκετά μεγάλα ώστε να είναι αναγνωρίσιμα από τους αρουραίους. Αντίθετα, αν είχαν περάσει από ένα σκουπιδοφάγο θα μπορούσαν να έχουν υγροποιηθεί και άρα να μην είναι αναγνωρίσιμα από τους αρουραίους. Υπολείμματα τροφίμων μικρότερα των 2 mm δε θα ήταν δυνατό να τα διακρίνουν (Evans et al., 2010).

Είναι αντιληπτό ότι το αποχετευτικό δίκτυο είναι η πιο ευάλωτη συνιστώσα του συστήματος, λόγω των χαρακτηριστικών του, που τυπικά συνδέονται με τις τοπικές και περιβαλλοντικές συνθήκες (κλίσεις, κατάσταση συντήρησης, παντοροϊκοί ή χωριστικοί σωλήνες, κ.α.). Για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος καθίζησης ή έμφραξης, ευρωπαϊκοί και διεθνείς οργανισμοί (προ)τυποποίησης έχουν καθιερώσει πρότυπα τόσο για τη μονάδα του σκουπιδοφάγου (CENELEC EN 60335-2-16 και EN 55014) όσο και για τους σωλήνες σύνδεσης (CEN EN 12056 -1:2 000). Επιπλέον, οι υπάρχουσες μελέτες και η πρακτική εμπειρία άνω των 65 ετών καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι δεν έχουν καταγραφεί ιδιαίτερα προβλήματα εμφράξεων ή υπερχειλίσεων στο αποχετευτικό δίκτυο. Σύμφωνα με αυτές τις τεχνικές μελέτες μόνο αμελητέα προβλήματα παρουσιάστηκαν κατά την μεταφορά των αλεσμένων απορριμμάτων τροφίμων στο αποχετευτικό δίκτυο.

Η εμπειρία δείχνει ότι τα επίπεδα διείσδυσης έως 15 – 20% των βεβαιωθέντων χρηστών δεν οδηγούν σε σημαντικές διαφορές στα χαρακτηριστικά των λυμάτων που εισέρχονται. Κατά τη διείσδυση μεταξύ 20 και 35%, μια αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας του συστήματος παρατηρείται, η οποία οφείλεται στη μεγαλύτερη αναπνοή της ενεργού βιομάζας, και μια μεγαλύτερη παραγωγή της περίσσειας λάσπης. Πέρα από το ποσοστό διάδοσης του 35 – 40%, πρέπει να γίνουν συμπληρωματικές εργασίες στη μονάδα επεξεργασίας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα ευρωπαϊκά επίπεδα διείσδυσης δεν θα υπερβούν το 15% στα επόμενα 25 με 30 χρόνια. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με όλες τις άλλες μελέτες από όλο τον κόσμο. Η ομαλή αντικατάσταση και ανάπτυξη των έργων αποχέτευσης θα επιτρέψουν τη διαχείριση του αυξημένου φορτίου που συνδέεται με τους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων (CECED, 2003).

## **6.11 Η Μονάδα Επεξεργασίας**

Η δυναμικότητα των μονάδων επεξεργασίας είναι ουσιώδης για μια βιώσιμη πολιτική διαχείρισης των αποβλήτων. Αυτή η δυναμικότητα διαφέρει πολύ μεταξύ των κρατών μελών. Στη Φινλανδία και τη Σουηδία η πλειοψηφία των νοικοκυριών ήταν συνδεδεμένη

σε δίκτυο αποχέτευσης με επεξεργασία λυμάτων στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Στην Ισπανία, ωστόσο, τα λύματα μόνο του μισού περίπου πληθυσμού υφίσταντο επεξεργασία σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας από το 1995. Οι βελτιώσεις παρόλα αυτά βρίσκονται σε καλή πορεία. Σύμφωνα με την Οδηγία για τις μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων, η δυναμικότητα των έργων επεξεργασίας αναμενόταν να είναι μεγαλύτερη ή ίση με το οργανικό φορτίο στα περισσότερα κράτη μέλη έως το 2005. Η ικανότητα επεξεργασίας έπρεπε να αυξηθεί κατά 69% έως το 2005 (CECED, 2003).

Πίνακας 6.2: Ανάπτυξη της δυναμικότητας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων στα κράτη μέλη της Ε.Ε.

Κράτη μέλη	1992	1995	1998	2000	2005	Αύξηση	
	1 000 ι.κ.	1 000 ι.κ.	1 000 ι.κ.	1 000 ι.κ.	1 000 ι.κ.	1 000 ι.κ.	%
Βέλγιο	5.499	6.836	7.77	8.3	9.919	4.42	80
Δανία	5.95	9.246	9.246	9.246	9.246	3.296	55
Γερμανία	111.456	131.403	141.221	142.022	143.831	32.375	29
Ελλάδα	2.058	2.785	5.028	8.624	8.637	6.579	320
Ισπανία	23.872	30.152	45.713	60.862	73.754	49.882	209
Γαλλία	40.333	51.188	60.761	66.924	69.378	29.045	72
Ιρλανδία	483	550	698	3.641	3.81	3.327	689
Λουξεμβούργο	777	808	939	948	969	192	25
Ολλανδία	21.396	21.705	22.053	22.053	22.053	657	3
Αυστρία	14.413	14.413	16.945	18.864	19.467	5.054	35
Πορτογαλία	5.731	6.66	11.194	15.873	16.387	10.656	186
Φιλανδία	3.598	3.772	3.905	3.925	3.935	337	9
Σουηδία	13.038	13.038	13.038	13.038	13.038	0	0
Ηνωμένο Βασίλειο	29.335	46.841	50.964	74.233	75.323	45.988	157
Σύνολο	277.939	339.397	389.475	448.553	469.747	191.808	69

Πηγή: CECED, 2003

## 6.12 Η ιλύς

Με τη χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων παράγεται ιλύς, που είναι πλουσιότερη σε θρεπτικά συστατικά από πολλά άλλα είδη ιλύος. Επιπλέον, η οργανική ύλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοαερίου. Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος είχε εκτιμήσει ότι το ποσοστό της ιλύος που χρησιμοποιείται στη γεωργία ως βελτιωτικό του εδάφους θα αυξανόταν κατά 73% το 2005, αποτελώντας το 53% της παραγόμενης λάσπης.

Οι σχετικές αποδείξεις αυξάνονται από έναν όλο και μεγαλύτερο αριθμό περιοχών, όπου ακόμη και σε αυτές που υπάρχει χωριστή συλλογή των απορριμμάτων κουζίνας, η ποιότητα του διαχωρισμού στην πηγή δεν είναι αρκετά καλή, ώστε να είναι χρήσιμο το κομπόστ που παράγεται. Στο Holbaek στη Δανία εγκαταλείφτηκε ένα ακριβό σύστημα με

τούνελ κομποστοποίησης διαχωρισμένων στην πηγή οικιακών απόβλητων, επειδή το τελικό κομπόστ δεν ήταν κατάλληλο για τίποτε άλλο παρά μόνο για υγειονομική ταφή ή αποτέφρωση και αντικαταστάθηκε με ένα σύστημα μηχανικού διαχωρισμού, που εξάγει βιοδιασπώμενο πολτό από τα οικιακά απόβλητα για την παραγωγή βιοαερίου και στέλνει τα υπόλοιπα απόβλητα με υψηλή θερμογόνο δύναμη προς αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας. Στο Herning σε δυο εγκαταστάσεις συγχώνευσης (Sinding και Studsgaard) διακόπηκε η επεξεργασία των διαχωριζόμενων στην πηγή βιοαποβλήτων, λόγω της συσσώρευσης των πλαστικών στους χωνευτές. Σε μια άλλη εγκατάσταση συγχώνευσης στο Grindsted είναι απαραίτητο να καθαρίζεται ο χωνευτής από τα επιπλέοντα πλαστικά 2 φορές την εβδομάδα. Αυτές είναι όλες αγροτικές κοινότητες που υποστηρίζουν ότι με το διαχωρισμό στην πηγή των οικιακών βιοαποβλήτων δεν παράγονται αρκετά καθαρά και χρήσιμα προϊόντα λιπασματοποίησης. Κατά συνέπεια, οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων θα ήταν μια καλύτερη λύση (CECED, 2003).

Επιπλέον, το ποσοστό που οδηγείται προς καύση αναμένεται να αυξηθεί, με αποτέλεσμα την περαιτέρω μείωση της ποσότητας που οδηγείται προς υγειονομική ταφή. Η ακατάλληλη ιλύς για εφαρμογή σε γεωργικές εκτάσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δασώδεις περιοχές για βελτίωση των υποδομών και της αναψυχής, όπως η δημιουργία δημόσιων κήπων. Επιπλέον, η χρήση της ιλύος μπορεί να θεωρηθεί ως κατάλληλη εναλλακτική λύση σε περιοχές όπου η ερημοποίηση και η διάβρωση αποτελούν σημαντικά προβλήματα.

Το οργανικό κλάσμα των οικιακών απορριμμάτων ανέρχεται σε περίπου 40% κατά βάρος. Αποτελείται, κυρίως, από απορρίμματα κήπων, απόβλητα τροφίμων, χαρτί και χαρτόνι. Τα απορρίμματα τροφίμων από τα νοικοκυριά περιλαμβάνουν απορρίμματα από λαχανικά, αλέσματα καφέ, φίλτρα τσαγιού και υπολείμματα τροφών (κυρίως μαγειρεμένο φαγητό). Ιδίως, το μαγειρεμένο φαγητό και τα υπολείμματα λαχανικών έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε νερό (τουλάχιστον 70%).

Πολλοί μελετητές, καθώς και εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων, τοπικές αρχές και νοικοκυριά αναγνωρίζουν ότι η συλλογή των αποβλήτων τροφίμων στις ενδοαστικές περιοχές είναι προβληματική. Τα ποσοστά συλλογής είναι κατά κανόνα χαμηλά και η αποθήκευση των αποβλήτων τροφίμων προκαλεί δυσάρεστες οσμές και προβλήματα υγιεινής τόσο για τα νοικοκυριά όσο και για το προσωπικό που διαχειρίζεται τα συλλεγόμενα κλάσματα. Για παράδειγμα, στην Ολλανδία, όπου τα προγράμματα λιπασματοποίησης και συλλογής αποτελούν την υπάρχουσα κατάσταση την τελευταία δεκαετία, τα νοικοκυριά, οι εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων και οι τοπικές αρχές έχουν σοβαρές αμφιβολίες ως προς το κατά πόσον το σύστημα αυτό είναι περιβαλλοντικά και οικονομικά βιώσιμο, ιδιαίτερα στις ενδοαστικές περιοχές.

Φαίνεται ότι τα συλλεγόμενα βιολογικά απόβλητα δεν είναι επαρκώς «πράσινα» και ότι ένα σημαντικό μέρος αυτού του κλάσματος των αποβλήτων είναι καταλληλότερο για αποτέφρωση, δίνοντας τη δέουσα σημασία τόσο στους περιβαλλοντικούς όσο και στους οικονομικούς παράγοντες. Αυξάνονται, επίσης, οι άνθρωποι που έχουν κουραστεί από τις δυσάρεστες οσμές και τα ζητήματα υγιεινής, που προκύπτουν από τη συλλογή των αποβλήτων τροφίμων στα διαμερίσματά τους. Κατά συνέπεια, τα ποσοστά συμμετοχής είναι μάλλον χαμηλά. Οι δήμοι, επίσης, έρχονται αντιμέτωποι με υψηλά κόστη

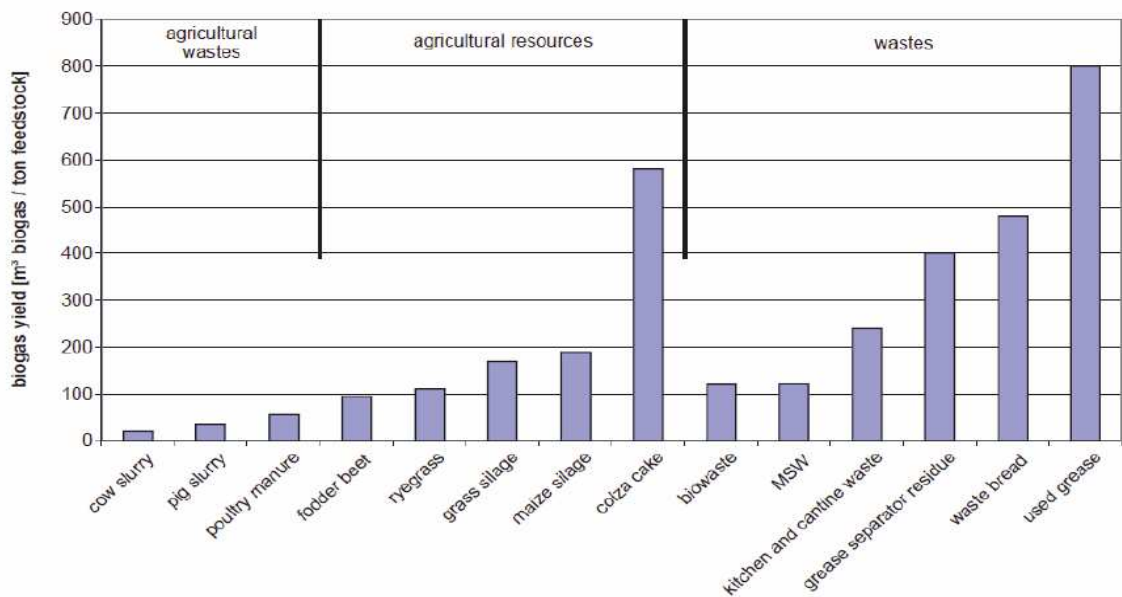
λειτουργίας των συστημάτων συλλογής και αυτός είναι ένας λόγος για την τάση χορήγησης απαλλαγών σε ορισμένες περιοχές πόλεων από την υποχρέωση να εφαρμόζουν ειδικά συστήματα συλλογής για τα απόβλητα τροφίμων.

Επιπλέον, το υγρό κλάσμα των οργανικών αποβλήτων προκαλεί κάποιες δυσκολίες στη βιομηχανία κομποστοποίησης. Τα εμπόδια που συναντώνται συνδέονται κατά κύριο λόγο με την καθαρότητα του προϊόντος (π.χ. περίσσεια αλάτων και διαφόρων ακαθαρσιών και χαμηλή περιεκτικότητα σε άζωτο και φώσφορο), η οποία υποβαθμίζει το τελικό προϊόν εις βάρος του τελικού χρήστη. Ως εκ τούτου, ένα μεγάλο μέρος των υγρών αποβλήτων, που έχει διαχωριστεί από τους πολίτες, καταλήγει είτε να αποτεφρώνεται είτε να χρησιμοποιείται ως υλικό πλήρωσης στις χωματερές, στις κλίσεις των αυτοκινητόδρομων ή για την ανακαίνιση του περιβάλλοντος. Επομένως, μόνο ένα περιορισμένο μέρος των εν λόγω αποβλήτων υφίσταται τελικά επεξεργασία για την παραγωγή βελτιωτικών εδάφους, που πωλούνται για αγρονομική χρήση σε καλλιέργειες λουλουδιών, σε γεωργικά λιπάσματα και στην κηπουρική αναψυχής. Φαίνεται, επίσης, ότι το κέρδος (απόδοση της επένδυσης) από την κομποστοποίηση είναι φτωχό, τόσο από οικονομική όσο και από περιβαλλοντική σκοπιά (CECED, 2003).

### **6.13 Παραγωγή βιοαερίου**

Η αναερόβια χώνευση είναι χρήσιμη για την απαλλαγή από τα ισχυρά απόβλητα, αλλά και για την παραγωγή ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για την αντιστάθμιση αυτής που καταναλώνεται κατά την επεξεργασία. Οποιαδήποτε περίσσεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κοντινές εφαρμογές ή να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια και να πουληθεί στο εθνικό δίκτυο. Πιστεύεται ότι η αύξηση της οργανικής ύλης λόγω της εισροής των αποβλήτων τροφίμων στα λύματα, τα οποία οδηγούνται σε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.), όπου υπάρχει αναερόβια χώνευση, θα αυξήσει την απόδοση του βιοαερίου. Ωστόσο, δεν έχουν όλες οι Ε.Ε.Λ. αναερόβια χώνευση. Το ακόλουθο διάγραμμα αποτελεί μια ένδειξη των αποδόσεων του βιοαερίου για διαφορετικά τρόφιμα.





Σχήμα 6.1: Απόδοση βιοαερίου διαφόρων ειδών αποβλήτων (Bragger, 2009)

Φαίνεται ότι τα χρησιμοποιημένα λάδια (used grease) και τα υπολείμματα από τα διαχωριστικά λαδιών (grease separator residue) παράγουν τις υψηλότερες αποδόσεις βιοαερίου, ενώ τα απόβλητα ψωμιού (waste bread) έχουν την επόμενη υψηλότερη παραγωγή βιοαερίου. Αυτά αντιπροσωπεύουν τα υλικά με τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λιγνοκυτταρίνη. Η παραγωγή βιοαερίου για τα χρησιμοποιημένα λάδια είναι 800 m<sup>3</sup> ανά τόνο πρώτης ύλης. Αν, όμως, τα νοικοκυριά αρχίσουν να τοποθετούν λιπαρά τρόφιμα στις αποχετεύσεις μέσω των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων, τότε οι εταιρίες νερού θα έχουν την ανησυχία σχετικά με την πρόκληση εμφράξεων. Για αυτό χρειάζεται περαιτέρω έρευνα σχετικά με τους πιθανούς προστιθέμενους ρυθμιστές για τη μείωση του μοριακού βάρους των διαλυμάτων, όπως είναι τα ενζυμικά σκευάσματα, που πωλούνται με τις σηπτικές δεξαμενές και τα απορρυπαντικά.

Στις ΗΠΑ οι αρχικές προσπάθειες που έγιναν ώστε να χρησιμοποιηθούν συμβατικοί χωνευτές λυμάτων για την αναερόβια χώνευση των αραιωμένων κλασμάτων των Α.Σ.Α. (RefCom Project, Pompano Beach, Florida) κατέληξαν σε μια ολόκληρη σειρά προβλημάτων, επιβεβαιώνοντας ότι τα Α.Σ.Α. που προέρχονται από αποθέματα τροφών απαιτούν ειδικά σχεδιασμένη τεχνολογία, που θα επιτρέπει την αξιόπιστη και αποτελεσματική αναερόβια χώνευση.

Η χώνευση της λυματολάσπης, συνήθως, πραγματοποιείται στις μεσόφιλες θερμοκρασίες και τα κυριότερα προβλήματα που εμφανίζονται είναι η συσσώρευση χοντραλεσμένων τριμμάτων και η διάβρωση των σωλήνων και των χώρων κατοχής του αερίου. Συνεπώς, θα πρέπει να εξεταστεί αν η προσθήκη αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων κουζίνας στην αποχέτευση, θα επιδεινώσει οποιαδήποτε από αυτά τα προβλήματα (Wheatley et al, 1990).

Τα συστήματα των σκουπιδοφάγων παγιδεύουν τα υπολείμματα των αποβλήτων τροφίμων και παράγουν ένα είδος λάσπης κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, πλούσιο σε άζωτο και φωσφόρο, το οποίο χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό. Η ιλύς, που μετατρέπεται στους χωνευτές σε μεθάνιο, αν καεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να αντικαταστήσει την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια, που παράγεται από ορυκτά καύσιμα (Diggleman et al, 2003). Αυτό δείχνει ότι οι σκουπιδοφάγοι όχι μόνο μειώνουν την αρνητική επίδραση της απαραίτητης αποκομιδής των αποβλήτων κουζίνας, αλλά παράγουν και μεθάνιο για την αντιστάθμιση της ενεργειακής τους ζήτησης (Bragger, 2009).

Σε μια μελέτη μιας Ε.Ε.Λ. στην πόλη Hyperion του Λος Άντζελες χρησιμοποιήθηκε σκουπιδοφάγος αποβλήτων τροφίμων για την άλεση των υπολειμμάτων κουζίνας του αεροδρόμιου της πόλης, τα οποία διοχετεύονταν σε έναν πιλοτικό θερμοφιλικό (55°C) αναερόβιο χωνευτή. Σε υδραυλικό χρόνο παραμονής των 20.5 ημερών, η μελέτη απέδωσε μια εξαιρετικά υψηλή μείωση πτητικών στερεών του 83.7% για τα απόβλητα τροφίμων, σε μια τετράμηνη δοκιμαστική περίοδο (σε σύγκριση με το 66.1% που επιτεύχθηκε για τα ανθρώπινα απόβλητα). Το συμπέρασμα ήταν ότι «βασίζόμενοι στην παραπάνω μείωση των πτητικών στερεών για τα απόβλητα τροφίμων, η αξία του μεθανίου που παράγεται φαίνεται να υπερβαίνει το κόστος της επεξεργασίας των αποβλήτων τροφίμων και της απόρριψης των εναπομενόντων βιοστερεών» (InSinkEerator, 2005).

Επίσης, μια Σουηδική μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην πόλη Surahammar βρήκε αύξηση 20.2% στην παραγωγή του βιοαερίου κατά την αναερόβια χώνευση μετά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων. Πέρα από την εισαγωγή των σκουπιδοφάγων, δεν εντοπίστηκαν καθόλου αλλαγές στη λειτουργία της Ε.Ε.Λ., που να εξηγούν μια τόσο σημαντική αύξηση στην παραγωγή αερίου (InSinkEerator, 2005).

Άλλα πλεονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης περιλαμβάνουν τον έλεγχο των οσμών, τη μείωση του αριθμού των παθογόνων οργανισμών, τη μείωση της περιεκτικότητας σε στερεά και τη βελτιωμένη διαλυτοποίηση του αζώτου για λιπαντική δράση. Αυτό θα είναι χρήσιμο, εάν η υπολειμματική λυματολάσπη χρησιμοποιείται για εφαρμογή στη γη (Bragger, 2009).

Η έκθεση των συμβουλίων του Herefordshire και του Worcestershire επισήμανε το γεγονός ότι η λυματολάσπη, ως μετά προϊόν της αναερόβιας χώνευσης στην εγκατάσταση επεξεργασίας των λυμάτων, εφαρμόζεται στη γη για τη λίπανση του εδάφους (Evans, 2007). Αυτό δεν συνηθίζεται στην υπόλοιπη Ε.Ε., όπου είναι κοινωνικά αμφιλεγόμενο. Το ίδιο επίσης αναφέρεται και από τους Grunberger et al. (2003). Ωστόσο, η βιομηχανία τροφίμων επηρεάζεται εύκολα από την αρνητική δημοσιότητα. Ως αποτέλεσμα, οι βιομηχανίες τροφίμων έχουν γενικά αρνητική άποψη σχετικά με τη χρήση της λυματολάσπης στη γεωργία. Στην Ιταλία, η ξηρή λάσπη απορρίπτεται στις χωματερές (Battistoni et al., 2007). Αυτό θα σήμαινε ότι δε θα εκτρέπονταν όλα τα απόβλητα τροφίμων από την υγειονομική ταφή, αλλά ο όγκος και η περιεκτικότητα σε υγρασία των αποβλήτων που θα κατέληγαν στην υγειονομική ταφή θα μειώνονταν σημαντικά.

Οι ανησυχίες σχετικά με την αυξημένη παραγωγή λυματολάσπης παραμένουν και οι πιθανές περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις της ενδέχεται να διαφέρουν ανάλογα την τοποθεσία. Επομένως, ειδικά τα τοπικά χαρακτηριστικά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, όταν υπάρχει η πρόθεση υιοθέτησης μιας στρατηγικής για την ενσωμάτωση των σκουπιδοφάγων τροφίμων στο σύστημα διαχείρισης των αποβλήτων – λυμάτων (Marashlian et al., 2005).

Ο κύριος τεχνικός περιορισμός έγκειται στη δυνατότητα αύξησης της ικανότητας φόρτισης των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων (Marashlian et al., 2005). Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας φαίνεται ότι το γεγονός αυτό αποτελεί σημαντική ανησυχία στο Λίβανο και στην Αμερική. Ο Διοικητικός Κώδικας του Wisconsin αύξησε τις απαιτήσεις για το σχεδιασμό της πρωτοβάθμιας οξείδωσης στην περίπτωση της ύπαρξης σκουπιδοφάγων σε μια περιοχή εξυπηρέτησης στις ΗΠΑ (Diggelman et al., 2003).

Οι Kegebein et al. (2001) εκτίμησαν ότι, όταν η Ε.Ε.Λ., η οποία προσλαμβάνει απόβλητα τροφίμων κουζίνας, επεξεργάζεται την ιλύ με αναερόβια χώνευση, τότε το βιοαέριο από τα απόβλητα τροφίμων θα ανέλθει περίπου σε 300 MJ ανά κάτοικο ετησίως, που θεωρείται ότι αντιστοιχεί σε μια θερμαντική αξία 8 L καυσίμου ντίζελ ή 183 kWh ανά νοικοκυριό το χρόνο (2.2 άτομα ανά νοικοκυριό). Για 40% απόδοση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αυτή αντιστοιχεί σε 73 kWh ανά νοικοκυριό το χρόνο, τιμή η οποία κατά μέσο όρο στην Ε.Ε. ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου -33 kgCO<sub>2</sub>e ανά νοικοκυριό το χρόνο (σε σύγκριση με το +1 kg CO<sub>2</sub>e/t αποβλήτων τροφίμων που χρησιμοποιείται για την λειτουργία του σκουπιδοφάγου).

Ο Evans (2007) έδειξε ότι η πιθανότητα θέρμανσης του πλανήτη από την παροχή διαχωρισμένων στην πηγή αποβλήτων τροφίμων προς αναερόβια χώνευση μέσω των σκουπιδοφάγων και των αποχετευτικών αγωγών ήταν ισοδύναμη με την από το πεζοδρόμιο συλλογή και μεταφορά προς αναερόβια χώνευση οδικώς (περίπου -170 kg CO<sub>2</sub>e/t απόβλητων τροφίμων). Και οι δύο διαδρομές προς την αναερόβια χώνευση ήταν καλύτερες από την κομποστοποίηση, την καύση ή την ταφή των απορριμμάτων τροφίμων (-14, 13 και 740 kg CO<sub>2</sub>e/t αποβλήτων τροφίμων, αντίστοιχα).

## 7 Σχεδιασμός και λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων πριν και μετά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων

---

### 7.1 Γενικά

Η χρήση του νερού για οικιακούς και άλλους σκοπούς (π.χ. εμπορικές, βιομηχανικές και γενικότερα αστικές δραστηριότητες) έχει ως αποτέλεσμα την αλλοίωση των ποιοτικών του χαρακτηριστικών και την αύξηση των συγκεντρώσεων των ρυπαντικών ουσιών (οργανικό φορτίο, άζωτο, φώσφορος, παθογόνα, ενδεχόμενες τοξικές ύλες, κλπ.). Η απόρριψη του χρησιμοποιημένου αυτού νερού, δηλαδή των λυμάτων ή αστικών υγρών αποβλήτων, στο περιβάλλον οδηγεί συχνά στην επιβάρυνσή του. Για την αποφυγή των επιπτώσεων αυτών, τα λύματα συλλέγονται από τα σπίτια και οδηγούνται στο δίκτυο αποχέτευσης. Η ροή στους αγωγούς του δικτύου γίνεται, συνήθως, με βαρύτητα και ελεύθερη επιφάνεια και τα λύματα, πριν την απόρριψή τους στον τελικό αποδέκτη (θάλασσα, ποτάμι, λίμνη, έδαφος), υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, με στόχο την ελαχιστοποίηση των ενδεχόμενων δυσμενών επιπτώσεων στον αποδέκτη.

Ο καθαρισμός των λυμάτων στις Ε.Ε.Λ. βασίζεται στη συνδυασμένη εφαρμογή φυσικοχημικών και βιολογικών (βιοχημικών) διεργασιών. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται με περιγραφικό τρόπο ένα ολοκληρωμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων και όλες οι μαθηματικές σχέσεις των παραπάνω διεργασιών. Για κάθε μεταβλητή που εξετάζεται, γράφεται η αντίστοιχη εξίσωση με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός συστήματος εξισώσεων. Οι επιμέρους μονάδες επεξεργασίας, που συνθέτουν τις Ε.Ε.Λ., απομακρύνουν από την υγρή φάση (λύμα) τις ανεπιθύμητες ουσίες (ρυπαντές) μέσω φυσικοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών. Μεγάλο μέρος των ουσιών αυτών μετατρέπεται σε ένα παχύρευστο υγρό μικρής παροχής, την ιλύ, η οποία δεν μπορεί να διατεθεί στο περιβάλλον χωρίς προηγούμενη επεξεργασία.

Η σύνθεση των επιμέρους μονάδων για τη διαμόρφωση του κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας αποτελεί ένα από τα κύρια έργα του Υγειονολόγου Μηχανικού. Η σύνθεση αυτή πρέπει να γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά των λυμάτων, την αφομοιωτική ικανότητα του αποδέκτη, το μέγεθος της εγκατάστασης, τις επιτόπιες συνθήκες και την ισχύουσα νομοθεσία. Με τον κατάλληλο συνδυασμό των διαφόρων σταδίων μιας Ε.Ε.Λ. είναι δυνατό να επιτευχθεί κάθε φορά ο απαιτούμενος βαθμός επεξεργασίας. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μια σύντομη αναφορά στα επιμέρους στάδια ενός τυπικού

ολοκληρωμένου συστήματος επεξεργασίας, το οποίο εφαρμόζεται για αποδέκτες με αυστηρά κριτήρια ποιότητας.

Το στάδιο της προκαταρκτικής και πρωτοβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνει, συνήθως, εσχάρες, εξαμμωτές, απολύμαντες και δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης. Βασίζεται σε φυσικοχημικές διαδικασίες και επιτυγχάνει μερική απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και του BOD. Το στάδιο της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας στηρίζεται, κατά κύριο λόγο, σε βιολογικές διεργασίες και περιλαμβάνει ένα βιολογικό αντιδραστήρα και μια δεξαμενή τελικής καθίζησης. Στο στάδιο αυτό επιτελείται σχεδόν πλήρης απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και του BOD, κατά περίπτωση δε μπορεί να γίνει και απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου (π.χ. όταν ο αποδέκτης των λυμάτων είναι ευαίσθητος). Το στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας αποτελεί σύνθεση επιμέρους μονάδων, η οποία ποικίλλει ανάλογα με τους ρύπους, που πρόκειται να υποστούν επεξεργασία. Η απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών των λυμάτων (αζώτου και φωσφόρου), όταν δε γίνεται κατά το στάδιο της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, μπορεί να γίνει στο στάδιο αυτό με τη βοήθεια πρόσθετων βιολογικών διαδικασιών. Το στάδιο επεξεργασίας της ιλύος χρησιμεύει για την κατάλληλη επεξεργασία των ιλύων που προκύπτουν από τα άλλα στάδια καθαρισμού των λυμάτων, έτσι ώστε να είναι ασφαλής η διάθεσή τους. Συνήθως αποτελείται από τους παχυντές, τους χωνευτές και το σύστημα αφυδάτωσης. Η απολύμανση έχει ως σκοπό την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών των λυμάτων και εφαρμόζεται όταν υπάρχει κίνδυνος μετάδοσής τους λόγω των χρήσεων του αποδέκτη (άρδευση, κολύμβηση, κ.α.).

Το σύστημα της ενεργού ιλύος, όπως είναι και το σύστημα που εφαρμόζεται σε αυτή την εργασία, είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο σύστημα βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων. Αναπτύχθηκε αρχικά από τους Arden και Lockett στο Μάντσεστερ της Αγγλίας στις αρχές του αιώνα, αλλά η ευρεία εφαρμογή του άρχισε μετά το 1940. Από τότε η συνεχής εξέλιξη του συστήματος οδήγησε σε αρκετές παραλλαγές του τυπικού συστήματος, που αύξησαν τις δυνατότητες εφαρμογής του. Ο πρωταρχικός στόχος ενός συστήματος ενεργού ιλύος είναι η διάσπαση και απομάκρυνση του οργανικού φορτίου των λυμάτων με μηχανισμούς βιολογικής οξειδωσης και σύνθεσης, ενώ στην απομάκρυνση τόσο των οργανικών όσο και των ανόργανων στερεών συμβάλουν και οι μηχανισμοί της βιοπροσρόφησης. Στις διάφορες παραλλαγές του, το σύστημα ενεργού ιλύος έχει τη δυνατότητα για σχεδόν πλήρη βιολογική απομάκρυνση των θρεπτικών των λυμάτων, δηλαδή του αζώτου και του φωσφόρου, καθώς και για παραγωγή σταθεροποιημένης ιλύος.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε ένα αντίστοιχο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων, που επιτελεί και απομάκρυνση αζώτου μέσω των διαδικασιών νιτροποίησης και απονιτροποίησης, χωρίς όμως την εφαρμογή του σταδίου της τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Επίσης, δε θα υπάρξει περαιτέρω αναφορά στο στάδιο της απολύμανσης, αν και γενικότερα η εφαρμογή του είναι απαραίτητη.

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθεί ένα απλοποιημένο μοντέλο, που βασίζεται στο χρόνο παραμονής των στερεών,  $\theta_c$ , το οποίο έχει εφαρμοσθεί με πολύ καλά αποτελέσματα για το σχεδιασμό συστημάτων ενεργού ιλύος για απομάκρυνση οργανικού άνθρακα και νιτροποίηση. Συγκεκριμένα, θα εξεταστεί η λειτουργία δύο πρότυπων θεωρητικών

Ε.Ε.Λ. δύο πόλεων ισοδύναμου πληθυσμού 10 000 και 100 000 κατοίκων πριν και μετά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Στις παραγράφους που ακολουθούν, αναλύονται οι σχέσεις υπολογισμού, οι παράμετροι και οι παραδοχές σχεδιασμού μιας πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης, τα διαφορετικά σενάρια υπολογισμού και τα τελικά συγκεντρωτικά αποτελέσματα του θεωρητικού μοντέλου.

Σε πρώτη φάση, θα πραγματοποιηθεί η κατάστρωση του σχεδιαστικού μαθηματικού μοντέλου ενεργού ιλύος και η αναλυτική διαστασιολόγηση των δύο Ε.Ε.Λ., ώστε στη συνέχεια να είναι δυνατή η εξέταση και αξιολόγηση των επιπτώσεων των διαφόρων σεναρίων εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις.

Επισημαίνεται ότι η πρότυπη θεωρητική Ε.Ε.Λ. της πόλης των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων λειτουργεί με συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος χωρίς την ύπαρξη πρωτοβάθμιας καθίζησης, δηλαδή πραγματοποιούνται μόνο τα στάδια της προεπεξεργασίας και της βιολογικής επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Η γραμμή επεξεργασίας της περίσσειας ιλύος αποτελείται από τις εξής επιμέρους μονάδες: 1) μονάδα μηχανικής πάχυνσης ιλύος (τράπεζα/ες πάχυνσης) και 2) μονάδα μηχανικής αφυδάτωσης ιλύος (ταινιοφιλτρόπρεσσα/ες).

Από την άλλη πλευρά, η πρότυπη θεωρητική Ε.Ε.Λ. του σεναρίου των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων λειτουργεί με συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος και παράλληλη ύπαρξη πρωτοβάθμιας καθίζησης. Η γραμμή επεξεργασίας της περίσσειας ιλύος αποτελείται από τις εξής επιμέρους μονάδες: 1) παχυντής βαρύτητας πρωτοβάθμιας ιλύος, 2) μονάδα μηχανικής πάχυνσης δευτεροβάθμιας ιλύος (τράπεζα/ες πάχυνσης), 3) δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας ιλύος, 4) μονάδα μηχανικής αφυδάτωσης ιλύος (φυγοκεντρικής αφυδάτωσης).

Αναφέρεται, ακόμη, ότι για κάθε εγκατάσταση θα πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης και των παραγόμενων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα διάφορα στάδια της επεξεργασίας των λυμάτων.

## **7.2 Παρουσίαση και κατάστρωση του σχεδιαστικού μαθηματικού μοντέλου ενεργού ιλύος για τη διαστασιολόγηση των Ε.Ε.Λ.**

### **7.2.1 Παρουσίαση γενικών στοιχείων για τα σενάρια των Ε.Ε.Λ. που θα μελετηθούν**

*Παροχή σχεδιασμού και ρυπαντικά φορτία εισόδου*

Η εκτίμηση των παροχών των αστικών λυμάτων βασίζεται στην αντίστοιχη παροχή υδατικής κατανάλωσης, αφού αφαιρεθούν οι ποσότητες που δεν καταλήγουν στο δίκτυο αποχέτευσης. Η υπόλοιπη ποσότητα, η οποία καταλήγει στο αποχετευτικό δίκτυο και κατ' επέκταση στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, εκτιμάται σαν σταθερό ποσοστό των καταναλώσεων ύδρευσης, το οποίο εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας και για την εφαρμογή του θεωρητικού μοντέλου λαμβάνεται υδατική κατανάλωση ίση με 250 L ανά κάτοικο και ημέρα, ενώ η ειδική

παροχή των αστικών λυμάτων λαμβάνεται ίση με το 80% της ειδικής κατανάλωσης νερού. Ως παροχή σχεδιασμού της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) λαμβάνεται η μέγιστη ημερήσια παροχή λυμάτων (ισοδύναμος πληθυσμός επί την ειδική παροχή λυμάτων).

Το εισερχόμενο ρυπαντικό φορτίο των αστικών λυμάτων υπολογίσθηκε σύμφωνα με τον ισοδύναμο πληθυσμό σχεδιασμού της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης. Για τον υπολογισμό των συνολικά εισερχόμενων ρυπαντικών φορτίων στην εγκατάσταση χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες ανά κάτοικο και ημέρα φορτίσεις (ειδικά ρυπαντικά φορτία):

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD<sub>5</sub>): 60 g ανά κάτοικο και ημέρα

Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS): 75 g ανά κάτοικο και ημέρα

Ολικό άζωτο (TN): 12 g ανά κάτοικο και ημέρα

Ολικός φώσφορος (TP): 2.5 g ανά κάτοικο και ημέρα

Σημαντική είναι η διάκριση των ολικών στερεών εισόδου σε πτητικά (VSS) και αδρανή (FSS). Πτητικά είναι τα στερεά που εξαερώνονται σε θερμοκρασία 500°C. Το υπόλοιπο της καύσης αποτελούν τα αδρανή. Κατά προσέγγιση, τα πτητικά στερεά αντιστοιχούν στα οργανικά στερεά και τα αδρανή στα ανόργανα. Για τα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα λαμβάνεται ότι τα αιωρούμενα πτητικά στερεά (VSS) αποτελούν το 70% των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS).

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται η παροχή και τα ρυπαντικά φορτία σχεδιασμού των πρότυπων θεωρητικών εγκαταστάσεων, σύμφωνα με τις παραδοχές και τα ειδικά ρυπαντικά φορτία που παρουσιάστηκαν ανωτέρω. Σημειώνεται ότι τα ρυπαντικά φορτία των λυμάτων προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό του εκάστοτε ειδικού ρυπαντικού φορτίου και του ισοδύναμου πληθυσμού σχεδιασμού.

Πίνακας 7.1: Παροχή σχεδιασμού και ρυπαντικά φορτία εισόδου στην Ε.Ε.Λ.

Παράμετρος	Μονάδες	1 <sup>ο</sup> σενάριο	2 <sup>ο</sup> σενάριο
Θερμοκρασία T	°C	18	18
Ισοδύναμος πληθυσμός που εξυπηρετεί η κάθε εγκατάσταση			
Ισοδύναμος πληθυσμός	κάτοικοι	10 000	100 000
Παροχές και ρυπαντικά φορτία εισόδου			
Υδατική κατανάλωση	L/ι.κ./day	250.0	250.0
Ειδική παροχή αστικών λυμάτων	L/ι.κ./day	200.0	200.0
Ημερήσια παροχή λυμάτων, Q	m <sup>3</sup> /day	2 000.0	20 000.0
Ειδικά ρυπαντικά φορτία εισερχόμενων λυμάτων			
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD <sub>5</sub>	g/ι.κ./day	60.0	60.0
Ολικά αιωρούμενα στερεά, TSS	g/ι.κ./day	75.0	75.0
Ολικό άζωτο, TN	g/ι.κ./day	12.0	12.0
Ποσότητες ρυπαντικών φορτίων εισερχόμενων λυμάτων			
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD <sub>5</sub>	kg/day	600.0	6 000.0
Ολικά αιωρούμενα στερεά, TSS	kg/day	750.0	7 500.0
Ολικό άζωτο, TN	kg/day	120.0	1 200.0
Συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων εισερχόμενων λυμάτων			
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD <sub>5</sub>	mg/L	300.0	300.0
Ολικά αιωρούμενα στερεά, TSS	mg/L	375.0	375.0
Ολικό άζωτο, TN	mg/L	60.0	60.0
Συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων εισερχόμενων λυμάτων στην είσοδο της βιολογικής βαθμίδας			
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD <sub>5</sub>	mg/L	300.0	210.0
Ολικά αιωρούμενα στερεά, TSS	mg/L	375.0	150.0
Ολικό άζωτο, TN	mg/L	60.0	60.0



Θεωρούμε ότι το ολικό άζωτο που εισέρχεται στην εγκατάσταση είναι σε μορφή αμμωνιακών σε βαθμό 100%.

Σημειώνεται ότι ο ισοδύναμος πληθυσμός αποτελεί μονάδα μέτρησης της αποικοδομήσιμης οργανικής ύλης, που αντιστοιχεί στο μέσο φορτίο της εν λόγω ρύπανσης, που παράγεται ανά άτομο και ημέρα. Η Οδηγία 91/271/Ε.Ο.Κ. θεσπίζει ως όριο του εν λόγω φορτίου τα 60 g BOD<sub>5</sub> ανά κάτοικο και ημέρα. Το μέγεθος του οικισμού, που εκφράζεται σε μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού, αντιστοιχεί στο οργανικό φορτίο που παράγει ο οικισμός κατά τη διάρκεια μιας μέσης ημέρας της εβδομάδας του έτους με τη μέγιστη παραγωγή αστικών λυμάτων.

Τονίζεται ότι για την πρότυπη θεωρητική εγκατάσταση δυναμικότητας 100 000 ισοδύναμων κατοίκων, που λειτουργεί με συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος και παράλληλη ύπαρξη δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης, ελήφθησαν συντελεστές απομείωσης του οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών, που τελικά οδηγούνται στη βιολογική βαθμίδα. Έγινε η παραδοχή ότι στη μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης της εγκατάστασης απομακρύνεται το 30% του εισερχόμενου βιοχημικώς απαιτούμενου οξυγόνου (BOD<sub>5</sub>) και το 60% των εισερχόμενων ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS).

#### *Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής*

Τα επεξεργασμένα λύματα των πρότυπων θεωρητικών εγκαταστάσεων πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές της σχετικής νομοθεσίας και συγκεκριμένα της Οδηγίας 91/271/Ε.Ο.Κ. για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, οι ελάχιστες απαιτήσεις της οποίας παρουσιάζονται στον πίνακα 7.2.

Πίνακας 7.2: Απαιτήσεις εκροής επεξεργασμένων λυμάτων από Ε.Ε.Λ. (Οδηγία 91/271/Ε.Ο.Κ.).

Παράμετρος	Μέγιστο επιτρεπτό όριο	Ελάχιστη % μείωση (*)
Μη ευαίσθητοι αποδέκτες		
BOD <sub>5</sub>	25 mg/L	70 – 90%
COD	125 mg/L	75%
TSS	35 mg/L (για οικισμούς με ι.π. άνω των 10 000)	90%
	60 mg/L (για οικισμούς με ι.π. μεταξύ 2 000 και 10 000)	70%
Ευαίσθητοι αποδέκτες (ισχύουν τα ανωτέρω όρια και επιπλέον τα ακόλουθα)		
TN	15 mg/L (για οικισμούς με ι.π. μεταξύ 10 000 και 100 000)	70 – 80%
	10 mg/L (για οικισμούς με ι.π. άνω των 100 000)	
TP	2 mg/L (για οικισμούς με ι.π. μεταξύ 10 000 και 100 000)	80%
	1 mg/L (για οικισμούς με ι.π. άνω των 100 000)	

(\*) εναλλακτικά εφαρμόζεται η τιμή συγκέντρωσης ή το ελάχιστο επιβαλλόμενο όριο μείωσης ρύπανσης των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων

Για τον σχεδιασμό των πρότυπων θεωρητικών εγκαταστάσεων έγινε η παραδοχή ότι η τελική διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται σε ευαίσθητο αποδέκτη με περιοριστικό παράγοντα ως προς τον ευτροφισμό το άζωτο και για αυτό, σύμφωνα με τον πίνακα 2 του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας 91/271/Ε.Ο.Κ., εφαρμόζεται μόνο το όριο για το ολικό άζωτο εξόδου. Άρα, εκτός από την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών, προβλέπεται και η πλήρης νιτροποίηση – απονιτροποίηση των εισερχομένων λυμάτων.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των ρυπαντικών φορτίων εξόδου της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης για τα δύο σενάρια υπολογισμού. Σε κάθε περίπτωση τηρούνται τα όρια και οι απαιτήσεις της Οδηγίας 91/271/Ε.Ο.Κ.

Πίνακας 7.3: Συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων εξόδου από την Ε.Ε.Λ.

Παράμετρος	Μονάδες	1 <sup>ο</sup> σενάριο	2 <sup>ο</sup> σενάριο
Ρυπαντικά φορτία εξόδου			
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD <sub>5εξ</sub>	mg/L	15.0	15.0
Ολικά αιωρούμενα στερεά, TSS <sub>εξ</sub>	mg/L	15.0	15.0
Ολικό άζωτο, TN <sub>εξ</sub>	mg/L	10.0	10.0
Αμμωνιακό άζωτο, NH <sub>4</sub> – N	mg/L	1.0	1.0

### 7.2.2 Σχέσεις υπολογισμού θεωρητικού μοντέλου – παραδοχές σχεδιασμού

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι ενδεχόμενες μεταβολές στην Ε.Ε.Λ. λόγω της εισροής του επιπρόσθετου οργανικού φορτίου μέσω της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων, προϋπόθεση αποτελεί η διαστασιολόγηση των επιμέρους στοιχείων αυτής, δηλαδή ο προσδιορισμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των δεξαμενών αυτής και των χαρακτηριστικών λειτουργίας του κυρίως ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

Στη συνέχεια της παρούσας παραγράφου παρουσιάζονται αναλυτικά οι σχέσεις υπολογισμού και οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε επιμέρους μονάδα της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης.

#### *Εργα Προεπεξεργασίας*

Τα έργα προεπεξεργασίας έχουν ως στόχο να απομακρύνουν από τα λύματα υλικά τα οποία επιπλέουν ή βρίσκονται σε αιώρηση και τα οποία με το μέγεθος ή τα χαρακτηριστικά τους εγκυμονούν κινδύνους έμφραξης αγωγών, καταστροφής του μηχανολογικού εξοπλισμού (π.χ. αντλίες) και δυσλειτουργίας των μονάδων επεξεργασίας που ακολουθούν. Ένα τυπικό σύστημα αποτελείται από την εσχάρωση, την εξάμμωση – απολίπανση και τη μέτρηση παροχής. Η συνεισφορά της προεπεξεργασίας στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου, των θρεπτικών και των παθογόνων είναι αμελητέα και δε λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό. Κατά συνέπεια, δεν αναμένεται πρακτική επίδραση από την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στα νοικοκυριά. Οι μονάδες της εγκατάστασης προεπεξεργασίας, παρά το γεγονός ότι σχεδιάζονται με την παροχή αιχμής, καταλαμβάνουν σχετικά μικρή έκταση. Λόγω των έντονων δυσσομιών, συνήθως, τοποθετούνται εντός κτιρίου (σε κάθε περίπτωση οπωσδήποτε η μονάδα εσχάρωσης), ο αέρας του οποίου αποσμείται.

Η μονάδα εσχάρωσης αποσκοπεί στην απομάκρυνση ογκωδών σωμάτων από τα λύματα και αποτελεί απαραίτητη μονάδα σε κάθε εγκατάσταση επεξεργασίας. Οι εξαμμωτές ακολουθούν τις εσχάρες και έχουν ως στόχο την απομάκρυνση της άμμου και άλλων βαριών αιωρούμενων ανόργανων συστατικών, αλλά όχι των ελαφρότερων οργανικών σε αιώρηση σωματιδίων. Συχνά, ένας εξαμμωτής περιέχει και διάταξη για την απομάκρυνση των λιπών και ελαίων που περιέχονται στα απόβλητα, η οποία καλείται λιποσυλλέκτης.

Ο λιποσυλλέκτης είναι ένας επιμήκης χώρος ηρεμίας, όπου συγκεντρώνονται στην επιφάνεια τα λίπη. Λόγω της πρόσφυσης των φυσαλίδων του αέρα, που διαχέεται στη δεξαμενή εξάμμοσης, τα σωματίδια του λίπους επιπλέουν στην επιφάνεια του λιποσυλλέκτη. Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, που μελετώνται στην παρούσα εργασία, αναμένεται ότι η εγκατάσταση των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά, ειδικά στα υψηλά ποσοστά εφαρμογής τους, θα προκαλέσει μια αύξηση των λιπών και ελαίων στη μονάδα απολίπανσης, η οποία, ωστόσο, δεν ερευνάται στα πλαίσια της εργασίας αυτής.

A. Εσχάρωση (κριτήρια σχεδιασμού των εσχάρων)

1. Κριτήριο μέγιστης ταχύτητας: για παροχή αιχμής  $Q_{\text{αιχμής}} \rightarrow V_{\text{max}} = 1.2 \text{ m/s}$
2. Κριτήριο ελάχιστης ταχύτητας: για ελάχιστη παροχή  $Q_{\text{min}} \rightarrow V_{\text{min}} = 0.3 \text{ m/s}$

B. Εξάμμοση

Ο σχεδιασμός των δεξαμενών εξάμμοσης πραγματοποιείται θεωρώντας ότι ισχύει παροχή σχεδιασμού  $Q_{\text{σχ}} = Q_{\text{αιχμής}}/2$ .

*Δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης*

Τα ανεπεξέργαστα λύματα περιέχουν σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων στερεών με ειδικό βάρος μεγαλύτερο του νερού, οι οποίες λόγω της ροής των λυμάτων παραμένουν σε αιώρηση. Σκοπός της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση ενός σημαντικού μέρους των αιωρούμενων στερεών με καθίζηση σε δεξαμενές όπου επικρατούν συνθήκες σχετικής ηρεμίας. Καθώς σημαντικό μέρος των οργανικών ενώσεων βρίσκεται σε σωματιδιακή μορφή, η αφαίρεση των αιωρούμενων στερεών έχει ως πρόσθετο αποτέλεσμα την αξιόλογη απομάκρυνση οργανικού φορτίου (BOD), που κυμαίνεται μεταξύ 24 – 40%. Άλλωστε, τα οργανικά στερεά αποτελούν περίπου το 70% των συνολικών αιωρούμενων στερεών. Συγχρόνως, δημιουργούνται ευμενέστερες συνθήκες για το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας, αφού μειώνεται το οργανικό φορτίο με αποτέλεσμα την κατασκευή οικονομικότερης βιολογικής βαθμίδας. Παράλληλα με τα καθιζήσιμα στερεά απομακρύνονται από την επιφάνεια της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης και επιπλέοντα στερεά, όπως λάδια και λίπη.

Προϊόν της πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι η πρωτοβάθμια ιλύς, η οποία είναι επιβαρυνμένη με σημαντικό οργανικό φορτίο και για το λόγο αυτό επιβάλλεται η σταθεροποίησή της πριν τη διάθεσή της.

Ο σχεδιασμός των δεξαμενών καθίζησης βασίζεται, συνήθως, σε εμπειρικά κριτήρια σχεδιασμού και σε λειτουργικές συναρτήσεις, που συσχετίζουν το βαθμό απομάκρυνσης των αιωρούμενων στερεών με την υδραυλική φόρτιση της δεξαμενής καθίζησης. Σύμφωνα με κάποια εμπειρικά δεδομένα σχεδιασμού των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης, έχουν καθοριστεί τα ακόλουθα σημαντικότερα χαρακτηριστικά σχεδιασμού:

- υδραυλική επιφανειακή φόρτιση
- υδραυλικός χρόνος παραμονής
- πλευρικό βάθος

- φόρτιση υπερχειλιστών

Στην παρούσα μελέτη, η κατασκευή των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης γίνεται σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια σχεδιασμού:

α) κριτήριο υδραυλικής φόρτισης: 30 – 50 m/day

β) κριτήριο φόρτισης υπερχειλιστών: 125 – 375 m<sup>3</sup>/day.

#### *Βιολογική βαθμίδα*

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των αστικών λυμάτων ακολουθεί, συνήθως, την πρωτοβάθμια και αποσκοπεί στη περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου (BOD) και των αιωρούμενων στερεών (TSS), ενώ ακόμα μπορεί να στοχεύει στη μείωση των αζωτούχων (N) και φωσφορικών (P) ενώσεων, που μπορεί να υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Με δεδομένο ότι το κυριότερο ρυπαντικό φορτίο στα αστικά λύματα είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος (σε ποσοστό περίπου 70 %) οργανικής σύνθεσης, η βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στηρίζεται στη βιοχημική αποικοδόμηση και μετατροπή των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα, τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται με καθίζηση. Κατά τη βιολογική διεργασία οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν ένα μέρος της τροφής (του υποστρώματος) σε διεργασίες αποσύνθεσης, εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη για τις λειτουργικές τους ανάγκες ενέργεια, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούν ένα άλλο μέρος του υποστρώματος για τη σύνθεση της κυτταρικής τους δομής.

Στη βιολογική βαθμίδα συντελούνται η διεργασία της απονιτροποίησης (ανοξικές δεξαμενές) και οι διεργασίες της βιολογικής απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου και της νιτροποίησης (δεξαμενές αερισμού). Η βιολογική βαθμίδα της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης αποτελείται από δύο ισοδύναμες παράλληλες γραμμές, έκαστη των οποίων περιλαμβάνει σε σειρά:

- Δεξαμενή απονιτροποίησης (ανοξική δεξαμενή)
- Δεξαμενή αερισμού – νιτροποίησης
- Δεξαμενή τελικής καθίζησης (Δ.Τ.Κ.)

A. Προσδιορισμός χρόνου παραμονής μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού,  $\theta_c$

Η απομάκρυνση του οργανικού άνθρακα επιτυγχάνεται χάρη στη δράση των ετεροτροφικών μικροοργανισμών (βακτηρίων), οι οποίοι καταναλώνουν οργανική ύλη για να αναπαραχθούν και να αυξήσουν τη βιομάζα τους. Παράλληλα, για τη νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου κύριοι υπεύθυνοι είναι οι αυτοτροφικοί μικροοργανισμοί (νιτροποιητικά βακτήρια). Ο υπολογισμός του χρόνου παραμονής των στερεών  $\theta_c$  στη δεξαμενή αερισμού προσδιορίζεται από τη βασική λειτουργική συνάρτηση του συστήματος ενεργού ιλύος πλήρους μίξης:

$$\frac{1}{\theta_c} = \mu - b \quad (7.1)$$

όπου

$\theta_c$  ο χρόνος παραμονής των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού (days)

$\mu$  η ειδική ταχύτητα ανάπτυξης των μικροοργανισμών ( $\text{days}^{-1}$ )

$b$  η ειδική ταχύτητα φθοράς των μικροοργανισμών ( $\text{days}^{-1}$ )

Η επιλογή του χρόνου παραμονής των μικροοργανισμών είναι σημαντική, καθώς επηρεάζει το βαθμό καθαρισμού των λυμάτων, αλλά και τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της πλεονάζουσας ύλης. Σύμφωνα, λοιπόν, με την παραπάνω σχέση είναι απαραίτητο να υπολογιστούν οι χρόνοι παραμονής τόσο των ετεροτροφικών μικροοργανισμών όσο και των νιτροποιητών.

A1. Προσδιορισμός χρόνου παραμονής ετεροτροφικών μικροοργανισμών,  $\theta_c^H$

Η ειδική ταχύτητα ανάπτυξης των ετεροτροφικών οργανισμών εκφράζεται από την κινητική Monod και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\mu_H = \mu_{max}^H \cdot \frac{F}{F + K_{SH}} \cdot \frac{DO}{DO + K_{DO}} \quad (7.2)$$

όπου

$\mu_H$  η ειδική ταχύτητα ανάπτυξης των ετεροτροφικών μικροοργανισμών ( $\text{days}^{-1}$ )

$\mu_{max}^H$  η μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης των ετεροτροφικών μικροοργανισμών σε θερμοκρασία  $T$ , °C, ( $\text{days}^{-1}$ )

$F$  η συγκέντρωση του διαλυτού BOD<sub>5</sub> στην έξοδο (mg/L)

$K_{SH}$  η σταθερά κορεσμού Monod (mg/L)

$DO$  η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (mg/L)

$K_{DO}$  η σταθερά κορεσμού για το οξυγόνο (mg/L)

Σημειώνεται ότι η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (DO) έχει επίδραση στους ετεροτροφικούς οργανισμούς. Ωστόσο, η τιμή της σταθεράς κορεσμού είναι σημαντικά μικρή, με αποτέλεσμα να μην επηρεάζεται ιδιαίτερα η διαδικασία της απομάκρυνσης οργανικού άνθρακα, ακόμη και για σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις DO. Για το λόγο αυτό, στην κινητική ανάπτυξης των ετεροτροφικών οργανισμών δε λαμβάνεται υπόψη η επίδραση του DO, θεωρώντας ότι στο βαθμό που επικρατούν αερόβιες συνθήκες υπάρχει επάρκεια οξυγόνου για τις διαδικασίες μεταβολισμού.

Κατά συνέπεια, ο απαραίτητος χρόνος παραμονής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\frac{1}{\theta_c^H} = \mu_H - b_H \Rightarrow \frac{1}{\theta_c^H} = \mu_{max}^H \cdot \frac{F}{F + K_{SH}} - b_H \quad (7.3)$$

όπου

$\theta_c^H$  ο χρόνος παραμονής των ετεροτροφικών μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού (days)

$b_H$  η ειδική ταχύτητα φθοράς των ετεροτροφικών μικροοργανισμών ( $\text{days}^{-1}$ )

Γνωρίζουμε ότι η συγκέντρωση της τροφής  $F$  στην έξοδο αφορά στο διαλυμένο  $\text{BOD}_5$ . Το επιθυμητό, όμως,  $\text{BOD}_5$  στην εκροή, όπως καθορίζεται και από τη νομοθεσία, αφορά στο συνολικό, δηλαδή το άθροισμα του διαλυμένου και σωματιδιακού  $\text{BOD}_5$ . Κατά συνέπεια, είναι αναγκαία η εκτίμηση του σωματιδιακού (με τη μορφή αιωρούμενων στερεών)  $\text{BOD}_5$ , έτσι ώστε με αφαίρεση από το ολικό να προκύψει το διαλυτό, το οποίο είναι η αφετηρία των υπολογιστικών διαδικασιών για τη διαστασιολόγηση της εγκατάστασης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, προκύπτει ότι για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης της τροφής  $F$  για τα ετεροτροφικά βακτήρια, δηλαδή το ποσοστό του  $\text{BOD}_5$  που είναι διαλυτό και άρα υδρόλυσιμο, ισχύει ότι:

$$BOD_{ολ}^{\varepsilon\xi} = BOD^{\sigma\omega\mu\alpha\tau\iota\delta\iota\alpha\kappa\acute{o}} + BOD^{\delta\iota\alpha\lambda\upsilon\tau\acute{o}} \quad (7.4)$$

$$F = BOD^{\delta\iota\alpha\lambda\upsilon\tau\acute{o}} \quad (7.5)$$

Η συγκέντρωση του σωματιδιακού  $\text{BOD}_5$  είναι άμεσα συσχετισμένη με τη συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών TSS στην έξοδο, η οποία με τη σειρά της επηρεάζεται από το σχεδιασμό και τη λειτουργία των Δ.Τ.Κ. Για ιδανική καθίζηση η συγκέντρωση των TSS πρέπει να είναι μηδενική. Ωστόσο, στην πράξη η συγκέντρωση των TSS κυμαίνεται μεταξύ 10 – 30 mg/L, με συνηθέστερες τιμές κοντά στα 15 – 20 mg/L. Από μετρήσεις έχει διαπιστωθεί μια αναλογία περίπου 0.5 – 0.7 g  $\text{BOD}_5/\text{g}$  TSS. Επομένως, θα πρέπει να αναμένεται συγκέντρωση σωματιδιακού  $\text{BOD}_5$  στην εκροή της τάξης των 8 – 14 mg/L.

Στην παρούσα μελέτη, έχοντας θεωρήσει ότι  $BOD_5^{\varepsilon\xi} = 15 \text{ mg} / L$  και  $TSS_{\varepsilon\xi} = 15 \text{ mg} / L$  και ότι το ποσοστό του σωματιδιακού  $\text{BOD}_5$  είναι ίσο με 50%, μπορούμε να υπολογίσουμε τη διαθέσιμη στα ετεροτροφικά βακτήρια τροφή, η οποία θα είναι ίση με:

$$F = BOD_{ολ}^{\varepsilon\xi} - BOD_{\sigma\omega\mu\alpha\tau\iota\delta\iota\alpha\kappa\acute{o}} = BOD_{ολ}^{\varepsilon\xi} - 0.50 \cdot TSS_{\varepsilon\xi} = 15 - 0.50 \cdot 15 = 7.5 \text{ mg} / L$$

Έπειτα, υπολογίζεται η μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης των ετεροτροφικών μικροοργανισμών σε θερμοκρασία  $18^\circ\text{C}$  σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$\mu_{H \max} = \mu_{H, \max, 20} \cdot \exp(k_H (T - 20)) \quad (7.6)$$

όπου

$\mu_{H, \max, 20}$  η μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης των ετεροτροφικών μικροοργανισμών για  $T=20^\circ\text{C}$ , ( $\text{days}^{-1}$ )

$T$  η θερμοκρασία ( $^\circ\text{C}$ )

$k_H$  σταθερά

A2. Προσδιορισμός χρόνου παραμονής αυτοτροφικών μικροοργανισμών,  $\theta_c^N$

Η ειδική ταχύτητα ανάπτυξης των αυτοτροφικών οργανισμών εκφράζεται από την κινητική Monod και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\mu_N = \mu_{max}^N \cdot \frac{NH_4 - N}{NH_4 - N + K_{SN}} \cdot \frac{DO}{DO + K_{DO,N}} \quad (7.7)$$

όπου

- $\mu_N$  η ειδική ταχύτητα ανάπτυξης των αυτοτροφικών μικροοργανισμών (days<sup>-1</sup>)
- $\mu_{max}^N$  η μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης των αυτοτροφικών μικροοργανισμών σε θερμοκρασία T, °C, (days<sup>-1</sup>)
- $NH_4 - N$  η συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου στην έξοδο (mg/L)
- $K_{SN}$  η σταθερά κορεσμού Monod (mg/L)
- $DO$  η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (mg/L)
- $K_{DO,N}$  η σταθερά κορεσμού για το οξυγόνο (mg/L)

Κατά συνέπεια, ο απαραίτητος χρόνος παραμονής για την ολοκλήρωση της νιτροποίησης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\frac{1}{\theta_c^N} = \mu_N - b_N \Rightarrow \frac{1}{\theta_c^N} = \mu_{max}^N \cdot \frac{NH_4 - N}{NH_4 - N + K_{SN}} \cdot \frac{DO}{DO + K_{DO,N}} - b_N \quad (7.8)$$

όπου

- $\theta_c^N$  ο χρόνος παραμονής των αυτοτροφικών μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού (days)
- $b_N$  η ειδική ταχύτητα φθοράς των αυτοτροφικών μικροοργανισμών (days<sup>-1</sup>)

Σαν όριο της συγκέντρωσης του αμμωνιακού αζώτου στην έξοδο τίθεται το 1 mg/L , ενώ η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού επιλέγεται ίση με 1 mg/L. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι σταθερές κορεσμού λαμβάνουν τις τιμές  $K_{SN}=0.5$  mg/L και  $K_{DO,N}=0.5$  mg/L.

Ακολουθεί ο υπολογισμός της μέγιστης ταχύτητας ανάπτυξης των νιτροποιητών σε θερμοκρασία 18°C, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\mu_{Nmax} = \mu_{N,max,20} \cdot \exp(k_N (T - 20)) \quad (7.9)$$

όπου

- $\mu_{N,max,20}$  η μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης των αυτοτροφικών μικροοργανισμών για T=20°C, (days<sup>-1</sup>)
- $k_N$  σταθερά

Επισημαίνεται ότι επειδή η διαδικασία της νιτροποίησης είναι περισσότερο ευαίσθητη στην παρουσία τοξικών παραγόντων σε σύγκριση με τη συνολική διαδικασία απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου, για αυτό αυξάνουμε το χρόνο παραμονής των νιτροποιητών, πολλαπλασιάζοντας με ένα συντελεστή ασφαλείας SF, ώστε να



διασφαλίσουμε ότι, ακόμη και στην περίπτωση εισροής τοξικών, δε θα υπάρξει πρόβλημα.

