



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# Τεχνοοικονομική και Επενδυτική Αξιολόγηση Λύσεων Αξιοποίησης Οργανικών Απορριμμάτων στον Δήμο Χαλανδρίου

ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΝΙΑΚΑΣ

Επιβλέπων : Γεράσιμος Λυμπεράτος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
Σχολή Χημικών Μηχανικών

Αθήνα, Ιούνιος 2019



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# Τεχνοοικονομική και Επενδυτική Αξιολόγηση Λύσεων Αξιοποίησης Οργανικών Απορριμμάτων στον Δήμο Χαλανδρίου

ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΝΙΑΚΑΣ

Επιβλέπων : Γεράσιμος Λυμπεράτος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
Σχολή Χημικών Μηχανικών

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 14η Ιουνίου 2019

Γεράσιμος Λυμπεράτος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
Σχολή Χημικών Μηχανικών

Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών  
& Μηχανικών Υπολογιστών

Απόστολος Βλυσίδης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
Σχολή Χημικών Μηχανικών

Αθήνα, Ιούνιος 2019

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT.....	9
Ευχαριστίες.....	11
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή.....	12
1.1 Αστικά Στερεά Απορρίμματα.....	12
1.2 Προκλήσεις.....	14
1.3 Κατευθύνσεις πολιτικής.....	15
1.4 Ευρωπαϊκοί στόχοι.....	20
Κεφάλαιο 2 – Το θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα.....	24
2.1 Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων - ΕΔΣΑ.....	24
2.1.1. Γενικά.....	24
2.1.2. Αξιολόγηση Υφιστάμενης Κατάστασης.....	27
2.1.3. Βασικές Προβλέψεις του Νέου ΕΣΔΑ.....	29
2.2. Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων Αττικής (ΠΕΣΔΑ ΑΤΤΙΚΗΣ).....	33
2.2.2. Πεδίο Αναφοράς ΠΕΣΔΑ Αττικής.....	34
2.2.3. Παραγόμενες Ποσότητες Αποβλήτων.....	35
2.2.4. Πρόληψη της Δημιουργίας Αποβλήτων.....	35
2.2.5 Σύγκριση του ΠΕΣΔΑ με τον ΕΣΔΑ.....	36
2.3. Δημοτικά- Τοπικά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων.....	37
2.4 Ανακύκλωση.....	38
2.4.1 Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (Ε.Ο.ΑΝ.).....	38
2.4.2 Η Ελληνική Εταιρία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης.....	39
Κεφάλαιο 3 – Από την Γραμμική Οικονομία στην Κυκλική Οικονομία.....	41
3.1. Η μετάβαση σε οικονομικά συστήματα “κλειστού βρόχου” στην Ε.Ε.....	41
3.1.1 Παραγωγή.....	41
3.1.2 Διαχείριση αποβλήτων.....	42
3.2 Επισκόπηση της υφιστάμενης κατάστασης.....	42
3.2.1. Υγειονομική ταφή.....	44
3.2.2. Ανακύκλωση αστικών αποβλήτων.....	46
3.2.3. Καύση.....	47
3.3. Νομοθετικό πλαίσιο.....	48
3.3.1. Νομοθεσία για την μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία.....	49
3.3.2. Εκτίμηση/ιεράρχηση οδηγιών.....	51
3.4. Δράσεις της ΕΕ για την μετάβαση σε κυκλικά συστήματα.....	52
3.4.1. Οδικός Χάρτης για την αποτελεσματική χρήση πόρων στην Ευρώπη.....	52
3.4.2. Άλλες Πρωτοβουλίες.....	52
3.5 Κανονιστικό Πλαίσιο Ε.Ε για τα απορρίμματα τροφίμων.....	54
3.6 Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία.....	55
Κεφάλαιο 4 – Διαχείριση απορριμμάτων στον Δήμο Χαλανδρίου.....	57
4.1 Γενικά.....	57
4.3 Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων.....	58

4.4 Waste4Think: Αξιοποίηση οργανικών απορριμμάτων τροφής στο πλαίσιο της Κυκλικής Οικονομίας.....	59
4.4.1 Διαλογή στην πηγή και αποκομιδή.....	60
4.4.2 Ξήρανση – παραγωγή FORBI.....	61
4.4.3 Κομποστοποίηση με FORBI.....	63
4.4.4 Χρήση ως εναλλακτικό καύσιμο στην τσιμεντοβιομηχανία.....	63
4.4.5 Πελλετοποίηση.....	64
4.4.6 Παραγωγή bioCNG για χρήση ως καύσιμο κίνησης και τροφοδοσία απορριμματοφόρων.....	64
4.5 Ανακύκλωση.....	65
Κεφάλαιο 5 – Τεχνολογίες διαχείρισης Οργανικών Απορριμμάτων.....	66
5.1 Κομποστοποίηση.....	66
5.2 Αναερόβια Χώνευση.....	84
Κεφάλαιο 6 - Τεχνοοικονομική αξιολόγηση αξιοποίησης βιοαποβλήτων.....	94
6.1 Εισαγωγή – βασικές αρχές σχεδιασμού.....	94
6.2 Προσδιορισμός της σύστασης των ΑΣΑ του Δήμου.....	94
6.2.1 Μεθοδολογία χαρακτηρισμού.....	95
6.3 Υπολογισμός βασικών παραμέτρων συστήματος αποκομιδής.....	96
6.3.1 Ποσότητες και δρομολόγια.....	96
6.3.2 Δίκτυο καφέ κάδων για οργανικά – Αποκομιδή και δρομολόγια.....	98
6.3.3 Εκτίμηση των συλλεγόμενων ποσοτήτων προδιαλεγμένων οργανικών.....	101
6.4 Ξήρανση.....	104
6.5 Παραγωγή κομπόστ.....	109
6.5.1 Υπολογισμός δυναμικότητας.....	110
6.5.2 Προσδιορισμός τιμής και εσόδων.....	112
6.5.3 Οικονομική βιωσιμότητα.....	113
6.5.4 Ιδιοκατανάλωση FORBI ως καύσιμο για την ξήρανση.....	118
6.6 Παραγωγή, ιδιόχρηση και διάθεση βιομεθανίου και κομπόστ.....	121
6.6.1 Ροή διαδικασιών της μονάδας και υπολογισμός ενεργειακού ισοζυγίου.....	121
6.6.2 Υπολογισμός ενεργειακού ισοζυγίου.....	124
6.6.3 Παραγωγή κομπόστ, bioCNG και υπολογισμός του δυναμικού ιδιοκατανάλωσης του.....	128
6.6.4 Χρηματοοικονομική ανάλυση.....	130
6.6.5 Αυτοτροφοδότηση ξηραντήρα με FORBI.....	133
6.6.7 Έγχυση βιοαερίου στο δίκτυο - προοπτικές.....	135
6.7 Συμπεράσματα – επόμενα βήματα.....	136

## ΕΙΚΟΝΕΣ

1.1 Πυραμίδα Διαχείρισης Απορριμμάτων	σελ.16
1.2 Διαχείριση ΑΣΑ στην ΕΕ-28, Έτος 2013	σελ.22
1.3 Επιδόσεις των χωρών της ΕΕ ως προς την διαχείριση απορριμμάτων σε συσχέτιση με το ΑΕΠ τους	σελ.23
2.1	σελ.27
2.2	σελ.32
3.1 Μέθοδοι διαχείρισης απορριμμάτων ΕΕ 28, 2014	σελ.43
3.2 Πηγή: Eurostat (env_wasmun, accessed June 2017)	σελ.44
3.3 Ποσοστό των Αστικών Αποβλήτων που καταλήγει σε χώρους υγειονομικής ταφής στην ΕΕ το 2012	σελ.45
3.4 Επεξεργασία απορριμμάτων από πλαστικές ύλες, σύγκριση της ΕΕ-27 (συν τη Νορβηγία και την Ελβετία) με και χωρίς απαγόρευση υγειονομικής ταφής (2012)	σελ.46
3.5 Ανακύκλωση αστικών αποβλήτων ΕΕ-28 το 2012	σελ.47
3.6 Το ποσοστό των αστικών απορριμμάτων που αποτεφρώνονται στην ΕΕ-28 το 2012	σελ.48
4.1 Χάρτης του Χαλανδρίου με τα εκλογικά διαμερίσματα	σελ.57
4.2 Το δίκτυο των καφέ κάδων του Waste4Think	σελ.61
4.3 Διαδικασία παραγωγής FORBI από προδιαλεγμένα οργανικά υπολείμματα τροφής	σελ.62
5.1 Απεικόνιση Αντίδρασης Κομποστοποίησης	σελ.66
5.2 Απεικόνιση Διαδικασίας Κομποστοποίησης	σελ.67
5.3 Κατανομή μικροοργανισμών και μεταβολή του πληθυσμού τους ανά στάδιο κομποστοποίησης	σελ.70
5.4 Μεταβολές Λόγου C/N κατά τη διάρκεια της Διεργασίας της Κομποστοποίησης	σελ.72
5.5 Μεταβολή θερμοκρασίας και pH στα διαφορετικά στάδια της κομποστοποίησης	σελ.74
5.6 Παράμετροι Κομποστοποίησης	σελ.75
5.7 Σχηματική Αναπαράσταση των Τριών Βασικών Συστημάτων	σελ.76
5.8 Σύστημα αεριζόμενων σωρών	σελ.79
5.9 Κριτήρια Επιλογής Συστήματος Κομποστοποίησης	σελ.80

5.10 Υλικό προς Οικιακή Κομποστοποίηση σε Σωρούς	σελ.82
5.11 Διάγραμμα Ροής Μετατροπής Βιομάζας σε Βιοαέριο	σελ.86
5.12 Μείωση των Πτητικών Στερεών συναρτήσει του χρόνου παραμονής στον χωνευτήρα και της συγκέντρωσής τους στην τροφοδοσία	σελ.87
5.13α Συμβατικός Αναερόβιος Χωνευτήρας	σελ.89
5.13β Αναερόβιος Χωνευτήρας ιλύος δύο σταδίων	σελ.90
5.14 UASB Αναερόβιος Χωνευτήρας	σελ.92
5.15 ABR Αναερόβιος Χωνευτήρας	σελ.92
5.16 PABR (Periodic Anaerobic Baffled Reactor ) Αναερόβιος Χωνευτήρας	σελ.93
6.1 Roger's bell curve	σελ.104
6.2 Νεκρό Σημείο για εύρος τιμών/ποσοστών συμμετοχής στην ΔσΠ	σελ.117
6.3 Σχηματική απεικόνιση της μονάδας	σελ.122
6.4.α Ενεργειακό ισοζύγιο εγκατάστασης	σελ.127
6.4.β Ενεργειακό ισοζύγιο μονάδας	σελ.127
6.5. Ενεργειακό ισοζύγιο μονάδας	σελ.134

## ΠΙΝΑΚΕΣ

1.1 Βασικές οδηγίες της ΕΕ που ενσωματώθηκαν στο εθνικό δίκαιο	σελ.19
3.1 Παραδείγματα Εφαρμογής Περιβαλλοντικής Πολιτικής	σελ.51
6.1 Χαρακτηρισμός ΑΣΑ Χαλανδρίου	σελ.96
6.2 Ποσότητες ΑΣΑ Χαλανδρίου	σελ.97
6.3 Εκτίμηση σύστασης ΑΣΑ Χαλανδρίου	σελ.97
6.4 Εκτιμώμενες ποσότητες βιοαποβλήτων Χαλανδρίου	σελ.103
6.5 Εκτίμηση συλλογής βιοαποβλήτων με ΔσΠ στο Χαλάνδρι	σελ.104
6.6 Εκτίμηση παραγωγής ποσοτήτων FORBI Χαλανδρίου	σελ.105
6.7 Εκτίμηση κατανάλωσης ΗΕ για ξήρανση βιοαποβλήτων	σελ.106
6.8 Εκτίμηση κατανάλωσης ΘΕ για ξήρανση βιοαποβλήτων	σελ.107
6.9 Εκτίμηση εξοικονόμησης μεταφορικών και gate fees λόγω ΔσΠ και τοπικής διαχείρισης βιοαποβλήτων	σελ.108
6.10 Εκτίμηση παραγωγής κομπόστ	σελ.112
6.11 Εκτίμηση συντελεστή χρήσης κομποστοποιητών	σελ.112
6.12 Εκτιμώμενα έσοδα από πώληση κομπόστ	σελ.113
6.13 Λειτουργικές δαπάνες εγκατάστασης	σελ.114
6.14 Κεφαλαιακές δαπάνες εγκατάστασης	σελ.114
6.15 Νεκρό Σημείο συμμετοχής στην ΔσΠ σε σχέση με την τιμή μονάδας	σελ.116
6.6.β. Εκτίμηση εισροών στον κομποστοποιητή	σελ.118
6.11.β Εκτίμηση συντελεστή χρήσης κομποστοποιητή	σελ.118
6.10.β Εκτίμηση παραγωγής κομπόστ	σελ.119
6.12.β Εκτιμώμενα έσοδα από πώληση κομπόστ	σελ.119
6.16 Σχηματική απεικόνιση της μονάδας	σελ.123
6.17 Ενεργειακό ισοζύγιο της μονάδας ΣΗΘ	Σελ.125
6.18 Περίσσεια ΘΕ μετά από ιδιοκατανάλωση στον χωνευτήρα	σελ.126
6.19 Υπολογισμός βιομεθανίου για κατανάλωση στον ξηραντήρα	σελ.126
6.20 Αναβαθμισμένο βιομεθάνιο και τα ισοδύναμά του σε kg CNG και lt πετρελαίου κίνησης	σελ.129
6.21 Καταναλώσεις bioCNG στον στόλο του Δήμου	σελ.129
6.22 Κεφαλαιακές Δαπάνες	σελ.133
6.23 Λειτουργικές δαπάνες Λειτουργικές δαπάνες	σελ.133





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διπλωματική αυτή εργασία καταπιάνεται με το φλέγον ζήτημα της διαχείριση απορριμμάτων, με σκοπό να προτείνει λύσεις στο πλαίσιο της αποκεντρωμένης διαχείρισης και της Κυκλικής Οικονομίας.

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί μια εισαγωγή στην έννοια των Αστικών Στερεών Απορριμμάτων, και τα βασικά ζητήματα που έχουν ανακύψει στον καιρό μας με την διαχείρισή τους. Παρουσιάζονται βασικά δεδομένα σχετικά με την κατάσταση σε ευρωπαϊκό επίπεδο, ενώ αναλύονται οι ποιοτικοί και ποσοτικοί στόχοι και οι γενικές στρατηγικές.

Το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει την κατάσταση στην Ελλάδα. Αναλύονται τα τρία επίπεδα άσκησης πολιτικής (εθνικό, περιφερειακό, δημοτικό), με τις κατευθύνσεις όπως εξειδικεύονται στο καθένα. Αξιολογείται η σχέση τους, ενώ συμπληρωματικά παρουσιάζονται οι θεσμικοί φορείς της ανακύκλωσης.

Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί μια εισαγωγή στην έννοια της Κυκλικής Οικονομίας. Εξηγούνται οι διαφορές και τα πλεονεκτήματα σε σχέση με το “παραδοσιακό” μοντέλο της γραμμικής οικονομίας, ψηλαφούνται οι βασικές τάσεις μετάβασης σε ευρωπαϊκό επίπεδο με τις διάφορες κανονιστικές και νομοθετικές πρωτοβουλίες, ενώ γίνεται και μια συγκριτική αξιολόγηση των προσπαθειών ενσωμάτωσης αυτών των πρωτοβουλιών στην Ελλάδα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται η διαχείριση απορριμμάτων στον Δήμο Χαλανδρίου. Παρουσιάζεται η παρούσα κατάσταση, ο στρατηγικός σχεδιασμός, με έμφαση στην προσπάθεια ανταπόκρισης στους στόχους για χωριστή διαλογή. Ξεχωριστή θέση έχει η πιλοτική εφαρμογή στο πλαίσιο του Waste4Think, για Διαλογή στην Πηγή και αξιοποίηση των οργανικών υπολειμμάτων τροφής.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τεχνολογίες της κομποστοποίησης και της αναερόβιας χώνευσης, οι δύο βασικές τεχνικές που έχουν πλούσιες εφαρμογές για αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών απορριμμάτων. Εξειδικεύονται οι βασικές τεχνικές για κάθε μία από τις δύο και εξηγούνται οι βασικές παράμετροι ανάλυσης και σχεδιασμού.

Στο έκτο κεφάλαιο αναλύονται από τεχνικής και χρηματοοικονομικής πλευράς σενάρια για την μετάβαση του Δήμου σε ένα σύστημα αποκεντρωμένης διαχείρισης των οργανικών με έμφαση στην διαλογή στην πηγή, την δημοτική κλίμακα και την τοπική διαχείριση (κλειστός βρόχος). Συσχετίζονται τα οικονομοτεχνικά μεγέθη της αποκομιδής, της ξήρανσης, της κομποστοποίησης και της αναερόβιας χώνευσης και ανιχνεύονται μια σειρά από διατάξεις με κλειστούς οικονομικούς και ενεργειακούς βρόχους. Εκπονούνται ενεργειακά ισοζύγια για τις προτεινόμενες λύσεις, ενώ τα σενάρια σχεδιασμού αναλύονται περεταίρω με εργαλεία αξιολόγησης επενδύσεων όπως η Καθαρή Παρούσα Αξία, ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης, η Ανάλυση Νεκρού Σημείου και ο Χρόνος Επανανάκτησης Κεφαλαίου. Για τα σενάρια αυτά γίνεται ανάλυση ευαισθησίας, ενώ κάθε λύση εξετάζεται και ποιοτικά ως προς την κυκλικότητά της, και την συμμόρφωση της με καλές διαχειριστικές πρακτικές και πιθανά πολιτικά ζητήματα που βαρύνουν στην διαδικασία απόφασης.

#### **Λέξεις-κλειδιά:**

Διαχείριση απορριμμάτων, κομπόστ, αναερόβια χώνευση, χρηματοροές, ενεργειακό ισοζύγιο, βιοαέριο, μεθάνιο, οργανικά απορρίμματα, FORBI, Waste4Think, Χαλάνδρι, ανακύκλωση, Κυκλική Οικονομία

## **ABSTRACT**

The present thesis deals with the burning issue of waste management, aiming at suggesting a set of solutions within the framework of decentralized management and Cyclical Economy.

The first chapter is an introduction in the concept of Municipal Solid Waste, and the main issues that are present in our times regarding their management. Basic information in a Europe-wide level is presented, and qualitative and quantitative targets and strategies are discussed.

The second chapter presents the situation in a national level. The three main levels (national, regional and municipal) are being discussed in detail, and their relationship with each other is detailed. To complement this, the status of recycling is presented as well.

The third chapter is a thorough introduction to the concept of Cyclical Economy. We present the differences and the advantages of Cyclical Economy in relation to the “traditional” linear economy model. Great deal is given in presenting and explaining the the european-level tendencies and attempts to create a legal framework. The various attempts to integrate these efforts follows in the greek legal framework are being examined and evaluated.

The fourth chapter focuses on the recent developments in the municipality of Halandri. We present the current situation, the municipality’s strategy through its Local Waste Management Plan, and its efforts to comply with the specific targets for separation at the source. Special attention is given to the implementation of the pilot actions for kitchen biowaste separate collection, treatment and management, within the framework of the Waste4Think program.

The fifth chapter deals with the main technologies that are widely applicable to biowaste treatment, composting and anaerobic digestion. The basic techniques for each one are being presented, and the design and evaluation parameters are explained.

The sixth chapter is a thorough technical and financial analysis of various scenaria regarding the transition the municipality to a decentralized biowaste management system with emphasis on source separation, municipal scale and local treatment (closed loop). The various technoeconomic parameters of collection, transportation, drying, composting and anaerobic digestion are being correlated, in an attempt to create a unified and integrated model, and a number of different set ups with closed economic and energy loops are being analyzed. The energy balance of each solution is

being calculated, and further analysis is being conducted with tools such as Net Present Value, Internal Return Rate, Break Even Point and Capital Recovery Period. Sensitivity analysis is carried out for each scenario, while each solution is evaluated as to whether it complies with the principles of cyclical economy, best practices and possible political issues that may influence the investment decision making process.

**Keywords:**

Waste management, compost, anaerobic digestion, cash flows, energy balance, biogas, methane, organic waste, FORBI, Waste4Think, Halandri, recycling, Cyclical economy

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) “Τεχνοοικονομικά Συστήματα” μέσω της συνεργασίας της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) και του τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Φτάνοντας στο τέλος αυτής της διαδρομής θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου:

Καταρχάς στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Γεράσιμο Λυμπεράτο, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ σε αυτή την περίοδο της ζωής μου με το φλέβον θέμα της διαχείρισης των απορριμάτων. Η βαθιά επιστημονική του κατάρτιση σε συνδυασμό με την ουσιαστική αποφασιστικότητά του για την υλοποίηση καινοτόμων λύσεων, αποτελούν για εμένα ζωντανό παράδειγμα. Η υποστήριξή του, οι παραγωγικές υποδείξεις του και το πολύ καλό κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε, συνέβαλλαν τα μέγιστα στην κατάρτιση της παρούσας εργασίας.

Τις ευχαριστίες μου εκφράζω και στους καθηγητές Απόστολο Βλυσίδη και Ιωάννη Ψαρρά που δέχτηκαν να είναι μέλη της τριμελούς επιτροπής αξιολόγησης της μεταπτυχιακής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να απευθύνω στους συνεργάτες του προγράμματος Waste4Think Γιώργο Λύτρα, Χρήστο Λύτρα, Δημήτρη Μαθιουδάκη και Κωνσταντίνα Παπαδοπούλου για τις πολύτιμες συζητήσεις που κάναμε.

Επίσης ευχαριστίες απευθύνω στους Κώστα Αλεξανδρίδη, Κορνήλιο Βέκκο και Κώστα Μενάγια για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσαν προκειμένου να μου μεταδώσουν την εμπειρία τους σχετικά με τα τεχνοοικονομικά μεγέθη για τους αναερόβιους χωνευτήρες, τους κομποστοποιητές και τη διανομή φυσικού αερίου αντίστοιχα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, τη Γωγώ και τη Μπέτυ για την υποστήριξη που μου προσέφεραν.

## Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

### 1.1 Αστικά Στερεά Απορρίμματα

Ο όρος Αστικά Στερεά Απορρίμματα χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα απόβλητα που προέρχονται από την οικιακή δραστηριότητα, αλλά και τα απόβλητα που, λόγω σύστασης ή φύσεως, προσομοιάζουν με τα οικιακά. Τα τελευταία παράγονται για εμπορικές και άλλες συναφείς δραστηριότητες και για τη λειτουργία ιδρυμάτων, όπως είναι οι στρατιωτικές μονάδες, τα σχολεία και τα νοσοκομεία.

Στην κατηγορία των αστικών αποβλήτων συμπεριλαμβάνονται επίσης διάφορα ογκώδη απόβλητα όπως είναι τα έπιπλα, υπολείμματα κήπων (φύλλα, κηπευτικά κ.α.) καθώς και απόβλητα που προκύπτουν από τον καθαρισμό των δρόμων<sup>1 2</sup>.

Τα αστικά απορρίμματα αποτελούν ένα ιδιαίτερα ετερογενές μίγμα υλικών. Η ποιοτική και η ποσοτική σύνθεση των αστικών απορριμμάτων συνιστά μια δυναμική παράμετρο που μεταβάλλεται τόσο ως προς τον τόπο, όσο και ως προς τον χρόνο.

Η σύσταση των Αστικών Στερεών Απορριμμάτων (ΑΣΑ), σε τοπική διάσταση, μπορεί να διαφοροποιείται έντονα όχι μόνο από χώρα σε χώρα αλλά και μέσα στην ίδια χώρα, από περιφέρεια σε περιφέρεια και από περιοχή σε περιοχή. Η σύσταση των αποβλήτων σε χρονική διάσταση, εμφανίζει επίσης διαχρονικές μεταβολές από έτος σε έτος, από εποχή σε εποχή αλλά ακόμη και από ημέρα σε ημέρα της εβδομάδας.

Οι παράγοντες που υφαισέρχονται και αποτελούν αφορμή για τις τοπικές και χρονικές μεταβολές που εμφανίζονται στην ποιότητα των ΑΣΑ είναι πολλοί. Οι κυριότερες από αυτές είναι οι καταναλωτικές και διατροφικές συνήθειες των κατοίκων της περιοχής, οι προτιμώμενες συσκευασίες και το σύνολο των δραστηριοτήτων τους<sup>3</sup>.

---

1 Κρητικός Νικόλαος-Αλέξανδρος, “Σχεδιασμός διεργασιών προς παραγωγή ενέργειας από Αστικά Στερεά Απορρίμματα. Μελέτη περίπτωσης: Αττική”, 2014

2 Δημουλάς Γεώργιος, “Τεχνολογίες Ενεργειακής Αξιοποίησης ΑΣΑ και Δευτερογενών Καυσίμων με έμφαση στις τεχνολογίες Καύσης υψηλής απόδοσης”, 2013

3 Κακαράς Ε. – Καρέλλας Σ., “Αντιρρυπαντική Τεχνολογία Θερμικών Σταθμών”, 2014

Με το πέρασμα του χρόνου και με βάση δειγματοληψίες και αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, μια δόκιμη κατηγοριοποίηση των επιμέρους συστατικών των αστικών αποβλήτων οφείλει να περιλαμβάνει τις εξής ομάδες υλικών :

- Χαρτί: σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται χαρτιά και χαρτόνια που προέρχονται κυρίως από συσκευασίες προϊόντων και έντυπο υλικό.
- Ζυμώσιμα: σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται τα υπολείμματα κουζίνας (τροφών) και κήπου.
- Μέταλλα: σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται το σύνολο των μεταλλικών υλικών. Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο ο διαχωρισμός τους σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (αλουμίνιο), κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων. Οι μπαταρίες συνήθως, λόγω της υψηλής επικινδυνότητάς τους, εξετάζονται ως ξεχωριστή υποκατηγορία σε ορισμένες αναλύσεις.
- Γυαλί: Η ανακύκλωση του γυαλιού χωρίζεται σε διαυγές και μη διαυγές, λόγω των τεχνικών χαρακτηριστικών των οπτικών αισθητήρων / διαχωριστών γυαλιού που χρησιμοποιούν τα Κέντρα Διαλογής.
- Πλαστικό: στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα πολυμερή απόβλητα με κύριο χαρακτηριστικό την έντονη ανομοιογένειά της, λόγω των πολλών χρησιμοποιούμενων πολυμερών (π.χ. PVC, PE, PP, PS, PET, ABS, κ.λπ.).
- Δέρμα-Ξύλο-Λάστιχο-Ύφασμα: Χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα.
- Αδρανή: στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα χημικά ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά απόβλητα όπως είναι το χώμα και οι πέτρες
- Λοιπά: σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλα τα υλικά που δε μπορούν να ενταχθούν σε καμία από τις ανωτέρω κατηγορίες.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στα αστικά στερεά απόβλητα περιλαμβάνονται ουσίες όπως ο υδράργυρος, ο μόλυβδος, το κάδμιο, το χρώμιο και το βρώμιο, οι οποίες είναι εξαιρετικά επικίνδυνες με αποτέλεσμα να καταλήγουν στους κοινούς πράσινους κάδους αποκομιδής, αλλά και στα υπόλοιπα ρεύματα λόγω κακής χρήσης του συστήματος των κάδων από πλευράς του πληθυσμού.

Η έλλειψη περιβαλλοντικής συνείδησης σε συνδυασμό με την ελλιπή ενημέρωση των πολιτών έχει ως αποτέλεσμα τα επικίνδυνα αυτά υλικά που καταλήγουν στα ρεύματα των αστικών αποβλήτων να οδηγούνται τελικώς προς ταφή, ενώ στην πραγματικότητα θα έπρεπε να συλλέγονται ξεχωριστά και να υπόκειται σε ειδική επεξεργασία για την αντιμετώπιση των τοξικών, διαβρωτικών, εύφλεκτων ακόμα και καρκινογόνων χημικών ενώσεων από τις οποίες απαρτίζονται<sup>4</sup>

## 1.2 Προκλήσεις

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις σήμερα σε όλο τον πλανήτη είναι όχι μόνο η ελάττωση των επιπέδων παραγωγής απορριμμάτων, αλλά και η εναλλακτική και συνάμα αποτελεσματική διαχείρισή τους. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία-Πλαίσιο 2008/98/ΕΚ(ΟΠΑ)<sup>5</sup>, η διαχείριση των ΑΣΑ περιλαμβάνει το σύνολο των ενεργειών που σχετίζονται με την παραγωγή, την προσωρινή αποθήκευση, τη συλλογή, τη μεταφορά/μεταφόρτωση, την επεξεργασία/ανάκτηση καθώς και την τελική τους διάθεση.

Στην Ελλάδα, η διαχείριση των αστικών απορριμμάτων έχει οικονομικές, κοινωνικές, πολιτικές αλλά και περιβαλλοντικές προεκτάσεις και αφορά το σύνολο της κοινωνίας, από τους διάφορους θεσμικούς κρατικούς φορείς (Υπουργεία, Περιφέρειες, ΟΤΑ-ΦοΔΣΑ) και τους επαγγελματίες (επιστήμονες, μελετητές, εργολήπτες) μέχρι τους απλούς πολίτες.

Σε σύγκριση με την υπόλοιπη Ευρώπη, η Ελλάδα υστερούσε, αλλά και εξακολουθεί να υστερεί σημαντικά, τόσο σε επίπεδο υποδομών όσο και σε επίπεδο ευαισθητοποίησης και συμμετοχής των πολιτών.

Ειδικότερα, η πρακτική που ακολουθούν οι δήμοι είναι η εναπόθεση των συλλεγόμενων δημοτικών στερεών αποβλήτων τους σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ).

Η ευθύνη της συλλογής και μεταφοράς των αποβλήτων ανήκει στους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) υποστηριζόμενοι από τις Περιφέρειες, ενώ υπεύθυνοι για την επεξεργασία

---

4 Δημουλάς Γεώργιος, (Σεπτέμβριος 2013), “Τεχνολογίες Ενεργειακής Αξιοποίησης ΑΣΑ και Δευτερογενών Καυσίμων με έμφαση στις τεχνολογίες Καύσης υψηλής απόδοσης”

5 CEC, “Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives”. Official Journal of the European Union, 2008



και την τελική διάθεσή τους είναι οι Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ), με την υποστήριξη της κεντρικής διοίκησης. Σοβαρές όμως ελλείψεις σε εξοπλισμό και τεχνολογία, σε ανθρώπινο δυναμικό καθώς και σε χρηματοδότηση από το κράτος, καθιστά το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων ανεπαρκές για τους περισσότερους δήμους.

Επιπρόσθετα, η Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης και Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) είναι αρμόδια για την αξιοποίηση και ανακύκλωση των ΑΣΑ. Η ΕΕΑΑ, σε συνεργασία με τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης, είναι υπεύθυνη για τη συλλογή (π.χ. διαθέτοντας μπλε τσάντες στα νοικοκυριά και τοποθετώντας μπλε κάδους στους ΟΤΑ), τη μεταφορά (με ειδικά οχήματα συλλογής) και διάθεση των ΑΣΑ σε ειδικά Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ).

Γενικότερα, η περαιτέρω προώθηση της ανακύκλωσης και της αξιοποίησης των χρήσιμων υλικών που απορρίπτονται καθώς επίσης και του ζυμώσιμου κλάσματος των ΑΣΑ, διαμέσου της ανάκτησης του ενεργειακού τους περιεχόμενου, κρίνεται απαραίτητη όχι μόνο λόγω των πολλαπλών θετικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που θα προκύψουν αλλά και επειδή θα συμβάλλουν στην μερική έστω απαλλαγή των ΟΤΑ και των Φορέων Διαχείρισης από την άμεση εξάρτηση που εμφανίζουν από την ταφή.

### **1.3 Κατευθύνσεις πολιτικής**

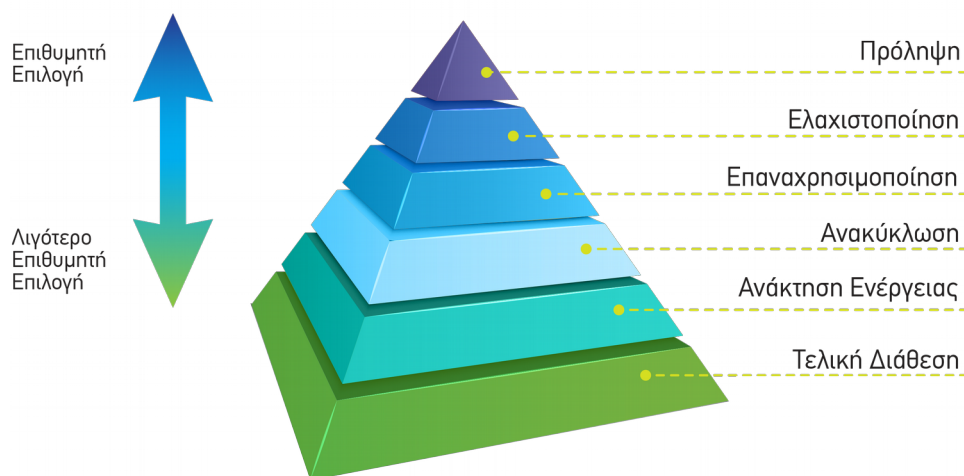
Τα Εθνικά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) των 28 χωρών - μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) διεκπεραιώνονται με βάση τις αρχές που περιγράφονται στην «Ευρωπαϊκή Οδηγία-Πλαίσιο για τη Διαχείριση Αποβλήτων» (ΟΠΑ). Η ανωτέρω Ευρωπαϊκή Οδηγία καθορίζει τα μέτρα εκείνα που θα πρέπει να εφαρμόζονται για τη διαχείριση των αποβλήτων, προκειμένου να είναι εφικτή η αποφυγή ή η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων όσον αφορά το περιβάλλον, αλλά και την ανθρώπινη υγεία.

Ιδιαίτερη σημασία γίνεται στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών διαχείρισης, όσον αφορά τους καταναλισκόμενους πόρους και την αποδοτικότητά τους. Επίσης, γίνεται αναφορά στην διευρυμένη ευθύνη του παραγωγού των αποβλήτων, στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», στις αρχές τις αυτάρκειας και της εγγύτητας, καθώς και τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων. Τέλος, περιγράφονται οι εργασίες διάθεσης και ανάκτησης ενώ θεσμοθετούνται και οι στόχοι ανακύκλωσης, ανάκτησης και ταφής.

Η ΟΠΑ ουσιαστικά αποτυπώνει και τη συνολική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως προς τη διαχείριση των ΑΣΑ, μιας και εντός αυτής οι διάφορες εναλλακτικές επιλογές διαχείρισης των αποβλήτων κατατάσσονται με περιβαλλοντικά κριτήρια από «βέλτιστες» ως «χειρίστες» υπό μορφή ανεστραμμένης πυραμίδας.

Με βάση την επονομαζόμενη ως ιεραρχία διαχείρισης των αστικών απορριμμάτων, η πρόληψη των απόβλητων προβάλλει ως το ιδανικότερο σενάριο. Ότι δεν μπορεί να προληφθεί πρέπει να επαναχρησιμοποιείται, να ανακυκλώνεται και να ανακτάται όσο είναι εφικτό, ενώ η υγειονομική ταφή πρέπει να αποτελεί την έσχατη λύση αφού είναι η πιο επιβλαβής επιλογή για το περιβάλλον.

### ΙΕΡΑΡΧΗΣΗ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Εικόνα 1.1: Η πυραμίδα διαχείρισης απορριμμάτων

Στην Ελλάδα, η ΟΠΑ ενσωματώθηκε στο Εθνικό Δίκαιο με το ΦΕΚ 24/Α/13-02-2012 (Ν.4042/2012) σύμφωνα με το οποίο εξαιρούνται η διαχείριση των λυμάτων, των ζωικών υποπροϊόντων και των αποβλήτων εξόρυξης και λατομείας<sup>6</sup> 7.

6 Παπαγεωργίου Γεώργιος, “Διυλιστήριο αποβλήτων: Σχεδιασμός και ανάλυση βάσει περιβαλλοντικών και τεχνοοικονομικών όρων”, 2016

7 ν. 4042, ΦΕΚ 24/Α/13.2.2012, 2012

Η ενσωμάτωση της ανωτέρω κοινοτικής οδηγίας στο ελληνικό θεσμικό πλαίσιο αποτέλεσε την αφετηρία για το ριζικό επαναπροσδιορισμό των αξόνων σχεδιασμού στον τομέα της διαχείρισης των ΑΣΑ, η ικανοποίηση των οποίων απαιτούσε και απαιτεί την άμεση λήψη πρωτοβουλιών και αποφάσεων τόσο από τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ), όσο και από τους αντίστοιχους Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων(ΦοΔΣΑ).

Έτσι, οι ΟΤΑ καθώς και οι ΦοΔΣΑ αποτελούν πλέον τους βασικούς υπεύθυνους για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των υφιστάμενων και προγραμματισμένων έργων. Οι ΟΤΑ επιπλέον, είναι οι υπεύθυνοι για την ενεργοποίηση των πολιτών, των οποίων η συμμετοχή θα καθορίσει και το τελικό βαθμό αποτελεσματικότητας των έργων.

Στις διατάξεις του Ν.4042/2012, πέραν της ενσωμάτωσης των άρθρων της ΟΠΑ, περιλαμβάνονται επίσης κυρώσεις ,για φυσικά και νομικά πρόσωπα που δεν συμμορφώνονται με τις υποχρεώσεις που απορρέουν από αυτόν. Επιπλέον, προβλέπεται η επιβολή προστίμων προς τους Δήμους και τα νομικά πρόσωπα των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης σε περιπτώσεις που διαπιστώνεται η λειτουργία Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ). Ταυτόχρονα, ορίζεται τόσο το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) με χρονικό ορίζοντα το έτος 2020, όσο και τα αντίστοιχα Περιφερειακά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) για τις 13 διοικητικές περιφέρειες της Ελλάδας.

Κάθε ΠΕΣΔΑ εκπονείται από τον αντίστοιχο Φορέα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ). Επιπλέον, καλούνται οι φορείς επεξεργασίας αποβλήτων όχι μόνο να διαθέτουν Άδεια Λειτουργίας αλλά και να λαμβάνουν Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ), στην οποία περιλαμβάνεται η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ).

Όσον αφορά τα βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα (ΒΑΑ), τίθενται δύο βασικοί στόχοι :

- Ο πρώτος στόχος αφορά στην ανέλιξη του ποσοστού της χωριστής διαλογής των βιολογικών αποβλήτων σε επίπεδα τουλάχιστον του 5% επί του συνολικού τους βάρους έως το 2015 και σε ποσοστό τουλάχιστον του 10% έως το 2020, με το αντίστοιχο

συλλεχθέν κλάσμα να προορίζεται ως πρώτη ύλη για διαδικασίες κομποστοποίησης ή χώνευσης.

- Ο δεύτερος στόχος αφορά τη μείωση αυτών που καταλήγουν στους ΧΥΤΑ κατά 35% κ.β. σε σχέση με το έτος αναφοράς (1995). Η επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου αφενός θα επιβραδύνει τον κορεσμό των ΧΥΤΑ και αφετέρου θα περιορίσει την αποσύνθεση των οργανικών αποβλήτων στους ΧΥΤΑ, η οποία είναι και υπεύθυνη για εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, δημιουργία στραγγισμάτων, δυσωδίας, κ.λπ.<sup>8 9</sup>

Κατά την παράγραφο 1 του άρθρου 43 του ως άνω νόμου, ορίζεται ειδικό τέλος ταφής για τους Οργανισμούς και τις Επιχειρήσεις που διαθέτουν σε χώρους ταφής συγκεκριμένους τύπους αποβλήτων (κωδικοί ΕΚΑ) χωρίς να έχουν προηγηθεί εργασίες επεξεργασίας. Το ειδικό τέλος ταφής των αποβλήτων κατατίθεται στο “Πράσινο Ταμείο” του Ν.3889/2010 και διατίθεται αποκλειστικά για τη χρηματοδότηση προγραμμάτων και έργων ανάκτησης και διάθεσης αποβλήτων. Ειδικότερα, επισημαίνεται ως ανεπιθύμητη και τιμωρείται η διάθεση τόσο των δημοτικών αποβλήτων (βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα και σύμμεικτα), όσο και των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις. Αντίθετα, τα υπολείμματα από τις εργασίες επεξεργασίας των αποβλήτων δεν επιβαρύνονται με ειδικό τέλος ταφής κατά την διάθεσή τους σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής<sup>10 11</sup>.

Ωστόσο, σύμφωνα με το άρθρο 35 του Ν.4447/2016, η εφαρμογή της παραπάνω ρύθμισης, δηλαδή η έναρξη εφαρμογής του ειδικού τέλους ταφής, αναστέλλεται μέχρι τις 31-12-2017. Η αναστολή αυτή έρχεται ως συνέχεια των αντίστοιχων αναστολών που εμπεριέχονται στις διατάξεις του Άρθρου 7 της από 24/12/2015 ΠΝΠ (Α' 182), η οποία κυρώθηκε με το άρθρο 1 του Ν.4366/2016 (Α' 18) για το έτος 2016 και της παραγράφου 2 του Άρθρου 77 του Ν.4257/2014 (Α' 93) για το έτος 2015.

---

8 Μαρία Λοϊζίδου, Καθηγήτρια ΕΜΠ, (Δεκέμβριος 2012), “Βιώσιμη διαχείριση των απορριμμάτων: Μία ολοκληρωμένη αποκεντρωμένη προσέγγιση”

9 CEC, Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. Official Journal of the European Union, (1999)

10 Ν. 4042/2012

11 Ν.4447/2016

Θέμα	Ευρωπαϊκή Νομοθεσία	Ελληνική Νομοθεσία
Διαχείριση στερεών αποβλήτων	Οδηγία 2008/98/ΕΚ	Νόμος 4042/2012 (ΦΕΚ 24/Α/13.02.2012)
Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας σταθμών ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ	-	Νόμος 4254/2014 (ΦΕΚ 85/Α/7.04.2014)
Θέσπιση ΕΚΑ	Απόφαση 2000/532/ΕΚ	ΚΥΑ Η.Π 50910/2727 (ΦΕΚ 1909/Β/22.12.03)
Αποτέφρωση αποβλήτων	Οδηγία 2000/76/ΕΚ	ΚΥΑ 22/912/1117/2005 (ΦΕΚ 759/Β/06.06.2005)
Διάθεση –Υγειονομική ταφή	Οδηγία 1999/31/ΕΚ	ΚΥΑ 29407/3508/2002 (ΦΕΚ 1572/Β/16.12.2002)  ΚΥΑ 4641/232/2006 (ΦΕΚ 168/Β/13.02.2006)
Απόβλητα συσκευασίας	Οδηγία 94/62/ΕΚ	ΥΑ 9268/469/2007 (ΦΕΚ 286/Β/2.03.2007)  ΥΑ 54461/1779/Ε.103/2013 (ΦΕΚ 2500/Β/4.10.2013)
Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΕΕ)	Οδηγία 2012/19/ΕΕ	ΠΔ 117/2004 (ΦΕΚ 82/Α/5.03.2004)
Απόβλητα φορητών Ηλεκτρικών Στηλών και Συσσωρευτών (ΗΣ&Σ)	Οδηγία 2006/66/ΕΚ	ΚΥΑ 41624/2057/2010 (ΦΕΚ 1625/Β/11.10.2010)

Πίνακας 1.1: Βασικές οδηγίες της ΕΕ που ενσωματώθηκαν στο εθνικό δίκαιο

Συμπερασματικά, η δευτεροβάθμια τοπική αυτοδιοίκηση καλείται να δώσει γρήγορες και άμεσες απαντήσεις σε ένα πολύπλοκο ζήτημα, όπως είναι η εναλλακτική διαχείριση των ΑΣΑ ακολουθώντας όσα προβλέπει το υπάρχον θεσμικό πλαίσιο και με τα χρονοδιαγράμματα που θέτουν οι Οδηγίες της Ε.Ε. να πιέζουν ασφυκτικά.

Με βάση την περιγραφείσα αυτή κατάσταση, καθίσταται αναγκαία η εκπόνηση και η υλοποίηση ενός ορθολογιστικού πλάνου διαχείρισης αστικών αποβλήτων εκ μέρους της εκάστοτε δημοτικής αρχής, η οποία θα κινείται γύρω από τρεις βασικούς άξονες δράσης :

- Στη διατύπωση γενικού σχεδίου.
- Στο ρυθμιστικό σύστημα και στο σύστημα ελέγχου.
- Στη διαθεσιμότητα κατάλληλων τεχνικών και εγκαταστάσεων διαχείρισης και διάθεσης, με σκοπό να υλοποιηθεί η επιλεγμένη πορεία για την διαχείριση των αποβλήτων.

Σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης στερεών αποβλήτων, η διάθεση των ανεπεξέργαστων στερεών αποβλήτων σε ΧΥΤΑ οφείλει να αποτελεί την τελευταία εναλλακτική λύση, καθώς συνεπάγεται σπατάλη πόρων που θα μπορούσαν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να αξιοποιηθούν.

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται σημαντική πρόοδος στην εφαρμογή ολοκληρωμένων και συνάμα καινοτόμων συστημάτων διαχείρισης των αποβλήτων, εντός της ελληνικής επικράτειας. Παρόλα αυτά, εξακολουθεί να υπάρχει σημαντική υστέρηση σε σύγκριση με την υπόλοιπη Ευρώπη τόσο σε επίπεδο υποδομών όσο και σε επίπεδο ευαισθητοποίησης και συμμετοχής των πολιτών.

#### **1.4 Ευρωπαϊκοί στόχοι**

Οι εθνικοί στόχοι σχετικά με την διαχείριση των αποβλήτων προκύπτουν με βάση την αναπτυξιακή στρατηγική «Ευρώπη 2020» (Europe 2020 growth strategy) σε συνδυασμό με το Πακέτο Κυκλικής Οικονομίας (Circular Economy Package)<sup>12 13</sup>.

Πιο συγκεκριμένα, η στρατηγική «Ευρώπη 2020» προωθεί τους ακόλουθους περιβαλλοντικούς και ενεργειακούς στόχους :

- Μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% (έως και 30% υπό κατάλληλες προϋποθέσεις) σε σχέση με το έτος 1990
- 20% παραγόμενη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές
- 20% αύξηση στην ενεργειακή απόδοση

---

12 EC. (2015) Circular Economy Strategy. (September 2015)

13 EC.(2015) Europe 2020 targets. (September 2015)

Από την άλλη πλευρά, ο περιβαλλοντικός στόχος του Πακέτου Κυκλικής Οικονομίας συνιστάται στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) κατά 450 εκατομμύρια τόνους (tn) στο σύνολο των 28 χωρών που ανήκουν στην ΕΕ. Προς την κατεύθυνση αυτή, στις 2 Ιουλίου του 2014, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ενέκρινε νομοθετική πρόταση και παράρτημα για την αναθεώρηση των στόχων επάνω στην διαχείριση των αστικών αποβλήτων όπως αυτοί περιγράφονται αναλυτικά στην ΟΠΑ αλλά και μέσω των Οδηγιών 1999/31/ΕΚ για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων και 94/62/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απόβλητα συσκευασιών.

