



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση σεναρίων διαχείρισης
απορριμμάτων: Η περίπτωση της Αττικής»

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Κωνσταντίνος Αραβώσης

Στοιχεία Φοιτητή: Νικόλαος Κλεάνθης

A.M. 02112037

Οκτώβριος 2017

Πρόλογος

Λόγω της έλλειψης αποφασιστικότητας για την εφαρμογή μέτρων που αφορούν τη διαχείριση απορριμμάτων, η ελληνική οικονομία δέχεται πλήγμα από τα πρόστιμα που επιβάλλονται από την Ε.Ε. σε ετήσια βάση. Επιπλέον, δεν είναι λίγες οι φορές όπου η κοινωνία αντιδρά σε λανθασμένες κινήσεις του κράτους όσον αφορά τη διαχείριση των απορριμμάτων της. Ειδικά στο χρονικό σημείο που διανύουμε, όπου η ελληνική οικονομία βρίσκεται σε ύφεση, είναι σημαντικό να εξοικονομούνται χρήματα, ώστε να διατίθενται σε ζωτικούς τομείς. Επομένως, πρέπει να βρεθεί μια ορθολογική λύση για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης απορριμμάτων και την ελαχιστοποίηση των ζημιών που οφείλονται σε αυτή.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τη μελέτη, αξιολόγηση και σύγκριση των 3 σεναρίων διαχείρισης απορριμμάτων που προτείνονται ως εναλλακτικές εφαρμογές από τη 2^η Αναθεώρηση του ΠΕΣΔΑ (2016). Επιπλέον, δίνεται μια εποπτική εικόνα της υφιστάμενης διαχείρισης απορριμμάτων. Αναλύονται τόσο θεωρητικά όσο και τεχνικοοικονομικά οι διάφορες μέθοδοι επεξεργασίας απορριμμάτων. Τέλος, εξάγονται βασικά συμπεράσματα για τις μεθόδους που προσφέρονται, καθώς και για τα σενάρια που αναλύονται.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κωνσταντίνο Αραβώση για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, αλλά και τον κ. Αλέξανδρο Μήτσικα για τη βοήθεια του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και την Αθηνά για τη συμπαράστασή τους.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1^ο: Τεχνικές διαχείρισης απορριμμάτων

1. Η έννοια της διαχείρισης απορριμμάτων
 - 1.1. Παραγωγή, χαρακτηριστικά και δυνατότητες μείωσης στερεών αποβλήτων
 - 1.2. Προσωρινή αποθήκευση, συλλογή και μεταφορά στερεών αποβλήτων
 - 1.2.1. Προσωρινή αποθήκευση
 - 1.2.2. Συλλογή
 - 1.2.3. Μεταφόρτωση
 - 1.3. Ανάκτηση υλικών: επαναχρησιμοποίηση – ανακύκλωση
 - 1.3.1. Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ)
 - 1.3.2. Μηχανική Διαλογή (ανακύκλωση)
 - 1.3.3. Διάθεση ανακυκλωμένων υλικών στην αγορά
 - 1.4. Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας
 - 1.4.1. Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία (Κομποστοποίηση ή Αερόβια Ζύμωση)
 - 1.4.2. Διάθεση του κομπόστ
 - 1.4.3. Αναερόβια βιολογική επεξεργασία – Αναερόβια Ζύμωση (ή Χώνευση)
 - 1.4.4. Βιολογική ξήρανση
 - 1.5. Μηχανική και Βιολογική επεξεργασία
 - 1.5.1. Στερεό ανακτηθέν καύσιμο από αστικά απορρίμματα
 - 1.5.1.1. Ενεργειακή αξιοποίηση RDF/SRF
 - 1.5.1.2. Κατηγορίες RDF
 - 1.5.2. Βιογενές κλάσμα αστικών απορριμμάτων
 - 1.6. Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας
 - 1.6.1. Αποτέφρωση
 - 1.6.1.1. Θερμογόνος δύναμη απορριμμάτων
 - 1.6.1.2. Αποτέφρωση σε εσχάρες
 - 1.6.1.3. Αποτέφρωση σε ρευστοποιημένη κλίνη
 - 1.6.1.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της καύσης
 - 1.6.1.5. Λοιπές περιβαλλοντικές επιπτώσεις
 - 1.6.2. Πυρόλυση
 - 1.6.3. Αεριοποίηση
 - 1.6.4. Τεχνική του πλάσματος
 - 1.7. Υγειονομική ταφή
 - 1.7.1. Σύνθεση και σύστημα επεξεργασίας των σχηματιζόμενων αερίων (βιοαερίου)
 - 1.7.2. Χρήση του βιοαερίου