Από τους δυο παραπάνω χρόνους παραμονής επιλέγουμε το μεγαλύτερο, προκειμένου να προλάβουν να αναπτυχθούν και τα δυο είδη μικροοργανισμών. Συνεπώς, ο τελικός χρόνος παραμονής των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού του συστήματος υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\theta_{c,A} = \max\{\theta_c^H, SF \cdot \theta_c^N\}$$

#### B. Υπολογισμός του απαραίτητου αερόβιου όγκου του συστήματος

Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου όγκου της δεξαμενής αερισμού, εφαρμόζουμε τις παρακάτω σχέσεις:

$$\lambda = \frac{\theta}{\theta_c} \quad (7.10)$$

$$\theta = \frac{V_{\Delta.A.}}{Q} \quad (7.11)$$

όπου

$\lambda$  βοηθητική μεταβλητή (ο λόγος του υδραυλικού χρόνου παραμονής προς τον χρόνο παραμονής των στερεών στη δεξαμενή αερισμού)

$\theta$  ο υδραυλικός χρόνος παραμονής των λυμάτων (days)

$V_{\Delta.A.}$  ο όγκος της δεξαμενής αερισμού ( $m^3$ )

$Q$  παροχή εισερχόμενων λυμάτων ( $m^3/day$ )

Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει ότι:

$$V_{\Delta.A.} = \lambda \cdot \theta_c \cdot Q \quad (7.12)$$

Η τιμή του  $\lambda$  προσδιορίζεται, αν επιλύσουμε ως προς  $\lambda$  την εξίσωση από την οποία προκύπτει η ολική συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών (MLSS) στο ανάμικτο υγρό. Ισχύει ότι:

$$MLSS = X_H + X_{Hd} + S_V + S_f + X_N \quad (7.13)$$

Αναλυτικά, ισχύει ότι:

$$MLSS = \frac{1}{\lambda} \cdot \left[ (1 + \beta \cdot b_H \cdot \theta_c) \cdot \frac{Y_H \cdot E_H \cdot F_o}{1 + b_H \cdot \theta_c} + a \cdot S_{Vo} + S_{fo} + \frac{Y_N \cdot E_N \cdot (NH_4 - N)_o}{1 + b_N \cdot \theta_c} + S_{f\chi\eta\mu} \right] \quad (7.14)$$

όπου

$MLSS$  ολική συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών ανάμικτου υγρού ( $m^3/day$ )

$E_H$  βαθμός απομάκρυνσης οργανικού φορτίου

$E_N$  βαθμός απομάκρυνσης αμμωνιακού αζώτου

$S_{Vo}$	πηκτικά στερεά εισόδου (mg/L)
$S_{fo}$	αδρανή στερεά εισόδου (mg/L)
$F_o$	η συγκέντρωση του BOD <sub>5</sub> στην είσοδο (mg/L)
$F$	η συγκέντρωση του διαλυτού BOD <sub>5</sub> στην έξοδο (mg/L)
$(NH_4 - N)_o$	η συγκέντρωση του ολικού αζώτου στην είσοδο (mg/L) έχοντας υποθέσει ότι όλο το άζωτο εισόδου είναι με τη μορφή αμμωνιακών και δεν υπάρχουν νιτρικά
$NH_4 - N$	η συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου στην έξοδο (mg/L)
$\alpha$	ποσοστό αδρανών διαλυτών στερεών εισόδου (kgSS/kgBOD <sub>5</sub> )
$\beta$	ποσοστό αδρανών διαλυτών στερεών κατά τη φθορά της βιομάζας (kgSS/kgBOD <sub>5</sub> )
$Y_H$	συντελεστής μετατροπής βιομάζας για τους ετεροτροφικούς μικροοργανισμούς (kgVSS/kgBOD <sub>5</sub> )
$Y_N$	συντελεστής μετατροπής βιομάζας για τους αυτοτροφικούς μικροοργανισμούς (kgVSS/kgBOD <sub>5</sub> )

Σημειώνεται ότι οι δύο πρώτοι όροι στην παρένθεση αναφέρονται στους ετεροτροφικούς μικροοργανισμούς ( $X_H$ ) και σε προϊόντα οργανικής προέλευσης, που παράγονται από τη φθορά των ετεροτροφικών μικροοργανισμών και δε διασπώνται ( $X_{Hd}$ ), δηλαδή δεν είναι υδρολύσιμα. Ο τρίτος όρος αφορά στα οργανικά μη βιοδιασπάσιμα στερεά ( $S_V$ ) και ο τέταρτος στα ανόργανα αιωρούμενα στερεά ( $S_f$ ). Ο πέμπτος όρος σχετίζεται με τους νιτροποιητές ( $X_N$ ).

Σύμφωνα με τη σχέση (7.14), υποδεικνύεται ότι είναι σκόπιμη η επιλογή όσο το δυνατόν υψηλότερης τιμής των MLSS, ώστε να προκύπτει ο μικρότερος δυνατός όγκος για τη δεξαμενή αερισμού. Για το λόγο αυτό, ορίζεται ως ανώτατη τιμή συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών στο ανάμικτο υγρό αυτή των 5 500 mg/L, πέραν της οποίας δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα, όπως προβλήματα ανάμιξης και οξυγόνωσης του ανάμικτου υγρού (για υπερβολικά υψηλές τιμές), προβλήματα ασταθούς απόδοσης της εγκατάστασης (λόγω μικρού υδραυλικού χρόνου παραμονής), προβλήματα κατά το διαχωρισμό στερεών – υγρών και τη συμπύκνωση της ίλως. Αντίθετα, μείωση των MLSS οδηγεί σε μείωση του αναγκαίου όγκου των δεξαμενών καθίζησης. Συνεπώς, η επιλογή της τιμής των MLSS μπορεί να γίνει μέσω βελτιστοποίησης του συστήματος δεξαμενής αερισμού – δεξαμενής τελικής καθίζησης, δηλαδή επιλέγεται η τιμή εκείνη που δίνει το μικρότερο συνολικό όγκο δεξαμενής αερισμού και δεξαμενής τελικής καθίζησης. Η επιλογή της τιμής των MLSS έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς αποτελεί τη βάση της ρύθμισης μιας Ε.Ε.Λ., ώστε να λειτουργεί σωστά σε διαφορετικές περιόδους αντιμετώπιζοντας διαφορετικά ρυπαντικά φορτία.

Στην περίπτωση μας, όπως προαναφέρθηκε, επιλέχθηκαν τελικά MLSS=3 500 mg/L.

Για την επίλυση της παραπάνω εξίσωσης με σκοπό τον υπολογισμό του  $\lambda$  και στη συνέχεια τον προσδιορισμό του όγκου της δεξαμενής αερισμού, είναι απαραίτητη η επιλογή των τιμών των σταθερών παραμέτρων που εμφανίζονται στην εξίσωση. Οι τιμές αυτές είναι δυνατό να προσδιοριστούν από εργαστηριακά ομοιώματα ή έργα οδηγούς, κάτι που είναι είτε αδύνατο είτε αντιοικονομικό. Για το λόγο αυτό, καταφεύγουμε στην υπάρχουσα βιβλιογραφία. Ωστόσο, για κάθε παράμετρο παρατηρείται διακύμανση των τιμών της. Επομένως, είναι αναγκαία η επιλογή μιας ομάδας τιμών για όλες τις παραμέτρους, που να έχουν κοινή βιβλιογραφική αναφορά, ώστε να υπάρχει λογική συσχέτιση μεταξύ των τιμών των παραμέτρων.

Έχει γίνει η υπόθεση ότι ο λόγος των οργανικών προς τα ανόργανα αιωρούμενα στερεά είναι ίσος με 0.70, δηλαδή

$$\frac{VSS}{TSS} = 0.70 \quad (7.15)$$

Επομένως, για τα οργανικά στερεά θα ισχύει:

$$S_{v_o} = 0.70 \cdot TSS \quad (7.16)$$

και για τα ανόργανα στερεά θα ισχύει:

$$S_{f_o} = TSS - S_{v_o} \quad (7.17)$$

Τα μη υδρολύσιμα οργανικά στερεά είναι ένα μικρό ποσοστό  $a$  των οργανικών στερεών, το οποίο λαμβάνεται από τη βιβλιογραφία. Είναι δηλαδή  $a \cdot S_{v_o}$ .

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται ο υπολογισμός των βαθμών απόδοσης και των όρων που αφορούν στους μικροοργανισμούς.

Έχοντας ορίσει ένα κοινό χρόνο παραμονής για όλους τους μικροοργανισμούς στη δεξαμενή αερισμού, πρέπει να υπολογιστούν νέες συγκεντρώσεις τόσο για την τροφή όσο και για τα αμμωνιακά, καθώς ο χρόνος αυτός είναι μεγαλύτερος από τους απαραίτητους χρόνους παραμονής για την ολοκλήρωση κάθε διεργασίας, που υπολογίστηκαν αρχικά. Έτσι αλλάζουν οι όροι  $F$  και  $NH_4 - N$ .

Για τα ετεροτροφικά βακτήρια, λύνουμε και πάλι τη σχέση (7.3), με δεδομένο αυτή τη φορά το χρόνο παραμονής των στερεών και άγνωστη την πραγματική συγκέντρωση τροφής λόγω του μεγαλύτερου περιθωρίου, που τελικά δίνεται στους ετεροτροφικούς μικροοργανισμούς για να καταναλώσουν την οργανική ύλη. Άρα, ο βαθμός απόδοσης ως προς την απομάκρυνση των οργανικών θα είναι:

$$E_H = \frac{F_o - F}{F_o} \quad (7.18)$$

Για τα νιτροποιητικά βακτήρια, λύνουμε και πάλι τη σχέση (7.8) με δεδομένο αυτή τη φορά το χρόνο παραμονής των στερεών και άγνωστη την πραγματική συγκέντρωση των αμμωνιακών. Άρα, ο βαθμός απόδοσης ως προς την νιτροποίηση θα είναι:

$$E_N = \frac{(NH_4 - N)_o - NH_4 - N}{(NH_4 - N)_o} \quad (7.19)$$

Έχει γίνει η υπόθεση ότι όλο το άζωτο εισόδου είναι με τη μορφή αμμωνιακών και δεν υπάρχουν νιτρικά.

Στο σημείο αυτό μπορεί να υπολογιστεί και ο πραγματικός λόγος MLVSS/MLSS. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η γνώση του πτητικού μέρους της ενεργού ύλης (MLVSS). Από τους όρους της εξίσωσης υπολογισμού των MLSS οι όροι οργανικής προέλευσης είναι αυτοί που αφορούν στους ετεροτροφικούς μικροοργανισμούς, στους νιτροποιητές και στα οργανικά μη υδρολύσιμα στερεά. Άρα,

$$MLVSS = \frac{1}{\lambda} \cdot \left[ (1 + \beta \cdot b_H \cdot \theta_c) \cdot \frac{Y_H \cdot E_H \cdot F_o}{1 + b_H \cdot \theta_c} + a \cdot S_{V_o} + \frac{Y_N \cdot E_N \cdot (NH_4 - N)^o}{1 + b_N \cdot \theta_c} \right] \quad (7.20)$$

Γ. Υπολογισμός της παροχής ανακυκλοφορίας της ύλης ( $r \cdot Q$ )

Ο συντελεστής ανακυκλοφορίας της ύλης  $r$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$r = \frac{1 - \lambda}{m - 1} \quad (7.21)$$

όπου

$m$  ο βαθμός συμπύκνωσης της ύλης

Επίσης, ισχύει ότι ο βαθμός συμπύκνωσης της ύλης είναι ίσος με:

$$m = \frac{SS_u}{MLSS} \quad (7.22)$$

όπου

$SS_u$  η συγκέντρωση στερεών του υγρού ανακυκλοφορίας (8 000 mg/L)

Δ. Υπολογισμός της παροχής της περίσσειας ύλης

Η παροχή,  $W$ , της περίσσειας ύλης εξαρτάται από το χρόνο παραμονής των στερεών, όπως φαίνεται και από τη σχέση:

$$\theta_c = \frac{V_{AA} \cdot MLSS}{W \cdot SS_u + (Q - W) \cdot TSS_{εξ}} \quad (7.23)$$

Επιλύοντας ως προς  $W$  τη σχέση αυτή προκύπτει η ημερήσια παραγωγή της περίσσειας ύλης, δηλαδή

$$W = \frac{(\lambda \cdot MLSS - TSS_{εξ})}{(m \cdot MLSS - TSS_{εξ})} \cdot Q \quad (7.24)$$

Ε. Υπολογισμός απαιτούμενου όγκου απονιτροποίησης

Η κατασκευή της ανοξικής δεξαμενής γίνεται με σκοπό την απομάκρυνση των νιτρικών μέσω της απονιτροποίησης. Γενικά, οι μικροοργανισμοί θα προτιμούσαν ως οξειδωτικό

της τροφής τους το οξυγόνο. Εκμεταλλευόμενοι τις ανάγκες των μικροοργανισμών, τους αναγκάζουμε να διασπάσουν τα νιτρικά για την οξείδωση του οργανικού άνθρακα, αφού δεν παρέχουμε οξυγόνο στη δεξαμενή αυτή, δηλαδή τους «εξαναγκάζουμε» να απονιτροποιήσουν, κι έτσι προκύπτει ελεύθερο αέριο άζωτο, το οποίο φεύγει προς την ατμόσφαιρα.

Στόχος μας είναι ο υπολογισμός του αζώτου που θα φύγει στην έξοδο ή που θα απομακρυνθεί μέσω της ιλύος από τον πυθμένα της δεξαμενής τελικής καθίζησης, ώστε να προκύψει η ποσότητα των νιτρικών προς απονιτροποίηση, άρα και ο απαιτούμενος όγκος της ανοξικής δεξαμενής.

#### Έξοδος της δεξαμενής τελικής καθίζησης

Η οριακή τιμή για το ολικό άζωτο στην έξοδο της δεξαμενής τελικής καθίζησης είναι 10 mg/L. Πρέπει, δηλαδή, να ισχύει ότι:

$$TN_{εξ} = (NO_3 - N)_{εξ} + (NH_4 - N)_{εξ} + (οργN)_{εξ} \leq 10 \text{ mg/L} \quad (7.25)$$

α) Ως προς το νιτρικό άζωτο  $(NO_3 - N)$  πρέπει στην έξοδο να ισχύει:

$$(NO_3 - N) \leq 7 \text{ mg/L (συντηρητικά)}$$

$$\text{Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται: } ((NO_3 - N)_{εξ} \cdot (Q - W)) \text{ kgN / day} \quad (7.26)$$

β) Ως προς το αμμωνιακό άζωτο  $(NH_4 - N)$  πρέπει στην έξοδο να ισχύει:

$$(NH_4 - N) \leq 2 \text{ mg/L}$$

$$\text{Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται: } ((NH_4 - N)_{εξ} \cdot (Q - W)) \text{ kgN / day} \quad (7.27)$$

γ) Ως προς το οργανικό άζωτο πρέπει στην έξοδο να ισχύει:

$$(οργN) \leq 1 \text{ mg/L}$$

$$\text{Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται: } ((οργN)_{εξ} \cdot (Q - W)) \text{ kgN / day} \quad (7.28)$$

Διαφορετικά, ως προς το ολικό άζωτο στην έξοδο θα απομακρύνονται σε όρους μάζας:

$$((TN)_{εξ} \cdot (Q - W)) \text{ kgN / day} \quad (7.29)$$

#### Ιλύς

Σε όρους μάζας με την δευτεροβάθμια ιλύ θα απομακρύνονται καθημερινά :

α) Ως προς το νιτρικό άζωτο  $(NO_3 - N)$  πρέπει να ισχύει (το ίδιο με την έξοδο):

$$(NO_3 - N) \leq 7 \text{ mg/L (συντηρητικά)}$$

$$\text{Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται: } ((NO_3)_{εξ} \cdot W) \text{ kgN / day} \quad (7.30)$$

β) Ως προς το αμμωνιακό άζωτο  $(NH_4 - N)$  πρέπει να ισχύει (το ίδιο με την έξοδο):

$$(NH_4 - N) \leq 1 \text{ mg/L}$$

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται :  $((NH_4 - N)_{\varepsilon\xi} \cdot W) \text{ kgN / day}$  (7.31)

γ) Ως προς το οργανικό άζωτο πρέπει στην έξοδο να ισχύει (το ίδιο με την έξοδο):

$$(οργN) \leq 1 \text{ mg/L}$$

Παραδοχή: ποσοστό κατά βάρος αζώτου των VSS: 0.10 kg N/kgVSS

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται :

$$\left( W \cdot SS_u \cdot \frac{MLVSS}{MLSS} \cdot 10\% \right) \text{ kgN / day}$$
 (7.32)

Συνολικά θα απομακρύνονται καθημερινά:  $(TN_{\varepsilon\xi} + TN_{\text{υπόλοιπο}}) \text{ kgN/day}$  (7.33)

Επομένως το υπόλοιπο άζωτο, το οποίο θα έχει λάβει τη μορφή νιτρικών στην αερόβια δεξαμενή και θα πρέπει να απονιτροποιηθεί, προκειμένου να ικανοποιούνται τα όρια στην έξοδο, θα είναι ίσο με:

$$(\Delta NO_3 - N) = (TN_{\text{εισ}} - (TN_{\varepsilon\xi} + TN_{\text{υπόλοιπο}})) \text{ kgN/day}$$
 (7.34)

όπου

$$(\Delta NO_3 - N) \quad \text{άζωτο προς απονιτροποίηση (kgN/day)}$$

Έχοντας υπολογίσει την ποσότητα των νιτρικών που απομακρύνονται είμαστε σε θέση να πραγματοποιήσουμε το σχεδιασμό των μονάδων απονιτροποίησης. Ο σχεδιασμός αυτός μπορεί να γίνει με χρήση, αντί της ταχύτητας ανάπτυξης της βιομάζας, μ, της ταχύτητας μετατροπής  $q_{dn}$  του νιτρικού αζώτου σε μοριακό άζωτο, ανά μονάδα μάζας μικροοργανισμών, η οποία δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$q_{dn} = A \cdot 10^{10} \cdot e^{-B/(R \cdot T)}$$
 (7.35)

όπου

$q_{dn}$  ταχύτητα αναγωγής  $NO_3 - N$  ανά μονάδα βιομάζας και ημέρα (ρυθμός απονιτροποίησης) (kg  $NO_3 - N$  /kg MLVSS – day)

A σταθερά (ίση με 6.4)

B σταθερά (ίση με 15 880)

R Παγκόσμια Σταθερά Αερίων (ίση με 1.987 cal/g mole °C)

T η θερμοκρασία σε °K (=273 + °C)

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα μετατροπής του νιτρικού αζώτου είναι η θερμοκρασία και το είδος και η αφθονία του οργανικού άνθρακα.

Στη συνέχεια, ακολουθεί ο προσδιορισμός του συνολικού ανοξικού όγκου. Ισχύει ότι:

$$(\Delta NO_3 - N) = q_{dn} \cdot MLVSS \cdot V_{ανοξ} \Rightarrow V_{ανοξ} = \frac{(\Delta NO_3 - N)}{q_{dn} \cdot MLVSS} \quad (7.36)$$

όπου

$V_{ανοξ}$  ο απαιτούμενος ανοξικός όγκος ( $m^3$ )

ΣΤ. Προσδιορισμός ολικού χρόνου παραμονής στερεών στο σύστημα

Ο συνολικός χρόνος παραμονής των στερεών στο βιολογικό αντιδραστήρα (ανοξική και αερόβια ζώνη) υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\theta_c^{ολ} = \frac{(V_{\Delta A} + V_{ανοξ}) \cdot MLSS}{W \cdot SS_u + (Q - W) \cdot TSS_{εξ}} \quad (7.37)$$

Ζ. Προσδιορισμός ζήτησης οξυγόνου

Η διατήρηση αερόβιων συνθηκών βασίζεται στην εξίσωση του παροχετευόμενου οξυγόνου προς τη ζήτηση οξυγόνου τόσο λόγω του BOD που απομακρύνεται όσο και λόγω της ενδογενούς αναπνοής και της νιτροποίησης. Σε πρώτη φάση, η ζήτηση οξυγόνου (OTR) υπολογίζεται από το μοντέλο της ενεργού ιλύος, αφορά δηλαδή τις συνθήκες πεδίου. Έπειτα, για τον υπολογισμό της παροχής αέρα η παράμετρος OTR πρέπει να μετατραπεί στην παράμετρο SOTR, ώστε να αναφέρεται σε τυπικές συνθήκες.

Αρχικά, λοιπόν, υπολογίζουμε τη ζήτηση σε οξυγόνο με βάση τις συνθήκες πεδίου. Επισημαίνεται ότι ζήτηση οξυγόνου έχουμε λόγω της οξειδωσης του οργανικού άνθρακα, λόγω της νιτροποίησης και λόγω της ενδογενούς αναπνοής. Ταυτόχρονα, η κατανάλωση οργανικής ύλης στην ανοξική δεξαμενή (απονιτροποίηση) μειώνει τις ανάγκες σε οξυγόνο, καθώς ως οξειδωτικό μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα νιτρικά.

Η ζήτηση οξυγόνου ( $kgO_2/day$ ) λόγω της οξειδωσης του οργανικού άνθρακα θα είναι:

$$0.59 \cdot E_H \cdot Q \cdot BOD_5^{εισ} \quad (7.38)$$

Η ζήτηση οξυγόνου ( $kgO_2/day$ ) λόγω της ενδογενούς αναπνοής θα είναι:

$$r_{ενδογ} \cdot (V_{\Delta A} + V_{ανοξ}) \cdot MLVSS \quad (7.39)$$

Σημειώνεται ότι η ειδική ταχύτητα ζήτησης οξυγόνου λόγω ενδογενούς αναπνοής είναι σε  $kgO_2/kgVSS-day$ . Επίσης, λαμβάνεται το άθροισμα των όγκων της δεξαμενής αερισμού και της ανοξικής δεξαμενής, διότι δε θα λάβουμε υπόψη τη ζήτηση οξυγόνου λόγω της φθοράς κατά την απονιτροποίηση.

Η ζήτηση οξυγόνου ( $kgO_2/day$ ) λόγω νιτροποίησης θα είναι:

$$4.33 \cdot E_N \cdot Q \cdot (NH_4 - N)_o \quad (7.40)$$

Η μείωση της ζήτησης οξυγόνου ( $kgO_2/day$ ) λόγω απονιτροποίησης θα είναι:

$$2.86 \cdot (\Delta NO_3 - N) \quad (7.41)$$

Η παράμετρος OTR θα προκύψει από το άθροισμα των παραπάνω.

Ωστόσο, η παραπάνω τιμή πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής ίσο με 1.5, ώστε να καλύπτονται οι πιθανές διακυμάνσεις του διαλυμένου οξυγόνου κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Έχοντας υπολογίσει τη ζήτηση οξυγόνου (OTR) από το μοντέλο της ενεργού ιλύος, είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε την ταχύτητα μεταφοράς οξυγόνου (SOTR), η οποία αφορά τις τυπικές συνθήκες με καθαρό νερό, 20°C και μηδενική συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου. Η μετατροπή γίνεται με βάση τη σχέση:

$$OTR = \left[ (a \cdot F) \cdot SOTR \cdot \theta^{T-20} / C_{S20} \right] \cdot (C_{STb} - C_{sew}) \quad (7.42)$$

Στις δεξαμενές αερισμού, τόσο η παροχή του απαιτούμενου για τις βιολογικές διεργασίες οξυγόνου όσο και η ανάμιξη πραγματοποιούνται με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων μηχανισμών αερισμού, που διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: τους διαχυτήρες και τους μηχανικούς επιφανειακούς αεριστές. Στην παρούσα μελέτη επιλέγεται η εφαρμογή του συστήματος του επιφανειακού αερισμού.

Για λόγους απλοποίησης των υπολογισμών, ο προσδιορισμός της απαίτησης οξυγόνου σε κανονικές (τυπικές) συνθήκες γίνεται με την ακόλουθη σχέση:

$$SOTR = \frac{OTR}{n} \quad (7.43)$$

όπου

n συντελεστής διόρθωσης (ίσος με 0.6 – παραδοχή)

#### Η. Δεξαμενή τελικής καθίζησης

Παρά το γεγονός ότι οι βιολογικές διεργασίες, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η μείωση του ρυπαντικού φορτίου, επιτελούνται στο βιολογικό αντιδραστήρα του συστήματος, η δεξαμενή τελικής καθίζησης αποτελεί τη μονάδα που ανάλογα την απόδοσή της καθορίζει την ποιότητα της τελικής εκροής. Ο ρόλος της δεξαμενής τελικής καθίζησης είναι να επιτρέπει την καθίζηση της βιομάζας και το διαχωρισμό της από τα επεξεργασμένα λύματα, τα οποία, διαυγασμένα και κατά το δυνατόν απαλλαγμένα από αιωρούμενα στερεά, υπερχειλίζουν από τη δεξαμενή. Παράλληλα, δίνει τη δυνατότητα για επαρκή συμπίκνωση (m) της βιομάζας ώστε να είναι εύκολη και αποτελεσματική η επαναφορά της στο βιολογικό αντιδραστήρα μέσω της ανακυκλοφορίας,  $r \cdot Q$ . Ο σχεδιασμός των δεξαμενών τελικής καθίζησης πρέπει να εξυπηρετεί και τους δύο αυτούς στόχους.

Τα δύο συνηθέστερα εφαρμοζόμενα εμπειρικά κριτήρια είναι το υδραυλικό φορτίο και το φορτίο στερεών. Το υδραυλικό φορτίο, εκφρασμένο σε  $m^3$  λυμάτων ανά  $m^2$  επιφάνειας δεξαμενής και ημέρα, επηρεάζει κατά κύριο λόγο τη διαδικασία της διαύγασης, καθώς σχετίζεται με την ταχύτητα καθίζησης των βιοκροκίδων. Το φορτίο στερεών, εκφρασμένο σε kg ανάμικτου υγρού ανά  $m^2$  επιφάνειας δεξαμενής και ημέρα, επηρεάζει κατά κύριο λόγο τη διαδικασία της συμπίκνωσης.

Έτσι, για τον προσδιορισμό της απαιτούμενης επιφάνειας A των Δ.Τ.Κ. είναι σκόπιμο να εφαρμόζονται και τα δύο κριτήρια, δηλαδή:



1) Μέγιστο επιτρεπόμενο υδραυλικό φορτίο

$$q \geq \frac{Q}{A} \quad (7.44)$$

2) Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο στερεών

$$G \geq \frac{(1+r) \cdot Q \cdot MLSS}{A} \quad (7.45)$$

και να επιλέγεται η μεγαλύτερη από τις δύο προκύπτουσες επιφάνειες.

Γίνεται κατανοητό ότι το επιτρεπόμενο φορτίο εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά καθίζησης του ανάμικτου υγρού. Όταν η διερεύνηση των χαρακτηριστικών αυτών είναι αδύνατη ή οικονομικά ασύμφορη, τότε ο σχεδιασμός των Δ.Τ.Κ. μπορεί να βασιστεί σε τιμές των επιτρεπόμενων φορτίων από τη βιβλιογραφία και εμπειρία. Συνήθως, είναι σκόπιμο να ακολουθείται μια συντηρητική προσέγγιση με επιλογή σχετικά μικρών φορτίσεων. Επαρκώς συντηρητικές τιμές είναι:

1) Μέγιστο επιτρεπόμενο υδραυλικό φορτίο  $q \leq 12 - 16 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-day}$  και

2) Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο στερεών  $G \leq 100 - 120 \text{ kg TSS/m}^2\text{-day}$

Στην παρούσα μελέτη, επιλέγονται τελικά  $q = 12 \text{ m/day}$  και  $G = 120 \text{ kgSS/m}^2\text{/day}$ . Από το κάθε κριτήριο προκύπτει και μία απαιτούμενη επιφάνεια δεξαμενής, εκ των οποίων επιλέγεται η μεγαλύτερη.

Θ. Μονάδες επεξεργασίας ιλύος

Η ιλύς που συγκεντρώνεται στους πυθμένες των δεξαμενών πρωτοβάθμιας και τελικής καθίζησης έχει χαρακτηριστικά που δεν επιτρέπουν την ασφαλή της απομάκρυνση και διάθεση. Ειδικότερα, 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, το οποίο με τη διαφυγή του εγκυμονεί κινδύνους ρύπανσης επιφανειακών και υπόγειων νερών, καθώς περιέχει σημαντικές ποσότητες διαλυμένων, κυρίως, ρυπαντικών ουσιών.

Για τους παραπάνω λόγους επιβάλλεται η εφαρμογή μιας ελάχιστης επεξεργασίας της παραγόμενης ιλύος, η οποία αποσκοπεί στη μείωση του όγκου της με απομάκρυνση σοβαρού ποσοστού του νερού (πάχυνση, αφυδάτωση) και στη σταθεροποίησή της. Ο κύριος σκοπός της σταθεροποίησης είναι να καταστήσει την ιλύ σχετικά αδρανή, δηλαδή να επιτευχθεί διάσπαση του σχετικά ευκολοδιασπάσιμου οργανικού υλικού, να μειώσει τις οσμές και να ελαττώσει τον αριθμό των παθογόνων μικροοργανισμών σε αποδεκτά επίπεδα.

Πρωτοβάθμια ιλύς

Η πρωτοβάθμια ιλύς σε πρώτο στάδιο υφίσταται πάχυνση, καθώς είναι υδαρής. Η πάχυνση της πρωτοβάθμιας ιλύος γίνεται με παχυντές βαρύτητας, στους οποίους επικρατούν αναερόβιες συνθήκες. Αποφεύγονται οι μεγάλοι χρόνοι παραμονής, που έχουν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη σηπτικών συνθηκών. Στη συνέχεια, η πρωτοβάθμια

λύς θα πρέπει να σταθεροποιηθεί, καθώς περιέχει σημαντικό ποσοστό οργανικών υλικών. Στην περίπτωση μας, η σταθεροποίηση της πρωτοβάθμιας λύος εξασφαλίζεται μέσω της αναερόβιας χώνευσης, αφού πρώτα ενώνεται με το ρεύμα της παχυμένης δευτεροβάθμιας λύος. Επισημαίνεται ότι η ποσότητα και η παροχή της πρωτοβάθμιας λύος υπολογίστηκε μόνο για το σενάριο των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων.

- Προσδιορισμός ποσότητας και παροχής πρωτοβάθμιας λύος

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, έχει γίνει η παραδοχή ότι στη μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης της εγκατάστασης απομακρύνεται το 60% των εισερχόμενων ολικών στερεών (TSS) και το 30% του εισερχόμενου βιοχημικώς απαιτούμενου οξυγόνου (BOD<sub>5</sub>). Επομένως η ποσότητα της πρωτοβάθμιας λύος δίνεται από τη σχέση:

$$TSS_{\text{πρ.λύος}} = 0.60 \cdot TSS_{\text{εισ}} \cdot Q \quad (7.46)$$

όπου

$TSS_{\text{πρ.λύος}}$  ποσότητα της πρωτοβάθμιας λύος (kg/day)

$TSS_{\text{εισ}}$  συγκέντρωση ολικών στερεών εισόδου (kg/m<sup>3</sup>)

Για τον προσδιορισμό της παροχής της πρωτοβάθμιας λύος έγινε η παραδοχή ότι η συγκέντρωση των στερεών στον πυθμένα των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι ίση με 1.5% ή 15 kgSS/m<sup>3</sup>. Επομένως, η ημερήσια παροχή της πρωτοβάθμιας λύος δίνεται από τη σχέση:

$$Q_{\text{πρ.λύος}} = \frac{TSS_{\text{πρ.λύος}}}{15 \text{ kgSS/m}^3} \quad (7.47)$$

Η μάζα των πτητικών στερεών θα είναι:

$$VSS_{\text{πρ.λύος}} = \left( \frac{MLVSS}{MLSS} \right) \cdot TSS_{\text{πρ.λύος}} \quad (7.48)$$

Η μάζα των αδρανών στερεών θα είναι:

$$FSS_{\text{πρ.λύος}} = TSS_{\text{πρ.λύος}} - VSS_{\text{πρ.λύος}} \quad (7.49)$$

- Προσδιορισμός όγκου παχυντών βαρύτητας και παροχή παχυμένης λύος

Για τη διαστασιολόγηση του παχυντή βαρύτητας για την πρωτοβάθμια λύη, τα βασικά κριτήρια σχεδιασμού, που εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της προς πάχυνση λύος, είναι τα ακόλουθα:

- 1) Επιφανειακή φόρτιση στερεών  $G = 120 \text{ kgSS/m}^2/\text{day}$ , και
- 2) Υδραυλική φόρτιση  $q = 25 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-day}$

Επομένως, η απαιτούμενη επιφάνεια παχυντή είναι 
$$\frac{TSS(\text{ kg / day })}{G(\text{ kgSS / m}^2 / \text{ day })} \quad (7.50)$$

Με την πάχυνση της πρωτοβάθμιας ιλύος επιτυγχάνεται συγκέντρωση ιλύος ίση με 5%, δηλαδή  $50 \text{ kg/m}^3$ . Επομένως, η παροχή στερεών στην παχυμένη πρωτοβάθμια ιλύ θα υπολογιστεί με ανάλογο τρόπο, όπως υπολογίστηκε η παροχή της πρωτοβάθμιας ιλύος.

#### Δευτεροβάθμια ιλύς

Η δευτεροβάθμια ιλύς χρειάζεται πάχυνση, αλλά προτιμώνται οι μέθοδοι μηχανικής πάχυνσης, κάτι που σημαίνει ότι η λειτουργία του μηχανικού παχυντή δε θα είναι καθημερινή (Σ/Κ). Ο λόγος που αποφεύγονται οι παχυντές βαρύτητας για την πάχυνση της βιολογικής ιλύος είναι επειδή για υψηλούς χρόνους παραμονής υπάρχει ο κίνδυνος να επικρατήσουν αναερόβιες συνθήκες, στις οποίες ευνοείται η παραγωγή και έκλυση φωσφόρου από τα πολυφωσφορικά βακτήρια. Κάτι τέτοιο δεν επιθυμείται σε μια εγκατάσταση που πραγματοποιεί βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου, καθώς ο φώσφορος επανακυκλοφορεί με τα στραγγίδια και φορτίζει δυσμενώς τις εγκαταστάσεις.

Χώνευση της δευτεροβάθμιας ιλύος πραγματοποιείται στην περίπτωση που ο χρόνος παραμονής των στερεών στο βιολογικό αντιδραστήρα δεν είναι επαρκής, ώστε να εξασφαλίζει τη σταθεροποίηση της βιολογικής ιλύος.

Στην περίπτωσή μας αναφέρεται ότι για το σενάριο των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων πραγματοποιήθηκε μηχανική πάχυνση της δευτεροβάθμιας ιλύος χωρίς την πραγματοποίηση αναερόβιας χώνευσης της παχυμένης ιλύος στη συνέχεια, διότι η σταθεροποίησή της εξασφαλιζόταν από την εφαρμογή ενός μεγαλύτερου χρόνου παραμονής των στερεών. Αντίθετα, για το σενάριο των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων πραγματοποιήθηκε, όπως προαναφέρθηκε, πάχυνση της πρωτοβάθμιας ιλύος με παχυντές βαρύτητας και μηχανική πάχυνση της δευτεροβάθμιας ιλύος. Στη συνέχεια, τα δύο ρεύματα ενώθηκαν στη δεξαμενή ομογενοποίησης και κατευθύνθηκαν προς τη μονάδα αναερόβιας χώνευσης.

- Προσδιορισμός ποσότητας και παροχής περίσσειας (δευτεροβάθμιας) ιλύος

Από προηγούμενους υπολογισμούς προσδιορίστηκε η ποσότητα  $W$  της ιλύος που απομακρύνεται από τον πυθμένα της δεξαμενής τελικής καθίζησης.

Για τον προσδιορισμό της παροχής της περίσσειας ιλύος προέκυψε ότι η συγκέντρωση των στερεών στον πυθμένα των δεξαμενών τελικής καθίζησης είναι ίση με 0.8% ή  $8 \text{ kgSS/m}^3$ .

- Μονάδα μηχανικής πάχυνσης ιλύος

Η μονάδα μηχανικής πάχυνσης ιλύος έγινε η παραδοχή ότι αποτελείται από τράπεζες πάχυνσης. Το σύστημα των τραπεζών πάχυνσης για την πρότυπη θεωρητική εγκατάσταση διαστασιολογήθηκε ώστε να λειτουργεί 40 ώρες την εβδομάδα, δηλαδή για 8ωρη και πενήνήμερη λειτουργία.

Για τον προσδιορισμό της ωριαίας φόρτισης του παχυντή της δευτεροβάθμιας ιλύος, αρχικά υπολογίζουμε το εβδομαδιαίο φορτίο ολικών στερεών (πολλαπλασιάζοντας με τις 7 μέρες της εβδομάδας) και στη συνέχεια διαιρούμε με τις 40 ώρες λειτουργίας.

Με την πάχυνση της δευτεροβάθμιας ιλύος επιτυγχάνεται συγκέντρωση ιλύος ίση με 5%, δηλαδή 50 kg/m<sup>3</sup>. Επομένως η παροχή στερεών στην παχυμένη δευτεροβάθμια ιλύ θα υπολογιστεί με ανάλογο τρόπο όπως υπολογίστηκε η παροχή της πρωτοβάθμιας ιλύος.

Εφόσον ο παχυντής δευτεροβάθμιας ιλύος δε λειτουργεί όλες τις ημέρες και όλες τις ώρες, υπολογίζεται η ωριαία παροχή ιλύος που προκύπτει από τις 5 ημέρες λειτουργίας με ανάλογο τρόπο όπως υπολογίστηκε η ωριαία φόρτιση του παχυντή.

- Προσδιορισμός χαρακτηριστικών μονάδας αναερόβιας χώνευσης ιλύος

Για τον προσδιορισμό του όγκου του αναερόβιου χωνευτή της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης του σεναρίου των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων γίνεται η παραδοχή ότι πραγματοποιείται η διάσπαση του 50% του οργανικού φορτίου της πρωτοβάθμιας ιλύος και 30% του οργανικού φορτίου της δευτεροβάθμιας ιλύος. Ο χρόνος παραμονής των στερεών στο χωνευτή θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος των 18 ημερών, ώστε να εξασφαλίζεται αυτή η απομάκρυνση οργανικού φορτίου. Επομένως, επιλέγεται τελικά χρόνο παραμονής στερεών  $\theta = 20$  days.

Η παροχή της ιλύος δε μεταβάλλεται εφόσον δεν υπάρχει απομάκρυνση στραγγιδίων.

Συνεπώς, ο ωφέλιμος όγκος του χωνευτή θα ισούται με:

$$V_{\omega\phi} = Q \cdot \theta \quad (7.51)$$

Η τιμή του λόγου διάμετρος/ύψος πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0.7 και 2.0.

Επίσης, η τιμή της οργανικής φόρτισης (kgVSS/m<sup>3</sup>-day) πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 1.5 και 3.0.

- Μονάδα μηχανικής αφυδάτωσης ιλύος

Πριν από την τελική διάθεση ή επαναχρησιμοποίηση της ιλύος επιβάλλεται για οικονομικούς ή περιβαλλοντικούς λόγους ο κατά το δυνατό μεγαλύτερος διαχωρισμός του νερού από τα στερεά. Με τον τρόπο αυτό η ιλύς μεταπίπτει σε ημιστερεή κατάσταση με ταυτόχρονη σημαντική μείωση του όγκου της.

Η ιλύς μετά τη χώνευση εξακολουθεί να βρίσκεται σε υδαρή κατάσταση, αν και το ποσοστό των στερεών μπορεί να είναι αρκετά υψηλό, κοντά στο 4 – 5%. Με τη διαδικασία της αφυδάτωσης το ποσοστό των στερεών αυξάνεται σε 18 – 35%, με συνηθέστερη τιμή κοντά στο 25%. Στη στερεή αυτή κατάσταση ο όγκος της ιλύος περιορίζεται στο 1/4 και 1/5 του αρχικού όγκου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εξετάζονται δύο διαφορετικές παραλλαγές μονάδων μηχανικής αφυδάτωσης ιλύος, οι ταινιοφιλτρόπρεσσες για το σενάριο των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων και ο φυγοκεντρητής για το σενάριο των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων. Το σύστημα των ταινιοφιλτρόπρεσσών διαστασιολογήθηκε έτσι ώστε να λειτουργεί 40 ώρες την εβδομάδα, δηλαδή για 8ωρη και πενθήμερη λειτουργία, ενώ στην περίπτωση του φυγοκεντρητή το σύστημα θα λειτουργεί και πάλι 5 ημέρες αλλά 18 ώρες την ημέρα, δηλαδή 90 ώρες την εβδομάδα.

Για να προσδιορίζουμε την ωριαία δυναμικότητα των ταινιοφιλτροπρεσσών, αρχικά υπολογίζουμε το εβδομαδιαίο φορτίο ολικών στερεών (πολλαπλασιάζοντας με τις 7 μέρες της εβδομάδας) και στη συνέχεια διαιρούμε με τις 40 ώρες λειτουργίας.

Για τον προσδιορισμό του πλάτους της κάθε ταινιοφιλτρόπρεσσας ορίζεται ότι η δυναμικότητα της κάθε ταινιοφιλτρόπρεσσας ανά μέτρο πλάτους είναι  $250 \text{ kgSS}/\text{m}/\text{h}$ .

Με την αφυδάτωση της χωνεμένης ιλύος επιτυγχάνεται συγκέντρωση ιλύος ίση με 20%, δηλαδή  $200 \text{ kgSS}/\text{m}^3$ . Επομένως η παροχή στερεών στην αφυδατωμένη ιλύ θα υπολογιστεί με ανάλογο τρόπο όπως υπολογίστηκε η παροχή της πρωτοβάθμιας ιλύος.

Με ανάλογο τρόπο υπολογίζεται και η ωριαία δυναμικότητα του φυγοκεντρική διαιρώντας σε αυτή την περίπτωση με τις 90 ώρες λειτουργίας. Τα υπόλοιπα στάδια παραμένουν ίδια.

- Προσθήκη κροκιδωτικών

Όλες σχεδόν οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι μηχανικής επεξεργασίας της ιλύος (κυρίως οι μέθοδοι μηχανικής αφυδάτωσης) προϋποθέτουν προεπεξεργασία της ιλύος με προσθήκη κροκιδωτικών με στόχο τη διευκόλυνση του διαχωρισμού του νερού. Τα κροκιδωτικά είναι χημικά αντιδραστήρια, τα οποία προστίθενται για την αποσταθεροποίηση των κολλοειδών σωματιδίων στα υγρά απόβλητα και τον σχηματισμό κροκιδών.

Τα αντιδραστήρια τα οποία, συνήθως, χρησιμοποιούνται για τη χημική επεξεργασία της ιλύος είναι ο τριγλωριούχος σίδηρος σε ποσότητα 2.5% της ξηράς ουσίας της ιλύος των δεξαμενών αρχικής καθίζησης (αδρανοποιημένης ή μη), ο θειικός σίδηρος σε ποσότητα  $10 \text{ kg}$  θειικού σιδήρου ανά  $\text{m}^3$  ιλύος, ο ασβέστης, διάφοροι πολυηλεκτρολύτες σε ποσότητα συνήθως  $100 - 200 \text{ g}$  αντιδραστηρίου /  $\text{m}^3$  ιλύος και η τέφρα σε ποσότητα  $2.5 \text{ kg}/\text{kg}$  ξηράς ουσίας ιλύος. Τα αντιδραστήρια αυτά αλλάζουν τη φυσικοχημική κατάσταση της ιλύος, κατά κύριο λόγο προκαλώντας θρόμβωση των κολλοειδών υλικών. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η απομάκρυνση του νερού από τους κενούς χώρους που δημιουργούνται μεταξύ των στερεών σωματιδίων.

Το κροκιδωτικό που χρησιμοποιήθηκε και στα δύο σενάρια της παρούσας εργασίας είναι πολυηλεκτρολύτης τόσο στο στάδιο της πάχυνσης της δευτεροβάθμιας ιλύος όσο και στο στάδιο της αφυδάτωσης της χωνεμένης ιλύος σε διαφορετικές, ωστόσο, δόσεις.

### 7.2.3 Ενεργειακή κατανάλωση από το σύστημα ενεργού ιλύος

*Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης επιφανειακών αεριστήρων*

Η απαιτούμενη ισχύς για την ικανοποίηση των αναγκών αερισμού, όταν χρησιμοποιούνται επιφανειακοί αεριστήρες, υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση (Metcalf & Eddy, 2003):

$$P_w = \frac{SOTR}{\varepsilon} \quad (7.52)$$

όπου

$P_w$  η απορροφούμενη ισχύς από το σύστημα επιφανειακών αεριστήρων (kW)

*SOTR* η ολική απαίτηση οξυγόνου  $O_2$  σε κανονικές συνθήκες ( $kgO_2/day$ )  
*ε* ο ρυθμός μεταφοράς  $O_2$  από το σύστημα επιφανειακών αεριστήρων σε κανονικές συνθήκες ( $kgO_2/kWh$ )

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας στο θεωρητικό μοντέλο υπολογισμού ο ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου ελήφθη ίσος με  $2 kgO_2/kWh$ .

Για τον προσδιορισμό της αντίστοιχης ενεργειακής κατανάλωσης από το σύστημα των επιφανειακών αεριστήρων πολλαπλασιάζουμε την τιμή της υπολογισθείσας ισχύος (kW) με τις 24 ώρες λειτουργίας, ώστε να προκύψει το ζητούμενο αποτέλεσμα σε kWh.

*Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης των επιμέρους μονάδων επεξεργασίας ιλύος και του μηχανολογικού εξοπλισμού άντλησης (κυρίως) της ιλύος σε κάθε στάδιο επεξεργασίας*

Κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης των επιμέρους μονάδων της επεξεργασίας ιλύος της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης, οι παράμετροι που ελήφθησαν υπόψη είναι η κατανάλωση ενέργειας του κύριου μηχανολογικού εξοπλισμού (τράπεζες πάχυνσης, ταινιοφιλτρόπρεσσες, φυγόκεντροι) και η κατανάλωση ενέργειας του μηχανολογικού εξοπλισμού άντλησης (κυρίως) της ιλύος στα διάφορα στάδια επεξεργασίας (ανακυκλοφορία ιλύος, πρωτοβάθμια ιλύς, περίσσεια ιλύος, αντλίες θετικής εκτόπισης (αντλίες παχυμένης και χωνεμένης ιλύος), εσωτερική ανακυκλοφορία).

Για τον υπολογισμό της απορροφούμενης ισχύος από τον κύριο εξοπλισμό των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και τον μηχανολογικό εξοπλισμό άντλησης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τεχνικά φυλλάδια κατασκευαστών και από εγκατεστημένο εξοπλισμό σε λειτουργούσες εγκαταστάσεις επεξεργασίας ιλύος. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μηχανολογικού εξοπλισμού, ο οποίος ενσωματώθηκε στο θεωρητικό μοντέλο.

Πίνακας 7.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού των μονάδων επεξεργασίας ιλύος και εξοπλισμού άντλησης.

Παράμετρος		Μέγιστη δυναμικότητα (m <sup>3</sup> /h)	Πλάτος ταινίας (m)	Απορροφούμενη ισχύς (kW)
Τράπεζα πάχυνσης		–	1.5 – 2.5	0.55
Ταινοφιλτρόπρεσσα		–	1.5 – 2.5	0.75
Φυγοκεντρητής		20	–	29.5
Αντλίες ανακυκλοφορίας ιλύος	10 000 ι.κ.	70	–	3.1
	100 000 ι.κ.	650	–	22
Αντλίες περίσσειας ιλύος	10 000 ι.κ.	15	–	0.75
	100 000 ι.κ.	35	–	1.5
Αντλίες πρωτοβάθμιας ιλύος	10 000 ι.κ.	15	–	0.8
Αντλίες εσωτερικής ανακυκλοφορίας	10 000 ι.κ.	100	–	2.2
	100 000 ι.κ.	550	–	9
Αντλίες θετικής εκτόπισης		2 – 11.8	–	2.2

*Υπολογισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδα συμπαραγωγής*

Για το παραγόμενο βιοαέριο θεωρούμε ότι η θερμογόνος δύναμη του βιοαερίου είναι 5 500 kcal/m<sup>3</sup> βιοαερίου και ότι ο συντελεστής παραγωγής βιοαερίου είναι 0.9 – 1.0 m<sup>3</sup>/kgVSS (δηλαδή κάθε 0.9 – 1.0 m<sup>3</sup> βιοαερίου παράγεται ανά κάθε kgVSS που διασπάται). Στην παρούσα μελέτη ελήφθη η τιμή των 0.9 m<sup>3</sup> βιοαερίου/kgVSS.

Η παραγόμενη ενέργεια χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της εγκατάστασης και για τη θέρμανση της ιλύος. Ωστόσο, το ποσό ενέργειας που παράγεται ποικίλει ανάλογα με την παροχή, ενώ ποικίλουν και οι ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης, ανάλογα με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Για τον υπολογισμό του παραγόμενου βιοαερίου στη μονάδα αναερόβιας χώνευσης λαμβάνεται ότι το 50% των πτητικών στερεών της πρωτοβάθμιας και το 30% των πτητικών στερεών της δευτεροβάθμιας ιλύος απομακρύνονται κατά την χώνευση.

Επομένως, το τελικά παραγόμενο βιοαέριο ανά ημέρα δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_{gas} = 0.90 \cdot [(50\% \cdot W_{VSS,πρωτ}) + (30\% \cdot W_{VSS,δευτ})] \quad (7.53)$$

όπου

$Q_{gas}$  η παροχή του παραγόμενου βιοαερίου, (m<sup>3</sup>/day)

$W_{VSS,πρωτ}$  η ποσότητα των πτητικών στερεών πρωτοβάθμιας ιλύος που διασπώνται, (kg/day)

$W_{VSS,δευτ}$  η ποσότητα των πτητικών στερεών δευτεροβάθμιας ιλύος που διασπώνται, (kg/day)

Έπειτα, προσδιορίζουμε την αντίστοιχη ημερήσια παραγόμενη ενέργεια σε kcal, πολλαπλασιάζοντας με τη θερμογόνο δύναμη του βιοαερίου. Στη συνέχεια, γίνεται η παραδοχή ότι το βιοαέριο εισάγεται σε γεννήτρια και το 30% μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

#### 7.2.4 Εκτίμηση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Α.Θ.) από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων

Το μοντέλο για την εκτίμηση των εκπομπών των Α.Θ. από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων βασίστηκε απόλυτα στο μοντέλο που καταρτίστηκε για τον ίδιο σκοπό από τη Δημοπούλου (2011).

Λόγω του αυξανόμενου ενδιαφέροντος για την αντιμετώπιση της θέρμανσης του πλανήτη, υπάρχει ανάγκη να καταγραφούν οι εκπομπές Αερίων Θερμοκηπίου (Greenhouse Gases emissions) από όλες τις δραστηριότητες σε παγκόσμια κλίμακα. Τα Αέρια Θερμοκηπίου – εν συντομία Α.Θ. – (Greenhouse Gases, G.H.G.), με κύριο εκπρόσωπο το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), εμποδίζουν την ακτινοβολία της θερμότητας από την επιφάνεια της γης στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα την άνοδο της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης. Προκειμένου να υπάρχουν οικονομικά κίνητρα για τον περιορισμό τους, έχει αναπτυχθεί σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών CO<sub>2</sub> και όλα τα Α.Θ. εκφράζονται σε ισοδύναμα CO<sub>2</sub>. Έτσι το δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο θερμοκηπίου (Global Warming Potential, G.W.P.) ενός Α.Θ. είναι ο λόγος της θερμότητας που παγιδεύεται στη μονάδα μάζας του εν λόγω Α.Θ. συγκρινόμενη με την θερμότητα που παγιδεύεται στη μονάδα μάζας του CO<sub>2</sub> για χρονική περίοδο, συνήθως, 100 ετών. Στον ακόλουθο πίνακα δίνεται το δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο θερμοκηπίου για ορισμένα Α.Θ. (IPCC, 2001).

Πίνακας 7.5: Δυναμικό συμβολής ορισμένων Α.Θ. στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Αέριο Θερμοκηπίου	Χημική ονομασία	G.W.P.2001 IPCC
Διοξείδιο του άνθρακα	CO <sub>2</sub>	1
Μεθάνιο	CH <sub>4</sub>	23
Οξείδιο του αζώτου	N <sub>2</sub> O	296

Πηγή: Δημοπούλου, 2011

Τα Α.Θ. που προέρχονται από την λειτουργία των Ε.Ε.Λ. είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και το οξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O). Το CO<sub>2</sub> παράγεται από την οξείδωση του οργανικού φορτίου, το CH<sub>4</sub> είναι το κύριο συστατικό του βιοαερίου και το N<sub>2</sub>O παράγεται, κυρίως, από τη διεργασία της απονιτροποίησης. Επίσης ενδιαφέρον παρουσιάζει η εκτίμηση της συνεισφοράς του N<sub>2</sub>O στη θέρμανση του πλανήτη (global warming), αφού η θερμότητα που παγιδεύεται σε 1 kg N<sub>2</sub>O είναι ίση με την θερμότητα που παγιδεύεται σε 296 kg CO<sub>2</sub>. Από το παραγόμενο N<sub>2</sub>O λαμβάνεται υπόψη μόνο το παραγόμενο κατά την απονιτροποίηση. Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη βιολογική οξείδωση του οργανικού φορτίου, την καύση του βιοαερίου και την αποσύνθεση ή αποτέφρωση της παραγόμενης ύλης είναι βιογενούς προέλευσης (συμμετέχουν στον κύκλο του άνθρακα) και μπορεί να θεωρηθεί ότι διαφέρουν από το CO<sub>2</sub> που προέρχεται από την καύση, π.χ. του λιγνίτη ή του πετρελαίου. Με την παραδοχή αυτή, η ανάκτηση ενέργειας από την



καύση του βιοαερίου οδηγεί σε μείωση των εκπομπών Α.Θ. που οφείλονται στις ενεργειακές απαιτήσεις των Ε.Ε.Λ. Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες αρχές της IPCC, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> βιογενούς προέλευσης πρέπει να κατατάσσονται σε διακριτή κατηγορία.

Οι εκπομπές Α.Θ. που προέρχονται από τις Ε.Ε.Λ. διακρίνονται: 1) στις άμεσες εκπομπές Α.Θ. (on site greenhouse gas emissions), που προέρχονται από τις διεργασίες επεξεργασίας, από τη διαφυγή του παραγόμενου βιοαερίου στην ατμόσφαιρα ή την καύση του σε πυρσό καύσης ή σε μονάδα παραγωγής ενέργειας εντός της Ε.Ε.Λ., και 2) στις έμμεσες εκπομπές Α.Θ. (off site greenhouse gas emissions), που οφείλονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται εκτός Ε.Ε.Λ., την παραγωγή, μεταφορά και καύση άλλων καυσίμων για παραγωγή ενέργειας, την παραγωγή, μεταφορά και χρήση χημικών ουσιών στις διάφορες διεργασίες, την αποικοδόμηση των συστατικών της εκροής, καθώς και τη μεταφορά και διάθεση της παραγόμενης ύλης.

Για τις εξεταζόμενες Ε.Ε.Λ. εκτιμώνται οι άμεσες εκπομπές Α.Θ., ενώ από τις έμμεσες εκτιμώνται μόνο αυτές που οφείλονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται εκτός Ε.Ε.Λ. και αυτές που οφείλονται στη διάθεση της παραγόμενης ύλης. Συγκεκριμένα, για την εγκατάσταση των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων λαμβάνεται ότι γίνεται στοιχειομετρική καύση της παραγόμενης ύλης, ενώ για την εγκατάσταση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων γίνεται η παραδοχή διάθεσης σε Χ.Υ.Τ.Α., όπου το παραγόμενο βιοαέριο καίγεται.

Για την εκτίμηση των παραγόμενων Α.Θ. η μεθοδολογία επικεντρώνεται στις διεργασίες της βιολογικής βαθμίδας και της μονάδας επεξεργασίας ύλης. Και στα δύο σενάρια Ε.Ε.Λ. πραγματοποιείται νιτροποίηση – απονιτροποίηση στην βιολογική βαθμίδα και, επομένως, λαμβάνεται υπόψη το N<sub>2</sub>O που παράγεται κατά τη διεργασία της απονιτροποίησης. Για την ποσοτικοποίηση των παραγόμενων αερίων θερμοκηπίου, χρησιμοποιείται το οργανικό φορτίο εισόδου και εξόδου, η περίσσεια ύλης, το παραγόμενο βιοαέριο και κατάλληλοι συντελεστές μετατροπής, που προκύπτουν από την στοιχειομετρία των αντιδράσεων και την απόδοση των διεργασιών απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η συσχέτιση των διεργασιών σε μια Ε.Ε.Λ. με την ισοδύναμη ποσότητα CO<sub>2</sub> που παράγεται. Ισχυρά αστικά λύματα, δηλαδή λύματα με υψηλές συγκεντρώσεις BOD και SS δίνουν μεγαλύτερες εκπομπές CO<sub>2</sub> από ασθενή λύματα (Shahabadi et al. 2009, C.W.C.C.G. 2007). Επίσης Ε.Ε.Λ. που περιλαμβάνουν αναερόβια χώνευση της παραγόμενης ύλης δίνουν μεγαλύτερες εκπομπές CO<sub>2</sub> από Ε.Ε.Λ. που έχουν π.χ. σύστημα παρατεταμένου αερισμού. Ομοίως, Ε.Ε.Λ. με νιτροποίηση – απονιτροποίηση δίνουν μεγαλύτερες εκπομπές CO<sub>2</sub> από Ε.Ε.Λ. χωρίς απονιτροποίηση ή χωρίς καθόλου νιτροποίηση (Shahabadi et al., 2009). Χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τις έμμεσες εκπομπές Α.Θ., οι Keller and Hartley (2003) προτείνουν για την επεξεργασία αστικών λυμάτων εκπομπές 0.44 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> λυμάτων για αερόβιο σύστημα ενεργού ύλης με αναερόβια χώνευση ύλης, ενώ οι Monteith et al. (2005) προτείνουν 0.228 – 0.245 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup> λυμάτων (Shahabadi et al., 2009). Από σχετικές εργασίες (Snip et al., 2009) έχει επίσης διαπιστωθεί ότι για συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (DO) μικρότερη από 1 mg/L αναστέλλεται η δράση των αυτοτροφικών βακτηριδίων (νιτροποιητές), που οξειδώνουν την αμμωνία κατά την νιτροποίηση, ενώ σε μεγάλες

συγκεντρώσεις DO ο αερισμός δίνει μεγάλη παραγωγή Α.Θ. Η παραγωγή N<sub>2</sub>O είναι πολύ ευαίσθητη ως προς τη συγκέντρωση της αμμωνίας, ενώ η συγκέντρωση των νιτρικών δεν παίζει σημαντικό ρόλο.

Ακολουθεί η καταγραφή εκπομπών Α.Θ. από τις Ε.Ε.Λ.

- Άμεσες εκπομπές Α.Θ.

Οι άμεσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε μία Ε.Ε.Λ. συνοψίζονται σε:

- CO<sub>2</sub>: από τις διεργασίες στη δεξαμενή αερισμού, από την καύση του βιοαερίου είτε σε πυρσό καύσης ή για παραγωγή ενέργειας (CO<sub>2</sub> βιογενούς προέλευσης)
- N<sub>2</sub>O: από τη διεργασία της απονιτροποίησης στην ανοξική δεξαμενή
- CH<sub>4</sub>: από διαφυγή του βιοαερίου στην ατμόσφαιρα λόγω ατελούς καύσης

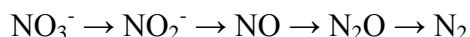
- Έμμεσες εκπομπές Α.Θ.

Οι έμμεσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε μία Ε.Ε.Λ. συνοψίζονται σε:

- CO<sub>2</sub>: από την καύση καυσίμων υλών για παραγωγή ενέργειας, από κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται εκτός Ε.Ε.Λ.
- CO<sub>2</sub>: από την αερόβια και αναερόβια αποσύνθεση της παραγόμενης ιλύος στο τόπο διάθεσης (CO<sub>2</sub> βιογενούς προέλευσης)
- CH<sub>4</sub>: από την αναερόβια αποσύνθεση της παραγόμενης ιλύος στο τόπο διάθεσης (βιογενούς προέλευσης)

- Παραγωγή N<sub>2</sub>O κατά την απονιτροποίηση

Η απονιτροποίηση λαμβάνει χώρα σε ανοξικές συνθήκες από ετεροτροφικά βακτήρια, τα οποία αντί οξυγόνου χρησιμοποιούν ως δέκτη ηλεκτρονίων το άζωτο. Είναι διεργασία που εξελίσσεται σε τέσσερα στάδια κατά τα οποία τα ετεροτροφικά βακτήρια χρησιμοποιούν ως δέκτη ηλεκτρονίων διαδοχικά τις παρακάτω ενώσεις αζώτου:



Το N<sub>2</sub>O είναι ενδιάμεσο προϊόν και εκλύεται στην ατμόσφαιρα σε περίπτωση μη πλήρους απονιτροποίησης (Snip et al, 2009).

- Παραγωγή N<sub>2</sub>O κατά τη νιτροποίηση

Το N<sub>2</sub>O μπορεί να παραχθεί, επίσης, κατά την νιτροποίηση της αμμωνίας σε νιτρώδη και εν συνεχεία σε νιτρικά από δύο κατηγορίες αυτοτροφικών βακτηρίων. Η πρώτη κατηγορία οξειδώνει το αμμωνιακό άζωτο χρησιμοποιώντας την ελεύθερη αμμωνία και η δεύτερη κατηγορία οξειδώνει τα νιτρώδη χρησιμοποιώντας το ελεύθερο νιτρώδες οξύ. Υπάρχουν βακτήρια που μπορούν οξειδώνοντας την αμμωνία να παράγουν N<sub>2</sub>O, παρόλο που το N<sub>2</sub>O δεν αποτελεί ενδιάμεσο προϊόν της νιτροποίησης (IPCC, 2001). Η διεργασία οξείδωσης της αμμωνίας, κατά την οποία παράγεται N<sub>2</sub>O, ονομάζεται αερόβια απονιτροποίηση και είναι διεργασία αντίστροφη της νιτροποίησης, κατά την οποία η αμμωνία μετατρέπεται σε νιτρώδη και τελικά σε νιτρικά (Snip et al., 2009).

Από τις παραπάνω περιπτώσεις στον υπολογισμό των Α.Θ. λαμβάνεται υπόψη μόνο η παραγόμενη ποσότητα N<sub>2</sub>O κατά τη διεργασία της απονιτροποίησης, η οποία εκτιμάται ίση με 0.5% της συνολικής ποσότητας αζώτου που εισέρχεται στην Ε.Ε.Λ.

*Μεθοδολογία εκτίμησης των εκπομπών Α.Θ. από Ε.Ε.Λ.*

Από το μοντέλο ενεργού ιλύος που αναπτύχθηκε στις προηγούμενες παραγράφους αυτού του κεφαλαίου για τις διεργασίες στην βιολογική βαθμίδα και στην μονάδα επεξεργασίας λάσπης, προσδιορίζονται οι εκπομπές Α.Θ. για τις βασικές διεργασίες στις Ε.Ε.Λ. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας κατάλληλους συντελεστές μετατροπής, εκτιμώνται οι εκπομπές Α.Θ. από την καύση του βιοαερίου είτε για θέρμανση των χωνευτών ή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και οι έμμεσες εκπομπές Α.Θ. από την κατανάλωση εισαγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και την βιοαποικοδόμηση της χωνεμένης ιλύος στο χώρο τελικής διάθεσης. Έμμεσες εκπομπές Α.Θ. από τα μέσα μεταφοράς, τη χρήση χημικών ουσιών και την αποσύνθεση των συστατικών της εκροής δεν λαμβάνονται υπόψη στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για τις εξεταζόμενες Ε.Ε.Λ. είναι :

- τα φορτία του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου BOD<sub>5</sub>, του ολικού αζώτου TN και των ολικών αιωρούμενων στερεών TSS στην είσοδο και την έξοδο
- ο βαθμός απομάκρυνσης BOD<sub>5</sub>, TN, TSS
- η συγκέντρωση των ολικών MLSS και πτητικών MLVSS του ανάμικτου υγρού
- το ποσοστό πτητικών στερεών % VSS στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια ιλύ
- η παραγόμενη περίσσεια ιλύος W
- το παραγόμενο βιοαέριο
- η θερμοκρασία του ανάμικτου υγρού στη βιολογική βαθμίδα για τα δεδομένα του χειμώνα και του καλοκαιριού
- ο ολικός χρόνος παραμονής των στερεών στην βιολογική βαθμίδα.

*Υπολογισμός εκπομπών Α.Θ. από τις βιολογικές διεργασίες*

Οι βιολογικές διεργασίες που συμμετέχουν στην παραγωγή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε μία Ε.Ε.Λ. περιλαμβάνουν τις διεργασίες ενδογενούς αποσύνθεσης της βιομάζας, οξείδωσης του εισερχόμενου BOD<sub>5</sub> και απομάκρυνσης αζώτου.