Μεταξύ άλλων, η πρόταση αυτή αποσκοπεί τόσο στην ενίσχυση της ανακύκλωσης όσο και στην απόκτηση πρόσβασης σε δευτερεύουσες πρώτες ύλες. Πιο συγκεκριμένα, θέτει τους ακόλουθους «φιλόδοξους» στόχους :

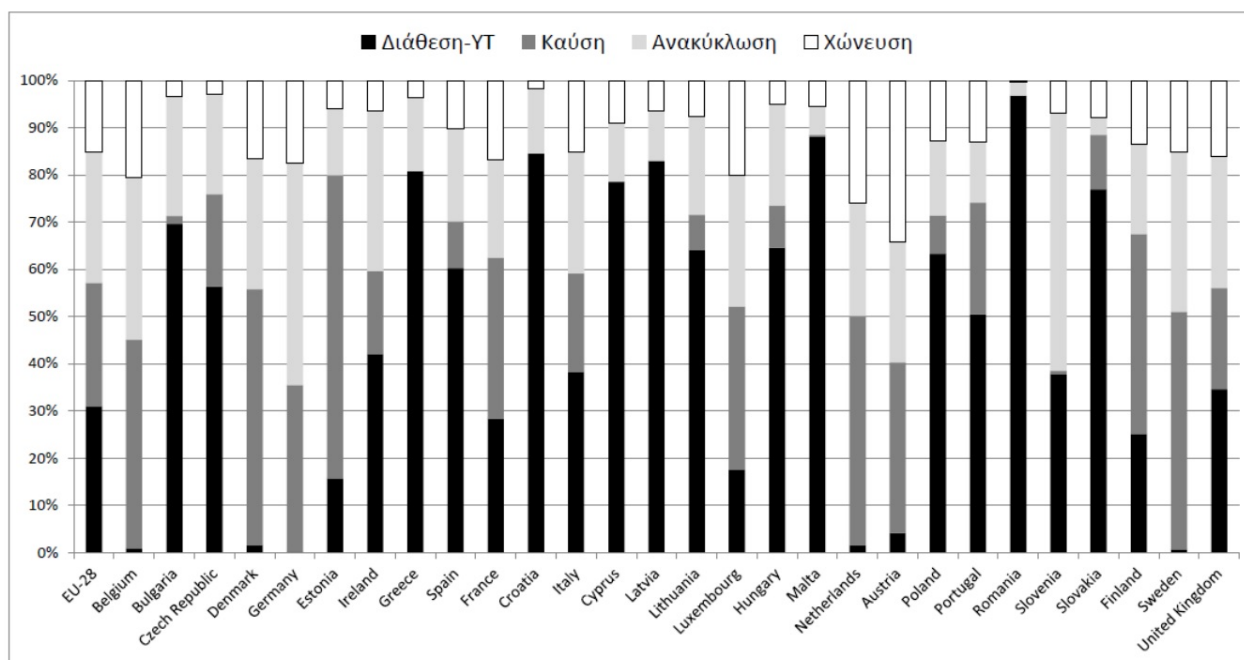
- Αύξηση της ανακύκλωσης των αστικών αποβλήτων σε ποσοστό 65% κατά βάρος επί του συνόλου αυτών μέχρι το 2030
- Αύξηση της ανακύκλωσης των αποβλήτων συσκευασίας σε ποσοστό 75% κατά βάρος επί του συνόλου αυτών έως το 2030
- Μείωση της υγειονομικής ταφής στο 10% κατά βάρος επί όλων των ρευμάτων των αποβλήτων έως το 2030
- Απαγόρευση ταφής των χωριστά συλλεχθέντων αποβλήτων.
- Λήψη μέτρων για την προώθηση της βιομηχανικής συμβίωσης, της αξιοποίησης

δηλαδή των παρελκόμενων προϊόντων (by-products) μιας βιομηχανίας ως πρώτη ύλη μιας άλλης βιομηχανίας.

Παρόλο που οι Ευρωπαϊκές κατευθύνσεις είναι πολύ σαφείς και έχουν νομοθετηθεί μέσω των ΕΣΔΑ σε όλα τα Κοινοβούλια της ΕΕ-28, η κατάσταση που επικρατεί στον τομέα της διαχείρισης των ΑΣΑ παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις. Το Γράφημα 1.1 παρουσιάζει τις τεχνικές επεξεργασίας των ΑΣΑ που ακολουθεί κάθε κράτος - μέλος της ΕΕ-28, βάσει στατιστικών στοιχείων της Eurostat<sup>14</sup>.

---

14 Eurostat, (2015) Municipal waste generation and treatment, by type of treatment method from 1995 to 2013. (July 14, 2015)



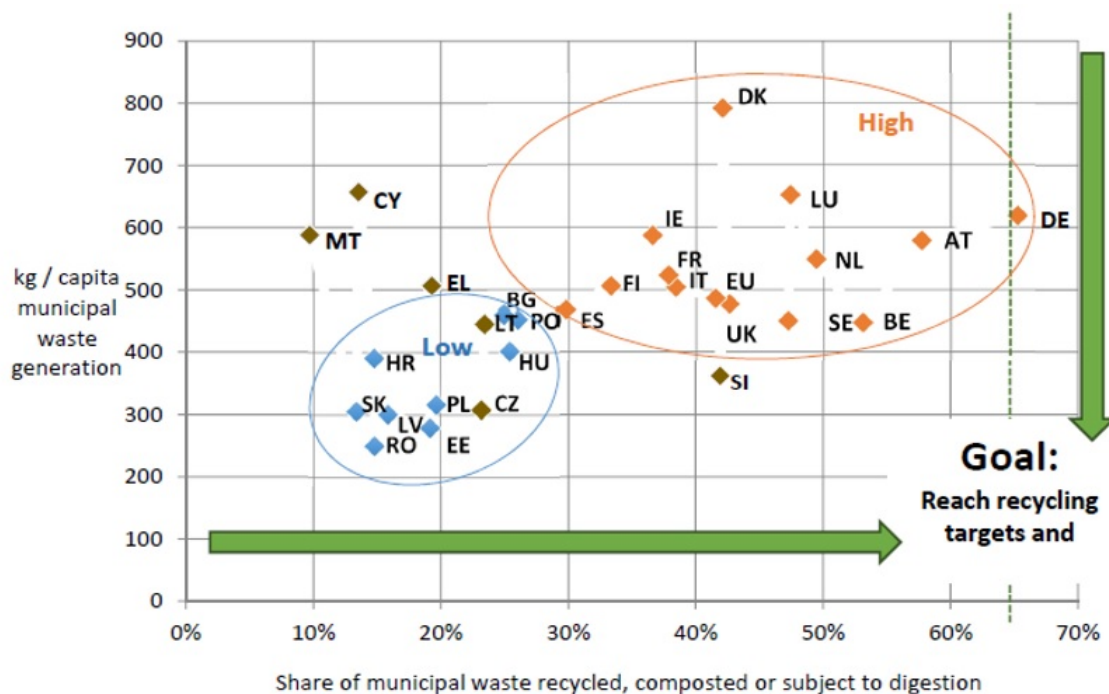
Εικόνα 1.2 : Διαχείριση ΑΣΑ στην ΕΕ-28, Έτος 2013

### Επίτευξη στόχων 2030

Οι στόχοι που τίθενται στο πλαίσιο της προτεινόμενης δέσμης κυκλικής οικονομίας της ΕΕ θα παρέχουν ποικίλες προκλήσεις στα κράτη μέλη. Ο πίνακας δείχνει την απόδοση, με βάση τα δεδομένα του 2012, τους στόχους για το 2030. Ενθαρρυντικό είναι ότι κάθε ένα από τους στόχους του 2030 έχει επιτευχθεί από ένα τουλάχιστον κράτος. Επιπλέον 10 από τα κράτη μέλη έχουν επιτύχει τον στόχο για τις συσκευασίες χαρτιού και χαρτονιού. Από την άλλη βέβαια 50% των κρατών μελών απέχουν κατά 20% από τους στόχους του 2030. Για την Ελλάδα η κατάσταση είναι απογοητευτική.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η εκτίμηση της πορείας κάθε χώρας σε μετάβαση προς καλές πρακτικές ως προς το επίπεδο του ΑΕΠ της. Το παρακάτω διάγραμμα μας δίνει πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία.





Source: Eurostat (env\_wasmun, accessed June 2017). Note: Orange distinguishes countries in grouping 1 above with relatively high GDP; Blue refers to countries in grouping 2 above with relatively low GDP; brown depicts countries in grouping 3 above

Εικόνα 1.3 Επιδόσεις των χωρών της ΕΕ ως προς την διαχείριση απορριμμάτων σε συσχέτιση με το ΑΕΠ τους

Βλέπουμε πως υπάρχει σαφής συσχέτιση μεταξύ του επιπέδου του ΑΕΠ και την υιοθέτηση καλών πρακτικών στην διαχείριση απορριμμάτων.

## **Κεφάλαιο 2 – Το θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα**

### **2.1 Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων - ΕΣΔΑ**

#### **2.1.1. Γενικά**

Ο Εθνικός Σχεδιασμός για την Διαχείριση Αποβλήτων ψηφίστηκε και ισχύει από το καλοκαίρι του 2015. Ο ΕΣΔΑ καθορίζει την πολιτική, τις στρατηγικές και τους στόχους διαχείρισης των αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο και προσδιορίζει τις γενικές κατευθύνσεις για τη διαχείριση των αποβλήτων, υποδεικνύοντας τα ενδεδειγμένα μέτρα και τις δράσεις, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι και οι αρχές που θέτει ο Νόμος 4042/2012 (Α' 24). Το ΕΣΔΑ, ως πολιτικός και στρατηγικός σχεδιασμός, εφαρμόζεται στο σύνολο των αποβλήτων που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ, σύμφωνα με το άρθρο 10 του Ν. 4042/2012. Προς εφαρμογή των κατευθύνσεων του ΕΣΔΑ, καταρτίζονται σε κάθε Περιφέρεια τα Περιφερειακά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) τα οποία εξειδικεύουν την ολοκληρωμένη διαχείριση του συνόλου των αποβλήτων που παράγονται στη γεωγραφική τους ενότητα σύμφωνα με τους στόχους και τις προβλέψεις του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων. Το παρόν ΕΣΔΑ έχει χρονικό ορίζοντα έως το 2020.

Η αναθεώρηση ή τροποποίησή του είναι δυνατή πριν την πάροδο της εξαετίας στις εξής περιπτώσεις: α. Τροποποίηση της σχετικής νομοθεσίας της ΕΕ. β. Εφόσον από την ενδιάμεση αξιολόγηση του ΕΣΔΑ προκύψει τεκμηριωμένη προς τούτο ανάγκη. γ. Σε εξαιρετικές και απρόβλεπτες ανάγκες που προκύπτουν από την εκτέλεση των έργων και προγραμμάτων διαχείριση. Ενδιάμεση αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του ΕΣΔΑ ως προς την επίτευξη των στόχων διαχείρισης θα γίνει σε περίοδο τριών (3) ετών από την έναρξη ισχύος του.

Η εθνική πολιτική για τα απόβλητα είναι προσανατολισμένη στους εξής στόχους – ορόσημα για το 2020: τα κατά κεφαλή παραγόμενα απόβλητα να έχουν μειωθεί δραστικά, η προετοιμασία προς επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση με χωριστή συλλογή ανακυκλώσιμων- βιοαποβλήτων να εφαρμόζεται στο 50% του συνόλου των ΑΣΑ, η ανάκτηση ενέργειας να αποτελεί συμπληρωματική μορφή διαχείρισης, όταν έχουν εξαντληθεί τα περιθώρια κάθε άλλου είδους

ανάκτησης και η υγειονομική ταφή να αποτελεί την τελευταία επιλογή και να έχει περιοριστεί σε λιγότερο από το 30% του συνόλου των ΑΣΑ.

Με βάση το παραπάνω πλαίσιο αναφοράς, οι άξονες της πολιτικής που καλείται να εξυπηρετήσει το παρόν ΕΣΔΑ είναι οι ακόλουθοι:

- I. Κατοχύρωση του δημόσιου χαρακτήρα της διαχείρισης στερεών αποβλήτων με στόχο την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, στο πλαίσιο μιας πολιτικής βιώσιμης ανάπτυξης προς όφελος του κοινωνικού συνόλου, με όρους αειφορίας.
- II. Ύπαρξη ολοκληρωμένου σχεδιασμού για το σύνολο των ρευμάτων αποβλήτων της επικράτειας σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη τα μέτρα και τις δράσεις του εθνικού στρατηγικού σχεδίου πρόληψης αποβλήτων, με επίτευξη συμβατότητας των σχεδιασμών διαχείρισης αποβλήτων με το χωροταξικό πλαίσιο και ειδική αντιμετώπιση της διαχείρισης των αποβλήτων των απομακρυσμένων, ορεινών και νησιωτικών περιοχών.
- III. Διασφάλιση της υψηλής προστασίας του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας, με επίτευξη της αυτάρκειας της χώρας σε κατάλληλα και επαρκή δίκτυα και υποδομές συλλογής, ανάκτησης και διάθεσης των αποβλήτων, με ολοκληρωμένη καταγραφή παραγωγής και ενίσχυση ελέγχων σε όλο το πλέγμα διαχείρισης.
- IV. Προώθηση της αποδοτικής χρήσης των πόρων προς όφελος της κοινωνίας και με κοινωνικά δίκαιο τρόπο, με κατά προτεραιότητα προώθηση της προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση και της ανακύκλωσης με διαλογή στην πηγή ανακυκλώσιμων και βιοαποβλήτων και ενίσχυση της εφαρμογής της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού στη διαχείριση αποβλήτων προς υποστήριξη του σχεδιασμού και της παραγωγής αγαθών, τα οποία λαμβάνουν πλήρως υπόψη και διευκολύνουν την αποτελεσματική χρησιμοποίηση των πόρων καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους.
- V. Αναβάθμιση των δημόσιων και δημοτικών υπηρεσιών διαχείρισης αποβλήτων προς τους πολίτες και τους παραγωγούς αποβλήτων, ευαισθητοποίηση και ενθάρρυνση της ενεργού συμμετοχής των πολιτών μέσω εκτενούς διαβούλευσης και μέσω συμμετοχής στις δράσεις διαχείρισης μικρής κλίμακας και κοντά στην παραγωγή των αποβλήτων.

VI. Εξορθολογισμός κόστους υπηρεσιών διαχείρισης αποβλήτων και προώθηση οικονομικά βιώσιμων και περιβαλλοντικά αποδεκτών επενδύσεων στον τομέα των αποβλήτων, καθώς και της υποστήριξης περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών και της καινοτομίας, με τη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση πόρων από διαθέσιμη δημόσια χρηματοδότηση, κοινωνικό έλεγχο και με το ελάχιστο κόστος για τους πολίτες.

Οι στρατηγικές για την εφαρμογή της νέας εθνικής πολιτικής διαχείρισης των αποβλήτων είναι οι εξής: α. Κατάρτιση ολοκληρωμένου πλαισίου σχεδιασμών διαχείρισης αποβλήτων (Κατάρτιση εθνικού στρατηγικού σχεδίου πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων, κατάρτιση ειδικών εθνικών σχεδίων, τουλάχιστον για τα επικίνδυνα απόβλητα καθώς και ειδικότερα για τα επικίνδυνα απόβλητα υγειονομικών, αναθεώρηση ΠΕΣΔΑ, εναρμόνιση πλαισίων σχεδιασμών διαχείρισης αποβλήτων, καθορισμός της υποχρέωσης των Δήμων να σχεδιάζουν και να εφαρμόζουν τοπικά σχέδια αποκεντρωμένης διαχείρισης αποβλήτων). β. Διασφάλιση της υψηλής προστασίας του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας (Ενίσχυση- ανάπτυξη του κεντρικού μηχανισμού καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων, αποκατάσταση των ρυπασμένων περιοχών διάθεσης, εξάλειψη παράνομης διακίνησης αποβλήτων, ενίσχυση ελέγχων- επιθεωρήσεων). γ. Εφαρμογή της Διαλογής στην Πηγή (ΔσΠ), ως του πλέον δόκιμου τρόπου συλλογής με σκοπό την επίτευξη υψηλής ποιότητας ανακύκλωσης με τη λήψη των ακόλουθων μέτρων: Καθιέρωση πανελλαδικά χωριστής συλλογής αποβλήτων, τουλάχιστον για το γυαλί, το χαρτί, το μέταλλο και το πλαστικό, ώστε να εξασφαλισθεί, κατ' ελάχιστον, η **ανακύκλωση του 60% του συνολικού τους βάρους από το στάδιο της προδιαλογής ως το 2020**, διαλογή στην πηγή και ξεχωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων ώστε να επιτευχθεί ο **στόχος 40% κ.β. ως το 2020**, υιοθέτηση μέτρων και δημιουργία νέου δικτύου Πράσινων Σημείων, περιορισμός της διάθεσης σε χώρους υγειονομικής ταφής στα μη ανακτήσιμα απόβλητα. δ. Εξορθολογισμός κόστους υπηρεσιών διαχείρισης αποβλήτων και προώθηση οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμων επενδύσεων στον τομέα των αποβλήτων, με στόχο τη θεσμοθέτηση ανταποδοτικού οφέλους προς τον πολίτη από την ανακύκλωση: Υποστήριξη των περιβαλλοντικών τεχνολογιών, παροχή κινήτρων για δημιουργία Πράσινων Σημείων από τους Δήμους, προώθηση εθελοντικών δράσεων, αναβάθμιση των υπηρεσιών διαχείρισης αποβλήτων προς τους πολίτες και τους παραγωγούς αποβλήτων, ευαισθητοποίηση και ενθάρρυνση της ενεργού συμμετοχής των πολιτών, ανάπτυξη

αποτελεσματικού μηχανισμού διαφάνειας, κατάρτιση εθνικής επικοινωνιακής στρατηγικής, ανάπτυξη συνεργασιών μεταξύ των τοπικών κοινωνιών και των εμπλεκόμενων φορέων στη διαχείριση αποβλήτων, με στόχο επίτευξη κοινωνικών συναινέσεων. ε. Ανάκτηση Ενέργειας-Ενεργειακή Αξιοποίηση Αποβλήτων: Με αυτόν τον όρο περιγράφονται γενικά οι τεχνικές και πρακτικές χαμηλής περιβαλλοντικής όχλησης, οι οποίες κάνουν χρήση βιολογικών ή/και χημικών διεργασιών ώστε να παραχθούν δευτερογενή αέρια ή υγρά καύσιμα για την παραγωγή ενέργειας. Ενδεικτικά τέτοιες είναι η ανάκτηση βιοαερίου από ΧΥΤΑ/ ΧΥΤΥ, η παραγωγή βιοαερίου μέσω αναερόβιας χώνευσης, η παραγωγή βιοντίζελ από απόβλητα βρώσιμων λιπών και ελαίων (ΒΛΕ). Μέθοδοι θερμικής ανάκτησης ενέργειας δεν ενδείκνυνται, και ως εκ τούτου δεν περιλαμβάνονται σε αυτήν την κατηγορία.

### 2.1.2. Αξιολόγηση Υφιστάμενης Κατάστασης

Σε σχέση με τους θεσμοθετημένους στόχους για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση και εκτροπή από την ταφή, τα αποτελέσματα της υφιστάμενης διαχείρισης με έτος αναφοράς το 2011 αποτυπώνονται στην παρακάτω εικόνα:

Είδος αποβλήτου	Περιγραφή στόχου	ΧΩΡΙΣΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	ΑΝΑΚΤΗΣΗ
<b>Απόβλητα Αστικού Τύπου</b>				
ΒΑΑ (ΚΥΑ 29407/3508/2002)	Υγειονομική ταφή: 75% της παραγωγής του 1997 (έτος 2010)		Στόχος εκτροπής από την ταφή Επίτευξη κατά 71%	
Υλικά συσκευασίας ΚΥΑ 9268/469/2007	<u>Ανακύκλωση επί μέρους υλικών:</u> Γυαλί: 60 % Χαρτί - Χαρτόνι: 60 % Μέταλλα: 50 % Πλαστικό: 22,5 % Ξύλο: 15 % <u>Συνολική Ανακύκλωση:</u> min 60% <u>Συνολική Ανάκτηση:</u> 55% - 80%		Γυαλί: * Χαρτί: ✓ Μέταλλα: * Πλαστικό: ✓ Ξύλο: ✓ Ανακύκλωση: ✓	✓
ΑΗΗΕ ΠΔ 117/2004	<u>Ανάκτηση – Επαν/ποίηση &amp; Ανακύκλωση</u> Κατ. 1 & 10 80% - 75% Κατ. 3 & 4: 75% - 65% Κατ. 2, 5, 6, 7 & 9 70% - 50% Λαμπτήρες αερίου: 80% ανακύκλωση	✓	✓	✓
Φορητές ΗΣ&Σ ΚΥΑ 41624/2057/2010	Σύλλογή: 25% του μέσου όρου πωλήσεων τελευταίας 3ετίας (έτος 2012)	✓		

✓: επίτευξη στόχου

\*: μη επίτευξη στόχου (ΕΣΔΑ, ΥΠΕΚΑ 2014)

Εικόνα 2.1

Ειδικότερα για τα αστικά στερεά απόβλητα, οι βασικές διαπιστώσεις είναι οι ακόλουθες:

- Στη χώρα λειτουργούν 75 Χώροι Υγειονομικής Ταφής, δίκτυο 54 Σταθμών Μεταφόρτωσης, έργο ανακύκλωσης συσκευασιών για περίπου 85% του πληθυσμού με 31 Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών καθώς και 4 Μονάδες Επεξεργασίας Αποβλήτων. Υλοποιούνται 19 νέοι ΧΥΤΑ, 17 επεκτάσεις ΧΥΤΑ και 34 ΣΜΑ.
- Τα δίκτυα συλλογής και μεταφοράς των ΑΣΑ καλύπτουν το 100% της χώρας. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος των ΑΣΑ συλλέγεται ως ένα ενιαίο ρεύμα (σύμμεικτα απόβλητα).
- Η ανακύκλωση των ΑΣΑ βρίσκεται ακόμα σε χαμηλά επίπεδα, δεδομένου ότι για το 2011 αντιστοιχεί στο 15% της παραγωγής, ενώ οι ποσότητες οργανικού κλάσματος που ανακτήθηκαν μέσω χωριστής συλλογής (κομποστοποίηση ή/ και ενεργειακή ανάκτηση) αντιστοιχούσαν σε ποσοστό μόλις 3% επί των συνολικά παραγόμενων ΑΣΑ.

Σε σχέση με τη διαχείριση των βιομηχανικών αποβλήτων, οι κυριότερες διαπιστώσεις αφορούν τα εξής:

**α.** Υφίστανται ιδιαίτερα αυξημένες ανάγκες σε δίκτυα εγκαταστάσεων διάθεσης και σημαντικό περιθώριο ανάπτυξης δικτύων εγκαταστάσεων ανάκτησης.

**β.** Δεδομένης της έλλειψης υποδομών, μοναδική επιλογή για την κατάλληλη διαχείριση ορισμένων κατηγοριών Β.Α., κυρίως επικίνδυνων, αποτελεί η διάθεση σε εγκαταστάσεις του εξωτερικού, με σημαντικά αυξημένο κόστος διαχείρισης και απώλεια κεφαλαίων.

**γ.** Συσσωρεύονται Β.Α. στους χώρους των παραγωγών, που συχνά μετατρέπονται σε χώρους διάθεσης, χωρίς συχνά να πληρούν τις κατάλληλες προδιαγραφές κατασκευής και λειτουργίας.

**δ.** Υφίσταται ανάγκη συστηματοποίησης του μηχανισμού παρακολούθησης και ελέγχου της παραγωγής και διαχείρισης Β.Α.

Τα στοιχεία διαχείρισης για το έτος 2011 δείχνουν ότι κυρίαρχη εργασία διαχείρισης για τα μη επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα αποτέλεσε η διάθεση (σε ποσοστό περίπου 80%). Στην περίπτωση των επικίνδυνων βιομηχανικών αποβλήτων, σημαντικό ποσοστό (30%) αποθηκεύτηκε εντός των εγκαταστάσεων παραγωγής εν αναμονή περαιτέρω διαχείρισης, ενώ αντίστοιχη ποσότητα (περίπου 37% του συνόλου) οδηγήθηκε σε εργασίες ανάκτησης. Η υφιστάμενη διαχείριση των βιομηχανικών αποβλήτων χαρακτηρίζεται εν γένει από έλλειψη/ανεπάρκεια

κατάλληλων υποδομών διαχείρισης, ενώ περιορισμένες εμφανίζονται να είναι οι επιλογές συνέργειας μεταξύ κλάδων με σκοπό την εύρεση διεξόδων στη διαχείριση των παραγόμενων αποβλήτων. Διαδεδομένο είναι το φαινόμενο της παράνομης διάθεσής τους μέσω της ανάμιξης (και ρύπανσης) των ΑΣΑ, με επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα.

Σημαντική υποχρέωση και προϋπόθεση διαχείρισης των βιομηχανικών αποβλήτων είναι η άμεση αντιμετώπιση της ανεπάρκειας στην καταγραφή των παραγόμενων και διαχειριζόμενων ποσοτήτων αποβλήτων. Για το σκοπό αυτό θα πραγματοποιηθεί καταγραφή σε ηλεκτρονικό μητρώο της παραγωγής και διαχείρισης των αποβλήτων, ενώ παράλληλα θα ενδυναμωθούν οι έλεγχοι εφαρμογής της νομοθεσίας και θα επιβληθούν οι προβλεπόμενες κυρώσεις στους υπόχρεους που δεν συμμορφώνονται. Οι διαπιστώσεις που αφορούν στην οργάνωση της εναλλακτικής διαχείρισης γενικά (σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 2939/2001) σχετίζονται με την ανάγκη: α. Να εξασφαλιστεί η συμμετοχή του συνόλου των παραγωγών στα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης. β. Να συμμετέχουν ενεργά οι Δήμοι σύμφωνα και με τα προβλεπόμενα στα τοπικά σχέδια διαχείρισης αποβλήτων, και ιδιαίτερα σε ότι αφορά στα δημοτικά απόβλητα που εντάσσονται στην εναλλακτικής διαχείριση. γ. Να επεκταθεί η εναλλακτική διαχείριση και σε άλλα ρεύματα αποβλήτων. δ. Να υπάρξει διαφανής και ορθή διαχείριση των σχετικών πόρων (χρηματικές εισφορές κλπ.), που οφείλουν να λειτουργούν ανταποδοτικά. Σε αυτό πλαίσιο, κρίνεται επιβεβλημένη η δημοσιοποίηση των επιχειρησιακών σχεδίων των ΣΕΔ και του ΕΟΑΝ και της οικονομικής τους διαχείρισης.

### **2.1.3. Βασικές Προβλέψεις του Νέου ΕΣΔΑ**

Το νέο ΕΣΔΑ προβλέπει, μεταξύ άλλων:

- (1) Καθιέρωση χωριστής συλλογής αποβλήτων, τουλάχιστον για το γυαλί, το χαρτί, το μέταλλο και το πλαστικό, ώστε να εξασφαλισθεί η ανακύκλωση του 65% του συνολικού τους βάρους από το στάδιο της προδιαλογής, ως το 2020. Δημιουργία, στο πλαίσιο τοπικών σχεδίων αποκεντρωμένης διαχείρισης αποβλήτων, νέου δικτύου Πράσινων Σημείων και Κέντρων Ανακύκλωσης Εκπαίδευσης για τη Διαλογή στην Πηγή (ΚΑΕΔΙΣΠ) με χωροταξικά και πληθυσμιακά κριτήρια ένα τουλάχιστον ανά δήμο, με παράλληλη ενσωμάτωση κοινωνικών πρωτοβουλιών.

- (2) Καθιέρωση της χωριστής συλλογής των βιοαποβλήτων, ως πρωταρχικού βήματος του νέου συστήματος διαχείρισης, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της χωριστής συλλογής **ήτοι 40% του συνολικού βάρους των βιοαποβλήτων, ως το 2020.**
- (3) Επανασχεδιασμό των αναγκαίων έργων και υποδομών στους υπό αναθεώρηση περιφερειακούς σχεδιασμούς στην κατεύθυνση αναθεώρησης των στόχων μέχρι το 2020 υπέρ της ανακύκλωσης και των ανώτερων μορφών διαχείρισης με ιδιαίτερη έμφαση στη διαλογή στην πηγή και με ελαχιστοποίηση της επεξεργασίας συμμείκτων. Η διαχείριση των αποβλήτων είναι δημόσια υπόθεση με έμφαση στην πρόληψη, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, κομποστοποίηση με φιλόδοξους στόχους, πέραν των ήδη τεθέντων ως ελαχίστων από την υφιστάμενη νομοθεσία.
- (4) Ριζική αναθεώρηση της λειτουργίας των Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΕΔ) και επανασχεδιασμός τους, στο πλαίσιο ενιαίου κεντρικού συντονιστικού φορέα για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (με αναβάθμιση του ΕΟΑΝ). Τα έσοδα των ΣΕΔ αποτελούν δημόσιο πόρο και πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα ο έλεγχός τους μέσω κρατικού λογιστικού συστήματος για να αποτελέσουν επενδυτικό κονδύλι για την ανάπτυξη των συστημάτων της νέας διαχείρισης.
- (5) Ενσωμάτωση ως υποχρεωτική κατεύθυνση τοπικών σχεδίων διαχείρισης από τους Δήμους. Οι αναθεωρημένοι ΠΕΣΔΑ θα εξειδικεύουν τις κατευθύνσεις αυτές τα δε τοπικά σχέδια θα εμπεριέχονται στη ριζική αναθεώρηση των κανονισμών καθαριότητας των δήμων. Συνδυασμένα πρέπει να επανεξετασθεί η χρηματοδότηση των σχεδίων, των έργων, των υποδομών της νέας διαχείρισης μέσω ΕΣΠΑ, Πράσινου Ταμείου καθώς και σειρά ρυθμίσεων για την διευκόλυνση της εφαρμογής (δυνατότητα προσλήψεων προσωπικού, διακίνησης ανακατωμένων υλικών έναντι τιμήματος, χωροθέτησης ήπιων υποδομών διαχείρισης εντός του πολεοδομικού ιστού, ενθάρρυνση κοινωνικών πρωτοβουλιών)
- (6) Νομοθετική ρύθμιση για τα έργα και υποδομές που υλοποιούνται με τη μορφή ΣΔΙΤ. Αναστολή τους σε περίπτωση μη ύπαρξης σύμβασης μέχρις ισχύος του παρόντος και επανασχεδιασμός έργων υποδομών και δράσεων βάσει του παρόντος ΕΣΔΑ. Πρόβλεψη παράλληλης επεξεργασίας προδιαλεγμένων οργανικών. Ανάπτυξη κατά προτεραιότητα μικρής κλίμακας αποκεντρωμένων μονάδων ανάκτησης προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων.



- (7) Ενίσχυση – ανάπτυξη του κεντρικού μηχανισμού καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων, ώστε να διασφαλίζεται η ιχνηλασιμότητα από την παραγωγή έως τον τελικό προορισμό τους. Ανάπτυξη κατάλληλου δικτύου υποδομών ανάκτησης και διάθεσης αποβλήτων.
- (8) Δημιουργία προϋποθέσεων για την δραστική μείωση της εξαγωγής αποβλήτων, καθώς αυτό συνεπάγεται σημαντική απώλεια δυνητικών πόρων και ταυτόχρονα ευκαιριών ανάπτυξης της τοπικής οικονομίας μέσω της επεξεργασίας και ανακύκλωσης.
- (9) Εξάλειψη παράνομης διακίνησης αποβλήτων εντός της χώρας, για την ανάπτυξη υγιούς και περιβαλλοντικά ορθής επιχειρηματικότητας στον τομέα διαχείρισης αποβλήτων.
- (10) Ενίσχυση ελέγχων - επιθεωρήσεων και μηχανισμών υποστήριξης για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τη νομοθεσία.
- (11) Αποκατάσταση των ρυπασμένων περιοχών διάθεσης αποβλήτων και διευθέτηση του προβλήματος των ιστορικά αποθηκευμένων βιομηχανικών αποβλήτων με σειρά μέτρων.

Όσον αφορά τη διαχείριση των ΑΣΑ, στον ακόλουθο Πίνακα αποτυπώνονται τα βασικά στοιχεία του σχεδιασμού τα οποία περιλαμβάνουν την καθιέρωση δικτύων χωριστής συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών και βιοαποβλήτων καθώς και την πλήρη ανάπτυξη των δικτύων επεξεργασίας υπολειπόμενων σύμμεικτων ΑΣΑ.

Η κατ' ελάχιστο βασική προτεραιότητα κατά την ανάπτυξη των δικτύων ανάκτησης είναι η διασφάλιση της επίτευξης των τιθέμενων στόχων.

ΑΣΑ 5.780.000	ΧΩΡΙΣΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣ										
	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ (ΚΥΑ 9268/2007)			ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΛΟΙΠΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (Ν. 4042/2012)							
Οργανικό κλάσμα 2.560.500							4				
Χαρτί - Χαρτόνι 1.283.200	26%	333.600	32%	417.000							
Πλαστικά											

Εικόνα 2.2

Το ΕΣΔΑ συμπεριλαμβάνει τη στρατηγική για την υλοποίηση της μείωσης των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων (ΒΑΑ), τα οποία προορίζονται για υγειονομική ταφή, που αναφέρεται στο άρθρο 5 της Οδηγίας 1999/31/ΕΚ, σε συμφωνία με τις διατάξεις της παραγράφου 4 του άρθρου 22 του Νόμου 4042/2012. Η χώρα δεσμεύεται για τη μείωση της ποσότητας ΒΑΑ που προορίζεται να διατίθεται σε ΧΥΤ, η οποία βαίνει σταδιακά μειούμενη μέχρι το 2020.

Στο ΕΣΔΑ προβλέπονται στόχοι και δράσεις για την διαχείριση της ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας, για τα επικίνδυνα απόβλητα, και τα λοιπά ρεύματα αποβλήτων.

Προβλέπονται επίσης σημαντικά νομοθετικά και διοικητικά μέτρα για την διακυβέρνηση της διαχείρισης και την κατανομή αρμοδιοτήτων, όπως η μετεξέλιξη του ΕΟΑΝ σε Οργανισμό Διαχείρισης Αποβλήτων με ευρύτερες αρμοδιότητες και η μετατροπή όσων ΦοΔΣΑ είναι ΑΕ σε ΝΠΔΔ, καθώς και οικονομικά εργαλεία και πηγές χρηματοδότησης των έργων και δράσεων.

Τέλος, για την αποτύπωση σε συνεχή βάση της συνολικής εικόνας της κατάστασης της διαχείρισης των αποβλήτων στη χώρα, της προόδου επίτευξης των στόχων του ΕΣΔΑ και των

εξελιξέων σε επιμέρους ζητήματα, προσδιορίζονται οι παράμετροι για τη λειτουργία συστήματος παρακολούθησης.

## **2.2. Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων Αττικής (ΠΕΣΔΑ ΑΤΤΙΚΗΣ)**

2.2.1. Γενικά Η τελευταία αναθεώρηση (ΑΠΟΦΑΣΗ υπ' αριθμ. 281/2015/ΕΔΣΝΑ)– επικαιροποίηση του Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης Απορριμμάτων Αττικής (ΠΕΣΔΑ ΑΤΤΙΚΗΣ) ακολουθεί τις αρχές και τις κατευθύνσεις του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΕΣΔΑ) που στηρίζεται στις βασικές αρχές, κατευθύνσεις και στόχους της Οδηγίας Πλαίσιο για τα απόβλητα 2008/98/ΕΚ, όπως αυτές ενσωματώθηκαν στο εθνικό δίκαιο με το Νόμο Πλαίσιο 4042/2012. Παράλληλα καθορίζει τις προοπτικές διαχείρισης των αποβλήτων στην Αττική έως το 2020 σε συμμόρφωση με τη Στρατηγική «Ευρώπη 2020», την πρόταση για το 7ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον και το Χάρτη Πορείας για την αποδοτικότητα των πόρων.

Το ΠΕΣΔΑ Αττικής υιοθετεί στο σύνολο της την εθνική πολιτική για τα απόβλητα και τους άξονες αυτής, όπως εμπεριέχονται στο ΕΣΔΑ, το οποίο ειδικότερα για τα Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ) είναι προσανατολισμένο στους εξής στόχους- ορόσημα για το 2020: α. Η κατά κεφαλή παραγωγή αποβλήτων να έχουν μειωθεί σημαντικά. β. Η προετοιμασία προς επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση με χωριστή συλλογή ανακυκλώσιμων - βιοαποβλήτων να εφαρμόζεται στο 50% του συνόλου των ΑΣΑ. γ. Η ανάκτηση ενέργειας να αποτελεί συμπληρωματική μορφή διαχείρισης, όταν έχουν εξαντληθεί τα περιθώρια κάθε άλλου είδους ανάκτησης. δ. Η υγειονομική ταφή να αποτελεί την τελευταία επιλογή και να έχει περιοριστεί σε λιγότερο από το 30% του συνόλου των ΑΣΑ.

Οι στρατηγικές για την εφαρμογή της νέας εθνικής πολιτικής διαχείρισης των αποβλήτων στην περιφέρεια Αττικής είναι οι εξής: α. Κατάρτιση ολοκληρωμένου πλαισίου σχεδιασμών διαχείρισης αποβλήτων, που θα περιλαμβάνει: (1) Εξειδίκευση των μέτρων και δράσεων του εθνικού στρατηγικού σχεδίου πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων. (2) Εξειδίκευση των μέτρων και δράσεων των ειδικών εθνικών σχεδίων για τα επικίνδυνα απόβλητα και τα επικίνδυνα απόβλητα υγειονομικών μονάδων. (3) Αναθεώρηση του υφιστάμενου ΠΕΣΔΑ Αττικής, κυρίως των μη επικίνδυνων αποβλήτων, ως επιχειρησιακού σχεδιασμού για τα ρεύματα αυτά. (4) Εναρμόνιση με

το Περιφερειακό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης Αττικής (Ρυθμιστικό Σχέδιο Αττικής). (5) Συντονισμός της διαδικασίας εκπόνησης, έγκρισης και υλοποίησης των τοπικών σχεδίων αποκεντρωμένης διαχείρισης αποβλήτων των Δήμων της Περιφέρειας Αττικής και ενσωμάτωσης τους στον ΠΕΣΔΑ.

β. Διασφάλιση της υψηλής προστασίας του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας: (1) Ανάπτυξη καταλλήλων υποδομών ανάκτησης και διάθεσης αποβλήτων. (2) Ολοκλήρωση της αποκατάστασης ρυπασμένων περιοχών διάθεσης αποβλήτων. (3) Δημιουργία προϋποθέσεων για την μείωση της εξαγωγής αποβλήτων. (4) Εξάλειψη παράνομης διακίνησης αποβλήτων, για την ανάπτυξη υγιούς και περιβαλλοντικά ορθής επιχειρηματικότητας στο τομέα διαχείρισης αποβλήτων. γ. Εφαρμογή της Διαλογής στη Πηγή (ΔσΠ) ως του πλέον δόκιμου τρόπου συλλογής με σκοπό την επίτευξη υψηλής ποιότητας ανακύκλωσης, με τη λήψη των ακόλουθων μέτρων: (1) Καθιέρωση της χωριστής συλλογής αποβλήτων. Στα ρεύματα προτεραιότητας περιλαμβάνονται τουλάχιστον τα βιοαπόβλητα καθώς και το γυαλί, το χαρτί, το μέταλλο και το πλαστικό. (2) Δημιουργία δικτύου Πράσινων Σημείων και Κέντρων Ανακύκλωσης Εκπαίδευσης για την ΔσΠ. (3) Υιοθέτηση μέτρων ώστε να επιτευχθεί ο στόχος του Ν.4042/2012 (Α' 24) έως το 2020 σχετικά με την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και ανάκτηση άλλων υλικών μη επικίνδυνων αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων. (4) Συμπληρωματική χρήση μεθόδων ανάκτησης ενέργειας, με την προϋπόθεση ότι δεν αλλοιώνουν τους στόχους προδιαλογής και ανάκτησης υλικών. Προτεραιότητα στην περαιτέρω ανάκτηση υλικών, έναντι της παραγωγής δευτερογενών καυσίμων στα εργοστάσια επεξεργασίας αποβλήτων. (5) Περιορισμός της διάθεσης σε χώρους υγειονομικής ταφής στο λιγότερο δυνατό επίπεδο. δ. Εξορθολογισμός κόστους υπηρεσιών διαχείρισης αποβλήτων και προώθηση οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμων επενδύσεων στον τομέα των αποβλήτων, με ανταποδοτικό όφελος προς τον πολίτη από την ανακύκλωση, σύμφωνα με τις εκάστοτε εθνικές στρατηγικές. ε. Εξειδίκευση των ως άνω στρατηγικών ανά ρεύμα αποβλήτων.

### **2.2.2. Πεδίο Αναφοράς ΠΕΣΔΑ Αττικής**

Ο ΠΕΣΔΑ, ως πολιτικός και στρατηγικός σχεδιασμός, αναφέρεται στο σύνολο των αποβλήτων (περιλαμβανομένων και των επικινδύνων αποβλήτων) που παράγονται στη περιφέρεια Αττικής,

εκτός των ζωικών υποπροϊόντων και των εξορυκτικών απόβλητων. Οι προβλέψεις του για τα γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα έχουν κατευθυντήριο χαρακτήρα.

Τα διάφορα είδη αποβλήτων ομαδοποιούνται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες κατά προέλευση και συναφή σύσταση, οι οποίες περιγράφονται ως ακολούθως: α. Απόβλητα Αστικού Τύπου: Στα απόβλητα αστικού τύπου περιλαμβάνονται τα αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) και οι ίλυες αστικού τύπου. Τα ΑΣΑ περιλαμβάνουν τα απόβλητα των νοικοκυριών και τα απόβλητα (ΕΚΑ, κατηγορία 20) που παράγονται από τις εμπορικές επιχειρήσεις, τους κοινωφελείς οργανισμούς (π.χ. λιμάνια, αεροδρόμια, σιδηροδρομικοί σταθμοί), τις βιομηχανίες, τις υγειονομικές μονάδες και τις μονάδες των ενόπλων δυνάμεων. β. Βιομηχανικά απόβλητα και απόβλητα λοιπών δραστηριοτήτων: Περιλαμβάνονται όλα τα απόβλητα βιομηχανικής και συναφούς με αυτήν προέλευσης, τα οποία προκύπτουν κυρίως από τους τομείς της μεταποίησης και της παραγωγής ενέργειας, καθώς και τα απόβλητα λοιπών δραστηριοτήτων, συγκεκριμένα τα απόβλητα των υγειονομικών μονάδων και τα απόβλητα από τις εγκαταστάσεις κοινής ωφέλειας, εξυπηρέτησης κοινού κ.λπ. γ. Απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων: Η κατηγορία των αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ) περιλαμβάνει το σύνολο των αποβλήτων (ΕΚΑ, κατηγορία 17). δ. Γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα: Στην κατηγορία περιλαμβάνονται απόβλητα κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης, υπολείμματα καλλιεργειών, αποσυρόμενα φρούτα και λαχανικά, πλαστικά κάλυψης θερμοκηπίων, απόβλητα συσκευασιών λιπασμάτων, αγροχημικών και φαρμακευτικών ουσιών, καθώς και αποσυρόμενα υλικά άρδευσης και τμήματα γεωργικών μηχανημάτων.

### **2.2.3. Παραγόμενες Ποσότητες Αποβλήτων**

Το έτος αναφοράς των δεδομένων είναι το 2011. Στην περίπτωση των ΑΣΑ χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα αναλυτικά στοιχεία του ΕΔΣΝΑ. Για τα υπόλοιπα ρεύματα χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία και εκτιμήσεις του ΕΣΔΑ-2015.

### **2.2.4. Πρόληψη της Δημιουργίας Αποβλήτων**

Σύμφωνα με το Ν. 4042/12 (άρθρο 29) σχετικά με την ιεράρχηση των δράσεων και των εργασιών διαχείρισης των αποβλήτων, η πρόληψη τίθεται ως πρώτη προτεραιότητα. Ως πρόληψη νοούνται

(άρθρο 11 παρ. 12) τα μέτρα που λαμβάνονται ως προς μια ουσία, υλικό ή προϊόν πριν καταστούν απόβλητα και τα οποία μειώνουν την ποσότητα των αποβλήτων, μέσω επαναχρησιμοποίησης ή παράτασης της διάρκειας ζωής των προϊόντων, τις αρνητικές επιπτώσεις των παραγόμενων αποβλήτων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία ή την περιεκτικότητα των υλικών και προϊόντων σε επικίνδυνες ουσίες.

Σύμφωνα με τις κατευθύνσεις του Ν. 4042/12, το Εθνικό Σχέδιο Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων (ΕΣΠΔΑ) που δημοσιοποιήθηκε το Δεκέμβριο του 2014 καθορίζει για την υλοποίηση της Εθνικής στρατηγικής:

α. Τους γενικούς στόχους: Βελτίωση της ενημέρωσης και την ευαισθητοποίηση του κοινού σε σχέση με την πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων, προώθηση της βιώσιμης κατανάλωσης προϊόντων και προώθηση της επαναχρησιμοποίησης προϊόντων.

β. Τους τομείς προτεραιότητας: Στο Σχέδιο αναγνωρίζονται τέσσερα ρεύματα αποβλήτων ως τομείς προτεραιότητας και θεσπίζονται ποιοτικοί στόχοι γι' αυτά. Τα ρεύματα αποβλήτων είναι τα απόβλητα τροφίμων, χαρτί, τα υλικά/ απόβλητα συσκευασίας και τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).

γ. Τον προσδιορισμό μέτρων και δράσεων: Το παρόν ΠΕΣΔΑ περιλαμβάνει τις βασικές κατευθύνσεις για την υλοποίηση ενός σχεδίου Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων στην Περιφέρεια και προτείνονται εξειδικευμένα μέτρα για την προώθησή της. Τα μέτρα αυτά αφορούν δράσεις που μπορούν να υλοποιηθούν σε περιφερειακό επίπεδο, ενώ δεν αφορούν εθνικά μέτρα ή εθνικούς φορείς.

### **2.2.5 Σύγκριση του ΠΕΣΔΑ με τον ΕΣΔΑ**

Σε σχέση με τον ΕΣΔΑ, ο Περιφερειακός Σχεδιασμός έχει κάποιες ουσιώδεις αποκλίσεις:

- Η έννοια της αποκέντρωσης μεταφράζεται σε μεγαλύτερο βαθμό σε αποκέντρωση σε επίπεδο περιφέρειας παρά σε επίπεδο Δήμων. Υιοθετούνται δύο διαχειριστικές ενότητες (η μία τα νησιά Κύθηρα και Αντικύθηρα και η άλλη όλη την υπόλοιπη Αττική) αντί να υιοθετηθούν περισσότερες και πιο διεσπαρμένες διαχειριστικές ενότητες.

- Δεν τίθενται χρονοδιαγράμματα για την αντικατάσταση του ΧΥΤΑ Φυλής με άλλες μεθόδους διαχείρισης, ακόμα και τελικής διάθεσης.

- Δεν αποτρέπονται οι μεγάλες, συγκεντρωτικές μονάδες διαχείρισης σύμμεικτων προς όφελος τοπικών, δημοτικών ή διαδημοτικών. Αντίστροφα, προβλέπεται η επέκταση της δυναμικότητας της ΕΜΑΚ, καθώς και κατασκευή νέων μονάδων επεξεργασίας σύμμεικτων, δυναμικότητας 500,000 τόνων/έτος, με αντίστοιχη υποτίμηση δράσεων διαλογής στην πηγή και υποστήριξης δήμων ως προς αυτό

Σε γενικές γραμμές, δεν ακολουθεί ουσιαδώς την στρατηγική έμφαση στην αποκεντρωμένη διαχείριση σε δημοτικό επίπεδο με προώθηση της Διαλογής στην Πηγή και την λειτουργία μικρών, αποκεντρωμένων μονάδων επεξεργασίας προδιαλεγμένων ΑΣΑ κοντά στον χώρο παραγωγής τους (αρχή της εγγύτητας, αρχή της μικρής κλίμακας).

### **2.3. Δημοτικά- Τοπικά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων**

Ειδικότερα σε ότι αφορά στα Δημοτικά Τοπικά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων, με την με αριθμ. 84/2015 απόφαση της Εκτελεστικής Επιτροπής του ΕΔΣΝΑ εγκρίθηκε ο οδηγός σύνταξης τους. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις σχετικές κατευθύνσεις του ΕΣΔΑ και σε συμφωνία με τους στόχους και τα σχέδια διαχείρισης του παρόντος ΠΕΣΔΑ, θα έπρεπε να έχει ολοκληρωθεί/ επικαιροποιηθεί η κατάρτιση τους μέχρι 15/09/2015.