Κεφάλαιο 2^ο: Βασικά χαρακτηριστικά Αττικής – Υφιστάμενη διαχείριση απορριμμάτων

2. Βασικά χαρακτηριστικά Αττικής
 - 2.1. Έκταση και διοικητική διαίρεση

- 2.2. Πληθυσμιακά στοιχεία
- 2.3. Τεχνικές υποδομές – Δίκτυα μεταφορών
- 2.4. Ποσότητα και σύνθεση των ΑΣΑ
 - 2.4.1. Ποσότητα αποβλήτων αστικού τύπου
 - 2.4.2. Σύνθεση αποβλήτων αστικού τύπου
- 2.5. Υφιστάμενη διαχείριση απορριμμάτων
 - 2.5.1. Υφιστάμενα δίκτυα και εγκαταστάσεις απορριμμάτων
 - 2.5.2. Αξιολόγηση Υφιστάμενης Κατάστασης Διαχείρισης και Υλοποίησης Υφιστάμενου ΠΕΣΔΑ

Κεφάλαιο 3^ο: Το Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΠΕΣΔΑ)

- 3. Στρατηγική, Στόχοι και Σενάρια ΠΕΣΔΑ
 - 3.1. Στρατηγική διαχείρισης αποβλήτων στην περιφέρεια Αττικής
 - 3.2. Γενικοί στόχοι ΠΕΣΔΑ Αττικής
 - 3.3. Στόχοι Ε.Ε. για την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των ανακυκλώσιμων
 - 3.4. Ποσοτικοποιημένοι στόχοι 2ης Αναθεώρησης ΠΕΣΔΑ Αττικής
 - 3.4.1. Στρατηγική και στόχοι για βιοαποδομήσιμα απόβλητα (ΒΑΑ)
 - 3.4.2. Στόχοι για ανακυκλώσιμα υλικά
 - 3.4.3. Στόχοι για απόβλητα συσκευασιών
 - 3.4.4. Στόχοι για λοιπά ρεύματα αποβλήτων
 - 3.4.5. Σύνοψη στόχων και ισοζύγιο διαχείρισης για τα ΑΣΑ Αττικής
 - 3.5. Προτεινόμενα σενάρια διαχείρισης ΑΣΑ
 - 3.5.1. Μηδενική λύση
 - 3.5.2. Πρόταση των 4 ΜΚΟ
 - 3.5.3. Βασικό σενάριο

Κεφάλαιο 4^ο: Τεχνοοικονομική αξιολόγηση προτεινόμενων σεναρίων

- 4. Ανάλυση κόστους για κάθε σενάριο και σύγκριση μεταξύ τους
 - 4.1. Μηδενική λύση
 - 4.1.1. Μεθοδολογική προσέγγιση
 - 4.1.2. Διαδικασία υπολογισμών
 - 4.1.3. Ανάλυσης κόστους
 - 4.2. Πρόταση των 4 ΜΚΟ
 - 4.2.1. Μεθοδολογική προσέγγιση
 - 4.2.2. Διαδικασία υπολογισμών
 - 4.2.3. Ανάλυσης κόστους
 - 4.3. Βασικό σενάριο
 - 4.3.1. Μεθοδολογική προσέγγιση
 - 4.3.2. Διαδικασία υπολογισμών
 - 4.3.3. Ανάλυσης κόστους
 - 4.4. Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση υφιστάμενης διαχείρισης απορριμμάτων
 - 4.4.1. Περιγραφή υφιστάμενης διαχείρισης
 - 4.4.2. Μεθοδολογική προσέγγιση και διαδικασία υπολογισμών
 - 4.4.3. Ανάλυση κόστους και σύγκριση σεναρίων

Κεφάλαιο 5^ο: Σύγκριση των υπό εξέταση σεναρίων διαχείρισης ΑΣΑ

- 5.1. Οικονομική σύγκριση των σεναρίων και εξαγωγή συμπερασμάτων
- 5.2. Σύγκριση ανακτήσεων των σεναρίων
- 5.3. Έλεγχος επίτευξης στόχων από τα σενάρια διαχείρισης
- 5.4. Ποιοτική αξιολόγηση εναλλακτικών δυνατοτήτων
- 5.5. Γενικά συμπεράσματα επί των μεθόδων επεξεργασίας και των σεναρίων

Παράρτημα: Διερεύνηση σεναρίου με έμφαση στην καύση δευτερογενών καυσίμων

Βιβλιογραφία & Γενική Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 1° : Τεχνικές διαχείρισης απορριμμάτων

1. Η έννοια της διαχείρισης απορριμμάτων

Με τον όρο απορρίμματα ή στερεά απόβλητα περιγράφονται τα ανθρωπογενούς κυρίως προέλευσης στερεά ή ημιστερεά υλικά, τα οποία στερούνται άμεσης αξίας και είναι ανεπιθύμητα από τον κάτοχο τους, ο οποίος επιθυμεί να τα απορρίψει. Με την ευρύτερη έννοια τα στερεά απόβλητα περιλαμβάνουν υλικά που παράγονται όχι μόνο σε αστικές περιοχές αλλά και λόγω αγροτικών, βιομηχανικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων[1]. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δίνεται έμφαση στη διαχείριση των απορριμμάτων αστικής προέλευσης.