#### 1. Παραγωγή CO<sub>2</sub> από την αποσύνθεση της βιομάζας

Η βιομάζα που αποσυντίθεται με την ενδογενή αναπνοή δίνεται από την ακόλουθη σχέση (Snip et al., 2009):

$$X_{decay} = Q \cdot HRT \cdot MLVSS \cdot b_H \quad (7.54)$$

όπου

$X_{decay}$  η βιομάζα που αποσυντίθεται ανά ημέρα, (kgVSS/day)

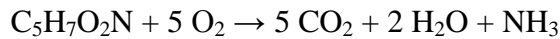
$Q$  η μέγιστη ημερήσια παροχή, (m<sup>3</sup>/day)

$HRT$  ο υδραυλικός χρόνος παραμονής, (days)

$MLVSS$  η συγκέντρωση ανάμικτου υγρού, ( $kg/m^3$ )

$b_H$  ειδική ταχύτητα φθοράς των ετεροτροφικών μικροοργανισμών, ( $day^{-1}$ )

Η στοιχειακή σύνθεση της βιομάζας είναι  $C_5H_7O_2N$  και η μετατροπή της σε  $CO_2$  δίνεται από τη σχέση (Snip et al, 2009):



Προκύπτει ότι  $1kg C_5H_7O_2N$  παράγει  $1.947 kg CO_2$  και επομένως, η παραγόμενη ποσότητα  $CO_2$  από την ενδογενή αποσύνθεση της βιομάζας είναι:

$$CO_{2,biomassdecay} = X_{decay} \cdot 1.947 \quad (7.55)$$

## 2. Παραγωγή $CO_2$ από την παραγωγή βιομάζας

Ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$Y_{obs} = \frac{Y_H}{1 + b_H \cdot \theta_c^{o\lambda}} \quad (7.56)$$

όπου

$Y_{obs}$  ο παρατηρούμενος συντελεστής παραγωγής βιομάζας, ( $kgVSS/kgBOD_{5,removed}$ )

$Y_H$  ο συντελεστής ετεροτροφικής παραγωγής βιομάζας, ( $kgVSS/kgBOD_{5,removed}$ )

$\theta_c^{o\lambda}$  ο ολικός χρόνος παραμονής στερεών στη βιολογική βαθμίδα, (days)

Η καθαρή παραγωγή βιομάζας προκύπτει από τη ποσότητα του οργανικού φορτίου που οξειδώνεται στην βιολογική βαθμίδα (Snip et al., 2009):

$$X_{net,produced} = Y_{obs} \cdot Q \cdot \left( \frac{100 - a}{100} \cdot BOD_{5,εισ} - BOD_{5,εξ} \right) \quad (7.57)$$

όπου

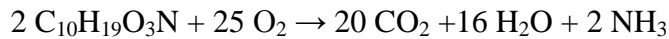
$X_{net,produced}$  η βιομάζα που παράγεται ανά ημέρα, ( $kgVSS/day$ )

$a$  η % απόδοση της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας στην απομάκρυνση  $BOD_5$

$BOD_{5,εισ}$  η συγκέντρωση  $BOD_5$  στην είσοδο της εγκατάστασης

$BOD_{5,εξ}$  η συγκέντρωση  $BOD_5$  στην έξοδο της εγκατάστασης

Έστω ότι η κατανάλωση οξυγόνου κατά την παραγωγή της βιομάζας  $X_{net,produced}$  είναι  $R_{O_2}$ . Η στοιχειακή σύνθεση του  $BOD_5$  είναι  $C_{10}H_{19}O_3N$  και κατά την οξείδωση του η αναλογία κατανάλωσης  $O_2$  προς παραγωγή  $CO_2$  είναι  $25 \cdot 32 : 20 \cdot 44$  ή  $1:1.1$ . Δηλαδή για  $1 kg O_2$  παράγεται  $1.1 kg CO_2$ .



Επομένως η παραγόμενη ποσότητα  $\text{CO}_2$  από την οξείδωση του οργανικού φορτίου είναι (Snip et al., 2009):

$$CO_{2,BOD\text{Oxidation}} = R_{O_2} \cdot 1.1 \quad (7.58)$$

Η κατανάλωση οξυγόνου κατά την παραγωγή της βιομάζας υπολογίζεται από το πρώτο μέλος της εξίσωσης (2.24).

$$R_{O_2} = \left( f - \frac{Ke \cdot Y_H}{1 + b_H \cdot \theta_c^{ol}} \right) \cdot E_H \cdot Q \cdot F_o \quad (7.59)$$

όπου

$R_{O_2}$  η απαίτηση οξυγόνου  $\text{O}_2$  σε συνθήκες πεδίου ( $\text{kgO}_2/\text{day}$ )

$Ke$  ισοδύναμο σε  $\text{BOD}_u$  της μάζας των μικροοργανισμών (λαμβάνεται ίσο με 1.4)

$E_H$  ο βαθμός απομάκρυνσης οργανικού φορτίου

$F_o$  η συγκέντρωση  $\text{BOD}_5$  εισόδου στο σύστημα ( $\text{mg/L}$ )

$f$  ο λόγος  $\text{BOD}_u/\text{BOD}_5$  (λαμβάνεται ίσο με 1.6)

### 3. Κατανάλωση $\text{CO}_2$ κατά τη νιτροποίηση

Η βιομάζα  $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$  έχει μοριακό βάρος 113 και το άζωτο N έχει μοριακό βάρος 14. Άρα η ποσότητα αζώτου που περιέχεται στην παραγόμενη βιομάζα μπορεί να υπολογισθεί από την σχέση:

$$N_{biomass} = \frac{14}{113} \cdot X_{net, produced} \quad (7.60)$$

Γίνεται η παραδοχή ότι το 15% του εισερχόμενου ολικού αζώτου  $\text{TN}_{\text{εισ}}$  καταναλώνεται για την παραγωγή βιομάζας και το 8% διαφεύγει με την περίσσεια ιλύος. Επίσης, όλο το εισερχόμενο άζωτο θεωρείται ότι είναι στην μορφή αμμωνιακού αζώτου και ότι δεν υπάρχει μείωση του φορτίου του ολικού αζώτου στην πρωτοβάθμια επεξεργασία.

Άρα η ποσότητα  $\text{NH}_4^+$  που οξειδώνεται σε  $\text{NO}_3^-$  κατά την νιτροποίηση υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$N_{nitro} = N_{total} - N_{biomass} - (N - \text{NH}_4)_{out} - N_{orgout} - N_{sl} \quad (7.61)$$

όπου

$N_{nitro}$  το άζωτο που νιτροποιείται στη δεξαμενή αερισμού ( $\text{kg/day}$ )

$N_{total}$  το ολικό άζωτο εισόδου ( $\text{kg/day}$ )

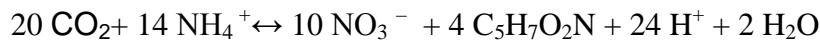
$N_{biomass}$  η ποσότητα αζώτου που προσλαμβάνεται κατά τη σύνθεση της βιομάζας ( $\text{kg/day}$ )

$(N - NH_4)_{out}$  η ποσότητα εξερχόμενου αμμωνιακού αζώτου (kg/day)

$N_{orgout}$  η ποσότητα εξερχόμενου οργανικού αζώτου (kg/day)

$N_{sl}$  η ποσότητα αζώτου που απομακρύνεται με την περίσσεια ιλύος (kg/day)

Κατά την οξείδωση του αμμωνιακού αζώτου σε νιτρικό άζωτο ένα μέρος του  $CO_2$  καταναλώνεται από τα νιτροβακτήρια ως πηγή άνθρακα (Snip et al, 2009).



Από την στοιχειομετρία της αντίδρασης ο λόγος μαζών  $CO_2 : N$  είναι 20·44 : 14·14 ή 4.49 : 1 δηλαδή 4.49 kg  $CO_2$  καταναλώνονται για κάθε 1 kg N που νιτροποιείται.

Άρα η ποσότητα  $CO_2$  που καταναλώνεται κατά την νιτροποίηση είναι :

$$CO_{2,consumed} = 4.49 \cdot N_{nitro} \quad (7.62)$$

#### 4. Παραγωγή $CO_2$ κατά την απονιτροποίηση

Οι απονιτροποιητές χρησιμοποιούν ως πηγή άνθρακα το BOD. Έτσι, η ποσότητα  $CO_2$  που παράγεται κατά την απονιτροποίηση περιλαμβάνεται στην ποσότητα  $CO_2$  που έχει ήδη υπολογισθεί ότι παράγεται κατά την οξείδωση του BOD.

#### 5. Παραγωγή $N_2O$ κατά την απονιτροποίηση

Ο συντελεστής μετατροπής του  $N_2O$  σε N κατά την απονιτροποίηση είναι διαφορετικός για κάθε Ε.Ε.Λ. Λαμβάνεται ενιαία τιμή 0.5% kg παραγόμενου  $N_2O$  ανά kg εισερχόμενου ολικού αζώτου TN ήτοι 0.5% kg  $N_2O$ /kg  $TN_{eis}$ .

Άρα η παραγόμενη ποσότητα  $N_2O$  είναι:

$$N_2O_{emission} = Q \cdot N_{total} \cdot 0.005 \quad (7.63)$$

Με βάση το δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο θερμοκηπίου του  $N_2O$  (IPCC, 2001), η ισοδύναμη ποσότητα  $CO_2$  για τις εκπομπές του  $N_2O$  προκύπτει:

$$CO_{2,equivalent} = N_2O_{emission} \cdot GWP_{N_2O} = Q \cdot N_{total} \cdot 0.005 \cdot 296 \quad (7.64)$$

Άρα η συνολική ποσότητα εκπομπών  $CO_2$ , kg/day, από τις βιολογικές διεργασίες είναι:

$$CO_{2,biotreatment} = CO_{2,biomassdecay} + CO_{2,BODoxidation} - CO_{2,consumed} + CO_{2,equivalent} \quad (7.65)$$

Υπολογισμός εκπομπών Α.Θ. από την αναερόβια χώνευση της ιλύος

#### 1. Παραγόμενο βιοαέριο

Κατά την χώνευση της ιλύος παράγονται  $CO_2$  και  $CH_4$ . Υπολογίζεται αρχικά η ποσότητα ιλύος που οδηγείται στην χώνευση και το βιοαέριο που παράγεται και τελικά η παραγωγή  $CO_2$  και  $CH_4$ .

Η ποσότητα και η παροχή της πρωτοβάθμιας ιλύος υπολογίστηκε μόνο για το σενάριο των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων. Έχει γίνει η παραδοχή ότι στη μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης της εγκατάστασης απομακρύνεται το 60% των εισερχόμενων

ολικών στερεών (TSS). Η ποσότητα της πρωτοβάθμιας ιλύος δίνεται από τη σχέση (7.46).

Η ποσότητα και η παροχή της περίσσειας (δευτεροβάθμιας) ιλύος υπολογίστηκαν για το σύνολο των εγκαταστάσεων. Ο υπολογισμός της ποσότητας  $W$  της περίσσειας ιλύος δίνεται από τη σχέση (7.24).

Για τον υπολογισμό του παραγόμενου βιοαερίου στη μονάδα αναερόβιας χώνευσης λαμβάνεται ότι το 50% των πτητικών στερεών της πρωτοβάθμιας και το 30% των πτητικών στερεών της δευτεροβάθμιας ιλύος απομακρύνονται κατά την χώνευση.

Επίσης λαμβάνεται ότι 1 kg πτητικών στερεών που απομακρύνονται κατά την χώνευση παράγει 0.90 m<sup>3</sup> βιοαέριο. Το τελικά παραγόμενο βιοαέριο δίνεται από τη σχέση (7.53).

Το παραγόμενο βιοαέριο αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από CH<sub>4</sub> και λιγότερο από CO<sub>2</sub>. Αρχικά καίγεται σε καυστήρα για την θέρμανση των χωνευτών με αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών Α.Θ. και εφόσον υπάρχει απομένουσα ποσότητα είτε αυτή καίγεται σε πυρσό καύσης για λόγους ασφαλείας ή οδηγείται σε μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για την μείωση των ενεργειακών αναγκών της Ε.Ε.Λ. Στην τελευταία περίπτωση μειώνονται περαιτέρω οι εκπομπές Α.Θ. που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε.Λ. Κατά την καύση σε πυρσό καύσης ένα ποσοστό 1% θεωρείται ότι διαφεύγει στην ατμόσφαιρα.

## 2. Παραγωγή CO<sub>2</sub> από την καύση του βιοαερίου

Η παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου  $W_{\text{biogas}}$  χρησιμοποιείται για την θέρμανση των χωνευτών και εφόσον επαρκεί, η υπόλοιπη ποσότητα οδηγείται είτε σε πυρσό καύσης (flare) ή σε γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

Η περιεκτικότητα CH<sub>4</sub> στο βιοαέριο είναι 60 – 65%. Λαμβάνεται μέση περιεκτικότητα CH<sub>4</sub> στο βιοαέριο 62.5% κ.ο. και του CO<sub>2</sub> 37.5% κ.ο. Συνεπώς για κάθε 1m<sup>3</sup> βιοαερίου που παράγεται παράγονται 0.625 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> και 0.375 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>.

Άρα σε όρους μάζας προκύπτει:

- Παραγόμενο CO<sub>2</sub>:  $0.375/22.4 \cdot 44 = 0.737 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 \text{ βιοαερίου}$
- Παραγόμενο CH<sub>4</sub>:  $0.625/22.4 \cdot 16 = 0.446 \text{ kg CH}_4 / \text{m}^3 \text{ βιοαερίου}$

Λαμβάνοντας υπόψη τη σχέση (7.53), οι ποσότητες CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/day) και CH<sub>4</sub> (kgCH<sub>4</sub>/day) που προκύπτουν είναι:

$$CO_{2,biogas} = 0.737 \cdot Q_{gas} \quad (7.66)$$

$$CH_{4,biogas} = 0.446 \cdot Q_{gas} \quad (7.67)$$

Ολόκληρη η ποσότητα CH<sub>4</sub> καίγεται προς CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O :  $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$

Λαμβάνοντας διαφυγή βιοαερίου στην ατμόσφαιρα ίση με 1% λόγω ατελούς καύσης, η ποσότητα CO<sub>2</sub> που παράγεται από την καύση του βιοαερίου είναι:

$$CO_{2,bio\text{gas}}^{\text{ολικο}} = 0.99 \cdot \left( CO_{2,bio\text{gas}} + \frac{44}{16} \cdot CH_{4,bio\text{gas}} \right) \quad (7.68)$$

Το βιοαέριο αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και επομένως, όταν χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών Α.Θ., αφού μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται, πχ. από λιγνίτη ή πετρέλαιο, υποκαθίσταται από «καθαρή» ηλεκτρική ενέργεια.

### 3. Παραγωγή CO<sub>2</sub> από τη διαρροή βιοαερίου στην ατμόσφαιρα

Με βάση το δυναμικό συμβολής στο φαινόμενο θερμοκηπίου του CH<sub>4</sub> (IPCC, 2001), η ισοδύναμη ποσότητα CO<sub>2</sub> λόγω της διαφυγής του βιοαερίου σε ποσοστό 1% δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$CO_{2,bio\text{gas},leakage} = 0.01 \cdot \left( CO_{2,bio\text{gas}} + 23 \cdot CH_{4,bio\text{gas}} \right) \quad (7.69)$$

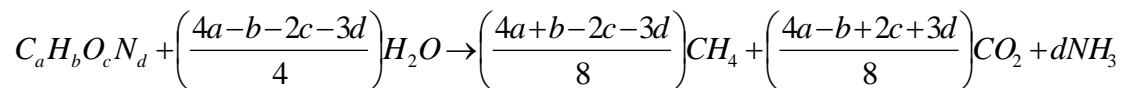
#### Υπολογισμός εκπομπών Α.Θ. από διάθεση ή καύση της ιλύος

Η χωνεμένη ιλύς αφού αφυδατωθεί μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους, πχ. στην γεωργία, σαν κομπόστ ή να διατεθεί σε χώρους υγειονομικής ταφής.

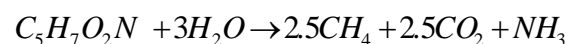
Στην Ελλάδα η επαναχρησιμοποίηση της βιολογικής ιλύος είναι εξαιρετικά περιορισμένη και, έτσι, η αφυδατωμένη και πλήρως σταθεροποιημένη ή χωνεμένη ιλύς διατίθεται συνήθως σε χώρους υγειονομικής ταφής.

Οι εκπομπές Α.Θ. της ιλύος είναι CH<sub>4</sub> και CO<sub>2</sub> και προέρχονται από αναερόβια αποικοδόμηση των πτητικών στερεών που διέφυγαν από τον χωνευτή. Σε περίπτωση αποθήκευσης ή διάθεσης της ιλύος σε μεμονωμένο χώρο, λόγω της χαμηλής συγκέντρωσης πτητικών στερεών το παραγόμενο CH<sub>4</sub> δεν ανακτάται, αλλά διαφεύγει στην ατμόσφαιρα. Σε περίπτωση που η ιλύς διατίθεται για υγειονομική ταφή σε Χ.Υ.Τ.Α., το παραγόμενο βιοαέριο καίγεται στον πυρσό καύσης του Χ.Υ.Τ.Α.

Σε έναν Χ.Υ.Τ.Α. οι αέριοι ρύποι που παράγονται για την πλήρη οξείδωση της οργανικής ύλης δίνονται από την ακόλουθη στοιχειομετρική σχέση των απορριμμάτων C<sub>a</sub>H<sub>b</sub>O<sub>c</sub>N<sub>d</sub> (Κατσίρη, 2009).



Δεδομένου ότι ο χημικός τύπος της ιλύος που διατίθεται από τις Ε.Ε.Λ. προς υγειονομική ταφή είναι C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>N, τότε οι αέριοι ρύποι που παράγονται για την πλήρη οξείδωση της οργανικής ιλύος στο σώμα του Χ.Υ.Τ.Α. αποδίδονται στοιχειομετρικά ως ακολούθως:



Επομένως, σύμφωνα με την παραπάνω σχέση για 1 kgSS/day ιλύος που διατίθεται σε Χ.Υ.Τ.Α. παράγονται 110/113 kgCO<sub>2</sub>/day και 40/113 kgCH<sub>4</sub>/day, τα οποία αποτελούν το βιοαέριο που οδηγείται στον πυρσό καύσης του Χ.Υ.Τ.Α.

Ολόκληρη η ποσότητα CH<sub>4</sub> καίγεται προς CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O : CH<sub>4</sub> + 2 O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + 2 H<sub>2</sub>O



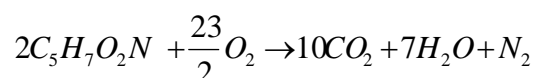
Επομένως η ποσότητα του CO<sub>2</sub> που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα από την καύση του βιοαερίου στον πυρσό καύσης του Χ.Υ.Τ.Α. είναι:

$$CO_{2, sanitary} = \frac{110}{113} \cdot W_{SS, sanitary} + \frac{40}{113} \cdot \frac{44}{16} \cdot W_{SS, sanitary} \quad (7.70)$$

όπου

$W_{SS, sanitary}$  η ποσότητα ιλύος που διατίθεται στο Χ.Υ.Τ.Α.

Σε περίπτωση που η ιλύς οδηγείται προς μονάδα αερόβιας καύσης στοιχειομετρικά η διαδικασία αυτή αποδίδεται ως ακολούθως:



Δηλαδή σύμφωνα με την παραπάνω σχέση για 1 kgSS/day ιλύος που καίγεται παράγονται 440/226 kgCO<sub>2</sub>/day.

Επομένως, η ποσότητα CO<sub>2</sub> που παράγεται από την καύση της ιλύος είναι:

$$CO_{2, combustion} = \frac{440}{226} \cdot W_{SS, combustion} \quad (7.71)$$

*Υπολογισμός εκπομπών Α.Θ. από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας*

Προκειμένου να εκτιμηθούν οι εκπομπές Α.Θ. που οφείλονται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανάντη της Ε.Ε.Λ. και η οποία καταναλώνεται μέσα στην Ε.Ε.Λ., πρέπει να είναι γνωστό το μείγμα καυσίμου από το οποίο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια. Με βάση τα δεδομένα της ΔΕΗ, το μείγμα καυσίμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την Ελλάδα για το διάστημα 08/2011 έως και 07/2012 και οι αντίστοιχοι συντελεστές εκπομπής Α.Θ. για κάθε πηγή ενέργειας (Shahabadi et al., 2009) δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 7.6: Μείγμα καυσίμου για όλη τη χώρα.

Ανάλυση παραγωγής και διασυνδέσεων	Ποσοστό Fi (%)	Συντελεστής εκπομπών Α.Θ. EFi (gr CO <sub>2</sub> e/kWh)
Λιγνιτική	46.85	877
Πετρελαϊκή	8.10	604
Φυσικού αερίου	24.94	353
Υδροηλεκτρική	6.09	
ΑΠΕ	9.75	
Διασυνδέσεις	4.27	
Σύνολο	100.00	

(12μηνο, 8<sup>ος</sup>/2011 έως και 7<sup>ος</sup>/2012)

Οι εκπομπές Α.Θ. που οφείλονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε μια Ε.Ε.Λ. υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$CO_{2,electricity} = E_{required} \cdot \sum (F_i \cdot EF_i) \quad (7.72)$$

όπου

$CO_{2,electricity}$  η παραγωγή Α.Θ. που οφείλεται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, (g CO<sub>2</sub>e/day)

$E_{required}$  η κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε.Λ., (kWh/day)

$F_i$  το % ποσοστό συμμετοχής του καυσίμου *i* στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

$EF_i$  ο συντελεστής εκπομπών Α.Θ. του καυσίμου *i* κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, g CO<sub>2</sub>e/kWh.

### 7.2.5 Συγκεντρωτικός πίνακας κινητικών σταθερών και παραμέτρων θεωρητικού μοντέλου

Οι τιμές των κινητικών παραμέτρων είναι δυνατό να προσδιοριστούν από εργαστηριακά ομοιώματα ή έργα οδηγούς (pilot plants). Στις περισσότερες περιπτώσεις κάτι τέτοιο είναι είτε αδύνατο (π.χ. έλλειψη αντιπροσωπευτικών λυμάτων) ή αντιοικονομικό (π.χ. σχετικά μικρές εγκαταστάσεις), με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητο να καταφύγει κανείς στη βιβλιογραφία. Από την ανάλυση των τιμών των κινητικών παραμέτρων, που προτείνονται στην βιβλιογραφία, διαπιστώνεται ότι η μεταβλητότητα πολλών εξ αυτών είναι σημαντική και οφείλεται στις περισσότερες περιπτώσεις στις εγγενείς ασάφειες επακριβούς προσδιορισμού των τιμών τους. Σημασία, ωστόσο, έχει η επιλογή μιας ομάδας τιμών για όλες τις παραμέτρους, που να έχουν κοινή βιβλιογραφική αναφορά, καθώς θα πρέπει να υπάρχει λογική συσχέτιση μεταξύ των τιμών των παραμέτρων. Μια πολύ καλή εκτίμηση από την Ελληνική εμπειρία αποτελεί η ομάδα τιμών που παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 7.7: Τιμές των σταθερών των κινητικών παραμέτρων του μοντέλου.

Όνομασία	Παράμετρος	Μονάδες	Ορισθείσα τιμή
Θερμοκρασία λυμάτων	T	°C	18
Ειδική ταχύτητα φθοράς των ετεροτροφικών μικροοργανισμών	$b_H$	day <sup>-1</sup>	0.06
Συντελεστής παραγωγής ετεροτροφικής βιομάζας	$Y_H$	kgVSS/kgBOD <sub>5</sub>	0.65
Μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης ετεροτροφικών μικροοργανισμών, για T=20°C	$\mu_{H,max,20}$	day <sup>-1</sup>	7
Σταθερά κορεσμού Monod	$K_{SH}$	mg/L	120
Σταθερά	$k_H$	-	0.07
Ποσοστό αδρανών διαλυτών στερεών εισόδου	$\alpha$	kgSS/kgBOD <sub>5</sub>	0.1
Ποσοστό αδρανών διαλυτών στερεών ετεροτροφικών μικροοργανισμών	$\beta$	kgSS/kgBOD <sub>5</sub>	0.2

Πίνακας 7.7 (Συνέχεια): Τιμές των σταθερών των κινητικών παραμέτρων του μοντέλου.

Όνομασία	Παράμετρος	Μονάδες	Ορισθείσα τιμή
Ειδική ταχύτητα ζήτησης οξυγόνου λόγω ενδογενούς αναπνοής	$r_{\text{ενδογ}}$	kgO <sub>2</sub> /kgVSS-day	0.065
Ειδική ταχύτητα φθοράς των αυτοτροφικών μικροοργανισμών	$b_N$	day <sup>-1</sup>	0.05
Συντελεστής παραγωγής αυτοτροφικής βιομάζας	$Y_N$	kgVSS/kgBOD <sub>5</sub>	0.15
Μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης αυτοτροφικών μικροοργανισμών, για T=20°C	$\mu_{N,\text{max},20}$	day <sup>-1</sup>	0.6
Σταθερά κορεσμού Monod	$K_{SN}$	mg/L	0.5
Σταθερά	$k_N$	-	0.116
Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στον βιοαντιδραστήρα	DO	mg/L	2
Σταθερά κορεσμού Monod	$K_{DO}$	mg/L	0.5
Σταθερά	A	-	6.4

Πίνακας 7.7 (Συνέχεια): Τιμές των σταθερών των κινητικών παραμέτρων του μοντέλου.

Σταθερά	B	-	15 880
Παγκόσμια Σταθερά Αερίων	R	cal/g mole °C	1.987
συντελεστής διόρθωσης	n	-	0.6
Λόγος VSS/TSS εισόδου	VSS/TSS	-	0.7
Ρυθμός μεταφοράς O <sub>2</sub> από το σύστημα επιφανειακών αεριστήρων σε κανονικές συνθήκες	ε	kgO <sub>2</sub> /kWh	
ισοδύναμο σε BODu της μάζας των μικροοργανισμών	Ke	-	1.4
Λόγος BODu/BOD <sub>5</sub>	f	-	1.6

### 7.3 Παρουσίαση των αριθμητικών αποτελεσμάτων για τις Ε.Ε.Λ. πριν την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων

Η κατασκευή του συστήματος πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος Microsoft Excel, το οποίο μας παρείχε τη δυνατότητα του άμεσου εντοπισμού των πιθανών σφαλμάτων στα δεδομένα εισόδου, των ατελειών του μοντέλου, αλλά και της πλήρους εποπτείας τόσο των ενδιάμεσων βημάτων της κατάρτισης του συστήματος όσο και των τελικών αποτελεσμάτων.

#### 7.3.1 Περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων

##### Βιολογική βαθμίδα

A1. Προσδιορισμός χρόνου παραμονής ετεροτροφικών μικροοργανισμών,  $\theta_c^H$

Εφαρμόζοντας τις σχέσεις (7.3) – (7.6) και τις τιμές των σταθερών και των παραμέτρων του πίνακα 7.7, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

$$\mu_{H,max,18} = 6.086days^{-1}$$

$$\frac{1}{\theta_c^H} = 0.298 \text{ days}^{-1}$$

$$\theta_c^H = 3.36 \text{ d}$$

A2. Προσδιορισμός χρόνου παραμονής αυτοτροφικών μικροοργανισμών,  $\theta_c^N$

Αντίστοιχα, με την εφαρμογή των σχέσεων (7.8) – (7.9) προκύπτει ότι:

$$\mu_{N,max,18} = 0.476 \text{ days}^{-1}$$

$$\frac{1}{\theta_c^N} = 0.204 \text{ days}^{-1}$$

$$\theta_c^N = 4.91 \text{ days}$$

Επισημαίνεται ότι επειδή η διαδικασία της νιτροποίησης είναι περισσότερο ευαίσθητη στην παρουσία τοξικών παραγόντων σε σύγκριση με τη συνολική διαδικασία απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου, για αυτό αυξάνουμε το χρόνο παραμονής των νιτροποιητών πολλαπλασιάζοντας τον με το συντελεστή ασφαλείας  $SF = 3.10$ , ώστε να διασφαλίσουμε ότι ακόμη και στην περίπτωση εισροής τοξικών δε θα υπάρξει πρόβλημα. Σημειώνεται ότι η επιλογή ενός αρκετά μεγάλου συντελεστή ασφαλείας αποσκοπεί στην επίτευξη ενός μεγάλου ολικού χρόνου παραμονής των στερεών ώστε να εξασφαλίζεται η σταθεροποίηση της ιλύος.

$$\theta_c^N = 3.10 \cdot 4.91 \Rightarrow \theta_c^N = 15.22 \text{ days}$$

$$\theta_{c,A} = \max\{\theta_c^H, SF \cdot \theta_c^N\}$$

Άρα,  $\theta_{c,A} = 15.22 \text{ days}$

B. Υπολογισμός του απαραίτητου αερόβιου όγκου του συστήματος

Έχοντας επιλέξει  $MLSS = 3500 \text{ mg/L}$  και προσδιορίζοντας όλες τις συνιστώσες της παρένθεσης της σχέσης (7.14), που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα, είναι δυνατό να προσδιοριστεί ο απαραίτητος όγκος της δεξαμενής αερισμού, επιλύοντας τις σχέσεις (7.12) και (7.14).

Ετεροτροφικοί	119.53
Οργανικά που δεν υδρολύονται	26.25
Αδρανή	112.50
Νιτροποιητές	5.09
άθροισμα (σε mg/L)	263.38

Άρα, θα ισχύει ότι:

$$3500 = \frac{1}{\lambda} \cdot 263.38 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 13.29 \Rightarrow \frac{Q \cdot \theta_c}{V_{AA}} = 13.29 \Rightarrow V_{AA} = 2290 \text{ m}^3$$

Τελικά, επιλέγεται όγκος για τη δεξαμενή αερισμού ίσος με  $V_{\Delta A} = 2300m^3$ .

Ακόμη, προκύπτει ότι:

$$MLVSS = 2005 \text{ mg / L} \text{ και } \frac{MLVSS}{MLSS} = 0.573 .$$

Γ. Υπολογισμός της παροχής ανακυκλοφορίας της ιλύος ( $r \cdot Q$ )

$$\theta = \frac{V_{\Delta A}}{Q} = 1.14 \text{ days}$$

$$\lambda = \frac{\theta}{\theta_c} = 0.075$$

$$m = \frac{SS_u}{MLSS} = 2.29$$

Έχοντας υπολογίσει τις παραπάνω μεταβλητές, προκύπτει ότι ο βαθμός ανακυκλοφορίας της ιλύος θα είναι:

$$r = 0.72$$

Έτσι, η παροχή ανακυκλοφορίας της ιλύος θα είναι:  $r \cdot Q = 1438m^3 / \text{day}$  ή  $60m^3 / h$

Δ. Υπολογισμός της παροχής W της περίσσειας ιλύος

$$W = \frac{(\lambda \cdot MLSS - TSS_{\epsilon\xi})}{(m \cdot MLSS - TSS_{\epsilon\xi})} \cdot Q \Rightarrow W = 62m^3 / \text{day}$$

Ε. Υπολογισμός απαιτούμενου όγκου απονιτροποίησης,  $V_{\text{ανοξ}}$

Σε όρους μάζας το ολικό άζωτο που εισέρχεται ανά ημέρα στην ανοξική δεξαμενή είναι ίσο με:

$$TN_{\epsilon\sigma} = 120kgN / \text{day}$$

Έξοδος της δεξαμενής τελικής καθίζησης

Η οριακή τιμή για το ολικό άζωτο στην έξοδο της δεξαμενής τελικής καθίζησης είναι 10 mg/L. Πρέπει, δηλαδή, να ισχύει ότι:

$$TN_{\epsilon\xi} = (NO_3 - N)_{\epsilon\xi} + (NH_4 - N)_{\epsilon\xi} + (οργN)_{\epsilon\xi} \leq 10 \text{ mg/L}$$

α) Ως προς το νιτρικό άζωτο ( $NO_3 - N$ ) πρέπει στην έξοδο να ισχύει:

$$(NO_3 - N) \leq 7 \text{ mg/L (συντηρητικά)}$$

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται:

$$(NO_3)_{\epsilon\xi} \cdot (Q - W) = 13.6kgN / \text{day}$$

β) Ως προς το αμμωνιακό άζωτο ( $NH_4 - N$ ) πρέπει στην έξοδο να ισχύει:

$$(NH_4 - N) \leq 2 \text{ mg/L}$$

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται :

$$(NH_4 - N)_{εξ} \cdot (Q - W) = 3.9 \text{ kgN / day}$$

γ) Ως προς το οργανικό άζωτο πρέπει στην έξοδο να ισχύει:

$$(οργN) \leq 1 \text{ mg/L}$$

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται :

$$(οργN)_{εξ} \cdot (Q - W) = 1.9 \text{ kgN / day}$$

Διαφορετικά, ως προς το ολικό άζωτο στην έξοδο θα απομακρύνονται σε όρους μάζας:

$$(TN)_{εξ} \cdot (Q - W) = 19.4 \text{ kgN / day}$$

### Ιλύς

Σε όρους μάζας με την δευτεροβάθμια ιλύ θα απομακρύνονται καθημερινά :

α) Ως προς το νιτρικό άζωτο ( $NO_3 - N$ ) πρέπει να ισχύει (το ίδιο με την έξοδο):

$$(NO_3 - N) \leq 7 \text{ mg/L (συντηρητικά)}$$

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται:

$$(NO_3)_{εξ} \cdot W = 0.4 \text{ kgN / day}$$

β) Ως προς το αμμωνιακό άζωτο ( $NH_4 - N$ ) πρέπει να ισχύει (το ίδιο με την έξοδο):

$$(NH_4 - N) \leq 1 \text{ mg/L}$$

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται :

$$(NH_4 - N)_{εξ} \cdot W = 0.1 \text{ kgN / day}$$

γ) Ως προς το οργανικό άζωτο πρέπει στην έξοδο να ισχύει (το ίδιο με την έξοδο):

$$(οργN) \leq 1 \text{ mg/L}$$

Παραδοχή: ποσοστό κατά βάρος αζώτου των VSS: 0.10 kgN/kgVSS

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται :

$$W \cdot SS_u \cdot \frac{MLVSS}{MLSS} \cdot 10\% = 28.5 \text{ kgN / day}$$

Συνολικά θα απομακρύνονται καθημερινά:

$$TN_{εξ} + TN_{ιλύος} = 48.4 \text{ kgN/day}$$



Σύμφωνα με τις σχέσεις (7.34), (7.35) και (7.36) προκύπτει ότι το άζωτο που θα απονιτροποιείται θα είναι  $71.6 \text{ kgN/day}$ , ο ρυθμός απονιτροποίησης θα είναι  $0.076 \text{ kg(NO}_3\text{-N)/kgVSS/day}$  και ο απαιτούμενος ανοξικός όγκος θα είναι  $472 \text{ m}^3$ .

Τελικά, επιλέγεται όγκος για την ανοξική δεξαμενή ίσος με  $V_{\text{ανοξ}} = 500 \text{ m}^3$ .

ΣΤ. Προσδιορισμός ολικού χρόνου παραμονής στερεών στο σύστημα,  $\theta_c^{o\lambda}$

$$\theta_c^{o\lambda} = \frac{(V_{\Delta A} + V_{\text{ανοξ}}) \cdot MLSS}{W \cdot SS_u + (Q - W) \cdot TSS_{\varepsilon\xi}} = 18.3 \text{ days}$$

Άρα η παραγόμενη δευτεροβάθμια ιλύς είναι σταθεροποιημένη.

Ζ. Προσδιορισμός ζήτησης οξυγόνου – σύστημα επιφανειακού αερισμού

Ζήτηση οξυγόνου (OTR) σε συνθήκες πεδίου

- Λόγω οξειδωσης του οργανικού άνθρακα

$$0.59 \cdot E_H \cdot Q \cdot BOD_5^{\varepsilon\sigma} = 351 \text{ kgO}_2 / \text{day}$$

- Λόγω της ενδογενούς αναπνοής

$$r_{\text{ενδογ}} \cdot (V_{\Delta A} + V_{\text{ανοξ}}) \cdot MLVSS = 352 \text{ kgO}_2 / \text{day}$$

- Λόγω νιτροποίησης

$$4.33 \cdot E_N \cdot Q \cdot (NH_4 - N)_o = 518 \text{ kgO}_2 / \text{day}$$

- Μείωση λόγω απονιτροποίησης

$$2.86 \cdot (\Delta NO_3 - N) = 205 \text{ kgO}_2 / \text{day}$$

$$OTR = 1017 \text{ kgO}_2 / \text{day}$$

Η παραπάνω τιμή πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής ίσο με 1.50.

$$OTR_{\text{αιχμής}} = 1525 \text{ kgO}_2 / \text{day} \text{ ή } 64 \text{ kgO}_2 / \text{h}$$

Ζήτηση οξυγόνου (SOTR) σε κανονικές (τυπικές) συνθήκες

$$SOTR = 106 \text{ kgO}_2 / \text{h}$$

Η. Δεξαμενή τελικής καθίζησης

Στην παρούσα μελέτη, επιλέγεται υδραυλικό φορτίο  $q = 12 \text{ m/day}$  και φορτίο στερεών  $G = 120 \text{ kgSS/m}^2/\text{day}$ . Από το κάθε κριτήριο προκύπτει και μία απαιτούμενη επιφάνεια δεξαμενής, εκ των οποίων επιλέγεται η μεγαλύτερη.

$$q = \frac{Q}{A_1} \Rightarrow A_1 = \frac{Q}{q} \Rightarrow A_1 = 167 \text{ m}^2$$

$$G = \frac{(1+r) \cdot Q \cdot MLSS}{A_2} \Rightarrow A_2 = \frac{(1+r) \cdot Q \cdot MLSS}{G} \Rightarrow A_2 = 100 \text{ m}^2$$

Τελικά, επιλέγεται  $A_{ATK} = 167m^2$ , αφού αυτή είναι η μεγαλύτερη εκ των δύο.

Θ. Μονάδες επεξεργασίας ιλύος

#### Δευτεροβάθμια ιλύς

- Προσδιορισμός ποσότητας και παροχής περίσσειας (δευτεροβάθμιας) ιλύος

Η παροχή της ιλύος που απομακρύνεται από τον πυθμένα της Δ.Τ.Κ. είναι ίση με  $W=62 m^3/day$ . Επίσης, η συγκέντρωση στερεών στη δευτεροβάθμια ιλύ είναι  $SS_u=8\ 000\ mg/L$ .

Έτσι προκύπτει ότι η μάζα ολικών στερεών που διέρχονται ανά ημέρα από την έξοδο της Δ.Τ.Κ. είναι  $498\ kg/day$ .

Συνεπώς, η συγκέντρωση στερεών θα είναι  $8.0\ kgSS / day$  ή  $0.80\%$

- Μονάδα μηχανικής πάχυνσης ιλύος (τράπεζες πάχυνσης)

Το σύστημα των τραπεζών πάχυνσης διαστασιολογήθηκε έτσι ώστε να λειτουργεί 40 ώρες την εβδομάδα, δηλαδή για 8ωρη και πενήνήμερη λειτουργία.

Για τον παχυντή δευτεροβάθμιας ιλύος, υπολογίζουμε αρχικά το εβδομαδιαίο φορτίο ολικών στερεών.

$$498 \cdot 7 = 3484\ kg / week$$

Η ωριαία φόρτιση του παχυντή της δευτεροβάθμιας ιλύος θα είναι ίση με:

$$\frac{3484}{40} = 87\ kgSS / h$$

Με την πάχυνση της δευτεροβάθμιας ιλύος επιτυγχάνεται συγκέντρωση ιλύος ίση με  $5\%$ , δηλαδή  $50\ kg/m^3$ . Επομένως, η παροχή στερεών στην παχυμένη δευτεροβάθμια ιλύ θα είναι:

$$Q_{δευτ.ιλύος} = \frac{TSS_{δευτ.ιλύος}}{50\ kgSS/m^3} = 10\ m^3 / day$$

Εφόσον ο παχυντής δευτεροβάθμιας ιλύος δε λειτουργεί όλες τις ημέρες και όλες τις ώρες, υπολογίζω την ωριαία παροχή ιλύος που προκύπτει από τις 5 ημέρες λειτουργίας με ανάλογο τρόπο όπως υπολογίστηκε η ωριαία φόρτιση του παχυντή.

$$\frac{W \cdot 7}{40} = 10.9\ m^3 / h \text{ για την τράπεζα πάχυνσης}$$

Για τον προσδιορισμό του πλάτους της κάθε τράπεζα πάχυνσης ορίζεται ότι η φόρτιση της κάθε τράπεζα πάχυνσης ανά μέτρο πλάτους είναι  $250\ kgSS / m / h$ .

Στην περίπτωση μας, το απαιτούμενο πλάτος της κάθε τράπεζα πάχυνσης είναι αρκετά μικρό, επομένως λαμβάνουμε το ελάχιστο πλάτος του  $1.5\ m$ .

Άρα, παίρνουμε μια τράπεζα πάχυνσης του  $1.5\ m$ .

- Μονάδα μηχανικής αφυδάτωσης ιλύος (ταινιοφιλτρόπρεςσες)

Το σύστημα των ταινιοφιλτροπρεσσών διαστασιολογήθηκε έτσι ώστε να λειτουργεί 40 ώρες την εβδομάδα, δηλαδή για 8ωρη και πενήμερη λειτουργία.

Για να προσδιορίζουμε την ωριαία δυναμικότητα των ταινιοφιλτροπρεσσών υπολογίζουμε αρχικά το εβδομαδιαίο φορτίο ολικών στερεών, το οποίο είναι ίσο με:

$$498 \cdot 7 = 3484 \text{ kg} / \text{week}$$

Η ωριαία δυναμικότητα των ταινιοφιλτροπρεσσών θα είναι ίση με:

$$\frac{3484}{40} = 87 \text{ kgSS} / \text{h}$$

Αντίστοιχα, και η παροχή των στερεών θα μεταβληθεί και θα είναι:

$$\frac{10 \cdot 7}{40} = 1.74 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Για τον προσδιορισμό του πλάτους της κάθε ταινιοφιλτρόπρεσσας ορίζεται ότι η δυναμικότητα της κάθε ταινιοφιλτρόπρεσσας ανά μέτρο πλάτους είναι  $250 \text{ kgSS} / \text{m} / \text{h}$ .

Στην περίπτωση μας, το απαιτούμενο πλάτος της κάθε ταινιοφιλτρόπρεσσας είναι αρκετά μικρό, επομένως λαμβάνουμε το ελάχιστο πλάτος του 1.5 m.

Αρα, παίρνουμε μια ταινιοφιλτρόπρεσσα του 1.5 m.

#### I. Προσθήκη κροκιδωτικών

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το κροκιδωτικό που χρησιμοποιήθηκε είναι πολυηλεκτρολύτης τόσο στο στάδιο της πάχυνσης της δευτεροβάθμιας ιλύος όσο και στο στάδιο της αφυδάτωσης της ιλύος σε διαφορετικές, ωστόσο, δόσεις.

- Πάχυνση δευτεροβάθμιας ιλύος

Η δόση του πολυηλεκτρολύτη θα είναι  $3 \text{ g/kgSS}$  και αφού η ωριαία φόρτιση του παχυντή της δευτεροβάθμιας ιλύος είναι  $87 \text{ kgSS} / \text{h}$ , απαιτούνται συνολικά:

$$87 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0.26 \text{ kg poly} / \text{h}$$

Για τον παχυντή δευτεροβάθμιας ιλύος, βρέθηκε ότι το εβδομαδιαίο φορτίο ολικών στερεών είναι  $3484 \text{ kg} / \text{week}$ . Επομένως, η ανηγμένη εβδομαδιαία ποσότητα πολυηλεκτρολύτη θα είναι  $10.45 \text{ kg poly} / \text{week}$  και η ανηγμένη ημερήσια ποσότητα πολυηλεκτρολύτη θα είναι  $1.49 \text{ kg poly} / \text{day}$ .

Επίσης, η πυκνότητα του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη είναι 0.20% ή αλλιώς  $2.0 \text{ kg poly} / \text{m}^3$ . Συνεπώς, η απαιτούμενη ωριαία παροχή πολυηλεκτρολύτη είναι:

$$\frac{0.26 \text{ kg poly} / \text{h}}{2.0 \text{ kg poly} / \text{m}^3} \Rightarrow Q = 0.13 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- Αφυδάτωση ιλύος

Η δόση του πολυηλεκτρολύτη θα είναι  $7 \text{ g/kgSS}$  και αφού η ωριαία δυναμικότητα των ταινιοφιλτροπρεσσών είναι  $87 \text{ kgSS} / \text{h}$ , απαιτούνται συνολικά:

$$87 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 0.61 \text{ kg poly} / \text{h}$$

Για τις ταινιοφιλτρόπρεσσες, βρέθηκε ότι το εβδομαδιαίο φορτίο ολικών στερεών είναι  $3484 \text{ kg} / \text{week}$ . Επομένως, η ανηγμένη εβδομαδιαία ποσότητα πολυηλεκτρολύτη θα είναι  $24.39 \text{ kg poly} / \text{week}$  και η ανηγμένη ημερήσια ποσότητα πολυηλεκτρολύτη θα είναι  $3.48 \text{ kg poly} / \text{day}$ .

Επίσης, η πυκνότητα του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη είναι 0.20% ή αλλιώς  $2.0 \text{ kg poly} / \text{m}^3$ . Συνεπώς, η απαιτούμενη ωριαία παροχή πολυηλεκτρολύτη είναι:

$$\frac{0.61 \text{ kg poly} / \text{h}}{2.0 \text{ kg poly} / \text{m}^3} \Rightarrow Q = 0.30 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Η συνολική κατανάλωση πολυηλεκτρολύτη (πάχυνση και αφυδάτωση ιλύος) θα είναι:

$$1.49 + 3.48 = 4.98 \text{ kg poly} / \text{day}$$

Θεωρώντας ότι η τιμή του πολυηλεκτρολύτη είναι  $3.5 \text{ €/kg poly}$ , προκύπτει ότι το ημερήσιο συνολικό κόστος του πολυηλεκτρολύτη θα είναι  $17.42 \text{ €/day}$ .

#### Ενεργειακή κατανάλωση

- Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης από το σύστημα επιφανειακού αερισμού

Από τη σχέση (7.52) υπολογίζεται η απορροφούμενη ισχύς από το σύστημα επιφανειακών αεριστήρων, η οποία είναι  $53 \text{ kW}$ .

Άρα, η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $1271 \text{ kWh} / \text{day}$ .

- Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης των επιμέρους μονάδων επεξεργασίας ιλύος και του μηχανολογικού εξοπλισμού άντλησης (κυρίως) της ιλύος σε κάθε στάδιο επεξεργασίας

Πίνακας 7.8: Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού των μονάδων επεξεργασίας ιλύος (τράπεζες πάχυνσης, ταινιοφιλτρόπρεσσες) και εξοπλισμού άντλησης (ανακυκλοφορία ιλύος, περίσσεια ιλύος, αντλίες θετικής εκτόπισης (αντλίες παχυμένης ιλύος), εσωτερική ανακυκλοφορία) για την περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων.

Παράμετρος	Μέγιστη δυναμικότητα ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	Πλάτος ταινίας (m)	Απορροφούμενη ισχύς (kW)
Τράπεζα πάχυνσης	–	1.5 – 2.5	0.55
Ταινιοφιλτρόπρεσσα	–	1.5 – 2.5	0.75
Αντλίες ανακυκλοφορίας ιλύος	70	–	3.1
Αντλίες περίσσειας ιλύος	15	–	0.75
Αντλίες εσωτερικής ανακυκλοφορίας	100	–	2.2
Αντλίες θετικής εκτόπισης	2 – 11.8	–	2.2

#### Επιλογή αντλιών ανακυκλοφορίας ιλύος

Η παροχή ανακυκλοφορίας της ιλύος υπολογίστηκε σε προηγούμενο στάδιο και βρέθηκε ίση με:  $r \cdot Q = 1438m^3 / day$  ή  $60m^3 / h$

Για την επιλογή των αντλιών επαρκούς δυναμικότητας για την παροχή αυτή ορίζεται ένας μεγαλύτερος από τον υπολογισθέντα βαθμός ανακυκλοφορίας ίσος με 1.5 και προκύπτει νέα παροχή ανακυκλοφορίας ιλύος ίση με:  $r \cdot Q = 3000m^3 / day$  ή  $125m^3 / h$ . Επομένως, επιλέγεται η τοποθέτηση δύο αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $70 m^3/h$ . Άρα, θα έχουμε εγκατεστημένη δυναμικότητα  $3 \cdot 360 m^3/day$ .

Οι ώρες λειτουργίας θα είναι:  $\frac{1438m^3 / day}{125m^3 / h} = 11.5h / day$ .

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για αντλίες ανακυκλοφορίας ιλύος δυναμικότητας  $70 m^3/h$  είναι  $3.1 kW$ . Άρα, για την παροχή των  $60m^3 / h$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι  $2.7 kW$ .

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $2.7 \cdot 24 = 63.7kWh / day$

#### Επιλογή αντλιών περίσσειας ιλύος

Η παροχή  $W$  της περίσσειας ιλύος υπολογίστηκε σε προηγούμενο στάδιο και βρέθηκε ίση με  $62m^3 / day$ .

Για την επιλογή των αντλιών επαρκούς δυναμικότητας για την παροχή αυτή γίνεται η θεώρηση ότι η συγκέντρωση των στερεών του υγρού επανακυκλοφορίας  $SS_u$  είναι  $6 \cdot 500 mg/L$  και υπολογίζεται νέα τιμή ίση με  $77m^3 / day$ .

Θεωρώντας άντληση διάρκειας  $20$  λεπτών την ώρα, δηλαδή  $8$  ωρών την ημέρα, προκύπτει παροχή αντλίας  $7.8m^3 / h$  (για  $SS_u = 8 \cdot 000 mg/L$ ) και απαιτούμενη παροχή αντλίας  $10m^3 / h$  (για  $SS_u = 6 \cdot 500 mg/L$ ).

Επομένως, επιλέγεται η τοποθέτηση μιας αντλίας και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $15 m^3/h$ .

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για αντλίες περίσσειας ιλύος δυναμικότητας  $15 m^3/h$  είναι  $0.75 kW$ . Άρα, για την παροχή των  $7.8m^3 / h$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι  $0.39 kW$ .

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $0.39 \cdot 24 = 9.3kWh / day$

#### Επιλογή αντλιών εσωτερικής ανακυκλοφορίας

Σημειώνεται ότι στην ανοξική δεξαμενή εισέρχονται με την ανακυκλοφορία  $7mg NO_3/L$ , όσα δηλαδή πρέπει να εξέρχονται και από τη Δ.Τ.Κ. Επομένως, η παροχή εσωτερικής ανακυκλοφορίας  $R \cdot Q$  προκύπτει ως εξής:

$$r \cdot Q = 1438m^3 / day$$

$$R \cdot Q = \frac{(\Delta NO_3 - N)kg / day}{7 \cdot 10^{-3} kg / m^3} - 1438m^3 / day = 8783m^3 / day \text{ ή } 366m^3 / h$$

Έτσι, προκύπτει ότι ο βαθμός εσωτερικής ανακυκλοφορίας είναι  $R = 4.39$ .

Επιλέγουμε την τοποθέτηση τεσσάρων αντλιών και δύο εφεδρικών δυναμικότητας  $100\text{m}^3 / \text{h}$  η καθεμία..

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για αντλίες εσωτερικής ανακυκλοφορίας δυναμικότητας  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  είναι  $2.2 \text{ kW}$ . Άρα, για την παροχή των  $366\text{m}^3 / \text{h}$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι  $8.1 \text{ kW}$ .

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $8.1 \cdot 24 = 193.2\text{kWh} / \text{day}$

#### Επιλογή αντλιών θετικής εκτόπισης (παχυμένης ιλύος)

Η παροχή της παχυμένης βιολογικής ιλύος υπολογίστηκε σε προηγούμενο στάδιο και βρέθηκε ίση με  $10.0\text{m}^3 / \text{day}$ . Θεωρώντας άντληση 8 ωρών τη μέρα για 5 μέρες, όπως λειτουργεί και η τράπεζα πάχυνσης, η ωριαία παροχή άντλησης της παχυμένης βιολογικής ιλύος είναι  $1.7\text{m}^3 / \text{h}$ .

Για την επιλογή των αντλιών επαρκούς δυναμικότητας η παροχή αυτή πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής ίσο με 1.2 και προκύπτει νέα ωριαία παροχή άντλησης της παχυμένης βιολογικής ιλύος για το σχεδιασμό ίση με  $2.1\text{m}^3 / \text{h}$ .

Επιλέγουμε την τοποθέτηση μιας αντλίας και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $4 \text{ m}^3/\text{h}$  η καθεμία.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για αντλίες θετικής εκτόπισης δυναμικότητας  $4 \text{ m}^3/\text{h}$  είναι  $2.2 \text{ kW}$ . Άρα, για την παροχή των  $1.7\text{m}^3 / \text{h}$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι  $0.96 \text{ kW}$ .

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $0.96 \cdot 24 = 23.0\text{kWh} / \text{day}$

#### Τράπεζες πάχυνσης

Στην περίπτωση μας, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, το απαιτούμενο πλάτος της κάθε τράπεζα πάχυνσης είναι αρκετά μικρό, επομένως λαμβάνουμε το ελάχιστο πλάτος του  $1.5 \text{ m}$ .

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για τράπεζα πάχυνσης  $1.5 \text{ m}$  είναι  $0.55 \text{ kW}$ .

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $0.55 \cdot 24 = 13.2\text{kWh} / \text{day}$

#### Ταινιοφιλτρόπρεσσες

Στην περίπτωση μας, το απαιτούμενο πλάτος της κάθε ταινιοφιλτρόπρεσσας είναι αρκετά μικρό, επομένως λαμβάνουμε το ελάχιστο πλάτος του  $1.5 \text{ m}$ .

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για ταινιοφιλτρόπρεσσα  $1.5 \text{ m}$  είναι  $0.75 \text{ kW}$ .

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $0.75 \cdot 24 = 18\text{kWh} / \text{day}$

*Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από την E.E.A.*

### Υπολογισμός εκπομπών Α.Θ. από τις βιολογικές διεργασίες

#### 1. Παραγωγή CO<sub>2</sub> από την αποσύνθεση της βιομάζας

Εφαρμόζοντας τις σχέσεις (7.54) και (7.55) προκύπτει ότι η παραγόμενη ποσότητα CO<sub>2</sub> από την ενδογενή αποσύνθεση της βιομάζας είναι 536 kgCO<sub>2</sub>e/day.

#### 2. Παραγωγή CO<sub>2</sub> από την παραγωγή βιομάζας

Από τις σχέσεις (7.58) και (7.59) προκύπτει ότι η παραγόμενη ποσότητα CO<sub>2</sub> από την οξείδωση του οργανικού φορτίου είναι 764 kgCO<sub>2</sub>e/day.

#### 3. Κατανάλωση CO<sub>2</sub> κατά τη νιτροποίηση

Από τις σχέσεις (7.56), (7.57), (7.60), (7.61) και (7.62) προκύπτει ότι η ποσότητα CO<sub>2</sub> που καταναλώνεται κατά την νιτροποίηση είναι 284 kgCO<sub>2</sub>e/day.

#### 4. Παραγωγή CO<sub>2</sub> κατά την απονιτροποίηση

Οι απονιτροποιητές χρησιμοποιούν ως πηγή άνθρακα το BOD. Έτσι η ποσότητα CO<sub>2</sub> που παράγεται κατά την απονιτροποίηση περιλαμβάνεται στην ποσότητα CO<sub>2</sub> που έχει ήδη υπολογισθεί ότι παράγεται κατά την οξείδωση του BOD.

#### 5. Παραγωγή N<sub>2</sub>O κατά την απονιτροποίηση

Με εφαρμογή των σχέσεων (7.63), και (7.64) προκύπτει ότι η ισοδύναμη ποσότητα CO<sub>2</sub> για τις εκπομπές του N<sub>2</sub>O είναι 178 kgCO<sub>2</sub>e/day.

Άρα η συνολική ποσότητα εκπομπών CO<sub>2</sub> από τις βιολογικές διεργασίες είναι:

$$CO_{2, \text{biotreatment}} = CO_{2, \text{biomassdecay}} + CO_{2, \text{BODoxidation}} - CO_{2, \text{consumed}} + CO_{2, \text{equivalent}} = 1194 \text{ kgCO}_2 \text{ e / day}$$

### Υπολογισμός εκπομπών Α.Θ. από διάθεση ή καύση της ιλύος

Για την περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων γίνεται η παραδοχή διάθεσης της παραγόμενης ιλύος σε Χ.Υ.Τ.Α., όπου το παραγόμενο βιοαέριο καίγεται.

Σύμφωνα με τη σχέση (7.70), η ποσότητα του CO<sub>2</sub> που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα από την καύση του βιοαερίου στον πυρσό καύσης του Χ.Υ.Τ.Α. προκύπτει 969 kgCO<sub>2</sub>e/day.

### Υπολογισμός εκπομπών Α.Θ. από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Βασιζόμενοι στον πίνακα 7.6 και τη σχέση (7.72), προκύπτει ότι οι Α.Θ. που οφείλονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε.Λ. είναι 176 kgCO<sub>2</sub>e/day.

### **7.3.2 Περίπτωση των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων**

#### *Δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης*

Κριτήρια σχεδιασμού:

α) κριτήριο υδραυλικής φόρτισης : 30 – 50 m/day

β) κριτήριο φόρτισης υπερχειλιστών: 125 – 375 m<sup>3</sup>/day

Από τα παραπάνω, αποφασίζεται η επιλογή υδραυλικής φόρτισης σχεδιασμού  $q = \frac{Q}{A} = 50m/day$  και εφόσον  $Q = Q_{max} = 20000m^3/day$ , η συνολικά απαιτούμενη επιφάνεια των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης θα είναι  $A = \frac{Q}{q} = \frac{20000}{50} = 400 m^2$ .

*Βιολογική βαθμίδα*

A1. Προσδιορισμός χρόνου παραμονής ετεροτροφικών μικροοργανισμών,  $\theta_c^H$

Εφαρμόζοντας τις σχέσεις (7.3) – (7.6) και τις τιμές των σταθερών και των παραμέτρων του πίνακα 7.7, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

$$\mu_{H,max,18} = 6.086days^{-1}$$

$$\frac{1}{\theta_c^H} = 0.298 days^{-1}$$

$$\theta_c^H = 3.36 d$$

A2. Προσδιορισμός χρόνου παραμονής αυτοτροφικών μικροοργανισμών,  $\theta_c^N$

Αντίστοιχα, με την εφαρμογή των σχέσεων (7.8) – (7.9) προκύπτει ότι:

$$\mu_{N,max,18} = 0.476days^{-1}$$

$$\frac{1}{\theta_c^N} = 0.204days^{-1}$$

$$\theta_c^N = 4.91days$$

Αυξάνουμε το χρόνο παραμονής των νιτροποιητών πολλαπλασιάζοντας τον με ένα συντελεστή ασφαλείας  $SF = 1.50$ , ώστε να διασφαλίσουμε ότι ακόμη και στην περίπτωση εισροής τοξικών δε θα υπάρξει πρόβλημα. Σημειώνεται ότι, σε αντίθεση με το σενάριο των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων, στην περίπτωση αυτή η σταθεροποίηση της ιλύος πραγματοποιείται μέσω της αναερόβιας χώνευσης. Επομένως, δεν είναι αναγκαία η εξασφάλιση ενός αρκετά μεγάλου ολικού χρόνου παραμονής των στερεών με την εφαρμογή ενός μεγαλύτερου συντελεστή ασφαλείας.

$$\theta_c^N = 1.5 \cdot 4.91 \Rightarrow \theta_c^N = 7.36 days$$

$$\theta_{c,A} = \max\{\theta_c^H, SF \cdot \theta_c^N\}$$

Άρα,  $\theta_{c,A} = 7.36 days$

B. Υπολογισμός του απαραίτητου αερόβιου όγκου του συστήματος

Έχοντας επιλέξει  $MLSS = 3500 mg/L$  και προσδιορίζοντας όλες τις συνιστώσες της παρένθεσης της σχέσης (7.14), που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα, είναι δυνατό να προσδιοριστεί ο απαραίτητος όγκος της δεξαμενής αερισμού, επιλύοντας τις σχέσεις (7.12) και (7.14).



Ετεροτροφικοί	101.08
Οργανικά που δεν υδρολύονται	10.50
Αδρανή	45.00
Νιτροποιητές	6.53
άθροισμα (σε mg/L)	163.11

Άρα,

$$3500 = \frac{1}{\lambda} \cdot 163.11 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 21.46 \Rightarrow \frac{Q \cdot \theta_c}{V_{AA}} = 21.46 \Rightarrow V_{AA} = 6862m^3$$

Τελικά, επιλέγεται όγκος για τη δεξαμενή αερισμού ίσος με  $V_{AA} = 6900m^3$ .

Ακόμη, προκύπτει ότι:

$$MLVSS = 2534 \text{ mg / L} \text{ και } \frac{MLVSS}{MLSS} = 0.724$$

Γ. Υπολογισμός της παροχής ανακυκλοφορίας της ιλύος ( $r \cdot Q$ )

$$\theta = \frac{V_{AA}}{Q} = 0.34 \text{ days}$$

$$\lambda = \frac{\theta}{\theta_c} = 0.047$$

$$m = \frac{SS_u}{MLSS} = 2.29$$

Έχοντας υπολογίσει τις παραπάνω μεταβλητές, προκύπτει ότι ο βαθμός ανακυκλοφορίας της ιλύος θα είναι:

$$r = 0.74$$

Έτσι, η παροχή ανακυκλοφορίας της ιλύος θα είναι:  $r \cdot Q = 14831m^3 / \text{day}$  ή  $618m^3 / h$

Δ. Υπολογισμός της παροχής W της περίσσειας ιλύος

$$W = \frac{(\lambda \cdot MLSS - TSS_{εξ})}{(m \cdot MLSS - TSS_{εξ})} \cdot Q \Rightarrow W = 371m^3 / \text{day}$$

Ε. Υπολογισμός απαιτούμενου όγκου απονιτροποίησης,  $V_{ανοξ}$

Σε όρους μάζας το ολικό άζωτο που εισέρχεται ανά ημέρα στην ανοξική δεξαμενή είναι ίσο με:

$$TN_{εισ} = 1200kgN / \text{day}$$

Έξοδος της δεξαμενής τελικής καθίζησης

Η οριακή τιμή για το ολικό άζωτο στην έξοδο της δεξαμενής τελικής καθίζησης είναι 10 mg/L. Πρέπει, δηλαδή, να ισχύει ότι:

$$TN_{εξ} = (NO_3 - N)_{εξ} + (NH_4 - N)_{εξ} + (οργN)_{εξ} \leq 10 \text{ mg/L}$$

α) Ως προς το νιτρικό άζωτο ( $NO_3 - N$ ) πρέπει να ισχύει (το ίδιο με την έξοδο):

$$(NO_3 - N) \leq 7 \text{ mg/L (συντηρητικά)}$$

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται:

$$(NO_3)_{εξ} \cdot (Q - W) = 137.4 \text{ kgN / day}$$

β) Ως προς το αμμωνιακό άζωτο ( $NH_4 - N$ ) πρέπει στην έξοδο να ισχύει:

$$(NH_4 - N) \leq 2 \text{ mg/L}$$

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται :

$$(NH_4 - N)_{εξ} \cdot (Q - W) = 39.3 \text{ kgN / day}$$

γ) Ως προς το οργανικό άζωτο πρέπει στην έξοδο να ισχύει:

$$(οργN) \leq 1 \text{ mg/L}$$

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται :

$$(οργN)_{εξ} \cdot (Q - W) = 19.6 \text{ kgN / day}$$

Διαφορετικά, ως προς το ολικό άζωτο στην έξοδο θα απομακρύνονται σε όρους μάζας:

$$(TN)_{εξ} \cdot (Q - W) = 196.3 \text{ kgN / day}$$

### Ιλύς

Σε όρους μάζας με την δευτεροβάθμια ιλύ θα απομακρύνονται καθημερινά :

α) Ως προς το νιτρικό άζωτο ( $NO_3 - N$ ) πρέπει να ισχύει (το ίδιο με την έξοδο):

$$(NO_3 - N) \leq 7 \text{ mg/L (συντηρητικά)}$$

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται:

$$(NO_3)_{εξ} \cdot W = 2.6 \text{ kgN / day}$$

β) Ως προς το αμμωνιακό άζωτο ( $NH_4 - N$ ) πρέπει να ισχύει (το ίδιο με την έξοδο):

$$(NH_4 - N) \leq 1 \text{ mg/L}$$

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται :

$$(NH_4 - N)_{εξ} \cdot W = 0.7 \text{ kgN / day}$$

γ) Ως προς το οργανικό άζωτο πρέπει στην έξοδο να ισχύει (το ίδιο με την έξοδο):

$$(οργN) \leq 1 \text{ mg/L}$$

Παραδοχή: ποσοστό κατά βάρος αζώτου των VSS: 0.10 kgN/kgVSS

Άρα σε όρους μάζας θα απομακρύνονται :

$$W \cdot SS_u \cdot \frac{MLVSS}{MLSS} \cdot 10\% = 214.9 \text{ kgN} / \text{day}$$

Σύμφωνα με τις σχέσεις (7.34), (7.35) και (7.36) προκύπτει ότι το άζωτο που θα απονιτροποιείται θα είναι 785.5 kgN/day, ο ρυθμός απονιτροποίησης θα είναι 0.076 kg(NO<sub>3</sub> - N)/kgVSS/day και ο απαιτούμενος ανοξικός όγκος θα είναι 4097 m<sup>3</sup>.

Τελικά, επιλέγεται όγκος για την ανοξική δεξαμενή ίσος με  $V_{\text{ανοξ}} = 4100 \text{ m}^3$ .