Τα Τοπικά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων περιλαμβάνουν κατ' ελάχιστον: α. Δραστηριότητες πρόληψης και διαλογής στην πηγή, σε επίπεδο δήμου μέσω των οποίων επιδιώκεται η εκτροπή του μεγαλύτερου μέρους των απορριμμάτων με χρονικό ορίζοντα το 2020 (δίκτυο κάδων για την προδιαλογή οργανικών και ανακυκλώσιμων υλικών σε διακριτά ρεύματα, ξεχωριστή συλλογή των αποβλήτων κήπου, δίκτυο Πράσινων Σημείων, σύστημα αποκομιδής και μεταφοράς). β. Ενίσχυση της υφιστάμενης ξεχωριστής συλλογής ογκωδών και προώθηση τους στα αντίστοιχα διακριτά ρεύματα διαχείρισης. γ. Δράσεις ενημέρωσης, ευαισθητοποίησης, περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και υποκίνησης της συμμετοχής των πολιτών.

Ταυτόχρονα τα Τοπικά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων επιδιώκεται να περιλαμβάνουν: α. Δραστηριότητες κομποστοποίησης - διαλογής – διαχωρισμού - επεξεργασίας σε επίπεδο δήμου ή ομάδας δήμων (Χώρους υποδοχής και διαλογής των ανακυκλώσιμων, Μονάδες διαχείρισης των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων, μονάδες μηχανικής διαλογής των σύμμεικτων). Οι παραπάνω δραστηριότητες μπορούν να ασκούνται σε διακριτούς χώρους ή να περιλαμβάνονται σε μια

Αποκεντρωμένη Εγκατάσταση Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΑΕΔΑ). β. Χώρους Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων σε επίπεδο ομάδας Δήμων.

Οι κατ' ελάχιστον δράσεις των Τοπικών Σχεδίων Διαχείρισης Αποβλήτων, μετά από αξιολόγηση ως προς την πληρότητα και την εκπλήρωση των στόχων του ΠΕΣΔΑ με ευθύνη του ΕΔΣΝΑ, αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο των δράσεων υλοποίησης του ΠΕΣΔΑ και συντονίζονται με σκοπό την επίτευξη των σχετικών Περιφερειακών στόχων.

Σε ότι αφορά στις δράσεις διαχωρισμού, επεξεργασίας, διάθεσης οι προτάσεις των Τοπικών Σχεδίων Διαχείρισης Αποβλήτων, με ευθύνη του ΕΔΣΝΑ, μετά από αξιολόγηση ενσωματώνονται στο ΠΕΣΔΑ. Η αξιολόγηση αναφέρεται κατ' ελάχιστο στα ακόλουθα: α. Συμβατότητα με τους στόχους και την ιεράρχηση των δράσεων του ΠΕΣΔΑ για την κάλυψη των αναγκών σε δίκτυα διαχείρισης, β. Βαθμός κάλυψης των τοπικών αναγκών του Δήμου και η δυνατότητα εξυπηρέτησης των αναγκών όμορων Δήμων, γ. Τεχνικοοικονομική βιωσιμότητα.

Σε επίπεδο Αττικής, σε σύνολο 65 Δήμων έχουν εκπονηθεί 63 Δήμοι (με σημαντική την απουσία κατάρτισης Σχεδίου από τον Δήμο Φυλής).

Τα Τοπικά Σχέδια συντάσσονται με βάση πρότυπο οδηγό που εξέδωσε ο ΕΔΣΝΑ<sup>15</sup>.

Τα σχέδια που υπεβλήθησαν αξιολογούνται σε ποσοστό 60% ως άριστα με βάση τις οδηγίες του Οδηγού, ως μέτρια το 22%, ενώ τα υπόλοιπα 18% έχουν χαμηλή επίδοση.<sup>16</sup>

## 2.4 Ανακύκλωση

### 2.4.1 Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (Ε.Ο.ΑΝ.)

Ο Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (πρώην Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) είναι Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.) και υπάγεται στην εποπτεία και τον έλεγχο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Βασικός σκοπός του είναι ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της πολιτικής για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων σύμφωνα με τους στόχους και τις γενικές αρχές του νόμου 2939/2001 όπως τροποποιήθηκε και ισχύει με τους νόμους 3854/2010 και 4496/2017. Οι αρχές αυτές είναι οι ακόλουθες:

15 Οδηγός σύνταξης Τοπικών Σχεδίων Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων, ΕΔΣΝΑ, 2015

16 Αποκεντρωμένη Διαχείριση Αστικών Απορριμμάτων: Δυνατότητες και Προοπτικές, Χαλιώτης Β., 2016



1. Η αρχή της πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων με την μείωση του συνολικού όγκου τους και των επικίνδυνων συστατικών τους.
2. Η αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει”.
3. Η αρχή της ευθύνης όλων των εμπλεκόμενων οικονομικών παραγόντων, δημόσιων και ιδιωτικών.
4. Η αρχή της δημοσιότητας προς τους χρήστες και τους καταναλωτές, προκειμένου να αναδειχτεί η συμβολή τους στην επαναχρησιμοποίηση ή ανάκτηση (εναλλακτική διαχείριση) των συσκευασιών και άλλων προϊόντων.

#### **2.4.2 Η Ελληνική Εταιρία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης**

Η Ελληνική Εταιρία Αξιοποίησης-Ανακύκλωσης ΑΕ (ΕΕΑΑ) ιδρύθηκε τον Δεκέμβριο του 2001 από βιομηχανικές και εμπορικές επιχειρήσεις που, είτε διαθέτουν συσκευασμένα προϊόντα στην ελληνική αγορά, είτε κατασκευάζουν διάφορες συσκευασίες. Η ΕΕΑΑ οργάνωσε και εποπτεύει το σύστημα των μπλε κάδων.

Η ίδρυση της Ελληνικής Εταιρείας Αξιοποίησης Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) τον Δεκέμβριο του 2001 αποτέλεσε πρωτοβουλία ελληνικών επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνταν στην παραγωγή συσκευασιών και την εμπορία συσκευασμένων προϊόντων, με στόχο να ανταποκριθούν πιο αποτελεσματικά στη νομική τους υποχρέωση για Ανακύκλωση των αποβλήτων συσκευασίας των προϊόντων τους, μέσα από την διαχείριση των πόρων τους, στο πλαίσιο της εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας.

Η ΕΕΑΑ, σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου 2939/01, έχει αναπτύξει και λειτουργεί στο σύνολο του Ελλαδικού χώρου το Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης- ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ (ΣΣΕΔ – ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ), βάσει εξαετών Επιχειρησιακών Σχεδίων που εγκρίνονται από τις αρμόδιες αρχές.

Η ΕΕΑΑ συνάπτει συμβάσεις με τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) της χώρας, οι οποίοι είναι οι κατά νόμο υπεύθυνοι φορείς για τη συλλογή δημοτικών αποβλήτων.

Ως προς τη μετοχική της σύνθεση, το 35% των μετοχών ανήκει στην Κεντρική Ένωση Δήμων Ελλάδος (ΚΕΔΕ) ενώ το υπόλοιπο ανήκει σε βιομηχανικές και εμπορικές επιχειρήσεις που σύμφωνα με τον Νόμο είναι υποχρεωμένες να μεριμνούν για τη συλλογή και την αξιοποίηση των συσκευασιών των προϊόντων τους.

Σύμφωνα με το ισχύο νομικό και κανονιστικό πλαίσιο, η ΕΕΑΑ δεν λειτουργεί κερδοσκοπικά αλλά προς όφελος του δημοσίου συμφέροντος.

Τον Αύγουστο του 2001, ψηφίστηκε ο Ν.2939/2001 περί «Συσκευασιών και Εναλλακτικής Διαχείρισης των Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων» ο οποίος ουσιαστικά καθιστά υποχρεωτική την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών στη χώρα μας και εναρμονίζει την εθνική μας νομοθεσία με τη σχετική νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ειδικότερα με την ευρωπαϊκή οδηγία 94/62. Το 2004 εκδόθηκε νέα κοινοτική οδηγία (04/12) η οποία αναθεωρεί τους στόχους που θέτει η 94/62. Οι νέοι στόχοι ενσωματώθηκαν στο εθνικό νομικό πλαίσιο με την ΚΥΑ 9268/469.

Όλες οι επιχειρήσεις που λειτουργούν στη χώρα μας και παράγουν ή εισάγουν συσκευασμένα προϊόντα, τα οποία στη συνέχεια τα διαθέτουν στην εγχώρια αγορά, υποχρεούνται να συλλέγουν και να ανακυκλώνουν τις συσκευασίες των προϊόντων τους, δηλαδή να οργανώνουν συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης.

Παράλληλα νομικά υπόχρεοι είναι και οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.), οι οποίοι οφείλουν να μεριμνήσουν για την ανακύκλωση των δημοτικών αποβλήτων συσκευασίας. Ο νόμος προβλέπει τις βασικές αρχές συνεργασίας των ΟΤΑ με τους υπόχρεους διαχειριστές συσκευασίας.

Σύμφωνα με το καταστατικό της εταιρείας και τους όρους λειτουργίας του ΣΣΕΔ – ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ, η ΕΕΑΑ αποσκοπεί:

- Στην εκπλήρωση της νομικής υποχρέωσης των συμβεβλημένων επιχειρήσεων.
- Στη βέλτιστη αξιοποίηση των διατιθέμενων οικονομικών πόρων προς όφελος της Ανακύκλωσης, ην επίτευξη της ανακύκλωσης των μέγιστων δυνατών ποσοτήτων συσκευασίας, σύμφωνα με τους στόχους της εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας.

Τα απόβλητα συσκευασίας που αφορούν στο Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΣΕΔ – ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ) προέρχονται από πολλές πηγές και ακολουθούν διαφορετικές διαδρομές μετά τη χρήση και την απόρριψή τους.

Η ΕΕΑΑ εποπτεύει και συνεργάζεται με Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών, μονάδες δηλαδή επεξεργασίας απορριμμάτων με μηχανικά και άλλα μέσα οι οποίες ανακτούν υλικά συσκευασιών που έχουν αξία στην δευτερογενή αγορά.

## **Κεφάλαιο 3 – Από την Γραμμική Οικονομία στην Κυκλική Οικονομία**

### **3.1. Η μετάβαση σε οικονομικά συστήματα “κλειστού βρόχου” στην Ε.Ε.**

Το επίσημο Σχέδιο Δράσης για την κυκλική οικονομία που συμφωνήθηκε τον Δεκέμβριο 2015<sup>17</sup> υπόσχεται ένα ελπιδοφόρο μέλλον για την ευρωπαϊκή οικονομία, διοχετεύοντας πόρους στην παραγωγική διαδικασία ξανά και ξανά, συμβάλλοντας στην ελάττωση των αποβλήτων και τη μείωση της εξάρτησης από αβέβαιες προμήθειες αλλά και μείωση χρήσης φυσικών πόρων. Παρακάτω περιγράφεται το σχέδιο δράσης της ΕΕ για την κυκλική οικονομία που αφορά όλη την αλυσίδα εφοδιασμού:

#### **3.1.1 Παραγωγή**

Η κυκλική οικονομία ξεκινά από την αρχή της ζωής ενός προϊόντος. Τόσο η φάση της σχεδίασης όσο και οι μέθοδοι παραγωγής επηρεάζουν την προμήθεια πρώτων υλών, την κατανάλωση πόρων και την παραγωγή αποβλήτων καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του προϊόντος.

##### **Σχεδίαση προϊόντων**

Προτεραιότητα θα δοθεί στην ανθεκτικότητά και διευκόλυνση επισκευής των προϊόντων, την αναβάθμιση ή την ανακατασκευή τους, εύκολη αποσυναρμολόγηση ώστε να διευκολυνθεί η ανάκτηση πολύτιμων υλικών<sup>18</sup>.

##### **Μέθοδοι Παραγωγής**

Ο κάθε βιομηχανικός τομέας παρουσιάζει διαφορές ως προς την κατανάλωση πόρων, την παραγωγή αποβλήτων και τη διαχείριση. Ως εκ τούτου, θα καταγραφούν και προωθηθούν οι βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές, που θα πρέπει να ακολουθούν τα κράτη μέλη όταν θεσπίζουν απαιτήσεις αδειοδότησης για βιομηχανικές εγκαταστάσεις αλλά και προκειμένου να προωθήσουν τις βέλτιστες πρακτικές ως προς τα απόβλητα εξόρυξης.

Η μετάβαση προβλέπεται να γίνει ως εξής:

17 “Το κλείσιμο του κύκλου – ένα σχέδιο δράσης της ΕΕ για την κυκλική οικονομία”, 2015

18 “Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe”, 2014

**Βιομηχανική συμβίωση:** τα απόβλητα ή τα υποπροϊόντα μιας βιομηχανίας μπορούν να δίνονται ως πρώτη ύλη σε κάποια άλλη. Στις αναθεωρημένες προτάσεις της σχετικά με τα απόβλητα, η Επιτροπή προτείνει στοιχεία που διευκολύνουν την πρακτική αυτή και θα απευθυνθεί στα κράτη μέλη προκειμένου να επιτευχθεί αμοιβαία κατανόηση των κανόνων για τα υποπροϊόντα.

**Η επαναχρησιμοποίηση** αέριων αποβλήτων (ιδίως CO<sub>2</sub>) αποτελεί ένα ακόμα παράδειγμα καινοτομίας μεθόδου.

**Η ανακατασκευή** είναι άλλος ένας τομέας με μεγάλες δυνατότητες: ήδη αποτελεί κοινή πρακτική σε ορισμένους κλάδους, όπως η αυτοκινητοβιομηχανία και τα βιομηχανικά μηχανήματα, αλλά μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλους.

### 3.1.2 Διαχείριση αποβλήτων

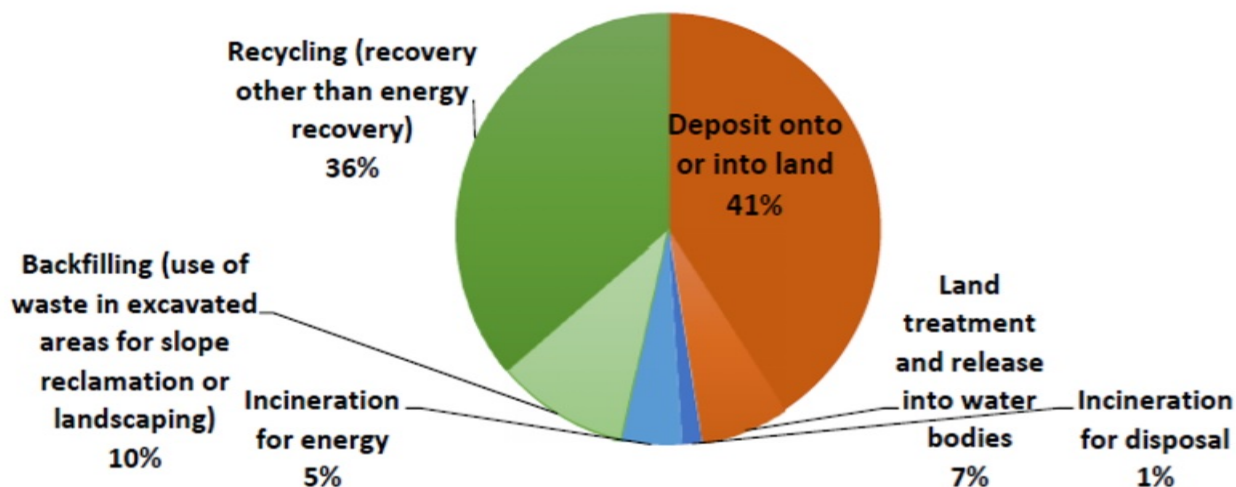
Η οικονομία της Ένωσης επί του παρόντος χάνει σημαντική ποσότητα πιθανών δευτερογενών πρώτων υλών που βρίσκονται σε ροές αποβλήτων. Το 2013 η συνολική παραγωγή αποβλήτων στην ΕΕ ανήλθε σε περίπου 2,5 δισ. τόνους, από τα οποία 1,6 δισεκατομμύρια τόνοι δεν επαναχρησιμοποιήθηκαν ούτε ανακυκλώθηκαν και, κατά συνέπεια, χάθηκαν για την ευρωπαϊκή οικονομία. Εκτιμάται ότι θα μπορούσαν να ανακυκλωθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν 600 εκατομμύρια τόνοι επιπλέον. Για παράδειγμα, μόνο ένα μικρό ποσοστό (43%) των αστικών αποβλήτων που παρήχθησαν στην Ένωση ανακυκλώθηκε, ενώ το υπόλοιπο κατέληξε σε χώρους υγειονομικής ταφής (31%) ή αποτεφρώθηκε (26%). Κατά συνέπεια, η ΕΕ χάνει σημαντικές ευκαιρίες να βελτιώσει την αποδοτικότητα των πόρων και να δημιουργήσει μια κυκλική οικονομία<sup>19</sup>. Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά η διαχείριση απορριμμάτων και οι δράσεις που υιοθετεί η Ένωση οι οποίες θα μπορούσαν να διευκολύνουν την μετάβαση σε πιο κυκλικά συστήματα.

## 3.2 Επισκόπηση της υφιστάμενης κατάστασης

Περίπου 2,6 δισεκατομμύρια τόνοι αποβλήτων δημιουργήθηκαν στην ΕΕ των 28 το 2014. Αυτή είναι η υψηλότερη ποσότητα αποβλήτων που έχει καταγραφεί ποτέ. Οι κατασκευές συνέβαλαν στο μεγαλύτερο μερίδιο το 2014 με ποσοστό 29,8% ακολουθώντας ο μεταποιητικός τομέας με

19 “Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe”, 2014

9,8 , νοικοκυριά 8,1%, ενέργεια με 3,7%, και ένα 15% προέρχεται από άλλες δραστηριότητες – υπηρεσίες. Σχεδόν τα δύο τρίτα της δημιουργίας αποβλήτων ήταν ορυκτά απόβλητα, τα οποία συνδέονται κυρίως με δραστηριότητες εξόρυξης και λατομείου (όπως στη Βουλγαρία, τη Σουηδία, τη Φινλανδία και τη Ρουμανία) και στις δραστηριότητες κατασκευής και κατεδάφισης (όπως στο Λουξεμβούργο). Το επίπεδο των συνολικών αποβλήτων εξαιρουμένων των ορυκτών αποβλήτων μειώθηκε κατά 2,6% μεταξύ 2004 και 2014 φθάνοντας τους 1,8 τόνους ανά κάτοικο το 2014. Παρακάτω ακολουθεί λεπτομερής ανάλυση ως προς τους τρόπους διαχείρισης των αστικών αποβλήτων στην ΕΕ 28 αλλά και ποια είναι η κατάσταση που επικρατεί για τις ειδικές ροές αποβλήτων.



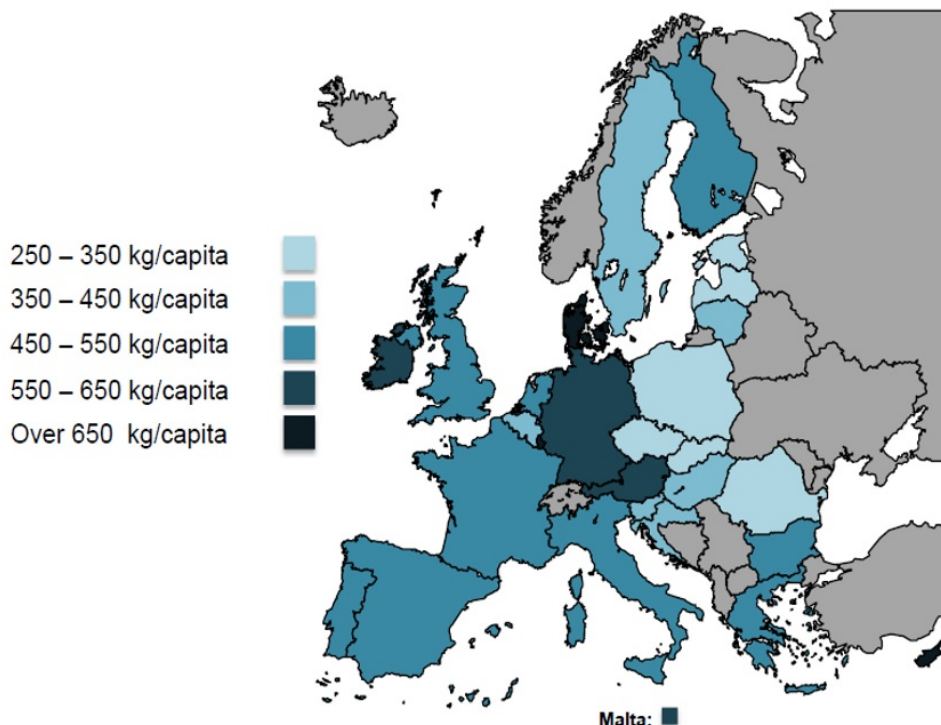
Εικόνα 3.1: Μέθοδοι διαχείρισης απορριμμάτων ΕΕ 28, 2014

(Πηγή: Eurostat env\_wastr; accessed June 2017)

### Αστικά απόβλητα:

Τα αστικά απόβλητα αποτελούν το 10% του συνόλου των αποβλήτων που παράγονται στην ΕΕ και παραμένει και η πιο ρυπογόνος κατηγορία. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τη σύγκριση των αστικών αποβλήτων που παράγονται κατά κεφαλήν στην ΕΕ-28. Κατά μέσο όρο, οι Ευρωπαίοι παράγουν 486 kg / άτομο . Η Δανία έχει το υψηλότερο επίπεδο κατά κεφαλήν απόβλητων (791 kg ανά κάτοικο). Η Κύπρος, η Μάλτα και η Ελλάδα έχουν υψηλά επίπεδα κατά κεφαλήν αποβλήτων

κυρίως λόγω του τουρισμού. Γενικά, τα κράτη μέλη της ΕΕ με υψηλότερο ΑΕΠ παράγουν σημαντικά απόβλητα κατά κεφαλή από εκείνα με χαμηλότερο ΑΕΠ<sup>20</sup>.

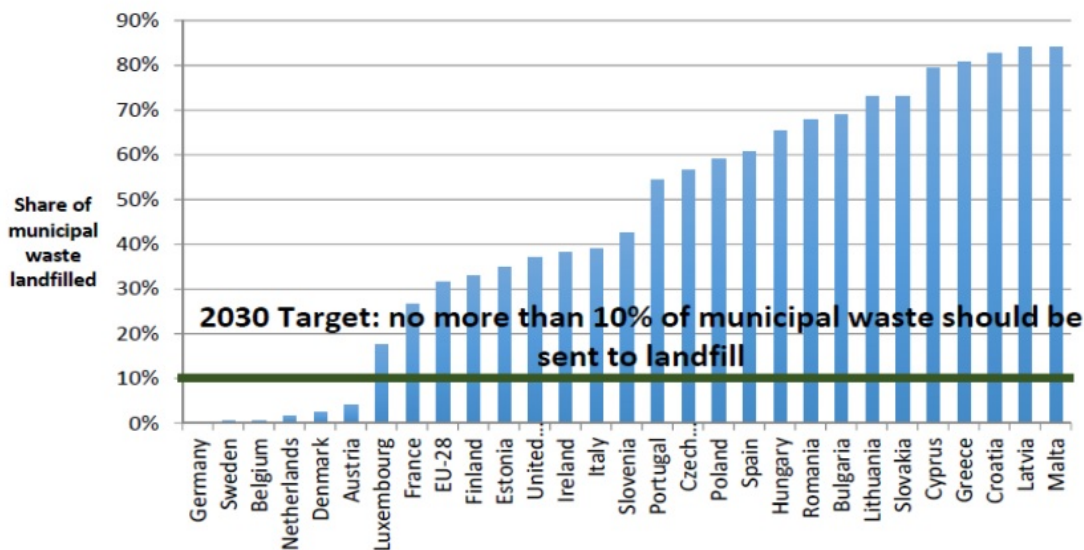


Εικόνα 3.2 Πηγή: Eurostat (env\_wasmun, accessed June 2017)

### 3.2.1. Υγειονομική ταφή

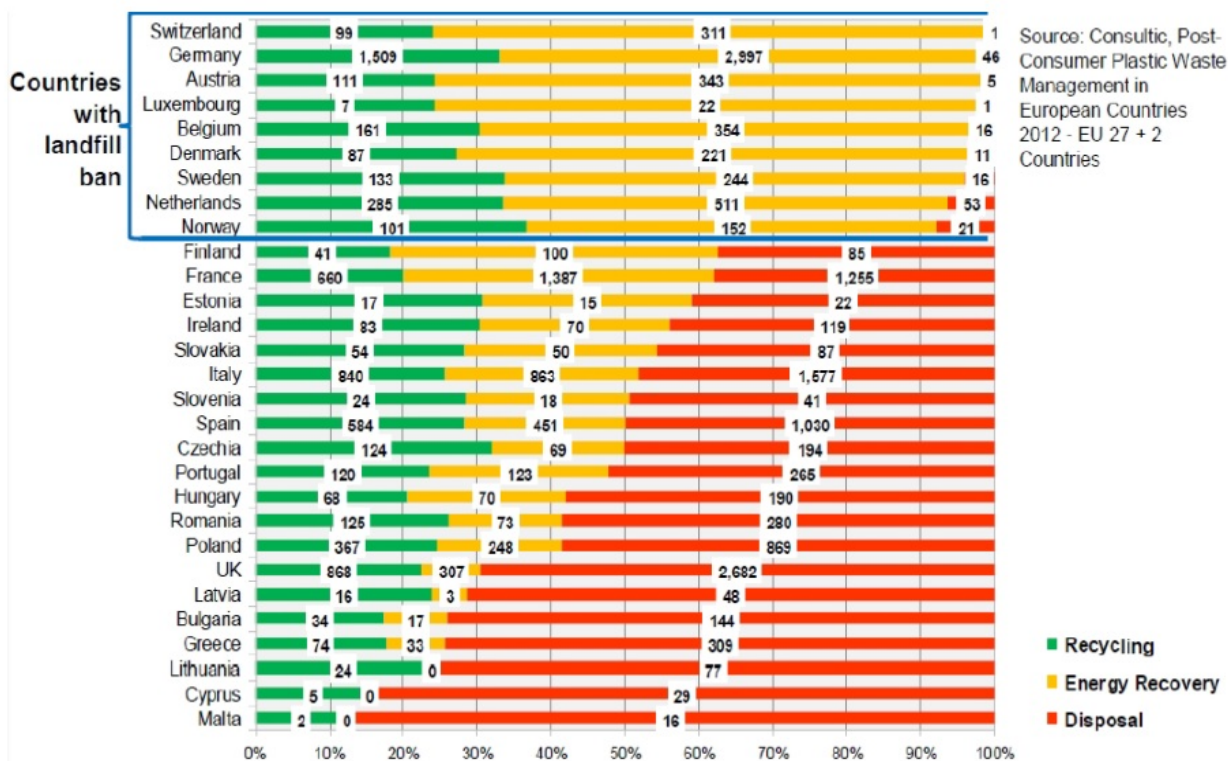
Το 2012, 77 εκατομμύρια τόνοι αστικών αποβλήτων αποστέλλονταν σε χώρους υγειονομικής ταφής σε όλη την ΕΕ-28, που ισοδυναμούν με 32% του συνόλου των αστικών αποβλήτων που παράγονται. Από την άλλη όμως 6 κράτη μέλη έχουν ήδη καλύψει τον στόχο υγειονομικής ταφής για το 2030. Ωστόσο ο στόχος θα αποτελέσει πρόκληση για το 50% των κρατών μελών που τα ποσοστά υγειονομικής ταφής είναι άνω του 50%. Χαρακτηριστικός είναι ο παρακάτω πίνακας :

<sup>20</sup> (European Commission (2016). Background report on best environmental management practice in the waste management sector. May 2016)



Εικόνα 3.3: Ποσοστό των Αστικών Αποβλήτων που καταλήγει σε χώρους υγειονομικής ταφής στην ΕΕ το 2012 (Πηγή: Eurostat env\_wasmun, accessed June 2017)

Το Σχήμα 8 δείχνει ότι, κατά μέσο όρο, οι χώρες που έχουν επιβάλλει απαγόρευση της υγειονομικής ταφής αποστέλλουν 32 τοις εκατό των πλαστικών απορριμμάτων στην ανάκτηση, 66 τοις εκατό στην αποτέφρωση και 2 τοις εκατό στη διάθεση. Σε σύγκριση, με τις χώρες που δεν έχουν απαγόρευση αποστέλλουν κατά μέσο όρο 24% πλαστικά απόβλητα προς ανακύκλωση, 22% στην αποτέφρωση και 54% στη διάθεση. Το εντυπωσιακό εύρημα είναι ότι το επίπεδο ανακύκλωσης πλαστικών απορριμμάτων είναι μόλις 8% υψηλότερο στις χώρες με απαγόρευση, ενώ το επίπεδο αποτέφρωσης είναι 44% υψηλότερο στα κράτη μέλη χωρίς απαγόρευση.



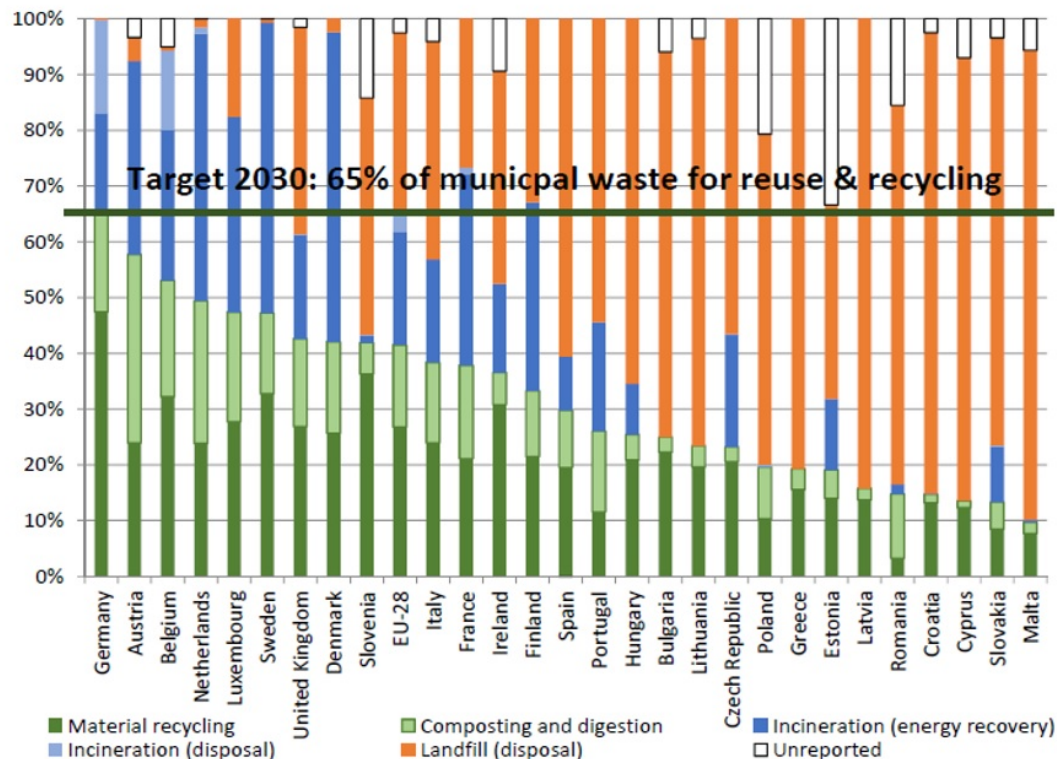
Εικόνα 3.4: : Επεξεργασία απορριμμάτων από πλαστικές ύλες, σύγκριση της ΕΕ-27 (συν τη Νορβηγία και την Ελβετία) με και χωρίς απαγόρευση υγειονομικής ταφής (2012)

Πηγή: PlasticsEurope, 2016

### 3.2.2. Ανακύκλωση αστικών αποβλήτων

Η προτεινόμενη δέσμη κυκλικής οικονομίας της ΕΕ έχει θέσει ως στόχο την προετοιμασία του 65% των αστικών αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση έως το 2030. Συνολικά, περίπου το 42% των συνολικών αστικών αποβλήτων της ΕΕ-28 συλλέγονται μέσω των διαδικασιών ανακύκλωσης υλικών, της λιπασματοποίησης και της χώνευσης. Το παρακάτω σχήμα αναφέρεται στα δεδομένα του 2012 περιγράφοντας τους μεθόδους διαχείρισης απορριμμάτων στην ΕΕ.



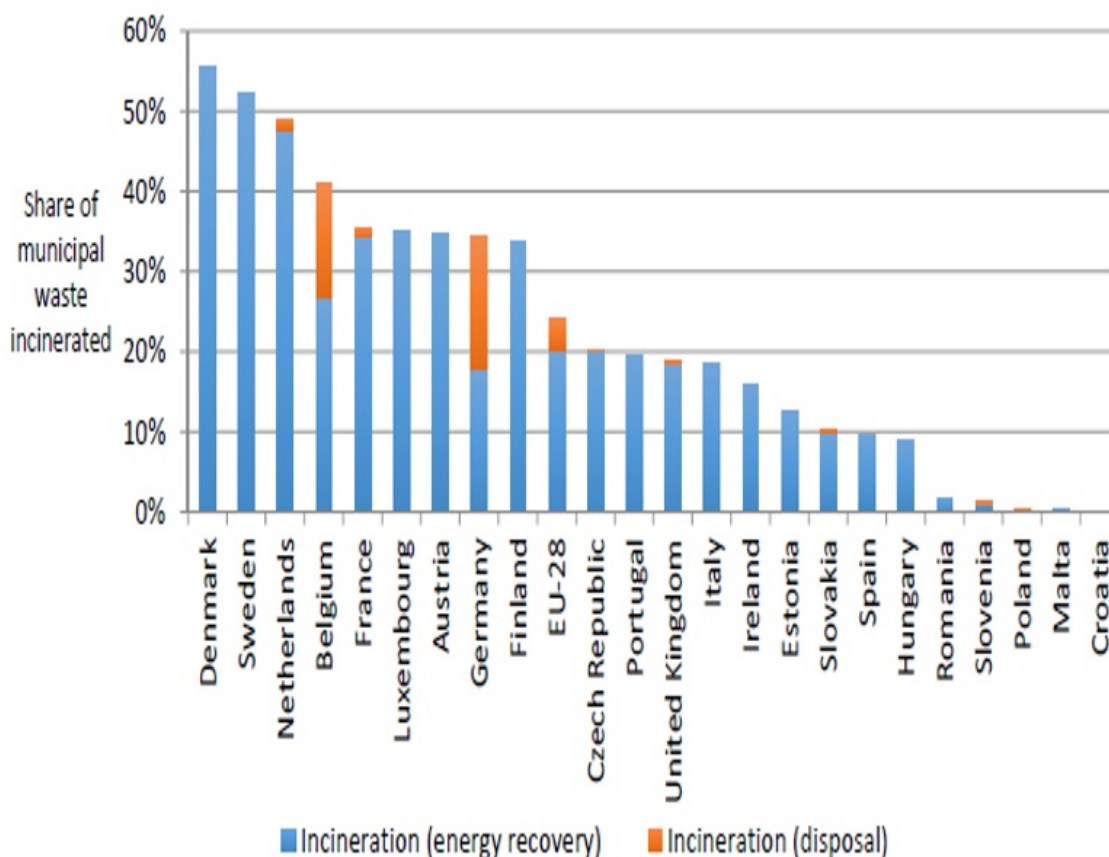


Source: Eurostat (env\_wasmun, accessed June 2017). Note, the share is based on per cent of each municipal waste disposal and recycling option calculated as a share of municipal waste generation. Not all countries reported disposal and recycling statistics that added up to 100% of waste generated. For this reason, unreported shares are depicted as it is unknown how this waste was disposed of and/or recycled.

Εικόνα 3.5: Ανακύκλωση αστικών αποβλήτων ΕΕ-28 το 2012

### 3.2.3. Καύση

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει το ποσοστό των αποβλήτων που επεξεργάζονται με την διαδικασία της καύσης. Αποδεικνύεται πως η Δανία, η Σουηδία, Ολλανδία, Βέλγιο και Γαλλία επεξεργάζονται σε ποσοστό 35% τα απόβλητα τους κατά αυτήν την διαδικασία. Κάτι το οποίο μοιάζει προβληματικό εάν αναλογιστούμε πως το 65% των αποβλήτων θα πρέπει να ανακυκλωθεί. Επίσης από το διάγραμμα φαίνεται πως ένα 16,7 % των αποβλήτων στην Γερμανία ακολουθούν την διαδικασία της καύσης χωρίς να γίνεται ανάκτηση ενέργειας.



Εικόνα 3.6: Το ποσοστό των αστικών απορριμμάτων που αποτεφρώνονται στην ΕΕ-28 το 2012

Πηγή: Eurostat (env\_wasmun, accessed June 2017)

### 3.3. Νομοθετικό πλαίσιο

Για να υλοποιηθεί η κυκλική οικονομία χρειάζεται πρώτα από όλα ένα αποτελεσματικό νομοθετικό πλαίσιο. Τα βήματα που έκανε η ΕΕ προς αυτή την κατεύθυνση είναι η υιοθέτηση ενός Σχεδίου Δράσης για την Κυκλική Οικονομία το οποίο θέτει τον φιλόδοξο στόχο του χειρισμού των αποβλήτων ως δευτερογενείς ύλες μέχρι το 2020. Το Σχέδιο Δράσης βρίσκεται σε απόλυτη αρμονία με την περιβαλλοντική νομοθεσία της ΕΕ και το 7ο Πρόγραμμα Δράσης.

### 3.3.1. Νομοθεσία για την μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία

Το Σχέδιο Δράσης για την κυκλική οικονομία περιλαμβάνει πολλές νομοθετικές προτάσεις που κινούνται κυρίως από την παραγωγή στην κατανάλωση και την διαχείριση απορριμμάτων . Οι δύο πυλώνες της προτεινόμενης νομοθεσίας είναι η Επικοινωνία και η Αναθεώρηση των κοινοτικών οδηγιών με εμπλουτισμό τους για μετάβαση σε συστήματα κλειστού βρόχου.

Βασικές οδηγίες είναι:

- 2008/98/EK για τα απόβλητα
- 94/62/EK για τις συσκευασίες
- 99/31/EK για την υγειονομική ταφή
- 2000/53/EK για τα Οχήματα Τέλους Κύκλου Ζωής
- 2006/53/EK για Απόβλητα Ηλεκτρικών & Ηλεκτρονικών Συσκευών
- 2012/19/EK Ηλεκτρονικό Εξοπλισμό

Τα κίνητρα των οδηγιών είναι:

- Να μην θεωρούνται τα απορρίμματα ως σκουπίδια αλλά ως ένα μέσο που μπορεί να οδηγήσει σε οικονομική ανάπτυξη. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως με:

- Αύξηση των στόχων για τα αστικά απόβλητα.
- Αύξηση στόχων για τα απορρίμματα συσκευασίας.
- Περιορισμός της υγειονομικής ταφής των αστικών αποβλήτων.
- Νέα μέτρα για την προώθηση της πρόληψης και επαναχρησιμοποίησης, συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων τροφίμων
- Ελάχιστες προϋποθέσεις για την επέκταση της ευθύνης του παραγωγού.
- Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για την παρακολούθηση της συμμόρφωσης με τους στόχους.
- Απλούστευση των υποχρεώσεων υποβολής εκθέσεων.

Οι στόχοι που τίθενται είναι τόσο ποιοτική όσο και ποσοτικοί. Όπως περιγράφεται στο παρακάτω πίνακα:

**Τρεις Ποσοτικοί στόχοι:**

Στόχος ανακύκλωσης στο 65% για τα αστικά απόβλητα μέχρι το 2030

Αύξηση του στόχου για τις συσκευασίες στο 75% μέχρι το 2030

σταδιακός περιορισμός της υγειονομικής ταφής των αστικών αποβλήτων σε ποσοστό 10 % έως το 2030.

**Τέσσερις Ποιοτικοί Στόχοι:**

Προγράμματα πρόληψης αποβλήτων

Ανάπτυξη μιας κοινής μεθοδολογίας της ΕΕ για τη μέτρηση των αποβλήτων τροφίμων και η δημιουργία σχετικών δεικτών

Προώθηση αποτελεσματικής χρήσης βιολογικών πόρων μέσω μιας σειράς μέτρων, όπως η καθοδήγηση και η διάδοση των βέλτιστων πρακτικών της κλιμακούμενης χρήσης βιομάζας και η στήριξη της καινοτομίας στη βιοοικονομία.

Προώθηση Δευτερογενών υλών

Για την εφαρμογή του σχεδίου η Επιτροπή θα προωθήσει το σκέλος της παραγωγής:

- Μέσω εφαρμογής της οδηγίας Ecodesign
- Στήριξη των μικρομεσαίων επιχειρήσεων

Και στον τομέα της κατανάλωσης προωθεί:

- Την επαναχρησιμοποίηση και ανακατασκευή.
- Πράσινες Δημόσιες Συμβάσεις.
- Χρηματοδοτικά Εργαλεία για την εκκίνηση της διαδικασίας.

**Τα μέσα πολιτικής για την μετάβαση.**

Στόχος της ΕΕ είναι η ολοκληρωμένη διαχείριση απορριμμάτων εντός της ΕΕ. Έτσι τα μέσα που εφαρμόζονται είναι:

Μέσα Πολιτικής	Παραδείγματα
Νομοθεσία:	Θέσπιση στόχων Εκτεταμένη Ευθύνη του Παραγωγού Οικονομικά Κίνητρα Ecodesign
Οικονομικά Κίνητρα:	Ορίζοντας 2020
Κίνητρα Αγοράς:	Φόροι υγειονομικής ταφής , φόρος και τέλη αποτέφρωσης, φόροι πλαστικής σακούλας Pay As You Throw (PAYT)
Ενημέρωση:	Ευαισθητοποίηση Πολιτών
Εθελοντικά Εργαλεία:	Ecolabel

Πίνακας 3.1: Παραδείγματα Εφαρμογής Περιβαλλοντικής Πολιτικής

### 3.3.2. Εκτίμηση/ιεράρχηση οδηγιών

Η πιο σημαντική οδηγία της ΕΕ είναι η 2008/98 καθώς:

- Καθιέρωσε την ιεράρχηση των αποβλήτων ως βασική προϋπόθεση για τη λήψη αποφάσεων διαχείρισης αποβλήτων
- Καθόρισε τους βασικούς ορισμούς της διαχείρισης των αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των περιπτώσεων κατά τις οποίες ένα υποπροϊόν δεν είναι απόβλητο και το καθεστώς του τελικού αποβλήτου .
- Απαιτεί από τα κράτη μέλη να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα για την ανάκτηση, την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των αποβλήτων, περιλαμβάνει τον διαχωρισμό, όπου είναι εφικτό, των ροών αποβλήτων .
- Ελέγχει τα επικίνδυνα απόβλητα με απαγόρευση της ανάμειξης επικίνδυνων αποβλήτων, με εξαίρεση των οικιακών αποβλήτων.
- Θεσπίζει αρχές όπως ο ρυπαίνων πληρώνει και η εκτεταμένη ευθύνη του παραγωγού (EPR)

### **3.4. Δράσεις της ΕΕ για την μετάβαση σε κυκλικά συστήματα**

Οι δράσεις που έχει αναλάβει η Ένωση για την μετάβαση σε πιο κυκλικά συστήματα είναι κρίσιμη τόσο σε επίπεδο πολιτικό όσο και σε οικονομία και περιβάλλον. Ορισμένες από τα δράσεις παρουσιάζονται παρακάτω :

#### **3.4.1. Οδικός Χάρτης για την αποτελεσματική χρήση πόρων στην Ευρώπη**

Η Κομισιόν υιοθέτησε το 2011 ένα περιεκτικό σχέδιο δράσης για το περιβάλλον τον "Οδικό χάρτη αποτελεσματικής αξιοποίησης των πόρων στην Ευρώπη". Οι φυσικές πηγές που περιλαμβάνει είναι τα μέταλλά, το αλουμίνιο, το νερό, αέρας, βιοποικιλότητα, οικοσύστημα, γη και έδαφος. Στα πλαίσια αυτά προβλέπεται η αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από τις πρώτες ύλες καθώς υπάρχει μεγάλη επιβάρυνση στο περιβάλλον. Αυτό που προτείνεται είναι ένα μεσοπρόθεσμο σχέδιο μέχρι το 2020 για την επίτευξη αυτών των στόχων και βραχυπρόθεσμες πρωτοβουλίες προς την ίδια κατεύθυνση. Η επίτευξη των στόχων θα συμβάλλει στη "μεταμόρφωση" της οικονομίας στηριζόμενη σε τρεις στόχους<sup>21</sup>:

- Βιώσιμη κατανάλωση και παραγωγή
- Σχεδίαση προϊόντων
- Μετατροπή των απορριμμάτων σε πολύτιμες πηγές

#### **3.4.2. Άλλες Πρωτοβουλίες**

Μετά τις δεσμεύσεις που αναλήφθηκαν στο πλαίσιο του Σχεδίου Δράσης για την Κυκλική Οικονομία, η Επιτροπή υπέβαλε ορισμένες βασικές πρωτοβουλίες για τη στήριξη της κυκλικής οικονομίας. Αυτές οι πρωτοβουλίες καλύπτουν όλη αλυσίδα αξίας, από την παραγωγή έως την κατανάλωση, τη διαχείριση αποβλήτων και τη χρήση δευτερογενών πρώτων υλών.

#### **Νομοθετική πρόταση για τα λιπάσματα (Μάρτιος 2016)**

Στις 17 Μαρτίου 2016, η Επιτροπή πρότεινε έναν κανονισμό που θα δημιουργήσει μια πραγματική ενιαία αγορά για τα λιπάσματα που παράγονται από δευτερογενείς πρώτες ύλες (ιδίως όσον ανακτήθηκαν θρεπτικά συστατικά), μετατρέποντας έτσι τα προβλήματα διαχείρισης αποβλήτων σε οικονομικές ευκαιρίες. Οι προτεινόμενοι κανόνες μπορούν να κάνουν τον τομέα

---

21 Οδικός Χάρτης για την αποτελεσματική χρήση πόρων στην Ευρώπη, 2011

των λιπασμάτων να εξαρτάται λιγότερο από εισαγωγές κρίσιμων πρώτων ύλων όπως το φώσφορο, οι οποίες μπορούν επίσης να ανακτηθούν από οικιακά οργανικά απόβλητα.

### **Ecodesign (Νοέμβριος 2016)**

Η δυνατότητα επισκευής ή ανακύκλωσης ενός προϊόντος και η επαναχρησιμοποίηση των εξαρτημάτων και υλικών του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον αρχικό σχεδιασμό του προϊόντος. Μετά από πολιτικές συζητήσεις σχετικά με οικολογικού σχεδιασμού τον Οκτώβριο του 2016, η Επιτροπή επιβεβαίωσε τη σημασία του στον έξυπνο σχεδιασμό προϊόντων και αποφάσισε να εστιάσει τις προσπάθειες στις ομάδες προϊόντων με το υψηλότερο δυναμικό από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας και πόρων και να ενισχύσει περαιτέρω τη βάση τεκμηρίωσης για κανονιστική δράση. Αυτό οδήγησε στην έκδοση, στις 30 Νοεμβρίου 2016, του Ecodesign Working Plan 2016-2019 ως μέρος του σχεδίου για την καθαρή ενέργεια.

Ο οικολογικός σχεδιασμός μπορεί επίσης να συμβάλει σημαντικά στη δημιουργία μιας πιο κυκλικής οικονομίας. Ενώ τα μέτρα οικολογικού σχεδιασμού έχουν επικεντρωθεί μέχρι στιγμής κυρίως στην ενεργειακή απόδοση, η Επιτροπή ανέλαβε επίσης να διερευνήσει πιο συστηματικά τη δυνατότητα καθορισμού απαιτήσεων για προϊόντα σχετικά με την κυκλική οικονομία, όπως π.χ. ανθεκτικότητα, δυνατότητα αποκατάστασης, δυνατότητα αναβάθμισης, σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση, πληροφορίες και ευκολία επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση.

**Η πλατφόρμα για τη στήριξη της χρηματοδότησης της κυκλικής οικονομίας (Ιανουάριος 2017).** Δρομολογείται μια πλατφόρμα που συγκεντρώνει την Επιτροπή, την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων (ΕΤΕΠ), τους συμμετέχοντες στις χρηματοπιστωτικές αγορές και τις επιχειρήσεις για να αυξήσουν την ευαισθητοποίηση σχετικά με την επιχειρησιακή λογική της κυκλικής οικονομίας και να βελτιώσουν την υιοθέτηση έργων κυκλικής οικονομίας από τους επενδυτές. Ενώ η επιχειρησιακή υπόθεση για την κυκλική οικονομία είναι σαφής, το μήνυμα αυτό πρέπει ακόμη να φτάσει σε ένα μεγάλο μέρος των επιχειρήσεων στην ΕΕ και του χρηματοπιστωτικού και τραπεζικού τομέα.

Η πλατφόρμα θα έχει τρεις πυλώνες:

- Ο πυλώνας συντονισμού και ευαισθητοποίησης θα ανταλλάξει τις βέλτιστες πρακτικές μεταξύ των δυνητικών φορέων υλοποίησης έργων και άλλων ενδιαφερομένων. Θα αναλύσει τα χαρακτηριστικά των έργων της κυκλικής οικονομίας και τις ιδιαίτερες ανάγκες χρηματοδότησής τους, συμβουλές για τη βελτίωση της ικανότητάς τους να

τροφοδοτήσουν τραπεζικά δάνεια, καθώς και τον συντονισμό των δραστηριοτήτων χρηματοδότησης της κυκλικής οικονομίας. Στο πλαίσιο αυτό θα δημιουργηθεί ειδική ομάδα εμπειρογνομόνων.

- Ο συμβουλευτικός πυλώνας θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη έργων κυκλικής οικονομίας και για τη βελτίωση των προοπτικών κερδοφορίας τους.
- Ο πυλώνας χρηματοδότησης θα διερευνήσει κατά πόσον απαιτείται ειδικό χρηματοδοτικό μέσο για έργα κυκλικής οικονομίας.

### **3.5 Κανονιστικό Πλαίσιο Ε.Ε για τα απορρίμματα τροφίμων**

Πέραν όμως τις διαχείρισης των οργανικών αποβλήτων αυτό που ενδιαφέρει την ΕΕ είναι η πρόληψη μέσω της δωρεάς τροφίμων. Νομοθεσία για την δωρεά τροφίμων στην Ελλάδα δεν υπάρχει. Υπάρχουν όμως κανονισμοί της ΕΕ που αφορούν και την Ελλάδα ως μέλος της που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην αντιμετώπιση της κατάστασης.

#### **Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 178/2002**

Ο γενικός νόμος για τα τρόφιμα<sup>22</sup>: για τον καθορισμό των γενικών αρχών και τις απαιτήσεις της νομοθεσίας για τα τρόφιμα, την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων και την καθιέρωση διαδικασιών σε θέματα ασφάλειας τροφίμων.

Στόχος του παρόντος κανονισμού είναι να παράσχει ένα πλαίσιο για τη διασφάλιση μιας συνεκτικής προσέγγισης για την ανάπτυξη της νομοθεσίας για τα τρόφιμα σε ολόκληρη την ΕΕ. Διευκρινίζει ορισμούς, αρχές και υποχρεώσεις καλύπτοντας όλα τα στάδια παραγωγής και διανομής τροφίμων/ζωοτροφών. Προσδιορισμός της δωρεάς τροφίμων ως "αγοράς" και οι δωρητές τροφίμων ως "υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων", ο παρών κανονισμός υπογραμμίζει ότι όλοι οι παράγοντες οι συμμετέχοντες στη δωρεά τροφίμων πρέπει να συμμορφώνονται με τη νομοθεσία της ΕΕ για τα τρόφιμα όσον αφορά την ευθύνη, την ανιχνευσιμότητα και την υγεία για την ασφάλεια των τροφίμων.

#### ***Εμπόδια που προκύπτουν:***

---

22 Κανονισμός 178/2002/ΕΚ



Οι δωρητές τροφίμων μπορούν να απορρίψουν τα πλεονάζοντα τρόφιμα αντί να τα διανείμουν σε τράπεζες τροφίμων ή φιλανθρωπικές οργανώσεις προκειμένου να αποφευχθούν οι κίνδυνοι που συνδέονται με την ευθύνη για την δωρεά τροφίμων.

### 3.6 Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία

Τον Δεκεμβριο του 2018 υιοθετήθηκε από το Κυβερνητικό Συμβούλιο Οικονομικής Πολιτικής της Ελλάδας η Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία<sup>23</sup>.

Το έγγραφο αυτό αποτελεί οδηγό για την υλοποίηση εφαρμοσμένων πολιτικών που να προωθούν στην οικονομική ζωή συστήματα κλειστού βρόχου. Οι βασικές του στρατηγικές είναι:

- Βιώσιμη Διαχείριση Πόρων, με βασικές επιδιώξεις την αύξηση της αποδοτικότητας τους, την επανεξέταση των αλυσιδών αξίας, την ορθολογική διαχείριση αποβλήτων, την επανάχρηση κτιρίων και την επαναχρησιμοποίηση του νερού ή την συλλογή βρόχινων και πηγαιών νερών.
- Ενίσχυση της κυκλικής επιχειρηματικότητας, με ενθάρρυνση της ιδέας του οικοσχεδιασμού, της παραγωγής προϊόντων με μεγάλη διάρκεια ζωής, της επισκευής, ανακαίνισης, επαναχρησιμοποίησης, αναπαλαίωσης, πρόωση της βιομηχανικής συμβίωσης (clusters, πάρκα καινοτομίας, εκκολαπτήρια επιχειρήσεων, πλατφόρμες ανταλλαγής γνώσης-πληροφορίας), την προώθηση μοντέλων καινοτόμας επιχειρηματικότητας (πχ οικονομίας του διαμοιρασμού), υποστήριξη της βιολογικής οικονομίας, της προώθησης πράσινων και κυκλικών δημόσιων προμηθειών, της υποστήριξης χρήσης δευτερογενών υλικών.
- Κυκλική κατανάλωση, με πλήρη ενημέρωση των πολιτών, αξιοποίηση Οικολογικού Σήματος και άλλων κινήτρων, με εκπαίδευση και βασικές επιδιώξεις την αειφόρο κατανάλωση τροφίμων (αποτροπή απόρριψης, αστική καλλιέργεια), την αποτροπή υπερβολικής χρήσης πόρων (τρόφιμα- ποτά, ένδυση, συσκευασία, ΗΗΕ), την πρόληψη παραγωγής αποβλήτων μέσω προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση, επισκευής και επιδιόρθωσης, τον έλεγχο του λιανικού ηλεκτρονικού εμπορίου και τελικά την προώθηση υπηρεσιών χρήσης αντί της προμήθειας προϊόντων.

---

23 Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία, ΥΠΕΚΑ, 2018

Το έγγραφο περιγράφει μια σειρά από Δράσεις, σε τέσσερις τομείς:

Δράσεις Υλοποίησης: Προβλέπεται στο πλαίσιο αυτό 23 Δράσεις Υλοποίησης, μεταξύ των οποίων και:

Δράση 1.15: Προώθηση χρήσης αποβλήτων ως δευτερογενών καυσίμων στη βιομηχανία.

Δράση 1.16: Δημιουργία θεσμικού πλαισίου που θα διευκολύνει την παραγωγή βιομεθανίου (green gas) από οργανικά απόβλητα και την έγχυσή του στο δίκτυο φυσικού αερίου ή την χρήση του ως καύσιμο κίνησης.

Δράση 1.17 Σύνταξη ΚΥΑ προδιαγραφών κομπόστ από προδιαλεγμένα οργανικά απόβλητα.

Δράσεις χρηματοδότησης: περιγράφονται 2 δράσεις για την βελτίωση της χρηματοδότησης αντίστοιχων έργων/διαδικασιών.

Δράσεις τεχνογνωσίας και ενημέρωσης: περιγράφονται 6 δράσεις, ώστε να διαχυθεί η γνώση και τεχνογνωσία που έχει αναπτυχθεί στον τομέα.

Δράσεις διακυβέρνησης: περιγράφονται 3 δράσεις διοικητικών μεταρρυθμίσεων στον Δημόσιο Τομέα ώστε να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις.

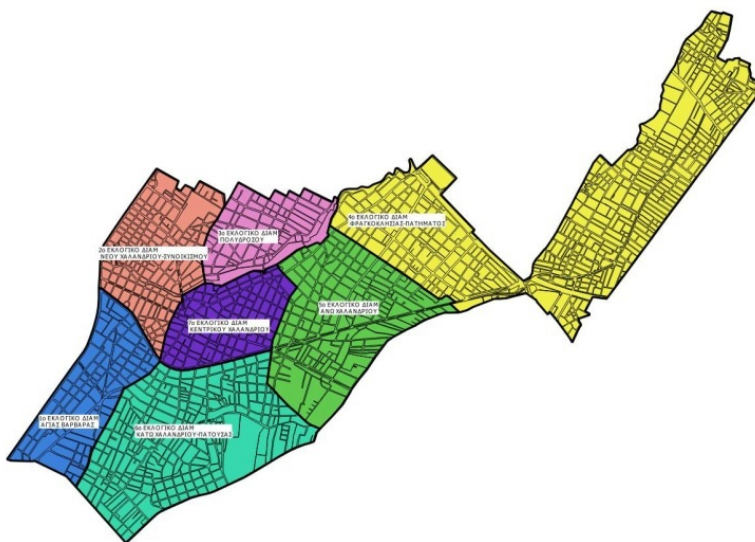
Σε γενικές γραμμές το κείμενο και οι προτεινόμενες δράσεις, εφόσον υλοποιηθούν, μπορούν να αποτελέσουν πολλαπλασιαστικό παράγοντα για την χρήση δευτερογενών υλικών (ενεργειακών και ενσώματων) στην οικονομία και την παραγωγή και με αυτόν τον τρόπο να δοθούν κίνητρα για την βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης των απορριμμάτων στην χώρα. Είναι όμως σαφές πως χρειάζεται αυστηρή περιφρούρηση των βασικών αρχών της διαλογής στην πηγή, της μικρής κλίμακας και της εγγύτητας, ώστε να αποτραπεί η παγίδα της λογικής “too much, too soon”.

## Κεφάλαιο 4 – Διαχείριση απορριμμάτων στον Δήμο Χαλανδρίου

### 4.1 Γενικά

Ο Δήμος Χαλανδρίου αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους Δήμους της Αττικής, ο οποίος παρέμεινε αυτούσιος τόσο ύστερα από την εφαρμογή του Σχεδίου “Καποδίστριας”, όσο και από την εφαρμογή του σχεδίου “Καλλικράτης”. Ανήκει στην Περιφερειακή Ενότητα Βόρειου Τομέα Αθηνών, και βρίσκεται στα βορειοανατολικά του μητροπολιτικού πολεοδομικού συγκροτήματος των Αθηνών. Το Χαλάνδρι συνορεύει βόρεια με το Μαρούσι και βορειοανατολικά με τα Βριλήσσια, νότια με τον Χολαργό και νοτιοανατολικά με την Αγ. Παρασκευή, δυτικά με το Ψυχικό και την Φιλοθέη και ανατολικά με τον Γέρακα. Εκτείνεται σε μια έκταση 10805 στρεμμάτων και το υψόμετρό του κυμαίνεται μεταξύ 185 και 230 μέτρων.

Στην απογραφή του 2011 ο πληθυσμός του Δήμου ανήλθε σε 74192. Ο Δήμος έχει 7 εκλογικά διαμερίσματα τα οποία φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα 4.1: Χάρτης του Χαλανδρίου με τα εκλογικά διαμερίσματα

Το Χαλάνδρι είναι μια μετρίως πυκνοκατοικημένη περιοχή (7245 άτομα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο), αριθμός σημαντικά χαμηλότερος από αυτόν της Περιφερειακής Ενότητας του Κεντρικού Τομέα Αθηνών, και ταυτόχρονα σχεδόν επταπλάσιο από τον μέσο όρο της Αττικής. Παρόλα αυτά, υπάρχει σημαντική διακύμανση στην πυκνότητα ανά εκλογικό διαμέρισμα.

### 4.3 Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων

Τον Ιούνιο του 2015 ψηφίστηκε από το Δημοτικό Συμβούλιο του Δήμου το Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων του Δήμου.

Σε αυτό το έγγραφο καταρχάς ορίζεται η στρατηγική που καλείται να υιοθετήσει ο Δήμος ως προς την διαχείριση των απορριμμάτων, και δίνεται έμφαση στην αποκεντρωμένη διαχείριση και την προδιαλογή.

Έχοντας ως υπόβαθρο τα βασικά πληθυσμιακά και γεωχωρικά δεδομένα της περιοχής, καταρχάς προσδιορίζεται η σύσταση και οι ποσότητες των παραγόμενων ΑΣΑ στον Δήμο.

Καταγράφονται με αναλυτικό τρόπο οι υφιστάμενες υποδομές και το ανθρώπινο δυναμικό του Δήμου, αποτυπώνονται τα Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης που δραστηριοποιούνται στην περιοχή, ενώ γίνεται εκτίμηση του κόστους της υφιστάμενης Διαχείρισης.

Σε αυτό το σκέλος καταγράφονται και σημαντικά ποιοτικά συμπεράσματα σχετικά με τα βασικά ζητήματα που οφείλει να αντιμετωπίσει ο Δήμος. Αυτά συνοπτικά περιλαμβάνουν:

- i. Την χαμηλή συμμετοχή των δημοτών στην ανακύκλωση, που σηματοδοτεί την ανάγκη για κοινωνικές δράσεις ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του πληθυσμού.
- ii. Την ανάγκη για αναβάθμιση της δυνατότητας του Δήμου να παρακολουθεί και να καταγράφει συστηματικά τις διάφορες παραμέτρους του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων, που θα δώσει την δυνατότητα για παράδειγμα να βελτιστοποιηθούν τα δρομολόγια.
- iii. Την ανάγκη για κατασκευή βασικών υποδομών, όπως Σταθμό Μεταφόρτωσης για να επιτευχθεί εξοικονόμηση στις δαπάνες μεταφοράς, και δημοτικό Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών, που θα δώσει στον Δήμο την δυνατότητα να διαθέτει αντί αντιτίμου τα ανακτηθέντα υλικά στην αγορά δευτερογενών.

Στο επόμενο σκέλος τίθενται ποσοτικοί στόχοι για τον Δήμο, με βάση του στόχους που ορίζει ο Εθνικός Σχεδιασμός, και κατόπιν περιγράφονται συγκεκριμένες Δράσεις για την επίτευξη των στόχων αυτών.

Οι γενικές κατευθύνσεις των στόχων αυτών, συμπυκνώνονται:

- Στην ανάπτυξη δικτύου τεσσάρων ρευμάτων για τα ΑΣΑ με διαλογή στην πηγή, πράσινο για σύμμεικτα, μπλε για ανακυκλώσιμες συσκευασίες, κίτρινο για χαρτί/χαρτόνι και καφέ για οργανικά.
- Στην σταδιακή μείωση του, επικρατούντος, πράσινου κάδου και των πόρων που αφιερώνονται στην αποκομιδή του, προς όφελος των λοιπών ρευμάτων και κυρίως του καφέ κάδου για τα οργανικά.
- Στην οικονομική εκτίμηση για επενδύσεις σε εξοπλισμό και υποδομές για μηχανική επεξεργασία του ρεύματος του μπλε κάδου και βιολογική επεξεργασία του ρεύματος των οργανικών.

Τέλος, στο σχέδιο ορίζεται μηχανισμός παρακολούθησης της εξέλιξης της κατάστασης.

Το σχέδιο κρίνεται ως πλήρες/άριστο<sup>24</sup>.

#### **4.4 Waste4Think: Αξιοποίηση οργανικών απορριμμάτων τροφής στο πλαίσιο της Κυκλικής Οικονομίας**

Βασικός πυλώνας των δραστηριοτήτων του Δήμου αποτέλεσε η ένταξη του στο Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα Waste4Think (Horizon2020). Σκοπός του Προγράμματος είναι η μελέτη λύσεων Διαλογής Στην

Στο πλαίσιο του προγράμματος, ο Δήμος εστιάζει κυρίως στην ενσωμάτωση της αντιληψής της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων με την υλοποίηση και την επίδειξη μιας σειράς από λύσεων αξιοποίησης πηγών βιομάζας όπως: (α) αποξηραμένα υπολείμματα τροφής από νοικοκυριά, (β) ληγμένα τρόφιμα από σούπερ μάρκετ κλπ, και (γ) χρησιμοποιημένες πάνες. Ο σκοπός είναι να μεγιστοποιηθεί η ανάκτηση χρήσιμων υλικών, να αξιοποιηθούν ενεργειακά τα απορρίμματα, και να επιχειρηθεί η λύση της αναερόβιας χώνευσης του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων.

---

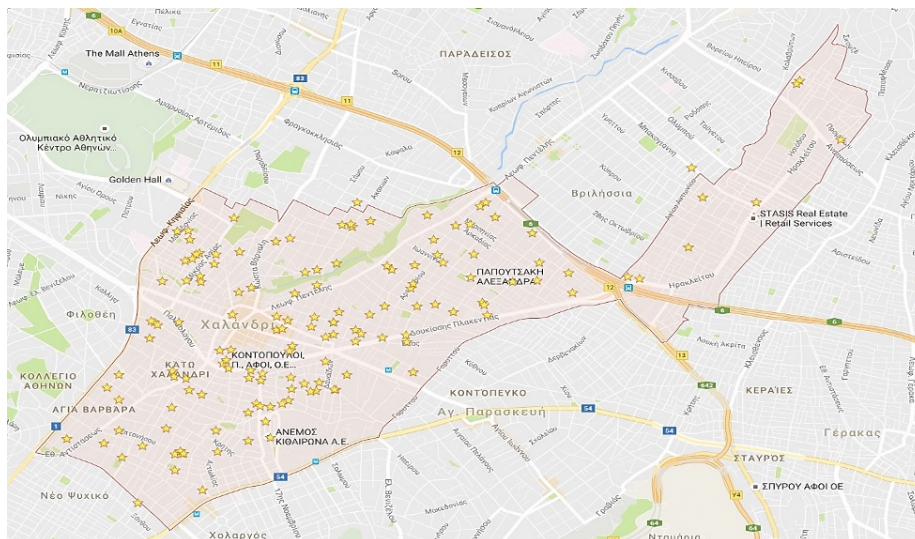
24 “Αποκεντρωμένη Διαχείριση Αστικών Απορριμμάτων: Δυνατότητες και Προοπτικές”, Χαλιώτης Β., 2016

Τρία βασικά σενάρια:

- Το πρώτο σενάριο περιλαμβάνει την υλοποίηση μεθοδολογιών για την ενεργό συμμετοχή των πολιτών έτσι ώστε να ανιχνευθούν κίνητρα που ωθούν σε ευκαιρίες αποτροπής παραγωγής απορριμμάτων, και να σχεδιαστεί το βέλτιστο σχήμα αποκομιδής για κάθε ρεύμα.
- Το δεύτερο σενάριο εστιάζει στην ανάπτυξη ενός πλήρους και ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης και υποστήριξης λήψης αποφάσεων για τις υπηρεσίες διαχείρισης απορριμμάτων των δήμων.
- Το τρίτο σενάριο αποσκοπεί στον εντοπισμό καινοτόμων αποκεντρωμένων δυνατοτήτων διαχείρισης απορριμμάτων, και την λειτουργική τους βελτιστοποίηση.

#### **4.4.1 Διαλογή στην πηγή και αποκομιδή**

Στον Δήμο αναπτύχθηκε ένα πιλοτικό δίκτυο καφέ κάδων χωρητικότητας 120 λίτρα έκαστος. Οι κάδοι αυτοί είναι κλειδωμένοι, και η πρόσβαση είναι ελεγχόμενη με κλειδί τριγωνικού τύπου κοινό για κάθε κάδο. Οι κάδοι αυτοί είναι διεσπαρμένοι σε όλη την έκταση της πόλης. Στο δίκτυο αυτό έχουν πρόσβαση 240 νοικοκυριά τα οποία συμμετέχουν σε εθελοντική βάση. Στα νοικοκυριά αυτά, αφού προηγήθηκε εκπαίδευση, δόθηκαν τα εξής: ένας καφέ κάδος των 30 λίτρων για να γίνεται η διαλογή εντός του νοικοκυριού, κλειδί για πρόσβαση στον κάδο των 120 λίτρων, οδηγίες ως προς το τι απορρίπτεται και τι όχι, ενώ συστηματικά προμηθεύονται με κομποστοποιήσιμες σακούλες για την απόρριψη.



Εικόνα 4.2: Το δίκτυο των καφέ κάδων του Waste4Think

Οι καφέ κάδοι συλλέγονται με ειδικό απορριμματοφόρο. Η αποκομιδή γίνεται δύο φορές την εβδομάδα, ενώ στο απορριμματοφόρο έχουν εγκατασταθεί ζυγιστικό σύστημα για την ζυγολόγηση κάθε κάδου και σύστημα τηλεματικής, όπου με χρήση ηλεκτρονικής εφαρμογής Διαχείρισης Στόλου (fleet management) είναι διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο μέσω του διαδικτύου η τοποθεσία του οχήματος, το ζυγολόγιο για κάθε κάδο, το μοναδικό αναγνωριστικό του κάδου (από RFID tag), καθώς και παράμετροι της διαδρομής.<sup>25</sup>

#### 4.4.2 Ξήρανση – παραγωγή FORBI

Το όχημα μεταφέρει το υλικό σε πιλοτική μονάδα ξήρανσης που έχει εγκατασταθεί σε χώρο του Δήμου. Η μονάδα έχει δυναμικότητα 300 kg/ημέρα, και δουλεύει θερμαίνοντας το υλικό (καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια σε αντιστάσεις οι οποίες θερμαίνουν θάλαμο λαδιού) σε θερμοκρασίες 93-98 βαθμών Κελσίου, ενώ παράλληλα το αναδεύει και το τεμαχίζει.

Το τελικό εξερχόμενο αυτής της διαδικασίας είναι ένα προϊόν το οποίο ονομάζεται FORBI (Food Residue Biomass).

25 Papadopoulou K., Alonso Vicario A., Niakas S., Melanitou E., Lytras C., Kornaros M., Zafiri C. Lyberatos G., Life Cycle thinking, the key for a Circular Economy: the Municipality of Halandri case, 15th International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes, Greece, 31 August to 2 September 2017.

Το προϊόν αυτό έχει τα εξής χαρακτηριστικά<sup>26</sup>:

- Είναι ομογενοποιημένο.
- Είναι άοσμο και σταθεροποιημένο, με αποτέλεσμα να μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς να αλλοιωθεί ή να παράξει όχληση λόγω οσμών.
- Είναι υγιεινοποιημένο, μιας και οι παθογόνοι οργανισμοί έχουν καταστραφεί κατά την ξήρανση, με σαφή πλεονεκτήματα στην διαχειρισή του και στις συνθήκες υγιεινής των εργαζομένων.
- Έχει μειωθεί η μάζα του στο ένα πέμπτο, με αποτέλεσμα σημαντική εξοικονόμηση στα κόστη μεταφοράς και διάθεσης.

Η διαδικασία παραγωγής του FORBI απεικονίζεται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 4.3: Διαδικασία παραγωγής FORBI από προδιαλεγμένα οργανικά υπολείμματα τροφής

Στην συνέχεια, εξετάστηκαν μια σειρά από λύσεις αξιοποίησης του FORBI:

26 K. Papadopoulou, G. Lyberatos, J. Merino Lizarraga, I. López Torre, M. Ibarra, N. Zafeiri, C. Lytras, M. Kornaros, S. Egenfeldt-Nielsen, M. Giavini, R. Mariani, S. Colombo, G. Drosi, A. Schmidt, J. Dinis, M. Vila, P. Andriani, J. Arambarri, E. Melanitou, S. Niakas, A. Alonso-Vicario, Moving towards Life Cycle Thinking by integrating Advanced Waste Management Systems: WASTE4THINK, Athens 2017 5th International Conference on Solid Waste Management.



#### 4.4.3 Κομποστοποίηση με FORBI

Μίγμα FORBI και κλαδεμάτων του Δήμου σε αναλογία 1:1 κατά βάρος απεστάλη στην εταιρία Ram Europe στον Ορχομενό, όπου και συνκομποστοποιήθηκε. Η διαδικασία έγινε σε σειράδι με μηχανική ανάδευση καθημερινά. Η υγρασία κρατήθηκε σε όλη την διάρκεια σε ποσοστά 40-50%, με προσθήκη νερού όταν χρειάστηκε. Ο λόγος C/N ξεκίνησε από 34. Το pH ξεκίνησε από 5.67 και έφτασε στο 9. Η θεμόφιλη φάση είχε διάρκεια 48 ημερών. Η ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών (άνω των 60 βαθμών Κελσίου) για αρκετές ημέρες εξασφάλισαν την υγιεινοποίηση του τελικού κομπόστ, με εξόντωση των παθογόνων μικροοργανισμών.

Εργαστηριακές αναλύσεις που έγιναν στο τελικό προϊόν, έδειξαν ότι πρόκειται για κομπόστ υψηλής ποιότητας, πλούσιο σε οργανικά και άζωτο.

Σημαντικότετος παράγοντας για την ποιότητα του τελικού κομπόστ και την δυνατότητα πιστοποίησής του για εμπορική χρήση, είναι οι χαμηλές προσμίξεις στην οργανική πρώτη ύλη, το οποίο μεταφράζεται σε σωστή χρήση του καφέ κάδου από τους δημότες και το σύστημα αποκομιδής και μεταφοράς του Δήμου. Σε μετρήσεις που έγιναν σε καφέ κάδους στο πιλοτικό πρόγραμμα, οι προσμίξεις ήταν 2%, το οποίο σύμφωνα με την βιβλιογραφία<sup>27</sup> μας οδηγεί να συμπεράνουμε πως το υλικό είναι έτοιμο για να οδηγηθεί κατευθείαν για κομποστοποίηση χωρίς να προηγηθεί μηχανική επεξεργασία (διαλογή).

Παράλληλα, έχουν διεξαχθεί σε εργαστηριακό περιβάλλον κομποστοποιήσεις με ανοιχτό κομποστοποιητή 120 λίτρων, όπως και κομποστοποίηση in-vessel<sup>28</sup>.

#### 4.4.4 Χρήση ως εναλλακτικό καύσιμο στην τσιμεντοβιομηχανία

Μελετήθηκε η καταλληλότητα του FORBI ως εναλλακτικό καύσιμο για την τσιμεντοβιομηχανία. Ο κλάδος της τσιμεντοβιομηχανίας είναι εξαιρετικά ενεργοβόρος, με τεράστιες εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα. Η αντικατάσταση ορυκτών πόρων από εναλλακτικά καύσιμα είναι μια λύση που μεγενθύνει την οικονομική, περιβαλλοντική και ενεργειακή βιωσιμότητα του κλάδου.

27 Athens BioWaste, παραδοτέο, 2014, διαθέσιμο στον ΕΔΣΝΑ

28 Michalopoulos, G.M. Lytras, S. Michalakidi, S. Zgouri, K. Papadopoulou, G. Lyberatos, Evaluation of in-vessel and pilot scale composting as an alternative for food waste valorization, 7th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorization, Prague, 2018.

Μετά από μελέτες, διαπιστώθηκε πως το FORBI είναι κατάλληλο για τέτοια χρήση<sup>29 30</sup>.

#### 4.4.5 Πελλετοποίηση

Τα πέλλετ είναι πυκνοποιημένη (συμπυκνωμένη) βιομάζα που παράγεται από κονιοποιημένα πριονίδια, γρασίδι, υπολείμματα τροφών κλπ. Η τεχνολογία παραγωγής των πέλλετ βασίζεται στην πελλετοποίηση: Αυξάνεται η πίεση μεταξύ των κόκκων με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι τριβές, προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας και αποτελεσματική συγκόλληση. Τα πέλλετ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση σε σπίτια ή δημόσιους χώρους με κατάλληλη σόμπα.

Μελετήθηκε η καταλληλότητα του FORBI (παραγόμενου από υπολείμματα τροφών με ξήρανση και τεμαχισμό στον Δήμο Χαλανδρίου) ως πρώτης ύλης για παραγωγή πέλλετ με τον πελλετοποιητή που προμηθεύτηκε ο Δήμος στο πλαίσιο του Waste4Think. Η ανάλυση έδειξε ότι τα παραγόμενα πέλλετ από FORBI ταξινομούνται ως μη ξυλώδους προέλευσης EN ISO 17225-6:2015<sup>31</sup>.

#### 4.4.6 Παραγωγή bioCNG για χρήση ως καύσιμο κίνησης και τροφοδοσία απορριμματοφόρων

Μελέτες έχουν δείξει την δυνατότητα παραγωγής βιοαερίου (βιομεθανίου) από το FORBI με αναερόβια χώνευση. Αφού ολοκληρώθηκε η μελέτη σε εργαστηριακό επίπεδο, κατασκευάστηκε πιλοτική μονάδα για την παραγωγή, το εξευγενισμό και την συμπίεση του βιοαερίου που παράγεται από FORBI για την κίνηση των απορριμματοφόρων του Δήμου. Η πιλοτική μονάδα που λειτουργεί από τον Σεπτέμβριο του 2018, βασίζεται σε αντιδραστήρα 4 κυβικών μέτρων και παράγει πλέον περίπου 2,5 κυβικά μέτρα βιοαερίου ημερησίως με περιεκτικότητα σε μεθάνιο

---

29 K. Papanikola, K. Papadopoulou, C. Tsiligiannis, A. Katsiampoulas, E. Chalarakis, M. Georgiopolou, G. Lyberatos, Food Residue Biomass Product as an Alternative Energy Source for the Cement Industry, Athens 2017 5th International Conference on Solid Waste Management.

30 Kalliopi Papanikola, Konstantina Papadopoulou, Christos Tsiliyannis, Irene Fotinopoulou, Alexandros Katsiampoulas, Elefterios Chalarakis, Martha Georgiopolou, Vasiliki Rontogianni, Ioannis Michalopoulos, Dimitrios Mathioudakis, George Marios Lytras, Gerasimos Lyberatos, Food residue biomass product as an alternative fuel for the cement industry, 2019, Environmental Science and Pollution Research, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05318-4>

31 K. Papadopoulou, K. Papanikola, I. Vaitzos, A. Peppas, C. Lytras, G.M Lytras, D. Mathioudakis, H. Pavlopoulos, G. Lyberatos, 6th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, Valorization of a Food Residue Biomass product as a solid fuel for the production of pellets, Naxos, Greece 2018.

65%. Στην συνέχεια οδηγείται σε μονάδα εξευγενισμού με ΜΕΑ (monoethanolamine), και στην συνέχεια σε μονάδα συμπίεσης όπου φτάνει τα 200 bar, αποθηκεύεται σε διάταξη με κυλίνδρους και καταλήγει σε στόμιο πλήρωσης<sup>32</sup>.

## 4.5 Ανακύκλωση

Βασικός στόχος του Δήμου είναι να αποκτήσει δικό του Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών.

Οι βασικοί λόγοι οι οποίοι ωθούν προς μια τέτοια απόφαση, πέραν των βασικών αρχών που αναφέρονται προηγούμενα, είναι οι παρακάτω:

- Με την υιοθέτηση καλών πρακτικών και πλήθους διαφορετικών ρευμάτων για Διαλογή στην Πηγή, το περιεχόμενο των μπλε κάδων του Δήμου – και του κίτρινου – θα βελτιωθεί ραγδαία όσον αφορά την καθαρότητά του, άρα μπορεί να ανακτηθεί μεγαλύτερο τμήμα του με απλούστερα τεχνικά μέσα.

- Τα υφιστάμενα ΚΔΑΥ που λειτουργούν στην Αττική δέχονται εισερχόμενα από πολλούς δήμους κάθε ημέρα, και τα αναμιγνύουν όλα ταυτόχρονα στην είσοδο της διεργασίας μηχανικής επεξεργασίας. Ως αποτέλεσμα, είναι αδύνατον να δοθούν διακριτά αποτελέσματα για κάθε έναν Δήμο-πελάτη, και τα απορριπτόμενα ως μη ανακτήσιμα χρεώνονται στην πράξη το ίδιο σε όλους. Έτσι, ένας Δήμος ο οποίος έχει υψηλά ποσοστά διαλογής στην πηγή και ορθής χρήσης του συστήματος του μπλε κάδου από τους δημότες του, επιβαρύνεται με ποσότητες απορριπτέων που κατευθύνονται προς τον ΧΥΤΑ για ταφή και τα οποία χρεώνεται δίχως στην πραγματικότητα να του αντιστοιχούν. Το μόνο στοιχείο που έχει κάποια αξιοπιστία, δυστυχώς, είναι τα ζυγολόγια των εισερχόμενων στο ΚΔΑΥ.

- Με τοπική μονάδα ο Δήμος γλιτώνει σημαντικούς πόρους από την μεταφορά του υλικού σε μακρινές αποστάσεις. Με υπολογισμένο κόστος 3 ευρώ/χιλιόμετρο, αποστάσεις 43 χιλιομέτρων και 1342 δρομολόγια προκύπτει κόστος 173,118 ευρώ για τις μεταφορές, το οποίο μπορεί να εξοικονομηθεί.

- Ο Δήμος έχει την δυνατότητα να δεματοποιήσει και να πωλήσει στην αγορά τα ανακτημένα προϊόντα συσκευασίας, έχοντας απευθείας οικονομικό όφελος.

---

32 Χρήστος Λύτρας, Παραγωγή Φυσικού Αερίου Κίνησης από Οικιακά Ζυμώσιμα Απορρίμματα, VERDE-TEC, 2019

## Κεφάλαιο 5 – Τεχνολογίες διαχείρισης Οργανικών Απορριμμάτων

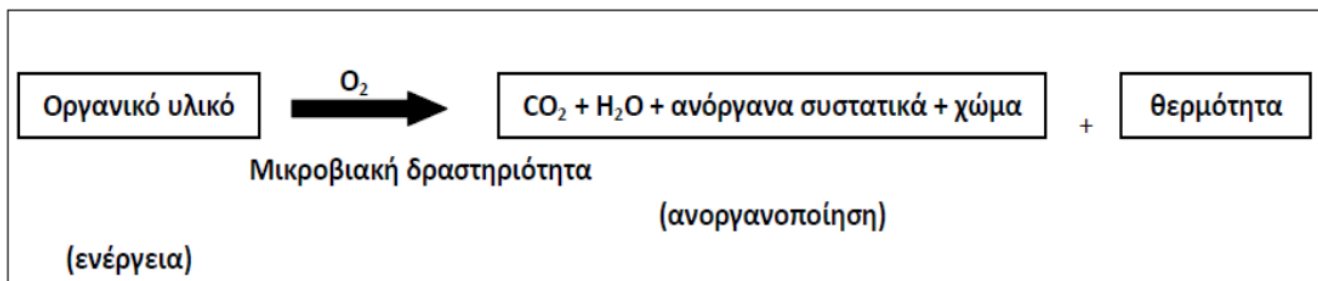
### 5.1 Κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση ορίζεται ως η αερόβια βιολογική αποδόμηση και σταθεροποίηση οργανικής πρώτης ύλης, στην περίπτωση που εξετάζουμε προδιαλεγμένου κλάσματος οργανικών απορριμμάτων τροφής, κάτω από ελεγχόμενες αερόβιες και θερμοφίλες συνθήκες (50-60 βαθμοί Κελσίου), οι οποίες διασφαλίζονται από βιολογικά παραγόμενη θερμότητα. Σαν τελικό προϊόν της διαδικασίας λαμβάνεται κομπόστ, υλικό πλούσιο σε οργανική ουσία με υψηλό χουμικό περιεχόμενο. Η κύρια χρήση του κομπόστ είναι ως εδαφοβελτιωτικό υλικό, και ως υπόστρωμα για την καλλιέργεια φυτών. Ειδικά στην περίπτωση προδιαλεγμένου κλάσματος ΑΣΑ, επιπλέον πλεονέκτημα αποτελεί η σταθεροποίηση του, και η δυνατότητα για αποθήκευση και χρήση του χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η κομποστοποίηση είναι ένας πρακτικός και αποτελεσματικός τρόπος για να διαχειριστούμε τα οικιακά απορρίμματα και τα κλαδέματα, ενώ ταυτόχρονα να παράγουμε ένα οργανικό λίπασμα (κομπόστ). Σαν επιπλέον οφέλη από την κομποστοποίηση αυξάνουμε τη γονιμότητα των εδαφών, όπως και περιορίζουμε τη ρύπανση του εδάφους, των υπόγειων υδάτων και της ατμόσφαιρας καθώς μειώνουμε το ποσοστό απορριμμάτων που οδηγείται στους ΧΥΤΑ.

Τα κυριότερα αποτελέσματα που προκύπτουν από την κομποστοποίηση είναι:

- το τελικό προϊόν της διεργασίας, σταθεροποιημένο και απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς, μπορεί να διατεθεί για την καλλιέργεια του εδάφους.
- παράγεται βιομάζα ως αποτέλεσμα της οξείδωσης του διαλυτού οργανικού υλικού σε CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O.

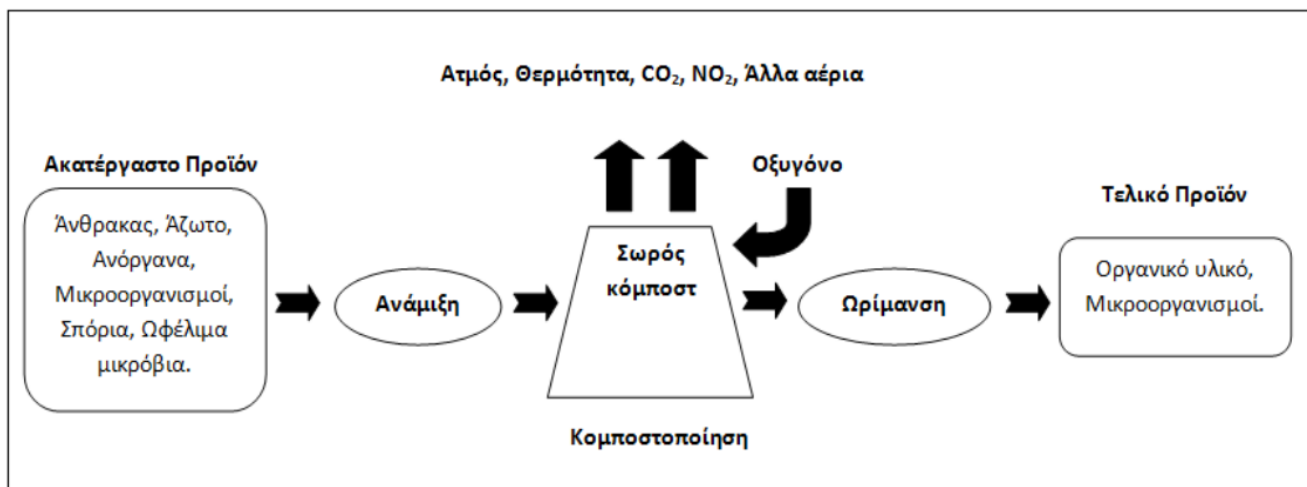


Εικόνα 5.1: Απεικόνιση Αντίδρασης Κομποστοποίησης

Η κομποστοποίηση αποτελεί μια επωφελή μέθοδο διαχείρισης και φυσικής ανακύκλωσης των οργανικών αποβλήτων, μέσω της οποίας αυτά βιοαποδομούνται σε ένα σταθερό προϊόν χουμοποίησης, το οποίο μετά από σχετική επεξεργασία μπορεί να αποθηκευτεί και χρησιμοποιηθεί, χωρίς πλέον να έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αντίθετα, συντελεί στη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους, επιδρώντας θετικά στην ανάπτυξη και ανθοφορία των φυτών, ενώ υποβοηθά και στην καταστολή των φυτικών ασθενειών.

Κατά τα αρχικά στάδια, οι μικροοργανισμοί αποδομούν το οργανικό υλικό με ταχείς ρυθμούς. Στη συνέχεια προκειμένου να διασπασθούν οι εναπομείνουσες δύσκολα αποδομήσιμες ενώσεις, καθίσταται αναγκαίο να εκκρίνουν τα κατάλληλα ένζυμα.

Κατά τη διαδικασία αυτή, επιτυγχάνεται μείωση του όγκου και της μάζας των πρώτων υλών, ενώ παράγονται διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), νερό (H<sub>2</sub>O), ανόργανες μορφές αζώτου και θερμότητα. Για την καλύτερη κατανόηση της διεργασίας παρατίθεται η παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.2: Απεικόνιση Διαδικασίας Κομποστοποίησης

Η κομποστοποίηση είναι μια διεργασία που εκτελείται με τη βοήθεια μικροοργανισμών. Σε κάθε στάδιο της διαδικασίας οι μικροοργανισμοί ποικίλλουν ανάλογα με τις αλλαγές των διαφόρων φυσικοχημικών παραγόντων (π.χ. θερμοκρασία, pH, θρεπτικά συστατικά, επίπεδα οξυγόνου, αζώτου κλπ.), που διαμορφώνουν τις συνθήκες υπό τις οποίες μπορούν να επιβιώσουν. Δηλαδή, σε κάθε στάδιο η αλλαγή στους φυσικοχημικούς παράγοντες συνεπάγεται την αλλαγή και διαδοχή των μικροβιακών πληθυσμών.

Δύο ιδιαίτερα σημαντικές φάσεις, κατά τη διεξαγωγή της κομποστοποίησης, είναι η ενεργή θερμόφιλη και η φάση ωρίμανσης. Στην πρώτη, η δραστηριότητα των μικροβιακών κοινοτήτων είναι έντονη και πραγματοποιείται η βιοαποδόμηση της οργανικής πρώτης ύλης. Ενώ στη δεύτερη, που αναφέρεται και ως φάση χουμοποίησης, τα εναπομείναντα οργανικά συστατικά μετατρέπονται σε χουμικές ενώσεις.

Σύμφωνα με τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται και το είδος των μικροοργανισμών που επικρατούν, η κομποστοποίηση μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια-φάσεις:

- **Μεσόφιλη φάση (1ο Στάδιο):** Το στάδιο αυτό είναι μικρό χρονικά και κατά τη διάρκεια του παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας ως την περιοχή, που ευνοεί την ανάπτυξη των μεσόφιλων μικροβιακών κοινοτήτων ( $T < 40$  βαθμοί Κελσίου). Αρχικά, διασπώνται οι εύκολα αποικοδομήσιμες ενώσεις και η τιμή του pH μειώνεται. Καθώς η θερμοκρασία οδεύει προς τα όρια μεταξύ μεσόφιλης και θερμόφιλης φάσης, έχουν απομονωθεί μεσόφιλα είδη μυκήτων, αλλά και θερμόφιλα, θερμοανθεκτικά βακτήρια και μύκητες. Ο σωρός δεν έχει υποστεί μείωση στο μέγεθος του, υπάρχει, συνεπώς, αφθονία θρεπτικών συστατικών για τη μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών και την αύξηση του πληθυσμού τους. Συνεπακόλουθο των προαναφερθέντων είναι η αύξηση της θερμοκρασίας σε τέτοια επίπεδα, ώστε να παρεμποδίζεται πλέον η δράση των μεσόφιλων μικροοργανισμών.
- **Θερμόφιλη φάση (2ο Στάδιο):** Κατά το στάδιο αυτό, η θερμοκρασία μεταβάλλεται μεταξύ 40°C και 80°C, όρια που χαρακτηρίζουν τη θερμόφιλη φάση. Η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται στην δράση των μικροοργανισμών, που μεταβολίζουν το πλεονάζον οργανικό υλικό. Αποτέλεσμα της είναι η επιτάχυνση του μεταβολικού ρυθμού των μικροβιακών κοινοτήτων, η οποία με τη σειρά της συνεπάγεται την ώθηση της τιμής της θερμοκρασίας σε επίπεδα ανασταλτικά για την περαιτέρω αύξηση και επιβίωση τους ( $T > 60$ °C). Στο σημείο αυτό, η θερμο-ανθεκτικότητα των μικροοργανισμών οφείλεται στην αντοχή των ενζυμικών τους συστημάτων. Επίσης, παρατηρείται και αύξηση της τιμής του pH, εξαιτίας της διάσπασης των οργανικών οξέων και της δημιουργίας αλάτων κατά την εξάτμιση του νερού. Σε θερμοκρασίες άνω των 60°C, κάποια είδη μικροοργανισμών για να επιβιώσουν, υιοθετούν ανθεκτικές μορφές, όπως τα σπόρια και τα σκληρωτικά των

μυκήτων. Ωστόσο, με την επίτευξη των τόσο υψηλών θερμοκρασιών, εξασφαλίζεται η υγιεινοποίηση του τελικού προϊόντος, αφού καταστρέφονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί. Στη συνέχεια, όσο οι πηγές θρεπτικών συστατικών και ενέργειας εξαντλούνται, οι μικροβιακοί πληθυσμοί πεθαίνουν. Αυτό συνεπάγεται πτώση της θερμοκρασίας και επανεμφάνιση των μεσόφιλων μικροοργανισμών.

- **Φάση Πτώσης της Θερμοκρασίας και Φάση της Ωρίμανσης (3ο Στάδιο):** Στο στάδιο αυτό, το μέγεθος του σωρού έχει παρουσιάσει σημαντική ελάττωση και οι απαιτήσεις των μικροοργανισμών ξεπερνούν τα αποθέματα σε ενέργεια, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να μειώνεται συνεχώς. Στο περιβάλλον αυτό, επικρατούν τα μεσόφιλα και θερμοανθεκτικά είδη βακτηρίων, που συμβάλλουν στην ωρίμανση και βελτίωση της ποιότητας του κομπόστ, αφού με τη δράση τους επιτυγχάνονται οι παρακάτω λειτουργίες:

- αποικοδόμηση των εναπομεινασών απλών ή πολύπλοκων οργανικών ενώσεων,
- παραγωγή πολύπλοκων χουμικών ενώσεων από τον πολυμερισμό απλών οργανικών,
- καταστολή των φυτοπαθογόνων μυκήτων με την παραγωγή αντιμυκητιακών ουσιών,
- αποτοξικοποίηση βαρέων μετάλλων με το σχηματισμό ανόργανων αλάτων,
- οξειδωση και μετατροπή των ανηγμένων ανόργανων αζωτούχων και θειούχων ενώσεων

για την παραγωγή νιτρικών και θειικών αντίστοιχα,

- αζωτοδέσμευση και παραγωγή αμμωνίας και μετατροπή σε νιτρικά από τα νιτροποιητικά βακτήρια,

- δέσμευση μετάλλων ( $Mg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  κ.ά.) και σχηματισμό αδρανών υλικών.

Στο τελευταίο αυτό στάδιο, παραμένουν για να αποδομηθούν οι δύσκολα αποικοδομήσιμες ενώσεις, όπως η κυτταρίνη, η λιγνίνη, η πηκτίνη και το άμυλο. Αυτό πραγματοποιείται με την έκκριση εξειδικευμένων εξωκυτταρικών ενζύμων από τους μύκητες και τους ακτινομύκητες. Η παρουσία των ακτινομυκήτων μπορεί να γίνει αντιληπτή από το ωχροκίτρινο χρώμα που δίνουν στην επιφάνεια του σωρού και την παραγωγή της γεωσμίνης (geosmin), αρωματικής ένωσης που δίνει στο χώμα τη χαρακτηριστική του οσμή.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η κατανομή των μικροβιακών πληθυσμών στις διαφορετικές φάσεις της διαδικασίας.