ΣΤ. Προσδιορισμός ολικού χρόνου παραμονής στερεών στο σύστημα,  $\theta_c^{ολ}$

$$\theta_c^{ολ} = \frac{(V_{\Delta A} + V_{\text{ανοξ}}) \cdot MLSS}{W \cdot SS_u + (Q - W) \cdot TSS_{εξ}} = 11.8 \text{ days}$$

Ζ. Προσδιορισμός ζήτησης οξυγόνου – σύστημα επιφανειακού αερισμού

Ζήτηση οξυγόνου (OTR) σε συνθήκες πεδίου

- Λόγω οξειδωσης του οργανικού άνθρακα

$$0.59 \cdot E_H \cdot Q \cdot BOD_5^{εισ} = 2431 \text{ kgO}_2 / \text{day}$$

- Λόγω της ενδογενούς αναπνοής

$$r_{\text{ενδογ}} \cdot (V_{\Delta A} + V_{\text{ανοξ}}) \cdot MLVSS = 1729 \text{ kgO}_2 / \text{day}$$

- Λόγω νιτροποίησης

$$4.33 \cdot E_N \cdot Q \cdot (NH_4 - N)_o = 518 \text{ kgO}_2 / \text{day}$$

- Μείωση λόγω απονιτροποίησης

$$2.86 \cdot \Delta NO_3 - N = 2246 \text{ kgO}_2 / \text{day}$$

$$OTR = 7068 \text{ kgO}_2 / \text{day}$$

Η παραπάνω τιμή πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής ίσο με 1.50.

$$OTR_{\text{αιχμής}} = 10602 \text{ kgO}_2 / \text{day} \text{ ή } 442 \text{ kgO}_2 / \text{h}$$

Ζήτηση οξυγόνου (SOTR) σε κανονικές (τυπικές) συνθήκες

$$SOTR = 736 \text{ kgO}_2 / \text{h}$$

Η. Δεξαμενή τελικής καθίζησης

Στην παρούσα μελέτη, επιλέγεται υδραυλικό φορτίο  $q = 12 \text{ m/day}$  και φορτίο στερεών  $G = 120 \text{ kgSS/m}^2/\text{day}$ . Από το κάθε κριτήριο προκύπτει και μία απαιτούμενη επιφάνεια δεξαμενής, εκ των οποίων επιλέγεται η μεγαλύτερη.

$$q = \frac{Q}{A_1} \Rightarrow A_1 = \frac{Q}{q} \Rightarrow A_1 = 1667m^2$$

$$G = \frac{(1+r) \cdot Q \cdot MLSS}{A_2} \Rightarrow A_2 = \frac{(1+r) \cdot Q \cdot MLSS}{G} \Rightarrow A_2 = 1016m^2$$

Τελικά, επιλέγεται  $A_{ATK} = 1667m^2$ , αφού αυτή είναι η μεγαλύτερη εκ των δύο.

Θ. Μονάδες επεξεργασίας ιλύος

#### Πρωτοβάθμια ιλύς

- Προσδιορισμός ποσότητας και παροχής πρωτοβάθμιας ιλύος

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου έχει γίνει η παραδοχή ότι στη μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης της εγκατάστασης απομακρύνεται το 60% των εισερχόμενων ολικών στερεών (TSS) και το 30% του εισερχόμενου βιοχημικώς απαιτούμενου οξυγόνου (BOD<sub>5</sub>). Επομένως, η ποσότητα της πρωτοβάθμιας ιλύος δίνεται από τη σχέση:

$$TSS_{\text{πρ.ιλύος}} = 0.60 \cdot TSS_{\text{εισ}} \cdot Q = 4500kg/day$$

Για τον προσδιορισμό της παροχής της πρωτοβάθμιας ιλύος έγινε η παραδοχή ότι η συγκέντρωση των στερεών στον πυθμένα των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι ίση με 1.5% ή 15 kgSS/m<sup>3</sup>. Επομένως η ημερήσια παροχή της πρωτοβάθμιας ιλύος δίνεται από τη σχέση:

$$Q_{\text{πρ.ιλύος}} = \frac{TSS_{\text{πρ.ιλύος}}}{15kgSS/m^3} = 300m^3 / day$$

Η μάζα των πτητικών στερεών θα είναι:

$$VSS_{\text{πρ.ιλύος}} = \left( \frac{VSS}{TSS} \right) \cdot TSS_{\text{πρ.ιλύος}} = 0.7 \cdot 4500 = 3150kg / day$$

Η μάζα των αδρανών στερεών θα είναι:

$$FSS_{\text{πρ.ιλύος}} = TSS_{\text{πρ.ιλύος}} - VSS_{\text{πρ.ιλύος}} = 1350kg / day$$

- Προσδιορισμός όγκου παχυντών βαρύτητας και παροχής παχυμένης ιλύος

Ο παχυντής βαρύτητας διαστασιολογήθηκε έτσι ώστε να λειτουργεί όλη την ημέρα.

Η ημερήσια φόρτιση του παχυντή της πρωτοβάθμιας ιλύος θα είναι 4500kg/day. Για το σχεδιασμό του παχυντή η φόρτιση αυτή πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής ίσο με 1.2 και προκύπτει νέα ημερήσια φόρτιση του παχυντή για το σχεδιασμό ίση με 5400kg/day.

Επιλέγεται παχυντής βαρύτητας επιφανειακής φόρτισης  $G=100 \text{ kgSS}/m^2/day$ .

Επομένως, η απαιτούμενη επιφάνεια παχυντή είναι  $\frac{TSS_{\text{πρ.ιλύος}}}{G} = 54m^2$  και τελικά επιλέγεται  $55m^2$ .

Με την πάχυνση της πρωτοβάθμιας ιλύος επιτυγχάνεται συγκέντρωση ιλύος ίση με 5%, δηλαδή  $50 \text{ kg/m}^3$ . Επομένως η παροχή στερεών στην παχυμένη πρωτοβάθμια ιλύ θα είναι:

$$Q_{\text{πρωτ.ιλύος}} = \frac{TSS_{\text{πρωτ.ιλύος}}}{50 \text{ kgSS/m}^3} = 90.0 \text{ m}^3 / \text{day}$$

#### Δευτεροβάθμια ιλύς

- Προσδιορισμός ποσότητας και παροχής περίσσειας (δευτεροβάθμιας) ιλύος

Η παροχή της ιλύος που απομακρύνεται από τον πυθμένα της Δ.Τ.Κ. είναι ίση με  $W=371 \text{ m}^3/\text{day}$ . Επίσης, η συγκέντρωση στερεών στη δευτεροβάθμια ιλύ είναι  $SS_u=8000 \text{ mg/L}$ .

Έτσι, προκύπτει ότι η μάζα ολικών στερεών που διέρχονται ανά ημέρα από την έξοδο της Δ.Τ.Κ. είναι  $2968 \text{ kg/day}$ .

Συνεπώς η συγκέντρωση στερεών θα είναι  $8.0 \text{ kgSS} / \text{day}$  ή 0.80%

- Μονάδα μηχανικής πάχυνσης ιλύος (τράπεζες πάχυνσης)

Το σύστημα των τραπεζών πάχυνσης διαστασιολογήθηκε έτσι ώστε να λειτουργεί 40 ώρες την εβδομάδα, δηλαδή για 8ωρη και πενήνήμερη λειτουργία.

Για τον παχυντή δευτεροβάθμιας ιλύος, υπολογίζουμε αρχικά το εβδομαδιαίο φορτίο ολικών στερεών.

$$2968 \cdot 7 = 20774 \text{ kg} / \text{week}$$

Η ωριαία φόρτιση του παχυντή της δευτεροβάθμιας ιλύος θα είναι ίση με:

$$\frac{20774}{40} = 519 \text{ kgSS} / \text{h}$$

Με την πάχυνση της δευτεροβάθμιας ιλύος επιτυγχάνεται συγκέντρωση ιλύος ίση με 5%, δηλαδή  $50 \text{ kg/m}^3$ . Επομένως η παροχή στερεών στην παχυμένη δευτεροβάθμια ιλύ θα είναι:

$$Q_{\text{δευτ.ιλύος}} = \frac{TSS_{\text{δευτ.ιλύος}}}{50 \text{ kgSS/m}^3} = 59.4 \text{ m}^3 / \text{day}$$

Εφόσον ο παχυντής δευτεροβάθμιας ιλύος δε λειτουργεί όλες τις ημέρες και όλες τις ώρες, υπολογίζεται η ωριαία παροχή ιλύος που προκύπτει από τις 5 ημέρες λειτουργίας με ανάλογο τρόπο όπως υπολογίστηκε η ωριαία φόρτιση του παχυντή.

$$\frac{W \cdot 7}{40} = 64.9 \text{ m}^3 / \text{h} \text{ για την τράπεζα πάχυνσης}$$

Για τον προσδιορισμό του πλάτους της κάθε τράπεζα πάχυνσης ορίζεται ότι η φόρτιση της κάθε τράπεζα πάχυνσης ανά μέτρο πλάτους είναι  $250 \text{ kgSS} / \text{m} / \text{h}$ .

Στην περίπτωση μας, το απαιτούμενο πλάτος της κάθε τράπεζα πάχυνσης είναι 2.08m.

Άρα, παίρνουμε δύο τράπεζες πάχυνσης 1.5 m έκαστη.

- Μονάδα αναερόβιας χώνευσης πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας παχυμένης ιλύος

Για τον προσδιορισμό του όγκου του αναερόβιου χωνευτή της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης του σεναρίου των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων γίνεται η παραδοχή ότι πραγματοποιείται η διάσπαση του 50% του οργανικού φορτίου της πρωτοβάθμιας ιλύος και 30% του οργανικού φορτίου της δευτεροβάθμιας ιλύος. Ο χρόνος παραμονής των στερεών στο χωνευτή θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος των 18 ημερών, ώστε να εξασφαλίζεται αυτή η απομάκρυνση οργανικού φορτίου. Επομένως, επιλέγεται τελικά χρόνος παραμονής στερεών  $\theta=20$  days.

Η παροχή ιλύος που εισέρχεται στο χωνευτή είναι το άθροισμα της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας παχυμένης ιλύος, δηλαδή  $90 + 59.4 = 149.4 m^3 / day$ .

Η μάζα των πτητικών στερεών που εισέρχονται στο χωνευτή από τη Δ.Π.Κ. είναι 3150 kg/day και η αντίστοιχη μάζα που διασπάται είναι 1575 kg/day.

Επίσης, η μάζα των πτητικών στερεών που εισέρχονται στο χωνευτή από τη Δ.Τ.Κ. είναι 2149kg/day και η αντίστοιχη μάζα που διασπάται είναι 645 kg/day.

Ο ωφέλιμος όγκος του χωνευτή είναι:  $V_{\omega\phi} = Q \cdot \theta = 149.4 \cdot 20 = 2987 m^3$ .

Επιλέγεται ύψος χωνευτή  $H=10m$ .

Άρα, η επιφάνεια του χωνευτή θα είναι  $299m^2$  και η διάμετρος του 19.5m.

Η τιμή του λόγου διάμετρος/ύψος πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0.7 και 2.0. Στην περίπτωση μας προκύπτει ίσος με 1.38.

Επίσης, η τιμή της οργανικής φόρτισης ( $kgVSS/m^3 \cdot day$ ) πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 1.5 και 3.0. Στην περίπτωση μας προκύπτει ίση με 1.77.

- Μονάδα μηχανικής αφυδάτωσης ιλύος (φυγοκεντρικής)

Το σύστημα του φυγόκεντρου διαστασιολογήθηκε έτσι ώστε να λειτουργεί 90 ώρες την εβδομάδα, δηλαδή για 18ωρη και πενήμερη λειτουργία.

Για να προσδιορίζουμε την ωριαία δυναμικότητα του φυγόκεντρου υπολογίζουμε αρχικά το εβδομαδιαίο φορτίο ολικών στερεών, το οποίο είναι ίσο με:

$$5248 \cdot 7 = 36737 kg / week$$

Η ωριαία δυναμικότητα του φυγόκεντρου θα είναι ίση με:

$$\frac{36737}{90} = 408 kgSS / h$$

Αντίστοιχα, και η παροχή των στερεών θα μεταβληθεί και θα είναι:

$$\frac{149.4 \cdot 7}{90} = 11.6 m^3 / h$$

I. Προσθήκη κροκιδωτικών

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το κροκιδωτικό που χρησιμοποιήθηκε είναι πολυηλεκτρολύτης τόσο στο στάδιο της πάχυνσης της δευτεροβάθμιας ιλύος όσο και στο στάδιο της αφυδάτωσης της ιλύος σε διαφορετικές, ωστόσο, δόσεις.

- Πάχυνση δευτεροβάθμιας ιλύος

Η δόση του πολυηλεκτρολύτη θα είναι 3 g/kgSS και αφού η ωριαία φόρτιση του παχυντή της δευτεροβάθμιας ιλύος είναι 519 kgSS / h , απαιτούνται συνολικά:

$$519 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 1.56 \text{ kg poly} / \text{h}$$

Για τον παχυντή δευτεροβάθμιας ιλύος, βρέθηκε ότι το εβδομαδιαίο φορτίο ολικών στερεών είναι 20774kg / week . Επομένως, η ανηγμένη εβδομαδιαία ποσότητα πολυηλεκτρολύτη θα είναι 62.32kg poly / week και η ανηγμένη ημερήσια ποσότητα πολυηλεκτρολύτη θα είναι 8.90kg poly / day .

Επίσης, η πυκνότητα του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη είναι 0.20% ή αλλιώς 2.0 kg poly / m<sup>3</sup>. Συνεπώς, η απαιτούμενη ωριαία παροχή πολυηλεκτρολύτη είναι:

$$\frac{1.56 \text{ kg poly} / \text{h}}{2.0 \text{ kg poly} / \text{m}^3} \Rightarrow Q = 0.78 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- Αφυδάτωση ιλύος

Η δόση του πολυηλεκτρολύτη θα είναι 7 g/kgSS και αφού η ωριαία δυναμικότητα του φυγοκεντητή είναι 408 kgSS / h , απαιτούνται συνολικά:

$$408 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 2.86 \text{ kg poly} / \text{h}$$

Για το φυγοκεντητή, βρέθηκε ότι το εβδομαδιαίο φορτίο ολικών στερεών είναι 36737kg / week . Επομένως, η ανηγμένη εβδομαδιαία ποσότητα πολυηλεκτρολύτη θα είναι 257.16kg poly / week και η ανηγμένη ημερήσια ποσότητα πολυηλεκτρολύτη θα είναι 36.74kg poly / day .

Επίσης, η πυκνότητα του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη είναι 0.20% ή αλλιώς 2.0 kg poly / m<sup>3</sup>. Συνεπώς, η απαιτούμενη ωριαία παροχή πολυηλεκτρολύτη είναι:

$$\frac{2.86 \text{ kg poly} / \text{h}}{2.0 \text{ kg poly} / \text{m}^3} \Rightarrow Q = 1.43 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Η συνολική κατανάλωση πολυηλεκτρολύτη (πάχυνση και αφυδάτωση ιλύος) θα είναι:

$$8.90 + 36.74 = 45.64 \text{ kg poly} / \text{day}$$

Θεωρώντας ότι η τιμή του πολυηλεκτρολύτη είναι 3.5€/kg poly, προκύπτει ότι το ημερήσιο συνολικό κόστος του πολυηλεκτρολύτη θα είναι 159.74€/day.

*Ενεργειακή κατανάλωση*

- Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης από το σύστημα επιφανειακού αερισμού

Από τη σχέση (7.52) υπολογίζεται η απορροφούμενη ισχύς από το σύστημα επιφανειακών αεριστήρων, η οποία είναι 368kW .

Άρα, η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $8835kWh / day$ .

- Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης των επιμέρους μονάδων επεξεργασίας ύλως και του μηχανολογικού εξοπλισμού άντλησης (κυρίως) της ύλως σε κάθε στάδιο επεξεργασίας

Πίνακας 7.9: Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού των μονάδων επεξεργασίας ύλως (τράπεζες πάχυνσης, ταινιοφιλτρόπρεσσες) και εξοπλισμού άντλησης (ανακυκλοφορία ύλως, περίσσεια ύλως, αντλίες θετικής εκτόπισης (αντλίες παχυμένης και χωνεμένης ύλως), εσωτερική ανακυκλοφορία) για την περίπτωση των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων.

Παράμετρος	Μέγιστη δυναμικότητα ( $m^3/h$ )	Πλάτος ταινίας (m)	Απορροφούμενη ισχύς (kW)
Τράπεζα πάχυνσης	–	1.5 – 2.5	0.55
Φυγοκεντρητής	–	1.5 – 2.5	29.5
Αντλίες ανακυκλοφορίας ύλως	650	–	22
Αντλίες περίσσειας ύλως	35	–	1.5
Αντλίες πρωτοβάθμιας ύλως	15	–	0.8
Αντλίες εσωτερικής ανακυκλοφορίας	550	–	9.0
Αντλίες θετικής εκτόπισης	2 – 11.8	–	2.2

#### Επιλογή αντλιών ανακυκλοφορίας ύλως

Η παροχή ανακυκλοφορίας της ύλως υπολογίστηκε σε προηγούμενο στάδιο και βρέθηκε ίση με  $r \cdot Q = 14831m^3 / day$  ή  $618m^3 / h$ .

Για την επιλογή των αντλιών επαρκούς δυναμικότητας για την παροχή αυτή ορίζεται ένας μεγαλύτερος από τον υπολογισθέντα βαθμός ανακυκλοφορίας ίσος με 1.5 και προκύπτει νέα παροχή ανακυκλοφορίας ύλως ίση με  $r \cdot Q = 30000m^3 / day$  ή  $1250m^3 / h$ . Επομένως, επιλέγεται η τοποθέτηση δύο αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $650 m^3/h$ . Άρα, θα έχουμε εγκατεστημένη δυναμικότητα  $31200 m^3/day$ .

Οι ώρες λειτουργίας θα είναι:  $\frac{14831m^3 / day}{1250m^3 / h} = 11.9h / day$ .

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για αντλίες ανακυκλοφορίας ύλως δυναμικότητας  $650 m^3/h$  είναι 22 kW. Άρα, για την παροχή των  $618m^3 / h$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι 20.9 kW.

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $20.9 \cdot 24 = 502kWh / day$

#### Επιλογή αντλιών πρωτοβάθμιας ύλως

Μετά την έξοδο της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης, η παροχή που εισέρχεται στον παχυντή βαρύτητας είναι  $300m^3 / day$ .



Θεωρώντας άντληση 8 ωρών τη μέρα, προκύπτει παροχή πρωτοβάθμιας ιλύος  $12.5m^3/h$ .

Για την επιλογή των αντλιών επαρκούς δυναμικότητας η παροχή αυτή πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής ίσο με 1.2 και προκύπτει νέα ωριαία παροχή αντλίας τροφοδότησης του παχυντή για το σχεδιασμό ίση με  $15m^3/h$ .

Επιλέγουμε την τοποθέτηση μιας αντλίας και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $15 m^3/h$  η καθεμία.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για αντλίες πρωτοβάθμιας ιλύος δυναμικότητας  $15 m^3/h$  είναι  $0.8 kW$ . Άρα, για την παροχή των  $12.5m^3/h$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι  $0.67 kW$ .

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $0.67 \cdot 24 = 16.0 kWh/day$

#### Επιλογή αντλιών περίσσειας ιλύος

Η παροχή  $W$  της περίσσειας ιλύος υπολογίστηκε σε προηγούμενο στάδιο και βρέθηκε ίση με  $371m^3/day$ .

Για την επιλογή των αντλιών επαρκούς δυναμικότητας για την παροχή αυτή γίνεται η θεώρηση ότι η συγκέντρωση των στερεών του υγρού επανακυκλοφορίας  $SS_u$  είναι  $6500 mg/L$  και υπολογίζεται νέα τιμή ίση με  $457m^3/day$ .

Θεωρώντας άντληση διάρκειας 20 λεπτών την ώρα, δηλαδή 8 ωρών την ημέρα, προκύπτει παροχή αντλίας  $46.4m^3/h$  (για  $SS_u = 8000 mg/L$ ) και απαιτούμενη παροχή αντλίας  $58m^3/h$  (για  $SS_u = 6500 mg/L$ ).

Επομένως, επιλέγεται η τοποθέτηση δυο αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $35 m^3/h$ .

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για αντλίες περίσσειας ιλύος δυναμικότητας  $35 m^3/h$  είναι  $1.5 kW$ . Άρα, για την παροχή των  $46.4m^3/h$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι  $1.99 kW$ .

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $1.99 \cdot 24 = 47.7 kWh/day$

#### Επιλογή αντλιών εσωτερικής ανακυκλοφορίας

Σημειώνεται ότι στην ανοξική δεξαμενή εισέρχονται με την ανακυκλοφορία  $7mg NO_3/L$ , όσα δηλαδή πρέπει να εξέρχονται και από τη Δ.Τ.Κ. Επομένως, η παροχή εσωτερικής ανακυκλοφορίας  $R \cdot Q$  προκύπτει ως εξής:

$$r \cdot Q = 14831m^3/day$$

$$R \cdot Q = \frac{(\Delta NO_3 - N)kg/day}{7 \cdot 10^{-3} kg/m^3} - 14831m^3/day = 97379m^3/day \text{ ή } 4057m^3/h$$

Έτσι, προκύπτει ότι ο βαθμός εσωτερικής ανακυκλοφορίας είναι  $R = 4.87$

Επιλέγουμε την τοποθέτηση οκτώ αντλιών και δύο εφεδρικών δυναμικότητας  $550\text{m}^3 / \text{h}$  η καθεμία.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για αντλίες εσωτερικής ανακυκλοφορίας δυναμικότητας  $550\text{ m}^3/\text{h}$  είναι  $9\text{ kW}$ . Άρα, για την παροχή των  $4057\text{m}^3 / \text{h}$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι  $66.4\text{ kW}$ .

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $66.4 \cdot 24 = 1593.5\text{kWh} / \text{day}$

#### Επιλογή αντλιών θετικής εκτόπισης

- Αντλίες παχυμένης πρωτοβάθμιας ιλύος

Η παροχή της παχυμένης πρωτοβάθμιας ιλύος υπολογίστηκε σε προηγούμενο στάδιο και βρέθηκε ίση με  $90\text{m}^3 / \text{day}$ .

Θεωρώντας άντληση 8 ωρών τη μέρα για 5 μέρες, η ωριαία παροχή άντλησης της παχυμένης πρωτοβάθμιας ιλύος είναι  $15.8\text{m}^3 / \text{h}$ .

Για την επιλογή των αντλιών επαρκούς δυναμικότητας η παροχή αυτή πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής ίσο με 1.2 και προκύπτει νέα ωριαία παροχή αντλίας τροφοδότησης του παχυντή για το σχεδιασμό ίση με  $18.9\text{m}^3 / \text{h}$ .

Επιλέγουμε την τοποθέτηση δύο αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $10\text{ m}^3/\text{h}$  η καθεμία.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για αντλίες θετικής εκτόπισης δυναμικότητας  $10\text{ m}^3/\text{h}$  είναι  $2.2\text{ kW}$ . Άρα, για την παροχή των  $15.8\text{m}^3 / \text{h}$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι  $3.47\text{ kW}$ .

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $3.47 \cdot 24 = 83.2\text{kWh} / \text{day}$ .

- Αντλίες παχυμένης δευτεροβάθμιας ιλύος

Η παροχή της παχυμένης βιολογικής ιλύος υπολογίστηκε σε προηγούμενο στάδιο και βρέθηκε ίση με  $59.4\text{m}^3 / \text{day}$ . Θεωρώντας άντληση 8 ωρών τη μέρα για 5 μέρες όπως λειτουργεί και η τράπεζα πάχυνσης, η ωριαία παροχή άντλησης της παχυμένης βιολογικής ιλύος είναι  $10.4\text{m}^3 / \text{h}$ .

Για την επιλογή των αντλιών επαρκούς δυναμικότητας η παροχή αυτή πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής ίσο με 1.2 και προκύπτει νέα ωριαία παροχή άντλησης της παχυμένης βιολογικής ιλύος για το σχεδιασμό ίση με  $12.5\text{m}^3 / \text{h}$ .

Επιλέγουμε την τοποθέτηση δυο αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $10\text{ m}^3/\text{h}$  η καθεμία.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για αντλίες θετικής εκτόπισης δυναμικότητας  $10\text{ m}^3/\text{h}$  είναι  $2.2\text{ kW}$ . Άρα, για την παροχή των  $10.4\text{m}^3 / \text{h}$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι  $2.29\text{ kW}$ .

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $2.29 \cdot 24 = 54.8\text{kWh} / \text{day}$

- Αντλίες χωνεμένης ιλύος

Με τη χώνευση πραγματοποιείται η διάσπαση του 50% του οργανικού φορτίου της πρωτοβάθμιας ιλύος και 30% του οργανικού φορτίου της δευτεροβάθμιας ιλύος, ενώ τα ανόργανα στερεά δε μεταβάλλονται σε μάζα. Έτσι, η μάζα των στερεών στην έξοδο του χωνευτή θα είναι 5248 kg/day.

Η παροχή της χωνεμένης ιλύος δε μεταβάλλεται εφόσον δεν υπάρχει απομάκρυνση στραγγιδίων και θα είναι ίση με:  $149.4m^3 / day$ . Θεωρώντας άντληση 8 ωρών τη μέρα, η ωριαία παροχή άντλησης της χωνεμένης ιλύος είναι  $18.7m^3 / h$ .

Για την επιλογή των αντλιών επαρκούς δυναμικότητας η παροχή αυτή πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής ίσο με 1.2 και προκύπτει νέα ωριαία παροχή άντλησης της χωνεμένης ιλύος για το σχεδιασμό ίση με  $22.4m^3 / h$ .

Επιλέγουμε την τοποθέτηση τριών αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $10 m^3/h$  η καθεμία.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για αντλίες θετικής εκτόπισης δυναμικότητας  $10 m^3/h$  είναι 2.2 kW. Άρα, για την παροχή των  $18.7m^3 / h$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι 4.11 kW.

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $4.11 \cdot 24 = 98.6kWh / day$

#### Τράπεζες πάχυνσης

Στην περίπτωση μας, το απαιτούμενο πλάτος της κάθε τράπεζα πάχυνσης είναι 2.08m.

Άρα, παίρνουμε δύο τράπεζες πάχυνσης 2.5 m έκαστη.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για τράπεζα πάχυνσης 2.5 m είναι 0.55 kW.

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $0.55 \cdot 2 \cdot 24 = 26.4kWh / day$

#### Φυγοκεντρική

Η παροχή του φυγοκεντρική υπολογίστηκε σε προηγούμενο στάδιο και βρέθηκε ίση με  $12m^3 / h$ .

Για την επιλογή των αντλιών επαρκούς δυναμικότητας η παροχή αυτή πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής ίσο με 1.2 και προκύπτει νέα ωριαία παροχή του φυγοκεντρική για το σχεδιασμό ίση με  $13.9m^3 / h$ .

Επιλέγουμε την τοποθέτηση μιας αντλίας και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $20 m^3/h$  η καθεμία.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η απορροφούμενη ισχύς για το φυγοκεντρική δυναμικότητας  $20 m^3/h$  είναι 29.5 kW. Άρα, για την παροχή των  $12m^3 / h$  η απορροφούμενη ισχύς θα είναι 17.13 kW.

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι  $17.13 \cdot 24 = 411.2kWh / day$ .

#### Υπολογισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδα συμπαραγωγής

Για το παραγόμενο βιοαέριο θεωρούμε ότι η θερμογόνος δύναμη του βιοαερίου είναι  $5\,500\text{ kcal/m}^3$  βιοαερίου και ότι ο συντελεστής παραγωγής βιοαερίου είναι  $0.9 - 1.0\text{ m}^3/\text{kgVSS}$  (δηλαδή κάθε  $0.9 - 1.0\text{ m}^3$  βιοαερίου παράγεται ανά κάθε  $\text{kgVSS}$  που διασπάται). Στην παρούσα μελέτη ελήφθη η τιμή των  $0.9\text{ m}^3$  βιοαερίου/ $\text{kgVSS}$ .

Για τον υπολογισμό του παραγόμενου βιοαερίου στη μονάδα αναερόβιας χώνευσης λαμβάνεται ότι το 50% των πτητικών στερεών της πρωτοβάθμιας και το 30% των πτητικών στερεών της δευτεροβάθμιας ύλης απομακρύνονται κατά την χώνευση.

Επομένως, το τελικά παραγόμενο βιοαέριο ανά ημέρα δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_{gas} = 0.90 \cdot \left[ (50\% \cdot W_{VSS,πρωτ}) + (30\% \cdot W_{VSS,δευτ}) \right] = 0.90 \cdot (1575 + 645) = 1998\text{ m}^3 / \text{day}$$

όπου

$Q_{gas}$  η παροχή του παραγόμενου βιοαερίου, ( $\text{m}^3/\text{day}$ )

$W_{VSS,πρωτ}$  η ποσότητα των πτητικών στερεών πρωτοβάθμιας ύλης που διασπώνται, ( $\text{kg}/\text{day}$ )

$W_{VSS,δευτ}$  η ποσότητα των πτητικών στερεών δευτεροβάθμιας ύλης που διασπώνται, ( $\text{kg}/\text{day}$ )

Η αντίστοιχη ημερήσια παραγόμενη ενέργεια σε  $\text{kcal}$  προκύπτει πολλαπλασιάζοντας με τη θερμογόνο δύναμη του βιοαερίου και είναι  $10.99 \cdot 10^6\text{ kcal}/\text{day}$ . Στη συνέχεια, γίνεται η παραδοχή ότι το βιοαέριο εισάγεται σε γεννήτρια και το 30% μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Άρα, θα παραχθούν  $3834\text{ kWh}/\text{day}$ .

Θεωρώντας ότι η αξία της ηλεκτρικής ενέργειας είναι  $0.90\text{ €/kWh}$ , προκύπτει ότι το όφελος από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι  $3450\text{ €/day}$ .

*Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από την Ε.Ε.Α.*

Υπολογισμός εκπομπών Α.Θ. από τις βιολογικές διεργασίες

1. Παραγωγή  $\text{CO}_2$  από την αποσύνθεση της βιομάζας

Εφαρμόζοντας τις σχέσεις (7.54) και (7.55) προκύπτει ότι η παραγόμενη ποσότητα  $\text{CO}_2$  από την ενδογενή αποσύνθεση της βιομάζας είναι  $2032\text{ kg CO}_2\text{e}/\text{day}$ .

2. Παραγωγή  $\text{CO}_2$  από την παραγωγή βιομάζας

Από τις σχέσεις (7.58) και (7.59) προκύπτει ότι η παραγόμενη ποσότητα  $\text{CO}_2$  από την οξείδωση του οργανικού φορτίου είναι  $4833\text{ kg CO}_2\text{e}/\text{day}$ .

3. Κατανάλωση  $\text{CO}_2$  κατά τη νιτροποίηση

Από τις σχέσεις (7.56), (7.57), (7.60), (7.61) και (7.62) προκύπτει ότι η ποσότητα  $\text{CO}_2$  που καταναλώνεται κατά την νιτροποίηση είναι  $3317\text{ kg CO}_2\text{e}/\text{day}$ .

4. Παραγωγή  $\text{CO}_2$  κατά την απονιτροποίηση

Οι απονιτροποιητές χρησιμοποιούν ως πηγή άνθρακα το BOD. Έτσι, η ποσότητα CO<sub>2</sub> που παράγεται κατά την απονιτροποίηση περιλαμβάνεται στην ποσότητα CO<sub>2</sub> που έχει ήδη υπολογισθεί ότι παράγεται κατά την οξείδωση του BOD.

#### 5. Παραγωγή N<sub>2</sub>O κατά την απονιτροποίηση

Με εφαρμογή των σχέσεων (7.63) και (7.64) προκύπτει ότι η ισοδύναμη ποσότητα CO<sub>2</sub> για τις εκπομπές του N<sub>2</sub>O είναι 1776 kg CO<sub>2</sub>e/day.

Άρα η συνολική ποσότητα εκπομπών CO<sub>2</sub> από τις βιολογικές διεργασίες είναι:

$$CO_{2,biotreatment} = CO_{2,biomassdecay} + CO_{2,BODoxidation} - CO_{2,consumed} + CO_{2,equivalent} = 5324 \text{ kg CO}_2\text{e} / \text{day}$$

#### Υπολογισμός εκπομπών Α.Θ. από την αναερόβια χώνευση της ιλύος

Σημειώνεται ότι για τον υπολογισμό του παραγόμενου βιοαερίου στη μονάδα αναερόβιας χώνευσης ελήφθη ότι το 50% των πτητικών στερεών της πρωτοβάθμιας και το 30% των πτητικών στερεών της δευτεροβάθμιας ιλύος απομακρύνονται κατά την χώνευση. Επίσης, 1 kg πτητικών στερεών που απομακρύνονται κατά την χώνευση παράγει 0.90 m<sup>3</sup> βιοαέριο. Το τελικά παραγόμενο βιοαέριο δίνεται από τη σχέση (7.53).

#### 1. Παραγωγή CO<sub>2</sub> από την καύση του βιοαερίου

Η παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου χρησιμοποιείται για την θέρμανση των χωνευτών και εφόσον επαρκεί, η υπόλοιπη ποσότητα οδηγείται είτε σε πυρσό καύσης ή σε γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

Εφαρμόζοντας τις σχέσεις (7.66), (7.67) και (7.68), προκύπτει ότι η ποσότητα CO<sub>2</sub> που παράγεται από την καύση του βιοαερίου είναι 3885 kg CO<sub>2</sub>e/day

Το βιοαέριο αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και, επομένως, όταν χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών Α.Θ., αφού μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται, πχ. από λιγνίτη ή πετρέλαιο, υποκαθίσταται από «καθαρή» ηλεκτρική ενέργεια.

#### 2. Παραγωγή CO<sub>2</sub> από τη διαρροή βιοαερίου στην ατμόσφαιρα

Από τη σχέση (7.69) προκύπτει ότι η ισοδύναμη ποσότητα CO<sub>2</sub> λόγω της διαφυγής του βιοαερίου σε ποσοστό 1% θα είναι 220 kg CO<sub>2</sub>e/day

#### Υπολογισμός εκπομπών Α.Θ. από διάθεση ή καύση της ιλύος

Για την περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων γίνεται η παραδοχή καύσης της παραγόμενης ιλύος.

Σύμφωνα με τη σχέση (7.70), η ποσότητα του CO<sub>2</sub> που παράγεται από την καύση της ιλύος είναι 10217 kg CO<sub>2</sub>e/day.

#### Υπολογισμός εκπομπών Α.Θ. από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Βασίζόμενοι στον πίνακα 7.6 και τη σχέση (7.72), προκύπτει ότι τα Α.Θ. που οφείλονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε.Λ. είναι 2679 kg CO<sub>2</sub>e/day. Σημειώνεται ότι κατά την εφαρμογή της σχέσης (7.72), χρησιμοποιήθηκε η καθαρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε.Λ., αφαιρώντας δηλαδή την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την καύση του βιοαερίου.

#### **7.4 Παρουσίαση και αξιολόγηση των αριθμητικών αποτελεσμάτων για τις Ε.Ε.Λ. για τα διάφορα σενάρια μετά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων**

Στο παρόν υποκεφάλαιο διερευνώνται οι επιπτώσεις της εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στις υφιστάμενες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων για τα διάφορα ποσοστά εφαρμογής τους στα νοικοκυριά. Επισημαίνεται ότι, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, εξετάζονται 20 διαφορετικές περιπτώσεις εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά, ξεκινώντας από το ποσοστό του 5% και φτάνοντας στο 100% του συνόλου των νοικοκυριών, αυξάνοντας κάθε φορά την εφαρμογή τους κατά 5% από σενάριο σε σενάριο.

Έχοντας πραγματοποιήσει τους απαραίτητους υγειονομικούς υπολογισμούς για τη διαστασιολόγηση των μονάδων των Ε.Ε.Λ. των δύο υπό μελέτη πόλεων, οι οποίοι παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, το ενδιαφέρον τώρα επικεντρώνεται στις πιθανές αλλαγές που θα προκληθούν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων και της προκύπτουσας ιλύος λόγω της εισροής των αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων μέσω των σκουπιδοφάγων. Κατά συνέπεια, στόχος είναι η πραγματοποίηση του έλεγχου της επαρκούς λειτουργίας του υφιστάμενου συστήματος, ο προσδιορισμός της ενεργειακής κατανάλωσης των βασικών μονάδων ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και ο υπολογισμός των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, καθώς θα αυξάνεται το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στα νοικοκυριά.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των εισροών στις Ε.Ε.Λ. των δύο υπό μελέτη πόλεων πριν και μετά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά. Σημειώνεται ότι η επιλογή των τιμών που αφορούν τα ρυπαντικά φορτία που εισέρχονται στην Ε.Ε.Λ. μετά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (μίγμα λυμάτων και αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων) πραγματοποιήθηκε έχοντας ως βάση τα βιβλιογραφικά στοιχεία αρκετών επιστημονικών ερευνών (Πίνακας 6.1). Επισημαίνεται ότι οι ορισθείσες τιμές για τα διάφορα χαρακτηριστικά του εισερχόμενου μίγματος λυμάτων και αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων στην Ε.Ε.Λ. αντιστοιχούν σε συνθήκες 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά.

Πίνακας 7.10: Σύγκριση των χαρακτηριστικών των εισροών στην Ε.Ε.Λ. για λύματα και λύματα + αλεσμένα απόβλητα τροφίμων, προερχόμενα από την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών για τις δύο υπό μελέτη πόλεις.

Παράμετρος	Μονάδες	Ορισθείσες τιμές	
		10 000 ι.κ.	100 000 ι.κ.
Ειδική παροχή λυμάτων	L/ι.κ./day	200.0	200.0
Ημερήσια παροχή λυμάτων	m <sup>3</sup> /day	2 000.0	20 000.0
Ειδική παροχή λυμάτων και αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων	L/ι.κ./day	205.0	205.0
Ημερήσια παροχή λυμάτων και αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων	m <sup>3</sup> /day	2 050.0	20 500.0
Ειδικά ρυπαντικά φορτία εισερχόμενων λυμάτων			
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD <sub>5</sub>	g/ι.κ./day	60.0	60.0
Ολικά αιωρούμενα στερεά, TSS	g/ι.κ./day	75.0	75.0
Ολικό άζωτο, TN	g/ι.κ./day	12.0	12.0
Ειδικά ρυπαντικά φορτία εισερχόμενων λυμάτων και αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων			
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD <sub>5</sub>	g/ι.κ./day	70.0	70.0
Ολικά αιωρούμενα στερεά, TSS	g/ι.κ./day	115.0	115.0
Ολικό άζωτο, TN	g/ι.κ./day	14.0	14.0
Ποσότητες ρυπαντικών φορτίων εισερχόμενων λυμάτων			
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD <sub>5</sub>	kg/day	600.0	6 000.0
Ολικά αιωρούμενα στερεά, TSS	kg/day	750.0	7 500.0
Ολικό άζωτο, TN	kg/day	120.0	1 200.0

Πίνακας 7.10 (Συνέχεια): Σύγκριση των χαρακτηριστικών των εισροών στην Ε.Ε.Λ. για λύματα και λύματα + αλεσμένα απόβλητα τροφίμων, προερχόμενα από την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών για τις δύο υπό μελέτη πόλεις.

Ποσότητες ρυπαντικών φορτίων εισερχόμενων λυμάτων και αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων			
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD <sub>5</sub>	kg/day	700.0	7 000.0
Ολικά αιωρούμενα στερεά, TSS	kg/day	1 150.0	11 500.0
Ολικό άζωτο, TN	kg/day	140.0	1 400.0
Συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων εισερχόμενων λυμάτων			
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD <sub>5</sub>	mg/L	300.0	300.0
Ολικά αιωρούμενα στερεά, TSS	mg/L	375.0	375.0
Ολικό άζωτο, TN	mg/L	60.0	60.0
Συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων εισερχόμενων λυμάτων και αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων			
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD <sub>5</sub>	mg/L	341.5	341.5
Ολικά αιωρούμενα στερεά, TSS	mg/L	561.0	561.0
Ολικό άζωτο, TN	mg/L	68.3	68.3

Έχοντας ως βάση τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα, πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των χαρακτηριστικών των εισροών στις Ε.Ε.Λ. των δύο υπό μελέτη πόλεων για τα διάφορα σενάρια εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι εγκαθίστανται στο 5% των νοικοκυριών, τότε η παροχή των εισερχόμενων λυμάτων θα προκύπτει αθροίζοντας το 95% της παροχής των εισερχόμενων λυμάτων πριν την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων και το 5% της παροχής των εισερχόμενων λυμάτων και των αλεσμένων αποβλήτων μετά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων. Η ίδια διαδικασία εφαρμόζεται και για τα ρυπαντικά φορτία. Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο προσδιορίζονται και τα χαρακτηριστικά των εισροών στις Ε.Ε.Λ. για τα υπόλοιπα σενάρια εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά.

Η μορφή των διαγραμμάτων είναι τέτοια, ώστε στον οριζόντιο άξονα να απεικονίζονται τα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στα νοικοκυριά και στον κατακόρυφο άξονα οι τιμές κάθε μεταβλητής που μας ενδιαφέρει η μεταβολή της με την αύξηση του ποσοστού εφαρμογής (βήμα 5%).



Αναφέρεται ότι μετά τον υπολογισμό των εκπομπών Α.Θ., που προέρχονται από τις δύο Ε.Ε.Λ., είναι εφικτή και η εκτίμηση των καθαρών εκπομπών Α.Θ. λόγω της εκτροπής των αποβλήτων τροφίμων από τους ΧΥΤΑ και της διοχέτευσής τους στους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων. Σημειώνεται ότι για το σκοπό αυτό εφαρμόζεται το μοντέλο WARM για τη μείωση των αποβλήτων (Waste Reduction Model), το οποίο δημιουργήθηκε από την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (U.S. Environmental Protection Agency). Συγκεκριμένα, εφαρμόζεται η τελευταία έκδοση του μοντέλου, η οποία ανανεώθηκε το Φεβρουάριο του 2012. Το μοντέλο αυτό δημιουργήθηκε για να βοηθήσει τους σχεδιαστές και τις οργανώσεις διαχείρισης στερεών αποβλήτων να εκτιμήσουν τη μείωση των εκπομπών Α.Θ. από πολλές διαφορετικές μεθόδους επεξεργασίας των αποβλήτων. Το μοντέλο υπολογίζει τις ετήσιες εκπομπές σε μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (Mt CO<sub>2</sub>e) και μετρικούς τόνους ισοδύναμου άνθρακα (MTCE) και αναγνωρίζει σήμερα 46 είδη υλικών που βρίσκονται, συνήθως, στα αστικά στερεά απόβλητα (Α.Σ.Α.), μεταξύ αυτών και τα απόβλητα τροφίμων. Διατίθεται τόσο σε διαδικτυακή μορφή όσο και ως υπολογιστικό φύλλο του Microsoft Excel.

Στα πλαίσια του σκοπού αυτού, πραγματοποιούνται ορισμένες παραδοχές, έχοντας πάντα ως βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία, για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat για το 2009, ο συντελεστής παραγωγής Α.Σ.Α. για την Ελλάδα ήταν 458 kg ανά κάτοικο ετησίως. Επίσης, γίνεται η θεώρηση ότι το 92% των Α.Σ.Α. (421 kg ανά κάτοικο) οδηγείται προς υγειονομική ταφή και το υπόλοιπο 8% ανακυκλώνεται. Το 20% της ποσότητας αυτής (84 kg ανά κάτοικο), που οδηγείται στους Χ.Υ.Τ.Α., θεωρείται ότι είναι βιοαποδομήσιμα απόβλητα τροφίμων. Αυτή είναι και η κατάσταση που επικρατεί σύμφωνα με το μηδενικό σενάριο, δηλαδή χωρίς την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων. Κάνοντας, ακόμη, την υπόθεση ότι το 75% των αποβλήτων τροφίμων που παράγονται σε ένα νοικοκυριό είναι δυνατό να υποστούν επεξεργασία μέσω ενός σκουπιδοφάγου, και το υπόλοιπο 25% να πηγαίνει στους Χ.Υ.Τ.Α. (21 kg ανά κάτοικο), προκύπτει το αντίστοιχο σενάριο της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων.

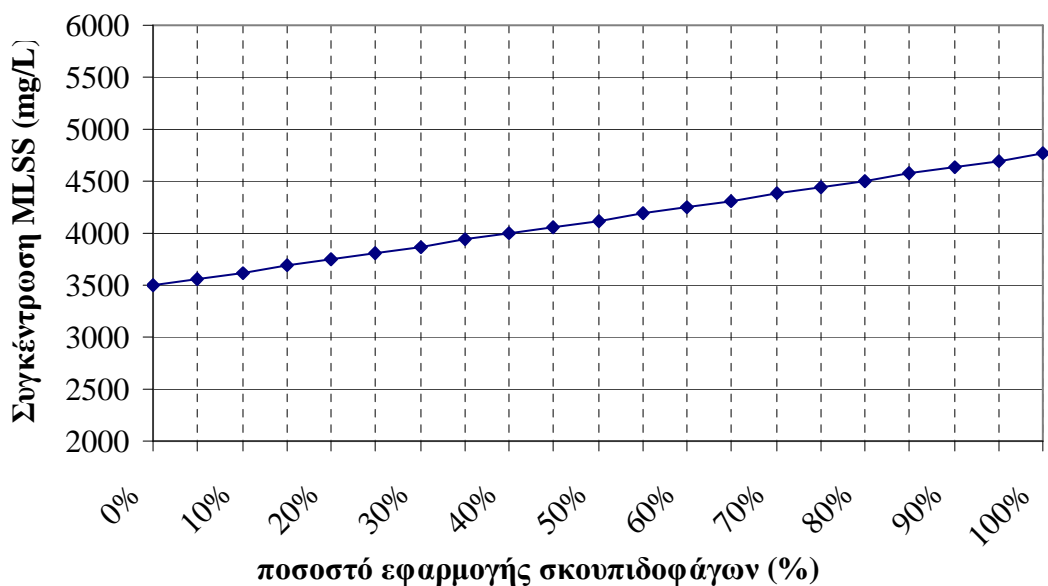
Έχοντας αυτά τα στοιχεία ως δεδομένα, υπολογίζονται οι ετήσιες ποσότητες των αποβλήτων τροφίμων που παράγονται στις δύο υπό μελέτη πόλεις και οδηγούνται στους Χ.Υ.Τ.Α. (μηδενικό σενάριο και σενάριο 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων). Στη συνέχεια, με βάση αυτές τις τιμές, πραγματοποιείται ο υπολογισμός των ετήσιων ποσοτήτων των αποβλήτων τροφίμων που οδηγούνται στους Χ.Υ.Τ.Α. για τα διάφορα σενάρια εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά, σύμφωνα με τον τρόπο που αναφέρθηκε προηγουμένως (βήμα σεναρίου 5%). Η προκύπτουσα ποσότητα για το κάθε σενάριο εισάγεται στο μοντέλο, έχοντας μετατρέψει τις μονάδες σε short tons (1 short ton = 907.18474 kg = 0.907 Metric tons) και εξάγονται από το μοντέλο τα αποτελέσματα. Σημειώνεται ότι το μοντέλο λαμβάνει υπόψη και τις εκπομπές που συμβαίνουν κατά τη μεταφορά των αποβλήτων στις μονάδες επεξεργασίας χρησιμοποιώντας προεπιλεγμένες αποστάσεις για την κάθε μέθοδο διαχείρισης (για την υγειονομική ταφή ορίζονται τα 20 μίλια).

Για τον προσδιορισμό των καθαρών εκπομπών προστίθενται οι εκπομπές Α.Θ. που παράγονται από την Ε.Ε.Α. της κάθε πόλης, οι οποίες αυξάνονται με την αύξηση του ποσοστού εφαρμογής των σκουπιδοφάγων, με τις εκπομπές Α.Θ. που προκύπτουν από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων τροφίμων, οι οποίες μειώνονται με την αύξηση του ποσοστού εφαρμογής των σκουπιδοφάγων.

#### **7.4.1 Περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων**

##### *Έλεγχος επάρκειας του συστήματος*

Αρχικά είναι ιδιαίτερης σημασίας ο υπολογισμός της τιμής των MLSS, καθώς αποτελούν τη βάση της ρύθμισης μιας Ε.Ε.Α., ώστε να λειτουργεί σωστά σε διαφορετικές περιόδους, αντιμετωπίζοντας διαφορετικά ρυπαντικά φορτία. Έχοντας δεδομένο, πλέον, τον όγκο της δεξαμενής αερισμού πραγματοποιείται ο υπολογισμός της συγκέντρωσης των MLSS. Κριτήριο για το αν είναι επαρκής ο υφιστάμενος όγκος της δεξαμενής αερισμού για την ορθή λειτουργία της Ε.Ε.Α. είναι η τιμή των MLSS να μην υπερβαίνει τα 4 500 – 5 000 mg/L. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για όλα τα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο ακόλουθο διάγραμμα. Σημειώνεται ότι η συγκέντρωση των MLSS για το σχεδιασμό των δεξαμενών αερισμού ορίστηκε στα 3 500 mg/L. Διαπιστώνεται ότι, ακόμη και στη περίπτωση της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά, η συγκέντρωση των MLSS δεν ξεπερνά το ανώτατο όριο των 5 000 mg/L (4 762 mg/L), ενώ παρατηρείται ότι συγκεντρώσεις άνω των 4 500 mg/L θα εμφανιστούν αν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων ξεπεράσει το 80% των νοικοκυριών. Επομένως, προκύπτει ότι, ως προς αυτή την παράμετρο, η εγκατάσταση μπορεί να ανταπεξέλθει ακόμη και στην περίπτωση της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων χωρίς να κρίνεται αναγκαία η αύξηση του όγκου της δεξαμενής αερισμού.



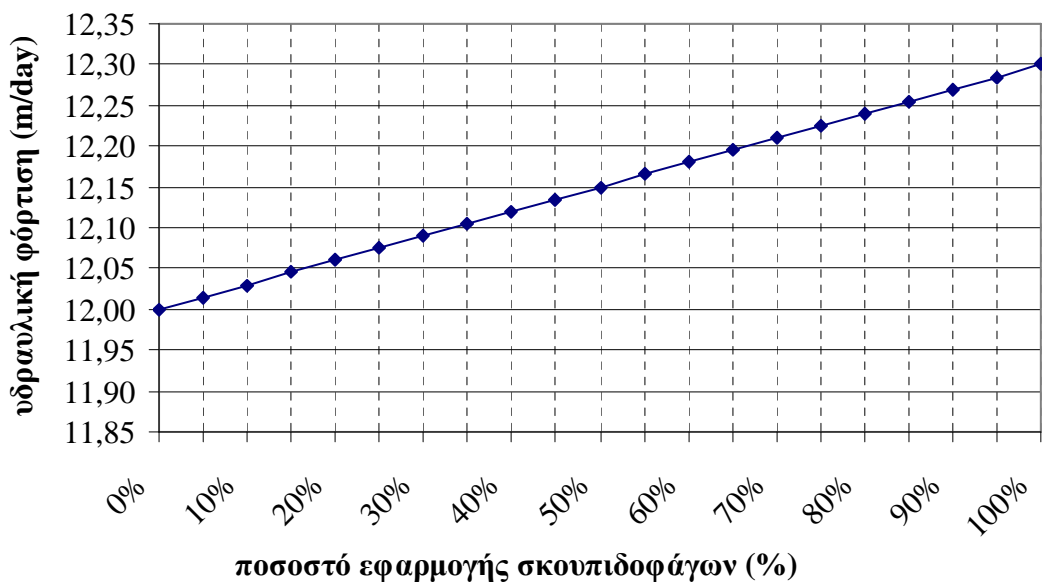
Σχήμα 7.1: Μεταβολή της συγκέντρωσης των MLSS ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Παρά το γεγονός ότι οι βιολογικές διεργασίες, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου, επιτελούνται στο βιολογικό αντιδραστήρα του συστήματος, ο έλεγχος της λειτουργίας της δεξαμενής καθίζησης είναι εξίσου σημαντικός, καθώς αποτελεί τη μονάδα που ανάλογα με την απόδοσή της καθορίζει την ποιότητα της τελικής εκροής. Πρώτον, η δεξαμενή καθίζησης επιτρέπει την καθίζηση της βιομάζας και το διαχωρισμό της από τα επεξεργασμένα λύματα, τα οποία διαυγασμένα και κατά το δυνατόν απαλλαγμένα από αιωρούμενα στερεά, υπερχειλίζουν από τη δεξαμενή. Η διαδικασία της διαύγασης επηρεάζεται, κατά κύριο λόγο, από το υδραυλικό φορτίο, εκφρασμένο σε  $m^3$  λυμάτων ανά  $m^2$  επιφάνειας δεξαμενής και ημέρα, καθώς σχετίζεται με την ταχύτητα καθίζησης των βιοκροκίδων. Δεύτερον, δίνει τη δυνατότητα για επαρκή συμύκνωση της βιομάζας, ώστε να είναι εύκολη και αποτελεσματική η επαναφορά της στο βιολογικό αντιδραστήρα μέσω της ανακυκλοφορίας. Η διαδικασία της συμύκνωσης επηρεάζεται, κατά κύριο λόγο, από το φορτίο στερεών, εκφρασμένο σε  $kg$  ανάμικτου υγρού ανά  $m^2$  επιφάνειας δεξαμενής και ημέρα. Επαρκώς συντηρητικές τιμές είναι:

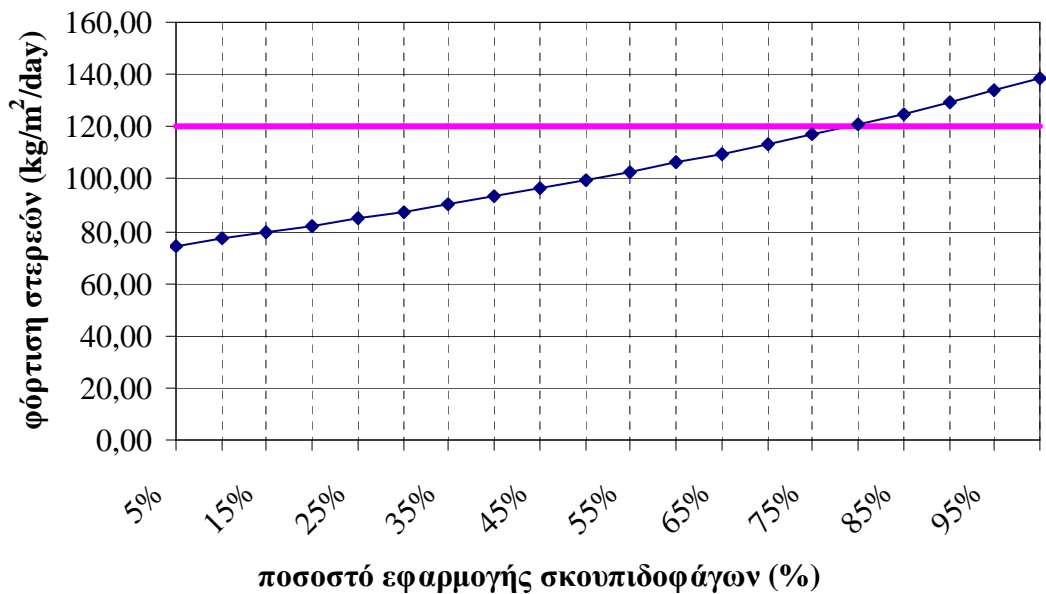
- 1) Μέγιστο επιτρεπόμενο υδραυλικό φορτίο  $q \leq 12 - 16 m^3 / m^2 - day$  και
- 2) Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο στερεών  $G \leq 100 - 120 kg TSS / m^2 - day$

Σημειώνεται ότι, κατά το σχεδιασμό των δεξαμενών τελικής καθίζησης, η υδραυλική φόρτιση ορίστηκε ίση με  $12 m/day$  και η επιφανειακή φόρτιση στερεών ίση με  $120 kgSS/m^2/day$ , ακολουθώντας μια συντηρητική προσέγγιση με επιλογή σχετικά μικρών φορτίσεων. Τα δύο παραπάνω εμπειρικά κριτήρια εφαρμόστηκαν για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα δύο διαγράμματα που ακολουθούν.

Από την εφαρμογή του κριτηρίου του υδραυλικού φορτίου, η μέγιστη τιμή που παρατηρείται στην περίπτωση της 100% εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων είναι 12.3 m/day, τιμή που δεν ξεπερνά κατά πολύ το όριο των 12 m/day, ώστε να δημιουργηθεί ιδιαίτερο πρόβλημα κατά τη διαδικασία της διαύγασης. Ωστόσο, για την ικανοποιητική λειτουργία των δεξαμενών είναι απαραίτητος και ο έλεγχος του κριτηρίου του φορτίου των στερεών. Από το αντίστοιχο διάγραμμα παρατηρείται ότι υπέρβαση της τιμής των 120 kgSS/m<sup>2</sup>/day πραγματοποιείται όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων ξεπερνά το 80%. Οι ανώτερες τιμές που προκύπτουν είναι 129.3, 133.7 και 138.4 kgSS/m<sup>2</sup>/day και αντιστοιχούν σε εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στο 90%, 95% και 100% των νοικοκυριών. Σε αυτές τις περιπτώσεις αναμένεται να παρατηρηθεί μια σχετική υπερφόρτωση της εγκατάστασης.



Σχήμα 7.2: Μεταβολή του υδραυλικού φορτίου ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων)



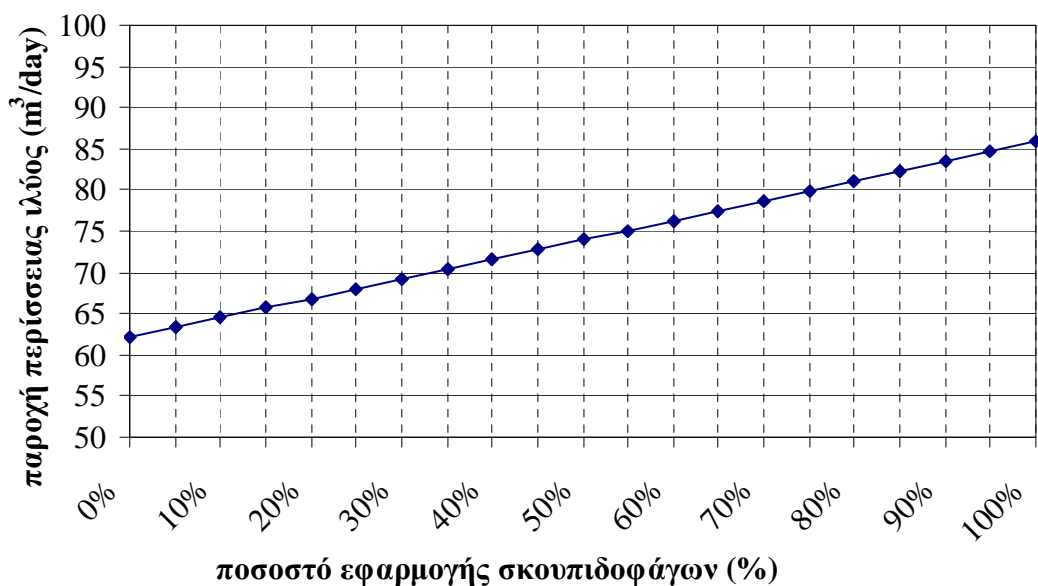
Σχήμα 7.3: Μεταβολή του φορτίου στερεών ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Από τη δεξαμενή αερισμού, επειδή οι μικροοργανισμοί αναπαράγονται και πολλαπλασιάζονται συνέχεια, είναι αναγκαία σε συνεχή βάση η απομάκρυνση μιας ποσότητας λάσπης ίσης με την ποσότητα της καθαρής αύξησης των μικροοργανισμών. Η περίσσεια αυτή λάσπης προκύπτει από την παραγόμενη λάσπη, αφού αφαιρεθούν τα στερεά στην εκροή των Δ.Τ.Κ.

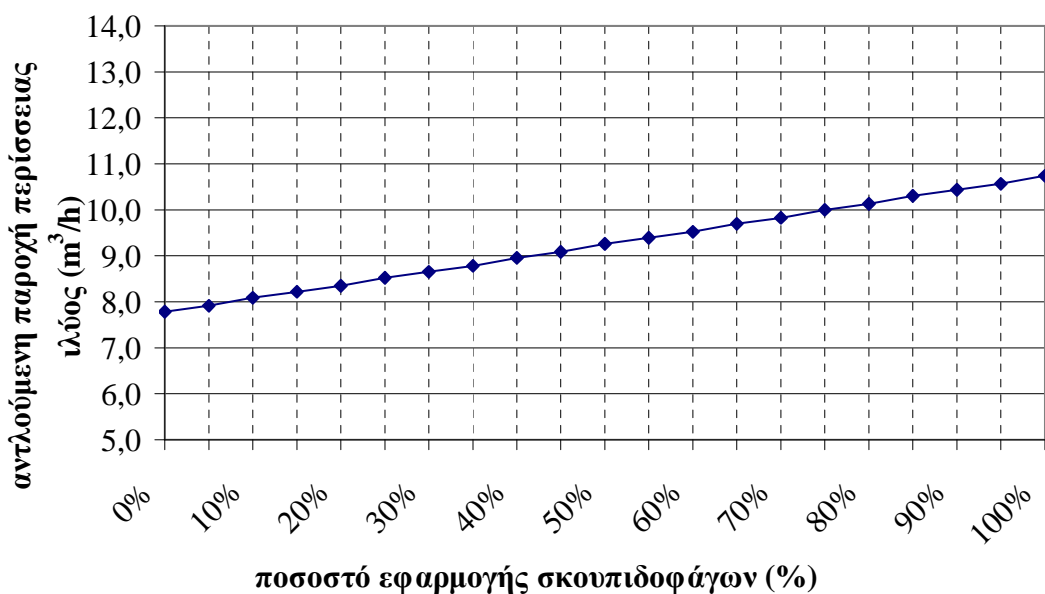
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την παροχή της περίσσειας ιλύος σε m<sup>3</sup>/day και m<sup>3</sup>/h. Παρατηρείται ότι η μέγιστη ποσοστιαία αύξηση που θα συμβεί στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών (86 m<sup>3</sup>/day) θα είναι της τάξης του 38.7%, δηλαδή επιπλέον 24 m<sup>3</sup>/day.

Σε ό, τι αφορά την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης της περίσσειας ιλύος, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό του συστήματος ορίστηκε η τοποθέτηση μιας αντλίας και μιας εφεδρικής δυναμικότητας 15 m<sup>3</sup>/h.

Επομένως, διαπιστώνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, δε θα δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την άντληση της περίσσειας της ιλύος (για 100% εφαρμογή: 10.7 m<sup>3</sup>/h < 15 m<sup>3</sup>/h).



Σχήμα 7.4: Μεταβολή της παροχής της περίσσειας ιλύος (m<sup>3</sup>/day) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων)



Σχήμα 7.5: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής της περίσσειας ιλύος (m<sup>3</sup>/h) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Στη δεξαμενή καθίζησης, η αιωρούμενη βιολογική μάζα καθιζάνει και απομακρύνεται από το σύστημα. Ένα μέρος, όμως, αυτής της βακτηριακής μάζας επιστρέφει από τη δεξαμενή καθίζησης στη δεξαμενή αερισμού μέσω της ανακυκλοφορίας της ιλύος (βιομάζας). Ο σκοπός της ανακυκλοφορίας είναι να διατηρηθεί επαρκής συγκέντρωση ενεργού ιλύος στη δεξαμενή αερισμού, ώστε να επιτευχθεί ο απαιτούμενος βαθμός

επεξεργασίας στο χρονικό διάστημα που είναι επιθυμητό. Με αυτό, δηλαδή, τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλή συγκέντρωση μικροοργανισμών ικανή για την προσρόφηση και αποικοδόμηση του εισερχόμενου οργανικού φορτίου. Η ανακυκλοφορία της βιομάζας, η οποία μπορεί να φτάσει σε ποσοστό και το 100%, είναι σημαντικότερη λειτουργική παράμετρος ελέγχου, που ρυθμίζει τη λειτουργία της διεργασίας. Η ελεγχόμενη, δηλαδή, αυξομείωση της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών στο βιοαντιδραστήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτευχθεί απόκριση σε μεταβαλλόμενες συνθήκες εισόδου. Ωστόσο, οι υψηλοί ρυθμοί ανακυκλοφορίας επιβαρύνουν υδραυλικά τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης. Η παροχή ανακυκλοφορίας εξαρτάται από τη συγκέντρωση της ιλύος στον πυθμένα της Δ.Τ.Κ. (που λήφθηκε ίση με 8 000 mg/L), καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση αυτή τόσο μικρότερη παροχή ανακυκλοφορίας απαιτείται για τη διατήρηση σταθερής ταχύτητας μεταφοράς μάζας ιλύος από τη Δ.Τ.Κ. στη Δ.Α.