Πληθυσμός	Κατανομή πληθυσμού			
	Μεσόφιλη	Θερμόφιλη	Μεσόφιλη	Ωρίμανσης
Βακτήρια - μεσόφιλα		---	+++	+
Βακτήρια - θερμόφιλα	-	+++	---	-
Ακτινομύκητες - μεσόφιλοι		---	+++	+
Ακτινομύκητες - θερμόφιλοι	-	+++	---	-
Μύκητες - μεσόφιλοι		---	+++	+
Μύκητες - θερμόφιλοι	-	+++	---	-

Εικόνα 5.3: Κατανομή μικροοργανισμών και μεταβολή του πληθυσμού τους ανά στάδιο κομποστοποίησης

Η κομποστοποίηση αποτελεί διεργασία που διεκπεραιώνεται, λόγω της δραστηριότητας μικροβιακών πληθυσμών. Αυτό σημαίνει ότι, οι παράμετροι που επιδρούν στην ανάπτυξη και δραστηριότητά τους, παίζουν καθοριστικό ρόλο τόσο στο ρυθμό και την έκταση της μεθόδου, όσο και στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος (compost). Οι σπουδαιότεροι από αυτούς τους παράγοντες είναι οι πρώτες ύλες (το προς κομποστοποίηση οργανικό κλάσμα), ο λόγος C/N, ο απαιτούμενος αερισμός, η θερμοκρασία, το pH και την υγρασία. Στις επόμενες παραγράφους δίνεται μία συνοπτική περιγραφή των παραγόντων:

- **Πρώτες ύλες:** Η σύσταση των πρώτων υλών πρέπει να τηρεί ορισμένες προδιαγραφές, ώστε ο ρυθμός της αποσύνθεσής τους να μην παρεμποδίζεται και να διατηρείται σταθερός. Βασικές απαιτήσεις των μικροοργανισμών σε θρεπτικά συστατικά αποτελούν τα εξής στοιχεία: άνθρακας (C), άζωτο (N), φώσφορος (P) και κάλιο (K). Αυτά τα συστατικά



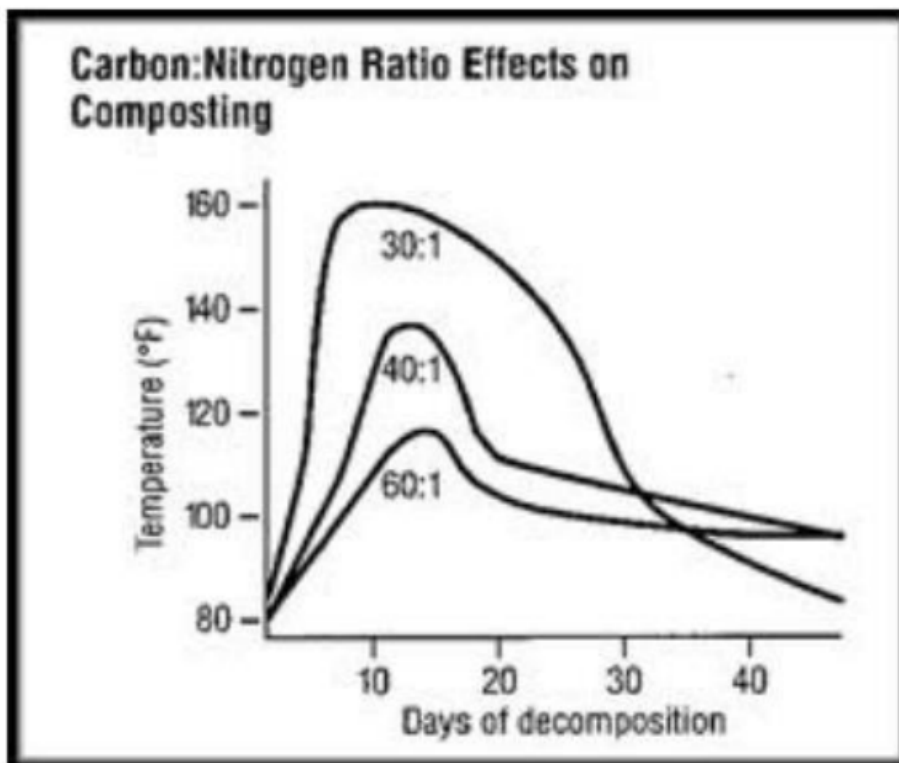
πρέπει να υπάρχουν στις κατάλληλες ποσότητες, για να μην επιβραδύνεται η διεργασία. Επίσης, η επιβίωση του μικροβιακού κύματος εξαρτάται και από την ύπαρξη ιχνοστοιχείων, όπως: το βόριο, το κοβάλτιο, ο σίδηρος, το μαγνήσιο, το σελήνιο, το μολυβδαίνιο, το νάτριο και ο ψευδάργυρος. Θα πρέπει να τονισθεί ότι, τα παραπάνω στοιχεία είναι δυνατό να αποβούν τοξικά σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από τις ενδεικνυόμενες.

Η κύρια χρησιμότητα του άνθρακα για τους μικροοργανισμούς έγκειται στην αξιοποίηση του ως πηγής ενέργειας και σε συνδυασμό με το άζωτο στη σύνθεση των πρωτεϊνών. Επιπλέον, το κάλιο και ο φώσφορος καθίστανται απαραίτητα για την κυτταρική διαίρεση και το μεταβολισμό.

Αλλά και το μέγεθος των κόκκων του οργανικού υλικού είναι ένας άλλος παράγοντας, που αν τεθεί υπό έλεγχο, μπορεί να έχει θετικό αντίκτυπο στο ρυθμό της βιοαποικοδόμησής του. Αυτό συμβαίνει διότι, όταν το υλικό συνίσταται από τεμαχίδια μεγέθους λίγων χιλιοστών έως πέντε εκατοστών αποτελεί πιο ομοιογενές υπόστρωμα για τη δράση των μικροοργανισμών.

- **Λόγος C/N:** Η τιμή του λόγου C/N επιδιώκεται να βρίσκεται μέσα σε ένα αποδεκτό εύρος τιμών, εφόσον σχετίζεται άμεσα με τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και άρα με την ταχύτητα της βιολογικής αποδόμησης. Η βέλτιστη αναλογία κυμαίνεται μεταξύ 25-40 και εξαρτάται από το είδος του οργανικού υποστρώματος. Σε περιπτώσεις αποκλίσεων από τις παραπάνω αναλογίες συμβαίνουν τα εξής:
  - αν ο λόγος είναι χαμηλός (<20), ελαττώνεται η ποσότητα του αζώτου, με την απελευθέρωση αέριας αμμωνίας στο περιβάλλον. Το φαινόμενο αυτό είναι δυνατό να οδηγήσει σε προβλήματα δυσάρεστων οσμών (αναερόβιες διεργασίες) και φυτοτοξικότητας.
  - αντίθετα, αν ο λόγος είναι υψηλός (>50), ακολουθούν πολλοί βιοχημικοί κύκλοι, ώστε να φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα με την οξείδωση της περίσσειας του άνθρακα. Όπως προαναφέρθηκε για τις περιπτώσεις των σημαντικών αποκλίσεων, η διενέργεια της κομποστοποίησης, κάτω από αυτές τις συνθήκες, δεν είναι η καλύτερη δυνατή. Σημειώνεται ότι κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, ο λόγος C/N παρουσιάζει

πτωτική πορεία, διότι ελαττώνεται ο άνθρακας με τη δημιουργία του CO<sub>2</sub> και αυξάνεται το άζωτο λόγω της ύπαρξης των αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων (Εικόνα 2-8).



Εικόνα 5.4: Μεταβολές Λόγου C/N κατά τη διάρκεια της Διεργασίας της Κομποστοποίησης

- **Αερισμός:** Το οξυγόνο καθίσταται απολύτως απαραίτητο για τη διεργασία της κομποστοποίησης, καθώς, μόνο υπό την προϋπόθεση της ύπαρξης του, είναι εφικτό να επιβιώσουν οι αερόβιοι μικροοργανισμοί και να πραγματοποιηθεί η οξειδωτική αποδόμηση του οργανικού κλάσματος. Τα μέσα για να επιτευχθεί η διασπορά του οξυγόνου στη μάζα του σωρού είναι είτε η ανάδευση του υλικού με μηχανικά μέσα, είτε η εφαρμογή συστημάτων αερισμού. Συμπληρωματικά προς τα παραπάνω, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και διογκωτικά υλικά (πριονίδι, ροκανίδι), τα οποία αυξάνουν το πορώδες, την ικανότητα απορρόφησης νερού και δημιουργούν διάκενα αερισμού.

Επιπρόσθετα, επισημαίνεται ότι ο αερισμός λειτουργεί και ως ρυθμιστικός παράγοντας της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Συνεπώς, οδηγεί στα εξής προσδοκώμενα αποτελέσματα :

- Παρέχει το απαιτούμενο οξυγόνο για το μεταβολισμό των μικροοργανισμών και την βιοαποικοδόμηση των πρώτων υλών.
  - Συνεισφέρει στον απεγκλωβισμό της αναπτυσσόμενης θερμότητας και κατά αυτό τον τρόπο μειώνεται η θερμοκρασία στις επιθυμητές τιμές.
  - Μειώνει τα ποσοστά υγρασίας σε υγρά οργανικά υποστρώματα, εφόσον ο αέρας θερμαίνεται, ερχόμενος σε επαφή με το υλικό, του προσδίδει μια πιο ξηρή μορφή.
  - Απομακρύνει τα αέρια προϊόντα του μικροβιακού μεταβολισμού, όπως το CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> κ.ά.
- **Θερμοκρασία:** Η θερμοκρασία είναι μία ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρος για την αποδόμηση των οργανικών ουσιών. Αυτό δικαιολογείται, επειδή οι τιμές που λαμβάνει, συνδέονται με το είδος των μικροβιακών πληθυσμών που διατηρούνται στη ζωή και την ένταση της δραστηριότητάς τους, συνεπώς και με το ρυθμό της βιοαποδόμησης. Επισημαίνεται ότι ο μέγιστος ρυθμός επιτυγχάνεται σε θερμοκρασίες μεταξύ των 45 και 55 βαθμών Κελσίου.

Στα αρχικά στάδια της διεργασίας, η περίσσεια του οργανικού υποστρώματος προωθεί την ανύψωση της θερμοκρασίας, λόγω της έντονης μικροβιακής δράσης. Κατά αυτό τον τρόπο, εφόσον η θερμοκρασία υπερβεί τους 60 βαθμούς Κελσίου για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, το τελικό προϊόν απαλλάσσεται από παθογόνους οργανισμούς. Ενώ στη συνέχεια, η παρακάλυψη της διαδικασίας αποφεύγεται με την πτώση της θερμοκρασίας, που οφείλεται στη μειωμένη δραστηριότητα των μικροοργανισμών λόγω έλλειψης τροφής. Στη μεσόφιλη περιοχή, ως άριστο εύρος θερμοκρασιών καταγράφονται οι 35-45 βαθμοί Κελσίου.

Αναφορικά με τα ανοιχτά συστήματα κομποστοποίησης, διαδικαστικά η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας προς το περιβάλλον πραγματοποιείται με την επιλογή μικρής ελεύθερης επιφάνειας του σωρού και τη μόνωσή του<sup>33</sup>.

- pH: Οι τιμές του pH εξαρτώνται από τα είδη των μικροοργανισμών που μπορούν να αναπτυχθούν και το βαθμό προόδου της διεργασίας. Τα βακτήρια προτιμούν ουδέτερα ή αλκαλικά περιβάλλοντα, οι μύκητες ελαφρώς όξινα (pH 4-6) και οι ακτινομύκητες

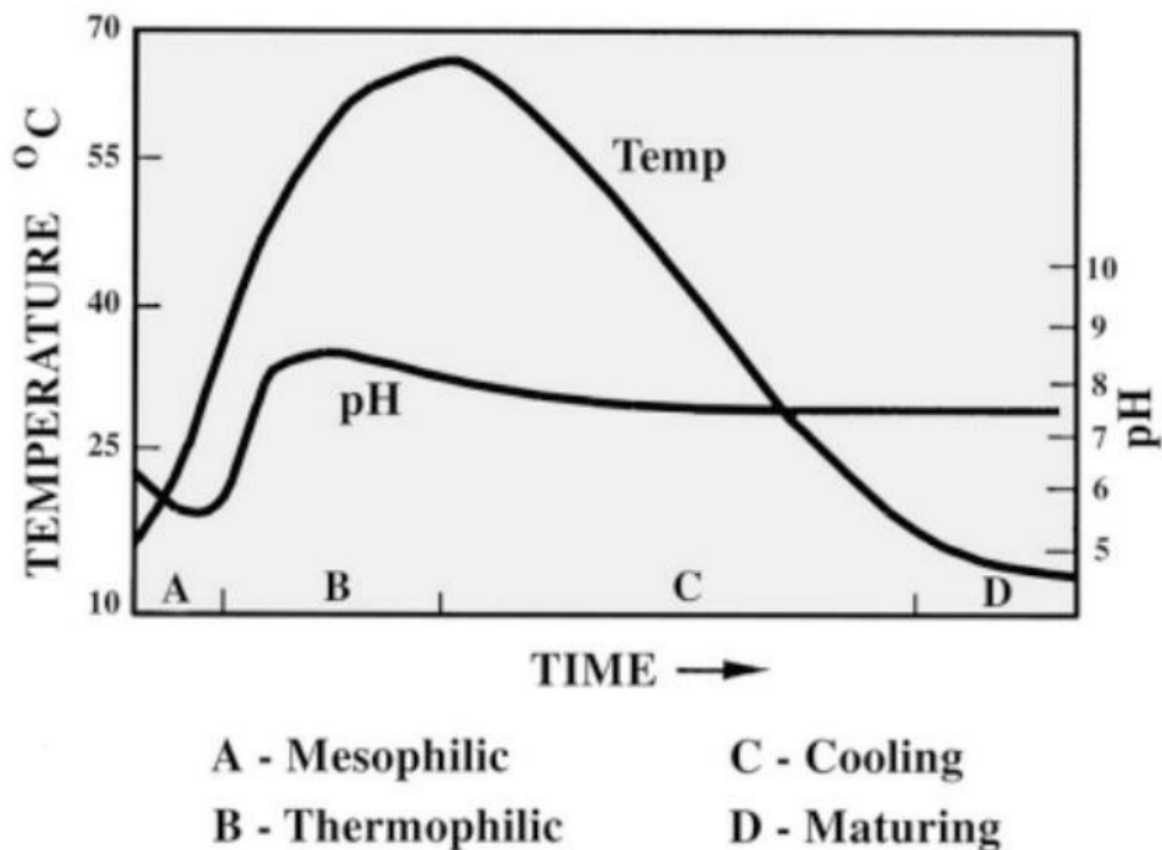
33 Περιβαλλοντική Μηχανική, Βλυσίδης Α., Γρηγοροπούλου Ε., Λυμπεράτος Γ., 2017

ελαφρώς αλκαλικά. Η προς κομποστοποίηση οργανική μάζα χαρακτηρίζεται γενικά από χαμηλές τιμές pH, με βέλτιστες συνθήκες της διεργασίας να αντιστοιχούν σε pH μεταξύ 5.5 και 8. Σχετικά με τη χρονική εξέλιξη του pH, έχει διαπιστωθεί ότι:

- στην αρχή διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα λόγω του σχηματισμού οργανικών οξέων - και έτσι ευνοεί την επικράτηση των μυκήτων,

- στο επόμενο στάδιο, σταθεροποιείται σε ουδέτερες ή και αλκαλικές τιμές, εξαιτίας της διάσπασης των οξέων, με αποτέλεσμα να ενεργοποιούνται τα βακτήρια.

Στο παρακάτω σχήμα, παρατίθενται τα διαγράμματα μεταβολής του pH και της θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου.



Εικόνα 5.5: Μεταβολή θερμοκρασίας και pH στις διαφορετικά στάδια της κομποστοποίησης

- **Υγρασία:** Η παρουσία του νερού επηρεάζει το ρυθμό αποδόμησης των πρώτων υλών, καθώς συνδέεται άμεσα με τη μεταβολική λειτουργία των μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί παραλαμβάνουν τα απαραίτητα για τη διαβίωση τους θρεπτικά συστατικά προσκολλώμενοι στο υδάτινο στρώμα που σχηματίζεται στην επιφάνεια των σωματιδίων του υλικού, μόνο αν αυτά είναι υδατοδιαλυτά. Το μέγιστο περιεχόμενο σε υγρασία των πρώτων υλών καθορίζεται από τις ιδιότητες τους και υπολογίζεται σε ιδανικές συνθήκες εντός των ορίων του 45-60%.

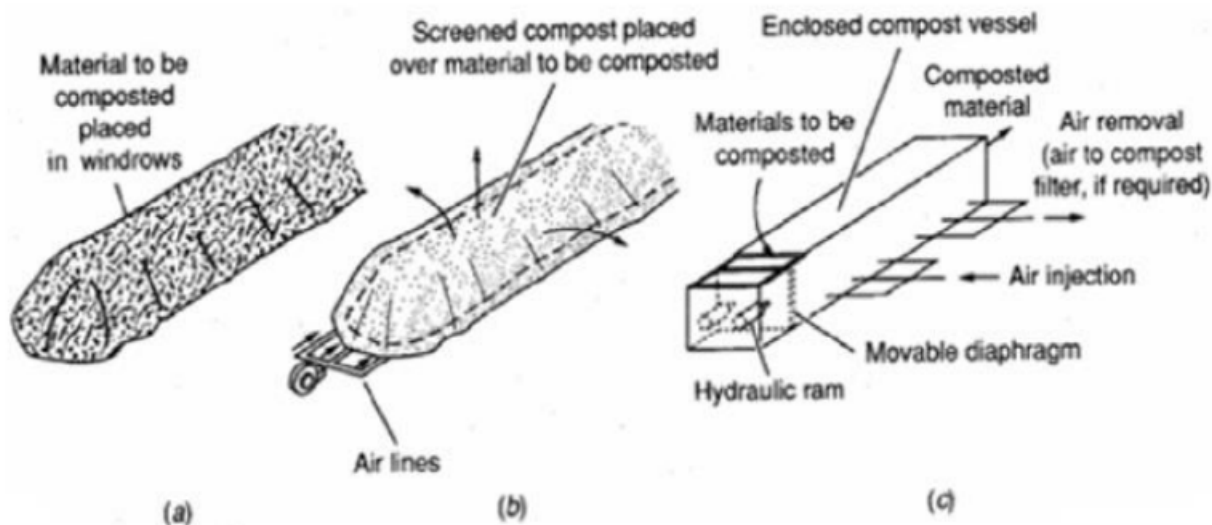
Έχει διακριβωθεί ότι η υπερβολική υγρασία είναι δυνατό να δημιουργήσει αναερόβιες συνθήκες, καθώς το οξυγόνο διαχέεται πιο αργά στο νερό απ' ότι στον αέρα και τέλος, ότι η διαβροχή και ανάμιξη του σωρού ενδείκνυνται για τη αποτελεσματικότερη διαχείριση της διαδικασίας.

<b>Παράμετρος</b>	<b>Αποδεκτές Τιμές</b>	<b>Ιδανικές Τιμές</b>
C/N	20 - 40,1	25 – 36,1
Υγρασία (%)	40 - 55	45 - 60
pH	5,5 – 9,0	5,5 – 8,0
Θερμοκρασία στη θεرمόφιλη φάση (°C)	43 - 66	54 - 60
O <sub>2</sub> (%)	> 5	> 10

Εικόνα 5.6: Συγκεντρωτικός Πίνακας Παραμέτρων Κομποστοποίησης

### 2.4.1 Τεχνολογίες Κομποστοποίησης

Γενικά, κατά την διεργασία της κομποστοποίησης το οργανικό κλάσμα αποικοδομείται βιολογικά υπό ελεγχόμενες, αερόβιες συνθήκες και μετατρέπεται σταδιακά σε σταθεροποιημένο προϊόν (κόμποστ), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό.



Εικόνα 5.7: Σχηματική Αναπαράσταση των Τριών Βασικών Συστημάτων Κομποστοποίησης:

(a) αναδεδυόμενα σειράδια, (b) αεριζόμενοι στατικοί σωροί, (c) κλειστά συστήματα

Τα συστήματα κομποστοποίησης διαχωρίζονται σε ανοιχτά και κλειστά συστήματα, ανάλογα με το αν το υλικό περιέχεται σε έναν αντιδραστήρα ή όχι. Τα συστήματα, στα οποία χρησιμοποιείται αντιδραστήρας, ονομάζονται κλειστά, ενώ ανοιχτά συστήματα είναι εκείνα, στα οποία η διεργασία εξελίσσεται χωρίς τη χρήση αντιδραστήρα. Ένα συνδυασμό των δύο παραπάνω συστημάτων αποτελούν τα μικτά συστήματα. Συνοψίζοντας, διακρίνονται τρεις τύποι συστημάτων αερόβιας βιοσταθεροποίησης:

- τα ανοιχτά συστήματα (open systems),
- τα κλειστά συστήματα (Reactor or enclosed systems, container composting, mechanical systems) και
- τα μικτά συστήματα.

### Ανοιχτά συστήματα κομποστοποίησης

Στα ανοιχτά συστήματα, η κομποστοποίηση συντελείται σε ανοιχτούς χώρους, ενώ δεν απαιτείται η χρήση ιδιαίτερου μηχανολογικού εξοπλισμού. Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται τα

σειράδια (κομποστοποίηση σε στατικούς σωρούς -windrow composting) και οι αεριζόμενοι στατικοί σωροί (aerated static pile composting).

Οι δύο μέθοδοι διαφέρουν ως προς τον τρόπο, με τον οποίο παρέχεται οξυγόνο στη μάζα του υλικού και κατ'επέκταση στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται. Στην περίπτωση των σειραδίων, το οξυγόνο εισέρχεται στη μάζα του υλικού με φυσικό αερισμό κατά το γύρισμά τους, ενώ στην περίπτωση των αεριζόμενων στατικών σωρών γίνεται εμφύσηση ή αναρρόφηση αέρα με μηχανικούς αεριστήρες ή φυσητήρες.

### **Κομποστοποίηση σε σειράδια (windrows)**

Το σύστημα των σειραδίων συνίσταται στην τοποθέτηση των απορριμμάτων σε σωρούς τριγωνικής, τραπεζοειδούς ή ορθογώνιας διατομής. Τα απορρίμματα πριν τοποθετηθούν τεμαχίζονται σε μέγεθος 25-75mm.<sup>34</sup> Οι σωροί αναδεύονται σε τακτά χρονικά διαστήματα με μηχανικό τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται:

- ο φυσικός αερισμός του σωρού,
- η ομοιογένεια στο σωρό. Σημειώνεται ότι, μέσω της αναμόχλευσης του σωρού καταστρέφονται τα συσσωματώματα των οργανικών ουσιών, που παρατηρούνται εξαιτίας της παραγόμενης υγρασίας κατά την κομποστοποίηση.

Τα συσσωματώματα αυτά γίνονται με το χρόνο πρακτικά αδιαπέραστα ως προς τον αέρα και διαμορφώνονται ανεπιθύμητες αναερόβιες συνθήκες,

- η συνεχής ανάμιξη των υλικών για την καλύτερη επαφή των μικροοργανισμών με το υπόστρωμα και τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του σωρού,
- η απελευθέρωση της παραγόμενης θερμότητας.
- Τέλος, στις περισσότερες περιπτώσεις οι μηχανικοί αναμοχλευτές διαθέτουν ακροφύσια, μέσω των οποίων εγχύεται νερό, ώστε το ποσοστό υγρασίας να παραμένει στα επιθυμητά επίπεδα. Επιπλέον, σε σύγχρονες εγκαταστάσεις σειραδίων εφαρμόζονται συστήματα συλλογής και διαχείρισης των στραγγισμάτων που δημιουργούνται κατά την διεργασία.

Η θερμοκρασία στο κέντρο του σωρού, μπορεί να φτάσει τους 65oC και διατηρείται σταθερή μέχρι και 10 μέρες. Το χειμώνα οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες και κυμαίνονται από 50-60o

---

34 Περιβαλλοντική Μηχανική, Βλυσίδης Α., Γρηγοροπούλου Ε., Λυμπεράτος Γ., 2017

C, ενώ κοντά στην επιφάνεια του σωρού είναι ακόμη χαμηλότερες και τείνουν να εξισωθούν με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες κομποστοποίησης, η μέθοδος των σειραδίων είναι χαμηλότερου κόστους. Ωστόσο, κατά τη μέθοδο αυτή καθίσταται πιο δυσχερής ο περιορισμός των ανεπιθύμητων εκπομπών αερίων και οσμών. Για το λόγο αυτό, η τροφοδοσία των σειραδίων δεν περιλαμβάνει διατροφικά απόβλητα, εκτός του ότι έτσι αποφεύγεται, επίσης, η προσέλκυση πτηνών, ζώων και εντόμων. Μικρές ποσότητες διατροφικών αποβλήτων δύναται να εντοπιστούν, όμως, σε απόβλητα κήπων, λόγω κακών πρακτικών απόρριψης σύμμεικτων από δημότες.

Οι οσμές που απελευθερώθηκαν από τις προσμίξεις αυτές, προκάλεσαν την ενόχληση των κατοίκων, που διέμεναν κοντά στις εγκαταστάσεις κομποστοποίησης. Επιπρόσθετα, αξίζει να αναφερθεί ότι, υπό κανονικές συνθήκες το οξυγόνο δεν διαπερνάει όλη την έκταση του σωρού. Συνεπώς, λαμβάνουν χώρα αναερόβιες αντιδράσεις, με αποτέλεσμα το σχηματισμό μεθανίου. Υπό την προϋπόθεση ότι οι σωροί αναδεύονται επαρκώς, οι ποσότητες του παραγόμενου μεθανίου είναι πολύ μικρές.

### **Κομποστοποίηση σε αεριζόμενους στατικούς σωρούς**

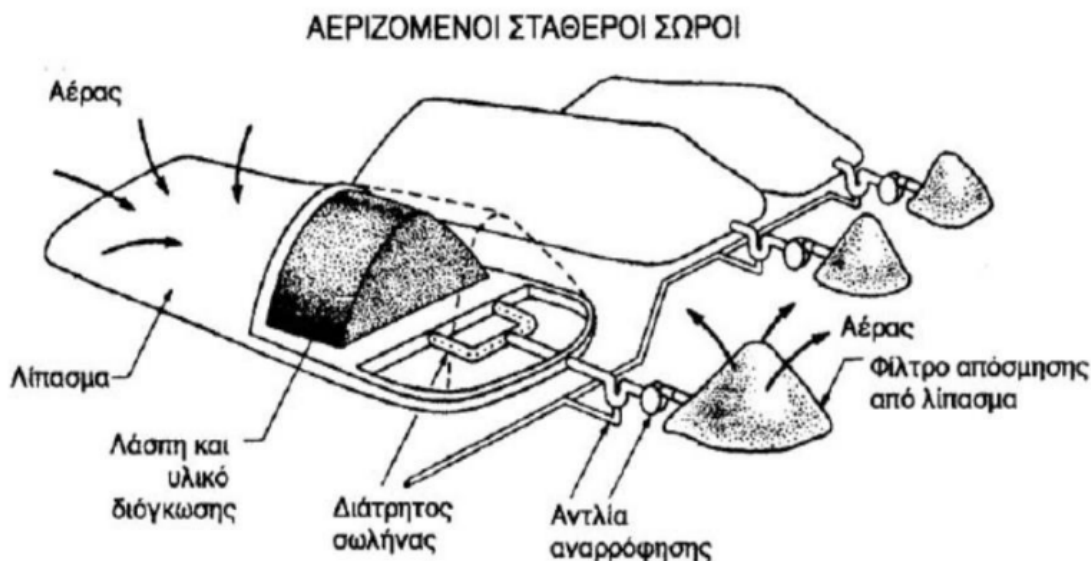
Η κομποστοποίηση σε αεριζόμενους στατικούς σωρούς (aerated static pile composting) αναπτύχθηκε με στόχο τη μείωση της απαιτούμενης έκτασης, καθώς και τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας της κομποστοποίησης. Οι αεριζόμενοι στατικοί σωροί διακρίνονται σε ατομικούς σωρούς (μέθοδος Rudgers) και σε εκτεταμένους σωρούς (μέθοδος Beltsville).

Ο αερισμός των σωρών πραγματοποιείται ή με αναρρόφηση αέρα ή με εμφύσηση πεπιεσμένου αέρα διαμέσου των σωρών ή με συνδυασμό και των δύο, ώστε να διατηρούνται στους σωρούς η απαραίτητη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, καθώς και η απαραίτητη θερμοκρασία για την κομποστοποίηση και την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών. Το πιο κοινό σύστημα αερισμού περιλαμβάνει τη χρήση ενός πλέγματος υπόγειων σωληνώσεων, που κατασκευάζονται από εύκαμπτο πλαστικό και συναρμολογούνται στην επιφάνεια του σωρού.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την κομποστοποίηση ιλύος, εφόσον δεν υπάρχει κανένας ειδικός μηχανισμός για την ανάδευση. Οπότε το υλικό που πρόκειται να κομποστοποιηθεί αναμειγνύεται με κάποιο πρόσθετο υλικό (διογκωτικό), όπως θρύμματα ξύλου, πριονίδι ή άχυρο. Το πρόσθετο αυτό υλικό έχει την ιδιότητα να προσδίδει σταθερότητα στον σωρό του κομποστ και



να διατηρεί τα κενά αέρος, δίχως να χρειάζεται να γίνει αναστροφή. Μετά το πέρας της κομποστοποίησης, το υλικό διαχωρίζεται με εσχарισμό και ανακυκλώνεται.



Εικόνα 5.8: Σύστημα αεριζόμενων σωρών

### Κλειστά συστήματα κομποστοποίησης

Στα συστήματα αυτά, η κομποστοποίηση πραγματοποιείται μέσα σε κλειστούς αντιδραστήρες, κατακόρυφους, οριζόντιους ή περιστρεφόμενου τυμπάνου, οι οποίοι διαθέτουν μηχανολογικό εξοπλισμό κατάλληλο για την μείωση των οσμών και τον έλεγχο παραμέτρων, όπως η παροχή αέρα, η θερμοκρασία, η συγκέντρωση οξυγόνου, το pH και η υγρασία.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, ανά τακτά χρονικά διαστήματα προστίθεται νερό στο υλικό, που βρίσκεται μέσα στον αντιδραστήρα, ώστε να προωθηθεί η δράση των μικροοργανισμών. Επίσης, με στόχο πάλι την βελτιστοποίηση της διαδικασίας της κομποστοποίησης μπορεί να εισάγεται θερμός αέρας στον αντιδραστήρα, ώστε η θερμοκρασία να διατηρείται στα επιθυμητά επίπεδα, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Τα πλεονεκτήματα του κλειστού συστήματος είναι το ότι γίνεται καλύτερος έλεγχος των οσμών, το υλικό που κομποστοποιείται παραμένει για μικρό χρονικό διάστημα μέσα στον αντιδραστήρα και απαιτούνται μικρότερες εκτάσεις για την εγκατάστασή του.

### Κριτήρια επιλογής συστήματος κομποστοποίησης

Στον παρακάτω πίνακα συγκρίνονται τα τρία βασικά συστήματα κομποστοποίησης ως προς παραμέτρους, που πρέπει να ληφθούν υπόψη, προτού κάποιο από αυτά επιλεγθεί ως το πλέον κατάλληλο για την εκάστοτε περίπτωση.

	Σειράδια	Αεριζόμενος σωρός	Αντιδραστήρας
Κεφάλαιο Εγκατάστασης	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλό
Λειτουργικό Κόστος	Χαμηλό	Υψηλό	Χαμηλό
Απαιτήσεις γης	Υψηλές	Υψηλές	Χαμηλές
Ρύθμιση Αερισμού	Περιορισμένη	Πλήρης	Πλήρης
Ελεγχόμενες Παράμετροι	Συχνότητα ανάδευσης, πρόσθετα ή προϊόν, αερισμός	Παροχή αέρα, παράγων δομής	Παροχή αέρα, ανάδευση, πρόσθετα ή προϊόν
Ευαισθησία στον καιρό	ευαίσθητο εκτός εάν στεγάζεται σε υπόστεγο	μη ευαίσθητο	μη ευαίσθητο
Έλεγχος οσμών	εξαρτάται από την τροφοδοσία	εξαρτάται από την τροφοδοσία	καλός

Εικόνα 5.9: Κριτήρια Επιλογής Συστήματος Κομποστοποίησης

(Περιβαλλοντική Μηχανική, Βλυσίδης Α., Γρηγοροπούλου Ε., Λυμπεράτος Γ., 2017)

Η οικονομικότερη λύση είναι το σύστημα σειραδίων, στεγασμένο σε υπόστεγο (για να αποφευχθεί η ευαισθησία σε καιρικές συνθήκες) και με δυνατότητα πρόσθετου αερισμού με φυσητήρες (για να διασφαλίζεται επαρκής ρύθμιση του αερισμού).

### Οικιακή κομποστοποίηση

Έως σήμερα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης περίπου το 40% των βιοαποβλήτων καταλήγει σε χώρους υγειονομικής ταφής<sup>35</sup>. Προκειμένου ένα μέρος αυτών των βιοαποβλήτων να ανακτηθεί, μπορεί να αξιοποιηθεί η μέθοδος της οικιακής κομποστοποίησης, που συνιστά μια εναλλακτική τεχνολογία επεξεργασίας των οργανικών οικιακών απορριμμάτων. Με τη μέθοδο αυτή, μειώνεται η ποσότητα των παραγόμενων οικιακών βιοαποβλήτων και κατά συνέπεια η ποσότητα των απορριμμάτων, για τη διαχείριση των οποίων πρέπει να μεριμνήσει η δημοτική κοινότητα<sup>36</sup>.

35 Eurostat, 2010

36 ΕΣΔΑ, 2015

Η οικιακή κομποστοποίηση αποτελεί μια ευέλικτη και χαμηλού κόστους μέθοδο διαχείρισης των βιοαποβλήτων. Ωστόσο, για την υλοποίησή της απαιτείται η ενεργή συμμετοχή των κατοίκων της εκάστοτε περιοχής, καθώς ο άνθρωπος που παράγει τα απόβλητα είναι, επίσης, υπεύθυνος για την επεξεργασία τους, αλλά και ο τελικός χρήστης του παραγόμενου προϊόντος. Η εθελοντική ενασχόληση των πολιτών με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατό να προωθηθεί μέσω δράσεων ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης σε επίπεδο δήμου.

Από περιβαλλοντική σκοπιά, μέσω της οικιακής κομποστοποίησης αποφεύγεται η συλλογή και μεταφορά των οργανικών αποβλήτων, με αποτέλεσμα να ελαττώνονται η κατανάλωση καυσίμων και οι εκπομπές αερίων. Ωστόσο, η οικιακή κομποστοποίηση επιφέρει και αρνητικά αποτελέσματα για το περιβάλλον. Το κυριότερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι η εκπομπή αερίων (CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O και VOCs), που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης, στην περίπτωση που το παραγόμενο κόμποστ δεν είναι καλής ποιότητας, τα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του, καθώς και το περιεχόμενό του σε βαρέα μέταλλα επηρεάζουν την περιβαλλοντική απόδοση του συστήματος, στο οποίο εφαρμόζεται.

Η οικιακή κομποστοποίηση έχει ήδη εφαρμοστεί σε πολλούς δήμους ανά τον κόσμο ως μέθοδος διαχείρισης των αποβλήτων τους. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης των υλικών, το είδος του προς κομποστοποίηση οργανικού υλικού, το είδος της βασικής ομάδας αποδομητών, το χώρο στον οποίο θα πραγματοποιηθούν οι διεργασίες αερόβιας αποδόμησης κ.λ.π.<sup>37</sup>

Οι τεχνικές κομποστοποίησης που θεωρούνται κατάλληλες για αγροτικές περιοχές ή για οικίες με μεγάλους κήπους είναι οι εξής<sup>38</sup>:

- **Κομποστοποίηση σε σωρούς:** Κατά τη μέθοδο αυτή, το προς κομποστοποίηση υλικό συγκεντρώνεται σε κατάλληλα επιλεγμένο σημείο εκτός της οικίας (σε ένα χωράφι ή σε ένα κομμάτι του κήπου). Η διεργασία πραγματοποιείται από τον ίδιο τον κάτοικο, ο οποίος πρέπει να αναδεύει τακτικά τον σωρό, για να εξασφαλίζεται επαρκής αερισμός, αλλά και να διαβρέχει το προς κομποστοποίηση μίγμα, ώστε να διατηρείται η κατάλληλη υγρασία

---

37 ΕΠΠΕΡΡΑ, 2012

38 Το ίδιο



Εικόνα 5.10: Υλικό προς Οικιακή Κομποστοποίηση σε Σωρούς  
(ΕΠΠΕΡΑΑ, 2012)

Η μέθοδος ενδείκνυται κυρίως για αγροτικές περιοχές, όπου υπάρχει ανάγκη για παραγωγή λιπάσματος, καθώς και χώρος για το άπλωμα των σωρών. Ωστόσο, παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι ο σωρός των βιοαποβλήτων μπορεί να προσελκύσει τρωκτικά και έντομα. Για το λόγο αυτό, ο σωρός καλύπτεται πολλές φορές με φύλλα πλαστικού.

- **Επιφανειακή κομποστοποίηση:** Κατά την επιφανειακή κομποστοποίηση, το υλικό απλώνεται στην επιφάνεια του εδάφους και όλη η διεργασία εξελίσσεται όπως ακριβώς συμβαίνει στη φύση, όπου το έδαφος καλύπτεται από τα φύλλα των φυτών και τη νεκρή βλάστηση, τα οποία μετατρέπονται σταδιακά σε οργανική ουσία.

Συνεπώς, η διεργασία αυτή δεν απαιτεί την ιδιαίτερη συμμετοχή των κατοίκων και ενδείκνυται για την περίπτωση αγροτικών περιοχών και για την κομποστοποίηση υπολειμμάτων κήπων.

- **Κομποστοποίηση σε κουτιά:** Σε αυτήν την περίπτωση, τα οργανικά απορρίμματα τοποθετούνται σε μια ιδιόχειρη κατασκευή, συνήθως ξύλινη, πλαστική ή από σύρμα πάνω στο έδαφος. Ο σωρός του υλικού εντός του «κουτιού» αποδομείται αργά και είναι πιθανό να προσελκύσει τρωκτικά και γενικά μικρά ζώακια. Η μέθοδος αυτή δεν κοστίζει ακριβά και

συνιστάται κυρίως για υπολείμματα κήπων. Επίσης, στο εμπόριο κυκλοφορούν και διατάξεις τέτοιου τύπου που απαλλάσσουν το νοικοκυριό από τον φόρτο της ιδιοκατασκευής.

- **Υπόγεια κομποστοποίηση:** Πρόκειται για μία μέθοδο, κατά την οποία το προς κομποστοποίηση υλικό θάβεται στο έδαφος σε βάθος τουλάχιστον 30 cm και στη συνέχεια σκεπάζεται με εδαφικό υλικό. Απαιτούνται περίπου 6 μήνες, ώστε το υλικό να ενσωματωθεί στο έδαφος και να είναι δυνατή η φύτευση σε αυτό το σημείο. Για την πραγματοποίηση της διεργασίας, απαραίτητη προϋπόθεση είναι και πάλι η ύπαρξη κήπου ή αγροτικών εκτάσεων, ενώ η συμμετοχή των κατοίκων περιορίζεται στον ενταφιασμό των προς κομποστοποίηση υλικών.

Η υπόγεια κομποστοποίηση συνιστάται για τη γρήγορη βελτίωση των φτωχών εδαφών και την κομποστοποίηση υλικών που απελευθερώνουν δυσάρεστες οσμές.

- **Κομποστοποίηση με γαιοσκώληκες:** Κατά τη μέθοδο αυτή, η αποδόμηση των οργανικών οικιακών απορριμμάτων συντελείται λόγω της δράσης των γαιοσκωλήκων. Η διεργασία της κομποστοποίησης με γαιοσκώληκες είναι δυνατό να διαχωριστεί σε δύο φάσεις. Κατά την πρώτη φάση, οι γαιοσκώληκες χρησιμοποιούν το οργανικό υλικό ως τροφή και το αποδομούν, τροποποιώντας τις φυσικοχημικές του ιδιότητες και το είδος των μικροοργανισμών που υπάρχουν στο σύστημα. Ενώ στη δεύτερη φάση, οι μικροοργανισμοί που μπορούν και συνυπάρχουν με τους γαιοσκώληκες, αποσυνθέτουν πλήρως το εναπομείναν υλικό, που έχει υποστεί προεπεξεργασία από τους γαιοσκώληκες.

Συνήθως, τα υφιστάμενα συστήματα συγκροτούνται από έναν αντιδραστήρα στο εσωτερικό του οποίου πραγματοποιούνται οι διεργασίες αποδόμησης του οργανικού υλικού από πλήθος γαιοσκωλήκων. Η τροφοδοσία του υλικού είναι συνεχής και επιτυγχάνεται μέσω αποσπώμενου κυκλικού καπακιού, που καλύπτει ολόκληρη την άνω βάση του θαλάμου. Κατά την έναρξη χρήσης του συστήματος, οι απαιτούμενοι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων τοποθετούνται πάνω σε προστατευτικό υπόστρωμα που αποτελείται από μικρά κομμάτια χαρτιού και ξηρά φύλλα δέντρων. Στη συνέχεια, το οργανικό υλικό απλώνεται σε όλη την κυκλική επιφάνεια επί του υποστρώματος. Για κάθε νέα τροφοδοσία του οργανικού υλικού δημιουργείται ένα νέο υπόστρωμα. Με τον τρόπο αυτό διατάσσονται επάλληλες στρώσεις καθ' ύψος του κομποστοποιητή και το ώριμο κόμποστ λαμβάνεται από το τελευταίο επίπεδο. Η μέθοδος αυτή είναι χρονοβόρα, αφού για την επαρκή αύξηση του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων απαιτούνται

αρκετοί μήνες. Σημαντικό πλεονέκτημά της θεωρείται η αισθητή μείωση των οσμών σε σχέση με συμβατικές μεθόδους.

## 5.2 Αναερόβια Χώνευση

Αναερόβια χώνευση καλείται η βιολογική επεξεργασία κατά την οποία η οργανική ύλη μετατρέπεται σε μίγμα μεθανίου (CH<sub>4</sub>) και διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), βιοαέριο, με τη συνδυασμένη δράση μεικτού πληθυσμού μικροοργανισμών απουσία οξυγόνου.

Η Συνολική αντίδραση της αναερόβιας χώνευσης είναι:

Οργανική ύλη + νερό → CH<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub> + NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>S + νέα κύτταρα + θερμότητα

Το βιοαέριο που παράγεται, μίγμα CH<sub>4</sub> και CO<sub>2</sub> έχει ενδεικτική σύσταση 30-35% σε CH<sub>4</sub> και 65-70% σε CO<sub>2</sub>. Όταν η περιεκτικότητα μεθανίου είναι χαμηλή, περίπου 5-15 %, τότε το μίγμα είναι εκρηκτικό.

Στην αναερόβια χώνευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα ευρύ φάσμα βιομάζας ως υπόστρωμα (πρώτη ύλη) για την παραγωγή βιοαερίου. Οι πιο κοινές κατηγορίες πρώτης ύλης που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη είναι οι εξής:

- Ζωικά περιττώματα και πολτοί
- Γεωργικά υπολείμματα και υποπροϊόντα
- Οργανικά απόβλητα τροφίμων (φυτικής και ζωικής προέλευσης)
- Το οργανικό μέρος των αστικών αποβλήτων
- Λυματολάσπη
- Ειδικές ενεργειακές καλλιέργειες: Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, σε πολλές χώρες έχει εξεταστεί και εισαχθεί μια άλλη κατηγορία πρώτων υλών αναερόβιας χώνευσης, οι αποκλειστικές καλλιέργειες, οι οποίες καλλιεργούνται και φροντίζονται αποκλειστικά για την παραγωγή βιοαερίου, και τελικά ενέργειας.

Η αναερόβια επεξεργασία ως μέθοδος επεξεργασίας αποβλήτων εμφανίζει αρκετά πλεονεκτήματα:

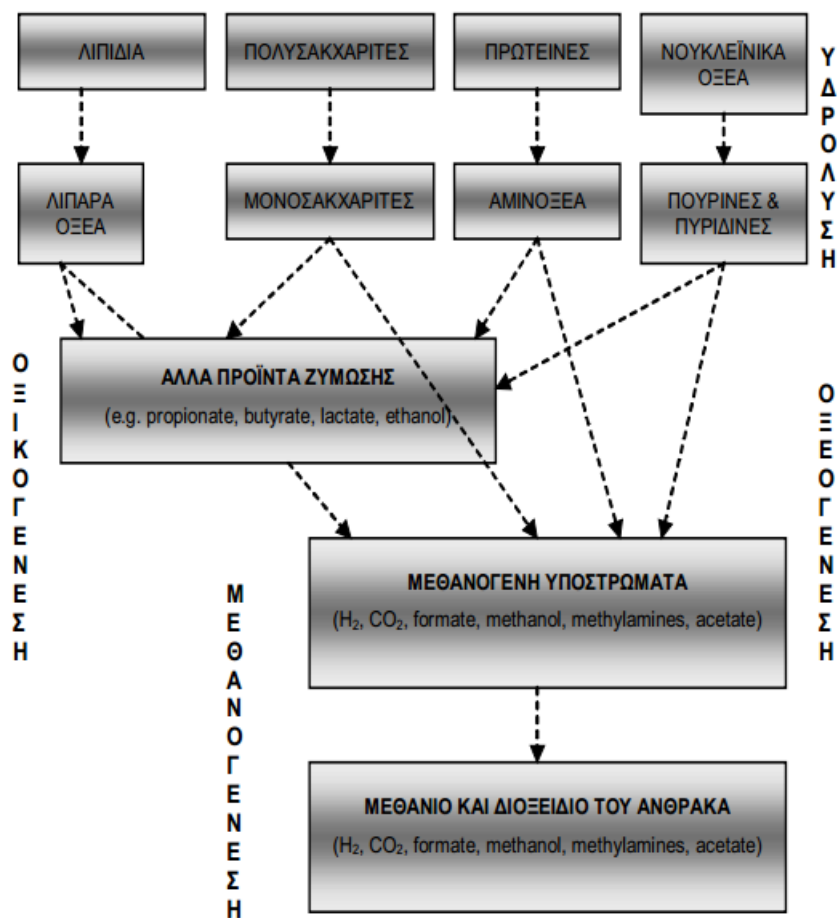
- Δεν υπάρχει περιορισμός στη συγκέντρωση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων. Η μέθοδος αυτή δίνει τη δυνατότητα να επεξεργαζόμαστε υγρά βιομηχανικά απόβλητα υψηλών οργανικών φορτίων, υλικά που δεν βιοαποδομούνται με αερόβιες διεργασίες (όπως κυτταρίνη) και προκαλούν προβλήματα (όπως λιπαρές ουσίες).
- Εμφανίζει μικρές απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά (άζωτο και φώσφορο).
- Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί, σε αντίθεση με τους αερόβιους, μπορούν να διατηρούνται χωρίς τροφή για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, χωρίς να σημειώνεται καμία σημαντική μείωση στην ενεργότητά τους.
- Δεν απαιτείται μεγάλο ποσό ενέργειας, η οποία μάλιστα καταναλώνεται κυρίως για θέρμανση, για τη μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών.
- Δεν εμφανίζονται προβλήματα όχλησης στην περιοχή εφαρμογής από οσμές, έντομα ή θόρυβο, διότι αποφεύγεται η επαφή του αέρα με τα απόβλητα οπότε η επεξεργασία πραγματοποιείται σε τελείως κλειστά δοχεία.

Τα βασικά στάδια της διεργασίας αναερόβιας χώνευσης είναι:

(1) Υδρόλυση: Κατά το στάδιο αυτό, ενώσεις όπως οι πρωτεΐνες, το άμυλο και κάποια απλά σάκχαρα υδρολύονται από αερόβια βακτήρια. Η υδρόλυση των υδρογονανθράκων ολοκληρώνεται εντός κάποιων ωρών, ενώ εκείνη των πρωτεϊνών και των λιπιδίων εντός λίγων ημερών. Το διαλυμένο οξυγόνο καταναλώνεται από τα βακτήρια.

(2) Οξυγένεση: Κατά τη διάρκεια της οξυγένεσης τα προϊόντα της υδρόλυσης μετατρέπονται σε μεθανογενή υποστρώματα. Πιο συγκεκριμένα, οι ολιγοσακχαρίτες, οι μονοσακχαρίτες, τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα υποβιβάζονται σε οξικό οξύ ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) (50%), διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και υδρογόνο ( $\text{H}_2$ ) (20%) καθώς επίσης και σε πτητικά λιπαρά οξέα (VFA's) και αλκοόλες (30%).

(3) Μεθανογένεση: Μεθανογενή βακτήρια διασπούν τα προϊόντα της προηγούμενης φάσης. Παράγεται αέριο μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και μεταλλικά άλατα. Εξαιτίας της αναγωγικής ατμόσφαιρας μέσα στον αντιδραστήρα και της παραγωγής αμμωνίας από την αναερόβια διάσπαση των πρωτεϊνών, η τιμή του pH στο σύστημα συνεχώς αυξάνεται, με τιμή που κυμαίνεται μεταξύ 7,5 - 8,5. Περίπου το 70% του παραγόμενου μεθανίου προέρχεται από το οξικό οξύ. Το υπόλοιπο 30% παράγεται από τη μετατροπή του υδρογόνου και του διοξειδίου του άνθρακα.



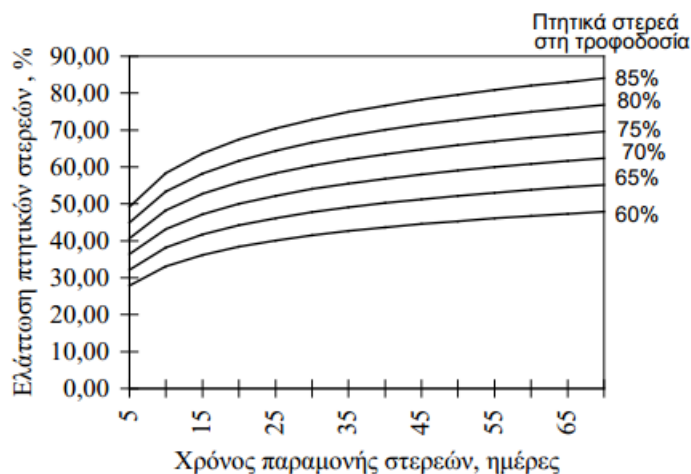
Εικόνα 5.11: Διάγραμμα Ροής Μετατροπής Βιομάζας σε Βιοαέριο  
(Πηγή: Λυμπεράτος Γ., 2013 «Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων»)

Οι κρίσιμες παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την αποδοτικότητα της αναερόβιας είναι οι εξής:

- **Θερμοκρασία:** Η αναερόβια χώνευση είναι είτε μεσοφιλική (περίπου 33- 37°C), είτε θερμοφιλική (περίπου 55-60°C). Γενικά προτιμώνται θερμοκρασίες 25 –30oC γιατί δημιουργούν καλύτερους βιολογικούς ρυθμούς και πιο σταθερές συνθήκες. Στις πιο χαμηλές θερμοκρασίες ο ρυθμός της αντίδρασης πέφτει, απαιτούνται μεγαλύτεροι χρόνοι παραμονής στερεών και μεγαλύτεροι όγκοι αντιδραστήρα.
- Χημική σύσταση της τροφοδοσίας



- Θρεπτικά συστατικά (άζωτο, φώσφορος)
- Τοξικές ουσίες- παρεμποδιστές
- Τύπος του αντιδραστήρα
- Ο χρόνος παραμονής στερεών (solids retention time, SRT) στον αναερόβιο αντιδραστήρα, σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία διεξαγωγής της αναερόβιας χώνευσης είναι καθοριστικής σημασίας για το σχεδιασμό και τη λειτουργία μιας τέτοιου είδους μονάδας. Γενικά, για τα συμβατικά συστήματα αναερόβιας χώνευσης απαιτείται SRT της τάξης των 20 ημερών για θερμοκρασία 30οC. Οι χρόνοι είναι πολύ μεγαλύτεροι για χαμηλότερες θερμοκρασίες.



Εικόνα 5.12: Μείωση των Πτητικών Στερεών συναρτήσει του χρόνου παραμονής στον χωνευτήρα και της συγκέντρωσής τους στην τροφοδοσία

(Πηγή: Λυμπεράτος Γ., 2013 «Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων»)

Με την ολοκλήρωση της αναερόβιας χώνευσης, εκτός από βιοαέριο, παράγεται και αναερόβια ιλύς. Η παραγόμενη ιλύς υπόκειται σε επεξεργασία κατά την οποία αφαιρείται η υγρασία, η οποία φιλτράρεται και οδηγείται στον αναερόβιο χωνευτήρα με επανακυκλοφορία, ενώ η αφυδατωμένη ιλύς υφίσταται αερόβια επεξεργασία, συνήθως σε αεριζόμενους στατικούς σωρούς, με σκοπό το σχηματισμό εδαφοβελτιωτικού (κομπόστ). Το παραγόμενο κομπόστ ελέγχεται για τυχόν

ανεπιθύμητες προσμίξεις, όπως κομμάτια γυαλιού, μετάλλου ή πλαστικού, ανάλογα με τα όρια που έχουν θεσπιστεί σε κάθε χώρα.

Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης σε μία τυπική μονάδα ακολουθεί τα κάτωθι βασικά στάδια:

- 1) Διαχωρισμός του οργανικού κλάσματος από τα ανεπιθύμητα υλικά, όπως τα μέταλλα, τα πλαστικά, το γυαλί και άλλα ανόργανα υλικά
- 2) Αιώρηση των οργανικών σε νερό και τροφοδότηση στο βιοαντιδραστήρα (ανάλογα με την επιθυμητή περιεκτικότητα σε υγρασία)
- 3) Αναερόβια χώνευση (χρόνος παραμονής 2-3 εβδομάδες)
- 4) Διήθηση ή φυγοκέντριση αναερόβιας ιλύος (αφυδάτωση)
- 5) Αερόβια σταθεροποίηση αναερόβιας ιλύος

Σε ένα αποτελεσματικό αναερόβιο σύστημα εξασφαλίζονται οι παρακάτω συνθήκες :

- μεγάλος χρόνος παραμονής της βιομάζας
- καλή επαφή βιομάζας και υποστρώματος
- υψηλά ποσοστά αντίδρασης
- επικράτηση ευνοικών περιβαλλοντικών συνθηκών για όλους τους
- μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια διαφορετικών συνθηκών λειτουργίας

Το βιοαέριο που παράγεται δύναται να υποβληθεί σε περαιτέρω επεξεργασία για παραγωγή θερμικής ή/και ηλεκτρικής ενέργειας. Επισημαίνεται ότι μία μονάδα αναερόβιας χώνευσης συνήθως ιδιοκαταναλώνει ένα ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας.

### **Τεχνικές & Συστήματα Αναερόβιας Επεξεργασίας**

Οι τεχνικές αναερόβιας επεξεργασίας των ΑΣΑ είναι οι:

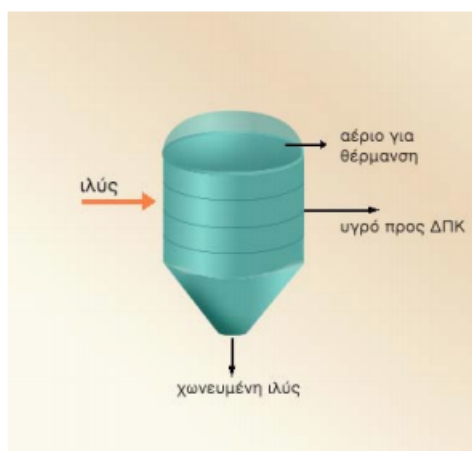
- α) Συμβατική υγρή αποσύνθεση υπό μορφή αιωρήματος. Η μέθοδος αυτή λειτουργεί με ποσοστό ολικών στερεών στην τροφοδοσία έως 15-20%, τυπικά 10%.
- β) Ξηρή αναερόβια αποσύνθεση. Λειτουργεί με ποσοστό ολικών στερεών στην τροφοδοσία του αντιδραστήρα περίπου 35-40%, τυπικά 30%. Με την τεχνική αυτή επιτυγχάνεται η μείωση κατά ένα πέμπτο του απαιτούμενου όγκου του αντιδραστήρα. Τα ξηρά συστήματα απαιτούν λιγότερη χρήση νερού, αλλά έναν αντιδραστήρα υψηλότερης τεχνολογίας.

γ) Αναερόβια αποσύνθεση δύο φάσεων. Η υδρόλυση και οξίνιση του υλικού γίνονται σε διαφορετικούς αντιδραστήρες.

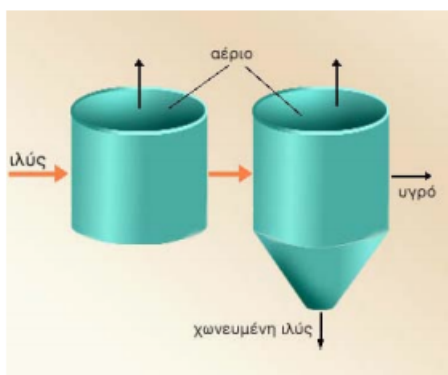
Μία μέθοδος αναερόβιας χώνευσης που εφαρμόζεται σήμερα στην Ευρώπη είναι η μέθοδος Dranco. Η μέθοδος αυτή, είναι μέθοδος ξηρής αναερόβιας αποσύνθεσης και έχει αναπτυχθεί για τη μετατροπή των στερεών οργανικών αποβλήτων, ειδικότερα για τη μετατροπή του οργανικού κλάσματος των στερεών αστικών απορριμμάτων, σε ενέργεια και ένα χουμοειδές υλικό που λέγεται Humotex.

Έως σήμερα έχουν αναπτυχθεί αρκετά συστήματα εγκαταστάσεων αναερόβιας χώνευσης και είναι τα εξής:

- **Συμβατικοί χωνευτήρες** (χωρίς ανάδευση και συνήθως χωρίς θέρμανση)
- **Χωνευτήρες χαμηλής ταχύτητας μιας βαθμίδας** (όπου πραγματοποιείται ανάδευση και θέρμανση)
- **Χωνευτήρες υψηλής ταχύτητας δυο βαθμίδων**
- **Χωνευτήρες με ανακυκλοφορία υλός** (για αύξηση της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών)
- **Χωνευτήρες ανοδικής ροής με αιωρούμενη ή προσκολλημένη βιομάζα**
- **Βιολογικά αναερόβια φίλτρα**



Εικόνα 5.13α: Συμβατικός Αναερόβιος Χωνευτήρας  
(Πηγή: Λυμπεράτος Γ., 2013 «Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων»)



Εικόνα 5.13β: Αναερόβιος Χωνευτήρας ιλύος δύο σταδίων  
(Πηγή: Λυμπεράτος Γ., 2013 «Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων»)

Ανά τόνο απορρίμματος (και ανάλογα με τη σύσταση των αποβλήτων) τυπικά παράγονται:

-100-200 m<sup>3</sup> βιοαερίου (μεθάνιο 55-70%)

- 200-300 kg compost<sup>39</sup>

Εν κατακλείδι, η αναερόβια χώνευση είναι μια ιδιαίτερα διεργασία με ευρεία εφαρμογή διότι εκτός από τη χρήση της για επεξεργασία ιλύος που προέρχεται από βιολογικό καθαρισμό, τα τελευταία έτη χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας, επεξεργασία αποβλήτων με ισχυρό οργανικό φορτίο και επεξεργασία του οργανικού κλάσματος των αστικών απορριμμάτων. Κερδίζει έδαφος διότι κατά τη διεργασία αυτή αφενός παράγεται μεθάνιο, αφετέρου η διεργασία έχει μικρές απαιτήσεις σε υπόστρωμα και περιορισμούς.

### **Ταχύρρυθμα Συστήματα (High-Rate systems)**

Οι ταχύρρυθμοι αναερόβιοι χωνευτήρες στοχεύουν στην επίτευξη κατανάλωσης υψηλού ποσοστού υποστρώματος. Στο εσωτερικό του χωνευτήρα εφαρμόζεται πλήρης ανάδευση και θέρμανση και συνεπώς ο χρόνος παραμονής είναι σημαντικά μικρότερος. Σε αυτή την κατηγορία χωνευτήρων προβλέπεται συλλογή και αποθήκευση του παραγόμενου βιοαερίου και λειτουργία σε θερμοκρασίες της θερμοφιλικής περιοχής.

<sup>39</sup> Περιβαλλοντική Μηχανική, Βλυσίδης Α., Γρηγοροπούλου Ε., Λυμπεράτος Γ., 2017

Οι ταχύρρυθμοι αναερόβιοι αντιδραστήρες στοχεύουν στην ταχεία κατανάλωση του υποστρώματος. Είναι εξοπλισμένοι με κατάλληλα συστήματα για την διαχείριση των βιοστερεών. Διακρίνονται σε δυο τύπους:

(α) στα **ταχύρρυθμα αναερόβια συστήματα ανάπτυξης αιωρούμενης βιομάζας** (suspended growth high-rate anaerobic reaction systems) και

(β) στα **ταχύρρυθμα αναερόβια συστήματα ανάπτυξης προσκολλημένης βιομάζας** (growth high-rate anaerobic reaction systems).

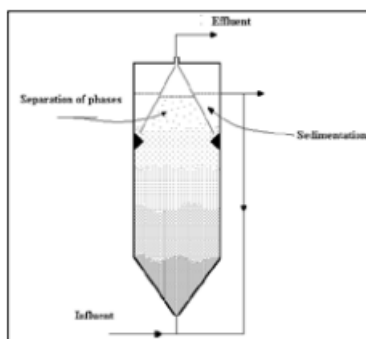
Αντιπροσωπευτικοί αντιδραστήρες του τύπου ταχύρρυθμα αναερόβια συστήματα ανάπτυξης αιωρούμενης βιομάζας (suspended growth high-rate anaerobic reaction systems) είναι:

- Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) αντιδραστήρας
- Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Αντιπροσωπευτικοί αντιδραστήρες του τύπου ταχύρρυθμα αναερόβια συστήματα ανάπτυξης προσκολλημένης βιομάζας (growth high-rate anaerobic reaction systems) είναι:

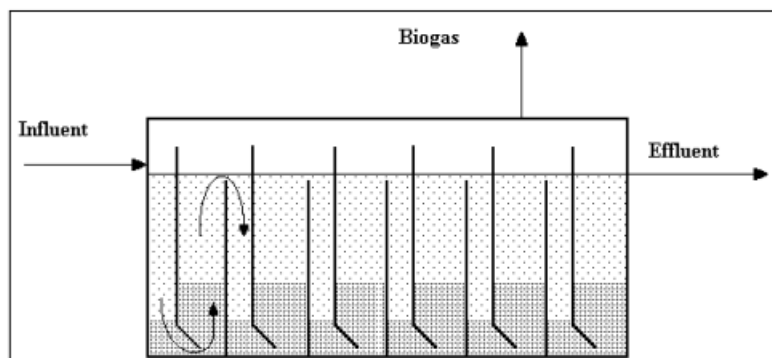
- τα Ανοδικής και Καθοδικής Ροής Αναερόβια Φίλτρα (Upflow and Downflow Anaerobic Filters)
- οι Αναερόβιοι Αντιδραστήρες Ρευστοποιημένης Κλίνης (Fluidized Bed Anaerobic Bioreactors).

**Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASB):** Κυλινδρικά δοχεία στο εσωτερικό των οποίων τα απόβλητα κινούνται προς τα πάνω δια μέσου ενός καλύμματος (blanket) λάσπης. Στο πάνω τμήμα του αντιδραστήρα τοποθετείται συλλέκτης βιοαερίου σχήματος χοάνης. Το υγρό υπερχειλίζει πάνω από την χοάνη και η περιοχή μεταξύ χοάνης και κορυφής στον αντιδραστήρα χρησιμοποιείται ως ζώνη καθίζησης εξασφαλίζοντας την καθίζηση και την παραμονή των στερεών στον αντιδραστήρα.

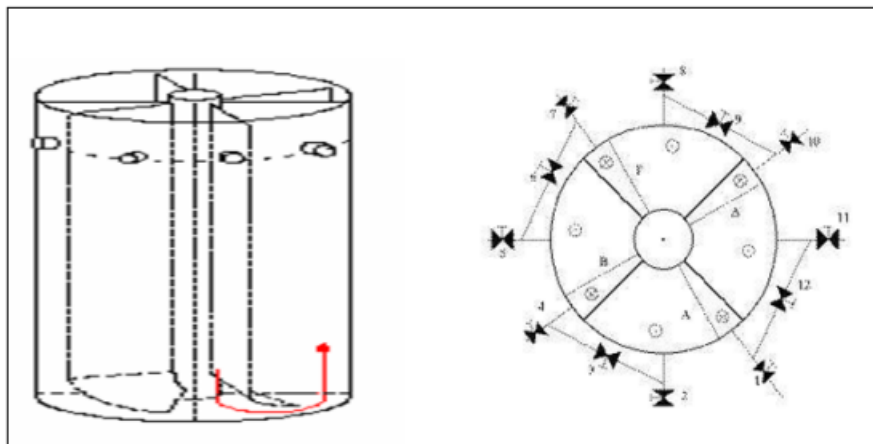


Εικόνα 5.14: UASB Αναερόβιος Χωνευτήρας  
(Πηγή: Λυμπεράτος Γ., 2013 «Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων»)

The Anaerobic Baffled Reactor (ABR): Εναλλασσόμενο σύστημα ανάπτυξης αιωρούμενης βιομάζας και μεγάλων χρόνων παραμονής της βιομάζας. Το απόβλητο αναγκάζεται να κινείται μέσω διαδοχικών διαμερισμάτων ανοδικής και καθοδικής ροής αντίστοιχα.



Εικόνα 5.15: ABR Αναερόβιος Χωνευτήρας  
(Πηγή: Λυμπεράτος Γ., 2013 «Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων»)



Εικόνα 5.16: PABR (Periodic Anaerobic Baffled Reactor ) Αναερόβιος Χωνευτήρας  
(Πηγή: Λυμπεράτος Γ., 2013 «Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων)

## **Κεφάλαιο 6 - Τεχνοοικονομική αξιολόγηση αξιοποίησης βιοαποβλήτων**

### **6.1 Εισαγωγή – βασικές αρχές σχεδιασμού**

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε αναλυτικότερα τον μετασχηματισμό του Δήμου Χαλανδρίου από έναν οργανισμό που περιορίζεται στην αποκομιδή των βασικών ρευμάτων Αστικών Στερεών Απορριμμάτων και την μεταφορά τους σε εγκαταστάσεις υγειονομικής ταφής και διαλογής ανακυκλώσιμων υλικών που βρίσκονται μακριά, σε έναν οργανισμό ο οποίος δεν επιτρέπει στα απορρίμματά του να μετατραπούν σε σκουπίδια, αλλά τα μετασχηματίζει σε χρήσιμα αγαθά.

Οι βασικές αρχές του σχεδιασμού είναι:

- Η αρχή της εγγύτητας: Από αυτό προκύπτει η ανάγκη για επενδύσεις σε βασικές υποδομές διαχείρισης απορριμμάτων σε τοπικό επίπεδο, ώστε να αποτραπεί η οικονομικά και περιβαλλοντικά κοστοβόρα μεταφορά τους σε μακρινές αποστάσεις.
- Η αρχή της μικρής κλίμακας: Από αυτό προκύπτουν καταρχάς η ανάγκη για μείωση των συνολικών ποσοτήτων που καλείται ο οργανισμός να διαχειριστεί, η κατάλληλη διαστασιολόγηση των εγκαταστάσεων σε συνδυασμό με την διερεύνηση παράλληλων λύσεων αξιοποίησης – ακόμα και με κόστος να μην αξιοποιηθούν οικονομίες κλίμακος.
- Ευρύ χρονικά και ποσοτικά πρόγραμμα κοινωνικής καμπάνιας ευαισθητοποίησης των κατοίκων ώστε να εξασφαλιστεί η ανταπόκρισή τους στους στόχους του μετασχηματισμού.
- Η προσπάθεια για την βέλτιστη και πολλαπλή αξιοποίηση του υφιστάμενου μηχανισμού αποκομιδής του Δήμου (προσωπικό, οχήματα και μηχανήματα έργου), ώστε να μην χρειαστούν πολλαπλές επενδύσεις.
- Διοικητικός μετασχηματισμός του οργανισμού ώστε να ανταποκρίνεται στους νέους στόχους.

### **6.2 Προσδιορισμός της σύστασης των ΑΣΑ του Δήμου**

Στο πλαίσιο του Waste4Think έλαβε χώρα εργασία χαρακτηρισμού των ΑΣΑ του Δήμου, ώστε να προσδιοριστεί η σύσταση του κάθε κάδου. Με αυτόν τον τρόπο, και προβάλλοντας τα στοιχεία που συλλέχθηκαν στις ζυγολογημένες ποσότητες που λαμβάνει ο Δήμος από τα πιστοποιημένα



συστήματα (ΕΔΣΝΑ για τα σύμμεικτα του πράσινου κάδου και ΕΕΑΑ για τα ανακυκλώσιμα του μπλε και του πράσινου κάδου), μπορεί να γίνει ασφαλής εκτίμηση της σύστασης των απορριμμάτων του Δήμου, τόσο κατά ρεύμα αποκομιδής όσο και στο σύνολο. Η μεθοδολογία του χαρακτηρισμού προσδιορίστηκε με πρωτόκολλο που δειγματοληψίας, μέτρησης και ταξινόμησης το οποίο αναπτύχθηκε από τους εταίρους του προγράμματος Waste4Think. Η διαδικασία αυτή κρίνεται ως ικανοποιητική ως προς τον σκοπό της, και σκόπιμο είναι να επαναλαμβάνεται ανά εξάμηνο ώστε να λαμβάνονται δεδομένα σχετικά με την πρόοδο της συμμόρφωσης των πολιτών στα προγράμματα διαλογής στην πηγή. Τα τελικά στοιχεία θα συγκριθούν με τα βιβλιογραφικά δεδομένα για να εκτιμηθεί η εγκυρότητα της διαδικασίας χαρακτηρισμού.

### 6.2.1 Μεθοδολογία χαρακτηρισμού

Τα ρεύματα τα οποία μετρήθηκαν είναι τα εξής:

- i. Σύμμεικτα (πράσινος κάδος)
- ii. Ανακυκλώσιμα – συσκευασίες (μπλε κάδος)
- iii. Χαρτί/χαρτόνι (κίτρινος κάδος)

Επιλέχθησαν πέντε σημεία στην πόλη, με τα εξής κριτήρια:

1. Θα πρέπει να υπάρχει ακριβώς ένας κάδος από κάθε ρεύμα σε κάθε ένα από αυτά τα σημεία.
2. Το κάθε ένα από τα παραπάνω σημεία θα πρέπει να εξυπηρετεί περιοχή αμιγούς κατοικίας, και όχι δημόσια κτήρια, επιχειρήσεις, σχολεία κλπ.

Η συλλογή του προς εξέταση υλικού έγινε ως εξής:

Για επτά ημέρες, κάθε πρωί το περιεχόμενο του κάθε κάδου ξεχωριστά συλλέχθηκε και τοποθετήθηκε σε big bag. Κατόπιν μεταφέρθηκε στις εγκαταστάσεις του ΚΔΑΥ Ασπροπύργου (πιστοποιημένο από την ΕΕΑΑ).

Η ανάλυση του περιεχόμενου ταξινομήθηκε σε 33 διαφορετικές κατηγορίες. Τα αρχικά δείγματα ανά ρεύμα μετρήθηκαν αρχικά κατά βάρος, στην συνέχεια ταξινομήθηκαν ανά δείγμα big bag σε κάθε μία από τις 33 διαφορετικές κατηγορίες, και το εναπομείναν υπόλειμμα πέρασε από κόσκινο 10 mm και ταξινομήθηκε στην κατηγορία fines. Οι ελάχιστες ποσότητες που απέμειναν μοιράστηκαν αναλογικά στις αρχικές κατηγορίες.

Το συνολικό δείγμα και το χρονικό σημείο στο οποίο έγινε η έρευνα μας δίνει ικανοποιητική στατιστική ευρωστία ώστε να μπορέσουμε να προβάλλουμε τα συγκεκριμένα αποτελέσματα στο σύνολο των ΑΣΑ του Δήμου.

Τα αποτελέσματα στα βασικά ρεύματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	Πράσινος κάδος	Μπλε κάδος	Κίτρινος κάδος
Οργανικά (kg)	198.7	2.97	0.14
Ανακυκλώσιμα (kg)	41.46	92.65	1.71
Χαρτί/χαρτόνι (kg)	17.92	40.95	37.82
Λοιπά σύμμεικτα (kg)	62.59	14.82	0.2
Σύνολο (kg)	320.04	151.39	39.87

Πίνακας 6.1: Χαρακτηρισμός ΑΣΑ Χαλανδρίου

Από τα παραπάνω προκύπτουν τα εξής ενδιαφέροντα στοιχεία:

- Η σωστή χρήση των κάδων από τους δημότες είναι σε γενικές γραμμές υψηλή: έχουμε 19% αστοχίες (κακή χρήση) στον πράσινο κάδο, 12% στον μπλε κάδο (39% αν θεωρήσουμε την απόρριψη χαρτιού ως λάθος χρήση, κάτι που τυπικά όμως δεν ισχύει), και 5% αστοχίες στον κίτρινο κάδο.
- Τα ποσοστά των βασικών ρευμάτων στο σύνολο έχουν ως εξής: Οργανικά 39%, ανακυκλώσιμα (εκτός από χαρτί/χαρτόνι) 27%, χαρτί/χαρτόνι 19%, λοιπά σύμμεικτα 15%. Αυτά τα αποτελέσματα, και ειδικά τα οργανικά, είναι πολύ κοντά με αυτά που βρίσκουμε στην βιβλιογραφία.
- Το ποσοστό των ανακυκλώσιμων επί του συνόλου που καταλήγει στην μπλε και τον κίτρινο κάδο είναι εξαιρετικά υψηλό (σχεδόν 75%).

## 6.3 Υπολογισμός βασικών παραμέτρων συστήματος αποκομιδής

### 6.3.1 Ποσότητες και δρομολόγια

Όσον αφορά στην αποκομιδή, η βασικότερη αρχή μελέτης, αξιολόγησης και επανασχεδιασμού είναι πως οφείλει να ανταποκριθεί στις ανάγκες ενός δικτύου τεσσάρων διαφορετικών ρευμάτων:

- Καφέ κάδος για τα οργανικά απορρίμματα κουζίνας

- Μπλε κάδος για τα ανακυκλώσιμα (συσκευασίες)
- Κίτρινος κάδος για το χαρτί/χαρτόνι
- Πράσινος κάδος για τα σύμμεικτα

Αυτή την στιγμή, το βάρος βρίσκεται στην αποκομιδή του πράσινου κάδου. Η αποκομιδή έχει οργανωθεί σε 14 υποτομείς της πόλης, με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα (4 για τους υποτομείς του κέντρου που έχουν επιβαρυνμένη υπερτοπική δραστηριότητα).

Για την αποκομιδή του μπλε κάδου η πόλη έχει χωριστεί σε 7 υποτομείς, πάλι με την ίδια συχνότητα, και το ίδιο και η αποκομιδή του κίτρινου κάδου.

Οι ποσότητες που συλλέχθηκαν το 2018 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Σύμμεικτα (πράσινος κάδος)	Ανακυκλώσιμα (μπλε κάδος)	Χαρτί/χαρτόνι (κίτρινος κάδος)	Πράσινα (προς ΕΜΑΚ ΕΔΣΝΑ – χωρίς χρέωση)
31,229,210 kg <sup>40</sup>	4,627,000 kg (2,737,740 απορριπτέα προς ΕΔΣΝΑ) <sup>41</sup>	400,680 kg	2,345,620 kg

Πίνακας 6.2: Ποσότητες ΑΣΑ Χαλανδρίου

Προκύπτει λοιπόν πως τα βασικά ρεύματα που αποδόθηκαν από τα συστήματα αποκομιδής του Δήμου ανέρχονται στο ποσό των 38602.5 τόνων για το 2018.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του χαρακτηρισμού που έλαβε χώρα τον Σεπτέμβρη του 2018, το σύνολο αυτό μπορεί να αναλυθεί ως εξής (εξαιρούμενων των κλαδεμάτων που συλλέγονται σαν ξεχωριστό ρεύμα, άρα σε σύνολο 36256.89 τόνων):

Οργανικά υπολείμματα τροφής	Ανακυκλώσιμα (εκτός από χαρτί/χαρτόνι)	Χαρτί/χαρτόνι	Λοιπά σύμμεικτα
39%	27%	19%	15%
14140.19 τόνοι	9789.36 τόνοι	6888.81 τόνοι	5438.53 τόνοι

Πίνακας 6.3: Εκτίμηση σύστασης ΑΣΑ Χαλανδρίου

40 Στοιχεία ΕΔΣΝΑ για το έτος 2018 [https://www.edсна.gr/images/pdf2/862\\_Ανάλυση\\_ανά\\_Δήμο\\_2018\\_-\\_2017.pdf](https://www.edсна.gr/images/pdf2/862_Ανάλυση_ανά_Δήμο_2018_-_2017.pdf)

41 Στοιχεία που παρέδωσε στον Δήμο η ΕΕΑΑ

Τα ποσοστά αυτά πλησιάζουν αυτά που μας δίνει και η βιβλιογραφία<sup>42</sup>, και χρησιμοποιούνται αυτούσια.

Τα δρομολόγια της αποκομιδής έχουν ως εξής:

Για τον πράσινο κάδο: 4836<sup>43</sup> (ΤΟΣΔΑ Χαλανδρίου).

Για τον μπλε κάδο: 1342 (όμοια).

Για τον κίτρινο κάδο: 336 (στοιχεία της ΕΕΑΑ).

Οι αποστάσεις που διανύονται για την μεταφορά των φορτηγών στον ΟΕΔΑ Φυλής και στο ΚΔΑΥ Κρωπίας είναι 43 χιλιόμετρα και 45 χιλιόμετρα μετ'επιστροφής αντίστοιχα, και το κόστος μεταφοράς έχει υπολογιστεί στα 3 ευρώ/χιλιόμετρο. Η μέση απόσταση εντός του Δήμου για την αποκομιδή του πράσινου κάδου είναι 15 χιλιόμετρα, ενώ για τον μπλε κάδο 18 χιλιόμετρα.

### 6.3.2 Δίκτυο καφέ κάδων για οργανικά – Αποκομιδή και δρομολόγια

Για την μετάβαση στο σύστημα του καφέ κάδου, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις προσεγγίσεις:

α) **Το δίκτυο του καφέ κάδου θα εξυπηρετηθεί από διακριτό κύκλωμα αποκομιδής** (φορτηγά, δρομολόγια, εργαζόμενοι), το οποίο θα αναπτυχθεί για τον σκοπό αυτό και θα προστεθεί στα προϋπάρχοντα. Πρόκειται για μια απλή στην σύλληψή της προσέγγιση, με εξασφαλισμένη κάλυψη της αποκομιδής. Από την άλλη, πρόκειται για μια χονδροειδή προσέγγιση με υψηλές δαπάνες κεφαλαίου και λειτουργίας (οχήματα, συντήρηση, καύσιμα και αναλώσιμα, προσωπικό), διαχειριστικό βάρος για τον Δήμο (συντονισμός με λοιπά ρεύματα, στάθμευση) και υψηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

β) **Η ανάπτυξη του κυκλώματος αποκομιδής δικτύου του καφέ κάδου θα γίνει σε βάρος αυτού του πράσινου καφέ κάδου**, κρατώντας ίδιο τον συνολικό αριθμό των δρομολογίων. Αυτή η προσέγγιση εξασφαλίζει την βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων του Δήμου, δεν δημιουργεί ανάγκες για αγορές εξοπλισμού, ενώ ταυτόχρονα ωθεί τον γενικό πληθυσμό να χρησιμοποιήσει τον καφέ κάδο. Προφανώς αυτή η λύση απαιτεί σημαντική βελτίωση των μηχανισμών παρακολούθησης και συντονισμού του Δήμου, ώστε να εξασφαλιστεί η ποιότητα της υπηρεσίας προς τον πληθυσμό, όπως και αμείωτη ένταση κοινωνικών καμπανιών ευαισθητοποίησης, ώστε να

42 ΕΔΣΝΑ Οδηγός Σύνταξης ΤΣΔ <https://www.edсна.gr/images/pdf/ΟΔΗΓΟΣ%20ΣΥΝΤΑΞΗΣ%20ΤΣΔ.pdf>

43 Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων Δήμου Χαλανδρίου, 2015

αποτραπεί η κακή χρήση του καφέ κάδου, να καταστεί δηλαδή στην πράξη μια άλλη εκδοχή πράσινου κάδου.

γ) Μια υβριδική προσέγγιση, η οποία για την μεταβατική περίοδο προς την υιοθέτηση από το σύνολο του πληθυσμού του καφέ κάδου θα χρειαστεί μια αύξηση στα δρομολόγια. Η αύξηση αυτή προσεγγιστικά μπορεί να εκτιμηθεί στο 8%<sup>44</sup> (σε διανυθείσες αποστάσεις), και μπορεί να καλυφθεί με μια συμφωνία-πλαίσιο SLA (Service Level Agreement) μεταξύ ΟΤΑ, ώστε να μην χρειαστούν κεφαλαιακές δαπάνες

Στην παρούσα μελέτη, θα βασιστούμε στην δεύτερη προσέγγιση, έχοντας υπόψη πως είναι δυνατή η “ενίσχυση” του συστήματος με την τρίτη μέθοδο αν χρειαστεί για λόγους ομαλής εξέλιξης του πλάνου απόδοσης και της διασφάλισης ποιότητας αποκομιδής. Οι βασικές μέριμνες σχεδιασμού είναι οι εξής:

- Η επέκταση του καφέ κάδου και της αποκομιδής του θα γίνει σε βάρος του ρεύματος του πράσινου κάδου (σύμμεικτα).
- Ο συνολικός αριθμός των δρομολογίων για καφέ και πράσινο κάδο θα ισούται με τον σημερινό αριθμό των δρομολογίων για την αποκομιδή/μεταφορά του ρεύματος των συμμείκτων (πράσινος κάδος).
- Για το ποσοστό του πληθυσμού που ενσωματώνεται στην χρήση του καφέ κάδου, υπολογίζουμε αναλογία 3 δρομολόγια για αποκομιδή καφέ κάδου για κάθε ένα δρομολόγιο αποκομιδής πράσινου κάδου.
- Το δρομολόγιο αποκομιδή του καφέ κάδου θα διανύει 15 km, ενώ το δρομολόγιο αποκομιδής για το ρεύμα των σύμμεικτων θα διανύει 58 km<sup>45</sup>.

Από τα παραπάνω, μπορούμε να υπολογίσουμε την συνολική απόσταση που θα διανύει ο στόλος του Δήμου (εκτός της ανακύκλωσης) καθώς και την εξοικονόμηση σε χιλιομετρικές αποστάσεις που μας προσφέρει το νέο σύστημα από τις παρακάτω σχέσεις:

#### Συνολική απόσταση (km/έτος)

44 Γκαλαντζή, Α. “Κυκλική Οικονομία και απορρίμματα τροφίμων: Η περίπτωση του Δήμου Χαλανδρίου”, 2018

45 Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων Δήμου Χαλανδρίου, 2015

$$TD = Ry * D.com - Ry * Rate.org * (0.75 * D.org + 0.25 * D.com)$$

Μείωση διανυθείσας απόστασης (km/έτος)

$$TD_{new} = Ry * Rate.org * (0.75 * D.org + 0.25 * D.com)$$

Όπου:

**Ry**: Ο συνολικός αριθμός των δρομολογίων ανά έτος

**D.com**: Η συνολική απόσταση που διανύει το απορριμματοφόρο για την αποκομιδή σύμμεικτων και την μεταφορά στην Φυλή

**D.org**: Η συνολική απόσταση που διανύει το απορριμματοφόρο για την αποκομιδή των προδιαλεγμένων οργανικών

**Rate.org**: Το ποσοστό συμμετοχής στην ΔσΠ των οργανικών.

Το τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων του Δήμου μας δίνει τις εξής τιμές για τις παραπάνω παραμέτρους:

<i>Ry</i>	4836
<i>D.com</i>	58
<i>D.org</i>	15

Άρα για τον Δήμο Χαλανδρίου οι ανωτέρω σχέσεις παίρνουν την μορφή:

Συνολική απόσταση (km/έτος)

$$TD = 280488 - 124527 * Rate.org$$

Μείωση διανυθείσας απόστασης (km/έτος)

$$TD_{new} = 124527 * Rate.org$$

### 6.3.3 Εκτίμηση των συλλεγόμενων ποσοτήτων προδιαλεγμένων οργανικών

Καταρχάς προχωράμε σε μια εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων που θα συλλέγονται από δίκτυο καφέ κάδου σε βάθος χρόνου στην πόλη.

Στην δημοτική ενότητα της Αγ. Βαρβάρας Χαλανδρίου, περιοχή στην οποία κατοικεί περίπου το 10% του πληθυσμού της πόλης, λειτουργεί από την Απρίλη του 2019 δίκτυο καφέ κάδων για την συλλογή προδιαλεγμένου κλάσματος οργανικών υπολειμμάτων τροφής, στο πρότυπο του πιλοτικού προγράμματος Waste4Think. Οι βασικές διαφορές είναι οι εξής:

- ◆ Το δίκτυο των κάδων δεν απευθύνεται αποκλειστικά σε εθελοντές, δηλαδή σε ειδικό πληθυσμό αλλά στον γενικό πληθυσμό της περιοχής.
- ◆ Το συλλεγόμενο υλικό δεν οδηγείται προς ξήρανση, αλλά μεταφέρεται μια φορά την εβδομάδα στις εγκαταστάσεις της ΕΜΑΚ στον ΟΕΔΑ Φυλής, όπου και οδηγείται για κομποστοποίηση. Η διαδικασία αυτή έχει οικονομικό όφελος για τον Δήμο σε σχέση με την ταφή, μιας και απαλλάσσεται από το gate fee.
- ◆ Δεν δίδεται βιοαποδομήσιμη σακούλα στα νοικοκυριά για την απόρριψη στον κάδο, ούτε αντίστοιχη οδηγία. Η οδηγία που έχει δοθεί είναι να απορρίπτονται τα οργανικά σε δεμένη κοινή (πλαστική σακούλα). Οι εγκαταστάσεις της ΕΜΑΚ διαθέτουν στην είσοδό τους σακουλοθραύστη, ο οποίος απομακρύνει και ανακτά τις σακούλες από το προς κομποστοποίηση υλικό, ώστε αυτές κατόπιν να προωθηθούν σε εναλλακτικά συστήματα προς ανακύκλωση.

Πέραν των παραπάνω διαφορών, το σύστημα ακολουθεί τις βασικές αρχές λειτουργίας του πιλότου: Χρησιμοποιείται καφέ κάδος 360 χωρητικότητας λίτρων, στον οποίο η πρόσβαση γίνεται με ελεγχόμενο τρόπο, με την χρήση τριγωνικού κλειδιού. Στην περιοχή έχουν διανεμηθεί σε όλα τα νοικοκυριά ειδικά κιτ που περιέχουν κλειδιά και οδηγίες σχετικά με την χρήση του καφέ κάδου και τις κατηγορίες απορριπτέων υλικών. Ακόμα, σε καταστήματα της περιοχής έχουν διανεμηθεί σταντ τα οποία περιέχουν κιτ ώστε να γίνει όσο το δυνατόν πιο εύκολο να αποκτηθούν τα κλειδιά και οι οδηγίες από τα νοικοκυριά. Υποστηρικτικά έχουν γίνει εκδηλώσεις ευαισθητοποίησης των κατοίκων, καθώς και δράσεις σε σχολεία.

Η απόδοση και η συμμετοχή των δημοτών παρατηρείται τόσο ποσοτικά, μέσω των ζυγολογίων που παραδίδονται στον Δήμο από τις εγκαταστάσεις της ΕΜΑΚ, τόσο και ποιοτικά, με

εξαμηνιαίους δειγματοληπτικούς χαρακτηρισμούς των περιεχομένων των κάδων όλων των βασικών ρευμάτων.

Για τον υπολογισμό των παραγόμενων ποσοτήτων, όπου δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα από τον Δήμο, θα χρησιμοποιηθούν στοιχεία από το ΕΣΔΑ, το ΠΕΣΔΑ Αττικής και τους οδηγούς του ΕΠΠΕΡΑΑ.

- Όσον αφορά την εξέλιξη των συνολικών ποσοτήτων στον χρόνο, μιας και τα ιστορικά δεδομένα για τον Δήμο δεν δείχνουν σαφή τάση θα χρησιμοποιηθεί η τιμή 0.4%, συντελεστής που έχει χρησιμοποιηθεί στις εκτιμήσεις του ΕΣΔΑ για την εξέλιξη των ΑΣΑ. Η εκτίμηση αυτή ενσωματώνει τόσο την μεταβολή του πληθυσμού όσο και την μεταβολή της ανηγμένης παραγωγής αποβλήτων.
- Για τα βιοαπόβλητα λαμβάνεται ποσοστό 40%. Στον χαρακτηρισμό που διεξήχθη στον Δήμο το ποσοστό αυτό έφτασε το 39%, ενώ ο ΕΣΔΑ προτείνει 43%.
- Για τον πληθυσμό του Χαλανδρίου (συμβολή στην παραγωγή αποβλήτων) έχουμε τα εξής στοιχεία: σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ο μόνιμος πληθυσμός (κάτοικοι) ανέρχεται στις 74120. Με αύξηση του πληθυσμού περίπου 0.4% ανά έτος ο πληθυσμός το 2019 προσεγγίζει τις 77000. Επίσης έχει μετρηθεί από την τεχνική υπηρεσία του Δήμου πως μετακινούνται για εργασία περίπου 15000 άνθρωποι στην πόλη, οι οποίοι εκτιμάται πως παράγουν ο καθένας περίπου το ένα τρίτο της ημερήσιας παραγωγής ενός κατοίκου σε οργανικά απορρίμματα. Ως εκ τούτου, λαμβάνουμε υπόψη μας ισοδύναμο πληθυσμό 82000 κατοίκων για τους υπολογισμούς βάσης.
- Για την παραγωγή οργανικών ανά κάτοικο, ο οδηγός του ΕΠΠΕΡΑΑ<sup>46</sup> προτείνει την τιμή 20% επί του συνόλου. Με βάση τον ανηγμένο πληθυσμό και τα στοιχεία του ΕΔΣΝΑ για το 2018, έχουμε 0.24 kg/cap.d
- Το περιεχόμενο του καφέ κάδου οδηγείται σε κατάλληλη μονάδα ξήρανσης βιοαποβλήτων, όπου το τελικό προϊόν (FORBI) έχει το 20% της αρχικής μάζας (χρησιμοποιήθηκαν τα ιστορικά δεδομένα της πιλοτικής εγκατάστασης ξήρανσης, καθώς και οι τεχνικές προδιαγραφές ξηραντήρων μεγάλης κλίμακας 3, 5 και 10 τόνων ανά ημέρα).

---

46 Οδηγός Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Κομποστοποίησης Προδιαλεγμένων Βιοαποβλήτων, ΕΠΠΕΡΑΑ 2014



Με βάση τα παραπάνω, οι εκτιμώμενες ποσότητες οργανικών σε βάθος δεκαετίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο
Παραγόμενα BA (tn/έτος)	7183.2	7211.9	7240.8	7269.7	7298.8	7328	7357.3	7386.8	7416.3	7445.9
Παραγόμενα BA (tn/ημέρα)	19.68	19.76	19.83	19.92	20	20.1	20.2	20.3	20.3	20.4

Πίνακας 6.4: Εκτιμώμενες ποσότητες βιοαποβλήτων Χαλανδρίου

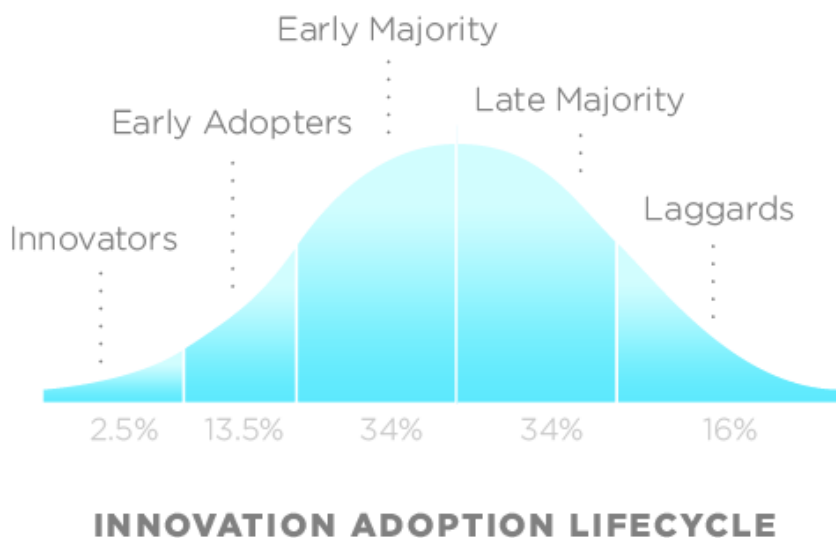
Βεβαίως οι παραγόμενες ποσότητες δεν αντιστοιχούν σε αυτές που συλλέγονται, μιας και αυτό θα σήμαινε την άριστη χρήση όλων των κάδων από το 100% του πληθυσμού που δραστηριοποιείται στην πόλη. Η πραγματικότητα όμως είναι πως η συμμόρφωση του πληθυσμού στα συστήματα διαλογής στην πηγή είναι μια αρκετά πιο αργή και καθόλου αυτόματη διαδικασία.

Για να εκτιμήσουμε το ποσοστό υιοθέτησης του συστήματος του καφέ κάδου από πλευράς των κατοίκων της πόλης, θα μοντελοποιήσουμε την συμπεριφορά τους με αυτή του μοντέλου της υιοθέτησης καινοτομίας<sup>47</sup>.

Στο Χαλάνδρι ήδη συμμετέχουν από την πιλοτική φάση του προγράμματος περίπου το 1.5% του πληθυσμού στην Διαλογή στην Πηγή οργανικών απορριμμάτων, και έχει ξεκινήσει η επέκταση του συστήματος των καφέ κάδων σε γενικό πληθυσμό. Με βάση τα δεδομένα αυτά, μπορούμε να υιοθετήσουμε σενάριο χρονικής αύξησης της αποκομιδής διαλεγμένων στην πηγή οργανικών όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (όσο περνάει ο χρόνος η αύξηση των ληφθεισών ποσοτήτων γίνεται όλο και πιο δύσκολη και απαιτεί όλο και διεξοδικότερες κοινωνικές καμπάνιες). Η προσέγγιση αυτή έχει πολλές ομοιότητες και με βιβλιογραφικές αναφορές, όπως μας δείχνει και το παράδειγμα του δήμου του Μιλάνο στην Ιταλία, ειδικότερα η αύξηση της διαλογής στην πηγή μετά από το 70% γίνεται σε ποσοστά της τάξης του 5% ετησίως)<sup>48</sup>.

47 Rogers, M.E. "Diffusion of Innovations", 1962

48 Alberto Confalonieri, The success of food waste collections and biogas production in the City of Milan, Italy



Εικόνα 6.1: Roger’s bell curve

Οι ποσότητες λοιπόν είναι οι παρακάτω:

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
Ποσοστό διαλογής	25%	50%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Καθαρές ποσότητες (tn/ημέρα)	4.92	9.88	12.89	13.94	15	16.08	17.17	18.27	19.29	20.40

Πίνακας 6.5: Εκτίμηση συλλογής βιοαποβλήτων με ΔσΠ στο Χαλάνδρι

## 6.4 Ξήρανση

Αρχικά θα χρειαστεί να υπολογίσουμε την ημερήσια δυναμικότητα (capacity) μιας μονάδας ξήρανσης. Κάνουμε την παραδοχές πως ο Δήμος διαθέτει ενιαίο χώρο με δυνατότητα κάλυψης περίπου 1000 τ.μ. με κατάλληλες χρήσεις γης.