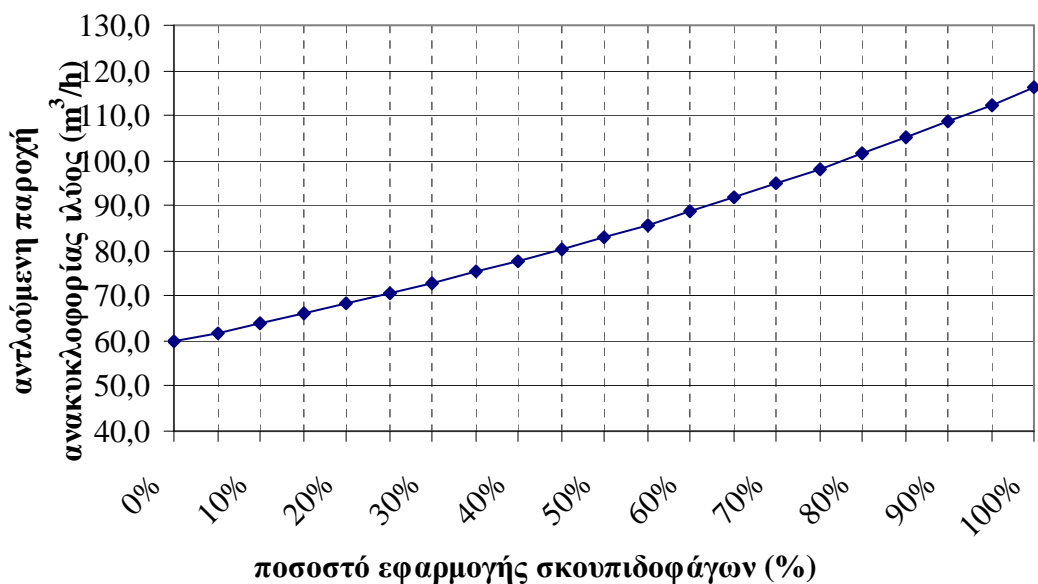
Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το βαθμό ανακυκλοφορίας της ιλύος, την παροχή ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$  και  $m^3/h$ ) και το χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού για την ανακυκλοφορία της ιλύος για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Παρατηρείται ότι ο βαθμός ανακυκλοφορίας της ιλύος στην περίπτωση της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων είναι διπλάσιος σε σχέση με το μηδενικό σενάριο, γεγονός που οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης των MLSS και στην επακόλουθη μείωση του βαθμού συμύκνωσης της ιλύος (μείωση του  $m$ ). Η μέγιστη ποσοστιαία αύξηση, που θα συμβεί στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών ( $2\ 793\ m^3/day$ ), θα είναι της τάξης του 94%, δηλαδή επιπλέον  $1\ 355\ m^3/day$ .

Πίνακας 7.11: Μεταβολή του βαθμού ανακυκλοφορίας της ιλύος, της παροχής ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$  και  $m^3/h$ ) και του χρόνου λειτουργίας του εξοπλισμού για την ανακυκλοφορία της ιλύος ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Βαθμός ανακυκλοφορίας ιλύος r	Παροχή ανακυκλοφορίας ιλύος ( $m^3/day$ )	Παροχή ανακυκλοφορίας ιλύος ( $m^3/h$ )	Ώρες λειτουργίας εξοπλισμού (h)
0%	0.72	1 438	60	11.5
5%	0.74	1 486	62	11.9
10%	0.77	1 536	64	12.3
15%	0.79	1 586	66	12.7
20%	0.82	1 639	68	13.1
25%	0.84	1 693	71	13.5
30%	0.87	1 749	73	14.0
35%	0.90	1 807	75	14.5
40%	0.92	1 867	78	14.9
45%	0.95	1 930	80	15.4
50%	0.98	1 994	83	16.0
55%	1.02	2 061	86	16.5
60%	1.05	2 130	89	17.0
65%	1.08	2 202	92	17.6
70%	1.12	2 277	95	18.2
75%	1.16	2 355	98	18.8
80%	1.19	2 435	101	19.5
85%	1.23	2 519	105	20.2
90%	1.27	2 607	109	20.9
95%	1.32	2 698	112	21.6
100%	1.36	2 793	116	22.3

Σε ό, τι αφορά την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης της ανακυκλοφορούμενης ιλύος, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό του συστήματος ορίστηκε η τοποθέτηση δύο αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $70 m^3/h$  (εγκατεστημένη δυναμικότητα  $3\ 360 m^3/day$ ). Επομένως, τόσο από τον προηγούμενο πίνακα όσο και από το επόμενο διάγραμμα διαπιστώνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, δε θα δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την ανακυκλοφορία της ιλύος (για 100% εφαρμογή:  $116 m^3/h < 140 m^3/h$ ).





Σχήμα 7.6: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής ανακυκλοφορίας ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων)

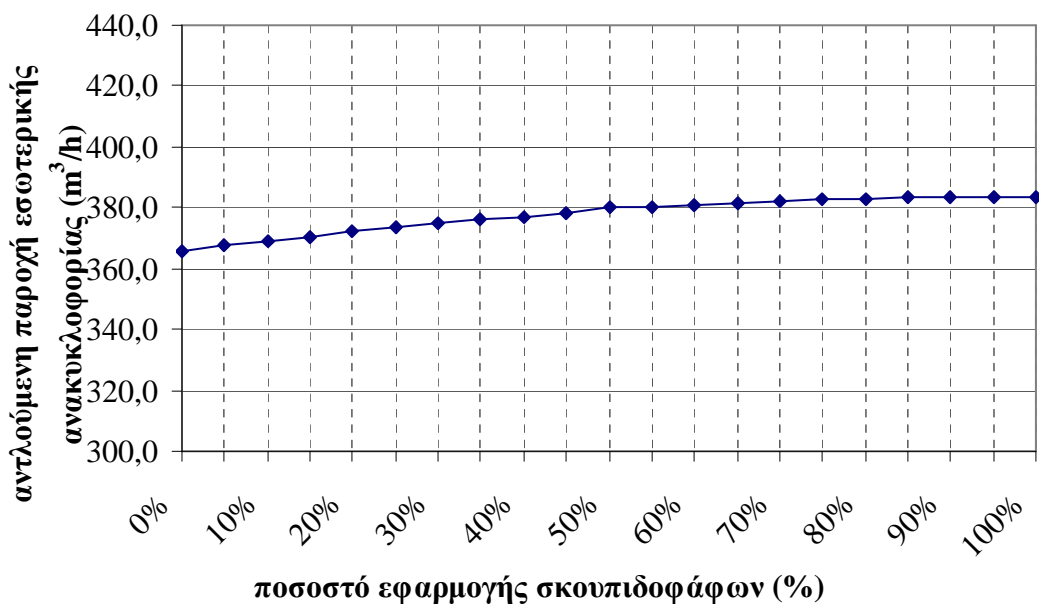
Για την απομείωση των αμμωνιακών που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα, εφαρμόζεται η διεργασία της νιτροποίησης – απονιτροποίησης, η οποία πραγματοποιείται μαζί με την βιολογική οξείδωση του οργανικού φορτίου (BOD) στο σύστημα της ενεργού ιλός, καθώς έχει πλεονεκτήματα όπως υψηλό βαθμό απόδοσης, σταθερότητα και αξιοπιστία, εύκολο έλεγχο και σχετικά χαμηλό κόστος. Η διαδικασία της απονιτροποίησης, η οποία συνεπάγεται διάσπαση οργανικού υλικού, σύνθεση βιομάζας, αναγωγή νιτρικών και απελευθέρωση  $N_2$ , πραγματοποιείται στον ανοξικό αντιδραστήρα, στον οποίο ανακυκλοφορείται ανάμικτο υγρό από τον αερόβιο αντιδραστήρα, μεταφέροντας τα απαιτούμενα νιτρικά για την πραγματοποίηση της διεργασίας αυτής. Σημειώνεται ότι στην ανοξική δεξαμενή εισέρχονται με την ανακυκλοφορία  $7 \text{ mg NO}_3/L$ , όσα δηλαδή πρέπει να εξέρχονται και από τη Δ.Τ.Κ.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το βαθμό εσωτερικής ανακυκλοφορίας, την παροχή εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$  και  $m^3/h$ ) και το χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού για την εσωτερικής ανακυκλοφορία για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Παρατηρείται ότι η μέγιστη ποσοστιαία αύξηση που θα συμβεί στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών ( $9\ 202 \text{ m}^3/day$ ) θα είναι της τάξης του 5%, δηλαδή επιπλέον  $419 \text{ m}^3/day$ .

Πίνακας 7.12: Μεταβολή του βαθμού εσωτερικής ανακυκλοφορίας, της παροχής εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$  και  $m^3/h$ ) και του χρόνου λειτουργίας του εξοπλισμού για την εσωτερικής ανακυκλοφορία ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Βαθμός εσωτερικής ανακυκλοφορίας R	Παροχή εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$ )	Παροχή εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/h$ )	Ώρες λειτουργίας εξοπλισμού (h)
0%	4.39	8 783	366	22.91
5%	4.40	8 817	367	23.00
10%	4.41	8 850	369	23.08
15%	4.43	8 896	371	23.20
20%	4.45	8 942	373	23.32
25%	4.45	8 964	373	23.38
30%	4.46	8 995	375	23.46
35%	4.47	9 025	376	23.54
40%	4.48	9 053	377	23.61
45%	4.49	9 079	378	23.68
50%	4.50	9 117	380	23.78
55%	4.50	9 125	380	23.80
60%	4.50	9 145	381	23.85
65%	4.51	9 162	382	23.90
70%	4.51	9 177	382	23.93
75%	4.51	9 189	383	23.97
80%	4.50	9 187	383	23.96
85%	4.51	9 204	384	24.01
90%	4.50	9 207	384	24.01
95%	4.50	9 207	384	24.01
100%	4.49	9 202	383	24.00

Σε ό, τι αφορά την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης της εσωτερικής ανακυκλοφορίας, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό του συστήματος ορίστηκε η τοποθέτηση τεσσάρων αντλιών και δύο εφεδρικών δυναμικότητας  $100m^3/h$  η καθεμία. Επομένως, τόσο από τον προηγούμενο πίνακα όσο και από το επόμενο διάγραμμα διαπιστώνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, δε θα δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την ανακυκλοφορία της ιλύος (για 100% εφαρμογή:  $383 m^3/h < 400 m^3/h$ ).

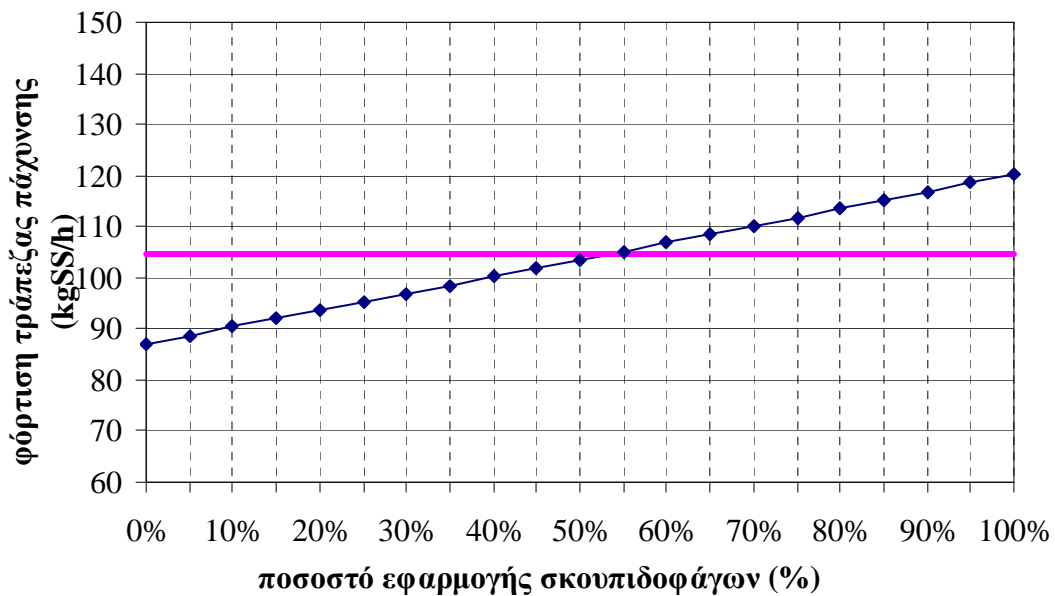


Σχήμα 7.7: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής εσωτερικής ανακυκλοφορίας (m<sup>3</sup>/h) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Η ιλύς που συγκεντρώνεται στους πυθμένες των δεξαμενών τελικής καθίζησης έχει χαρακτηριστικά που δεν επιτρέπουν την ασφαλή της απομάκρυνση και διάθεση. Κατά συνέπεια, επιβάλλεται η εφαρμογή μιας ελάχιστης επεξεργασίας της παραγόμενης ιλύος, η οποία αποσκοπεί στη μείωση του όγκου της με απομάκρυνση σοβαρού ποσοστού του νερού (πάχυνση, αφυδάτωση) και στη σταθεροποίησή της.

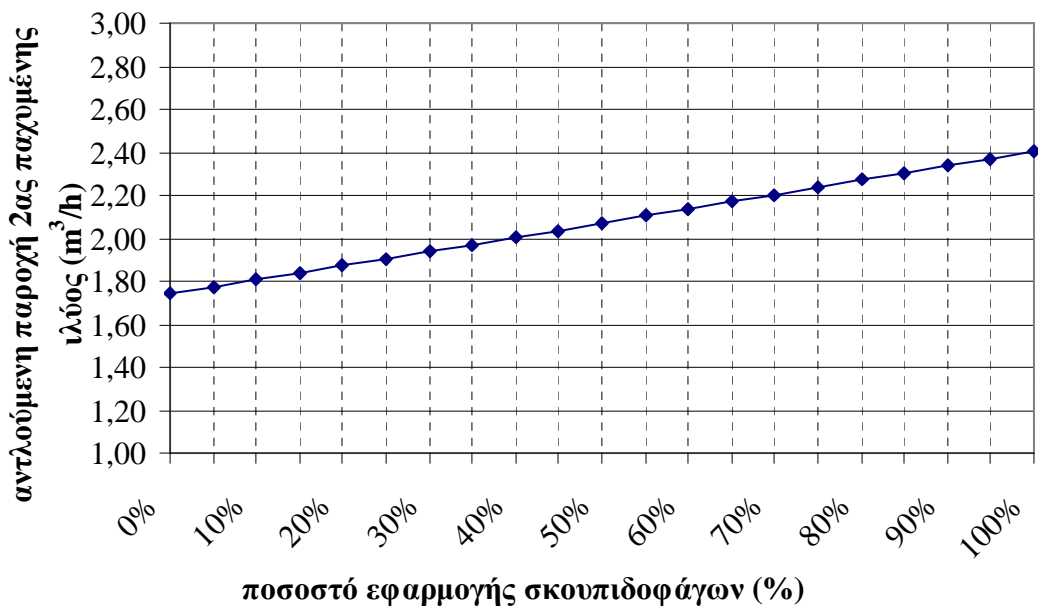
Για την επίτευξη της πάχυνσης χρησιμοποιήθηκαν τράπεζες πάχυνσης, καθώς είναι αποτελεσματικότερες στην περίπτωση της αμιγούς βιολογικής ιλύος. Βασικό μέγεθος σχεδιασμού για τις τράπεζες πάχυνσης είναι η φόρτιση στερεών ανά μονάδα πλάτους. Η ωριαία φόρτιση της τράπεζας πάχυνσης της βιολογικής ιλύος κατά το σχεδιασμό ήταν 105 kgSS/h. Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Παρατηρείται ότι η παραπάνω τιμή της φόρτισης σχεδιασμού υπερβαίνεται όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων ξεπερνά το 60%. Η μέγιστη τιμή φόρτισης, που προκύπτει από την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, είναι 120 kgSS/h. Επομένως, η αύξηση που σημειώνεται είναι 33 kgSS/h, δηλαδή της τάξης του 37.9%. Ωστόσο, έχοντας θεωρήσει ότι η δυναμικότητα της τράπεζας πάχυνσης είναι 250 kgSS/h – m, προκύπτει ότι δε θα υπάρξει πρόβλημα κατά τη διαδικασία της μηχανικής πάχυνσης.

Σημειώνεται, ακόμη, ότι το απαιτούμενο πλάτος της τράπεζας πάχυνσης, που υπολογίστηκε για όλα τα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων ήταν αρκετά μικρό, επομένως ελήφθη το ελάχιστο πλάτος του 1.5 m.



Σχήμα 7.8: Μεταβολή της φόρτισης κατά τη μηχανική πάχυνση της βιολογικής ιλύος ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων)

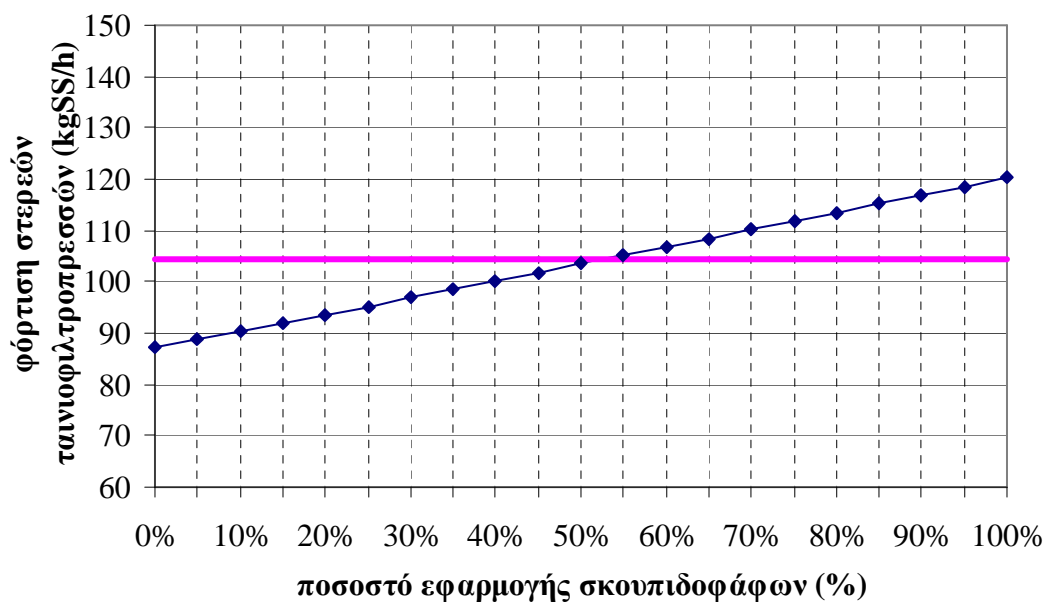
Σε ό, τι αφορά την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης της παχυμένης βιολογικής ιλύος, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό του συστήματος ορίστηκε η τοποθέτηση μιας αντλίας και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $4 \text{ m}^3/\text{h}$  η καθεμία. Επομένως, από το επόμενο διάγραμμα φαίνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, δε θα δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την άντληση της παχυμένης βιολογικής ιλύος (για 100% εφαρμογή:  $2.4 \text{ m}^3/\text{h} < 4 \text{ m}^3/\text{h}$ ).



Σχήμα 7.9: Μεταβολή της αντλούμενης δευτεροβάθμιας παχυμένης ιλύος (m<sup>3</sup>/h) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Η αφυδάτωση της λάσπης πραγματοποιήθηκε εφαρμόζοντας την πιο συνήθη μηχανική μέθοδο των ταινιοφιλτροπρεσσών. Βασικό μέγεθος σχεδιασμού για τις ταινιοφιλτρόπρεσες είναι η φόρτιση στερεών ανά μονάδα πλάτους της ταινίας. Η ωριαία φόρτιση των ταινιοφιλτροπρεσσών κατά το σχεδιασμό ήταν 105 kgSS/h. Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται υπέρβαση της φόρτισης σχεδιασμού όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων ξεπερνά το 60%. Παρατηρείται ότι η μέγιστη ποσοστιαία αύξηση, που θα συμβεί στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών (120 kgSS/h), θα είναι της τάξης του 37.9%, δηλαδή επιπλέον 33 m<sup>3</sup>/day. Ωστόσο, έχοντας θεωρήσει ότι η δυναμικότητα της ταινιοφιλτρόπρεσσας είναι 250 kgSS/h – m, προκύπτει ότι δε θα υπάρξει πρόβλημα κατά τη διαδικασία της μηχανικής αφυδάτωσης.

Σημειώνεται, ακόμη, ότι το απαιτούμενο πλάτος της ταινιοφιλτρόπρεσσας, που υπολογίστηκε για όλα τα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων ήταν αρκετά μικρό, επομένως ελήφθη το ελάχιστο πλάτος του 1.5 m.



Σχήμα 7.10: Μεταβολή της φόρτισης στερεών των ταινιοφιλτροπρεσσών ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Τόσο στο στάδιο της πάχυνσης της δευτεροβάθμιας ιλύος όσο και στο στάδιο της αφυδάτωσης της ιλύος χρησιμοποιήθηκε ως κροκιδωτικό πολυηλεκτρολύτης σε διαφορετικές, ωστόσο, δόσεις. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μέσες ημερήσιες ποσότητες πολυηλεκτρολύτη στην πάχυνση και στην αφυδάτωση της ιλύος, καθώς και η συνολική κατανάλωση και το αντίστοιχο κόστος λαμβάνοντας ως τιμή πολυηλεκτρολύτη τα 3.5 €/kg για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά. Προκύπτει ότι η συνολική κατανάλωση του πολυηλεκτρολύτη θα παρουσιάσει αύξηση της τάξης του 37.9%, στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών. Αντίστοιχη ποσοστιαία αύξηση παρατηρείται και για το κόστος αυτής της κατανάλωσης.

Πίνακας 7.13: Μεταβολή των ποσοτήτων πολυηλεκτρολύτη στην πάχυνση και στην αφυδάτωση της ιλύος, καθώς και της συνολικής κατανάλωσης πολυηλεκτρολύτη και του αντίστοιχου κόστους ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).

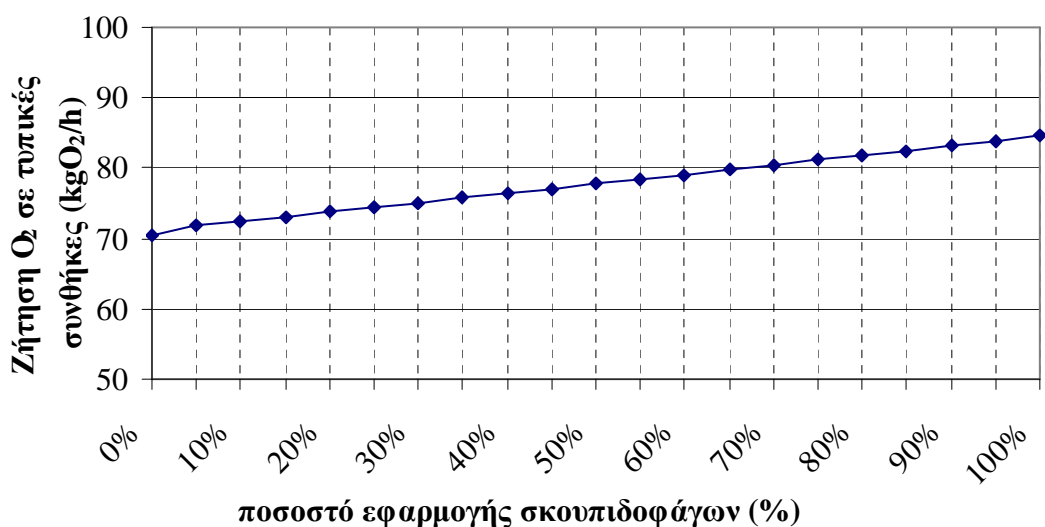
% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Ανηγμένη ημερήσια ποσότητα στην πάχυνση (kg/day)	Ωριαία παροχή στην πάχυνση (m <sup>3</sup> /h)	Ανηγμένη ημερήσια ποσότητα στην αφυδάτωση (kg/day)	Ωριαία παροχή στην αφυδάτωση (m <sup>3</sup> /h)	Συνολική κατανάλωση (kg/day)	Κόστος (€/day)
0%	1.49	0.131	3.48	0.305	4.98	17.4
5%	1.52	0.133	3.55	0.311	5.07	17.7
10%	1.55	0.136	3.61	0.316	5.16	18.1
15%	1.58	0.138	3.68	0.322	5.26	18.4
20%	1.60	0.140	3.74	0.328	5.35	18.7
25%	1.63	0.143	3.81	0.333	5.44	19.1
30%	1.66	0.145	3.88	0.339	5.54	19.4
35%	1.69	0.148	3.94	0.345	5.63	19.7
40%	1.72	0.150	4.01	0.351	5.72	20.1
45%	1.75	0.153	4.07	0.356	5.82	20.4
50%	1.77	0.155	4.14	0.362	5.91	20.7
55%	1.80	0.158	4.21	0.368	6.01	21.0
60%	1.83	0.160	4.27	0.374	6.10	21.4
65%	1.86	0.163	4.34	0.380	6.12	21.7
70%	1.89	0.165	4.41	0.386	6.29	22.1
75%	1.92	0.168	4.47	0.391	6.39	22.4
80%	1.96	0.170	4.54	0.397	6.49	22.7
85%	1.98	0.173	4.61	0.403	6.58	23.1
90%	2.00	0.175	4.68	0.409	6.68	23.4
95%	2.03	0.178	4.74	0.415	6.78	23.7
100%	2.06	0.180	4.81	0.421	6.87	24.1

Σε ό, τι αφορά τη ζήτηση οξυγόνου, αρχικά αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο της ενεργού ιλύος, που αφορά τις συνθήκες πεδίου (OTR), και στη συνέχεια προσδιορίζεται μία νέα τιμή που αναφέρεται σε τυπικές συνθήκες (SOTR), ώστε να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός της παροχής αέρα.

Αφού υπολογιστεί η ζήτηση οξυγόνου σε συνθήκες πεδίου πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής, ώστε να προκύψει η αντίστοιχη τιμή σχεδιασμού, που είναι 64 kg O<sub>2</sub>/h, και στη συνέχεια υπολογίζεται η ταχύτητα μεταφοράς οξυγόνου, που αφορά τις

τυπικές συνθήκες, που είναι 106 kg O<sub>2</sub>/h. Επίσης, στην παρούσα μελέτη επιλέχτηκε η εφαρμογή του συστήματος του επιφανειακού αερισμού.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η απαιτούμενη ζήτηση οξυγόνου σε τυπικές συνθήκες για όλα τα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά. Φαίνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, η παροχή οξυγόνου από το σύστημα αερισμού θα είναι επαρκής (για 100% εφαρμογή: 84.5 kg O<sub>2</sub>/h < 106 kg O<sub>2</sub>/h). Παρατηρείται ότι η μέγιστη ποσοστιαία αύξηση, που θα συμβεί στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών (84.5 kg O<sub>2</sub>/h), θα είναι της τάξης του 19.7%, δηλαδή επιπλέον 13.9 kg O<sub>2</sub>/h.



Σχήμα 7.11: Μεταβολή της ζήτησης οξυγόνου σε τυπικές συνθήκες ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων)

#### ***Σύγκριση της ενεργειακής κατανάλωσης των επιμέρους μονάδων του συστήματος επεξεργασίας των διαφόρων σεναρίων εφαρμογής των σκουπιδοφάγων***

Μετά την ολοκλήρωση του έλεγχου της επαρκούς λειτουργίας των υφιστάμενων μονάδων του συστήματος για τα διάφορα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στα νοικοκυριά, ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αφορούν το λειτουργικό κόστος των διαφόρων μονάδων του συστήματος ως προς την ενεργειακή τους κατανάλωση.

Κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης των επιμέρους μονάδων της επεξεργασίας ύλως της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης οι παράμετροι που ελήφθησαν υπόψη είναι η κατανάλωση ενέργειας του κύριου μηχανολογικού εξοπλισμού (τράπεζες πάχυνσης, ταινιοφιλτρόπρεσες) και η κατανάλωση ενέργειας του μηχανολογικού εξοπλισμού άντλησης (κυρίως) της ύλως στα διάφορα στάδια επεξεργασίας (ανακυκλοφορία ύλως, περίσσεια ύλως, αντλίες θετικής εκτόπισης (αντλίες παχυμένης ύλως), εσωτερική ανακυκλοφορία).



Αρχικά, παρουσιάζονται υπό μορφή πίνακα τα αποτελέσματα που αφορούν την απορροφούμενη ισχύ από την κάθε κατηγορία εξοπλισμού, και στη συνέχεια η αντίστοιχη ενεργειακή κατανάλωση.

Πίνακας 7.14: Μεταβολή της απορροφούμενης ισχύος από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Ισχύς κατά τον αερισμό (kWh)	Ισχύς από την ανακυκλοφορία της ιλύος (kWh)	Ισχύς από την άντληση της περίσσειας ιλύος (kWh)	Ισχύς από την εσωτερική ανακυκλοφορία (kWh)	Ισχύς από την άντληση της παχυμένης ιλύος (kWh)
0%	35.30	2.65	0.39	8.05	22.99
5%	35.88	2.74	0.40	8.08	23.42
10%	36.22	2.83	0.40	8.11	23.85
15%	36.55	2.93	0.41	8.15	24.28
20%	36.88	3.02	0.42	8.20	24.71
25%	37.21	3.12	0.43	8.22	25.14
30%	37.54	3.23	0.43	8.25	25.58
35%	37.87	3.34	0.44	8.27	26.01
40%	38.21	3.45	0.45	8.30	26.45
45%	38.54	3.56	0.45	8.32	26.88
50%	38.89	3.68	0.46	8.36	27.32
55%	39.21	3.80	0.47	8.36	27.76
60%	39.55	3.93	0.48	8.38	28.20
65%	39.89	4.06	0.48	8.40	28.64
70%	40.23	4.20	0.49	8.41	29.08
75%	40.57	4.34	0.50	8.42	29.52
80%	40.90	4.49	0.51	8.42	29.96
85%	41.25	4.65	0.51	8.44	30.41
90%	41.59	4.81	0.52	8.44	30.85
95%	41.93	4.98	0.53	8.44	31.30
100%	42.27	5.15	0.54	8.44	31.75

Από τον παρακάτω πίνακα διαπιστώνεται ότι η υψηλότερη ενεργειακή κατανάλωση προκαλείται από το σύστημα αερισμού. Στο συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος ο χρόνος παραμονής στερεών επιλέγεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις για την αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου και την πλήρη νιτροποίηση. Έχει, ήδη αναφερθεί, ότι στην περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων, πραγματοποιήθηκε μηχανική πάχυνση της δευτεροβάθμιας ιλύος χωρίς την πραγματοποίηση αναερόβιας χώνευσης της παχυμένης ιλύος στη συνέχεια, διότι η σταθεροποίησή της εξασφαλιζόταν από την εφαρμογή ενός

μεγαλύτερου χρόνου παραμονής των στερεών, ο οποίος φαίνεται ότι οδηγεί σε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση για το σύστημα του επιφανειακού αερισμού. Μεγαλύτερη απαίτηση αερισμού σημαίνει περισσότερες ώρες λειτουργίας και απορροφούμενη ισχύς και επομένως μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση ενέργειας.

Παρατηρείται, ακόμη, ότι στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, η υψηλότερη ποσοστιαία αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης προκύπτει λόγω της ανακυκλοφορίας της ιλύος (94.2%). Αντίθετα, η χαμηλότερη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας σημειώνεται λόγω της εσωτερικής ανακυκλοφορίας του ανάμικτου υγρού (4.8%). Συγχρόνως, παρατηρείται 19.8% αύξηση λόγω του επιφανειακού αερισμού του συστήματος, 38.7% λόγω της άντλησης της περίσσειας ιλύος και 37.8% λόγω των αντλιών θετικής εκτόπισης (παχυμένης ιλύος).

Φαίνεται, βέβαια, ότι για τα χαμηλότερα και πιο πιθανά ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά τα ποσοστά αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας είναι αρκετά χαμηλότερα.

Πίνακας 7.15: Μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Ενεργειακή κατανάλωση κατά τον αερισμό (kWh)	Ενεργειακή κατανάλωση από την ανακυκλοφορία της ιλύος (kWh)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της περίσσειας ιλύος (kWh)	Ενεργειακή κατανάλωση από την εσωτερική ανακυκλοφορία (kWh)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της παχυμένης ιλύος (kWh)
0%	847.1	63.7	9.3	193.2	23.0
5%	861.2	65.8	9.5	194.0	23.4
10%	869.2	68.0	9.7	194.7	23.9
15%	877.1	70.3	9.9	195.7	24.3
20%	885.1	72.6	10.0	196.7	24.7
25%	893.0	75.0	10.2	197.2	25.1
30%	901.0	77.5	10.4	197.9	25.6
35%	909.0	80.0	10.6	198.6	26.0
40%	917.0	82.7	10.7	199.2	26.4
45%	925.0	85.5	10.9	199.7	26.9
50%	933.3	88.3	11.1	200.6	27.3
55%	941.2	91.3	11.3	200.8	27.8
60%	949.2	94.3	11.4	201.2	28.2
65%	957.3	97.5	11.6	201.6	28.6
70%	965.5	100.8	11.8	201.9	29.1
75%	973.6	104.3	12.0	202.2	29.5
80%	981.6	107.8	12.2	202.1	30.0
85%	989.9	111.6	12.3	202.5	30.4
90%	998.1	115.4	12.5	202.6	30.9
95%	1 006.3	119.5	12.7	202.5	31.3
100%	1 014.5	123.7	12.9	202.4	31.7

Πίνακας 7.16: Ποσοστιαία μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Ενεργειακή κατανάλωση κατά τον αερισμό (% αύξηση)	Ενεργειακή κατανάλωση από την ανακυκλοφορία της ιλύος (% αύξηση)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της περίσσειας ιλύος (% αύξηση)	Ενεργειακή κατανάλωση από την εσωτερική ανακυκλοφορία (% αύξηση)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της παχυμένης ιλύος (% αύξηση)
5%	1.7%	3.3%	2.2%	0.4%	1.7%
10%	2.6%	6.8%	4.3%	0.8%	3.9%
15%	3.5%	10.4%	6.5%	1.3%	5.7%
20%	4.5%	14.0%	7.5%	1.8%	7.4%
25%	5.4%	17.7%	9.7%	2.1%	9.1%
30%	6.4%	21.7%	11.8%	2.4%	11.3%
35%	7.3%	25.6%	14.0%	2.8%	13.0%
40%	8.3%	29.8%	15.1%	3.1%	14.8%
45%	9.2%	34.2%	17.2%	3.4%	17.0%
50%	10.2%	38.6%	19.4%	3.8%	18.7%
55%	11.1%	43.3%	21.5%	3.9%	20.9%
60%	12.1%	48.0%	22.6%	4.1%	22.6%
65%	13.0%	53.1%	24.7%	4.3%	24.3%
70%	14.0%	58.2%	26.9%	4.5%	26.5%
75%	14.9%	63.7%	29.0%	4.7%	28.3%
80%	15.9%	69.2%	31.2%	4.6%	30.4%
85%	16.9%	75.2%	32.3%	4.8%	32.2%
90%	17.8%	81.2%	34.4%	4.8%	34.3%
95%	18.8%	87.6%	36.6%	4.8%	36.1%
100%	19.8%	94.2%	38.7%	4.8%	37.8%

Σε ό, τι αφορά την κατανάλωση ενέργειας από τις τράπεζες πάχυνσης και τις ταινιοφιλτρόπρεσες, επισημαίνεται ότι, επειδή το απαιτούμενο πλάτος που υπολογίστηκε και για τις δύο μονάδες για όλα τα σενάρια εφαρμογής των σκουπιδοφάγων, ήταν αρκετά μικρό, ελήφθη το ελάχιστο πλάτος του 1.5 m. Έχει, ήδη, αναφερθεί ότι η απορροφούμενη ισχύς για τράπεζα πάχυνσης 1.5 m είναι 0.55 kW, άρα και η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι 13.2 kWh, ενώ για ταινιοφιλτρόπρεσα 1.5 m είναι 0.75 kW, επομένως και η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι 18 kWh. Οι τιμές αυτές θα είναι ίδιες για κάθε ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται αθροιστικά η ενεργειακή κατανάλωση όλων των επιμέρους μονάδων επεξεργασίας των λυμάτων στην πρότυπη θεωρητική εγκατάσταση για τα διάφορα σενάρια εφαρμογής των σκουπιδοφάγων. Σε αυτή την περίπτωση, η μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή, που παρατηρείται λόγω της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων, είναι της τάξης του 21.2%. Ενδεικτικά, επισημαίνεται ότι, στην περίπτωση που εγκατασταθούν σκουπιδοφάγοι στο 25% των νοικοκυριών, που θα μπορούσε να αποτελέσει ένα λογικό σενάριο, η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση θα είναι 1 232 kWh, που αντιστοιχεί σε αύξηση της τάξης του 5.5% (64 kWh επιπλέον).

Πίνακας 7.17: Μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Συνολική ενεργειακή κατανάλωση (kWh)	Συνολική ενεργειακή κατανάλωση (% αύξηση)
5%	1 185	1.5%
10%	1 197	2.5%
15%	1 208	3.4%
20%	1 220	4.5%
25%	1 232	5.5%
30%	1 244	6.5%
35%	1 255	7.4%
40%	1 267	8.5%
45%	1 279	9.5%
50%	1 292	10.6%
55%	1 303	11.6%
60%	1 316	12.7%
65%	1 328	13.7%
70%	1 340	14.7%
75%	1 353	15.8%
80%	1 365	16.9%
85%	1 378	18.0%
90%	1 391	19.1%
95%	1 404	20.2%
100%	1 416	21.2%

### ***Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τις Ε.Ε.Α.***

Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που προέρχονται από τις Ε.Ε.Α. διακρίνονται: 1) στις άμεσες εκπομπές, που προέρχονται από τις διεργασίες επεξεργασίας, από την διαφυγή του παραγόμενου βιοαερίου στην ατμόσφαιρα ή την καύση του σε πυρσό καύσης ή σε μονάδα παραγωγής ενέργειας εντός της Ε.Ε.Α. και 2) στις έμμεσες εκπομπές, που οφείλονται στη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται εκτός Ε.Ε.Α., την παραγωγή, μεταφορά και καύση άλλων καυσίμων για παραγωγή ενέργειας, την παραγωγή, μεταφορά και χρήση χημικών ουσιών στις διάφορες διεργασίες, την αποικοδόμηση των συστατικών της εκροής, καθώς και τη μεταφορά και διάθεση της παραγόμενης ιλύος.

Για την εξεταζόμενη Ε.Ε.Α. των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων εκτιμώνται οι άμεσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ενώ από τις έμμεσες εκτιμώνται μόνο αυτές που οφείλονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται εκτός Ε.Ε.Α. και αυτές που οφείλονται στη διάθεση της παραγόμενης ιλύος. Συγκεκριμένα, για την περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων γίνεται η παραδοχή διάθεσης της παραγόμενης ιλύος σε Χ.Υ.Τ.Α., όπου το παραγόμενο βιοαέριο καίγεται.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των υπολογισμών των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου και οι αντίστοιχες ποσοστιαίες αυξήσεις για τα διάφορα σενάρια εφαρμογής των σκουπιδοφάγων. Παρατηρείται ότι οι διεργασίες που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι (από την πιο επιβλαβή στη λιγότερο) η διάθεση της ιλύος για υγειονομική ταφή σε Χ.Υ.Τ.Α., όπου το παραγόμενο βιοαέριο καίγεται σε πυρσό καύσης του Χ.Υ.Τ.Α., η παραγωγή της βιομάζας (οξειδωση οργανικού φορτίου) και η ενδογενής αποσύνθεση της βιομάζας.

Μέγιστες ποσοστιαίες αυξήσεις από την 100% εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά θα παρουσιαστούν λόγω της διάθεσης της ιλύος για υγειονομική ταφή σε Χ.Υ.Τ.Α. (38.1%), της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (25.4%) και της παραγωγής βιομάζας (23.2%). Σε ό, τι αφορά τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προκύπτει ότι η μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή θα είναι της τάξης του 28%.

Ενδεικτικά, επισημαίνεται ότι, στην περίπτωση που εγκατασταθούν σκουπιδοφάγοι στο 25% των νοικοκυριών, που θα μπορούσε να αποτελέσει ένα λογικό σενάριο, οι ημερήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα είναι 2 498 kg CO<sub>2</sub>/day, που αντιστοιχεί σε αύξηση της τάξης του 6.8% (160 kWh επιπλέον).

Πίνακας 7.18: Μεταβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούνται εντός και εκτός της Ε.Ε.Λ. ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (kg CO <sub>2</sub> e/day) από:						
	Αποσύνθεση βιομάζας	Παραγωγή βιομάζας	Νιτροποίηση	Απονιτροποίηση	Διάθεση ιλύος σε Χ.Υ.Τ.Α.	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	Συνολικές εκπομπές
0%	536.3	763.6	284.1	177.6	968.9	175.6	2 338.0
5%	542.5	770.0	286.3	179.0	987.0	177.5	2 369.6
10%	548.6	776.4	288.1	180.4	1 005.2	179.4	2 401.8
15%	554.6	782.5	290.4	182.0	1 023.2	181.5	2 433.5
20%	560.8	788.9	292.7	183.5	1 041.4	183.7	2 465.5
25%	566.9	795.2	294.3	184.9	1 059.6	185.6	2 497.8
30%	573.0	801.6	296.3	186.4	1 077.9	187.6	2 530.1
35%	579.2	807.9	298.3	187.8	1 096.2	189.7	2 562.6
40%	585.4	814.3	300.3	189.3	1 114.5	191.9	2 595.1
45%	591.6	820.7	302.3	190.8	1 132.9	194.0	2 627.7
50%	597.9	827.2	304.7	192.4	1 151.4	196.4	2 660.6
55%	604.0	833.5	306.3	193.7	1 169.8	198.5	2 693.2
60%	610.2	840.0	308.3	195.2	1 188.3	200.7	2 726.1
65%	616.5	846.4	310.3	196.7	1 206.8	203.0	2 759.2
70%	622.7	852.9	312.3	198.2	1 225.4	205.3	2 792.3
75%	629.0	859.4	314.3	199.7	1 244.1	207.7	2 825.5
80%	635.3	865.8	316.0	201.1	1 262.7	210.0	2 858.9
85%	641.6	872.3	318.3	202.7	1 281.5	212.6	2 892.3
90%	647.9	878.9	320.4	204.2	1 300.2	215.1	2 925.9
95%	654.2	885.4	322.4	205.7	1 319.0	217.6	2 959.5
100%	660.5	891.9	324.4	207.2	1 337.9	220.2	2 993.3

Πίνακας 7.19: Ποσοστιαία μεταβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούνται εντός και εκτός της Ε.Ε.Λ. ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (kg CO <sub>2</sub> e/day) από:						
	Αποσύνθεση βιομάζας	Παραγωγή βιομάζας	Νιτροποίηση	Απονιτροποίηση	Διάθεση ιλύος σε Χ.Υ.Τ.Α.	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	Συνολικές εκπομπές
5%	1.1	0.8	0.8	0.8	1.9	1.1	1.4
10%	2.3	1.7	1.4	1.6	3.7	2.2	2.7
15%	3.4	2.5	2.2	2.5	5.6	3.4	4.1
20%	4.6	3.3	3.0	3.3	7.5	4.6	5.5
25%	5.7	4.1	3.6	4.1	9.4	5.7	6.8
30%	6.8	5.0	4.3	4.9	11.2	6.9	8.2
35%	8.0	5.8	5.0	5.8	13.1	8.1	9.6
40%	9.1	6.6	5.7	6.6	15.0	9.3	11.0
45%	10.3	7.5	6.4	7.4	16.9	10.5	12.4
50%	11.5	8.3	7.3	8.3	18.8	11.9	13.8
55%	12.6	9.2	7.8	9.1	20.7	13.0	15.2
60%	13.8	10.0	8.5	9.9	22.6	14.3	16.6
65%	14.9	10.8	9.2	10.8	24.6	15.6	18.0
70%	16.1	11.7	9.9	11.6	26.5	17.0	19.4
75%	17.3	12.5	10.6	12.4	28.4	18.3	20.9
80%	18.4	13.4	11.2	13.2	30.3	19.6	22.3
85%	19.6	14.2	12.1	14.1	32.3	21.1	23.7
90%	20.8	15.1	12.8	15.0	34.2	22.5	25.1
95%	22.0	15.9	13.5	15.8	36.1	24.0	26.6
100%	23.2	16.8	14.2	16.7	38.1	25.4	28.0



Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα για το σύνολο των σεναρίων εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων.

Πίνακας 7.20: Μεταβολή των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Συνολικές εκπομπές Α.Θ. ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα
0%	0.234
5%	0.237
10%	0.240
15%	0.243
20%	0.247
25%	0.250
30%	0.253
35%	0.256
40%	0.260
45%	0.263
50%	0.266
55%	0.269
60%	0.273
65%	0.276
70%	0.279
75%	0.283
80%	0.286
85%	0.289
90%	0.293
95%	0.296
100%	0.299

#### **Καθαρές εκπομπές Α.Θ.**

Μετά τον υπολογισμό των εκπομπών Α.Θ. που προέρχονται από την Ε.Ε.Λ., εκτιμώνται οι καθαρές εκπομπές Α.Θ. λόγω της εκτροπής των αποβλήτων τροφίμων από τους Χ.Υ.Τ.Α. και της διοχέτευσής τους στους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων. Με την εφαρμογή του μοντέλου WARM, το οποίο παρουσιάστηκε στην παράγραφο 7.4, υπολογίζονται οι ετήσιες εκπομπές Α.Θ. από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων

τροφίμων που οδηγούνται στους Χ.Υ.Τ.Α. για τα διάφορα σενάρια εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά.

Στη συνέχεια, προστίθενται οι εκπομπές Α.Θ. που παράγονται από την Ε.Ε.Λ., οι οποίες αυξάνονται με την αύξηση του ποσοστού εφαρμογής των σκουπιδοφάγων, με τις εκπομπές Α.Θ. που προκύπτουν από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων τροφίμων, οι οποίες μειώνονται με την αύξηση του ποσοστού εφαρμογής των σκουπιδοφάγων, και προσδιορίζονται οι καθαρές εκπομπές Α.Θ., οι οποίες παρουσιάζουν αυξανόμενη τάση μείωσης, καθώς αυξάνεται το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων, όπως φαίνεται στον πίνακα 7.21.

Πίνακας 7.21: Υπολογισμός των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 10 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Συνολικές εκπομπές CO <sub>2</sub> e από την Ε.Ε.Λ. (kg/day)	Πλεονάζουσα ποσότητα εκπομπών CO <sub>2</sub> e από την Ε.Ε.Λ. (kg/day)	Συνολικές εκπομπές CO <sub>2</sub> e από την ταφή των αποβλήτων τροφίμων (kg/day)	Μείωση της ποσότητας εκπομπών CO <sub>2</sub> e από την ταφή των αποβλήτων τροφίμων (kg/day)	Καθαρές εκπομπές CO <sub>2</sub> e (kg/day)
0%	2 338	–	1 759	–	–
5%	2 370	32	1 693	-66	-34
10%	2 402	64	1 627	-132	-68
15%	2 433	95	1 562	-198	-102
20%	2 466	128	1 496	-263	-136
25%	2 498	160	1 430	-329	-169
30%	2 530	192	1 364	-395	-203
35%	2 563	225	1 296	-463	-239
40%	2 595	257	1 230	-529	-272
45%	2 628	290	1 164	-595	-305
50%	2 661	323	1 101	-658	-335
55%	2 693	355	1 033	-726	-371
60%	2 726	388	967	-792	-404
65%	2 759	421	901	-858	-437
70%	2 792	454	836	-924	-469
75%	2 826	487	770	-989	-502
80%	2 859	521	704	-1 055	-534
85%	2 892	554	638	-1 121	-567
90%	2 926	588	573	-1 187	-599
95%	2 960	622	507	-1 252	-631
100%	2 993	655	438	-1 321	-666

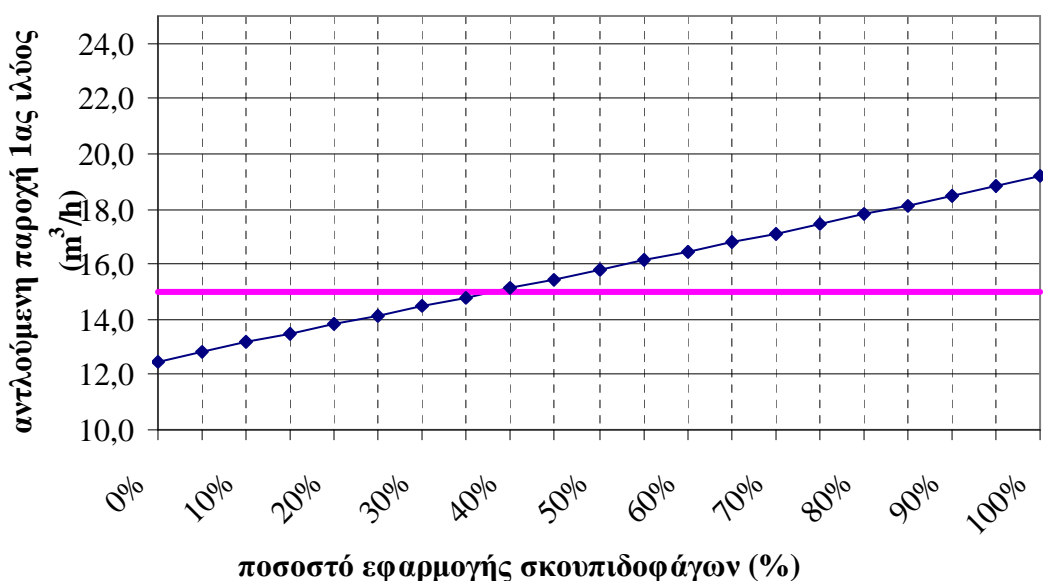
#### 7.4.2 Περίπτωση των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων

##### *Έλεγχος επάρκειας του συστήματος*

Στη μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης της εγκατάστασης έχει γίνει η παραδοχή ότι απομακρύνεται το 60% των εισερχόμενων ολικών στερεών (TSS) και το 30% του εισερχόμενου βιοχημικώς απαιτούμενου οξυγόνου (BOD<sub>5</sub>) με καθίζηση σε δεξαμενές όπου επικρατούν συνθήκες σχετικής ηρεμίας.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την παροχή της πρωτοβάθμιας ιλύος σε  $\text{m}^3/\text{h}$ .

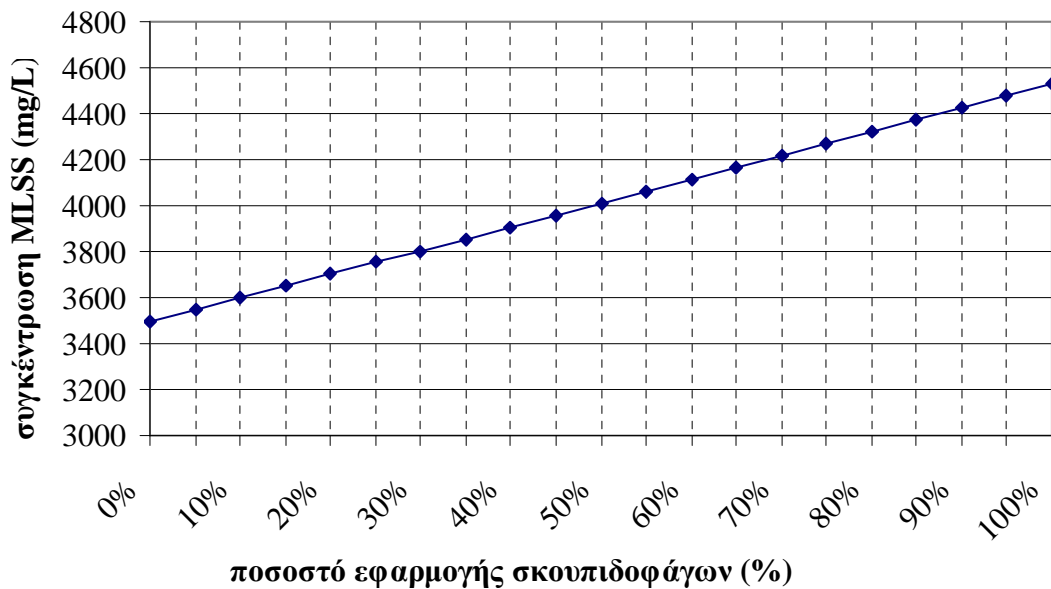
Σε ό, τι αφορά την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης της πρωτοβάθμιας ιλύος, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό του συστήματος ορίστηκε η τοποθέτηση μιας αντλίας και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ . Παρατηρείται ότι η μέγιστη ποσοστιαία αύξηση που θα συμβεί στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών ( $19.2 \text{ m}^3/\text{h}$ ) θα είναι της τάξης του 53%, δηλαδή επιπλέον  $6.7 \text{ m}^3/\text{h}$ . Κατά συνέπεια, κρίνεται απαραίτητη η αναβάθμιση του μηχανολογικού εξοπλισμού άντλησης της πρωτοβάθμιας ιλύος.



Σχήμα 7.12: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής της πρωτοβάθμιας ιλύος ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Κριτήριο για το αν είναι επαρκής ο υφιστάμενος όγκος της δεξαμενής αερισμού για την ορθή λειτουργία της Ε.Ε.Λ. είναι η τιμή των MLSS να μην υπερβαίνει τα  $4\,500 - 5\,000 \text{ mg/L}$ . Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για όλα τα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο ακόλουθο διάγραμμα. Όπως στην περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων, έτσι και εδώ, η συγκέντρωση των MLSS για το σχεδιασμό των δεξαμενών αερισμού ορίστηκε στα  $3\,500 \text{ mg/L}$ .

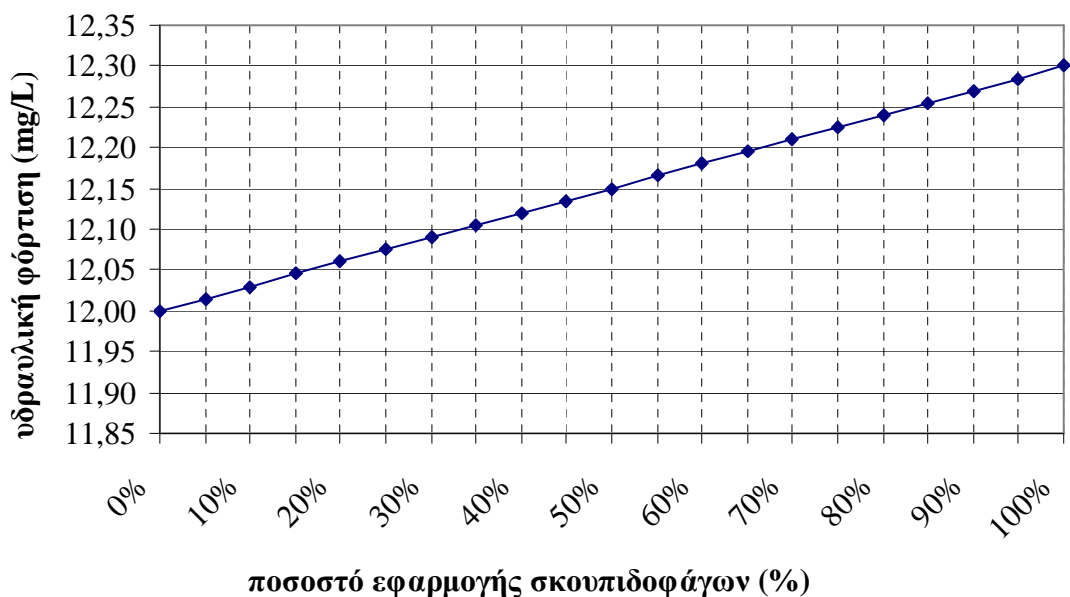
Διαπιστώνεται ότι, ακόμη και στη περίπτωση της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά, η συγκέντρωση των MLSS είναι εντός των αποδεκτών ορίων για την επαρκή λειτουργία του αερόβιου αντιδραστήρα ( $4\,526 \text{ mg/L}$ ), καθώς υπερβαίνει οριακά την τιμή των  $4\,500 \text{ mg/L}$ . Επομένως, προκύπτει ότι, ως προς αυτή την παράμετρο, η εγκατάσταση μπορεί να ανταπεξέλθει απόλυτα, ακόμη και στην περίπτωση της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων, χωρίς να κρίνεται αναγκαία η αύξηση του όγκου της δεξαμενής αερισμού.



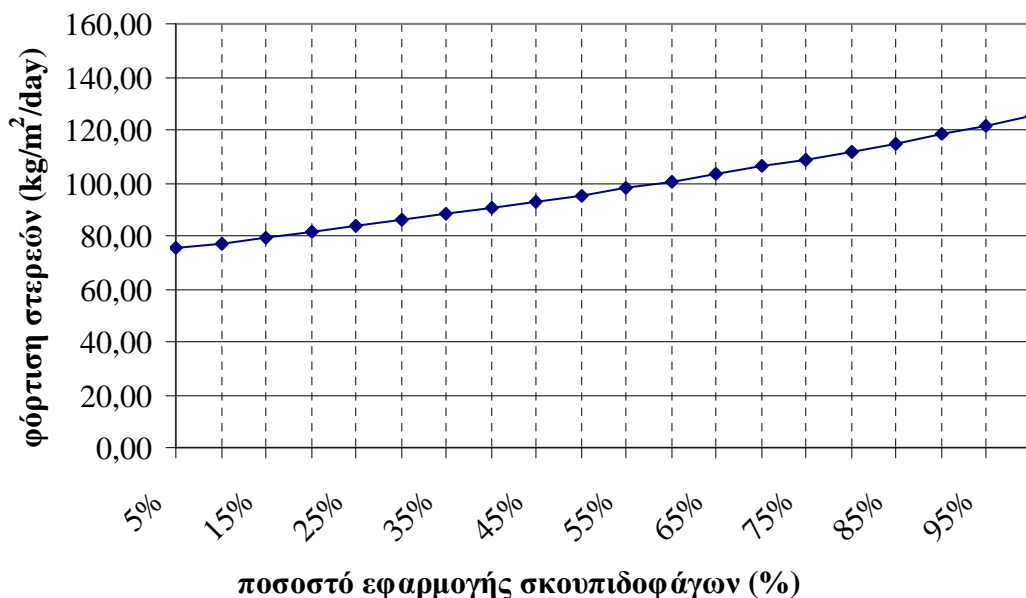
Σχήμα 7.13: Μεταβολή της συγκέντρωσης των MLSS ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Ο έλεγχος της λειτουργίας της δεξαμενής τελικής καθίζησης είναι εξίσου σημαντικός, καθώς αποτελεί τη μονάδα που ανάλογα με την απόδοσή της καθορίζει την ποιότητα της τελικής εκροής. Σημειώνεται ότι, κατά το σχεδιασμό των δεξαμενών τελικής καθίζησης, η υδραυλική φόρτιση ορίστηκε ίση με 12 m/day και η επιφανειακή φόρτιση στερεών ίση με 120 kgSS/m<sup>2</sup>/day, ακολουθώντας μια συντηρητική προσέγγιση με επιλογή σχετικά μικρών φορτίσεων, όπως και στην περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων. Τα δύο παραπάνω εμπειρικά κριτήρια εφαρμόστηκαν για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα δύο διαγράμματα που ακολουθούν.

Από την εφαρμογή του κριτηρίου του υδραυλικού φορτίου, η μέγιστη τιμή που παρατηρείται στην περίπτωση της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων είναι 12.3 m/day, τιμή που δεν ξεπερνά κατά πολύ το όριο των 12 m/day. Ωστόσο, για την ικανοποιητική λειτουργία των δεξαμενών είναι απαραίτητος και ο έλεγχος του κριτηρίου του φορτίου των στερεών. Από το αντίστοιχο διάγραμμα παρατηρείται ότι υπέρβαση της τιμής των 120 kgSS/m<sup>2</sup>/day πραγματοποιείται όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων ξεπερνά το 95%. Η ανώτερη τιμή που προκύπτει για τη φόρτιση στερεών είναι 124.9 kgSS/m<sup>2</sup>/day για εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, η οποία δε θεωρείται ικανή να δημιουργήσει λειτουργικό πρόβλημα στις δεξαμενές τελικής καθίζησης.



Σχήμα 7.14: Μεταβολή του υδραυλικού φορτίου ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)



Σχήμα 7.15: Μεταβολή του φορτίου στερεών ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

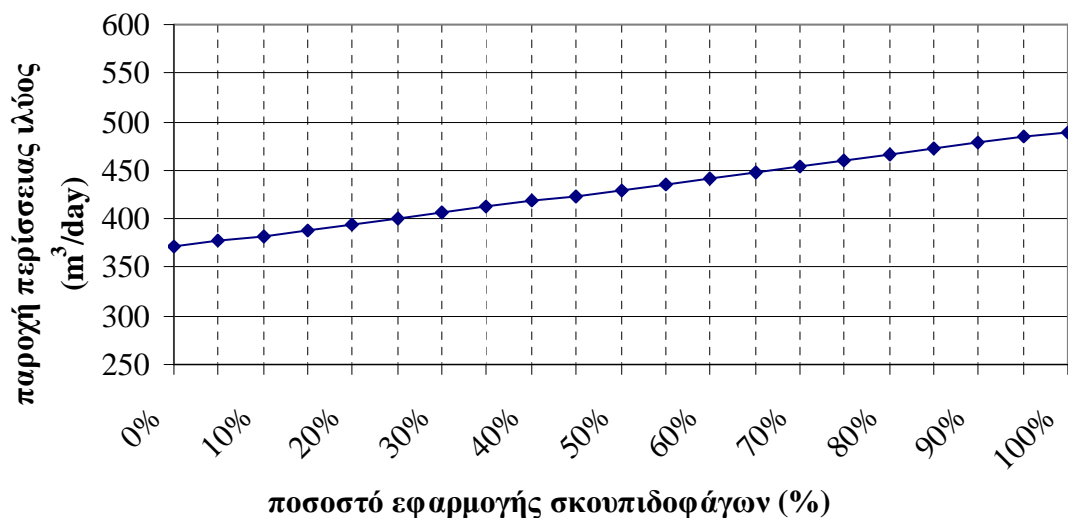
Από τη δεξαμενή αερισμού, επειδή οι μικροοργανισμοί αναπαράγονται και πολλαπλασιάζονται συνέχεια, είναι αναγκαία σε συνεχή βάση η απομάκρυνση της περίσσειας ιλύος.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την παροχή της περίσσειας ιλύος σε m<sup>3</sup>/day και m<sup>3</sup>/h. Παρατηρείται ότι η μέγιστη ποσοστιαία αύξηση,

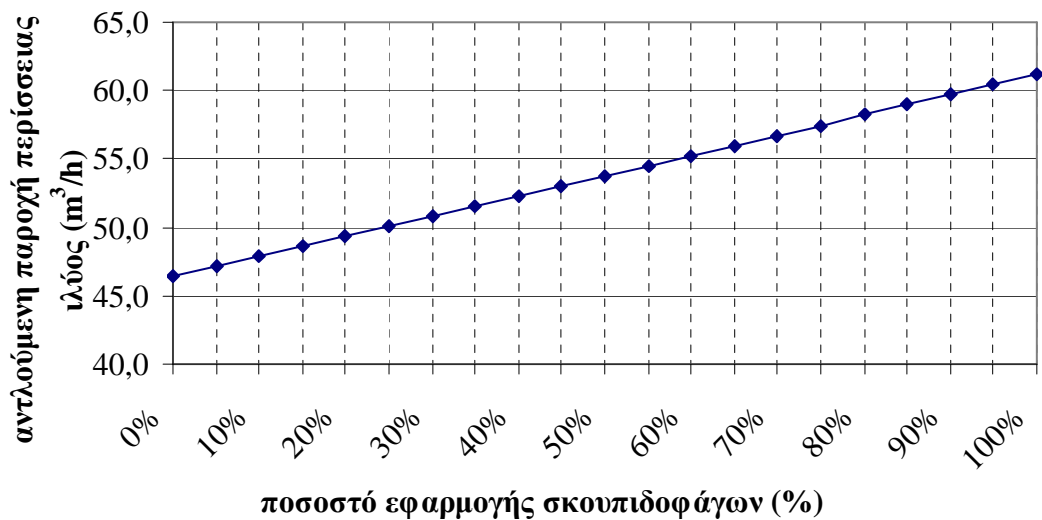
που θα συμβεί στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών ( $490 \text{ m}^3/\text{day}$ ), θα είναι της τάξης του 32%, δηλαδή επιπλέον  $119 \text{ m}^3/\text{day}$ .

Σε ό, τι αφορά την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης της περίσσειας ιλύος, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό του συστήματος ορίστηκε η τοποθέτηση δυο αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $35 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Επομένως, διαπιστώνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, δε θα δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την άντληση της περίσσειας της ιλύος (για 100% εφαρμογή:  $61.2 \text{ m}^3/\text{h} < 70 \text{ m}^3/\text{h}$ ).



Σχήμα 7.16: Μεταβολή της παροχής της περίσσειας ιλύος ( $\text{m}^3/\text{day}$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)



Σχήμα 7.17: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής της περίσσειας ιλύος (m<sup>3</sup>/h) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Στη δεξαμενή καθίζησης, η αιωρούμενη βιολογική μάζα, καθιζάνει και απομακρύνεται από το σύστημα. Ένα μέρος, όμως, αυτής της βακτηριακής μάζας επιστρέφει από τη δεξαμενή καθίζησης στη δεξαμενή αερισμού μέσω της ανακυκλοφορίας της ιλύος (βιομάζας). Η παροχή ανακυκλοφορίας εξαρτάται από τη συγκέντρωση της ιλύος στον πυθμένα της Δ.Τ.Κ. (που λήφθηκε ίση με 8 000 mg/L), καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση αυτή τόσο μικρότερη παροχή ανακυκλοφορίας απαιτείται για τη διατήρηση σταθερής ταχύτητας μεταφοράς μάζας ιλύος από τη Δ.Τ.Κ. στη Δ.Α.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το βαθμό ανακυκλοφορίας της ιλύος, την παροχή ανακυκλοφορίας (m<sup>3</sup>/day και m<sup>3</sup>/h) και το χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού για την ανακυκλοφορία της ιλύος για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων.