Για να ξεδιπλωθεί λοιπόν ομαλά ένα επενδυτικό σχέδιο η βέλτιστη λύση είναι η στρατηγικά τοποθετημένη αγορά ξηραντήρων δυναμικότητας έως 10 τόνων/ημέρα και η λειτουργία τους σε συστοιχία όσο μεγαλώνουν οι ποσότητες. Κατ’αυτόν τον τρόπο το επενδυτικό σχέδιο

προφυλάσσεται από τυχόν πρόωρες υπερδιαστασιολογήσεις. Προτείνεται η αγορά ενός ξηραντήρα των 10 τόνων στην αρχή του έργου και η αγορά ενός δεύτερου στην αρχή του 5ου έτους. Με αυτόν τον τρόπο, στρατηγικά ο Δήμος αναμένεται σε βάθος δεκαετίας να μπορεί να επεξεργαστεί με αυτόν τον τρόπο το σύνολο των προδιαλεγμένων οργανικών που θα αποκομίζονται.

Με βάση τα ιστορικά δεδομένα ξήρανσης της πιλοτικής μονάδας που λειτουργεί στο Χαλάνδρι, προκύπτει ότι η ξήρανση αφαιρεί το 80% της αρχικής μάζας των προδιαλεγμένων οργανικών.

Το κόστος αγοράς ενός ξηραντήρα 10 τόνων ανέρχεται στο ποσό των 1,300,000 ευρώ. Έργα πολιτικού μηχανικού για συστοιχία 2 μηχανημάτων εκτιμάται πως ανέρχονται στο ποσό των 250000 ευρώ, και κατανέμονται ως αρχική επένδυση 150,000 και 100,000 για την πρώτη επέκταση. Με βάση αυτόν τον σχεδιασμό και την εκτίμηση για τις συλλεγόμενες ποσότητες από τον καφέ κάδο, προκύπτουν τα παρακάτω δεδομένα για το τελικό αποξηραμένο προϊόν:

Έτος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+
Ποσοστό διαλογής	25%	50%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Καθαρές ποσότητες (tn/ημέρα)	4.92	9.88	12.89	13.94	15	16.08	17.17	18.27	19.29	20.40
Δυναμικότητα ξήρανσης (tn/ημέρα)	10	10	10	10	20	20	20	20	20	20
Τελικό προϊόν FORBI (tn/ημέρα)	0.98	1.98	2	2	3	3.22	3.43	3.65	3.86	4

Πίνακας 6.6: Εκτίμηση παραγωγής ποσοτήτων FORBI Χαλανδρίου

Προφανώς οι περιορισμένες δυναμικότητες σημαίνουν πως ο δήμος θα πρέπει να διαχειρίζεται τα υπόλοιπα οργανικά του κάθε φορά που αυτά προκύπτουν μεταφέροντάς τα με ίδια μέσα και δαπάνες στην ΕΜΑΚ. Σε αυτή την περίπτωση θα επωμίζεται μόνο το μεταφορικό κόστος, μιας και η ΕΜΑΚ δέχεται ατελώς προδιαλεγμένα οργανικά και τα επεξεργάζεται προς παραγωγή κομπόστ. Με δεδομένο πως ένα απορριμματοφόρο του Δήμου μεταφέρει σήμερα στον ΧΥΤΑ κατά μέσο δρομολόγιο περίπου 6.8<sup>49</sup> τόνους, αυτό σημαίνει πως αρκεί να προστίθεται ένα δρομολόγιο ακόμα

49 Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων, Δήμος Χαλανδρίου 2015

για απόσταση 43 χιλιομέτρων για 330 ημέρες/έτος (εξαιρείται ο Αύγουστος όπου διαχρονικά δεδομένα μας δίνουν σημαντικά χαμηλές ποσότητες) για τα έτη 3 και 4, όπου και θα έχει αντίστοιχα περίσσειμα οργανικών 2.89 και 3.94 τόνους ανά ημέρα. Με κόστος 3 ευρώ/χιλιόμετρο (ΤΣΔ Χαλανδρίου) το κόστος αυτό ανέρχεται σε 42570 ευρώ για τα προαναφερθέντα έτη.

Τα λειτουργικά έξοδα της εγκατάστασης ξήρανσης κατανέμονται ως εξής:

- ➔ κατανάλωση ηλεκτρισμού: Θεωρούμε ενδεικτικό βιομηχανικό τιμολόγιο<sup>50</sup> και τεχνικά χαρακτηριστικά ξηραντήρα όπως στο Παράρτημα (ετήσια κατανάλωση με διαρκή λειτουργία: 210,000 kWh). Ιστορικά δεδομένα από την πιλοτική μονάδα του Χαλανδρίου μας δίνουν συντελεστή λειτουργίας της μονάδας 97%. Με βάση τις προς επεξεργασία ποσότητες και την ονομαστική δυναμικότητα του ξηραντήρα, διαμορφώνουμε τον παρακάτω πίνακα για το ποσοστό χρήσης, τις καταναλώσεις και το αντίστοιχα κόστη της μονάδας ξήρανσης (σε αυτά προσθέτουμε πάγια κόστη γραμμής 125 kVA: 1650 ευρώ/έτος. Μετά το 5ο έτος θα αυξηθεί κατά 1.5, ήτοι στα 188 kVA για να εξυπηρετηθούν και άλλες μονάδες):

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
Χρήση ξηραντήρα	48%	95%	97%	97%	72.5%	78%	83%	89%	93%	99%
Κατανάλωση ΗΕ (kWh)	100335	201485	203932	203932	305899	327923	350152	372585	393284	416022
Κόστος ΗΕ (ευρώ)	8727	17526	17739	17739	26385	28204	30040	32410	34210	36152

Πίνακας 6.7: Εκτίμηση κατανάλωσης ΗΕ για ξήρανση βιοαποβλήτων

- ➔ Κατανάλωση στον λέβητα: Οι ανάγκες θέρμανσης του εισερχόμενου προς ξήρανση υλικού γίνονται με λέβητα καυσίμου (τυπικά ΦΑ ή πετρέλαιο). Με βάση τις θερμιδικές ανάγκες και τους αναμενόμενους χρόνους λειτουργίας, προκύπτουν τα παρακάτω κόστη σε κατανάλωση ΦΑ για τις προαναφερθείσες προς επεξεργασία ποσότητες<sup>51</sup>:

50 Επαγγελματικό Τιμολόγιο Γ22, ΔΕΗ

51 Βιομηχανικό τιμολόγιο ΦΑ, ΔΕΠΑ

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
Χρήση ξηραντήρα	48%	95%	97%	97%	72.5%	78%	83%	89%	93%	99%
Κατανάλωση ΦΑ (kWh)	100335	201485	203932	203932	305899	327923	350152	372585	393284	416022
Κόστος ΗΕ (ευρώ)	8727	17526	17739	17739	26385	28204	30040	32410	34210	36152

Πίνακας 6.8: Εκτίμηση κατανάλωσης ΘΕ για ξήρανση βιοαποβλήτων

Αξίζει να σημειωθεί πως με αυτό το χρονικό πλάνο τοποθέτησης ξηραντήρων γίνεται πολύ καλή αξιοποίησή τους. Η κατανομή αυτή μάλιστα μπορεί να καλύψει με εξαιρετικό τρόπο και άλλα, λιγότερο αισιόδοξα ή απαισιόδοξα σενάρια διεύθυνσης της διαλογής στην πηγή στον πληθυσμό του Δήμου. Σε κάθε περίπτωση, ξηραντήρες δυναμικότητας 8 τόνων (σε συστοιχία 2+5 με ενιαίο λέβητα) έχουν παρεμφερείς καταναλώσεις σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια, καθώς και κόστος κτήσης, μειώνοντας την ευαισθησία της ανάλυσης μας σε κεφαλαιακές και λειτουργικές δαπάνες (CAPEX & OPEX).

- ➔ Έξοδα προσωπικού: Για όλη την μονάδα επεξεργασίας χρειάζεται ένας προϊστάμενος, και για τον ξηραντήρα ένας χειριστής μηχανήματος έργου και δύο εργάτες, συνολικού κόστους 70000 άνα έτος. Το κόστος αυτό παραμένει αμετάβλητο με την προσθήκη νέου ξηραντήρα κατά το έτος 5, μιας και η φόρτωσή τους μπορεί να γίνει διαδοχικά ενώ διαθέτουν απαραίτητους αυτοματισμούς.

Τα έξοδα προσωπικού φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Έξοδα προϊστάμενου	Έξοδα χειριστή μηχανημάτων έργου	Έξοδα εργατών	Σύνολο εξόδων προσωπικού
24000 ευρώ/έτος	16000 ευρώ/έτος	2*15000 ευρώ/έτος	70,000 ευρώ/έτος

- ➔ Λοιπά λειτουργικά έξοδα περιλαμβάνουν ασφαλίσεις (υπολογίζονται στο 1% επί της εναπομείνουσας αξίας των παγίων), τηλέφωνα, έξοδα ύδρευσης. Αυτά θα υπολογιστούν αργότερα για το σύνολο των εγκαταστάσεων που θα σχεδιάσουμε.

Θα πρέπει να συνυπολογισθούν οι εξοικονομήσεις που προκύπτουν από α) τα δρομολόγια από και προς την Φυλή και β) την αποτροπή του gate fee στον ΟΕΔΑ Φυλής. Αυτά υπολογίζονται ως εξής: Για τον υπολογισμό του κόστους των δρομολογίων το Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων του Δήμου υπολογίζει πως i. το μέσο κόστος ανά διανυθέν χιλιόμετρο για τα απορριμματοφόρα του Δήμου ανέρχεται στα 3 ευρώ/km, ii. Η απόσταση που διανύει ένα απορριμματοφόρο από και προς τον ΟΕΔΑ Φυλής είναι 43 km, iii. ένα μέσο δρομολόγιο μεταφέρει 6.8 τόνους<sup>52</sup>. Άρα διαιρώντας την μάζα της συλλεχθείσας ποσότητας του καφέ κάδου με το 6.8 βρίσκουμε τον αριθμό των δρομολογίων που απετράπησαν, και τον αριθμό αυτό τον πολλαπλασιάζουμε με το 43\*3. Αντίστοιχα, λαμβάνοντας ως τιμή για το gate fee του ΟΕΔΑ Φυλής 45 ευρώ/τόνος, και πολλαπλασιάζοντας το με την συνολική ποσότητα των απορριμμάτων που εκτράπηκε από τον πράσινο κάδο στον καφέ, προκύπτει για κάθε έτος το ποσό που εξοικονομήθηκε. Οι υπολογισμοί αυτοί φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
Εξοικονόμηση από δρομολόγια (ευρώ)	34067	68411	89250	96551	103863	111342	118889	126506	133534	141255
Εξοικονόμηση από gate fees (ευρώ)	80811	162279	211710	229030	246375	264114	282017	300084	316756	335070

Πίνακας 6.9: Εκτίμηση εξοικονόμησης μεταφορικών και gate fees λόγω ΔσΠ και τοπικής διαχείρισης βιοαποβλήτων

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί πως η ξήρανση μας δίνει υγρό λύμα, σε ποσότητες από 4 tn/ημέρα αρχικά έως και 16tn/ημέρα μετά το 10ο έτος. Ο Δήμος δύναται να το διαχειριστεί με τους εξής δύο τρόπους:

- Με χρήση βιολογικού καθαρισμού μικρής κλίμακας. Το προϊόν του καθαρισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πλύση κάδων ή και για ύδρευση σε δημόσιους χώρους (πλατείες, πάρκα κλπ). Η λύση αυτή έχει το μειονέκτημα της δύσκολης χωροθέτησης και αδειοδότησης για τις απαιτούμενες δυναμικότητες.

52 Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων Δήμου Χαλανδρίου, 2015

- Με την αγορά βυτιοφόρου και την μεταφορά του λύματος σε Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων. Η πιο κοντινή τέτοια εγκατάσταση είναι το ΚΕΛ Μεταμόρφωσης, η οποία απαιτεί διάνυση απόστασης 22 km υπολογιζόμενη από το αμαξοστάσιο του Δήμου. Αυτή η λύση απαιτεί επιπλέον κεφαλαιακές δαπάνες για την αγορά ενός βυτιοφόρου (εκτιμώμενο κόστος: 240000 ευρώ) και λειτουργικές δαπάνες για την μεταφορά του. Αυτές υπολογίζονται από την εξής σχέση:

$$(\text{Ποσότητα λυμάτων}) * (\text{κόστος/τόνο}) + (\text{έξοδα μεταφοράς/km}) * (\text{διανυθέντα χιλιόμετρα}) * (\text{ετήσια ποσότητα/ποσότητα ανά δρομολόγιο})$$

Οι τιμές για την παραπάνω σχέση για την περίπτωση του Χαλανδρίου ορίζονται ως εξής:

Κόστος/τόνο = 2.2 ευρώ

Δαπάνες μεταφοράς = 3 ευρώ/km

Διανυθείσα απόσταση = 20 km

Ποσότητα ανά δρομολόγιο (χωρητικότητα βυτιοφόρου) = 15 tn

## 6.5 Παραγωγή κομπόστ

Η πρώτη λύση αξιοποίησης προς μελέτη είναι η παραγωγή κομπόστ χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη μίγμα FORBI με λειοτεμαχισμένα κλαδέματα που συλλέγονται από τον Δήμο σε αναλογία 1:1 κατά βάρος.

Η διαδικασία συνκομποστοποίησης αυτή έχει δοκιμαστεί στον Δήμο. Συγκεκριμένα, τον Σεπτέμβρη του 2018 δείγμα μίγματος κλαδεμάτων και FORBI συνολικής ποσότητας 4 τόνων με την προαναφερθείσα αναλογία απεστάλησαν για κομποστοποίηση στις εγκαταστάσεις της εταιρίας RAM EUROPE στον Ορχομενό. Η διαδικασία της κομποστοποίησης που ακολούθησε ολοκληρώθηκε σε εξαιρετικά ικανοποιητικό χρόνο (περίπου 40 ημέρες σε σχέση με 4-5 μήνες που διαρκεί τυπικά η κομποστοποίηση κλαδεμάτων).

Η εργαστηριακή ανάλυση που ακολούθησε, επιβεβαίωσε πως το τελικό προϊόν είναι υγιεινοποιημένο και πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, οργανικά και άζωτο, και ως εκ των παραπάνω κατάλληλο για εδαφοβελτιωτικό.

### 6.5.1 Υπολογισμός δυναμικότητας

Στην περίπτωση που εξετάζουμε, θα χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη μίγμα FORBI και κλαδεμάτων του Δήμου σε αναλογία 1:1 κατά βάρος. Οι βασικοί στόχοι που καλούμαστε να εξυπηρετήσουμε είναι:

- Η μονάδα κομποστοποίησης να εγκατασταθεί εντός των ορίων του Δήμου, με αντίστοιχα υψηλές απαιτήσεις σε χαμηλή όχληση.
- Η δυναμικότητα της μονάδας να μην ξεπερνά την ημερήσια παραγωγή σε FORBI και κλαδέματα του Δήμου.
- Η δυναμικότητα της μονάδας να αυξάνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η μεγιστοποίηση της χρήσης του παραγόμενου FORBI.

Ο Δήμος συλλέγει χωριστά άνω των 2500 τόνων κλαδεμάτων ανά έτος, ποσότητα που ξεπερνάει την αναμενόμενη ετήσια παραγωγή FORBI στην περίπτωση γίνει εφικτό να συλλεχθούν το 100% των προβλεφθεισών ποσοτήτων οργανικών (στο σενάριό μας αυτό λαμβάνει χώρα στο 10ο έτος). Άρα, αναλογία 1:1 είναι βέβαιο πως θα είναι πάντα εφικτή ώστε να τηρηθούν τα βασικά χαρακτηριστικά καλής ποιότητας για να την κομποστοποίηση.

Όσον αφορά τον τύπο της κομποστοποίησης, αυτός προτείνεται να γίνει σε μηχανικό κομποστοποιητή κλειστού τύπου. Τα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι:

α) ελάττωση οχλήσεων λόγω οσμών και σκόνης, β) σύντομος χρόνος επεξεργασίας (περίπου 7 ημέρες χρόνος παραμονής στο δοχείο), γ) χαμηλή αλληλεπίδραση με τον χειριστή, δ) πλήρη συστήματα τηλεπαρακολούθησης της λειτουργίας και των παραμέτρων της κομποστοποίησης, ε) λειτουργία αυτοματισμών που απλοποιούν την χρήση, στ) περιορισμένος χώρος εγκατάστασης.

Τα μειονεκτήματα της παραπάνω προσέγγισης είναι: α) το σημαντικά μεγαλύτερο αρχικό κόστος κτήσης, β) η ανελαστική δυναμικότητά του.

Παρόλα αυτά, το πρώτο του πλεονέκτημα έχει σημαντικά μεγαλύτερο βάρος για έναν δήμο της Αττικής, ενώ και το κόστος κτήσης του δεν είναι απαγορευτικό.

Για τις δυναμικότητες που εξετάζουμε, η διαδικασία χαρακτηρίζεται ως χαμηλής όχλησης και δεν χρειάζεται Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων, αλλά αρκεί Πρότυπη Περιβαλλοντική Δέσμευση<sup>53</sup>.

53 Υπουργική Απόφαση 171914/2013 (ΦΕΚ 3072/Β/3.12.2013)



Σύμφωνα με τον ν. 3325/2005, σε περιοχές εντός σχεδίου πόλεως όπου δεν έχει καθοριστεί χρήση γης επιτρέπεται η εγκατάσταση δραστηριοτήτων χαμηλής όχλησης. Η μονάδα κομποστοποίησης εντάσσεται σε αυτή την κατηγορία<sup>54</sup>.

Παρόλα αυτά, οι βέλτιστες πρακτικές προτρέπουν ανοιχτές μονάδες κομποστοποίησης δυναμικότητας κάτω των 5000 tn/έτος να βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 300 μέτρων από “ευαίσθητους αποδέκτες”<sup>55</sup>. Ως ευαίσθητοι αποδέκτες μπορούν να θεωρηθούν περιοχές κατοικίας, κέντρα πόλεων, εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής, σχολεία, δημόσια πάρκα, παιδικές χαρές, κατασκηνώσεις κλπ.

Η λύση λοιπόν του μηχανικού κομποστοποιητή μας διασφαλίζει και ως προς την επί της ουσίας όχληση, και ήδη υπάρχουν χώροι στον Δήμο που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν προς αυτή την κατεύθυνση.

Για την απόδοση του κομποστοποιητή, υιοθετούμε την τιμή 90%, μιας και οι κομποστοποιητές μηχανικού τύπου έχουν απορριπτέο υλικό της τάξης του 15% αλλά με την δυνατότητα ανατροφοδότησης των ξυλωδών μερών πάλι στην διαδικασία ως δομικά υλικά αλλά και για να βελτιστοποιήσουν τον λόγο C/N.

Για τις ποσότητες που έχουμε, καταλήγουμε σε επιλογή μηχανικού κομποστοποιητή δυναμικότητας 5 τόνων/ημέρα (FORBI και κλαδέματα σε αναλογία 1:1) για τα πρώτα 7 χρόνια, και την προσθήκη ενός ακόμα για τα εναπομείναντα τρία.

Το κόστος κτήσης ενός κομποστοποιητή αναμένεται να ανέλθει στις 850000 ευρώ, και άλλα 170000 λοιπός μηχανολογικός εξοπλισμός (αναμείκτης/τεμαχιστής, ταινιόδρομος κλπ). Ο λοιπός μηχανολογικός εξοπλισμός θα αγοραστεί άπαξ, και στην συνέχεια όταν συνδεθεί στην μονάδα και δεύτερος κομποστοποιητής θα εξυπηρετεί και τους δύο.

Με βάση τις αναμενόμενες ποσότητες FORBI που είδαμε στους προηγούμενους πίνακες, έχουμε τον παρακάτω πίνακα για την τροφοδοσία της μονάδας κομποστοποίησης, αλλά και την ετήσια παραγωγή κομπόστ:

---

54 Κοινή Υπουργική Απόφαση 3137/191/Φ.15/2012: μια μονάδα κομποστοποίησης κατατάσσεται στην δραστηριότητα “Παραγωγή λιπασμάτων και αζωτούχων” με κωδικό 20.15 και αντιστοιχεί σε χαμηλό βαθμό όχλησης.

55 Amlinger F., Peyr S., Hindebrandt U., Musken J., Cuhls C., Gilbert J. The State of the Art of Composting – a guide to good practice – s.l. : Austrian Ministry for Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, 2009.

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
FORBI ανά ημέρα (tn)	0.98	1.98	2	2	3	3.22	3.43	3.65	3.86	4
Τροφοδοσία κομποστοποίησης ανά ημέρα (tn)	1.97	3.95	4	4	5	5	5	7.3	7.71	8
Παραγόμενο κομπόστ (tn/έτος)	646.5	1298	1314	1314	1642.5	1642.5	1642.5	2401	2534	2628

Πίνακας 6.10: Εκτίμηση παραγωγής κομπόστ

Επίσης, το ποσοστό χρήσης της μονάδας κομποστοποίησης φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
Χρήση κομποστοποιητών	35%	71%	72%	72%	90%	90%	90%	66%	70%	72%

Πίνακας 6.11: Εκτίμηση συντελεστή χρήσης κομποστοποιητών

Παρατηρούμε πως με την χρήση αυτής της μονάδας το αναξιοποίητο δυναμικό της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο. Μικρότερης δυναμικότητας μονάδες μπορούν να προσφέρουν καλύτερη αξιοποίηση του δυναμικού τους, πχ ξηραντήρας 4 τόνων, αλλά η διαφορά στα τεχνοοικονομικά χαρακτηριστικά (κόστος αρχικής επένδυσης, λειτουργικά έξοδα/μονάδα παραγωγής) είναι αμελητέα. Προτείνεται η εξέταση και διαφορετικών αναλογιών στην κομποστοποίηση, με μεγαλύτερο ποσοστό κλαδεμάτων που θα οδηγήσει όχι μόνο στην βέλτιστη αξιοποίηση των κομποστοποιητών αλλά και μεγαλύτερη τοπική αξιοποίηση του πλεονάσματος των κλαδεμάτων.

### 6.5.2 Προσδιορισμός τιμής και εσόδων

Στην αγορά διατίθενται κομπόστ διαφόρων ποιοτήτων. Από τιμοληψία που έγινε σε φυτώρια και λοιπά καταστήματα, προέκυψε μια μέση τιμή 55 ευρώ/κυβικό μέτρο.

Ως εκ τούτου, και για να μπορέσει το προϊόν αυτό να είναι ανταγωνιστικό, προτείνεται να εισαχθεί στην αγορά με τιμή 35 ευρώ/κυβικό μέτρο.

Με πυκνότητα 0.6 στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τα αναμενόμενα έσοδα από την πώληση του κομπόστ:

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο
Έσοδα (ευρώ)	37712	75730	76650	76650	95812	95812	95812	140040	147820	153300

Πίνακας 6.12: Εκτιμώμενα έσοδα από πώληση κομπόστ

### 6.5.3 Οικονομική βιωσιμότητα

Για την οικονομική βιωσιμότητα της μονάδας εξετάζουμε συνολικά το σύστημα ξήρανσης/κομποστοποίησης.

Με το βασικό σενάριο, τα λειτουργικά έξοδα και τα κεφαλαιακά έξοδα βρίσκονται στους παρακάτω πίνακες:

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ		0.00	70,848.00	94,464.00	94,464.00	94,464.00	118,080.00	118,080.00	118,080.00	141,696.00	141,696.00	141,696.00	141,696.00	141,696.00
		ΕΝΑΡΞΗ	ΕΤΟΣ 1	ΕΤΟΣ 2	ΕΤΟΣ 3	ΕΤΟΣ 4	ΕΤΟΣ 5	ΕΤΟΣ 6	ΕΤΟΣ 7	ΕΤΟΣ 8	ΕΤΟΣ 9	ΕΤΟΣ 10	ΕΤΟΣ 11	ΕΤΟΣ 12
Πάγια ΗΕ	137.50		1,650.00	1,674.75	1,699.87	1,725.37	1,751.25	1,777.52	1,804.18	1,831.24	1,858.71	1,886.59	1,914.89	1,943.62
Τηλέφωνο	60.00		720.00	730.80	741.76	752.89	764.18	775.64	787.28	799.09	811.07	823.24	835.59	848.12
Νερό			25.34	50.89	51.51	51.51	64.39	64.39	64.39	94.11	99.33	103.02	103.02	103.02
Καθαριότητα	350.00		4,200.00	4,263.00	4,326.95	4,391.85	4,457.73	4,524.59	4,592.46	4,661.35	4,731.27	4,802.24	4,874.27	4,947.39
Ασφαλίσεις	90.00		25,400.00	25,450.00	25,500.00	25,550.00	46,100.00	46,350.00	46,550.00	46,600.00	46,650.00	46,700.00	46,750.00	46,800.00
Δαπάνες μεταφοράς υπολειμμάτων			0.00	0.00	42,570.00	42,570.00								
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Κατανάλωση ΦΑ ξηραντήρα			40,977.26	82,287.66	83,287.11	83,287.11	124,930.67	133,925.67	143,003.97	152,165.55	160,619.19	169,905.70	169,905.70	169,905.70
Εξοικονόμηση gate fees			-80,811.00	-162,279.00	-211,710.04	-229,030.20	-246,375.00	-264,114.00	-282,017.25	-300,084.75	-316,756.13	-335,070.00	-335,070.00	-335,070.00
Εξοικονόμηση μεταφορικών			-34,067.38	-68,411.74	-89,250.31	-96,551.95	-103,863.97	-111,342.18	-118,889.63	-126,506.32	-133,534.44	-141,255.00	-141,255.00	-141,255.00
κατανάλωση ΗΕ			14,942.85	30,457.29	30,827.22	30,827.22	46,013.29	49,244.33	52,505.28	56,321.33	59,450.30	62,851.12	62,851.12	62,851.12
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
μέση ετήσια αύξηση (%)	1.50%													
ΣΥΝΟΛΟ ΛΟΙΠΑ		0.00	-26,962.93	-85,776.34	-111,955.93	-136,426.20	-126,157.47	-138,794.03	-151,599.31	-164,118.40	-176,070.69	-189,253.08	-189,090.40	-188,926.03
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ		0.00	43,885.07	8,687.66	-17,491.93	-41,962.20	-8,077.47	-20,714.03	-33,519.31	-22,422.40	-34,374.69	-47,557.08	-47,394.40	-47,230.03

Πίνακας 6.13: Λειτουργικές δαπάνες εγκατάστασης

ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ	ΕΝΑΡΞΗ	ΕΤΟΣ 1	ΕΤΟΣ 2	ΕΤΟΣ 3	ΕΤΟΣ 4	ΕΤΟΣ 5	ΕΤΟΣ 6	ΕΤΟΣ 7	ΕΤΟΣ 8	ΕΤΟΣ 9	ΕΤΟΣ 10
<b>ΠΑΓΙΑ</b>											
Μηχανήματα		2,450,000.00				1,200,000.00			850,000.00		
Έπιπλα											
Εξοπλισμός		35,000.00					20,000.00	15,000.00			
Οχήματα		40,000.00									
Λοιπά		15,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00
Κατασκευαστικά έργα		300,000.00					40,000.00				
Επιδότησεις											
Μελέτες		122,500.00									
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ</b>	<b>0.00</b>	<b>2,962,500.00</b>	<b>5,000.00</b>	<b>5,000.00</b>	<b>5,000.00</b>	<b>1,205,000.00</b>	<b>65,000.00</b>	<b>20,000.00</b>	<b>855,000.00</b>	<b>5,000.00</b>	<b>5,000.00</b>

Πίνακας 6.14: Κεφαλαιακές δαπάνες εγκατάστασης

Εξετάζουμε την επένδυση με τα κριτήρια της Καθαρής Παρούσας Αξίας, του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης και του Χρόνου Επανάκτησης Κεφαλαίου. Καταρχάς, επιλέγουμε προεξοφλητικό επιτόκιο 5%, μιας και ο Δήμος δεν έχει μεγάλο ρίσκο στην αγορά κεφαλαίων, ούτε και επιδιώκει να έχει υψηλό Μέσο Σταθμισμένο Κόστος Κεφαλαίου (WACC). Επίσης, επιλέγουμε χρόνο απόσβεσης για πάγιο εξοπλισμό τα 20 χρόνια (5%) και για τα οχήματα 8.25 χρόνια (12%). Προκύπτει τότε:

<b>ΚΠΑ = -2773731</b>
<b>EBA = -5.9%</b>
<b>ΧΕΚ &gt; 20 έτη</b>

Είναι προφανές πως η επένδυση με αυτούς τους όρους δεν είναι συμφέρουσα.

Εξετάζοντας διαφορετικές τιμές για το παραγόμενο κομπόστ, παρατηρούμε πως όταν η τιμή του ανέλθει στα 80 ευρώ, οι δείκτες γίνονται:

<b>ΚΠΑ = - 1082969</b>
<b>EBA = 1.43</b>
<b>ΧΕΚ = 18 έτη</b>

Και πάλι, με όρους ΚΠΑ (αρνητική) και EBA (μικρότερο από το προεξοφλητικό επιτόκιο που επιλέξαμε) η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα. Ο χρόνος επανάκτησης κεφαλαίου σε αυτή την περίπτωση είναι εντός του χρονικό ορίζοντα που εξετάζουμε. Πρέπει όμως να σημειωθεί πως η τιμή αυτή δεν είναι καθόλου ανταγωνιστική. Και πάλι η επένδυση κρίνεται ως μη συμφέρουσα.

Εξετάζουμε τώρα την περίπτωση επιχορήγησης των μεγάλων επενδύσεων του Δήμου σε πάγιο εξοπλισμό και υποδομές, όπως το πρόγραμμα “Φιλόδημος” του Υπουργείου Εσωτερικών. Στο σενάριο αυτό, οι αγορές των μονάδων ξήρανσης, κομποστοποίησης και ανάμειξης επιδοτούνται στο 100% κατά τον χρόνο απόκτησης.

Τότε, και για τιμή μονάδας 35 ευρώ έχουμε:

<b>ΚΠΑ = 1075147</b>
<b>EBA = 20.72%</b>
<b>ΧΕΚ = 8 έτη</b>

Επίσης, ακόμα και εάν ρίξουμε την τιμή πώλησης στα 10 ευρώ ανά μονάδα, οι δείκτες αξιολόγησης θα γίνουν:

ΚΠΑ = 32692

<b>ΚΠΑ = 32692</b>
<b>EBA = 5.61%</b>
<b>ΧΕΚ = 14 έτη</b>

Φαίνεται λοιπόν πως το βασικό κριτήριο για να κριθεί με οικονομικούς όρους θετικά η επένδυση είναι να επιδοτηθούν οι αρχικές επενδύσεις.

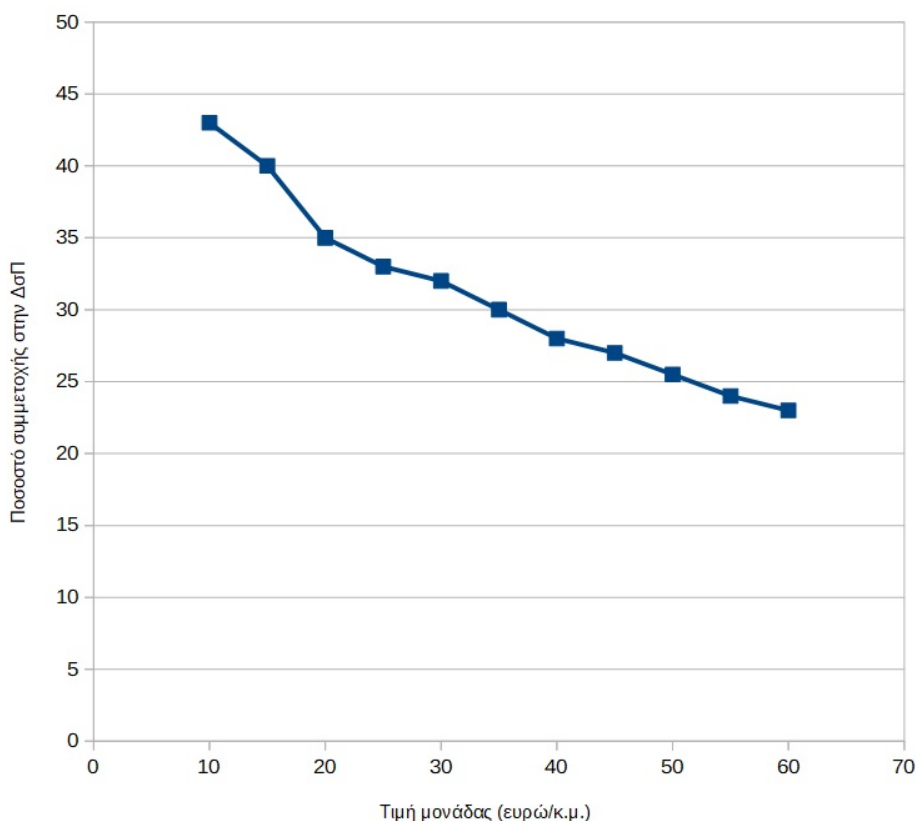
Ένα πολύ ενδιαφέρον συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυσή μας είναι το εξής:

Σε ποσοστό ανάκτησης 30%, δηλαδή σύμφωνα με το σενάριο μας κατά την διάρκεια του 2ου έτους, οι λειτουργικές μας ανάγκες εξισώνονται με τα έσοδα από την πώληση του κομπόστ, είναι δηλαδή το Νεκρό Σημείο όσον αφορά την συμμετοχή των δημοτών στο σύστημα του καφέ κάδου, με την προϋπόθεση ότι πωλείται όλη η ποσότητα του κομπόστ στην ορισθείσα τιμή των 35 ευρώ/κ.μ.

Για εύρος τιμών, το Νεκρό Σημείο ως προς συμμετοχή των δημοτών στην Διαλογή στην πηγή φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και το αντίστοιχο διάγραμμα:

Τιμή	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Ποσοστό διαλογής	43	40	35	33	32	30	28	27	25.5	24	23

Πίνακας 6.15: Νεκρό Σημείο συμμετοχής στην ΔσΠ σε σχέση με την τιμή μονάδας



Εικόνα 6.2: Νεκρό Σημείο για εύρος τιμών/ποσοστών συμμετοχής στην ΔσΠ

Τέλος, οφείλουμε να σημειώσουμε τα πολύ υψηλά λειτουργικά και ενεργειακά κόστη της ξήρανσης. Τα οφέλη μας από την διαδικασία αυτή είναι κυρίως διαχειριστικά, μιας και έχουμε να κάνουμε με μικρότερο σε μάζα, υγιεινοποιημένο, σταθεροποιημένο και ομογενοποιημένο προϊόν. Οι κεφαλαιακές δαπάνες δεν βελτιώνονται τόσο με την αφαίρεση ξηραντήρα, μιας και λόγω μεγαλύτερης μάζας υλικού προς διαχείριση θα χρειαστεί να αυξηθεί και η δυναμικότητα της μονάδας κομποστοποίησης.

### 6.5.4 Ιδιοκατανάλωση FORBI ως καύσιμο για την ξήρανση

Εξετάζουμε τώρα την περίπτωση της καύσης FORBI για τις ανάγκες της ξήρανσης. Από τις τεχνικές προδιαγραφές του ξηραντήρα και την θερμογόνο δύναμη του FORBI βλέπουμε πως σε πλήρες φορτίο ο ξηραντήρας χρειάζεται να καταναλώσει το 48.5% της εκροής του. Στους υπολογισμούς μας λοιπόν θα γίνουν οι εξής τροποποιήσεις:

- Μηδενίζουμε τις καταναλώσεις καυσίμου ΦΑ.
- Επανυπολογίζουμε τις ποσότητες FORBI που διατίθενται προς κομποστοποίηση ως το 51.5% της αρχικής ποσότητας:

Έτος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+
Ποσοστό διαλογής	25%	50%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Καθαρές ποσότητες (tn/ημέρα)	4.92	9.88	12.89	13.94	15	16.08	17.17	18.27	19.29	20.40
Δυναμικότητα ξήρανσης (tn/ημέρα)	10	10	10	10	20	20	20	20	20	20
Εισροή στον κομποστοποιητή (tn/ημέρα)	0.91	1.83	2.39	2.59	2.78	2.98	3.18	3.39	3.58	3.78

Πίνακας 6.6β: Εκτίμηση εισροών στον κομποστοποιητή

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε πως η απαραίτητη δυναμικότητα για τον κομποστοποιητή μειώνεται σημαντικά. Ως εκ τούτου, προτείνεται η αγορά μιας μονάδας δυναμικότητας 4 tn/ημέρα, η οποία θα έχει τον παρακάτω συντελεστή χρήσης:

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
Χρήση κομποστοποιητών	23%	46%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%

Πίνακας 6.11β: Εκτίμηση συντελεστή χρήσης κομποστοποιητή

Η εκτίμηση της παραγωγής του κομπόστ θα είναι:



Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
Παραγόμενο κομπόστ (tn/έτος)	555	1114	1454	1573	1692	1814	1937	2061	2175	2301

Πίνακας 6.10β: Εκτίμηση παραγωγής κομπόστ

Τα αναμενόμενα έσοδα θα είναι (με τιμή μονάδας 35 ευρώ/κ.μ.):

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο
Έσοδα (ευρώ)	19422	39000	50881	55044	59212	63475	67778	72120	76127	80528

Πίνακας 6.12β: Εκτιμώμενα έσοδα από πώληση κομπόστ

Όσον αφορά το ποσοστό του πληθυσμού που πρέπει να ανταποκριθεί στην ΔσΠ για να ισοσκελιστούν τα έσοδα με τις λειτουργικές δαπάνες, αυτό ανέρχεται στο 20% για τιμή μονάδας κομπόστ 35 ευρώ. Γενικά παρατηρούμε ότι για εύρος τιμών κομπόστ από 10 έως 80 ευρώ το ποσοστό του πληθυσμού που ισοσκελίζει έσοδα και λειτουργικές δαπάνες κυμαίνεται μεταξύ 17% και 23%, παρουσιάζει δηλαδή μειωμένη ευαισθησία και άρα οι λειτουργικές μας δαπάνες δύσκολα θα επηρεαστούν από εμπορικές διακυμάνσεις στην τιμή διάθεσης του προϊόντος.

Είναι σίγουρα ένα πιο μικρό σε κλίμακα σχέδιο, με μειωμένες τόσο τις λειτουργικές και κεφαλαιακές δαπάνες, όσο και τα έσοδα.

Για τιμή μονάδας 35 ευρώ και προεξοφλητικό επιτόκιο 5%, σε βάθος 20ετίας έχουμε:

<b>KΠΑ = -2147572</b>
<b>EBA = -4.96%</b>
<b>ΧΕΚ &gt; 20 έτη</b>

Άρα με ιδιωτικοοικονομικά κριτήρια η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Και πάλι, εξετάζοντας διαφορετικές τιμές για το παραγόμενο κομπόστ, παρατηρούμε πως όταν η τιμή του ανέλθει στα 80 ευρώ, οι δείκτες γίνονται:

<b>ΚΠΑ = - 1212977</b>
<b>EBA = 0.13</b>
<b>ΧΕΚ = 20 έτη</b>

Και πάλι, με όρους ΚΠΑ (αρνητική) και EBA (μικρότερο από το προεξοφλητικό επιτόκιο που επιλέξαμε) η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα. Ο χρόνος επανάκτησης κεφαλαίου σε αυτή την περίπτωση είναι – οριακά – εντός του χρονικό ορίζοντα που εξετάζουμε. Πρέπει όμως να σημειωθεί πως η τιμή αυτή δεν είναι καθόλου ανταγωνιστική. Και πάλι η επένδυση κρίνεται ως μη συμφέρουσα.

Εξετάζουμε τώρα την **περίπτωση επιχορήγησης** των μεγάλων επενδύσεων του Δήμου σε πάγιο εξοπλισμό και υποδομές, όπως το πρόγραμμα “Φιλόδημος” του Υπουργείου Εσωτερικών. Στο σενάριο αυτό, οι αγορές των μονάδων ξήρανσης, κομποστοποίησης και ανάμειξης επιδοτούνται στο 100% κατά τον χρόνο απόκτησης.

Τότε, και για τιμή μονάδας 35 ευρώ έχουμε:

<b>ΚΠΑ = 918631</b>
<b>EBA = 18.67%</b>
<b>ΧΕΚ = 6 έτη</b>

Επίσης, ακόμα και εάν ρίξουμε την τιμή πώλησης στα 10 ευρώ ανά μονάδα, οι δείκτες αξιολόγησης θα γίνουν:

<b>ΚΠΑ = 375960</b>
<b>EBA = 11.65%</b>

**ΧΕΚ = 9 έτη**

Φαίνεται λοιπόν πως το βασικό κριτήριο για να κριθεί με οικονομικούς όρους θετικά η επένδυση είναι να επιδοτηθούν οι αρχικές επενδύσεις.

Επίσης, επιβεβαιώνεται και η σχετική αναισθησία σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο που παρουσιάζεται ως προς τις διακυμάνσεις στις τιμές.

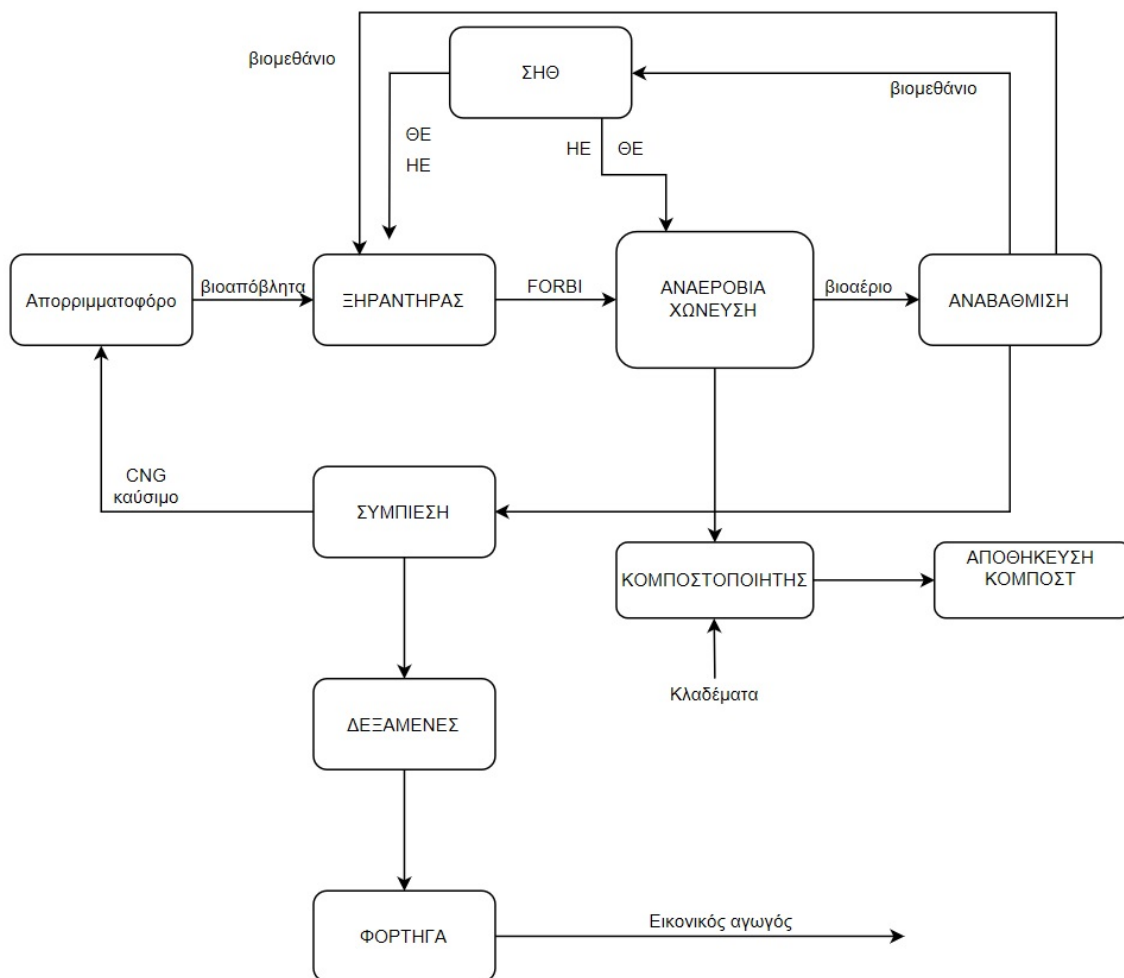
## **6.6 Παραγωγή, ιδιόχρηση και διάθεση βιομεθανίου και κομπόστ**

Σε αυτή την περίπτωση εξετάζουμε εναλλακτικό επενδυτικό σχέδιο όπου η ροή της διαδικασίας θα μεταβληθεί. Μετά την αρχική μονάδα ξήρανσης, η δυναμικότητα της οποίας παραμένει όπως σε αυτή του προηγούμενου επενδυτικού σχεδίου, θα ακολουθήσει μονάδα αναερόβιας χώνευσης.

### **6.6.1 Ροή διαδικασιών της μονάδας και υπολογισμός ενεργειακού ισοζυγίου**

Η μονάδα θα χρησιμοποιήσει ως υπόστρωμα ξηραμένα προδιαλεγμένα οργανικά απόβλητα. Το εξαχθέν βιοαέριο θα οδηγηθεί σε μονάδα αναβάθμισης, όπου θα υποστεί αποθείωση, αφύγρανση, καθαριστεί από προσμίξεις και θα διαχωριστεί από το μεθάνιο από το διοξείδιο του άνθρακα. Η διαδικασία αυτή θα μας δώσει βιομεθάνιο σε ποσοστό άνω του 97%. Το παραχθέν βιομεθάνιο θα χρησιμοποιηθεί σε κατάλληλη μονάδα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας, με σκοπό να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες όλης της εγκατάστασης. Σημειώνεται πως οι ανάγκες της ξήρανσης όπως θα φανεί παρακάτω και από τα ενεργειακά ισοζύγια δεν θα καλυφθούν από την μονάδα αυτή, και θα χρειαστεί και να διοχετευθεί και βιομεθάνιο στον λέβητα του ξηραντήρα. Το εναπομείναν δυναμικό βιομεθανίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί α) μετά από συμπίεση στα 200 περίπου bar για χρήση ως καύσιμο το οποία θα τροφοδοτήσει οχήματα του Δήμου τα οποία έχουν μετατραπεί σε τύπου διπλού καυσίμου CNG, β) μετά από συμπίεση στα 250 bar σε κατάλληλες δεξαμενές να πωληθεί στην αγορά Φυσικού Αερίου και να μεταφερθεί σε υποσταθμούς αποσυμπίεσης σε σημεία εισόδου δικτύων διανομής που λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο, να

εγχυθεί δηλαδή στο δίκτυο ΦΑ διαμέσω Εικονικού Αγωγού<sup>56</sup>. Η διαδικασία φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, όπου διαφαίνεται με σαφήνεια ο κλειστός βρόχος του συστήματος διαχείρισης που μελετάται.



Εικόνα 6.3: Σχηματική απεικόνιση της μονάδας

Οι βασικοί παράμετροι της διαδικασίας είναι οι παρακάτω:

- Η ποσότητα των οργανικών ακολουθεί πορεία αύξησης στον χρόνο όσο υλοποιείται το πλάνο συμμόρφωσης του πληθυσμού της πόλης και η αντίστοιχη προσαρμογή του συστήματος αποκομιδής (κάδοι, οχήματα, δρομολόγια). Το σενάριο αυτό είναι ίδιο με το προηγούμενο.