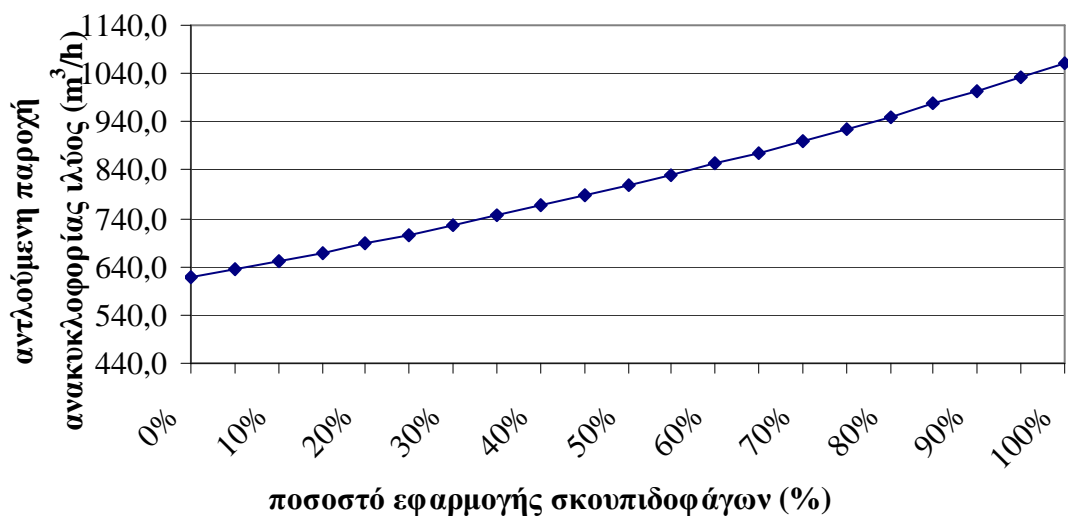
Παρατηρείται ότι ο βαθμός ανακυκλοφορίας της ιλύος στην περίπτωση της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων είναι σχεδόν διπλάσιος σε σχέση με το μηδενικό σενάριο, γεγονός που οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης των MLSS και στην επακόλουθη μείωση του βαθμού συμπύκνωσης της ιλύος (μείωση του m). Παρατηρείται ότι η μέγιστη ποσοστιαία αύξηση που θα συμβεί στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών (25 500 m<sup>3</sup>/day) θα είναι της τάξης του 72%, δηλαδή επιπλέον 10 669 m<sup>3</sup>/day.



Πίνακας 7.22: Μεταβολή του βαθμού ανακυκλοφορίας της ιλύος, της παροχής ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$  και  $m^3/h$ ) και του χρόνου λειτουργίας του εξοπλισμού για την ανακυκλοφορία της ιλύος ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Βαθμός ανακυκλοφορίας ιλύος r	Παροχή ανακυκλοφορίας ιλύος ( $m^3/day$ )	Παροχή ανακυκλοφορίας ιλύος ( $m^3/h$ )	Ώρες λειτουργίας εξοπλισμού (h)
0%	0.74	14 831	618	11.9
5%	0.76	15 234	635	12.2
10%	0.78	15 649	652	12.5
15%	0.80	16 071	670	12.9
20%	0.82	16 508	688	13.2
25%	0.84	16 955	706	13.6
30%	0.86	17 415	726	13.9
35%	0.89	17 888	745	14.3
40%	0.91	18 375	766	14.7
45%	0.93	18 875	786	15.1
50%	0.96	19 395	808	15.5
55%	0.98	19 921	830	15.9
60%	1.01	20 467	853	16.4
65%	1.03	21 030	876	16.8
70%	1.06	21 610	900	17.3
75%	1.09	22 208	925	17.8
80%	1.12	22 824	951	18.3
85%	1.15	23 462	978	18.8
90%	1.18	24 119	1 005	19.3
95%	1.21	24 798	1 033	19.8
100%	1.24	25 500	1 062	20.4

Σε ό, τι αφορά την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης της ανακυκλοφορούμενης ιλύος, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό του συστήματος ορίστηκε η τοποθέτηση δύο αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $650 m^3/h$  (εγκατεστημένη δυναμικότητα  $31\,200 m^3/day$ ). Επομένως, τόσο από τον προηγούμενο πίνακα όσο και από το επόμενο διάγραμμα διαπιστώνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, δε θα δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την ανακυκλοφορία της ιλύος (για 100% εφαρμογή:  $1\,062 m^3/h < 1\,300 m^3/h$ ).



Σχήμα 7.18: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής ανακυκλοφορίας της ιλύος ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Για την απομείωση των αμμωνιακών που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα, εφαρμόζεται η διεργασία της νιτροποίησης – απονιτροποίησης. Η διαδικασία της απονιτροποίησης πραγματοποιείται στον ανοξικό αντιδραστήρα, στον οποίο ανακυκλοφορείται ανάμικτο υγρό από τον αερόβιο αντιδραστήρα, μεταφέροντας τα απαιτούμενα νιτρικά για την πραγματοποίηση της διεργασίας αυτής. Σημειώνεται ότι στην ανοξική δεξαμενή εισέρχονται με την ανακυκλοφορία  $7 \text{ mgNO}_3/\text{L}$ , όσα δηλαδή πρέπει να εξέρχονται και από τη Δ.Τ.Κ.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το βαθμό εσωτερικής ανακυκλοφορίας, την παροχή εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/\text{day}$  και  $m^3/h$ ) και το χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού για την εσωτερικής ανακυκλοφορία για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Παρατηρείται ότι η μέγιστη ποσοστιαία αύξηση, που θα συμβεί στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών ( $107\ 636 \text{ m}^3/\text{day}$ ), θα είναι της τάξης του 10.5%, δηλαδή επιπλέον  $10\ 257 \text{ m}^3/\text{day}$ .

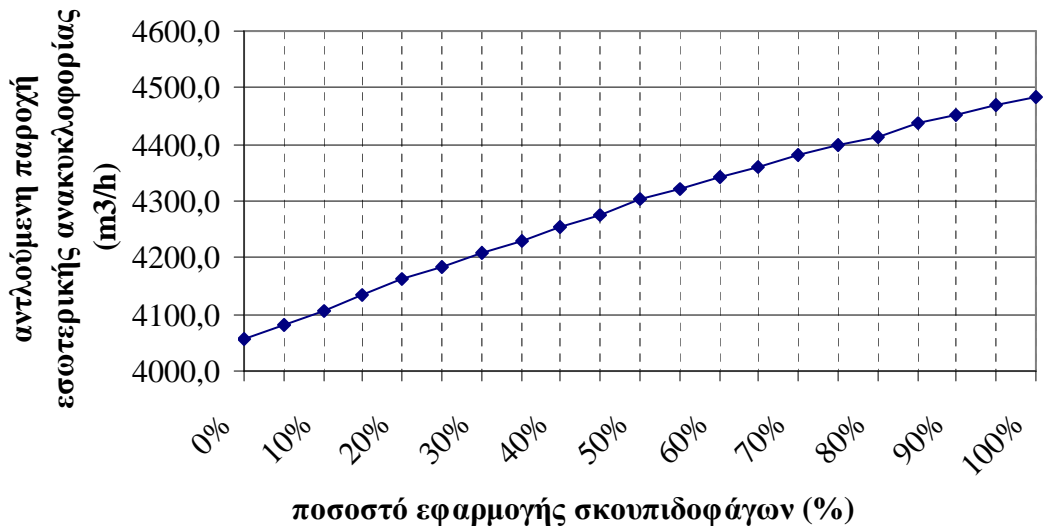
Πίνακας 7.23: Μεταβολή του βαθμού εσωτερικής ανακυκλοφορίας, της παροχής εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$  και  $m^3/h$ ) και του χρόνου λειτουργίας του εξοπλισμού για την εσωτερικής ανακυκλοφορία ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Βαθμός εσωτερικής ανακυκλοφορίας R	Παροχή εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/day$ )	Παροχή εσωτερικής ανακυκλοφορίας ( $m^3/h$ )	Ώρες λειτουργίας εξοπλισμού (h)
0%	4.87	97 379	4 057	21.71
5%	4.89	97 953	4 081	21.84
10%	4.91	98 519	4 105	21.97
15%	4.94	99 214	4 134	22.12
20%	4.97	99 922	4 163	22.28
25%	4.99	100 394	4 183	22.39
30%	5.01	100 969	4 207	22.51
35%	5.03	101 533	4 231	22.64
40%	5.05	102 087	4 254	22.76
45%	5.07	102 629	4 276	22.88
50%	5.10	103 292	4 304	23.03
55%	5.11	103 676	4 320	23.12
60%	5.13	104 180	4 341	23.23
65%	5.15	104 669	4 361	23.34
70%	5.17	105 144	4 381	23.44
75%	5.18	105 604	4 400	23.55
80%	5.19	105 932	4 414	23.62
85%	5.21	106 472	4 436	23.74
90%	5.23	106 880	4 453	23.83
95%	5.24	107 268	4 469	23.92
100%	5.25	107 636	4 485	24.00

Σε ό, τι αφορά την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης της εσωτερικής ανακυκλοφορίας, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό του συστήματος ορίστηκε η τοποθέτηση οκτώ αντλιών και δύο εφεδρικών δυναμικότητας  $550 m^3/h$  η καθεμία.

Επομένως, τόσο από τον προηγούμενο πίνακα όσο και από το επόμενο διάγραμμα διαπιστώνεται ότι, όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων ξεπερνά το 85%, τότε υπάρχει υπέρβαση της εγκατεστημένης δυναμικότητας του εξοπλισμού άντλησης της εσωτερικής ανακυκλοφορίας. Η μέγιστη τιμή για την παροχή εσωτερικής ανακυκλοφορίας, που προκύπτει από την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, είναι  $4 485 m^3/h$ . Επομένως, η αύξηση που σημειώνεται είναι  $428 m^3/h$ ,

δηλαδή της τάξης του 10.5%. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η αύξηση της δυναμικότητας των αντλιών εσωτερικής ανακυκλοφορίας.

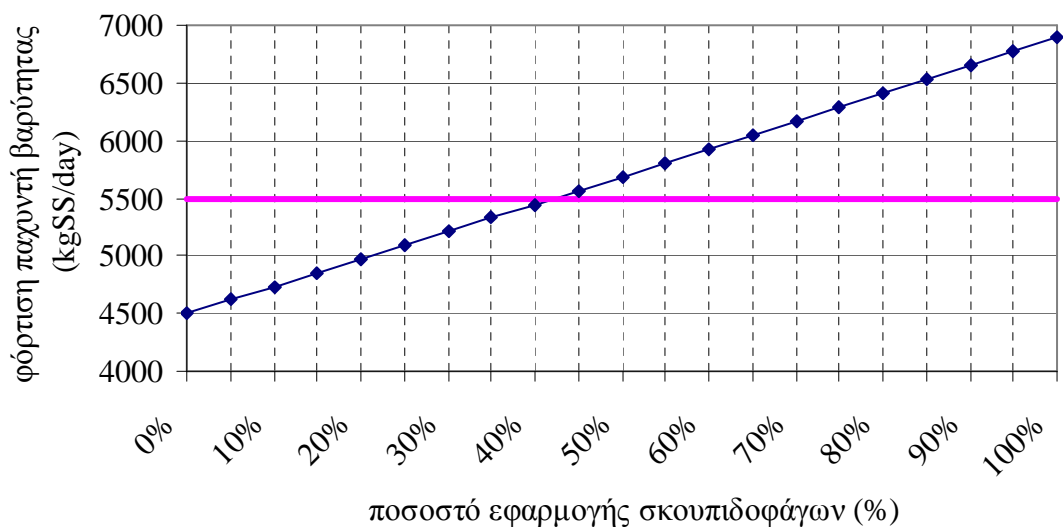


Σχήμα 7.19: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής εσωτερικής ανακυκλοφορίας (m<sup>3</sup>/h) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Η ιλύς που συγκεντρώνεται στους πυθμένες των δεξαμενών πρωτοβάθμιας και τελικής καθίζησης έχει χαρακτηριστικά που δεν επιτρέπουν την ασφαλή της απομάκρυνση και διάθεση. Κατά συνέπεια, επιβάλλεται η εφαρμογή μιας ελάχιστης επεξεργασίας της παραγόμενης ιλύος, η οποία αποσκοπεί στη μείωση του όγκου της με απομάκρυνση σοβαρού ποσοστού του νερού (πάχυνση, αφυδάτωση) και στη σταθεροποίησή της.

Για την πάχυνση της πρωτοβάθμιας ιλύος επιλέχτηκε πάχυνση με βαρύτητα, καθώς πρόκειται για οικονομικότερη μέθοδο, η οποία εφαρμόζεται συχνά στην πρωτοβάθμια ιλύ. Κρίσιμη παράμετρος σχεδιασμού για τους παχυντές βαρύτητας αποτελεί η φόρτιση στερεών, που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της προς πάχυνση ιλύος. Η ημερήσια φόρτιση του παχυντή βαρύτητας της πρωτοβάθμιας ιλύος κατά το σχεδιασμό ήταν 5 500 kgSS/day, έχοντας επιλέξει την κατασκευή παχυντή βαρύτητας 55 m<sup>2</sup> και έχοντας ορίσει επιτρεπόμενο φορτίο στερεών για τον παχυντή βαρύτητας 100 kgSS/m<sup>2</sup>/day.

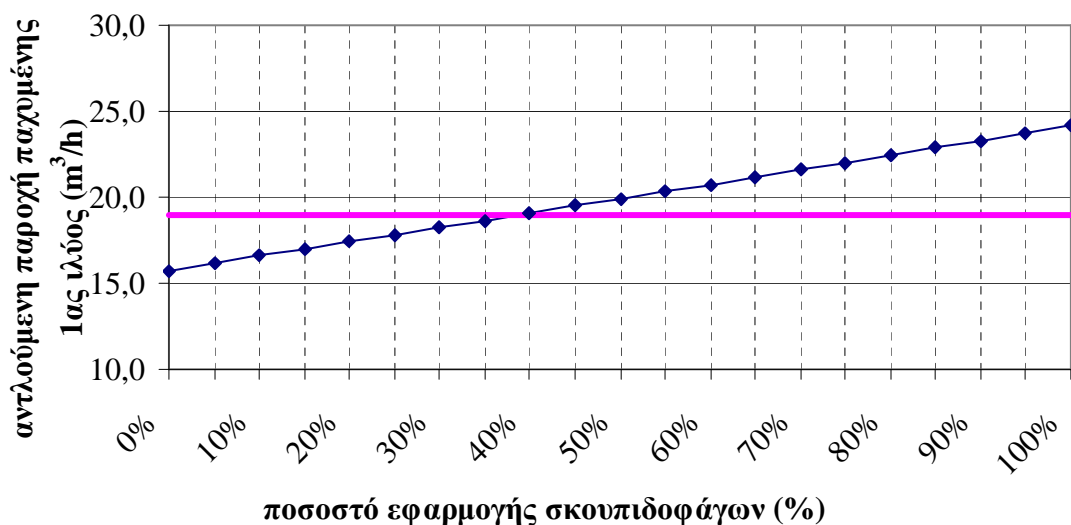
Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Παρατηρείται ότι η παραπάνω τιμή της φόρτισης σχεδιασμού υπερβαίνεται όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων ξεπερνά το 45% (5 566 kg/day). Η μέγιστη τιμή φόρτισης, που προκύπτει από την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, είναι 6 900 kg SS/day. Επομένως, η αύξηση που σημειώνεται είναι 2 400 kg SS/day, δηλαδή της τάξης του 53%. Κατά συνέπεια, διαπιστώνεται ότι θα υπάρξει πρόβλημα διαχείρισης της πλεονάζουσας επιφανειακής φόρτισης για ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων μεγαλύτερα του 45%.



Σχήμα 7.20: Μεταβολή της φόρτισης κατά την πάχυνση με βαρύτητα της πρωτοβάθμιας ιλύος ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

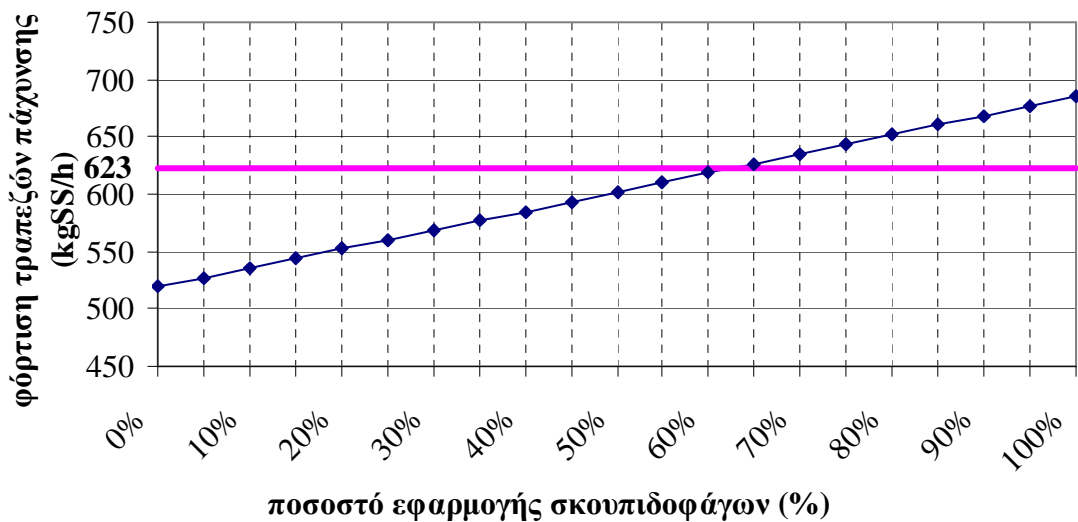
Σε ό, τι αφορά την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης της παχυμένης πρωτοβάθμιας ιλύος, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό του συστήματος ορίστηκε η τοποθέτηση δύο αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  η καθεμία.

Επομένως, από το επόμενο διάγραμμα διαπιστώνεται ότι, όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων ξεπερνά το 60%, υπάρχει υπέρβαση της εγκατεστημένης δυναμικότητας του εξοπλισμού άντλησης της παχυμένης πρωτοβάθμιας ιλύος ( $20.7 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Η μέγιστη τιμή για την παροχή παχυμένης πρωτοβάθμιας ιλύος, που προκύπτει από την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, είναι  $24.2 \text{ m}^3/\text{h}$ . Επομένως, η αύξηση που σημειώνεται είναι  $8.4 \text{ m}^3/\text{h}$ , δηλαδή της τάξης του 53%. Για την αποφυγή δημιουργίας διαχειριστικών προβλημάτων της παροχής αυτής, είναι απαραίτητη η αύξηση της δυναμικότητας του εξοπλισμού άντλησης της παχυμένης πρωτοβάθμιας ιλύος.



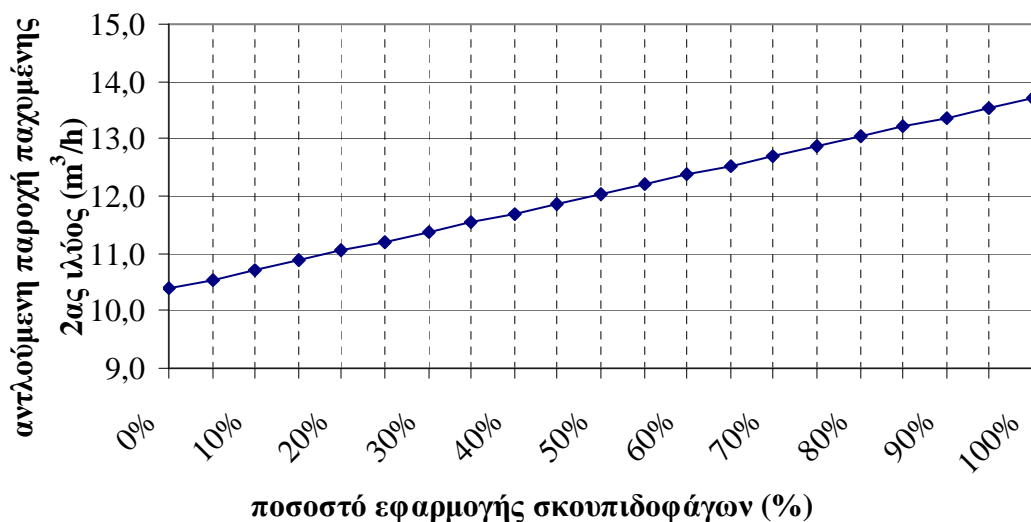
Σχήμα 7.21: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής της πρωτοβάθμιας παχυμένης ιλύος ( $m^3/h$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Για την επίτευξη της πάχυνσης της δευτεροβάθμιας ιλύος χρησιμοποιήθηκαν τράπεζες πάχυνσης, καθώς είναι αποτελεσματικότερες στην περίπτωση της αμιγούς βιολογικής ιλύος. Βασικό μέγεθος σχεδιασμού για τις τράπεζες πάχυνσης είναι η φόρτιση στερεών ανά μονάδα πλάτους. Η ωριαία φόρτιση της τράπεζας πάχυνσης της βιολογικής ιλύος κατά το σχεδιασμό ήταν  $623 \text{ kgSS/h}$ . Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Παρατηρείται ότι η παραπάνω τιμή της φόρτισης σχεδιασμού υπερβαίνεται όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων ξεπερνά το 65% ( $627 \text{ kg/h}$ ). Η μέγιστη τιμή φόρτισης, που προκύπτει από την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, είναι  $686 \text{ kgSS/h}$ . Επομένως, η αύξηση που σημειώνεται είναι  $167 \text{ kgSS/h}$ , δηλαδή της τάξης του 32.2%. Ωστόσο, έχοντας θεωρήσει ότι η δυναμικότητα της τράπεζας πάχυνσης είναι  $250 \text{ kg SS/h} - m$  και έχοντας επιλέξει κατά το σχεδιασμό την τοποθέτηση δύο τραπεζών πάχυνσης 1.5 m έκαστη, προκύπτει ότι δε θα υπάρξει πρόβλημα κατά τη διαδικασία της μηχανικής πάχυνσης.



Σχήμα 7.22: Μεταβολή της φόρτισης κατά τη μηχανική πάχυνση της δευτεροβάθμιας ιλύος ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Σε ό, τι αφορά την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης της παχυμένης βιολογικής ιλύος, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό του συστήματος ορίστηκε η τοποθέτηση δύο αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας 10 m<sup>3</sup>/h η καθεμία. Επομένως, από το επόμενο διάγραμμα φαίνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, δε θα δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την άντληση της παχυμένης βιολογικής ιλύος (για 100% εφαρμογή: 13.7 m<sup>3</sup>/h < 20 m<sup>3</sup>/h).



Σχήμα 7.23: Μεταβολή της αντλούμενης παροχής της δευτεροβάθμιας παχυμένης ιλύος (m<sup>3</sup>/h) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

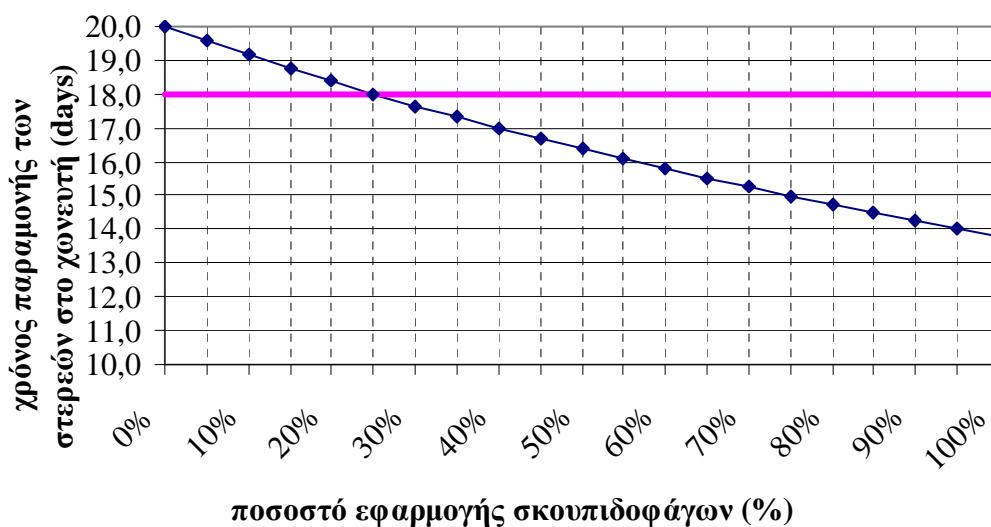
Η παραγόμενη στην εγκατάσταση επεξεργασίας ιλύς (πρωτοβάθμια και βιολογική περίσσεια) περιέχει σημαντικό ποσοστό οργανικών στερεών. Το ποσοστό αυτό στην

πρωτοβάθμια ιλύ εξαρτάται από το ποσοστό των οργανικών στερεών των εισερχόμενων λυμάτων, ενώ στη βιολογική ιλύ από τις λειτουργικές συνθήκες. Κατά συνέπεια, είναι σκόπιμη η σταθεροποίηση της ιλύος, δηλαδή να επιτευχθεί διάσπαση του ευκολοδιασπάσιμου οργανικού υλικού, να μειωθούν οι οσμές και να ελαττωθεί ο αριθμός των παθογόνων μικροοργανισμών σε αποδεκτά επίπεδα.

Για την περίπτωση της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης της πόλης των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων χρησιμοποιήθηκε αναερόβια βιολογική σταθεροποίηση της ιλύος (αναερόβια χώνευση). Σημειώνεται ότι, κατά τη χώνευση, έγινε η παραδοχή ότι πραγματοποιείται διάσπαση του 50% του οργανικού φορτίου της πρωτοβάθμιας παχυμένης ιλύος και του 30% του οργανικού φορτίου της δευτεροβάθμιας παχυμένης ιλύος. Ο βαθμός σταθεροποίησης εξαρτάται από το χρόνο παραμονής των στερεών στο χωνευτή, ο οποίος θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος των 18 ημερών, ώστε να εξασφαλίζεται αυτή η απομάκρυνση οργανικού φορτίου. Επομένως, επιλέγεται τελικά χρόνο παραμονής στερεών  $\theta=20$  days. Επίσης, η τιμή της οργανικής φόρτισης ( $\text{kgVSS}/\text{m}^3 - \text{day}$ ) πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 1.5 και 3.0. Κατά το σχεδιασμό ήταν  $1.77 \text{ kgVSS}/\text{m}^3 - \text{day}$ .

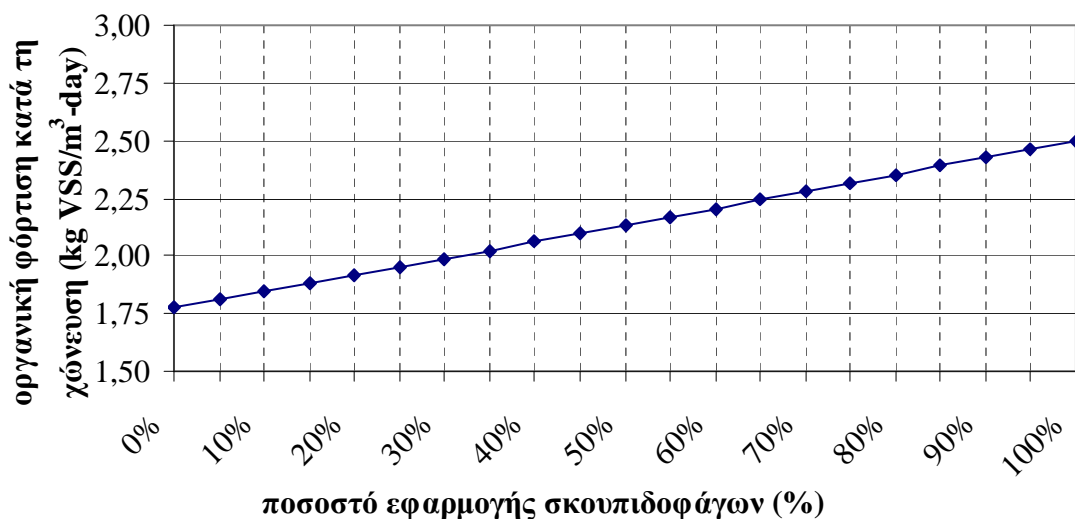
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Σε ό, τι αφορά την οργανική φόρτιση του χωνευτή, δεν παρατηρείται κάποια υπέρβαση των επιθυμητών ορίων, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών (για 100% εφαρμογή:  $2.5 \text{ kgVSS}/\text{m}^3 - \text{day} < 3.0 \text{ kgVSS}/\text{m}^3 - \text{day}$ ).

Ωστόσο, από το διάγραμμα, στο οποίο απεικονίζεται η μεταβολή του χρόνου παραμονής των στερεών, διαπιστώνεται ότι θα υπάρξει πρόβλημα στην εύρυθμη λειτουργία του χωνευτή, ακόμη και σε σχετικά μικρά ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων (30% και άνω). Κατά συνέπεια, κρίνεται απαραίτητη η αύξηση του όγκου της μονάδας χώνευσης.



Σχήμα 7.24: Μεταβολή του χρόνου παραμονής των στερεών στη μονάδα χώνευσης ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)





Σχήμα 7.25: Μεταβολή της οργανικής φόρτισης κατά τη χώνευση ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Το παραγόμενο κατά τη χώνευση βιοαέριο χρησιμοποιείται κατά κανόνα για τη θέρμανση των χωνευτών, αλλά κάποιες φορές και για τη θέρμανση του κτιρίου της εγκατάστασης. Η περίσσεια, συνήθως, καίγεται σε κατάλληλους πυρσούς. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις είναι πιθανό να αποδεικνύεται οικονομικά συμφέρουσα η αξιοποίηση του πλεονάζοντος βιοαερίου, μέσω της χρησιμοποίησής του για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό συμβαίνει και στην περίπτωση της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων, θεωρώντας ότι το 30% του παραγόμενου βιοαερίου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

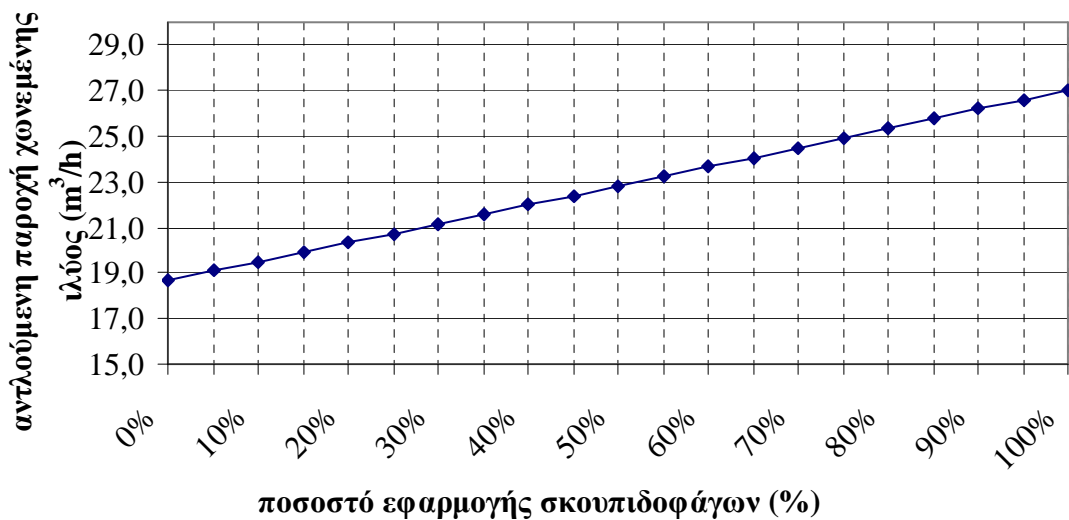
Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τον ημερήσιο παραγόμενο όγκο του βιοαερίου, την ημερήσια παραγόμενη ενέργεια από την καύση του βιοαερίου, την ημερήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την αξιοποίηση του πλεονάζοντος βιοαερίου και το όφελος από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θεωρώντας ότι η αξία της ηλεκτρικής ενέργειας είναι 0.90 €/kWh.

Προκύπτει ότι η ημερήσια παραγωγή βιοαερίου θα παρουσιάσει αύξηση της τάξης του 44%, στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών, δηλαδή 888 m<sup>3</sup>/day επιπλέον. Το ίδιο ισχύει και για τις υπόλοιπες συνιστώσες που περιγράφονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 7.24: Μεταβολή του παραγόμενου όγκου του βιοαερίου, της παραγόμενης ενέργειας από την καύση του βιοαερίου, της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από την αξιοποίηση του πλεονάζοντος βιοαερίου και του οφέλους από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων(περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

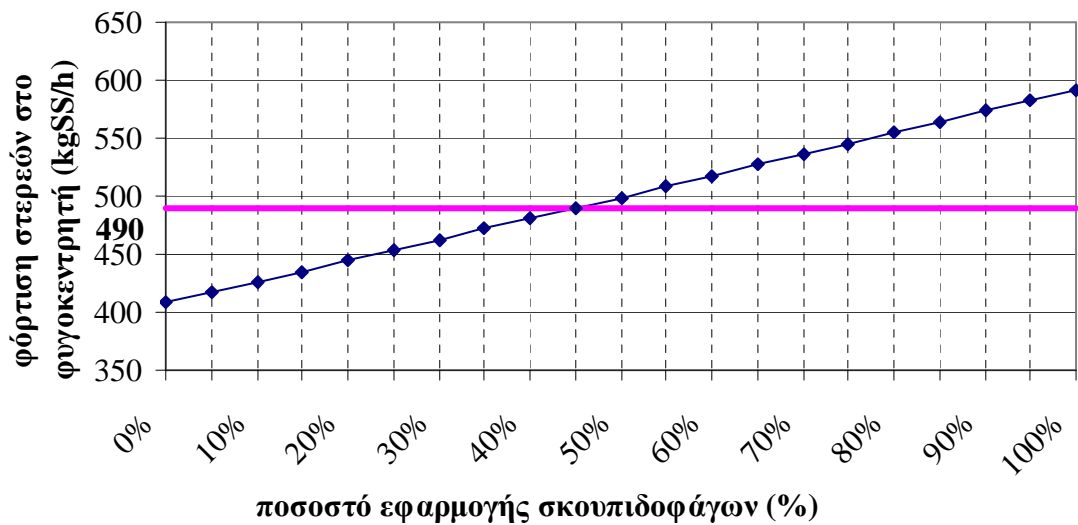
% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Όγκος βιοαερίου (m <sup>3</sup> /day)	Παραγόμενη ενέργεια από την καύση του βιοαερίου (10 <sup>6</sup> kcal/day)	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (10 <sup>6</sup> kcal/day)	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh/day)	Όφελος από παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (€/day)
0%	1 998	10.99	3.30	3 834	3 450
5%	2 041	11.23	3.37	3 917	3 525
10%	2 085	11.47	3.44	4 001	3 601
15%	2 128	11.71	3.51	4 084	3 676
20%	2 172	11.95	3.58	4 168	3 752
25%	2 216	12.19	3.66	4 252	3 827
30%	2 260	12.43	3.73	4 337	3 903
35%	2 304	12.67	3.80	4 421	3 979
40%	2 348	12.92	3.87	4 506	4 055
45%	2 392	13.16	3.95	4 591	4 132
50%	2 437	13.40	4.02	4 676	4 209
55%	2 481	13.65	4.09	4 761	4 285
60%	2 526	13.89	4.17	4 847	4 362
65%	2 570	14.14	4.24	4 932	4 439
70%	2 615	14.38	4.31	5 018	4 516
75%	2 660	14.63	4.39	5 104	4 594
80%	2 705	14.88	4.46	5 190	4 671
85%	2 750	15.12	4.54	5 277	4 749
90%	2 795	15.37	4.61	5 363	4 827
95%	2 840	15.62	4.69	5 450	4 905
100%	2 886	15.87	4.76	5 537	4 984

Σε ό, τι αφορά την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης της χωνεμένης ιλύος, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό του συστήματος ορίστηκε η τοποθέτηση τριών αντλιών και μιας εφεδρικής δυναμικότητας 10 m<sup>3</sup>/h η καθεμία. Επομένως, από το επόμενο διάγραμμα φαίνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, δε θα δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την άντληση της χωνεμένης ιλύος (για 100% εφαρμογή: 27 m<sup>3</sup>/h < 30 m<sup>3</sup>/h).



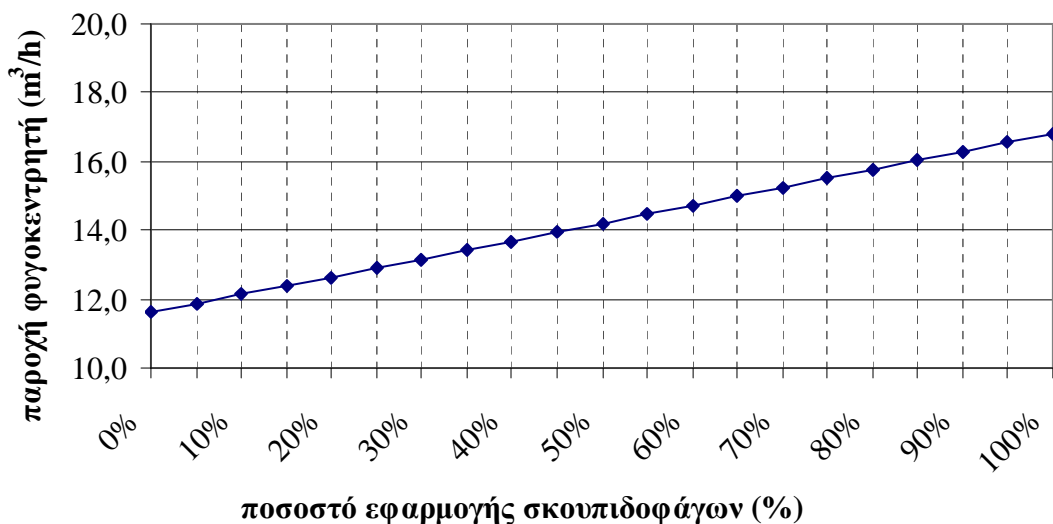
Σχήμα 7.26: Μεταβολή της παροχής της αντλούμενης χωνεμένης ιλύος (m<sup>3</sup>/h) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Η αφυδάτωση της ιλύος πραγματοποιήθηκε εφαρμόζοντας τη μηχανική μέθοδο του φυγοκεντρητή. Βασικό μέγεθος σχεδιασμού είναι η φόρτιση στερεών. Η ωριαία φόρτιση του φυγοκεντρητή κατά το σχεδιασμό ήταν 490 kgSS/h. Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται υπέρβαση της φόρτισης σχεδιασμού, όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων ξεπερνά το 50% (499 kgSS/h). Παρατηρείται ότι η μέγιστη ποσοστιαία αύξηση, που θα συμβεί στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών (592 kgSS/h), θα είναι της τάξης του 45%, δηλαδή επιπλέον 184 kgSS/h.



Σχήμα 7.27: Μεταβολή της φόρτισης στερεών στο φυγοκεντρητή ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Σε ό, τι αφορά την παροχή του φυγοκεντρητή, αναφέρεται ότι κατά το σχεδιασμό προσδιορίστηκε ωριαία παροχή  $13.9 \text{ m}^3/\text{h}$  και τοποθετήθηκε μια αντλία τροφοδότησης  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ . Επομένως, από το επόμενο διάγραμμα διαπιστώνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, δε θα δημιουργηθεί πρόβλημα (για 100% εφαρμογή:  $16.8 \text{ m}^3/\text{h} < 20 \text{ m}^3/\text{h}$ ).



Σχήμα 7.28: Μεταβολή της παροχής του φυγοκεντρητή ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

Τόσο στο στάδιο της πάχυνσης της δευτεροβάθμιας ύλης όσο και στο στάδιο της αφυδάτωσης της ύλης χρησιμοποιήθηκε ως κροκιδωτικό πολυηλεκτρολύτης σε διαφορετικές, ωστόσο, δόσεις. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα

αποτελέσματα για τις μέσες ημερήσιες ποσότητες πολυηλεκτρολύτη στην πάχυνση και στην αφυδάτωση της ιλύος, καθώς και η συνολική κατανάλωση και το αντίστοιχο κόστος λαμβάνοντας ως τιμή πολυηλεκτρολύτη τα 3.5 €/kg για όλα τα ποσοστά εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά. Προκύπτει ότι η συνολική κατανάλωση του πολυηλεκτρολύτη θα παρουσιάσει αύξηση της τάξης του 42.5%, στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών. Αντίστοιχη ποσοστιαία αύξηση παρατηρείται και για το κόστος αυτής της κατανάλωσης.

Πίνακας 7.25: Μεταβολή των ποσοτήτων πολυηλεκτρολύτη στην πάχυνση και στην αφυδάτωση της ιλύος, καθώς και της συνολικής κατανάλωσης πολυηλεκτρολύτη και του αντίστοιχου κόστους ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

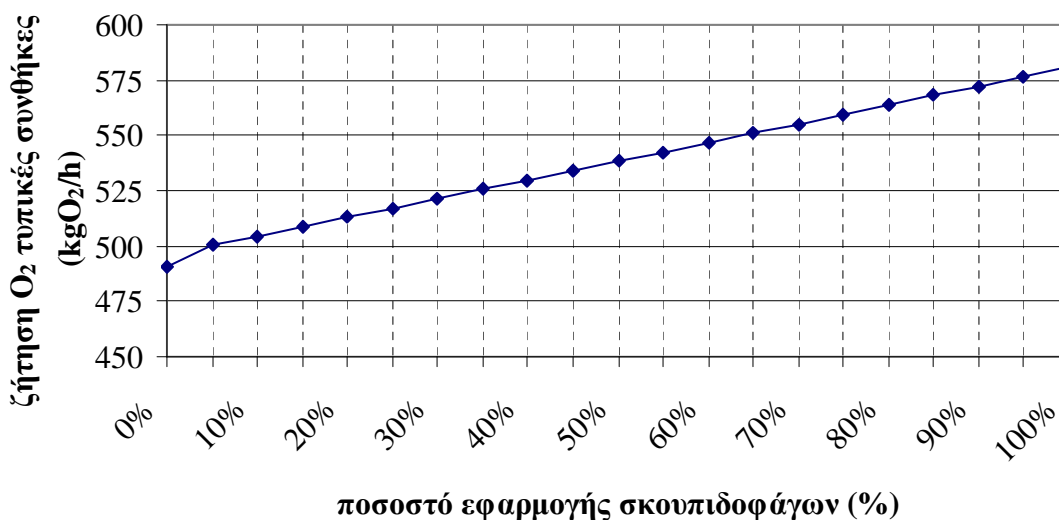
% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Ανηγμένη ημερήσια ποσότητα στην πάχυνση της 2ας ιλύος (kg/day)	Ωριαία παροχή στην πάχυνση της 2ας ιλύος (m <sup>3</sup> /h)	Ανηγμένη ημερήσια ποσότητα στην αφυδάτωση (kg/day)	Ωριαία παροχή στην αφυδάτωση (m <sup>3</sup> /h)	Συνολική κατανάλωση (kg/day)	Κόστος (€/day)
0%	8.90	0.78	36.74	1.43	45.64	159.74
5%	9.04	0.79	37.55	1.46	46.59	163.06
10%	9.18	0.80	38.36	1.49	47.54	166.40
15%	9.32	0.82	39.17	1.52	48.49	169.73
20%	9.46	0.83	39.99	1.55	49.45	173.07
25%	9.60	0.84	40.80	1.59	50.41	176.42
30%	9.75	0.85	41.62	1.62	51.37	179.78
35%	9.89	0.87	42.44	1.65	52.33	183.15
40%	10.03	0.88	43.26	1.68	53.29	186.53
45%	10.17	0.89	44.09	1.71	54.26	189.91
50%	10.32	0.90	44.92	1.75	55.23	193.32
55%	10.46	0.91	45.74	1.78	56.20	196.71
60%	10.60	0.93	46.58	1.81	57.18	200.11
65%	10.74	0.94	47.41	1.84	58.15	203.53
70%	10.89	0.95	48.24	1.88	59.13	206.95
75%	11.03	0.97	49.08	1.91	60.11	210.39
80%	11.18	0.98	49.92	1.94	61.09	213.82
85%	11.32	0.99	50.76	1.97	62.08	217.27
90%	11.47	1.00	51.60	2.01	63.07	220.73
95%	11.61	1.02	52.44	2.04	64.06	224.19
100%	11.76	1.03	53.29	2.07	65.05	227.66

Σε ό, τι αφορά τη ζήτηση οξυγόνου, αρχικά αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο της ενεργού ιλύος, που αφορά τις συνθήκες πεδίου (OTR), και στη συνέχεια προσδιορίζεται μία νέα τιμή που αναφέρεται σε τυπικές συνθήκες (SOTR), ώστε να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός της παροχής αέρα.

Αφού υπολογιστεί η ζήτηση οξυγόνου σε συνθήκες πεδίου πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή αιχμής, ώστε να προκύψει η αντίστοιχη τιμή σχεδιασμού, που είναι 442

kgO<sub>2</sub>/h, και στη συνέχεια υπολογίζεται η ταχύτητα μεταφοράς οξυγόνου, που αφορά τις τυπικές συνθήκες, που είναι 736 kgO<sub>2</sub>/h. Επίσης, στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε η εφαρμογή του συστήματος του επιφανειακού αερισμού.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η απαιτούμενη ζήτηση οξυγόνου σε τυπικές συνθήκες για όλα τα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά. Φαίνεται ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, η παροχή οξυγόνου από το σύστημα αερισμού θα είναι επαρκής (για 100% εφαρμογή: 581 kgO<sub>2</sub>/h < 736 kgO<sub>2</sub>/h). Παρατηρείται ότι η μέγιστη ποσοστιαία αύξηση, που θα συμβεί στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών (581 kgO<sub>2</sub>/h), θα είναι της τάξης του 18.3%, δηλαδή επιπλέον 90 kgO<sub>2</sub>/h.



Σχήμα 7.29: Μεταβολή της ζήτησης οξυγόνου σε τυπικές συνθήκες ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων)

#### **Σύγκριση της ενεργειακής κατανάλωσης των επιμέρους μονάδων του συστήματος επεξεργασίας των διαφόρων σεναρίων εφαρμογής των σκουπιδοφάγων**

Μετά την ολοκλήρωση του έλεγχου της επαρκούς λειτουργίας των υφιστάμενων μονάδων του συστήματος για τα διάφορα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στα νοικοκυριά, ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αφορούν το λειτουργικό κόστος των διαφόρων μονάδων του συστήματος ως προς την ενεργειακή τους κατανάλωση.

Κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης των επιμέρους μονάδων της επεξεργασίας ιλύος της πρότυπης θεωρητικής εγκατάστασης οι παράμετροι που ελήφθησαν υπόψη είναι η κατανάλωση ενέργειας του κύριου μηχανολογικού εξοπλισμού (τράπεζες πάχυνσης, φυγοκεντρητής) και η κατανάλωση ενέργειας του μηχανολογικού εξοπλισμού άντλησης (κυρίως) της ιλύος στα διάφορα στάδια επεξεργασίας (ανακυκλοφορία ιλύος, πρωτοβάθμια ιλύς, περίσσεια ιλύος, αντλίες θετικής εκτόπισης (αντλίες παχυμένης και χωνεμένης ιλύος), εσωτερική ανακυκλοφορία).

Αρχικά, παρουσιάζονται υπό μορφή πίνακα τα αποτελέσματα που αφορούν την απορροφούμενη ισχύ από την κάθε κατηγορία εξοπλισμού, και στη συνέχεια η αντίστοιχη ενεργειακή κατανάλωση.

Πίνακας 7.26: Μεταβολή της απορροφούμενης ισχύος από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Ισχύς κατά τον αερισμό (kW)	Ισχύς από την ανακυκλοφορία της ύλης (kW)	Ισχύς από την άντληση 1ης ύλης (kW)	Ισχύς από την άντληση περίσσειας ύλης (kW)	Ισχύς από την εσωτερική ανακυκλοφορία (kW)
0%	245.42	20.91	0.67	1.99	66.40
5%	250.15	21.48	0.68	2.02	66.79
10%	252.24	22.07	0.70	2.05	67.17
15%	254.33	22.66	0.72	2.08	67.65
20%	256.47	23.28	0.74	2.11	68.13
25%	258.53	23.91	0.75	2.14	68.45
30%	260.63	24.56	0.77	2.18	68.84
35%	262.74	25.23	0.79	2.21	69.23
40%	264.86	25.91	0.81	2.24	69.60
45%	266.97	26.62	0.82	2.27	69.97
50%	269.18	27.35	0.84	2.30	70.43
55%	271.22	28.09	0.86	2.33	70.69
60%	273.35	28.86	0.88	2.37	71.03
65%	275.48	29.66	0.90	2.40	71.37
70%	277.62	30.48	0.91	2.43	71.69
75%	279.76	31.32	0.93	2.46	72.00
80%	281.87	32.19	0.95	2.49	72.23
85%	284.06	33.09	0.97	2.53	72.59
90%	286.22	34.01	0.99	2.56	72.87
95%	288.38	34.97	1.00	2.59	73.14
100%	290.54	35.96	1.02	2.62	73.39



Πίνακας 7.26 (Συνέχεια): Μεταβολή της απορροφούμενης ισχύος από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Ισχύς από την άντληση της παχυμένης 1ας ιλύος (kW)	Ισχύς από την άντληση της παχυμένης 2ας ιλύος (kW)	Ισχύς από την άντληση της χωνεμένης ιλύος (kW)	Ισχύς στο φυγοκεντρητή (kW)
0%	3.47	2.29	4.11	17.13
5%	3.56	2.32	4.20	17.51
10%	3.65	2.36	4.29	17.89
15%	3.74	2.39	4.38	18.27
20%	3.83	2.43	4.47	18.64
25%	3.92	2.47	4.56	19.02
30%	4.01	2.50	4.65	19.40
35%	4.10	2.54	4.74	19.79
40%	4.19	2.57	4.83	20.17
45%	4.29	2.61	4.93	20.55
50%	4.38	2.65	5.02	20.94
55%	4.47	2.68	5.11	21.32
60%	4.56	2.72	5.20	21.71
65%	4.66	2.76	5.30	22.09
70%	4.75	2.79	5.39	22.48
75%	4.84	2.83	5.48	22.87
80%	4.94	2.87	5.58	23.26
85%	5.03	2.91	5.67	23.65
90%	5.12	2.94	5.76	24.04
95%	5.22	2.98	5.86	24.43
100%	5.31	3.02	5.95	24.82

Από τον παρακάτω πίνακα διαπιστώνεται ότι η υψηλότερη ενεργειακή κατανάλωση προκαλείται από το σύστημα αερισμού. Μεγαλύτερη απαίτηση αερισμού σημαίνει περισσότερες ώρες λειτουργίας και απορροφούμενη ισχύς και επομένως μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση ενέργειας.

Παρατηρείται, ακόμη, ότι στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, η υψηλότερη ποσοστιαία αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης προκύπτει λόγω της ανακυκλοφορίας της ιλύος (71.9%). Αντίθετα, η χαμηλότερη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας σημειώνεται λόγω της εσωτερικής ανακυκλοφορίας του ανάμικτου υγρού (10.5%). Συγχρόνως, παρατηρείται 18.4% αύξηση λόγω του επιφανειακού αερισμού του συστήματος, 53.3% λόγω της άντλησης της πρωτοβάθμιας

ιλύος, 32.1% λόγω της άντλησης της περίσσειας ιλύος, 53.2% λόγω της άντλησης της πρωτοβάθμιας παχυμένης ιλύος, 32.1% λόγω της άντλησης της δευτεροβάθμιας παχυμένης ιλύος, 44.8% λόγω της άντλησης της χωνεμένης ιλύος και 44.9% λόγω του φυγοκεντρητή.

Φαίνεται, βέβαια, ότι για τα χαμηλότερα και πιο πιθανά ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά τα ποσοστά αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας είναι αρκετά χαμηλότερα.

Πίνακας 7.27: Μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Ενεργειακή κατανάλωση κατά τον αερισμό (kWh)	Ενεργειακή κατανάλωση από την ανακυκλοφορία της ιλύος (kWh)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της 1ας ιλύος (kWh)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της περίσσειας ιλύος (kWh)	Ενεργειακή κατανάλωση από την εσωτερική ανακυκλοφορία (kWh)
0%	5 890.0	502.0	16.0	47.7	1 593.5
5%	6 003.6	515.6	16.4	48.4	1 602.9
10%	6 053.7	529.7	16.8	49.2	1 612.1
15%	6 104.0	543.9	17.3	49.9	1 623.5
20%	6 155.4	558.7	17.7	50.7	1 635.1
25%	6 204.7	573.9	18.1	51.5	1 642.8
30%	6 255.2	589.4	18.5	52.2	1 652.2
35%	6 305.8	605.4	18.9	53.0	1 661.5
40%	6 356.5	621.9	19.4	53.7	1 670.5
45%	6 407.3	638.9	19.8	54.5	1 679.4
50%	6 460.2	656.5	20.2	55.3	1 690.2
55%	6 509.3	674.3	20.6	56.0	1 696.5
60%	6 560.4	692.7	21.1	56.8	1 704.8
65%	6 611.6	711.8	21.5	57.6	1 712.8
70%	6 662.9	731.4	21.9	58.3	1 720.5
75%	6 714.3	751.7	22.4	59.1	1 728.1
80%	6 764.8	772.5	22.8	59.9	1 733.4
85%	6 817.5	794.1	23.2	60.6	1 742.3
90%	6 869.2	816.3	23.7	61.4	1 748.9
95%	6 921.0	839.3	24.1	62.2	1 755.3
100%	6 973.0	863.1	24.5	63.0	1 761.3

Πίνακας 7.27 (Συνέχεια): Μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της παχυμένης 1ας ιλύος (kWh)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της παχυμένης 2ας ιλύος (kWh)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της χωνεμένης ιλύος (kWh)	Ενεργειακή κατανάλωση στο φυγοκεντρητή (kWh)
0%	83.2	54.8	98.6	411.2
5%	85.3	55.7	100.7	420.3
10%	87.5	56.6	102.9	429.3
15%	89.7	57.4	105.1	438.4
20%	91.9	58.3	107.3	447.5
25%	94.1	59.2	109.4	456.6
30%	96.3	60.0	111.6	465.7
35%	98.5	60.9	113.8	474.8
40%	100.7	61.8	116.0	484.0
45%	102.9	62.7	118.2	493.2
50%	105.1	63.5	120.4	502.5
55%	107.3	64.4	122.7	511.7
60%	109.5	65.3	124.9	520.9
65%	111.8	66.2	127.1	530.2
70%	114.0	67.1	129.3	539.5
75%	116.2	68.0	131.6	548.8
80%	118.5	68.8	133.8	558.2
85%	120.7	69.7	136.0	567.5
90%	123.0	70.6	138.3	576.9
95%	125.3	71.5	140.6	586.3
100%	127.5	72.4	142.8	595.8

Πίνακας 7.28: Ποσοστιαία μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Ενεργειακή κατανάλωση κατά τον αερισμό (% αύξηση)	Ενεργειακή κατανάλωση από την ανακυκλοφορία της ιλύος (% αύξηση)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της 1ας ιλύος (% αύξηση)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της περίσσειας ιλύος (% αύξηση)	Ενεργειακή κατανάλωση από την εσωτερική ανακυκλοφορία (% αύξηση)
5%	1.9	2.7	2.7	1.5	0.6
10%	2.8	5.5	5.2	3.1	1.2
15%	3.6	8.3	7.9	4.6	1.9
20%	4.5	11.3	10.4	6.3	2.6
25%	5.3	14.3	13.1	8.0	3.1
30%	6.2	17.4	15.8	9.4	3.7
35%	7.1	20.6	18.3	11.1	4.3
40%	7.9	23.9	21.0	12.6	4.8
45%	8.8	27.3	23.8	14.3	5.4
50%	9.7	30.8	26.5	15.9	6.1
55%	10.5	34.3	29.0	17.4	6.5
60%	11.4	38.0	31.7	19.1	7.0
65%	12.3	41.8	34.4	20.8	7.5
70%	13.1	45.7	37.1	22.2	8.0
75%	14.0	49.7	39.8	23.9	8.4
80%	14.9	53.9	42.5	25.6	8.8
85%	15.7	58.2	45.2	27.0	9.3
90%	16.6	62.6	47.9	28.7	9.8
95%	17.5	67.2	50.6	30,4	10.2
100%	18.4	71.9	53.3	32.1	10.5

Πίνακας 7.28 (Συνέχεια): Ποσοστιαία μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της παχυμένης 1ας ιλύος (% αύξηση)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της παχυμένης 2ας ιλύος (% αύξηση)	Ενεργειακή κατανάλωση από την άντληση της χωνεμένης ιλύος (% αύξηση)	Ενεργειακή κατανάλωση στο φυγοκεντρητή (% αύξηση)
5%	2.5	1.6	2.1	2.2
10%	5.2	3.3	4.4	4.4
15%	7.8	4.7	6.6	6.6
20%	10.5	6.4	8.8	8.8
25%	13.1	8.0	11.0	11.0
30%	15.7	9.5	13.2	13.3
35%	18.4	11.1	15.4	15.5
40%	21.0	12.8	17.6	17.7
45%	23.7	14.4	19.9	19.9
50%	26.3	15.9	22.1	22.2
55%	29.0	17.5	24.4	24.4
60%	31.6	19.2	26.7	26.7
65%	34.4	20.8	28.9	28.9
70%	37.0	22.4	31.1	31.2
75%	39.7	24.1	33.5	33.5
80%	42.4	25.5	35.7	35.7
85%	45.1	27.2	37.9	38.0
90%	47.8	28.8	40.3	40.3
95%	50.6	30.5	42.6	42.6
100%	53.2	32.1	44.8	44.9

Σε ό, τι αφορά την κατανάλωση ενέργειας από τις τράπεζες πάχυνσης, επισημαίνεται ότι, κατά το σχεδιασμό επιλέχτηκε η τοποθέτηση δύο τραπεζών πάχυνσης 1.5 m έκαστη.

Έχει, ήδη, αναφερθεί ότι η απορροφούμενη ισχύς για τράπεζα πάχυνσης 1.5 m είναι 0.55 kW, άρα και η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας για τις δύο τράπεζες πάχυνσης θα είναι 26.4 kWh. Η τιμή αυτή θα είναι ίδια για κάθε ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται αθροιστικά η ενεργειακή κατανάλωση όλων των επιμέρους μονάδων επεξεργασίας των λυμάτων στην πρότυπη θεωρητική εγκατάσταση για τα διάφορα σενάρια εγκατάστασης των σκουπιδοφάγων. Σε αυτή την περίπτωση, η

μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή, που παρατηρείται λόγω της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων, είναι της τάξης του 22.1%. Ενδεικτικά, επισημαίνεται ότι, στην περίπτωση που εγκατασταθούν σκουπιδοφάγοι στο 25% των νοικοκυριών, που θα μπορούσε να αποτελέσει ένα λογικό σενάριο, η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση θα είναι 9 149 kWh, που αντιστοιχεί σε αύξηση της τάξης του 5.9% (426 kWh επιπλέον).

Πίνακας 7.29: Μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης από τις διάφορες μονάδες του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Συνολική ενεργειακή κατανάλωση (kWh)	Συνολική ενεργειακή κατανάλωση (% αύξηση)
5%	8 723	1.7%
10%	8 875	2.8%
15%	8 964	3.8%
20%	9 056	4.9%
25%	9 149	5.9%
30%	9 237	6.9%
35%	9 328	8.0%
40%	9 419	9.0%
45%	9 511	10.1%
50%	9 603	11.2%
55%	9 700	12.2%
60%	9 789	13.3%
65%	9 883	14.4%
70%	9 977	15.5%
75%	10 071	16.5%
80%	10 167	17.6%
85%	10 259	18.7%
90%	10 358	19.8%
95%	10 455	21.0%
100%	10 552	22.1%

#### ***Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τις Ε.Ε.Λ.***

Για την εξεταζόμενη Ε.Ε.Λ. των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων εκτιμώνται οι άμεσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ενώ από τις έμμεσες εκτιμώνται μόνο αυτές που οφείλονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται εκτός Ε.Ε.Λ. και αυτές που οφείλονται στη διάθεση της παραγόμενης ιλύος. Συγκεκριμένα, για την περίπτωση των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων γίνεται η παραδοχή καύσης της παραγόμενης ιλύος.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η προκύπτουσα καθαρή ενεργειακή κατανάλωση της Ε.Ε.Λ., ώστε να είναι εφικτός ο υπολογισμός των αντίστοιχων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 7.30: Μεταβολή της καθαρής ενεργειακής κατανάλωσης της Ε.Ε.Λ. ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Συνολική ενεργειακή κατανάλωση (kWh)	kWh ηλεκτρικής ενέργειας /day από την αξιοποίηση του βιοαερίου	Καθαρή ενεργειακή κατανάλωση (kWh)
0%	8 723	3 834	4 889
5%	8 875	3 917	4 958
10%	8 964	4 001	4 963
15%	9 056	4 084	4 972
20%	9 149	4 168	4 981
25%	9 237	4 252	4 985
30%	9 328	4 337	4 991
35%	9 419	4 421	4 998
40%	9 511	4 506	5 005
45%	9 603	4 591	5 012
50%	9 700	4 676	5 024
55%	9 789	4 761	5 028
60%	9 883	4 847	5 036
65%	9 977	4 932	5 045
70%	10 071	5 018	5 053
75%	10 167	5 104	5 063
80%	10 259	5 190	5 069
85%	10 358	5 277	5 081
90%	10 455	5 363	5 092
95%	10 552	5 450	5 102
100%	10 650	5 537	5 113

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των υπολογισμών των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου και οι αντίστοιχες ποσοστιαίες αυξήσεις για τα διάφορα σενάρια εφαρμογής των σκουπιδοφάγων. Παρατηρείται ότι οι διεργασίες που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι (από την πιο επιβλαβή στη λιγότερο) η διάθεση της ιλύος για υγειονομική ταφή σε Χ.Υ.Τ.Α., όπου το παραγόμενο βιοαέριο καίγεται σε πυρσό καύσης

του Χ.Υ.Τ.Α., η παραγωγή της βιομάζας (οξείδωση οργανικού φορτίου) και η ενδογενής αποσύνθεση της βιομάζας.

Επίσης, μέγιστες ποσοστιαίες αυξήσεις από την 100% εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά θα παρουσιαστούν λόγω της καύσης της ύλης (45.1%), της καύσης του βιοαερίου και της διαρροής του στην ατμόσφαιρα (44.4%) και της αποσύνθεσης βιομάζας (20.2%). Σε ό, τι αφορά τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προκύπτει ότι η μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή θα είναι της τάξης του 33.8%.

Ενδεικτικά, επισημαίνεται ότι, στην περίπτωση που εγκατασταθούν σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων στο 25% των νοικοκυριών, που θα μπορούσε να αποτελέσει ένα πιθανό σενάριο, οι ημερήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα είναι 23 970 kgCO<sub>2</sub>/day, που αντιστοιχεί σε αύξηση της τάξης του 8.4% (1 865 kgCO<sub>2</sub>/day επιπλέον).



Πίνακας 7.31: Μεταβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούνται εντός και εκτός της Ε.Ε.Λ. ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (kgCO <sub>2</sub> e/day) από:								
	Αποσύνθεση βιομάζας	Παραγωγή βιομάζας	Νιτροποίηση	Απονιτροποίηση	Καύση βιοαερίου	Διαρροή βιοαερίου στην ατμόσφαιρα	Καύση ιλύος	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	Συνολικές εκπομπές
0%	2 031.6	4 833.2	3 316.8	1 776.0	3 884.9	219.8	10 217.5	2 678.8	22 105.2
5%	2 051.8	4 873.8	3 328.5	1 790.1	3 969.5	224.6	10442.7	2 716.4	22 515.8
10%	2 072.1	4 914.5	3 352.9	1 804.2	4 054.3	229.4	10 668.5	2 719.2	22 879.8
15%	2 092.0	4 954.0	3 381.9	1 819.7	4 139.0	234.2	10 894.3	2 723.4	23 240.5
20%	2 112.3	4 994.4	3 411.5	1 835.5	4 224.2	239.0	11 121.1	2 728.5	23 604.4
25%	2 132.5	5 034.9	3 434.1	1 848.9	4 309.4	243.9	11 348.2	2 730.5	23 970.3
30%	2 152.8	5 075.5	3 460.2	1 863.6	4 394.9	248.7	11 576.0	2 734.1	24 336.6
35%	2 173.1	5 116.2	3 486.4	1 878.3	4 480.6	253.5	11 804.3	2 737.9	24 703.9
40%	2 193.5	5 156.9	3 512.7	1 893.0	4 566.4	258.4	12 033.2	2 741.9	25 072.2
45%	2 214.0	5 197.8	3 539.0	1 907.8	4 652.4	263.3	12 262.6	2 745.9	25 441.4
50%	2 234.8	5 239.5	3 569.6	1 924.1	4 738.9	268.2	12 493.1	2 752.4	25 813.3
55%	2 254.9	5 279.7	3 591.8	1 937.4	4 825.1	273.0	12 723.0	2 754.4	26 182.7
60%	2 275.5	5 320.8	3 618.3	1 952.3	4 911.7	277.9	12 954.0	2 758.9	26 554.9
65%	2 296.1	5 362.0	3 644.8	1 967.1	4 998.5	282.9	13 185.6	2 763.5	26 928.0
70%	2 316.8	5 403.2	3 671.4	1 982.1	5 085.5	287.8	13 417.7	2 768.3	27 302.1
75%	2 337.5	5 444.6	3 698.1	1 997.0	5 172.6	292.7	13 650.3	2 773.3	27 677.3
80%	2 358.1	5 486.0	3 721.1	2 010.8	5 260.0	297.7	13 883.4	2 776.8	28 053.9
85%	2 379.0	5 527.6	3 751.5	2 027.0	5 347.6	302.6	14 117.2	2 783.7	28 430.6
90%	2 399.8	5 569.2	3 778.3	2 042.0	5 435.3	307.6	14 351.5	2 789.2	28 808.7
95%	2 420.7	5 610.9	3 805.2	2 057.1	5 523.3	312.6	14 586.3	2 794.9	29 188.0
100%	2 441.6	5 652.6	3 832.1	2 072.2	5 611.4	317.5	14821.6	2 800.9	29 568.2

Πίνακας 7.32: Ποσοστιαία μεταβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούνται εντός και εκτός της Ε.Ε.Λ. ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (kgCO <sub>2</sub> e/day) από:								
	Αποσύνθεση βιομάζας	Παραγωγή βιομάζας	Νιτροποίηση	Απονιτροποίηση	Καύση βιοαερίου	Διαρροή βιοαερίου στην ατμόσφαιρα	Καύση υλός	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	Συνολικές εκπομπές
5%	1.0	0.8	0.4	0.8	2.2	2.2	2.2	1.4	1.9
10%	2.0	1.7	1.1	1.6	4.4	4.4	4.4	1.5	3.5
15%	3.0	2.5	2.0	2.5	6.5	6.6	6.6	1.7	5.1
20%	4.0	3.3	2.9	3.4	8.7	8.7	8.8	1.9	6.8
25%	5.0	4.2	3.5	4.1	10.9	11.0	11.1	1.9	8.4
30%	6.0	5.0	4.3	4.9	13.1	13.1	13.3	2.1	10.1
35%	7.0	5.9	5.1	5.8	15.3	15.3	15.5	2.2	11.8
40%	8.0	6.7	5.9	6.6	17.5	17.6	17.8	2.4	13.4
45%	9.0	7.5	6.7	7.4	19.8	19.8	20.0	2.5	15.1
50%	10.0	8.4	7.6	8.3	22.0	22.0	22.3	2.7	16.8
55%	11.0	9.2	8.3	9.1	24.2	24.2	24.5	2.8	18.4
60%	12.0	10.1	9.1	9.9	26.4	26.4	26.8	3.0	20.1
65%	13.0	10.9	9.9	10.8	28.7	28.7	29.0	3.2	21.8
70%	14.0	11.8	10.7	11.6	30.9	30.9	31.3	3.3	23.5
75%	15.1	12.7	11.5	12.4	33.1	33.2	33.6	3.5	25.2
80%	16.1	13.5	12.2	13.2	35.4	35.4	35.9	3.7	26.9
85%	17.1	14.4	13.1	14.1	37.7	37.7	38.2	3.9	28.6
90%	18.1	15.2	13.9	15.0	39.9	39.9	40.5	4.1	30.3
95%	19.2	16.1	14.7	15.8	42.2	42.2	42.8	4.3	32.0
100%	20.2	17.0	15.5	16.7	44.4	44.4	45.1	4.6	33.8

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα για το σύνολο των σεναρίων εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων.