56 Πλαίσιο Ανάπτυξης Απομακρυσμένων Δικτύων Διανομής με χρήση Συμπεσμένου/Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου, ΡΑΕ 2018, αριθμ. απόφ. 642/2018

- Τα ιστορικά δεδομένα του ξηραντήρα του Χαλανδρίου μας δείχνουν πως το τελικό προϊόν της ξήρανσης FORBI θα είναι μειωμένο στο ένα πέμπτο της αρχικής του μάζας.
- Οι μετρήσεις στην πιλοτική μονάδα δείχνουν πως η αναερόβια χώνευση (CSTR) με υπόστρωμα FORBI αποδίδουν περίπου 580 λίτρα βιοαερίου ανά κιλό FORBI με 65% περιεκτικότητα σε βιομεθάνιο.
- Στην μονάδα χώνευσης το FORBI αραιώνεται σε αιώρημα 40% κατά βάρος.
- Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (HRT) στον χωνευτήρα είναι 40 ημέρες.
- Η ίλυσ που οδηγείται στην αερόβια κομποστοποίηση προς λιπασματοποίηση είναι κατά βάρος ίδια με το εισερχόμενο στην διαδικασία FORBI, και αναμιγνύεται σε αναλογία 1:1 με κλαδέματα. Αυτό σημαίνει ίδιο χρονικό πλάνο αγοράς και χρήσης κομποστοποιητών με το προηγούμενο σενάριο, δηλαδή ένας στην αρχή του έργου και ένας στον 8ο χρόνο, με τον ίδιο συντελεστή χρήσης (Πίνακας 6.11).
- Θεωρούμε μονάδα συμπαραγωγής η οποία θα αποδώσει 40% ηλεκτρική ενέργεια, 50% θερμική ενέργεια και θα έχει 10% απώλειες. Μιας και η κύρια χρήση του βιοαερίου θα είναι η αξιοποίησή του ως καύσιμο σε οχήματα του Δήμου ή και έγχυση στο δίκτυο/τελικό πελάτη μέσω virtual pipeline, η μονάδα θα διαστασιολογηθεί με κριτήριο να καλυφθούν οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια του συνόλου της εγκατάστασης, με την θερμική ενέργεια να διοχετεύεται στον χωνευτήρα και εάν περισσεύει θα αντλείται και στον ξηραντήρα. Οι υπολοιπούμενες θερμικές ανάγκες του ξηραντήρα θα καλυφθούν από λέβητα ΦΑ.

Με βάση αυτά τα δεδομένα, και σε συνδυασμό με τα δεδομένα ανάπτυξης των εισερχόμενων ποσοτήτων, μπορούμε να υπολογίσουμε το εκλυόμενο βιομεθάνιο ανά έτος, καθώς και την απαιτούμενη χωρητικότητα του χωνευτήρα, ώστε να διαστασιολογήσουμε σωστά την μονάδα μας:

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
Ποσότητα FORBI (tn/ημέρα)	0.98	1.98	2	2	3	3.22	3.43	3.65	3.86	4
Ετήσια παραγωγή βιομεθανίου (κ.μ.)	113135	227190	229950	229950	344925	369960	394824	420120	443460	456000

Πίνακας 6.16: συνολικές ποσότητες βιομεθανίου ανά FORBI

Ο παραπάνω πίνακας μας οδηγεί στο να υιοθετήσουμε το σενάριο εγκατάστασης μιας μονάδας Αναερόβιας Χώνευσης χωρητικότητας χωνευτήρα 500 κ.μ. στην αρχή του έργου και μια δεύτερη ίδιας δυναμικότητας στην αρχή του 5ου έτους.

Αντίστοιχες θα είναι και οι εγκαταστάσεις των κομποστοποιητών.

Τα επιμέρους μέρη της μονάδας είναι:

1. Η διαδικασία μεταφοράς του FORBI από τον ξηραντήρα στην τροφοδοσία του χωνευτήρα. Για λόγους ευελιξίας, το τμήμα αυτό πρέπει να έχει την δομή ενδιάμεσης αποθήκευσης.
2. Οι κυρίως χωνευτήρες, υγρής ή στερεής χώνευσης με τα συστήματα απολαβής και αποθήκευσης του βιοαερίου.
3. Η μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).
4. Το σύστημα αναβάθμισης και πρόσδοσης οσμηρότητας.
5. Οι εγκαταστάσεις διαχωρισμού του χωνέματος σε στερεό και υγρό κλάσμα, όπου το μεν πρώτο θα αποσταλεί για κομποστοποίηση, το δε δεύτερο θα διατεθεί σε Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων.
6. Η μονάδα ανάφλεξης της περίσσειας βιοαερίου.

Οι κεφαλαιακές δαπάνες για μία μονάδα τέτοιου τύπου εκτιμάται πως ανέρχονται στο ποσό των 2,400,000 ευρώ. Για την τοποθέτηση όλης της εγκατάστασης αναμένεται να χρειαστούν 550 τετραγωνικά μέτρα (2 χωνευτήρες με όλον τον υποστηρικτικό εξοπλισμό). Σε αυτά πρέπει να προσθέσουμε 250 τ.μ. για την εγκατάσταση των ξηραντήρων, 150 τ.μ. για μονάδες κομποστοποίησης καθώς και 250 τ.μ. για χώρους υποστηρικτικών εγκαταστάσεων, γραφεία διοίκησης κλπ.

### 6.6.2 Υπολογισμός ενεργειακού ισοζυγίου

Οι συνολικές ανάγκες σε ΗΕ της εγκατάστασης είναι:

Κατανάλωση ΗΕ ξηραντήρα + κατανάλωση ΗΕ κομποστοποιητή + κατανάλωση ΗΕ χωνευτήρα  
+ κατανάλωση ΗΕ υποστηρικτικών εγκαταστάσεων

Η κατανάλωση ΗΕ του ξηραντήρα είναι ίδια με την προηγούμενη περίπτωση της απευθείας κομποστοποίησης, και προκύπτει από τον συντελεστή χρήσης του ξηραντήρα και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.

Όμοια και για τον κομποστοποιητή.

Για τον χωνευτήρα θεωρούμε κατανάλωση ΗΕ ίση με το 8% του ενεργειακού δυναμικού του<sup>57</sup>.

Για τις υποστηρικτικές εγκαταστάσεις θεωρούμε κατανάλωση ΗΕ ίση με το 5% των συνολικών δαπανών του συνόλου της μονάδας. Με βάση τα παραπάνω έχουμε για τις καταναλώσεις ΗΕ στην εγκατάστασή μας, μιας και η μονάδα ΣΗΘ θα αποδίδει 40% ΗΕ, 50% ΘΕ και 10% απώλειες:

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
ΗΕ (kWh.e)	288437	520210	526529	526529	801194	856827	912976	961928	1015411	1068047
ΘΕ (kWh.th)	360546	650263	658161	658161	1001492	1071034	1141220	1202460	1269263	1335058
Απώλειες (kWh)	72109	130053	131632	131632	200298	214207	228244	240492	253853	267012
Σύνολο (kWh)	721092	1300526	1316322	1316322	2002984	2142069	2282441	2404920	2538527	2670116

Πίνακας 6.17 Ενεργειακό ισοζύγιο της μονάδας ΣΗΘ

Άρα, με βάση τον παραπάνω πίνακα, και με άξονα τις καταναλώσεις από τον 10ο χρόνο και έπειτα, επιλέγουμε μια μονάδα ΣΗΘ η οποία θα μας αποδίδει 130 kW. Εδώ να τονιστεί ξανά πως η μονάδα αυτή δεν θα συνδεθεί στο δίκτυο για να πωλεί ΗΕ, αλλά απλά θα διοχετεύει ΗΕ και ΘΕ για ιδιοκατανάλωση στις εγκαταστάσεις μας.

Οι συνολικές ανάγκες σε ΘΕ είναι:

$$\text{Δαπάνες ΘΕ} = \text{Δαπάνες ΘΕ ξηραντήρα} + \text{Δαπάνες ΘΕ χωνευτήρα}$$

Οι δαπάνες για ΘΕ για τον χωνευτήρα είναι το 30% της θερμικής δυναμικότητας της ΣΗΘ ανηγμένης σε πλήρη αξιοποίηση του δυναμικού του χωνευτήρα<sup>58</sup>.

Οι δαπάνες για ΘΕ για τον ξηραντήρα έχουν υπολογιστεί παραπάνω (Πίνακας 6.8).

57 Στοιχεία Ελληνικού Συνδέσμου Παραγωγών Βιοαερίου

58 Στοιχεία Στοιχεία Ελληνικού Συνδέσμου Παραγωγών Βιοαερίου

Θέλουμε να υπολογίσουμε πόση από την ΘΕ που παράγεται στην ΣΗΘ απομένει μετά την ιδιοκατανάλωση του χωνευτήρα. Έχουμε:

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
ΘΕ ΣΗΘ (kWh.th)	360546	650263	658161	658161	1001492	1071034	1141220	1202460	1269263	1335058
ΘΕ χωνευτήρα (kWh.th)	202965	443022	448403	448403	672604	721031	769906	819231	864744	896805
Υπόλοιπο ΘΕ (kWh.th)	157581	207241	209758	209758	328888	350003	371313	383229	404519	438253

Πίνακας 6.18: Περίσσεια ΘΕ μετά από ιδιοκατανάλωση στον χωνευτήρα

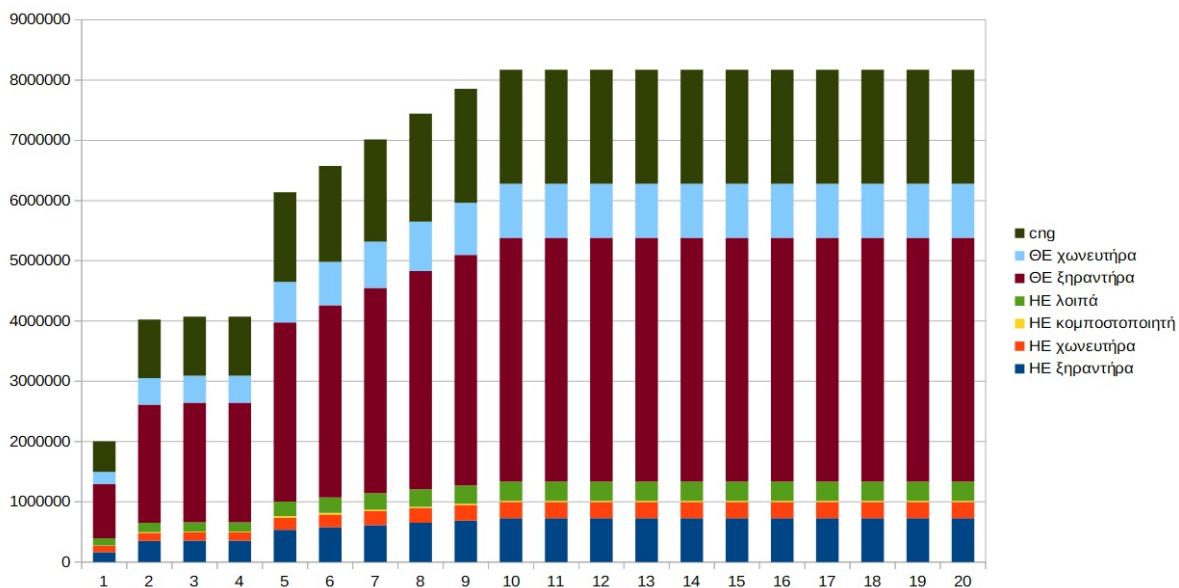
Με βάση τα παραπάνω, και θεωρώντας πως η περίσσεια ΘΕ της ΣΗΘ μετά από ιδιοκατανάλωση στον χωνευτήρα διοχετεύεται για ιδιοκατανάλωση στον ξηραντήρα:

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
Δαπάνες ΘΕ Ξηραντήρα (kWh.th)	1003338	2190037	2216636	2216636	3324954	3564351	3805964	4049794	4274783	4521938
Περίσσεια ΘΕ ΣΗΘ (kWh.th)	157581	207241	209758	209758	328888	350003	371313	383229	404519	438253
Υπολειπόμενες ανάγκες ΘΕ Ξηραντήρα (kWh.th)	845757	1982795	2006878	2006878	2996066	3214348	3434651	3666566	3870264	4083685
Βιομεθάνιο για κάλυψη ΘΕ ξηραντήρα στον λέβητα (κ.μ.)	65058	152523	154375	154375	230467	247258	264204	282044	297713	314130

Πίνακας 6.19: Υπολογισμός βιομεθανίου για κατανάλωση στον ξηραντήρα

Από τα παραπάνω, έχουμε όλα τα στοιχεία για να καταρτίσουμε το ενεργειακό ισοζύγιο του συνόλου της μονάδας:



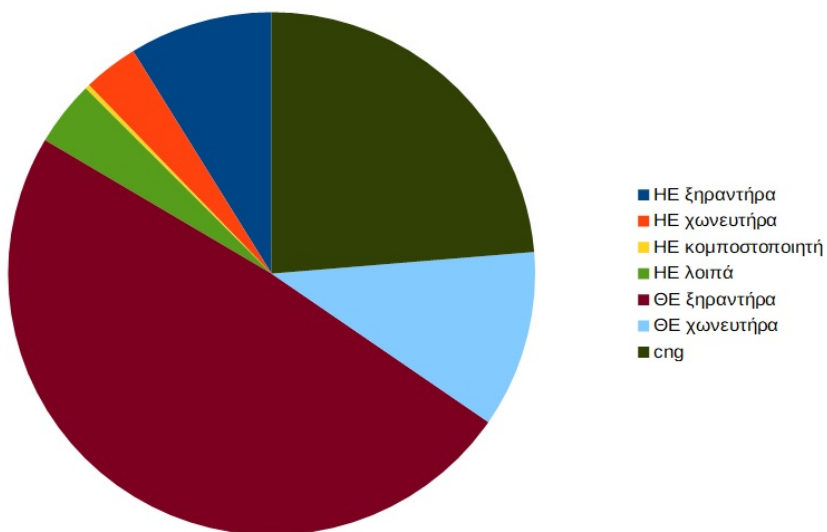


Εικόνα 6.4α: Ενεργειακό ισοζύγιο εγκατάστασης

Οι ποσοστιαίες διακυμάνσεις ανά έτος, αν και υπαρκτές, είναι σχεδόν αμελητέες.

Κατά μέσο όρο για την 20ετία, τα ποσοστά της αποδιδόμενης ενέργειας σε κάθε τμήμα της εγκατάστασης είναι τα παρακάτω:

HE Ξηραντήρα	HE Χωνευτήρα	HE composter	HE λοιπά	ΘΕ Ξηραντήρα	ΘΕ Χωνευτήρα	βιομεθάνιο
8.8%	3.38%	0.29%	4%	48.91%	10.94%	23.68%



Εικόνα 6.4β: Ενεργειακό ισοζύγιο μονάδας

Από τις παραπάνω εικόνες 6.3α και 6.3β εύκολα διακρίνεται το ιδιαίτερα μεγάλο ενεργειακό κόστος που προσδίδει στην εγκατάσταση η ύπαρξη του ξηραντήρα. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να συνεκτιμηθούν τα διαχειριστικά οφέλη που προσφέρει η ύπαρξή του με το συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο, όπως και τεχνοοικονομικοί και επενδυτικοί παράγοντες.

### 6.6.3 Παραγωγή κομπόστ, bioCNG και υπολογισμός του δυναμικού ιδιοκατανάλωσης του

Για τον υπολογισμό των βασικών παραμέτρων λαμβάνουμε υπόψη μας τις παρακάτω βασικές μετατροπές:

**Πυκνότητα CH<sub>4</sub> (υπό Κ.Σ.) 0.72 kg/m<sup>3</sup><sup>59</sup>**

**1 kg bioCNG ισοδυναμεί με 1.2 λίτρα πετρελαίου κίνησης<sup>60</sup>**

**Η μέση κατανάλωση ενός απορριμματοφόρου είναι 40 lt/100km (πετρέλαιο κίνησης).**

Μιας και η μετατροπή των οχημάτων του Δήμου θα γίνει έτσι ώστε να εγκατασταθεί Για την συμβολή του CNG στην χιλιομετρική απόδοση του οχήματος, θεωρούμε πως το 50% της απόδοσης σε ισχύ του κινητήρα του οχήματος προέρχεται από το πετρέλαιο κίνησης και το υπόλοιπο 50% από το CNG, με βάση τα χαρακτηριστικά της μετατροπής του οχήματος.

Με βάση τα παραπάνω, μπορούμε να υπολογίσουμε τις εξής σχέσεις:

Συνολικές ανάγκες σε καύσιμο για το σύστημα καφέ/πράσινου κάδου ως προς την διανυθείσα απόσταση:

**F.tot: ολικές ανάγκες σε καύσιμο (lt πετρελαίου κίνησης)**

**TD = 280488 – 124527\*Rate.org η συνολική διανυθείσα απόσταση (καφέ+πράσινος κάδος)**

Άρα:

**F.tot = (40/100)\*TD**

ή αλλιώς:

**F.tot = 112195 – 49811\*Rate.org**

59 Πετρόχειλος, Χ. “Βιοαέριο: Υφιστάμενη κατάσταση και ενσωμάτωση βιοαερίου στα μεγάλα αστικά κέντρα”

60 Στοιχεία Ελληνικού Συνδέσμου Παραγωγών Βιοαερίου

Και να θεωρούμε πως το 50% αυτής της ποσότητας μπορεί να αντικατασταθεί από bioCNG:

$$F_{cng.eq}: \text{ανάγκες μετατρεπόμενου στόλου σε kg CNG} = 0.5 * F_{tot}$$

Από τους πίνακες (6.16) και (6.19) προκύπτει το σύνολο της ποσότητας του βιομεθανίου που οδηγείται σε αναβάθμιση, καθαρισμό και συμπίεση για να μας δώσει bioCNG (και ισοδύναμη ποσότητα πετρελαίου κίνησης):

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
Βιομεθάνιο (κ.μ.)	42420	74668	75575	75575	114458	122502	130620	138075	145746	145770
BioCNG (kg)	30542	53761	54414	54414	82410	88201	94047	99414	104937	104955
Ισοδύναμο πετρέλαιο κίνησης (lt)	36651	64513	65297	65297	98892	105842	112856	119297	125925	125946

Πίνακας 6.20: Αναβαθμισμένο βιομεθάνιο και τα ισοδύναμά του σε kg CNG και lt πετρελαίου κίνησης

Με βάση λοιπόν τις εκτιμώμενες διανυθείσες αποστάσεις, την εκτιμώμενη μέση κατανάλωση και την αντικατάσταση του καυσίμου με ισοδύναμο bioCNG, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας, όπου φαίνονται οι ανάγκες του μετατρεπόμενου στόλου σε cng και σε ισοδύναμα πετρελαίου κίνησης, καθώς και εν τέλει το πλεόνασμα παραγωγής βιομεθανίου που μας απομένει μετά την κάλυψη των αναγκών του στόλου συμμείκτων/βιοαποβλήτων:

Έτος	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο+
F.cng.eq (lt)	49871	43645	39909	38664	37418	36173	34928	33683	32437	31192
Πλεόνασμα ισοδύναμου cng (lt diesel)	-13220	20868	25388	26633	61474	69669	77928	85614	93487	94754
Πλεόνασμα ισοδύναμου CNG (kg)	-11017	17390	21156	22194	51228	58057	64940	71345	77906	78961

Πίνακας 6.21: Καταναλώσεις bioCNG στον στόλο του Δήμου

Από Ανάλυση Νεκρού Σημείου, προκύπτει πως για να εξυπηρετηθεί όλος ο στόλος που διαχειρίζεται τον καφέ και τον πράσινο κάδο, χρειάζεται να συμμετάσχει στην Διαλογή στην Πηγή

το 32.5-33%. Για αυτόν τον λόγο και στο σενάριό μας στην πρώτη χρονιά, όπου προβλέπεται ανταπόκριση στην ΔσΠ 25%, δεν υπάρχει πλεόνασμα αλλά έλλειμμα.

#### 6.6.4 Χρηματοοικονομική ανάλυση

Για να υπολογίσουμε τους χρηματοοικονομικούς δείκτες θεωρούμε πως ο Δήμος ιδιοκαταναλώνει όλο το βιομεθάνιο που πλεονάζει από τις λειτουργικές ανάγκες της εγκατάστασης ως καύσιμο κίνησης. Θα σημειώσουμε κεφαλαιακές δαπάνες για μετατροπή οχημάτων 300000 ευρώ (30 οχήματα \* 10000 ευρώ) ισομοιρασμένες στα τρία πρώτα χρόνια. Θα αφαιρέσουμε οποιοσδήποτε λειτουργικές δαπάνες για ενέργεια (ΘΕ & ΗΕ), μιας και όλες μας τις ανάγκες μας τις καλύπτει η μονάδα. Επίσης, θα υπολογίσουμε εξοικονόμηση σε πετρέλαιο κίνησης σε ποσότητες ισοδύναμου CNG. Η εκτίμηση της εξέλιξης των τιμών του πετρελαίου ξεπερνάει τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, ως εκ τούτου θα κάνουμε παραδοχή για σταθερές τιμές (1.46 ευρώ/ltr). Τέλος, το μόνο απευθείας έσοδο θα είναι η πώληση του κομπόστ. Η προσέγγιση αυτή έχει την μεγαλύτερη δυνατή κυκλικότητα.

Έχουμε λοιπόν με τιμή κομπόστ 35 ευρώ/κ.μ.:

<b>KPIA = -6073516</b>
<b>EBA = -7.1%</b>
<b>ΧΕΚ &gt; 20 έτη</b>

Είναι προφανές πως η επένδυση με αυτούς τους όρους δεν είναι συμφέρουσα.

Εξετάζοντας τιμές για το παραγόμενο κομπόστ, παρατηρούμε πως όταν η τιμή του ανέλθει στα 80 ευρώ, οι δείκτες γίνονται:

<b>KPIA = - 4197</b>
<b>EBA = -2.32</b>
<b>ΧΕΚ &gt; 20 έτη</b>

Βλέπουμε λοιπόν πως ακόμα και με μια τέτοια αυξημένη τιμή η αρνητική αξιολόγηση δεν μεταβάλλεται..

Εξετάζουμε τώρα την περίπτωση επιχορήγησης των μεγάλων επενδύσεων του Δήμου σε πάγιο εξοπλισμό και υποδομές, όπως το πρόγραμμα “Φιλόδημος” του Υπουργείου Εσωτερικών. Στο σενάριο αυτό, οι αγορές πάγιου εξοπλισμού επιχορηγούνται κατά 50%.

Τότε, και για τιμή μονάδας 35 ευρώ έχουμε:

<b>ΚΠΑ = -1708845</b>
<b>EBA = -0.5%</b>
<b>ΧΕΚ &gt; 20 έτη</b>

Τώρα, υπολογίζουμε το ύψος αρχικής επένδυσης για να μηδενιστεί η ΚΠΑ. Αυτό προκύπτει πως ανέρχεται περίπου στο ποσό των 9850000 ευρώ, οπότε και ο EBA γίνεται 5%, όσο και το επιλεγέν προεξοφλητικό επιτόκιο .

Εάν, τέλος, οι αρχικές επιδοτήσεις φτάσουν το 100%, τότε οι δείκτες γίνονται:

<b>ΚΠΑ = 2084397</b>
<b>EBA = 23.3%</b>
<b>ΧΕΚ = 6 έτη</b>

ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ	ΕΝΑΡΞΗ	ΕΤΟΣ 1	ΕΤΟΣ 2	ΕΤΟΣ 3	ΕΤΟΣ 4	ΕΤΟΣ 5	ΕΤΟΣ 6	ΕΤΟΣ 7	ΕΤΟΣ 8	ΕΤΟΣ 9	ΕΤΟΣ 10	ΕΤΟΣ 11	ΕΤΟΣ 12
<b>ΠΑΓΙΑ</b>													
Μηνήματα		5,000,000.00				3,600,000.00			850,000.00				
Μετατροπές οχημάτων σε dual fuel		100,000.00	100,000.00	100,000.00									
Εξοπλισμός		35,000.00					20,000.00	15,000.00					
Οχήματα		290,000.00											
Λοιπά		15,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00
Κατασκευαστικά έργα		300,000.00					40,000.00						
Επιδοτήσεις													
Μελέτες		122,500.00											
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ</b>	<b>0.00</b>	<b>5,862,500.00</b>	<b>105,000.00</b>	<b>105,000.00</b>	<b>5,000.00</b>	<b>3,605,000.00</b>	<b>65,000.00</b>	<b>20,000.00</b>	<b>855,000.00</b>	<b>5,000.00</b>	<b>5,000.00</b>	<b>5,000.00</b>	<b>5,000.00</b>

Πίνακας 6.22: Κεφαλαιακές Δαπάνες

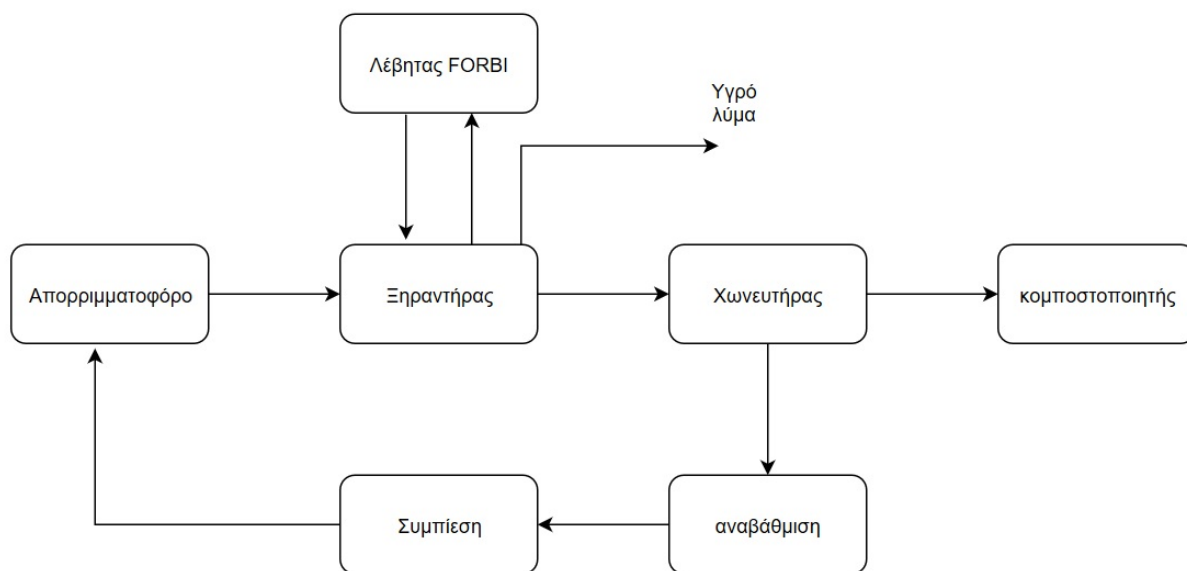
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ		0.00	141,696.00	141,696.00	141,696.00	141,696.00	188,928.00	188,928.00	188,928.00	188,928.00	188,928.00	188,928.00	188,928.00	
		ΕΝΑΡΞΗ	ΕΤΟΣ 1	ΕΤΟΣ 2	ΕΤΟΣ 3	ΕΤΟΣ 4	ΕΤΟΣ 5	ΕΤΟΣ 6	ΕΤΟΣ 7	ΕΤΟΣ 8	ΕΤΟΣ 9	ΕΤΟΣ 10	ΕΤΟΣ 11	ΕΤΟΣ 12
Πάγια ΗΕ	137.50													
Τηλέφωνο	60.00		720.00	730.80	741.76	752.89	764.18	775.64	787.28	799.09	811.07	823.24	835.59	848.12
Νερό			25.34	50.89	51.51	51.51	64.39	64.39	64.39	94.11	99.33	103.02	103.02	103.02
Καθαριότητα	350.00		4,200.00	4,263.00	4,326.95	4,391.85	4,457.73	4,524.59	4,592.46	4,661.35	4,731.27	4,802.24	4,874.27	4,947.39
Ασφαλίσεις	90.00		54,400.00	55,450.00	56,500.00	56,550.00	92,600.00	92,850.00	93,050.00	101,600.00	101,650.00	101,700.00	101,750.00	101,800.00
Δαπάνες μεταφοράς υπολειμμάτων			0.00	0.00	42,570.00	42,570.00								
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Εξοικονόμηση σε πετρέλαιο			-53,510.19	-94,189.06	-95,333.05	-95,333.05	-144,382.37	-154,529.00	-164,769.58	-174,173.49	-183,849.79	-183,880.61	-183,880.61	-183,880.61
Εξοικονόμηση gate fees			-80,811.00	-162,279.00	-211,710.04	-229,030.20	-246,375.00	-264,114.00	-282,017.25	-300,084.75	-316,756.13	-335,070.00	-335,070.00	-335,070.00
Εξοικονόμηση μεταφορικών			-34,067.38	-68,411.74	-89,250.31	-96,551.95	-103,863.97	-111,342.18	-118,889.63	-126,506.32	-133,534.44	-141,255.00	-141,255.00	-141,255.00
κατανάλωση ΗΕ														
μεταφορά/διαχείριση λυμάτων			8,907.17	9,040.78	9,176.39	9,314.03	9,453.74	9,595.55	9,739.48	9,885.58	10,033.86	10,184.37	120,406.30	122,212.40
μέση ετήσια αύξηση (%)	1.50%													
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΛΟΙΠΑ</b>		<b>0.00</b>	<b>-100,136.07</b>	<b>-255,344.33</b>	<b>-282,926.80</b>	<b>-307,284.92</b>	<b>-387,281.30</b>	<b>-422,175.00</b>	<b>-457,442.84</b>	<b>-483,724.43</b>	<b>-516,814.82</b>	<b>-542,592.75</b>	<b>-432,236.43</b>	<b>-430,294.69</b>
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ</b>		<b>0.00</b>	<b>41,559.93</b>	<b>-113,648.33</b>	<b>-141,230.80</b>	<b>-165,588.92</b>	<b>-198,353.30</b>	<b>-233,247.00</b>	<b>-268,514.84</b>	<b>-294,796.43</b>	<b>-327,886.82</b>	<b>-353,664.75</b>	<b>-243,308.43</b>	<b>-241,366.69</b>

Πίνακας 6.23: Λειτουργικές δαπάνες

Παρατηρούμε και εδώ λοιπόν όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, πως η επένδυση είναι εξαιρετικά ευαίσθητη σε μεταβολές κεφαλαιακών δαπανών, και πολύ λιγότερο ευαίσθητη σε μεταβολές λειτουργικών δεικτών. Συνίσταται η σε κάθε περίπτωση προσπάθεια για ένταξη σε καθεστώς επιδοτήσεων/επιχορηγήσεων, ενώ, συνεκτιμώμενου και του ενεργειακού ισοζυγίου, θα πρέπει να ζυγιστούν τα οφέλη διαχείρισης που προσφέρει η λύση της ξήρανσης με τα σημαντικά ενεργειακά και κεφαλαιακά κόστη.

### 6.6.5 Αυτοτροφοδότηση ξηραντήρα με FORBI

Μια παρεμφερής προσέγγιση είναι η καύση του FORBI σε λέβητα για τις ανάγκες της ξήρανσης. Η διάταξη της εγκατάστασης αυτής θα έχει ως εξής:

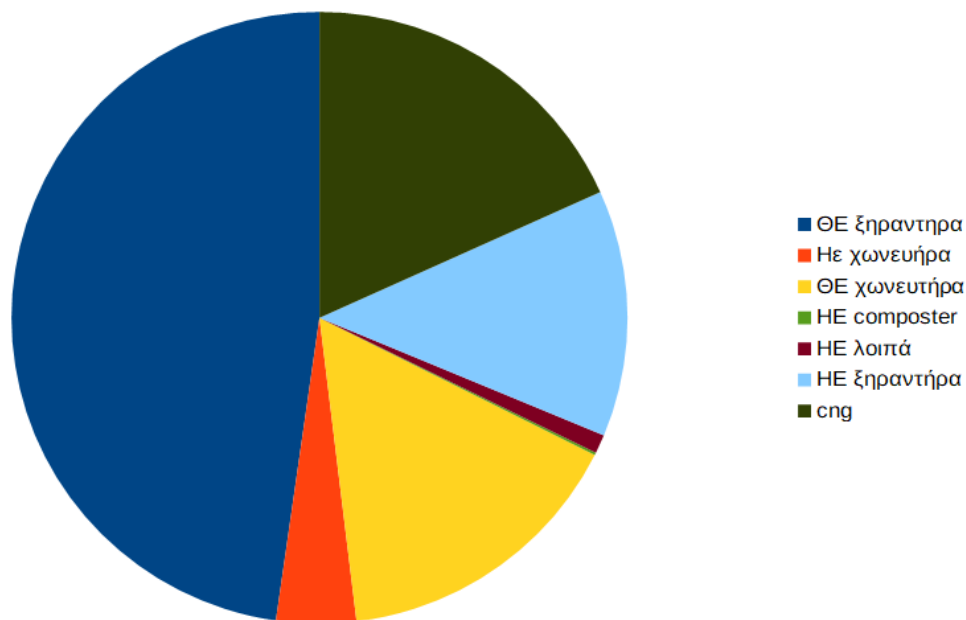


Εικόνα 6.3: Σχηματική απεικόνιση της μονάδας

Από τις τεχνικές προδιαγραφές του ξηραντήρα, προκύπτει πως για την ξήρανση θα καίγεται το 48.5% του παραγομένου FORBI. Άρα το υπολοιπόμενο 51.5% θα οδηγείται στον χωνευτήρα.

Θεωρούμε όλες τις υποδομές και τις λειτουργικές τους ανάγκες λοιπόν για ολη την διάταξη που έπεται του ξηραντήρα διαστασιολογημένες στο 50% της αρχικής περίπτωσης.

Το ενεργειακό ισοζύγιο αυτή την φορά θα είναι το παρακάτω:



Εικόνα 6.5: Ενεργειακό ισοζύγιο μονάδας

Παρατηρούμε πως οι αναλογίες είναι ίδιες με την προηγούμενη περίπτωση.

Πράγματι, τα ποσοστά έχουν ως εξής:

HE Ξηραντήρα	HE Χωνευτήρα	HE composter	HE λοιπά	ΘΕ Χωνευτήρα	ΘΕ Ξηραντήρα	βιομεθάνιο
13.03	4.18%	0.13%	0.99%	11.68%	47.77%	22.25%

Το παραπάνω από χρηματοοικονομικής πλευράς σημαίνουν τα εξής:

- μειώνονται κατά 50% τα έσοδά μας από πώληση κομπόστ
- Υπάρχει εξοικονόμηση στις κεφαλαιακές μας δαπάνες, η οποία προέρχεται από την μείωση της δυναμικότητας της αναερόβιας χώνευσης και του κομποστοποιητή κατά 50%.

Από τους υπολογισμούς προκύπτει πως το απαιτούμενο αρχικό κεφάλαιο που πρέπει να επενδύσουμε για να μηδενιστεί η ΚΠΑ και να γίνει συμφέρουσα η επένδυση με προεξοφλητικό επιτόκιο 5% και τιμή μονάδας κομπόστ 35 ανά κ.μ. είναι κάτι λιγότερο 4300000, δηλαδή το 43%



του προηγούμενου σεναρίου. Προκύπτει λοιπόν πως μπορούμε με πολύ μικρότερη αρχική επένδυση να έχουμε πολύ καλύτερη τοποθέτηση των κεφαλαίων μας.

Φυσικά ισχύει το συμπέρασμα, πως οι ενεργειακές δαπάνες του ξηραντήρα πρέπει να συνεκτιμηθούν ως προς τα διαχειριστικά οφέλη που μας προσφέρουν.

### 6.6.7 Έγχυση βιοαερίου στο δίκτυο - προοπτικές

Μια λύση που εξετάζεται είναι η έγχυση του βιομεθανίου στο δίκτυο Φυσικού Αερίου της χώρας. Η ΕΕ, ήδη από το 2003 έχει εκδώσει την οδηγία 2003/55/EK, η οποία αναφέρει πως “Οι κανόνες που θεσπίζονται με την παρούσα οδηγία για το φυσικό αέριο, συμπεριλαμβανομένου του υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ), ισχύουν και για το βιοαέριο και το αέριο που παράγεται από βιομάζα ή άλλα είδη αερίου, στο βαθμό που τα αέρια αυτά είναι τεχνικώς δυνατό να διοχετεύονται με ασφάλεια στο δίκτυο φυσικού αερίου και να μεταφέρονται μέσω αυτού.”

και πως:

“Τα κράτη μέλη θα πρέπει να μεριμνούν ώστε, λαμβάνοντας υπόψη τις απαραίτητες απαιτήσεις ποιότητας, να παρέχεται στο βιοαέριο και στο αέριο που παράγεται από βιομάζα ή σε άλλα είδη αερίων πρόσβαση στο δίκτυο αερίου, υπό την προϋπόθεση ότι η πρόσβαση αυτή συμβιβάζεται συνεχώς με τους συναφείς τεχνικούς κανόνες και προδιαγραφές ασφαλείας”<sup>61</sup>.

Ήδη σε μια σειρά από χώρες η λύση της έγχυσης βιοαερίου στο δίκτυο υλοποιείται<sup>62 63</sup>. Δυστυχώς το ελληνικό νομικό πλαίσιο δεν προβλέπει κάποια τέτοια δυνατότητα. Εναλλακτική τέτοια λύση είναι συμπίεση του βιομεθανίου σε 250 bar, και η εισαγωγή του σε κύλινδρους, καθορισμένων προδιαγραφών, που είναι τοποθετημένοι απευθείας σε ρυμουλκούμενο όχημα ή σε ειδικά διαμορφωμένες μεταλλικές κατασκευές. Κατόπιν, το προϊόν μεταφέρεται οδικώς μέχρι θυγατρικό σταθμό, όπου αποσυμπιέζεται και εγχύεται. Τελικός χρήστης μπορεί να είναι δίκτυο διανομής σε πόλεις/περιοχές όπου το δίκτυο μεταφοράς δεν προγραμματίζεται να ολοκληρωθεί. Στην περίπτωση αυτή, ισχύουν οι μέριμνες για την διασφάλιση ποιότητας και ισχύουν και για το λοιπό Η κοντινότερη τέτοια περίπτωση στο Χαλάνδρι είναι το Καρπενήσι<sup>64</sup>. Σε αυτή την περίπτωση, η ευρωπαϊκή πρακτική και εμπειρία έχει δείξει πως μεταφορά CNG οδικώς σε αποστάσεις άνω των

61 Οδηγία 2003/55/EK

62 ENTSG, Technical paper on the injection of biogas into the natural gas network, 2011

63 Frank Graf, Uwe Klaas, “State of biogas injection to the gas grid in Germany”

64 Στοιχεία ΔΕΔΑ ΑΕ

200 km είναι ασύμφορη, ειδικά μιας και ο χώρος της διανομής είναι ρυθμιζόμενος και τα τιμολόγια είναι υπό την εποπτεία της ΡΑΕ<sup>65</sup>. Εναλλακτικά, μπορεί να αναζητηθεί και επιτευχθεί διμερής συμφωνία με επιχείρηση η οποία να καταναλώνει την ενέργεια. Οι προκλήσεις αυτής της εφαρμογής είναι σημαντικές, παρόλα αυτά: Οι κεφαλαιακές δαπάνες για αγορά εξοπλισμού είναι σημαντικές (2 διατάξεις με δεξαμενές αποθήκευσης/μεταφοράς με ενδεικτικό κόστος 200000 ευρώ για χωρητικότητα 7000 κ.μ., αποσυμπιεστής ενδεικτικού κόστους 130000-150000) και βαραίνουν τον προμηθευτή, ενώ οι περιοχές που στεγάζουν Βιομηχανικούς πελάτες στην Αττική έχουν καλή κάλυψη από το δίκτυο ΦΑ, άρα θα είναι δύσκολο να προσελκυστεί αγοραστής.

Τέλος, με αυτή την προσέγγιση απομακρυνόμαστε από το πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας, και την αρχή της εγγύτητας. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να αποκτήσει επενδυτικό ενδιαφέρον στον βαθμό που η θερμική αξιοποίηση του βιομεθανίου επιδοτηθεί με παρόμοιο τρόπο με την παραγωγή ΗΕ και ΣΗΘ από βιομεθάνιο. Αυτή την στιγμή, στην Ελλάδα η επιδότηση της παραγωγής ΑΠΕ με το σύστημα των εγγυημένων σταθερών τιμών ή αλλιώς Feed In Tariffs αφορά μόνο στην ηλεκτροπαραγωγή<sup>66</sup>.

---

65 Απόφαση ΡΑΕ 348/2016

66 ΛΑΓΗΕ

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Περιβαλλοντική Μηχανική, Βλυσίδης Α., Γρηγοροπούλου Ε., Λυμπεράτος Γ., 2017
2. Λυμπεράτος Γ., 2013 «Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων
3. Rogers, M.E. “Diffusion of Innovations”, 1962
4. Εθνικό Σχέδιο για την Διαχείριση Αποβλήτων, 2015
5. Λυμπεράτος Γ., Αναερόβια χώνευση - Κομποστοποίηση Απαραίτητος συνδυασμός για ολοκληρωμένη ενεργειακή αξιοποίηση οργανικών αποβλήτων
6. Οδηγός Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Κομποστοποίησης Προδιαλεγμένων Βιοαποβλήτων, ΕΠΠΕΡΑΑ 2014
7. Οδηγός εφαρμογής προγραμμάτων διαλογής στην πηγή και συστημάτων διαχείρισης βιοαποβλήτων, ΕΠΠΕΡΑΑ, 2012
8. Οδηγός σύνταξης Τοπικών Σχεδίων Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων, ΕΔΣΝΑ, 2015
9. Athens BioWaste, Οδηγός για την εφαρμογή, έλεγχο και αξιολόγηση προγραμμάτων διαλογής στην πηγή και κομποστοποίησης βιοαποβλήτων, 2014
10. Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων Δήμου Χαλανδρίου, 2015
11. Στοιχεία ΕΔΣΝΑ για το έτος 2018 [https://www.edsna.gr/images/pdf2/862\\_Ανάλυση\\_ανά\\_Δήμο\\_2018\\_2017.pdf](https://www.edsna.gr/images/pdf2/862_Ανάλυση_ανά_Δήμο_2018_2017.pdf)
12. “Το κλείσιμο του κύκλου – ένα σχέδιο δράσης της ΕΕ για την κυκλική οικονομία”, 2015
13. “Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe”, 2014
14. Οδηγία 2003/55/EK
15. Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία, ΥΠΕΚΑ, 2018
16. Papadopoulou K., Alonso Vicario A., Niakas S., Melanitou E., Lytras C., Kornaros M., Zafiri C. Lyberatos G., Life Cycle thinking, the key for a Circular Economy: the Municipality of Halandri case, 15th International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes, Greece, 31 August to 2 September 2017.
17. K. Papadopoulou, G. Lyberatos, J. Merino Lizarraga, I. López Torre, M. Ibarra, N. Zafeiri, C. Lytras, M. Kornaros, S. Egenfeldt-Nielsen, M. Giavini, R. Mariani, S. Colombo, G. Drosi, A. Schmidt, J. Dinis, M. Vila, P. Andriani, J. Arambarri, E. Melanitou, S. Niakas, A.

- Alonso-Vicario, Moving towards Life Cycle Thinking by integrating Advanced Waste Management Systems: WASTE4THINK, Athens 2017 5th International Conference on Solid Waste Management.
18. K. Papadopoulou, K. Papanikola, I. Vaitzos, A. Peppas, C. Lytras, G.M Lytras, D. Mathioudakis, H. Pavlopoulos, G. Lyberatos, 6th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, Valorization of a Food Residue Biomass product as a solid fuel for the production of pellets, Naxos, Greece 2018.
  19. K. Papanikola, K. Papadopoulou, C. Tsiligiannis, A. Katsiampoulas, E. Chalarakis, M. Georgiopolou, G. Lyberatos, Food Residue Biomass Product as an Alternative Energy Source for the Cement Industry, Athens 2017 5th International Conference on Solid Waste Management.
  20. G.M. Lytras, I. Michalopoulos, D. Mathioudakis, T. Dimitriou, I. Zacharopoulos, C. Lytras, K. Papadopoulou, G. Lyberatos, Waste-to-biofuels: Valorization of Food Residue Biomass (FORBI) for hydrogen and methane production, 7th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorization, Prague, 2018.
  21. Michalopoulos I., Lytras G.M., Papadopoulou K., Goumenos A., Zacharopoulos I., Lytras C., and Lyberatos G. Hydrogen and Methane Production from Food Residue Biomass Product (FORBI), 15th International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes, Greece, 31 August to 2 September 2017.
  22. Michalopoulos, G.M. Lytras, S. Michalakidi, S. Zgouri, K. Papadopoulou, G. Lyberatos, Evaluation of in-vessel and pilot scale composting as an alternative for food waste valorization, 7th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorization, Prague, 2018.
  23. D. Mathioudakis, G.M. Lytras, D. Fotiou, C. Lytras, K. Papadopoulou, G. Lyberatos, Valorization of a Food Residue Biomass product in a two-stage anaerobic digestion system for the production of hythane, 6th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, Naxos, Greece 2018.
  24. Dimitrios Mathioudakis, Ioannis Michalopoulos, Konstantinos Kalogeropoulos, Konstantina Papadopoulou, Gerasimos Lyberatos, 7th European Bioremediation

- Conference (EBC-VII), Methane production from dried/shredded food waste in a Periodic Anaerobic Baffled Reactor (PABR), Prague, 2018.
25. Χρήστος Λύτρας, Παραγωγή Φυσικού Αερίου Κίνησης από Οικιακά Ζυμώσιμα Απορρίμματα, VERDE-TEC, 2019
  26. Κακαράς Ε. – Καρέλλας Σ., “Αντιρρυπαντική Τεχνολογία Θερμικών Σταθμών”, 2014
  27. Alberto Confalonieri, The success of food waste collections and biogas production in the City of Milan, Italy
  28. Amlinger F., Peyr S., Hindebrandt U., Musken J., Cuhls C., Gilbert J. The State of the Art of Composting – a guide to good practice – s.l. : Austrian Ministry for Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, 2009.
  29. Αποκεντρωμένη Διαχείριση Αστικών Απορριμμάτων: Δυνατότητες και Προοπτικές, Β., 2016
  30. Γκαλαντζή, Α. “Κυκλική Οικονομία και απορρίμματα τροφίμων: Η περίπτωση του Δήμου Χαλανδρίου”, 2018
  31. Κρητικός Νικόλαος-Αλέξανδρος, “Σχεδιασμός διεργασιών προς παραγωγή ενέργειας από Αστικά Στερεά Απορρίμματα. Μελέτη περίπτωσης: Αττική”, 2014
  32. Παπαγεωργίου Γεώργιος, “Δωλιστήριο αποβλήτων: Σχεδιασμός και ανάλυση βάσει περιβαλλοντικών και τεχνο-οικονομικών όρων”, 2016
  33. Δημουλάς Γεώργιος, “Τεχνολογίες Ενεργειακής Αξιοποίησης ΑΣΑ και Δευτερογενών Καυσίμων με έμφαση στις τεχνολογίες Καύσης υψηλής απόδοσης”, 2013
  34. CEC, “Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives”. Official Journal of the European Union, 2008
  35. (European Commission (2016). Background report on best environmental management practice in the waste management sector. May 2016
  36. Eurostat, (2015) Municipal waste generation and treatment, by type of treatment method from 1995 to 2013. (July 14, 2015)
  37. EC.(2015) Europe 2020 targets. (September 2015)
  38. CEC, Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. Official Journal of the European Union, (1999)

39. EC. (2015) Circular Economy Strategy. (September 2015)
40. Cristobal Garcia J., Vila M., Giavini M., Torres de Matos C., Manfredi S., Prevention of Waste in the Circular Economy: Analysis of Strategies and Identification of Sustainable Targets, JRC Technical Papers, 2016
41. Οδικός Χάρτης για την αποτελεσματική χρήση πόρων στην Ευρώπη, 2011
42. Κανονισμός 178/2002/ΕΚ
43. ΕΔΣΝΑ Οδηγός Σύνταξης ΤΣΔΑ, 2015
44. Κοινή Υπουργική Απόφαση 3137/191/Φ.15/2012
45. ν. 4042, ΦΕΚ 24/Α/13.2.2012, 2012
46. Ν.4447/2016
47. Υπουργική Απόφαση 171914/2013 (ΦΕΚ 3072/Β/3.12.2013)
48. ENTSOG, Technical paper on the injection of biogas into the natural gas network, 2011
49. Frank Graf, Uwe Klaas, “State of biogas injection to the gas grid in Germany”
50. Απόφαση ΡΑΕ 348/2016
51. Πλαίσιο Ανάπτυξης Απομακρυσμένων Δικτύων Διανομής με χρήση Συμπιεσμένου/Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου, ΡΑΕ 2018, αριθμ. απόφ. 642/2018