Πίνακας 7.33: Μεταβολή των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων).

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Συνολικές εκπομπές Α.Θ. ανά ισοδύναμο κάτοικο και ημέρα
0%	0.221
5%	0.225
10%	0.229
15%	0.232
20%	0.236
25%	0.240
30%	0.243
35%	0.247
40%	0.251
45%	0.254
50%	0.258
55%	0.262
60%	0.266
65%	0.269
70%	0.273
75%	0.277
80%	0.281
85%	0.284
90%	0.288
95%	0.292
100%	0.296

### **Καθαρές εκπομπές Α.Θ.**

Μετά τον υπολογισμό των εκπομπών Α.Θ. που προέρχονται από την Ε.Ε.Λ., εκτιμώνται οι καθαρές εκπομπές Α.Θ. λόγω της εκτροπής των αποβλήτων τροφίμων από τους Χ.Υ.Τ.Α. και της διοχέτευσής τους στους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων. Με την εφαρμογή του μοντέλου WARM, το οποίο παρουσιάστηκε στην παράγραφο 7.4, υπολογίζονται οι ετήσιες εκπομπές Α.Θ. από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων τροφίμων που οδηγούνται στους Χ.Υ.Τ.Α. για τα διάφορα σενάρια εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά.

Στη συνέχεια, προστίθενται οι εκπομπές Α.Θ. που παράγονται από την Ε.Ε.Λ., οι οποίες αυξάνονται με την αύξηση του ποσοστού εφαρμογής των σκουπιδοφάγων, με τις εκπομπές Α.Θ. που προκύπτουν από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων τροφίμων, οι οποίες

μειώνονται με την αύξηση του ποσοστού εφαρμογής των σκουπιδοφάγων, και προσδιορίζονται οι καθαρές εκπομπές Α.Θ., οι οποίες παρουσιάζουν αυξανόμενη τάση μείωσης, καθώς αυξάνεται το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων, όπως φαίνεται στον πίνακα 7.34.

Πίνακας 7.34: Υπολογισμός των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων (περίπτωση 100 000 ισοδύναμων κατοίκων) .

% εφαρμογής σκουπιδοφάγων	Συνολικές εκπομπές CO <sub>2</sub> e από την Ε.Ε.Λ. (kg/day)	Πλεονάζουσα ποσότητα εκπομπών CO <sub>2</sub> e από την Ε.Ε.Λ. (kg/day)	Συνολικές εκπομπές CO <sub>2</sub> e από την ταφή των αποβλήτων τροφίμων (kg/day)	Μείωση της ποσότητας εκπομπών CO <sub>2</sub> e από την ταφή των αποβλήτων τροφίμων (kg/day)	Καθαρές εκπομπές CO <sub>2</sub> e (kg/day)
0%	22 105	–	17 589	–	–
5%	22 516	411	16 932	-658	-247
10%	22 880	775	16 274	-1 315	-541
15%	23 241	1 135	15 616	-1 973	-837
20%	23 604	1 499	14 959	-2 630	-1 131
25%	23 970	1 865	14 301	-3 288	-1 423
30%	24 337	2 231	13 644	-3 945	-1 714
35%	24 704	2 599	12 959	-4 630	-2 031
40%	25 072	2 967	12 301	-5 288	-2 321
45%	25 441	3 336	11 644	-5 945	-2 609
50%	25 813	3 708	11 014	-6 575	-2 867
55%	26 183	4 078	10 329	-7 260	-3 183
60%	26 555	4 450	9 671	-7 918	-3 468
65%	26 928	4 823	9 014	-8 575	-3 753
70%	27 302	5 197	8 356	-9 233	-4 036
75%	27 677	5 572	7 699	-9 890	-4 318
80%	28 054	5 949	7 041	-10 548	-4 599
85%	28 431	6 325	6 384	-11 205	-4 880
90%	28 809	6 704	5 726	-11 863	-5 159
95%	29 188	7 083	5 068	-12 521	-5 438
100%	29 568	7 463	4 384	-13 205	-5 742

## 8 Συμπεράσματα

---

Τα απόβλητα τροφίμων, τα οποία αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό ποσοστό των οικιακών απορριμμάτων, είναι μια προβληματική συνιστώσα των αστικών στερεών αποβλήτων με πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, την υγεία του ανθρώπου και την ποιότητα της αστικής ζωής. Το κόστος για τη συλλογή τους είναι υψηλό, δεδομένου ότι πρέπει να συλλέγονται τακτικά, ώστε να μειώνονται οι πιθανοί κίνδυνοι. Η χρήση των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων επιτρέπει το διαχωρισμό μεγάλου μέρους των συστατικών των αποβλήτων τροφίμων από το σύνολο των αστικών στερεών αποβλήτων μέσω της άλεσής τους με τη χρήση μηχανικών μέσων και την προσθήκη νερού από τη βρύση, διευκολύνοντας την είσοδο του μίγματος στο αποχετευτικό σύστημα. Κατά συνέπεια, οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων μπορούν να αλλάξουν το σύγχρονο τρόπο διαχείρισης των Α.Σ.Α., να μετριάσουν σημαντικά τη δευτερογενή ρύπανση του αστικού περιβάλλοντος, που οφείλεται στη μεταφορά των Α.Σ.Α., και να συμβάλλουν στην επέκταση της διάρκειας ζωής των χώρων υγειονομικής ταφής. Σε ό, τι αφορά τις οικιακές συνθήκες υγιεινής, μπορούν να βελτιώσουν εξαιρετικά την υγιεινή στην κουζίνα, να ελαχιστοποιήσουν την αναπαραγωγή εντόμων και να αποτρέψουν την εξάπλωση μικροβίων.

Παρά τα πολυάριθμα οφέλη των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων, η εφαρμογή τους δεν έχει γίνει ακόμη πολύ δημοφιλής λόγω της ανησυχίας που υπάρχει για τις επιπτώσεις των αλεσμένων αποβλήτων τροφίμων στη μονάδα επεξεργασίας των λυμάτων. Ωστόσο, πολλές βιβλιογραφικές δημοσιεύσεις και πειραματικές εκθέσεις, αλλά και η πρακτική εμπειρία άνω των 70 ετών καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι σκουπιδοφάγοι δεν έχουν αρνητικές επιπτώσεις στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Κατά συνέπεια, οι σκουπιδοφάγοι είναι φιλικοί προς τις Ε.Ε.Λ. και δεν θα ασκήσουν τεράστια πίεση στο υπάρχον δίκτυο αποχέτευσης και στην Ε.Ε.Λ., ακόμη και αν οι αριθμοί των χρηστών αυξηθούν ξαφνικά. Ωστόσο, η συχνότητα εγκατάστασής τους είναι αυτή που διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο, όπως αποδεικνύεται και από τις υπολογισθείσες εκτιμήσεις της παρούσας μελέτης.

Στην περίπτωση της πόλης με ισοδύναμο πληθυσμό 10 000 κατοίκων προέκυψε το συμπέρασμα ότι η εγκατάσταση θα είναι δυνατό να ανταπεξέλθει αρκετά καλά, ακόμη και στην περίπτωση της 100% εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων. Συγκεκριμένα,

- Η αύξηση του όγκου της δεξαμενής αερισμού δεν κρίθηκε αναγκαία, καθώς η συγκέντρωση των MLSS ήταν εντός των αποδεκτών ορίων.
- Σε ό, τι αφορά τον έλεγχο της λειτουργίας της δεξαμενής καθίζησης, η οποία είναι εξίσου σημαντική, καθώς αποτελεί τη μονάδα που ανάλογα με την απόδοσή της καθορίζει την ποιότητα της τελικής εκροής, η εφαρμογή του κριτηρίου του υδραυλικού φορτίου έδειξε ότι δε θα δημιουργηθεί ιδιαίτερο πρόβλημα κατά τη διαδικασία της διαύγασης, ενώ ο έλεγχος του κριτηρίου του φορτίου των στερεών έδειξε ότι υπέρβαση της οριακής τιμής των  $120 \text{ kgSS/m}^2/\text{day}$  παρατηρείται όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων ξεπερνά το 80%, το οποίο είναι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό εφαρμογής. Σε αυτή την περίπτωση αναμένεται μια σχετική υπερφόρτωση της εγκατάστασης.

- Αναφορικά με την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης για τα διάφορα στάδια επεξεργασίας, όπως αυτός ορίστηκε κατά το σχεδιασμό της Ε.Ε.Λ., διαπιστώθηκε ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, δε θα δημιουργηθεί κανένα πρόβλημα (αντλίες περίσσειας ιλύος, ανακυκλοφορίας ιλύος, εσωτερικής ανακυκλοφορίας, παχυμένης βιολογικής ιλύος).
- Για την επίτευξη της πάχυνσης και της αφυδάτωσης της βιολογικής ιλύος χρησιμοποιήθηκαν τράπεζες πάχυνσης και ταινιοφιλτρόπρεςσες, αντίστοιχα. Για την εύρυθμη λειτουργία τους πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος της φόρτισης στερεών ανά μονάδα πλάτους και προέκυψε ότι δε θα υπάρξει πρόβλημα τόσο κατά τη διαδικασία της μηχανικής πάχυνσης όσο και κατά τη διαδικασία της αφυδάτωσης. Και στις δύο αυτές φάσεις επεξεργασίας της ιλύος χρησιμοποιήθηκε ως κροκιδωτικό πολυηλεκτρολύτης σε διαφορετικές, ωστόσο, δόσεις. Η συνολική κατανάλωση του πολυηλεκτρολύτη εκτιμήθηκε ότι θα παρουσιάσει αύξηση της τάξης του 37.9%, στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών. Αντίστοιχη ποσοστιαία αύξηση προέκυψε και για το κόστος αυτής της κατανάλωσης.
- Για την απαίτηση οξυγόνου της Ε.Ε.Λ., εκτιμήθηκε ότι η παροχή οξυγόνου από το σύστημα επιφανειακού αερισμού, το οποίο επιλέχτηκε κατά το σχεδιασμό της Ε.Ε.Λ., θα είναι επαρκής, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών.

Μετά την ολοκλήρωση του ελέγχου της επαρκούς λειτουργίας των υφιστάμενων μονάδων του συστήματος για τα διάφορα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στα νοικοκυριά, πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης των διαφόρων μονάδων του συστήματος. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που έγιναν, τα συμπεράσματα που εξήχθησαν ήταν ότι:

- Η υψηλότερη ποσοστιαία αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης προκύπτει λόγω της ανακυκλοφορίας της ιλύος (94.2%).
- Αντίθετα, η χαμηλότερη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας σημειώνεται λόγω της εσωτερικής ανακυκλοφορίας του ανάμικτου υγρού (4.8%).
- Συγχρόνως, παρατηρείται 19.8% αύξηση λόγω του συστήματος επιφανειακού αερισμού, 38.7% λόγω της άντλησης της περίσσειας ιλύος και 37.8% λόγω των αντλιών θετικής εκτόπισης (παχυμένης ιλύος).
- Η μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ήταν της τάξης του 21.2%.
- Φαίνεται, βέβαια, ότι για τα μικρότερα και πιο πιθανά ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά τα ποσοστά αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας είναι αρκετά χαμηλότερα. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι, στην περίπτωση της εγκατάστασης σκουπιδοφάγων στο 25% των νοικοκυριών, η ημερήσια συνολική ενεργειακή κατανάλωση θα αυξηθεί κατά 5%.

Για την εξεταζόμενη Ε.Ε.Λ. των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων εκτιμήθηκαν οι άμεσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ενώ από τις έμμεσες μόνο αυτές που οφείλονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται εκτός Ε.Ε.Λ. και αυτές που οφείλονται στη διάθεση της παραγόμενης ιλύος. Συγκεκριμένα, για την περίπτωση των 10 000 ισοδύναμων κατοίκων έγινε η παραδοχή διάθεσης της παραγόμενης ιλύος σε Χ.Υ.Τ.Α., όπου το

παραγόμενο βιοαέριο καίγεται. Μέγιστες ποσοστιαίες αυξήσεις από την 100% εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά προέκυψαν λόγω της διάθεσης της ιλύος για υγειονομική ταφή σε Χ.Υ.Τ.Α. (38.1%), της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (25.4%) και της παραγωγής βιομάζας (23.2%). Σε ό, τι αφορά τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, εκτιμήθηκε ότι η μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή θα είναι της τάξης του 28%. Ενδεικτικά, σημειώνεται ότι, στην περίπτωση που εγκατασταθούν σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων στο 25% των νοικοκυριών, που θα μπορούσε να αποτελέσει ένα λογικό σενάριο, οι ημερήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα αυξηθούν κατά 6.8%.

Μετά τον υπολογισμό των εκπομπών Α.Θ. που προέρχονται από την Ε.Ε.Λ., εκτιμήθηκαν οι καθαρές εκπομπές Α.Θ. λόγω της εκτροπής των αποβλήτων τροφίμων από τους Χ.Υ.Τ.Α. και της διοχέτευσής τους στους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν πολύ ενθαρρυντικά, καθώς παρατηρήθηκε μείωση των εκπομπών Α.Θ., ακόμη και κατά την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων μόνο στο 5% των νοικοκυριών. Με την αύξηση του ποσοστού ενσωμάτωσης των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά, διαπιστώθηκε όλο και περισσότερο αυξητική τάση μείωσης των εκπομπών Α.Θ.

Στην περίπτωση της πόλης με ισοδύναμο πληθυσμό 100 000 κατοίκων προέκυψε το συμπέρασμα ότι η αναβάθμιση της υπάρχουσας Ε.Ε.Λ. θα είναι αναγκαία με την προσθήκη εξοπλισμού άντλησης και την αύξηση του όγκου κάποιων μονάδων επεξεργασίας. Συγκεκριμένα,

- Η αύξηση του όγκου της δεξαμενής αερισμού δεν κρίθηκε αναγκαία, καθώς η συγκέντρωση των MLSS ήταν εντός των αποδεκτών ορίων.
- Σε ό, τι αφορά τον έλεγχο της λειτουργίας της δεξαμενής καθίζησης, η εφαρμογή του κριτηρίου του υδραυλικού φορτίου έδειξε ότι δε θα δημιουργηθεί ιδιαίτερο πρόβλημα κατά τη διαδικασία της διαύγασης, ενώ ο έλεγχος του κριτηρίου του φορτίου των στερεών έδειξε ότι υπέρβαση της οριακής τιμής των  $120 \text{ kgSS/m}^2/\text{day}$  παρατηρείται όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων ξεπερνά το 95%, η οποία, ωστόσο, θα είναι τόσο μικρή ώστε να θεωρείται αμελητέα για τη δημιουργία λειτουργικού προβλήματος στις δεξαμενές τελικής καθίζησης.
- Αναφορικά με την επάρκεια του εξοπλισμού άντλησης για τα διάφορα στάδια επεξεργασίας, διαπιστώθηκε ότι, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών, επαρκής θα είναι η δυναμικότητα των αντλιών περίσσειας ιλύος, ανακυκλοφορίας ιλύος, παχυμένης βιολογικής ιλύος, χωνεμένης ιλύος, καθώς και η δυναμικότητα του φυγοκεντρητή. Ωστόσο, απαραίτητη κρίνεται η αύξηση της δυναμικότητας των αντλιών πρωτοβάθμιας ιλύος, παχυμένης πρωτοβάθμιας ιλύος και εσωτερικής ανακυκλοφορίας του ανάμικτου υγρού (όχι ιδιαίτερα μεγάλη αύξηση, κυρίως στα πολύ μεγάλα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων).
- Για την επίτευξη της πάχυνσης της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας ιλύος χρησιμοποιήθηκαν παχυντές βαρύτητας και τράπεζες πάχυνσης, αντίστοιχα. Για την ορθή λειτουργία τους πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος της φόρτισης στερεών και προέκυψε ότι θα υπάρξει πρόβλημα διαχείρισης της πλεονάζουσας επιφανειακής φόρτισης μόνο κατά την πάχυνση της πρωτοβάθμιας ιλύος, όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων ξεπερνά το 45%.
- Στην Ε.Ε.Λ. της πόλης των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων χρησιμοποιήθηκε αναερόβια βιολογική σταθεροποίηση της ιλύος (αναερόβια χώνευση). Σε ό, τι αφορά

την οργανική φόρτιση του χωνευτή, δεν παρατηρήθηκε κάποια υπέρβαση των επιθυμητών ορίων, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών. Ωστόσο, για τον έλεγχο του βαθμού σταθεροποίησης της ιλύος υπολογίστηκε ο χρόνος παραμονής των στερεών στο χωνευτή και πρόκυψε το συμπέρασμα ότι θα υπάρξει πρόβλημα στη λειτουργία του χωνευτή, ακόμη και σε σχετικά μικρά ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων (30% και άνω). Κατά συνέπεια, κρίθηκε απαραίτητη η αύξηση του όγκου της μονάδας χώνευσης.

- Αναφορικά με την ημερήσια παραγωγή βιοαερίου κατά τη χώνευση της ιλύος, προέκυψε το συμπέρασμα ότι θα παρουσιάσει αύξηση της τάξης του 44%, στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών. Το ίδιο θα ισχύει και για την ημερήσια παραγόμενη ενέργεια από την καύση του βιοαερίου, την ημερήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την αξιοποίηση του πλεονάζοντος βιοαερίου και το όφελος από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό δείχνει ότι οι σκουπιδοφάγοι όχι μόνο μειώνουν την αρνητική επίδραση της απαραίτητης αποκομιδής των αποβλήτων κουζίνας, αλλά με την αύξηση της παραγωγής βιοαερίου αντισταθμίζουν την ενεργειακή τους ζήτηση. Το βιοαέριο ως καθαρή ενέργεια χρησιμοποιείται ευρέως στον κόσμο και η μετατροπή των αποβλήτων σε ενέργεια είναι μια σημαντική έκφραση της αειφόρου ανάπτυξης.
- Η αφυδάτωση της ιλύος πραγματοποιήθηκε εφαρμόζοντας τη μηχανική μέθοδο του φυγοκεντρητή. Βασικό μέγεθος σχεδιασμού είναι η φόρτιση στερεών. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται υπέρβαση της φόρτισης σχεδιασμού όταν η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων ξεπερνά το 50%.
- Τόσο κατά την πάχυνση όσο και κατά τη αφυδάτωση της ιλύος χρησιμοποιήθηκε ως κροκιδωτικό πολυηλεκτρολύτης σε διαφορετικές, ωστόσο, δόσεις. Η συνολική κατανάλωση του πολυηλεκτρολύτη εκτιμήθηκε ότι θα παρουσιάσει αύξηση της τάξης του 42.5%, στην περίπτωση που οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων εφαρμοστούν στο 100% των νοικοκυριών. Αντίστοιχη ποσοστιαία αύξηση προέκυψε και για το κόστος αυτής της κατανάλωσης.
- Για την απαίτηση οξυγόνου της Ε.Ε.Λ., εκτιμήθηκε ότι η παροχή οξυγόνου από το σύστημα επιφανειακού αερισμού, το οποίο επιλέχθηκε κατά το σχεδιασμό της Ε.Ε.Λ., θα είναι επαρκής, ακόμη και στην περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών.

Μετά την ολοκλήρωση του ελέγχου της επαρκούς λειτουργίας των υφιστάμενων μονάδων του συστήματος για τα διάφορα ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στα νοικοκυριά, πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης των διαφόρων μονάδων του συστήματος. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που έγιναν, τα συμπεράσματα που εξήχθησαν ήταν ότι:

- Η υψηλότερη ποσοστιαία αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης προκύπτει λόγω της ανακυκλοφορίας της ιλύος (71.9%).
- Αντίθετα, η χαμηλότερη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας σημειώνεται λόγω της εσωτερικής ανακυκλοφορίας του ανάμικτου υγρού (10.5%).
- Συγχρόνως, παρατηρείται 18.4% αύξηση λόγω του επιφανειακού αερισμού του συστήματος, 53.3% λόγω της άντλησης της πρωτοβάθμιας ιλύος, 32.1% λόγω της άντλησης της περίσσειας ιλύος, 53.2% λόγω της άντλησης της πρωτοβάθμιας



παχυμένης ιλύος, 32.1% λόγω της άντλησης της δευτεροβάθμιας παχυμένης ιλύος, 44.8% λόγω της άντλησης της χωνεμένης ιλύος και 44.9% λόγω του φυγοκεντρητή.

- Η μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ήταν της τάξης του 22.1%.
- Σημειώνεται ότι η χρήση φυγοκεντρητή για την αφυδάτωση της ιλύος οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας από τις μονάδες επεξεργασίας ιλύος σε σύγκριση με τη χρήση ταινιοφιλτρόπρεσσας.
- Φαίνεται, βέβαια, ότι για τα μικρότερα και πιο πιθανά ποσοστά εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά τα ποσοστά αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας είναι αρκετά χαμηλότερα. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι, στην περίπτωση της εγκατάστασης σκουπιδοφάγων στο 25% των νοικοκυριών, η ημερήσια συνολική ενεργειακή κατανάλωση θα αυξηθεί κατά 5.9%.

Για την εξεταζόμενη Ε.Ε.Λ. των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων εκτιμήθηκαν οι άμεσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ενώ από τις έμμεσες μόνο αυτές που οφείλονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται εκτός Ε.Ε.Λ. και αυτές που οφείλονται στη διάθεση της παραγόμενης ιλύος. Συγκεκριμένα, για την περίπτωση των 100 000 ισοδύναμων κατοίκων γίνεται η παραδοχή καύσης της παραγόμενης ιλύος. Μέγιστες ποσοστιαίες αυξήσεις από την 100% εφαρμογή των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά προέκυψαν λόγω καύσης της ιλύος (45.1%), της καύσης του βιοαερίου και της διαρροής του στην ατμόσφαιρα (44.4%) και της αποσύνθεσης βιομάζας (20.2%). Σε ό, τι αφορά τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου εκτιμήθηκε ότι η μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή θα είναι της τάξης του 33.8%. Ενδεικτικά, σημειώνεται ότι, στην περίπτωση που εγκατασταθούν σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων στο 25% των νοικοκυριών, που θα μπορούσε να αποτελέσει ένα λογικό σενάριο, οι ημερήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα αυξηθούν κατά 8.4%.

Μετά τον υπολογισμό των εκπομπών Α.Θ. που προέρχονται από την Ε.Ε.Λ., εκτιμήθηκαν, και σε αυτήν την περίπτωση, οι καθαρές εκπομπές Α.Θ. λόγω της εκτροπής των αποβλήτων τροφίμων από τους Χ.Υ.Τ.Α. και της διοχέτευσής τους στους σκουπιδοφάγους αποβλήτων τροφίμων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν πολύ αισιόδοξα, καθώς διαπιστώθηκε ότι οι εκπομπές Α.Θ. θα αρχίσουν να μειώνονται σημαντικά ακόμη και με την εφαρμογή των σκουπιδοφάγων μόνο στο 5% των νοικοκυριών. Με την αύξηση του ποσοστού ενσωμάτωσης των σκουπιδοφάγων στα νοικοκυριά, διαπιστώθηκε όλο και περισσότερο αυξητική τάση μείωσης των εκπομπών Α.Θ., φτάνοντας τα 5 743 kgCO<sub>2</sub>/day λιγότερα για την περίπτωση της εφαρμογής των σκουπιδοφάγων στο 100% των νοικοκυριών.

Η σημαντικότερη περιβαλλοντική ανησυχία του 21ου αιώνα είναι η υπερθέρμανση του πλανήτη. Η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της παραγωγής του βιοαερίου στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, καθώς και να μετριάσει την πίεση επί της διαχείρισης των Α.Σ.Α. Το πιο σημαντικό είναι ότι με αυτόν τον τρόπο η μείωση των εκπομπών Α.Θ. και η παραγωγή καθαρής ενέργειας θα είναι ευεργετικές για την πρόληψη της υπερθέρμανσης του πλανήτη και την προστασία του περιβάλλοντος.

Σημειώνεται ότι οι Ε.Ε.Λ. που διαθέτουν μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να χαρακτηριστούν πιο «καθαρές» ως προς την παραγωγή Α.Θ., δεδομένου ότι η διεργασία της καύσης βιοαερίου στη μονάδα συμπαραγωγής οδηγεί σε μικρότερες εκπομπές σε σχέση με τις εκπομπές από καύση λιγνίτη, πετρελαίου ή φυσικού αερίου στις αντίστοιχες μονάδες παραγωγής της ΔΕΗ.

Τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας είναι σύμφωνα με την υπάρχουσα εμπειρία, η οποία δείχνει ότι τα επίπεδα διείσδυσης έως 15 – 20% των βεβαιωθέντων χρηστών δεν οδηγούν σε σημαντικές διαφορές στα χαρακτηριστικά των λυμάτων που εισέρχονται. Κατά τη διείσδυση μεταξύ 20 και 35%, παρατηρείται μια αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας του συστήματος, που οφείλεται στη μεγαλύτερη αναπνοή της ενεργού βιομάζας, και μια μεγαλύτερη παραγωγή της περίσσειας λάσπης. Πέρα από το ποσοστό διάδοσης του 35 – 40%, είναι απαραίτητο να γίνουν συμπληρωματικές εργασίες στη μονάδα επεξεργασίας. Θα πρέπει να σημειωθεί, βέβαια, ότι τα ευρωπαϊκά επίπεδα διείσδυσης δεν αναμένεται να υπερβούν το 15% στα επόμενα 25 με 30 χρόνια.

Επίσης, οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων αποτελούν μια ενδιαφέρουσα επιλογή για τη διαχείριση του ρεύματος των οργανικών αποβλήτων και της εκτροπής τους από την υγειονομική ταφή, καθώς έχουν το πλεονέκτημα ενός πολύ μικρού αποτυπώματος άνθρακα. Επισημαίνεται ότι οι περισσότερες μέθοδοι διαχείρισης, εκτός της οικιακής κομποστοποίησης, απαιτούν τα απόβλητα να συλλέγονται κάθε εβδομάδα ή δύο φορές την εβδομάδα για να κομποστοποιηθούν ή να υποστούν επεξεργασία, ενώ οι σκουπιδοφάγοι αποβλήτων τροφίμων μειώνουν το μεγάλο αποτύπωμα άνθρακα αυτής της συλλογής.

Σχετικά με τις επιπτώσεις της ενσωμάτωσης των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων στο υπάρχον σύστημα, όπως καταγράφονται από τη βιβλιογραφία, δεν έχουν αναφερθεί ιδιαίτερα προβλήματα εμφράξεων ή υπερχειλίσεων στο αποχετευτικό δίκτυο. Σύμφωνα με τις τεχνικές μελέτες, κατά την μεταφορά των αλεσμένων απορριμμάτων τροφίμων στο αποχετευτικό δίκτυο μόνο αμελητέα προβλήματα παρουσιάστηκαν. Το μέγεθος των σωματιδίων που εισέρχονται στο σύστημα αποχέτευσης από τους σκουπιδοφάγους είναι ένας παράγοντας που προκαλεί επιπλέον ανησυχίες για την πιθανότητα εμφράξεων λόγω της αύξησης των αποθέσεων ή της πήξης των σωματιδίων ή της εναπόθεσης λιπών και ελαίων. Τα στοιχεία που υπάρχουν δείχνουν ότι τα απόβλητα τροφίμων που εξέρχονται από τους σκουπιδοφάγους έχουν πολύ μικρές διαστάσεις και ότι οι οικιακοί σκουπιδοφάγοι δεν αυξάνουν τα λίπη και τα έλαια. Ακόμη, η αύξηση στην οικιακή κατανάλωση νερού λόγω της άλεσης των τροφίμων είναι ασήμαντη, καθώς ασήμαντο είναι και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των σκουπιδοφάγων τροφίμων και η συνδεδεμένη με αυτούς ρύπανση.

Η αποτελεσματικότητα των συστημάτων των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων εξαρτάται από την υιοθέτηση των συσκευών (διείσδυση στην αγορά) και τη συχνότητα που χρησιμοποιούνται, σε συνδυασμό με τον όγκο των αποβλήτων που απορρίπτονται μέσω αυτών. Οι τελευταίοι δύο παράγοντες μπορεί να επηρεάζονται από τις διατροφικές συνήθειες της κάθε περιοχής, από τα υλικά που μπορεί να προσλάβει ο σκουπιδοφάγος, αλλά και από την ανταπόκριση των χρηστών.

Κατά συνέπεια, η εφαρμογή των σκουπιδοφάγων αποβλήτων τροφίμων μπορεί να οδηγήσει σε πλήρη ανακύκλωση των αποβλήτων τροφίμων από τη δημιουργία μέχρι την επεξεργασία τους, την απόρριψή τους, την επεξεργασία και τη σταθεροποίησή τους στην Ε.Ε.Λ., και τέλος, την εφαρμογή τους στο έδαφος. Επιπλέον, με τη χρήση τους επιτυγχάνονται όλες οι επιθυμητές οικολογικές πρωτοβουλίες, καθώς πραγματοποιείται η αποτελεσματική διαχείριση των απόβλητων τροφίμων ως περιβαλλοντικούς πόρους. Τα εγγενή χαρακτηριστικά των οργανικών και θρεπτικών ουσιών ανακυκλώνονται πίσω στη γη. Με τη σταθεροποίηση μέσω της αναερόβιας χώνευσης παράγεται το μεθάνιο, το οποίο δεσμεύεται ως ανανεώσιμη ενέργεια και δεν απελευθερώνεται ως αέριο του θερμοκηπίου. Η δημόσια υγεία προστατεύεται, καθώς δεν απαιτείται πλέον η αποθήκευση και συλλογή των

αποβλήτων. Τέλος, τα ορυκτά καύσιμα διατηρούνται και η ανάγκη για μεταφορά των αποβλήτων αντικαθίσταται από τη χρήση του υπάρχοντος συστήματος αποχέτευσης.

## Αναφορές

---

### Στην ελληνική γλώσσα

- Αθανασιάδη, Ι. Μ., *Αποτίμηση Τεχνολογιών Ενεργειακής Αξιοποίησης Αστικών Απορριμμάτων*, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2011.
- Αμπελιώτης, Κ., *Διαχείριση πόσιμοι νερού, λυμάτων και στερεών αποβλήτων*, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 2006.
- Αμπελιώτης, Κ., *Κλιματικές Αλλαγές και Ατμόσφαιρα*, Κέντρα Εκπαίδευσης Ενηλίκων, Ινστιτούτο Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενηλίκων, Γενική Γραμματεία Εκπαίδευσης Ενηλίκων, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, 2008.
- Ανδρεαδάκης, Α., *Υγειονομική Τεχνολογία, Τεύχη 1 - 6*, Σημειώσεις Μαθήματος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Διατμηματικό - Διεπιστημονικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2008.
- Ανώνυμος, *Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων*, 2002.
- Βαϊοπούλου, Ε., *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων*, ΤΕΕ Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης, 2010.
- Βουλγαρίδου, Π., *Η Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων στο Δήμο Ιάσμου του Νομού Ροδόπης*, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2009.
- Γεωργόπουλος, Α., *Γη, ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης*, Εκδόσεις Gutenberg εκπαίδευση και περιβάλλον, Αθήνα, 2004.
- Δερματάς, Δ., *Δυνατότητες Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, «Τα σκουπίδια δεν είναι για πέταμα», Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Αν. Μακεδονίας – Θράκης*, ΤΕΕ, Τμήμα Μακεδονίας, 2010.
- Δημοπούλου, Α., *Συγκριτική Αξιολόγηση Ενεργειακής Κατανάλωσης και Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου σε Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.)*, Διατμηματικό - Διεπιστημονικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2011.
- Θέμελης, Ν. Ι., και Κορωνάιος, Χ. Ι., *Σύγκριση της Θερμικής Επεξεργασίας των Στερεών Αποβλήτων για Παραγωγή Ενέργειας και της Υγειονομικής Ταφής*, Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, IV, τεύχ. 1-2, 2004.
- Θωμά, Π., *Διαχείριση Στερεών Απορριμμάτων στο Δήμο Πατρών*, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2005.
- Κατσίρη, Α., *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων και Ιλύος*, Σημειώσεις Μαθήματος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Διατμηματικό - Διεπιστημονικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2009.
- Κώττης, Γ., *Οικολογία και Οικονομία*, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα, 1994.

- Λαζαρίδη, Κ., και Παυλόπουλος, Κ., *Ολοκληρωμένη διαχείριση οργανικών αποβλήτων και υπολειμμάτων*, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα, 2001.
- Μάστακα, Β., *Μικροβιακή διαδοχή κατά την κομποστοποίηση ιλύος από το βιολογικό καθαρισμό Ηρακλείου, με τη μέθοδο των αναστρεφόμενων σωρών*, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Βιώσιμη Ανάπτυξη», Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2007.
- Μπουρτσάλας, Α. Χ., Θέμελης, Ν. Ι., και Καλογήρου, Ε., *Περιγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (Α.Σ.Α.) για τις Περιφέρειες της Ελλάδος*, *Earth Engineering Center, Columbia University*, 2011.
- Νταρακάς, Ε., *Στοιχεία Χημείας Περιβάλλοντος*, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2011.
- Ξενιτέλλης, Δ., *Μελέτη Σκοπιμότητας για Δημιουργία Σταθμών Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) στη Λέσβο*, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών στην Περιβαλλοντική και Οικολογική Μηχανική, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη, 2004.
- Παναγιωτακόπουλος, Δ., *Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων*, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη, 2002.
- Σκορδίλης, Α., *Ελεγχόμενη εναπόθεση στερεών μη επικίνδυνων αποβλήτων*, Εκδόσεις Ίων, Αθήνα, 2006.
- Τράκας, Ι., *Η Γεωγραφία της Διαχείρισης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων – Η Περίπτωση του Νομού Αργολίδας*, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2006.
- Τσομπανόγλου, Σ., *Παρουσίαση και Αξιολόγηση Τεχνολογιών Θερμικής Επεξεργασίας και Ενεργειακής Αξιοποίησης Αστικών Στερεών Αποβλήτων*, Τμήμα Γεωτεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τ.Ε.Ι. Κοζάνης, Κοζάνη, 2009.
- Φελεσκούρα, Χ., και Παπαϊωάννου, Ε., *Σύγχρονες Τεχνολογίες Ανακύκλωσης Απορριμμάτων, Διαχείριση και Ενεργειακή Αξιοποίηση Απορριμμάτων*, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τ.Ε.Ι. Χαλκίδας, 2004.
- Φουρίκη, Β., *Διερεύνηση των Απόψεων των Κατοίκων της Σαλαμίνας και του Περάματος για τη Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυτάλλειας*, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2009.

## Ξενόγλωσσες

- Arthur S., Crow, H., and Pedezert, L., *Understanding Blockage Formation in Combined Sewer Networks*, Water Management, volume 161, 2008.
- Ashley, R. M., Bertrand-Krajewski, J. L., Hvitved-Jacobsen, T., and Verbanck, M., *Solids in Sewers: Characteristics, Effects and Control of Sewer Solids and Associated Pollutants*, IWA Publishing, London, 2004.
- Barilla Center for Food and Nutrition, *Food Waste: Causes, Impacts and Proposals*, 2012.
- Battistoni, P., Fatone, F., Passacantando, D., and Bolzella, D., *Application of Food Waste Disposers and Alternate Cycles Process in Small Decentralised Towns: A Case Study*, Water Research, 41, 893-903, 2007.

- Bragger, R., *Effects of Food Waste Disposers*, MSc Construction Management, Civil and Building Engineering, U.K., 2009.
- CECED – European Committee of Manufacturers of Domestic Appliances, *Food Waste Disposers, an Integral Part of EU's Waste Management Strategy*, Belgium, 2003.
- Chenxi, Y., *Integration of the Food Waste Disposer Unit to the Existing Sewage System*, Faculty of Technology, Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, South Eastern Finland, 2010.
- de Koning, J., and van der Graaf, J.H. J.M. , *Kitchen Food Waste Disposers, Effects on Sewer System and Wastewater Treatment*. Technical University Delft, 1996.
- Diggelman, C., and Ham, R. K., *Household Food Waste to Wastewater or to Solid Waste? That is the Question*, *Waste Management and Research*, 21, 501-514, 2003.
- Discussion Paper for a Wastewater Treatment Plant Sector Greenhouse Gas Emissions Reporting Protocol* (Final Report), prepared for California Wastewater Climate Change Group (CWCCG) and Bay Area Clean Water Agencies, 2007.
- Ducoste, J. J., Keener, K. M., Groninger, J. W., and Holt, L. M., *Fats, Roots, Oils, and Grease (FROG) in Centralized and Decentralized Systems*. Water Environment Research Foundation. IWA Publishing, London, 2008.
- Evans, T. D. , *Environmental Impact Study of Food Waste Disposers: a Report for The County Surveyors' Society & Herefordshire Council and Worcestershire County Council*, published by Worcestershire County Council, 2007.
- Evans, T. D., Andersson, P., Wievegg, Å., and Carlsson, I., *Surahammar – a Case Study of the impacts of Installing Food Waste Disposers in Fifty Percent of Households*, *Water Environment Journal*, Surahammar, Sweden, 2010.
- Gruvberger, C., Aspegren, H., Andersson, B., and la Cour Jansen, J., *Sustainability Concept for a Newly Built Urban Area in Malmo, Sweden*, *Water Science and Technology*, Volume 47, 2003.
- InSinkErator, *Food Waste Management Position Paper*, 2005.
- InSinkErator, *Environmental Responsibility Article – Mexico*, 2011.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Chapter 4, *Atmospheric Chemistry and Greenhouse Gases*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001.
- Jones, P. H., *Kitchen Garbage Grinders (KGGs / Food Waste Disposers): The Effect on Sewerage Systems and Refuse Handling*. Institute for Environmental Studies, University of Toronto, 1990.
- Karlberg, T., and Norin, E., *Food Waste Disposers – Effects on Wastewater Treatment Plants. A Study from the Town of Surahammar*, Surahammar, 1999.
- Kegebein, J., Hoffman, E., and Hahn, H. H., *Co-Transport and Co-Reuse An alternative to Separate Bio-Waste Collection?*, Institute for Municipal Water Treatment, University of Karlsruhe, 2003.
- Ketzenberger, B. A., *Effect of Ground Food Waste on the Rates of Scum and Sludge Accumulation*, University of Wisconsin, Madison 1995.
- Lundie, S., and Peters, G. M., *Life Cycle Assessment of Food Waste Management Options*, *J. Cleaner Production*, 13, 275–286, 2002.
- Marashlian, N., and El-Fadel, M., *The Effect of Food Waste Disposers on Municipal Waste and Wastewater Management*, *Waste Management and Research*, 23, 30-31, 2005.

- New York City Department of Environmental Protection, *The Impact of Food Waste Disposers in Combined Sewer Areas of New York City*, 1999.
- Nguyen, P. H. L., Kuruparan, P., and Visvanathan, C., *Anaerobic Digestion of Municipal Solid Waste as a Treatment Prior to Landfill*, Bioresource Technology, volume 98, 2007.
- Nilsson, P., Hallin, P., Johansson, J., Lennart, K. Lilja, G., Petersson, B., and Petersson, J., *Waste Management at the Source Utilizing Food Waste Disposers in the Home: a Case Study in the Town of Staffanstorp*, Department of Environmental Engineering, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden, 1990.
- Raunkjaer, K., Hvitved-Jacobsen, T. and Nielsen, P. H., *Transformation of Organic Matter in a Gravity Sewer*, Water Environment Research, 67, 181-188, 1995.
- Shahabadi, B. M., Yerushalmi, L. and Haghghat, F., *Impact of Process Design on Greenhouse Gas (GHG) Generation by Wastewater Treatment Plants*, Water Research Vol 43, p 2679-268, 2009.
- Snip, L., Keesman, K. J., Vanrolleghem, P. A. and van Straten, G., *Quantifying the Greenhouse Gas Emissions of Wastewater Treatment Plants, Thesis Systems and Control*, Wageningen University, Université Laval, Model Eau, 2009.
- Tendaj, M., Snith, Å., von Scherling, M., Hellström, D., Mossakowska, A., Millers-Dalsjö, D., Jonsson, Å., Berglund, L. and Reinius, L-G., *Kitchen Disposal Units (KDU) in Stockholm*, Stockholm Water, 2008.
- Tsagarakis, K. P., *The Treatment of Municipal Wastewater in Greece*, Ph. D. Thesis, University of Leeds, School of Civil Engineering, Leeds,UK, 1999.

## Ηλεκτρονικές πηγές

<http://www.greenpeace.gr>

<http://aix.meng.auth.gr>

<http://www.e-telescope.gr>

<http://www.eedsa.gr>

<http://www.minenv.gr>

[http://www.epa.gov/climatechange/waste/calculators/Warm\\_home.html](http://www.epa.gov/climatechange/waste/calculators/Warm_home.html)

# Παράρτημα Α: Παρουσίαση θεσμικού πλαισίου για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων

---

## Θεσμικό πλαίσιο

Η Οδηγία 91/271/Ε.Ο.Κ. ορίζει την ελάχιστη αναγκαία τεχνική υποδομή σε δίκτυα αποχέτευσης και εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, που πρέπει να διαθέτουν οι οικισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ανάλογα με τον πληθυσμό και τον αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων. Οι υδάτινοι αποδέκτες, στους οποίους καταλήγουν τα αστικά λύματα, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: κανονικούς, ευαίσθητους και λιγότερο ευαίσθητους. Επίσης, καθορίζει τα όρια για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων, τα οποία αναφέρονται σε σύνθετα δείγματα 24ώρου και πρέπει να επιτυγχάνονται στις εκροές των αντίστοιχων εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Τέλος, προβλέπει συγκεκριμένα χρονικά όρια μέσα στα οποία οι οικισμοί, που εμπίπτουν στις διατάξεις της, οφείλουν να ολοκληρώσουν την απαιτούμενη σε κάθε περίπτωση υποδομή συλλογής, επεξεργασίας και διάθεσης των αστικών τους λυμάτων.

Σύμφωνα με τις διατάξεις της Οδηγίας 91/271/Ε.Ο.Κ., η απαιτούμενη υποδομή για κάθε οικισμό και ο προσδιορισμός του απαιτούμενου επιπέδου επεξεργασίας καθορίζεται από ένα συνδυασμό κριτηρίων και συγκεκριμένα από:

- τις ολικές μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού των οικισμών (Ο.Μ.Π.). Επισημαίνεται ότι το φορτίο, που εκφράζεται σε μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού (Μ.Ι.Π.), πρέπει να υπολογίζεται με βάση το μέγιστο μέσο εβδομαδιαίο φορτίο που εισέρχεται στο σταθμό επεξεργασίας στη διάρκεια του έτους, εξαιρουμένων των ασυνήθιστων καταστάσεων, όπως οι περιπτώσεις πλημμυρικών παροχών.
- το γενικό χαρακτήρα του υδάτινου αποδέκτη των αστικών λυμάτων (ευαίσθητοι, λιγότερο ευαίσθητοι, κανονικοί).
- τον ειδικό χαρακτήρα της περιοχής όπου οδηγούνται τα επεξεργασμένα αστικά λύματα (παράκτια ύδατα, γλυκά νερά και εκβολές ποταμών).

Οι διατάξεις που ορίζουν την απαιτούμενη υποδομή, με βάση τα ανώτερα κριτήρια, ορίζουν ταυτόχρονα και τις χρονικές προθεσμίες μέσα στις οποίες πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί όλες οι αναγκαίες υποδομές. Σε κάθε περίπτωση, οι καταληκτικές ημερομηνίες είναι τρεις: τα τέλη των ετών 1998, 2000 και 2005.

Ο χαρακτηρισμός των αποδεκτών σε κανονικούς, ευαίσθητους και λιγότερο ευαίσθητους γίνεται σε μεγάλο βαθμό με βάση τα υδροδυναμικά τους χαρακτηριστικά και έμμεσα με βάση την αφομοιωτική τους ικανότητα, με ιδιαίτερη έμφαση στο φαινόμενο του ευτροφισμού και στις χρήσεις των νερών.

Σύμφωνα με την Οδηγία, ευαίσθητοι αποδέκτες θεωρούνται:



- οι φυσικές λίμνες γλυκών υδάτων, εκβολές ποταμών και παράκτια ύδατα, όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός ή μπορεί να παρουσιαστεί, αν δε ληφθούν προστατευτικά μέτρα,
- τα επιφανειακά γλυκά ύδατα για άντληση πόσιμου νερού, των οποίων η περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα υπερβαίνει ή θα μπορούσε να υπερβεί τα 50 mg/L (σχετική και η Οδηγία 75/440/Ε.Ο.Κ. περί της απαιτούμενης ποιότητας των επιφανειακών υδάτων που προορίζονται για πόσιμο νερό).
- περιοχές όπου απαιτείται δευτεροβάθμια επεξεργασία, για την τήρηση άλλων Οδηγιών του Συμβουλίου (π.χ. Οδηγία για την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων, Οδηγία για την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης, Οδηγία για τη διαβίωση ιχθύων, Οδηγία για τα ύδατα για οστρακοειδή, Οδηγία για την προστασία των οικοσυστημάτων, καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας).

Για να χαρακτηριστεί μια υδάτινη περιοχή ως ευαίσθητη αρκεί να ισχύει έστω και ένα από τα ανωτέρω κριτήρια. Ωστόσο, η Οδηγία 91/271/Ε.Ο.Κ. δε δίνει σαφέστερα ποσοτικά κριτήρια για το χαρακτηρισμό των αποδεκτών ως προς την ευαισθησία τους, γεγονός που οφείλεται και στη γενικότερη εγγενή ασάφεια που χαρακτηρίζει το φαινόμενο του ευτροφισμού, το οποίο αποτελεί και τον αρχικό δείκτη ευαισθησίας ενός αποδέκτη. Επισημαίνεται ότι ο χαρακτηρισμός του βαθμού ευαισθησίας των αποδεκτών θα πρέπει να αναθεωρείται κάθε τέσσερα χρόνια (Ανδρεαδάκης, 2008).

Σε αντίθεση με το χαρακτηρισμό των ευαίσθητων περιοχών, που αποτελεί υποχρέωση, ο προσδιορισμός λιγότερο ευαίσθητων περιοχών συνιστά μια δυνατότητα που παρέχεται στα κράτη μέλη για ορισμένες περιπτώσεις υδάτων (ακτών και εκβολών ποταμών), όπου, λόγω ειδικών υδροδυναμικών συνθηκών, ενδέχεται τα αστικά λύματα να υποστούν επεξεργασία χαμηλότερου επιπέδου από τη δευτεροβάθμια. Ο χαρακτηρισμός αυτός σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να συνοδεύεται από αναλυτικές και εμπειριστατωμένες μελέτες, που θα αποδεικνύουν και θα τεκμηριώνουν ότι η πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων, που απορρίπτονται στις περιοχές αυτές, δεν επιδρά αρνητικά στο περιβάλλον.

Αξίζει να επισημανθεί ότι παρά τη θεσμική δυνατότητα καθορισμού λιγότερο ευαίσθητων αποδεκτών, στην Ελλάδα δεν έχουν ορισθεί τέτοιοι αποδέκτες και ο διαχωρισμός έχει περιορισθεί μεταξύ ευαίσθητων και κανονικών, με συνέπεια η βιολογική επεξεργασία των λυμάτων να αποτελεί την ελάχιστη απαίτηση (Ανδρεαδάκης, 2008).

### **Εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/Ε.Ο.Κ. στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα η εν λόγω Οδηγία έχει ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο με την Κ.Υ.Α. 5673/400/1997 (Φ.Ε.Κ. 192Β/14-3-1997) με τίτλο «Μέτρα και Όροι για την Επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων» και την τροποποίηση αυτής το 1999 (Υ.Α. 19661/1982/1999 (Φ.Ε.Κ. 1811Β/29-9-1999)). Με την αναθεώρηση του 2002 (Κ.Υ.Α. 48392/939/3-2-2002 (Φ.Ε.Κ. 405Β/3-4-2002) καθορίστηκε ο κατάλογος των ευαίσθητων αποδεκτών. Η τήρηση των σχετικών προθεσμιών, που θέτει η Οδηγία, εμφανίζει αντικειμενικές δυσκολίες στην Ελλάδα, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην καθυστέρηση που σημειώθηκε ως προς την εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας με την Οδηγία. Πρόσθετες δυσκολίες που αντιμετωπίζει η Ελλάδα προέρχονται από τους νεοσύστατους Δήμους του Προγράμματος «Ι. Καποδίστριας» που παρουσιάζουν περιορισμένη πληθυσμιακή δύναμη και σημαντική διασπορά των οικιστικών τους διαμερισμάτων. Για τις περιπτώσεις αυτές είναι σκόπιμο να αναπτυχθεί μια στρατηγική που θα ακολουθήσει τις κατευθύνσεις ενός εξειδικευμένου σχεδιασμού για τη συλλογή και την επεξεργασία των αστικών τους λυμάτων.

Τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, έγιναν σημαντικές ενέργειες και βήματα, κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας, που σήμερα ως επί το πλείστον διαθέτουν αποχετευτικά δίκτυα και εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, με χρηματοδοτήσεις από τα Α', Β' και Γ' Κοινοτικά Πλαίσια Στήριξης, το Ταμείο Συνοχής, κ.α.

Σε επίπεδο χώρας, η συνολική παραγωγή αστικών υγρών αποβλήτων αντιστοιχεί σε ισοδύναμο πληθυσμό 12 – 12.5 εκατομμυρίων. Το ποσοστό που εξυπηρετείται από εγκαταστάσεις δευτεροβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων ανέρχεται σήμερα σε 80%. Η χρονική εξέλιξη κατασκευής και λειτουργίας των εγκαταστάσεων στην Ελλάδα και του αντίστοιχου εξυπηρετούμενου πληθυσμού χαρακτηρίζεται από τη σημαντική αύξηση του ποσοστού του εξυπηρετούμενου πληθυσμού το 1994, που οφείλεται στην έναρξη της λειτουργίας της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Ψυτάλλειας (και πληρέστερα μετά το 2004, όταν ολοκληρώθηκαν τα έργα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας στην Ψυτάλλεια).

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τη συνοπτική κατάσταση σε επίπεδο χώρας, αναφορικά με τον αριθμό και τα αντίστοιχα ποσοστά εν λειτουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, οι οποίες εξυπηρετούν ελληνικές πόλεις παρέχοντας δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια επεξεργασία (Ανδρεαδάκης, 2008).

Πίνακας Α.1: Εξυπηρετούμενος από Ε.Ε.Λ. ισοδύναμος πληθυσμός στην Ελλάδα (2006).

Πόλεις με ι.κ.	Ποσοστό πόλεων με Ε.Ε.Λ.
> 150 000	100%
100 000 – 150 000	80%
50 000 – 100 000	85%
15 000 – 50 000	70%
2 000 – 15 000	20%

Πηγή: Ανδρεαδάκης, 2008

### **Εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/Ε.Ο.Κ. στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης**

Από τον Ιανουάριο του 1999, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει δημοσιεύσει τρεις εκθέσεις σχετικά με την εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/Ε.Ο.Κ. και την πρόοδο που έχουν σημειώσει τα κράτη μέλη. Με βάση την τρίτη έκθεση, η οποία δημοσιεύτηκε το 2004 και παρουσιάζει τα έργα που είχαν υλοποιήσει τα κράτη μέλη μέχρι το τέλος του 2000, προέκυπτε ότι σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης το 65% περίπου του παραγόμενου οργανικού φορτίου υφίστατο επεξεργασία σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας.

Μία ομάδα χωρών αποτελούμενη από τη Γερμανία, την Αυστρία, τη Δανία και την Ολλανδία είχαν επιτύχει συμμόρφωση για το 100% των λυμάτων, η Σουηδία και η Μεγάλη Βρετανία για το 75 – 85% των λυμάτων, ενώ για την Ιρλανδία, την Πορτογαλία, το Βέλγιο, το Λουξεμβούργο και τη Φινλανδία το ποσοστό συμμόρφωσης ήταν ιδιαίτερα χαμηλό, αφού ξεπερνούσε το 35% των λυμάτων. Η Ελλάδα με την Ισπανία, τη Γαλλία και την Ιταλία είχαν επιτύχει ένα μέτριο ποσοστό συμμόρφωσης, που αντιστοιχούσε στο 50% των λυμάτων. Ωστόσο, για την Ελλάδα με την έναρξη λειτουργίας της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας στη Ψυτάλλεια στο τέλος του 2004, το ποσοστό συμμόρφωσης ανήλθε στο 80% περίπου. Κατά συνέπεια, παράλληλα με την ολοκλήρωση κάποιων λίγων έργων σε μεγάλες πόλεις, έμφαση θα πρέπει να δοθεί στην κατασκευή Ε.Ε.Λ. στις πόλεις μεταξύ 2 000 – 15 000 κατοίκων, όπου τα ποσοστά παραμένουν ακόμα χαμηλά (Ανδρεαδάκης, 2008).

# Παράρτημα Β: Παρουσίαση νομοθετικού πλαισίου και υφιστάμενης κατάστασης για τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων

---

## Παρουσίαση εθνικού και ευρωπαϊκού νομοθετικού πλαισίου

### Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των Α.Σ.Α. στην Ελλάδα

Η Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Ε.Ε.Δ.Σ.Α.) καταγράφει ένα σύντομο ιστορικό του θεσμικού πλαισίου που διέπει τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα ([www.eedsa.gr](http://www.eedsa.gr)).

Η πρώτη διάταξη για τη διαχείριση των αποβλήτων στην Ελλάδα ήταν η Υ.Α. ΕΙΒ/301/64 «περί συλλογής, αποκομιδής και διάθεσης απορριμμάτων», η οποία και καθόριζε τις τεχνικές προδιαγραφές για τη διαχείριση των απορριμμάτων και πιο συγκεκριμένα για τη συλλογή αλλά και τη διάθεση αυτών. Σύμφωνα με το άρθρο 7 «επιτρέπονται κατόπιν αποφάσεως του Νομάρχου εκδιδόμενη μετά σύμφωνον γνώμην του Υγειονομικού Κέντρου τη αιτήσει του Δήμου ή της Κοινότητας, αι κάτωθι παρεκκλίσεις των δια της παρούσης καθοριζομένων όρων», δινόταν ουσιαστικά ή δυνατότητα για παρέκκλιση από τα άρθρα της ρύθμισης με απλή απόφαση νομάρχη.

Λίγα χρόνια αργότερα ψηφίζονται οι νομοθετικές ρυθμίσεις Ν.Δ. 703/1970, Ν. 25/1975, Ν. 429/1976, Ν. 1080/1980, οι οποίες καθορίζουν τον υπολογισμό των δημοτικών τελών καθαριότητας (αποκομιδή απορριμμάτων) με βάση τα  $m^2$  του νοικοκυριού. Με βάση τις προαναφερθείσες ρυθμίσεις καθορίζονται σε ετήσια βάση τα δημοτικά τέλη που καλούνται να πληρώσουν οι πολίτες. Η σύνδεση των τελών διαχείρισης απορριμμάτων με το μέγεθος του οικοπέδου και όχι με την παραγωγή αυτών, έχει ως αποτέλεσμα ο πολίτης είτε να μη γνωρίζει είτε να μην έχει κίνητρο να μειώσει τα παραγόμενα απορρίμματα. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η εφαρμογή ενός συστήματος κοστολόγησης με βάση τη συμπεριφορά του πολίτη ή της επιχείρησης και όχι την αντικειμενική αξία του ακινήτου και το συνολικό εμβαδόν του.

Το 1985 ψηφίζεται ο Νόμος 1650 «για την προστασία του περιβάλλοντος», ο οποίος και θέτει το γενικό πλαίσιο, αλλά και τους στόχους και τα μέσα για την προστασία του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με το άρθρο 12 ορίζονταν αρμόδιοι φορείς για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων οι Ο.Τ.Α., οι οποίοι όμως είχαν τη δυνατότητα να μην διαχειρίζονται απόβλητα που λόγω της σύστασής τους δεν μπορούν να διατεθούν μαζί με τα οικιακά απορρίμματα. Σε αυτή την περίπτωση αρμόδιος για τη διαχείριση με βάση το νόμο είναι τα φυσικά ή νομικά πρόσωπα από τις δραστηριότητες των οποίων παράγονται τα συγκεκριμένα απόβλητα.

Η πρώτη προσπάθεια προσαρμογής της Ελληνικής Νομοθεσίας για τη διαχείριση των απορριμμάτων με την αντίστοιχη Κοινοτική έγινε με την Κ.Υ.Α. 49541/1424/86 «στερεά απόβλητα σε συμμόρφωση με την Οδηγία 75/442/Ε.Ο.Κ.». Με την Κ.Υ.Α. αυτή, διατυπώνονται οι βασικές αρχές που πρέπει να διέπουν τη διαχείριση των απορριμμάτων, ώστε να μην τίθεται σε κίνδυνο, άμεσα ή έμμεσα, η δημόσια υγεία και να μην

δημιουργούνται βλάβες στο περιβάλλον, ενώ περιγράφεται για πρώτη φορά η αναγκαιότητα σύνταξης Σχεδίων Διαχείρισης, καθώς και οι διαδικασίες που πρέπει να τηρούνται. Επιπροσθέτως, δίνεται ο ορισμός των βασικών εννοιών και ορίζονται οι φορείς διαχείρισης των απορριμμάτων, καθορίζονται οι φάσεις του σχεδιασμού διαχείρισης, ρυθμίζεται το θέμα των αδειών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, που χορηγούνται σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα, πέρα των Ο.Τ.Α. Προβλέπεται, επίσης, η άσκηση ελέγχου στις εγκαταστάσεις, βιομηχανίες και επιχειρήσεις που διαχειρίζονται στερεά απόβλητα, καθορίζονται οι υπόχρεοι καταβολής δαπάνης διαχείρισης και αναφέρονται οι κατά περίπτωση κυρώσεις για τη μη συμμόρφωση των υπόχρεων προς τις οδηγίες των αρμόδιων υπηρεσιών, που μπορεί να είναι ποινικές, διοικητικές ή και χρηματικά πρόστιμα.

Το 1994 συγκροτείται με το Ν. 2242/1994 (άρθρο 4) «Ειδικό Σώμα Ελεγκτών για την Προστασία του Περιβάλλοντος», που τελούσε υπό την «εποπτεία» του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, καθώς και του οικείου Νομάρχη και του Περιφερειάρχη. Ανάμεσα στις αρμοδιότητές του ήταν «η προστασία του περιβάλλοντος από τις καταστροφές του δασικού πλούτου, τις καταπατήσεις των δημόσιων εκτάσεων, τις παράνομες κατατμήσεις γης, τις αυθαίρετες κατασκευές, τις παράνομες επεμβάσεις στα ρέματα, στον αιγιαλό και στη ζώνη παραλίας και σε κάθε άλλη παράνομη δραστηριότητα, που μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον». Επίσης, ασκούσε τον έλεγχο για την τήρηση των περιβαλλοντικών όρων σε περιπτώσεις κατασκευής έργων ή εκτέλεσης δραστηριοτήτων που θέτουν σε κίνδυνο το περιβάλλον. Επρόκειτο, όπως αποδείχθηκε, για μια ελάχιστη ευέλικτη υπηρεσιακή μονάδα, που την έφεραν συχνά σε αντιπαράθεση με τις υπηρεσίες της Τοπικής Αυτοδιοίκησης. Με το άρθρο 9 του Ν. 2947/2001, καταργήθηκε το Ειδικό Σώμα Ελεγκτών για την Προστασία του Περιβάλλοντος και προβλέφθηκε η αντικατάστασή του από μια νέα οργανωτική μονάδα. Η «Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Περιβάλλοντος» (Ε.Υ.Ε.Π.) υπάγεται απευθείας στον Υπουργό Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε. και διαθέτει αρμοδιότητες με περιεχόμενο κυρίως ελεγκτικό και γνωμοδοτικό.

Το 1996 εκδίδεται η Κ.Υ.Α. 69728/824 (καταργήθηκε) στην οποία, εκτός από τις γενικές κατευθύνσεις και την κατάρτιση πλαισίου τεχνικών προδιαγραφών, δίδεται ιδιαίτερη σημασία στη σύνταξη Σχεδίων Διαχείρισης των αποβλήτων και ορίζονται οι αρμόδιοι φορείς τόσο για τον σχεδιασμό, όσο και για την εφαρμογή τους. Σε επίπεδο νομού, η αρμοδιότητα ανήκει στη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση και σε περίπτωση αδυναμίας της, στην οικεία Περιφέρεια. Δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην εξυγίανση των χώρων διάθεσης, μετά το τέλος της λειτουργίας τους και στην αποκατάσταση ανεξέλεγκτων χώρων διάθεσης. Τέλος, προσαρτώνται σε αυτήν ως παραρτήματα οι Ευρωπαϊκοί Κατάλογοι Αποβλήτων (Ε.Κ.Α.), όπως καταγράφονται στην Απόφαση 94/3/Ε.Κ. Το ίδιο έτος εκδίδεται η εγκύκλιος 9/96/30-01-1996 του Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε., με την οποία καθορίζεται πιο αναλυτικά το περιεχόμενο του φακέλου προέγκρισης χωροθέτησης των εγκαταστάσεων διάθεσης απορριμμάτων.

Ένα χρόνο αργότερα με την έκδοση της Κ.Υ.Α. 113944/97 (καταργήθηκε) για τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων και της Κ.Υ.Α. 114218/97 για την κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων ολοκληρώνεται και εξειδικεύεται το νομοθετικό πλαίσιο για την διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Λίγα χρόνια αργότερα ο Νόμος 2939/2001 διαμορφώνει το θεσμικό πλαίσιο για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων. Με το νόμο αυτό, ενσωματώνεται η Οδηγία 94/62/Ε.Ο.Κ. στο Εθνικό Δίκαιο και καθορίζεται το πλαίσιο για την υλοποίηση προγραμμάτων ανακύκλωσης/επαναχρησιμοποίησης/αξιοποίησης συσκευασιών και άλλων προϊόντων (μπαταρίες, ηλεκτρονικά, ελαστικά, κ.α.), με τη θέσπιση

συγκεκριμένων ποσοτικών στόχων και χρονικών ορίων για την προσέγγισή τους. Ειδικά, τα σχετικά προεδρικά διατάγματα καθορίζουν τους επιμέρους όρους για το κάθε ρεύμα αποβλήτου. Ως σήμερα έχουν εκδοθεί τα Π.Δ. 82/2004, 109/2004, 115/2004, 116/2004, 117/2004 και 15/2006 για τα ορυκτέλαια, τα ελαστικά, τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές, τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους και τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, αντίστοιχα. Μέχρι την έναρξη λειτουργίας του Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π. οι αρμοδιότητες που ανατίθενται σε αυτόν με το Νόμο 2939, ασκούνται από τη Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Για το σκοπό αυτό έχει συσταθεί το γραφείο εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών/άλλων προϊόντων, το οποίο υπάγεται στη Διεύθυνση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού και στο οποίο έχει ανατεθεί η εποπτεία και ο έλεγχος εφαρμογής του νόμου.

Το 2003 δημοσιεύεται η Κ.Υ.Α. 37591/2031/2003 για τη διαχείριση των αποβλήτων από υγειονομικές μονάδες. Με βάση την παραπάνω Κ.Υ.Α., υποχρεούνται οι υγειονομικές μονάδες να εκπονήσουν Εσωτερικό Κανονισμό Διαχείρισης Επικινδύνων Ιατρικών Αποβλήτων, ενώ απαιτείται και η παράλληλη ενεργοποίηση και συμμετοχή των Επιτροπών Υγιεινής και Ασφάλειας, οι οποίες θα πρέπει να παίζουν καθοριστικό ρόλο τόσο στην ενημέρωση των εργαζομένων όσο και στην εποπτεία της ορθής λειτουργίας του συστήματος διαχείρισης των επικινδύνων ιατρικών αποβλήτων. Την ίδια χρονιά δημοσιεύεται η Κ.Υ.Α. 50910/2727/2003 «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων - Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης» για την πλήρη συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 91/156/Ε.Ο.Κ. Στην προαναφερθείσα Κ.Υ.Α. καθορίζονται οι στόχοι και οι αρχές της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, καθώς και οι προδιαγραφές του εθνικού (Ε.Σ.Δ.Α.) αλλά και των περιφερειακών σχεδίων (ΠΕ.Σ.Δ.Α.) για την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων. Επιπλέον, καθορίζονται οι υπόχρεοι φορείς για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (Φο.Σ.Δ.Α.), καθώς και μέτρα για την αποκατάσταση και αξιοποίηση των χώρων διάθεσης.

Οι πιο πρόσφατες νομοθετικές ρυθμίσεις αφορούν στη δημοσίευση της Κ.Υ.Α. 13588/725/2006 «Μέτρα, όροι και περιορισμοί για την διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων», την έγκριση του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Επικινδύνων Αποβλήτων (Υ.Α. 8668/2007) και τη δημοσίευση του Ν. 3536/2007, ο οποίος καθορίζει τη νομική μορφή των Φο.Δ.Σ.Α. και προβλέπει τη δημοσίευση κοινής υπουργικής απόφασης, η οποία θα εξειδικεύει οργανωτικά τους ζητήματα και ζητήματα τιμολογιακής πολιτικής. Θα πρέπει να σημειωθεί, τέλος, και ο Ν.3688/08, στο άρθρο 15 του οποίου συμπληρώνονται ορισμένες διατάξεις του Ν.33536/07 για τους Φο.Δ.Σ.Α.

Εκτός όμως από τους παραπάνω Νόμους και Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις που παρουσιάζονται από την Ε.Ε.Δ.Σ.Α., υπάρχουν και κάποια επιπλέον σημαντικά στοιχεία που αφορούν τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Σύμφωνα λοιπόν με το Ν.3536/07 και το άρθρο 30, τροποποιείται το άρθρο 12 του Νόμου 1650/1986 σχετικά με τον ορισμό των Φο.Σ.Δ.Α. Αναφέρει λοιπόν το άρθρο 30 πως: «Τροποποιείται η παρ. 2 του άρθρου 12 του ν.1650/1986 (ΦΕΚ 160 Α΄) ως προς τον ορισμό των αρμόδιων φορέων για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων και των ανάλογων αρμοδιοτήτων των Ο.Τ.Α. (παρ. 3 και 4). Η προσωρινή αποθήκευση, μεταφόρτωση, επεξεργασία, αξιοποίηση και διάθεση των στερεών αποβλήτων σε κάθε Περιφέρεια της χώρας διενεργείται με ευθύνη των Φο.Δ.Σ.Α., που προβλέπονται στο άρθρο 7 παρ. 2 της Κ.Υ.Α. 50910/2727/2003 (ΦΕΚ 1909 Β΄/22.12.2003), οι οποίοι αντιστοιχούν στις διαχειριστικές ενότητες κάθε Περιφέρειας και οι οποίοι οργανώνονται σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στις επόμενες παραγράφους».

Με την Κ.Υ.Α. 29407/3508/2002 καθορίζονται τα μέτρα και οι όροι για την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων. «Η παρούσα απόφαση αποσκοπεί στην εφαρμογή των διατάξεων των άρθρων 11 και 12 του Ν. 1650/1986 και ειδικότερα των διατάξεων των άρθρων 4 και 7 (παρ.2) της 69728/1996 κοινής υπουργικής απόφασης και των άρθρων 4 και 5 της 19396/1997 κοινής υπουργικής απόφασης που έχουν εκδοθεί κατά εξουσιοδότηση του άρθρου 12 του ως άνω Νόμου και συγχρόνως η συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 1999/31/ΕΚ του Συμβουλίου της 26ης Απριλίου 1999 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων που έχει δημοσιευθεί στην Ελληνική Γλώσσα στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΕΕL 182/1/16-7-1999) ώστε με τη θέσπιση αυστηρών λειτουργικών και τεχνικών απαιτήσεων για τα απόβλητα και τους χώρους υγειονομικής ταφής να προσδιορίζονται τα μέτρα, οι διαδικασίες και οι κατευθύνσεις για την κατά το δυνατόν πρόληψη ή μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και ειδικότερα α) της ρύπανσης των επιφανειακών και των υπογείων υδάτων, του εδάφους και της ατμόσφαιρας και των επιπτώσεων σε όλο το περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς και β) οποιουδήποτε κινδύνου προκύπτει για την υγεία του ανθρώπου από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων καθ' όλο τον κύκλο ζωής του χώρου υγειονομικής ταφής».

Με την Κ.Υ.Α. 50910/2727/2003 καθορίζονται τα μέτρα και οι όροι για τη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων και ο Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης. Σκοπός της είναι η πλήρης συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 91/156/Ε.Ο.Κ. του συμβουλίου της 18ης Μαρτίου 1991 για την «Τροποποίηση της Οδηγίας 75/442/Ε.Ο.Κ. που αφορά τα στερεά απόβλητα». Με την προαναφερθείσα Οδηγία καθορίζονται κατευθύνσεις, μέτρα, όροι και διαδικασίες για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων έτσι ώστε να υπάρξει πρόληψη ή μείωση, όσο γίνεται εφικτό, των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ένα υγιές επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας.

Για την ολοκλήρωση του θεσμικού πλαισίου που διέπει τη διαχείριση των απορριμμάτων στην Ελλάδα απαιτούνται ορισμένες συμπληρωματικές δράσεις όπως ενδεικτικά:

- Τροποποίηση της Κ.Υ.Α. 114218/ ΦΕΚ 1016/Β/17-11-1997 και κατάρτιση σύγχρονων τεχνικών προδιαγραφών για τη διαχείριση των απορριμμάτων
- Διαμόρφωση πλαισίου προδιαγραφών για τα ανακυκλώσιμα υλικά
- Θέσπιση τιμολογιακής πολιτικής με ορθολογικά κριτήρια παραγωγής απορριμμάτων
- Θέσπιση κριτηρίων αποδοχής αποβλήτων για την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων
- Ενσωμάτωση Οδηγιών της Ε.Ε. όπως :
  - Οδηγία 2006/21/Ε.Κ. σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/Ε.Κ.
  - Οδηγία 2006/66/Ε.Κ. σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών και με την κατάργηση της οδηγίας 91/157/Ε.Ο.Κ.
  - Οδηγία 2005/32/Ε.Κ. για θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού σε ό, τι αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και για τροποποίηση της οδηγίας 92/42/Ε.Ο.Κ. και των οδηγιών 96/57/Ε.Κ. και 2000/55/Ε.Κ.

## Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των Α.Σ.Α. στην Ευρωπαϊκή Ένωση

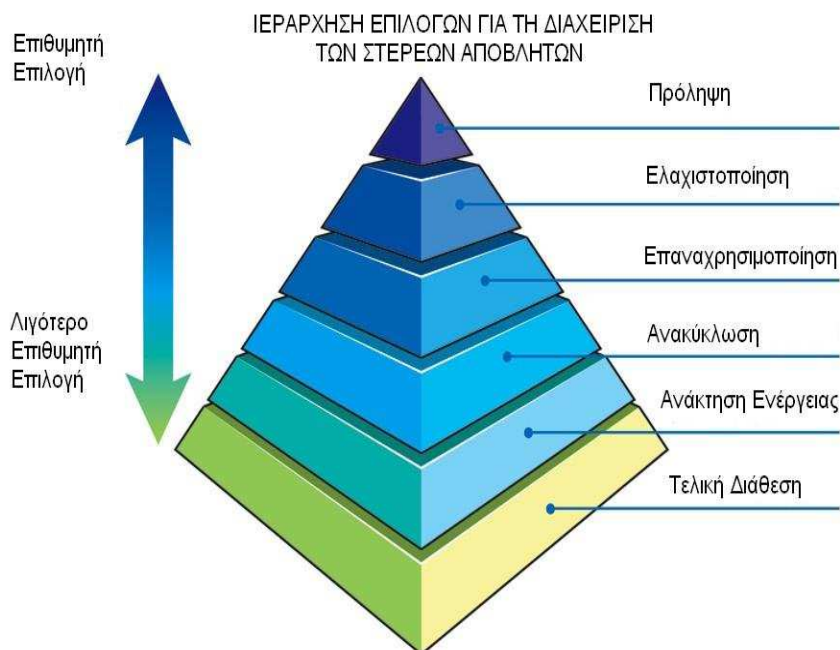
Συγχρόνως, η Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Ε.Ε.Δ.Σ.Α.) παρουσιάζει το θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση ([www.eedsa.gr](http://www.eedsa.gr)).

Η Κοινοτική πολιτική για την προστασία του περιβάλλοντος ξεκίνησε ουσιαστικά με τη Σύνοδο κορυφής των Παρισίων το 1974. Ακολούθησαν τα «προγράμματα δράσης» της Κοινότητας και ήδη από το 1975 προβλέπονται στον κοινοτικό προϋπολογισμό κονδύλια για την προστασία του περιβάλλοντος. Το 1981 οι ως τότε διάσπαρτες περιβαλλοντικές υπηρεσίες συγχωνεύονται στη Γενική Διεύθυνση XI (περιβάλλον, πυρηνική ασφάλεια προστασία πολιτών) και υπό το πρίσμα των εξελίξεων υιοθετείται η Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη (1η Ιουλίου 1987) ως ανεξάρτητη πολιτική για το περιβάλλον. Την ίδια χρονιά υιοθετείται το 4ο Πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον, με βασικό στόχο την αποτελεσματική εφαρμογή της κοινοτικής νομοθεσίας για το περιβάλλον από τα κράτη μέλη. Ακολούθησε το 5ο Πρόγραμμα Δράσεως για το Περιβάλλον «προς μια αειφόρο ανάπτυξη», το οποίο θέσπισε τις αρχές μιας πιο ενεργητικής Ευρωπαϊκής στρατηγικής για την περίοδο 1992-2000 και σηματοδότησε την αρχή μίας οριζόντιας κοινοτικής δράσεως, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες ρύπανσης (βιομηχανία, ενέργεια, τουρισμός, μεταφορές, γεωργία). Πλέον είναι σε εξέλιξη το 6ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον, το οποίο προσδιορίζει γενικούς στόχους και καθορίζει κατάλογο περιβαλλοντικών προτεραιοτήτων μέχρι και το έτος 2010.

Τα βασικότερα σημεία της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι τα εξής:

- Η πρόληψη είναι προτιμότερη από τη λήψη διορθωτικών μέτρων.
- Τα περιβαλλοντικά προβλήματα πρέπει να αντιμετωπίζονται στην πηγή τους.
- Ο ρυπαίνων πρέπει να πληρώνει το κόστος των μέτρων που θα ληφθούν για την προστασία του περιβάλλοντος.
- Η περιβαλλοντική πολιτική πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να αποτελεί τμήμα των άλλων πολιτικών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

Ολόκληρη η περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε. βασίζεται στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Οι πληρωμές μπορεί να πραγματοποιηθούν με τη μορφή επενδύσεων για να επιτευχθεί συμμόρφωση προς αυστηρότερα πρότυπα ή με τη μορφή φόρου επιβαλλόμενου στις επιχειρήσεις ή στους καταναλωτές που χρησιμοποιούν μη οικολογικά προϊόντα (π.χ. ορισμένους τύπους συσκευασιών).



Σχήμα Β.1: Ιεράρχηση επιλογών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων ([www.eedsa.gr](http://www.eedsa.gr))

Όταν οι κίνδυνοι που απειλούν το περιβάλλον είναι περισσότερο δυνητικοί παρά αποδεδειγμένα υπαρκτοί, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εφαρμόζει αυτό που είναι γνωστό ως «αρχή της προφύλαξης», δηλαδή προτείνει μέτρα προστασίας, αν ο κίνδυνος φαίνεται πραγματικός, ακόμα και αν δεν υπάρχει απόλυτη επιστημονική βεβαιότητα. Ειδικότερα για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, αυτή με βάση τις κοινοτικές Οδηγίες θα πρέπει να βασίζεται στις εξής αρχές:

### 1. Αρχή της πρόληψης ή και μείωσης των παραγόμενων αποβλήτων

Βασικό ζήτημα στην πρόληψη παραγωγής απορριμμάτων αποτελεί η εκτίμηση των επιπτώσεων από το στάδιο της εξαγωγής παρθένων πρώτων υλών, της επεξεργασίας, μεταποίησης, μεταφοράς και χρήσης. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν – σε αρκετά παγιωμένη μορφή – μέθοδοι αναλύσεων κύκλου ζωής για τα κάθε είδους προϊόντα, κατασκευές, κ.λπ. Ήδη, όμως, έχουν ληφθεί αποφάσεις που υλοποιούνται είτε μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων (π.χ. LIFE), είτε μέσω θεσμοθέτησης τεχνικών προτύπων, στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης (CEN). Σε ειδικές περιπτώσεις η πρόληψη μπορεί να γίνεται μέσω περιορισμών ή απαγορεύσεων στη χρήση συγκεκριμένων ουσιών (π.χ. βαρέων μετάλλων), ώστε να προλαμβάνεται σε μεταγενέστερο στάδιο η δημιουργία επικίνδυνων αποβλήτων. Άλλοι τρόποι συνεισφοράς στην πρόληψη, είναι τα προγράμματα οικολογικών ελέγχων, με παράλληλη θέσπιση κινήτρων ή και αντικινήτρων σε οικονομικούς φορείς του δημόσιου ή του ιδιωτικού τομέα (οικολογικό σήμα) και η ενθάρρυνση των καταναλωτών να αγοράσουν προϊόντα που ρυπαίνουν λιγότερο.

### 2. Αρχή επαναχρησιμοποίησης των υλικών

Με βάση και την ευθύνη του παραγωγού, ο κατασκευαστής οφείλει να εξασφαλίζει τα μέσα, όχι μόνο για να περιορίσει τη δημιουργία αποβλήτων, (με συνετή χρήση των φυσικών πόρων, ανανεώσιμων πρώτων υλών ή μη επικίνδυνων υλικών) αλλά και για τη δημιουργία προϊόντων ώστε να διευκολύνεται η επαναχρησιμοποίηση και η ανάκτησή τους.

### 3. Αρχή ανακύκλωσης και αξιοποίησης των υλικών



Η ανάκτηση από τα απορρίμματα αποτελεί τον πυρήνα κάθε αειφόρου πολιτικής διαχείρισής τους. Αυτό σημαίνει ότι σε περιπτώσεις όπου η δημιουργία τους δεν μπορεί να αποφεύγεται, θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται ή να υποβάλλονται σε διαδικασίες ανάκτησης υλικών. Βασική διαδικασία για την ανάκτηση των υλικών, είναι ο διαχωρισμός τους στην πηγή. Αυτό απαιτεί τη συμμετοχή των καταναλωτών και των τελικών χρηστών στην αλυσίδα διαχείρισης και τους καθιστά περισσότερο ευαίσθητους ως προς την ανάγκη μείωσης της παραγωγής αποβλήτων. Σημαντική επίσης προϋπόθεση αποτελεί για την οικονομική βιωσιμότητα συστημάτων ανακύκλωσης και η δημιουργία αγορών για τα προϊόντα που θα προκύψουν.

#### 4. Αρχή ανάκτησης ενέργειας

Στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η ανάκτηση υλικών λόγω τεχνικών περιορισμών, θα πρέπει να οδηγούνται τα απόβλητα με σημαντικό θερμικό περιεχόμενο σε μονάδες καύσης με στόχο την ανάκτηση ενέργειας, ώστε να διατεθεί τελικώς μόνο το κλάσμα που δεν δύναται να αξιοποιηθεί.

#### 5. Αρχή της ασφαλούς διάθεσης

Η απόρριψη στερεών αποβλήτων σε χώρους διάθεσης έχει βαρύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον και θα πρέπει να επιλέγεται ως έσχατη λύση. Χρησιμοποιείται εκτενώς μιας και είναι η οικονομικότερη λύση, αλλά οι πρόσφατες νομοθετικές διατάξεις έχουν ως μεσοπρόθεσμο στόχο να καταλήγουν σε χώρους διάθεσης μόνο τα μη ανακτήσιμα και αδρανή απόβλητα.

Το Δεκέμβριο του 2005 ανακοινώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η νέα θεματική στρατηγική για τη πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων και την ανακύκλωση. Στόχος της στρατηγικής είναι να μειωθούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων σε όλο τον κύκλο ζωής τους, από την παραγωγή μέχρι την τελική διάθεση τους, μέσω της ανακύκλωσης. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει να αντιμετωπίζεται κάθε είδος αποβλήτων όχι μόνο ως πηγή ρύπανσης που επιβάλλεται να μειωθεί, αλλά και ως ενδεχόμενος πόρος που προσφέρεται για εκμετάλλευση. Η νέα στρατηγική προβλέπει την απλοποίηση της κείμενης νομοθεσίας αποσκοπώντας στην συγχώνευση της οδηγίας για τα επικίνδυνα απόβλητα και της οδηγίας για τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια, αλλά και στην εξάλειψη των αλληλοεπικαλύψεων μεταξύ της οδηγίας πλαισίου για τα απόβλητα και της οδηγίας για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης. Επιπροσθέτως, προβλέπει την ενθάρρυνση του τομέα της ανακύκλωσης με στόχο την επανένταξη, με ελάχιστο περιβαλλοντικό αντίκτυπο, των αποβλήτων στον οικονομικό κύκλο με τη μορφή προϊόντων ποιότητας. Η νέα στρατηγική προβλέπει και άλλα μέτρα, όπως η ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τη φορολογία της οριστικής εναπόθεσης των αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο, καθώς και μακροπρόθεσμα τη λήψη μέτρων βάσει της φύσης των υλικών και ενδεχομένως μέτρων συμπλήρωσης των μηχανισμών της αγοράς, σε περίπτωση που δεν επαρκέσουν για την εξασφάλιση της ανάπτυξης της ανακύκλωσης.

Η εξειδίκευση της νέας αυτής θεματικής στρατηγικής για τα απόβλητα πραγματοποιήθηκε με τη θέσπιση της Οδηγίας 2006/12/Ε.Κ. για τα απόβλητα, η οποία και αντικαθιστά την Οδηγία πλαίσιο 75/442/Ε.Ο.Κ. (είχε επανειλημμένα τροποποιηθεί και για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμη για λόγους σαφήνειας και ορθολογισμού η κωδικοποίηση της εν λόγω Οδηγίας). Στη νέα αυτή Οδηγία τίθεται, πλέον σαφώς, η έννοια της προ-επεξεργασίας του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων, ως αναγκαιότητα για την αξιοποίησή τους είτε σαν πρώτη ύλη που θα εισέλθει στην παραγωγική διαδικασία για την παραγωγή νέου προϊόντος, είτε σαν φυσικός πόρος για την παραγωγή ενέργειας, πριν την τελική διάθεσή τους. Αξίζει να επισημανθεί ότι

η έννοια της προ-επεξεργασίας των Α.Σ.Α., ως υποχρέωση πριν την ταφή των απορριμμάτων, έχει τεθεί με την Οδηγία 99/31/Ε.Κ.

Επιπλέον, τίθενται με την Οδηγία 2006/12/Ε.Κ. μια σειρά από άλλα μέτρα, όπως το ότι τα κράτη μέλη οφείλουν να εκπονήσουν το ταχύτερο δυνατό σχέδια για τη συλλογή, την αξιοποίηση, αλλά και τον περιορισμό της παραγωγής των αποβλήτων, καθώς και να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα ώστε να περιοριστούν οι μεταφορές των αποβλήτων. Παράλληλα, καθορίζονται οι διαδικασίες που απαιτούνται για την αδειοδότηση μονάδων επεξεργασίας και επισημαίνεται ότι η δαπάνη της διαχείρισης των αποβλήτων βαρύνει τον παραγωγό ή και τελικό κάτοχο αυτών.

Η νέα Οδηγία πλαίσιο 2008/98/Ε.Κ. αντικαθιστά την Οδηγία 2006/12/Ε.Κ. (και καταργεί τις Οδηγίες για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων και των λιπαντικών (75/439/Ε.Κ., 91/689/Ε.Κ.) και θα πρέπει να ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο των κρατών μελών ως το Δεκέμβριο του 2010. Η αναθεώρηση της Οδηγίας έγινε στα πλαίσια υλοποίησης της στρατηγικής για την πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων και την ανακύκλωση με στόχο να αποσαφηνίσει έννοιες όπως απόβλητο, διάθεση, αξιοποίηση, να ενισχύσει και να προωθήσει την πρόληψη της παραγωγής των απορριμμάτων, να εισάγει την έννοια της ανάλυσης κύκλου ζωής στη λήψη αποφάσεων για την διαχείρισή τους και να προωθήσει την ανάκτηση υλικών και ενέργειας. Η Οδηγία θεσπίζει την ακόλουθη ιεράρχηση ως προτεραιότητα στη νομοθεσία και την πολιτική για τη διαχείριση των απορριμμάτων: α) πρόληψη, β) ανακύκλωση, γ) άλλου είδους ανάκτηση, δ) διάθεση. Επίσης, καθορίζει πότε η αποτέφρωση των απορριμμάτων θεωρείται ανάκτηση και όχι διάθεση, σε συμφωνία και με τα έγγραφα αναφοράς των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών για την αποτέφρωση των αποβλήτων (IPPC Directive).

Ο νέα Οδηγία προβλέπει την δημοσίευση κατευθύνσεων για τα κριτήρια ταξινόμησης ενός αποβλήτου ως προϊόντος ή όχι, καθώς και τη θέσπιση ποσοτικών στόχων πρόληψης της παραγωγής των απορριμμάτων από τα κράτη μέλη. Θέτει συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους για την αξιοποίηση των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις (70% ως το 2020), ελάχιστο ποσοτικό στόχο ανακύκλωσης των οικιακών αποβλήτων (50% ως το 2020) και προϋποθέτει την ξεχωριστή συλλογή τουλάχιστον του χαρτιού, μετάλλου, πλαστικού και γυαλιού μέχρι το 2015. Αναφορικά με τη διαχείριση των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων, προτείνει την ξεχωριστή συλλογή τους και τη διερεύνηση του πλαισίου διαχείρισής τους από την Επιτροπή.

Με βάση την προσπάθεια για κοινή στρατηγική στο θέμα της διαχείρισης των αποβλήτων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (Ε.Κ.Α.) με την Απόφαση 94/3/Ε.Κ. Ο Ε.Κ.Α. είναι ένας εναρμονισμένος, μη εξαντλητικός κατάλογος αποβλήτων, ο οποίος πρόκειται ανά τακτά διαστήματα να αναθεωρείται και εφόσον είναι απαραίτητο, να ανασκευάζεται σύμφωνα με την διαδικασία της Επιτροπής. Ο Ε.Κ.Α. αποτελεί σήμερα ονοματολογία αναφοράς, παρέχοντας κοινή για όλη την Κοινότητα ορολογία, με σκοπό την αποτελεσματικότερη διαχείριση των αποβλήτων. Τα απόβλητα του Ε.Κ.Α. που θεωρούνται επικίνδυνα σημειώνονται με αστερίσκο όπως ορίζει η Απόφαση 2000/532/Ε.Κ. Θα πρέπει τέλος να τονιστεί, ότι ένα υλικό που περιλαμβάνεται στον Ε.Κ.Α. δεν είναι απόβλητο υπό οποιεσδήποτε συνθήκες. Ο όρος είναι δόκιμος μόνο όταν ικανοποιείται ο ορισμός του με βάση το άρθρο 1 της Οδηγίας 2006/12/Ε.Κ.

Σε ό, τι αφορά τη μεταφορά των αποβλήτων, αυτή καθορίζεται από τον Κανονισμό 1013/2006, ο οποίος και αντικατέστησε τον παλαιότερο κανονισμό (Ε.Ο.Κ.) 259/93 τον Ιούλιο του 2007. Ο νέος κανονισμός αποσκοπεί στην ενίσχυση, την απλοποίηση και τη

διευκρίνιση των ήδη υφιστάμενων διαδικασιών για τον έλεγχο της μεταφοράς των αποβλήτων, καθώς και στο περιορισμό των κινδύνων λόγω της ανεξέλεγκτης μεταφοράς αποβλήτων. Παράλληλα, με τον συγκεκριμένο κανονισμό επιδιώκεται η ενσωμάτωση στην κοινοτική νομοθεσία των τροποποιήσεων των καταλόγων των αποβλήτων, που επισυνάπτονται στη σύμβαση της Βασιλείας, καθώς και της αντίστοιχης αναθεώρησης εκ μέρους του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Ο.Ο.Σ.Α.) το 2001.

Στον εν λόγω κανονισμό οι τρεις διαδικασίες που ίσχυαν προηγουμένως σε ό, τι αφορά τον έλεγχο της μεταφοράς των αποβλήτων αντικαθίστανται από τις εξής δύο:

- διαδικασία γραπτής κοινοποίησης και συγκατάθεσης πριν από την εκτέλεση της μεταφοράς, η οποία ισχύει για τις μεταφορές των αποβλήτων προς οριστική διάθεση (εξάλειψη) και των επικίνδυνων και των ημιεπικίνδυνων αποβλήτων προς αξιοποίηση (ανακύκλωση) και
- διαδικασία για τις μεταφορές που συνοδεύονται από ορισμένες πληροφορίες, η οποία ισχύει για τα απόβλητα που δεν είναι επικίνδυνα ή προορίζονται για αξιοποίηση.

Παράλληλα ο κανονισμός περιορίζει από τρεις σε δύο τον αριθμό των καταλόγων των αποβλήτων προς μεταφορά, ώστε να ανταποκρίνονται στις δύο προαναφερόμενες διαδικασίες ελέγχου. Εν προκειμένω τα απόβλητα για τα οποία επιβάλλεται να υπάρχει κοινοποίηση και συγκατάθεση αναφέρονται στον «πορτοκαλή κατάλογο» (παράρτημα IV), ενώ τα απόβλητα για τα οποία πρέπει απλώς να παρέχονται πληροφορίες αναφέρονται στον «πράσινο κατάλογο» (παράρτημα III). Τα απόβλητα των οποίων η μεταφορά απαγορεύεται αποτελούν αντικείμενο χωριστών καταλόγων (παράρτημα V). Οι μεταφορές των αποβλήτων πρέπει να αποτελούν αντικείμενο σύμβασης μεταξύ του υπευθύνου για τη μεταφορά ή για την εκτέλεσή της από τρίτους και του παραλήπτη τους. Η ως άνω σύμβαση πρέπει να συνοδεύεται από τις απαραίτητες χρηματοοικονομικές εγγυήσεις εφόσον αφορά απόβλητα για τα οποία ισχύει καθεστώς υποχρεωτικής κοινοποίησης.

Στο πλαίσιο της αντίστοιχης διαδικασίας, η κοινοποίηση πρέπει να αποστέλλεται από τον κοινοποιούντα αποκλειστικά και μόνο στην αρμόδια αρχή αποστολής, η οποία έχει το καθήκον να τη διαβιβάζει στις αρμόδιες αρχές παραλαβής και διέλευσης. Οι αρμόδιες αρχές καλούνται να εκδώσουν συγκατάθεση (με ή δίχως όρους) ή να διατυπώσουν τις αντιρρήσεις τους εντός προθεσμίας 30 ημερών. Οι τροποποιήσεις που αφορούν καθοριστικά στοιχεία της μεταφοράς (ποσότητα, διαδρομή κ.λπ.) δεν αποτελούν αντικείμενο νέας κοινοποίησης, μόνο εφόσον όλες οι αρμόδιες αρχές απαλλάξουν τον κοινοποιούντα από την εν λόγω υποχρέωση. Επιπλέον οι εγκαταστάσεις ενδιάμεσης αξιοποίησης ή διάθεσης υπόκεινται στις ίδιες υποχρεώσεις με τις ισχύουσες για τις εγκαταστάσεις οριστικής αξιοποίησης και διάθεσης. Άδεια για μεταφορά αποβλήτων προς ενδιάμεση επεξεργασία (αξιοποίησης ή διάθεσης) χορηγείται μόνο εφόσον επιτρέπεται η μεταφορά των εν λόγω αποβλήτων. Εάν είναι αδύνατο να ολοκληρωθεί η μεταφορά (συμπεριλαμβανομένης της αξιοποίησης ή της διάθεσης), ο κοινοποιών έχει την υποχρέωση να παραλάβει εκ νέου τα απόβλητα αυτά καταρχήν με δικά του έξοδα. Ο ως άνω κανόνας ισχύει για κάθε τύπο αποβλήτων. Προβλέπονται δύο εξαιρέσεις, όταν υφίσταται άλλο μέσο αξιοποίησης ή διάθεσης των αποβλήτων, ή όταν έχουν οριστικά αναμειχθεί με άλλες κατηγορίες αποβλήτων. Σε περίπτωση παράνομης μεταφοράς, τα απόβλητα παραλαμβάνονται εκ νέου και αποτελούν αντικείμενο αξιοποίησης ή διάθεσης εκ μέρους του κοινοποιούντα ή του παραλήπτη, αναλόγως με το κατά πόσον η παράβαση βαρύνει τον πρώτο ή τον δεύτερο.

Ο κανονισμός περιλαμβάνει και άλλες γενικού χαρακτήρα διατάξεις, όπως η απαγόρευση της ανάμειξης των αποβλήτων κατά τη μεταφορά τους, η δέουσα πληροφόρηση του κοινού

καθώς και η υποχρεωτική διατήρηση των εγγράφων και των πληροφοριών από τον κοινοποιούντα, την αρμόδια αρχή, τον παραλήπτη και τις εμπλεκόμενες εγκαταστάσεις. Επιπροσθέτως, απαγορεύονται οι εξαγωγές προς τρίτες χώρες αποβλήτων που προορίζονται για διάθεση, εξαιρουμένων των εξαγωγών προς χώρες της Ευρωπαϊκής Ζώνης Ελεύθερων Συναλλαγών (Ε.Ζ.Ε.Σ.) οι οποίες συγκαταλέγονται στα συμβαλλόμενα μέρη της σύμβασης της Βασιλείας. Απαγορεύονται, επίσης, οι εξαγωγές επικίνδυνων αποβλήτων προς αξιοποίηση, εξαιρουμένων των εξαγωγών προς χώρες για τις οποίες ισχύει η απόφαση του Ο.Ο.Σ.Α., χώρες που συγκαταλέγονται στα συμβαλλόμενα μέρη της σύμβασης της Βασιλείας και χώρες που έχουν συνάψει διμερή συμφωνία με την Κοινότητα. Οι εισαγωγές από τρίτες χώρες αποβλήτων προς διάθεση ή αξιοποίηση υπόκεινται στους ίδιους κανόνες όπως και οι εξαγωγές. Τέλος, τα κράτη μέλη οφείλουν να προβλέπουν τη διοργάνωση ελέγχων σε όλη τη διάρκεια της μεταφοράς των αποβλήτων, καθώς και των διαδικασιών αξιοποίησης ή διάθεσής τους.

Σε ό, τι αφορά στη διάθεση των αποβλήτων, έχει θεσπιστεί η Οδηγία 1999/31/Ε.Κ. περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων, η οποία στοχεύει στην πρόληψη ή στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ταφής αποβλήτων στο περιβάλλον, και ειδικότερα στις επιπτώσεις στα επιφανειακά ύδατα, στα υπόγεια ύδατα, στο έδαφος, στον αέρα ή στην υγεία του ανθρώπου. Η Οδηγία ταξινομεί τους χώρους ταφής σε τρεις κατηγορίες:

- χώροι ταφής επικίνδυνων αποβλήτων
- χώροι ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων
- χώροι ταφής αδρανών αποβλήτων

Για την επιλογή του κατάλληλου χώρου διάθεσης των αποβλήτων, έχει δημοσιευτεί η Απόφαση 2003/33/Ε.Κ., η οποία και καθορίζει τα κριτήρια και τις διαδικασίες αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα ΙΙ της οδηγίας 1999/31/Ε.Κ. Η Οδηγία περί υγειονομικής ταφής στοχεύοντας στη διασφάλιση της ελεγχόμενης διάθεσης των αποβλήτων, απαγορεύει τη διάθεση των ελαστικών, των νοσοκομειακών και άλλων τύπων αποβλήτων και καθορίζει τη διαδικασία για τη χορήγηση αδειών εκμετάλλευσης χώρων ταφής. Τέλος, θεσπίζει συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους για τη μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που οδηγούνται προς ταφή και επιβάλλει τη διαμόρφωση εθνικής στρατηγικής από τα κράτη μέλη για την προσέγγιση των παραπάνω στόχων.

Αναφορικά με την αποτέφρωση των στερεών αποβλήτων, αυτή καλύπτεται από την Οδηγία 2000/76/Ε.Κ. Στόχος της Οδηγίας είναι η πρόληψη και ο περιορισμός των επιπτώσεων στο περιβάλλον από την αποτέφρωση και τη συνδυασμένη αποτέφρωση αποβλήτων, καθώς και των κινδύνων που απορρέουν για την ανθρώπινη υγεία. Η Οδηγία αφορά όχι μόνο τις προοριζόμενες για την αποτέφρωση αποβλήτων εγκαταστάσεις («ειδικευμένες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης»), αλλά και τις εγκαταστάσεις «συνδυασμένης αποτέφρωσης». Οι τελευταίες είναι εγκαταστάσεις των οποίων βασικός σκοπός είναι η παραγωγή ενέργειας ή υλικών προϊόντων και οι οποίες χρησιμοποιούν ως κύριο ή βοηθητικό καύσιμο τα απόβλητα, αφού αυτά υποβληθούν σε θερμική επεξεργασία για την τελική διάθεσή τους.

Έχουν ακόμη εκδοθεί Κοινοτικές Οδηγίες που αναφέρονται στη διαχείριση συγκεκριμένων ρευμάτων αποβλήτων των οποίων η διάθεση από κοινού με τα οικιακά απορρίμματα θα δημιουργούσε σημαντικά προβλήματα. Τα κυριότερα νομοθετήματα είναι:

1. Οδηγία 75/439/Ε.Ο.Κ. περί διαθέσεως των χρησιμοποιηθέντων ορυκτελαίων (καταργείται από τη νέα Οδηγία Πλαίσιο)

2. Οδηγία 2006/66/Ε.Κ. για τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές που περιέχουν ορισμένες επικίνδυνες ουσίες,
3. Οδηγία 94/62/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας,
4. Οδηγία 96/59/ΕΚ για τη διάθεση των πολυχλωροδιφαινυλίων και των πολυχλωροτριφαινυλίων (PCB/PCT),
5. Οδηγία 2000/53/ΕΚ για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους,
6. Οδηγία 2002/95/ΕΚ σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού,
7. Οδηγία 2002/96/ΕΚ σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (Α.Η.Η.Ε.).
8. Οδηγία 91/689/Ε.Ο.Κ., για τα επικίνδυνα απόβλητα (καταργείται από τη νέα Οδηγία πλαίσιο)
9. Οδηγία IPPC 2008/1/Ε.Κ. για τον έλεγχο και πρόληψη της ρύπανσης (επηρεάζει το σχεδιασμό και τη λειτουργία εγκαταστάσεων διάθεσης και επεξεργασίας και είναι υπό αναθεώρηση)
10. Κανονισμός 1774/2002/Ε.Κ., για την διαχείριση ζωικών υποπροϊόντων και αποβλήτων.

### **Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα**

Η διαχείριση των αποβλήτων στην Ελλάδα αποτελεί ένα σημαντικό, περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό πρόβλημα λόγω της ανάπτυξης των μεγάλων αστικών κέντρων, τη συνεχή αύξηση του τουριστικού ρεύματος και κυρίως την άνοδο του βιοτικού επιπέδου, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών.

Στα τέλη της δεκαετίας του '80 και στις αρχές της δεκαετίας του '90 τα προβλήματα εντάθηκαν, καθώς η μόνη πρακτική διαχείρισης ήταν η εδαφική διάθεση των αποβλήτων σε ανεξέλεγκτους ή ημιελεγχόμενους χώρους διάθεσης. Συγκεκριμένα, στην Ελληνική Περιφέρεια είχαν καταγραφεί περίπου 1 400 εγκεκριμένοι χώροι ημιελεγχόμενης διάθεσης, οι οποίοι δέχονταν το 65% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων και 3 500 περίπου χώροι ανεξέλεγκτης απόρριψης, οι οποίοι δέχονταν το υπόλοιπο 35% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων.

Το βασικό θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα αποτελείται από την Κ.Υ.Α. 50910/2727/2003, η οποία ενσωματώνει την οδηγία 91/156/Ε.Ο.Κ. για τα στερεά απόβλητα, την Κ.Υ.Α. 13588/2725/2006, η οποία ενσωματώνει την οδηγία 91/689/Ε.Ο.Κ. για την διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων και το Νόμο 2939/2001 για την εναλλακτική διαχείριση διαφόρων προϊόντων και συσκευασιών.

Η Ελλάδα ως χώρα μέλος της Ευρωπαϊκής ένωσης διαμορφώνει το περιβαλλοντικό νομοθετικό της πλαίσιο με βάση το αντίστοιχο Κοινοτικό. Για την εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης και βιώσιμης πολιτικής στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων, σύμφωνης με τις επιταγές της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας και ταυτόχρονα προσαρμοσμένης στις εθνικές ανάγκες και ιδιαιτερότητες, εκπονήθηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.) σε συνεργασία με κοινωνικούς φορείς, ο «Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων)» (ΦΕΚ 1016/Β'/1997).

Με βάση τις αρχές στις οποίες στηρίζεται η χάραξη της εθνικής στρατηγικής για τη διαχείριση των αποβλήτων και οι οποίες αναφέρονται στην Κ.Υ.Α. 113944/1016/97, αλλά και τις εθνικές ανάγκες και προτεραιότητες, οι στόχοι του Εθνικού Σχεδιασμού για τη διαχείριση των Σ.Α., όπως και των επιμέρους παρεμβάσεων και έργων, είναι:

- η παύση λειτουργίας των ανεξέλεγκτων χωματερών σε συνδυασμό με έργα ταχύρυθμης αποκατάστασης τους,
- η δημιουργία σύγχρονων και ολοκληρωμένων εγκαταστάσεων τελικής διάθεσης των απορριμμάτων με εργοστάσια μηχανικής ανακύκλωσης και χώρους υγειονομικής ταφής,
- η προώθηση προγραμμάτων διαλογής στην πηγή,
- η κατασκευή δικτύων σταθμών μεταφόρτωσης για την περιβαλλοντικά ασφαλή και οικονομικά συμφέρουσα μεταφορά των απορριμμάτων,
- η κατασκευή χωριστών χώρων απόθεσης τοξικών αποβλήτων,
- η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης επικοινωνιακής στρατηγικής, που θα συμβάλει αποφασιστικά στην κοινή προσπάθεια για την αντιμετώπιση του προβλήματος της διαχείρισης των απορριμμάτων ή συνεχής και επιστημονικά τεκμηριωμένη πληροφόρηση και ευαισθητοποίηση του πολίτη, που αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτελεσματική εφαρμογή οποιουδήποτε σχεδιασμού.

Ειδικότερα, σε ό, τι αφορά τα δημοτικά Σ.Α. ο σχεδιασμός της διαχείρισης σε επίπεδο χώρας βασίζεται στους παρακάτω στόχους:

- πρόληψη ή μείωση παραγωγής οικιακών αποβλήτων (ποσοτική μείωση), καθώς και μείωση της περιεκτικότητάς τους σε επικίνδυνες ουσίες (ποιοτική βελτίωση). Με την πρόληψη ή μείωση των παραγόμενων οικιακών αποβλήτων τίθεται σαν στόχος η βαθμιαία μείωση της ετήσιας αύξησης των παραγόμενων αποβλήτων ανά κάτοικο.
- Επέκταση και εκσυγχρονισμός του δικτύου συλλογής και μεταφοράς των οικιακών αποβλήτων. Στόχος είναι η κάλυψη των περιοχών στις οποίες δεν υφίσταται οργανωμένη συλλογή οικιακών αποβλήτων ούτε κάλυψη των αναγκών που προκύπτουν από την επιλογή και υλοποίηση συστημάτων διαχείρισης βάση των προδιαγραφών του κατά τόπους Περιφερειακού Σχεδιασμού.
- Αξιοποίηση των διαφόρων υλικών που περιέχονται στα οικιακά απόβλητα και ανάκτηση ενέργειας από τα παραγόμενα οικιακά απόβλητα. Στόχος είναι η επίτευξη του υψηλότερου δυνατού ποσοστού αξιοποίησης των παραγόμενων οικιακών αποβλήτων έτσι ώστε να μειωθεί το ποσοστό τελικής διάθεσης. Η αξιοποίηση των παραγόμενων οικιακών αποβλήτων επιτυγχάνεται αρχικά με την ανακύκλωση και λιπασματοποίησή τους και κατά δεύτερο λόγο με την ανάκτηση ενέργειας. Επιπλέον, σε ό, τι αφορά το ζυμώσιμο κλάσμα των οικιακών αποβλήτων, τίθεται ως στόχος η αξιοποίηση του 25% ως το έτος 2005, με σκοπό τη μείωση της ποσότητας των ζυμώσιμων υλικών που οδηγούνται προς ταφή.
- Η ίδρυση και λειτουργία χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων στους οποίους θα οδηγούνται τα υπολείμματα των οικιακών αποβλήτων που δεν είναι αξιοποιήσιμα.
- Αποκατάσταση των χώρων που δεν πληρούν τις προϋποθέσεις για την τελική διάθεση των οικιακών αποβλήτων και οι οποίοι δεν επιλέγονται για την μετεξέλιξή τους σε οργανωμένους Χ.Υ.Τ.Α.

Γενικότερα το κράτος δίνει τη δυνατότητα στην Τοπική Αυτοδιοίκηση να συντάξει σχεδιασμούς για τη διαχείριση των αποβλήτων αυτών τόσο σε τοπικό όσο και σε

περιφερειακό επίπεδο και να εντάξει τις αντίστοιχες δράσεις για την υλοποίησή τους (κατασκευή και λειτουργία εγκαταστάσεων) σε διάφορα χρηματοδοτικά σχήματα.

Ο σχεδιασμός για τη διαχείριση των απορριμμάτων ξεκίνησε πριν από δώδεκα χρόνια σε Νομαρχιακό επίπεδο (Κ.Υ.Α. 69728/824), με βασικό στόχο την εξάλειψη των ανεξέλεγκτων χώρων διάθεσης, δίχως πρόβλεψη για την ανάγκη κάλυψης των επερχόμενων απαιτήσεων επεξεργασίας, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί συντεταγμένη μετάβαση από τους αρχικούς χώρους υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.) σε ολοκληρωμένες εγκαταστάσεις διάθεσης απορριμμάτων (Ο.Ε.Δ.Α.). Αποτέλεσμα των σχεδιασμών αυτών υπήρξε η προώθηση πολυάριθμων Χ.Υ.Τ.Α. Ο Εθνικός Σχεδιασμός του 2000 (Κ.Υ.Α. 14312/1302 ΦΕΚ 723 Β' /9.6.2000 και 26469/1501/Ε103 ΦΕΚ 864 Β' /1.7.2003), που διαμορφώθηκε από τη σύνθεση των νομαρχιακών, προέβλεπε τη δημιουργία 124 Χ.Υ.Τ.Α. (70 στην Ηπειρωτική Ελλάδα, 11 στην Κρήτη και 43 στα υπόλοιπα νησιά). Η υλοποίηση των έργων που προέβλεπαν οι Νομαρχιακοί σχεδιασμοί κρίθηκε στην πράξη μη αποδοτική και προωθήθηκε η διαμόρφωση νέων σχεδιασμών σε Περιφερειακό επίπεδο, αρχικά με εγκυκλίους του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και στη συνέχεια νομοθετικά (Κ.Υ.Α. 50910/2727 ΦΕΚ 1909/22.12.2003). Θεσμοθετήθηκε έτσι η υποχρέωση σύνταξης Περιφερειακών Σχεδίων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕ.Σ.Δ.Α.) μέχρι το τέλος του 2005.

Τα ΠΕ.Σ.Δ.Α. εξειδικεύουν τους στόχους του Εθνικού Σχεδιασμού, θέτουν στόχους σε περιφερειακό επίπεδο και προβλέπουν τα έργα Δ.Σ.Α. για τα επόμενα έτη. Τα ΠΕ.Σ.Δ.Α. καθορίζουν τις Διαχειριστικές Ενότητες (Δ.Ε.) στις οποίες θα κληθούν οι αρμόδιοι φορείς (Φο.Δ.Σ.Α. και Ο.Τ.Α.) να μεριμνήσουν για τα έργα συλλογής και ολοκληρωμένης διαχείρισης των απορριμμάτων. Συνολικά οι προβλεπόμενες Δ.Ε. σε επίπεδο χώρας ανέρχονται σε 81. Από το 2005 ορισμένα ΠΕ.Σ.Δ.Α. αναθεωρήθηκαν, αλλά η εφαρμογή τους αντιμετώπισε στο σύνολό της προβλήματα τόσο σε επίπεδο χρηματοδότησης όσο και σε επίπεδο κοινωνικών αντιδράσεων και προσφυγών. Ο Ν. 3852/2010 γνωστός και ως "Καλλικράτης" προβλέπει τη συνένωση των Φο.Δ.Σ.Α. της κάθε περιφέρειας σε ένα ενιαίο σύνδεσμο.

Αναφορικά με τη διάθεση των αποβλήτων, σήμερα σε λειτουργία βρίσκονται μόλις 65 Χ.Υ.Τ.Α. σε όλη την Ελλάδα, εκ των οποίων η συντριπτική πλειοψηφία από το 2012 και μετά θα είναι παράνομοι, αφού δεν μπορούν να μετατραπούν σε Χ.Υ.Τ.Υ. (Χώροι Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων), ενώ αρκετοί κατασκευάζονται ή βρίσκονται υπό μελέτη.

Ο Εθνικός σχεδιασμός στόχευε στο κλείσιμο όλων των παράνομων χώρων διάθεσης και την κάλυψη του συνόλου του πληθυσμού με σύγχρονους Χ.Υ.Τ.Α. μέχρι και τις 21/12/2008, οπότε και έληγε η προθεσμία που είχε δώσει η καταδικαστική απόφαση του Ευρωπαϊκού Δικαστηρίου για τις ανεξέλεγκτες χωματερές, αλλά αυτός ο στόχος δεν επετεύχθη. Το Δεκέμβριο του 2010 οι ελληνικές αρχές προσκόμισαν στην Κομισιόν ένα πρόγραμμα συμμόρφωσης, σύμφωνα με το οποίο όλες οι παράνομες χωματερές θα έκλειναν τον Ιούνιο του 2011 και θα απορρυπαίνονταν μέσα στο 2012.

Πίνακας Β.1: Η χαρτογράφηση των Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (Χ.Α.Δ.Α.) στην Ελλάδα.

Περιφέρεια	Αριθμός ΟΤΑ	Χ.Α.Δ.Α. κλειστοί	Χ.Α.Δ.Α. ενεργοί	Χ.Α.Δ.Α. αποκατ/μένοι	Χ.Α.Δ.Α. σε διαδικασία αποκατ/σης	Σύνολο
Αν. Μακεδονία – Θράκη	22	22	6	301	26	333
Αττική	66	6	2	6	25	33
Βόρειο Αιγαίο	9	12	9	80	27	116
Δυτική Μακεδονία	12	0	0	207	0	207
Δυτική Ελλάδα	19	32	4	123	38	165
Θεσσαλία	5	0	0	424	58	482
Κεντρική Μακεδονία	38	15	27	405	110	542
Ήπειρος	18	26	1	226	39	266
Ιόνια νησιά	7	3	8	18	17	43
Κρήτη	24	2	3	116	6	125
Νότιο Αιγαίο	34	12	19	24	45	88
Πελοπόννησος	26	21	58	170	91	319
Στερεά Ελλάδα	25	10	18	243	56	317
Σύνολο	325	161	155	2343	538	3 036

Πηγή: [www.eedsa.gr](http://www.eedsa.gr)

Για καθένα από αυτούς τους Χ.Α.Δ.Α. επικρέμεται από 1η Ιανουαρίου η επιβολή ημερήσιου προστίμου 34 000 €, δηλαδή συνολικά 544 000 € την ημέρα.

Αναφορικά με την αξιοποίηση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος και τους στόχους που θέτει η Οδηγία για την υγειονομική ταφή, θα πρέπει να σημειωθεί ότι έχουν κατασκευαστεί πέντε μονάδες μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας (Άνω Λιόσια, Χανιά, Καλαμάτα, Ηράκλειο, Κεφαλονιά) εκ των οποίων σήμερα λειτουργούν οι τέσσερις, καθώς το εργοστάσιο στην Καλαμάτα αντιμετώπισε σημαντικά λειτουργικά προβλήματα και ακόμα δεν έχει επαναλειτουργήσει. Σύμφωνα και με όσα προβλέπουν οι ΠΕ.Σ.Δ.Α., ωριμάζει η κατασκευή μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας (Αχαΐα, ΒΔ Θεσσαλονίκη, Δυτική Μακεδονία, Ημαθία), ώστε να καλυφθούν οι θεσπισμένοι στόχοι εκτροπής. Σε ό, τι αφορά στην αξιοποίηση του βιοαερίου, αυτή πραγματοποιείται στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων και στο Χ.Υ.Τ.Α. Ταγαράδων. Θα πρέπει, τέλος, να επισημανθεί πως η διαλογή στην πηγή του οργανικού κλάσματος των Α.Σ.Α. αν και προβλέπεται στο σύνολο των ΠΕ.Σ.Δ.Α. δεν έχει ακόμα εφαρμοστεί.

Σε επίπεδο σχεδιασμού, δεν υπάρχει σχέδιο για την πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων, η οποία αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία έτη στη χώρα μας. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος στην Ελλάδα καταγράφεται σταδιακή αύξηση των παραγόμενων απορριμμάτων: από 302 kg ανά άτομο το 1995 στα 408 kg το 2000 και στα 478 kg το 2009. Στο στενό πυρήνα της Ευρώπης των «15» ο παραγόμενος όγκος σκουπιδιών ανά άτομο κάθε χρόνο εκτοξεύεται στα 580 kg, ενώ οι πολίτες των νέων μελών



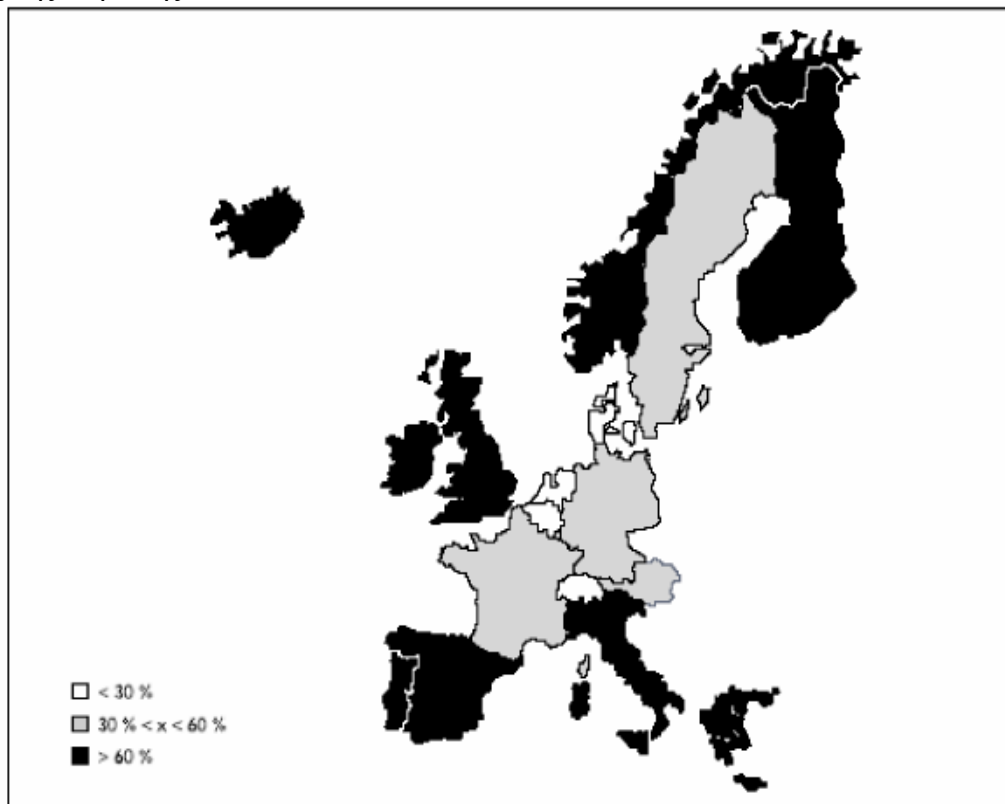
από την Κεντρική και τη Νοτιοανατολική Ευρώπη παράγουν πολύ μικρότερο όγκο σκουπιδιών, ο οποίος μόλις αγγίζει τα 350 kg ανά κάτοικο. Σε κάθε Ευρωπαϊκό αναλογούν 490 kg σκουπίδια στην Ευρώπη των «27» από την κατανάλωση τροφών, τις συσκευασίες των προϊόντων και τις εν γένει καταναλωτικές δραστηριότητες της καθημερινότητας.

Για την επίτευξη των στόχων του Ε.Σ.Δ.Α. και των ΠΕ.Σ.Δ.Α., βρίσκεται σε φάση ωρίμανσης (εκπόνηση μελετών, αδειοδότηση) η κατασκευή πρόσθετων έργων Δ.Σ.Α. που αφορούν την ολοκληρωμένη διαχείριση των Α.Σ.Α. (Σ.Μ.Α., μονάδες επεξεργασίας, Κ.Δ.Α.Υ., Χ.Υ.Τ.Υ.) και αναμένεται η συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα στην κατασκευή και τη λειτουργία των έργων, καθώς η χρηματοδότηση από τα εθνικά και τα κοινοτικά προγράμματα δεν επαρκεί για την υλοποίηση των απαιτούμενων υποδομών ([www.eedsa.gr](http://www.eedsa.gr))

## Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Ευρώπη

Προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στη διαχείριση των αποβλήτων είναι η αρχή της πρόληψης. Η Ευρωπαϊκή στρατηγική κάνει λόγο για αυξημένες προσπάθειες στην ανακύκλωση και επανάκτηση ενέργειας και επακόλουθη μείωση της διάθεσης των στερεών αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής ή σε εγκαταστάσεις καύσης τους.

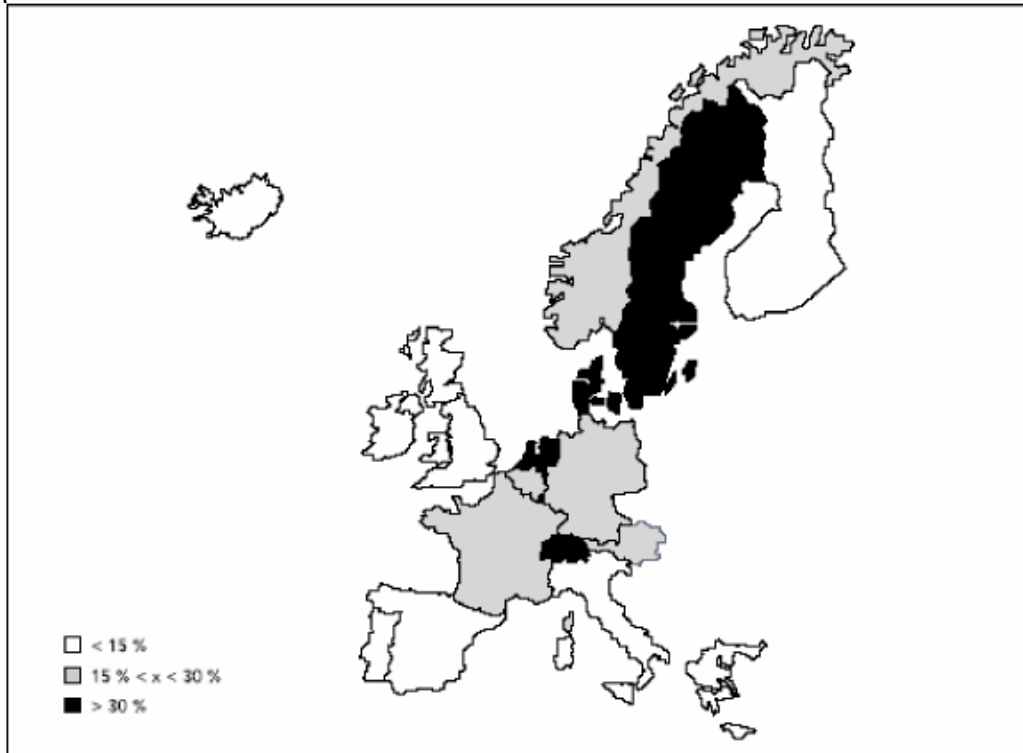
Στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες, κυρίαρχη μέθοδος διαχείρισης αποτελεί η εδαφική διάθεση. Σε χώρες όπως η Ιρλανδία, η Ισλανδία, η Φιλανδία και η Ελλάδα, το 85% περίπου των δημοτικών αποβλήτων διατίθεται προς ταφή. Στον ακόλουθο χάρτη γίνεται μια γεωγραφική απεικόνιση του ποσοστού των δημοτικών αποβλήτων που διατίθενται προς ταφή σε χώρες της Ευρώπης.



Σχήμα Β.2: Εδαφική διάθεση των δημοτικών αποβλήτων στην Ευρώπη (Τράκας, 2006)

Σε χώρες όπως η Δανία και το Λουξεμβούργο κυρίαρχη μέθοδος διαχείρισης αποτελεί η αποτέφρωση που χρησιμοποιείται για το 52% και 59% των δημοτικών αποβλήτων αντίστοιχα. Στη Γαλλία, τη Σουηδία, την Ολλανδία και την Ελβετία η αποτέφρωση

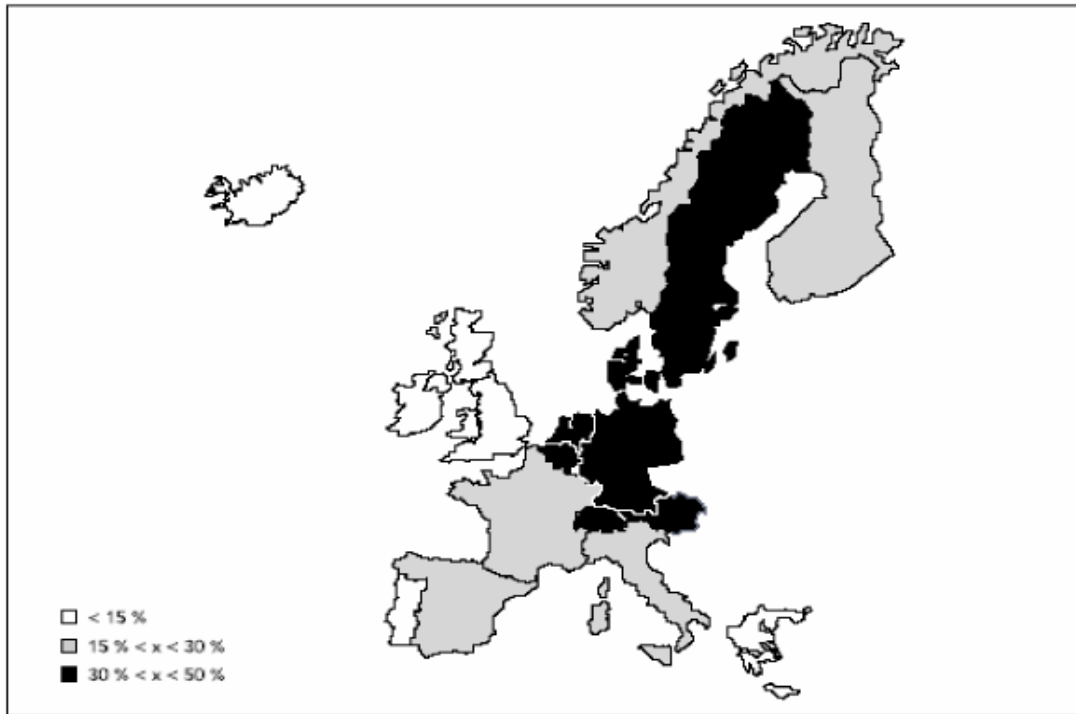
χρησιμοποιείται σε πιο μικρό ποσοστό, αλλά αποτελεί σημαντική μέθοδο διαχείρισης των αποβλήτων.



Σχήμα Β.3: Αποτέφρωση των δημοτικών αποβλήτων στην Ευρώπη (Τράκας, 2006)

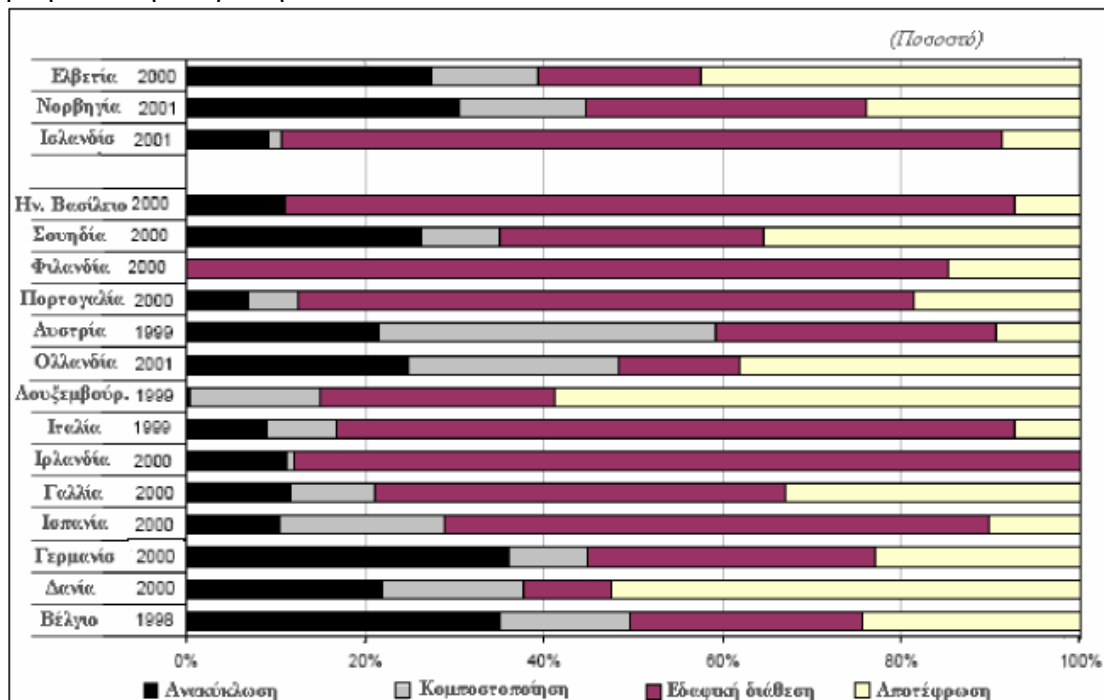
Σε ό, τι αφορά την ανακύκλωση, υπάρχουν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις χώρες. Συγκεκριμένα, στο Βέλγιο, τη Γερμανία και την Ελβετία συλλέγεται για ανακύκλωση το 1/3 περίπου των δημοτικών αποβλήτων. Στη Δανία, την Ολλανδία, την Αυστρία, τη Σουηδία και τη Νορβηγία συλλέγεται περίπου το 1/4 για ανακύκλωση, ενώ στην Ελλάδα, την Ισπανία, την Ιταλία, την Πορτογαλία και την Ισλανδία το ποσοστό είναι πολύ χαμηλότερο (κάτω του 10%).

Σε όλες τις χώρες όπου εφαρμόζονται προγράμματα ανακύκλωσης κατά μέσο όρο το 13% των δημοτικών αποβλήτων συλλέγονται χωριστά. Παρόλα αυτά υπάρχουν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις χώρες. Στις βορειότερες Ευρωπαϊκές χώρες, ένα 20% των δημοτικών αποβλήτων συλλέγονται χωριστά (η Ολλανδία κυριαρχεί με 38%), ενώ στις νοτιότερες το ποσοστό είναι πολύ χαμηλότερο (5% περίπου).



Σχήμα Β.4: Ανακύκλωση των δημοτικών αποβλήτων στην Ευρώπη (Τράκας, 2006)

Στο σχήμα Β.5 παρουσιάζεται η συνολική εικόνα της υφιστάμενης διαχείρισης των αποβλήτων στην Ευρώπη.



Σχήμα Β.5: Επεξεργασία και διάθεση των δημοτικών αποβλήτων στην Ευρώπη (Τράκας, 2006)