Η έννοια της διαχείρισης των απορριμμάτων εμφανίζει μια δυναμική με το χρόνο εξέλιξη. Η συσχέτιση μεταξύ της δημόσιας υγείας και ανεπαρκών μεθόδων αποθήκευσης, συλλογής και τελικής διάθεσης απορριμμάτων είναι δεδομένη από παλιά. Δεν είναι περίεργο που ιστορικά ο πρώτος στόχος της διαχείρισης αφορούσε αποκλειστικά στην προστασία της δημόσιας υγείας. Μετά την έντονη ευαισθητοποίηση γύρω από τα περιβαλλοντικά προβλήματα, ο στόχος διευρύνεται και αποσκοπεί στην προστασία και αποτροπή δυσμενών επιπτώσεων στον αέρα, στα νερά και το έδαφος. Τα απορρίμματα αποτελούν άχρηστο προϊόν (απόβλητο) που θα πρέπει όμως να διατεθεί με μεθόδους που να εξασφαλίζουν την προστασία όχι μόνο της δημόσιας υγείας αλλά και του περιβάλλοντος[1].

Αξίζει να σημειωθεί, ωστόσο, ότι σε πολλές χώρες της Ευρώπης, αλλά και στα πλαίσια της εξελισσόμενης ενιαίας Ευρωπαϊκής πολιτικής προβάλλεται η έννοια της διαχείρισης στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης, με έμφαση στην ελαχιστοποίηση της παραγωγής και στη θεώρηση των απορριμμάτων ως αξιοποιήσιμου υλικού (μέσω ανάκτησης υλικών ή ενέργειας). Αποτέλεσμα της θεώρησης αυτής είναι η ριζική αλλαγή στον τρόπο αξιολόγησης των διαφόρων μεθόδων διαχείρισης, με προτεραιότητα σε εκείνες που συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων, έτσι ώστε να εξυπηρετείται η αρχή της αειφορίας. Παράλληλα επεκτείνεται η ευθύνη διαχείρισης στους παραγωγούς των αποβλήτων, οι οποίοι καλούνται να έχουν ενεργή συμμετοχή, με επακόλουθο να περιορίζεται η ευθύνη και ο ρόλος της πολιτείας[1].

Με την έννοια της διαχείρισης απορριμμάτων νοείται το σύνολο των απαιτούμενων ενεργειών που περιλαμβάνει[1]:

- Την εκτίμηση της ποσότητας και ποιότητας των απορριμμάτων
- Την προσωρινή αποθήκευση
- Τη συλλογή (με ενδεχόμενη διαλογή στην πηγή)
- Τη μεταφορά στη θέση επεξεργασίας / διάθεσης
- Την τελική επεξεργασία και διάθεση

Η διαχείριση απορριμμάτων επεκτείνεται όλο και περισσότερο σε θέματα πολιτικής, που σχετίζονται τόσο με τις δυνατότητες ελαχιστοποίησης των παραγόμενων προϊόντων και

αξιοποίησής τους μέσω επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης υλικών και ανάκτησης ενέργειας, όσο και με τη σύσταση και λειτουργία κατάλληλων για τον σκοπό αυτό οργανωτικών σχημάτων διαχείρισης[1].

1.1. Παραγωγή, χαρακτηριστικά και δυνατότητες μείωσης στερεών αποβλήτων

Η ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων προϋποθέτει επαρκή γνώση της προέλευσης, του ρυθμού παραγωγής και της σύστασής τους. Οι κύριες κατηγορίες στερεών αποβλήτων είναι οι ακόλουθες[1]:

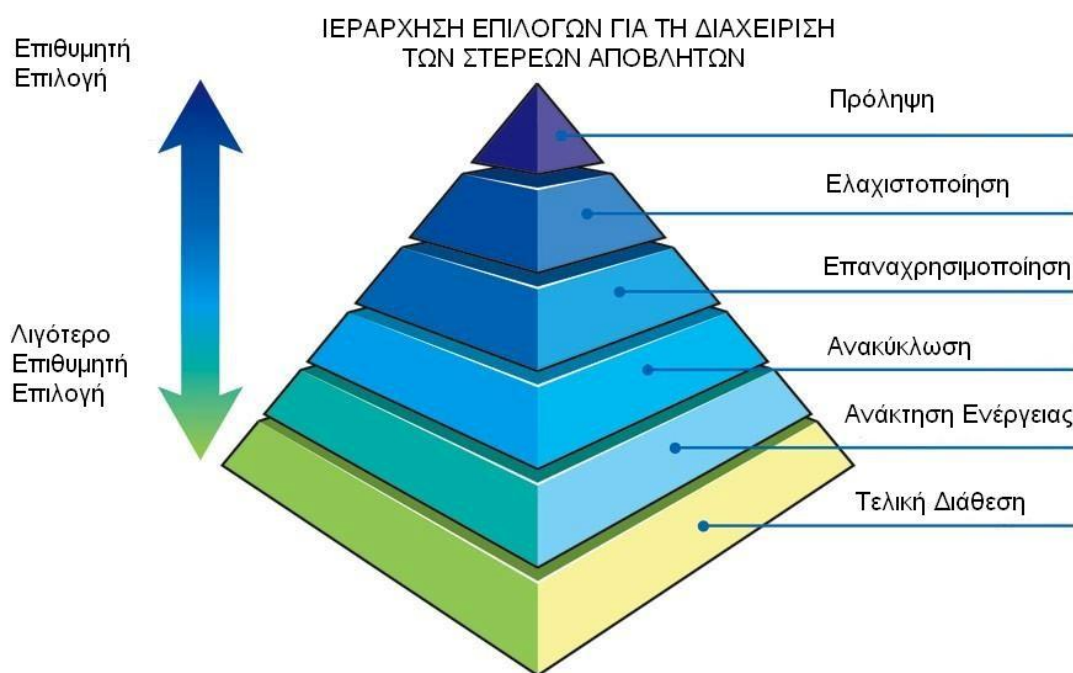
- Οικιακά στερεά απόβλητα
- Εμπορικά στερεά απόβλητα (καταστήματα, εστιατόρια, γραφεία)
- Βιομηχανικά στερεά απόβλητα
- Στερεά απόβλητα από διάφορες αστικές δραστηριότητες (νοσοκομεία, καθαρισμοί δρόμων και κήπων, ογκώδη αντικείμενα)
- Στερεά απόβλητα από κατασκευές
- Στερεά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού και λυμάτων (ιλύς)

Μέρος των στερεών αποβλήτων που προαναφέρθηκαν χαρακτηρίζεται με τον όρο ‘Αστικά Στερεά Απόβλητα’ (Α.Σ.Α.), με σοβαρές δυσκολίες επακριβούς ορισμού. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο όρος λαμβάνεται με ευρεία έννοια, καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος των παραγόμενων αποβλήτων, ενώ σε άλλες υιοθετείται μια στενότερη ερμηνεία με επίκεντρο στα οικιακά και εμπορικά στερεά απόβλητα, καθώς και σε απόβλητα από ορισμένες αστικές δραστηριότητες. Υιοθετώντας τον ορισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ως Α.Σ.Α. θεωρούνται τα οικιακά απόβλητα, καθώς και άλλα απόβλητα τα οποία λόγω φύσης ή σύνθεσης είναι παρόμοια με τα οικιακά. Ο ορισμός αυτός διαχωρίζει τα αστικά στερεά απόβλητα από τρεις άλλες βασικές κατηγορίες, τα επικίνδυνα απόβλητα (κυρίως βιομηχανικά ή μολυσματικά), τα αδρανή απόβλητα (κυρίως από οικοδομικές εργασίες) και την ιλύ, για την οποία προβλέπεται χωριστή συλλογή και επεξεργασία / διάθεση[1].

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα των παραγόμενων στερεών αποβλήτων περιλαμβάνουν τη θέση, την εποχή, τη συχνότητα συλλογής, τις συνήθειες και το βιοτικό επίπεδο του πληθυσμού, την εφαρμοζόμενη ανακύκλωση, τις πολιτικές πρόληψης και τη νομοθεσία. Αξίζει να επισημανθούν ορισμένες διαφορές της σύνθεσης των απορριμμάτων της Ελλάδας σε σύγκριση με τη σύνθεση των απορριμμάτων των ανεπτυγμένων δυτικοευρωπαϊκών χωρών, οι οποίες μπορούν να συνοψισθούν ως εξής[1]:

- Τα Α.Σ.Α. της Ελλάδας έχουν σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό οργανικού κλάσματος και ως συνέπεια αυτού, μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας και μικρότερη θερμογόνο δύναμη.
- Τα Α.Σ.Α. της Ελλάδας δεν διαφέρουν από τα Α.Σ.Α. άλλων χωρών της Ευρώπης ως προς την περιεκτικότητα σε πλαστικό, αλλά εμφανίζουν σημαντικά μικρότερη περιεκτικότητα σε χαρτί.

Οι προσπάθειες μείωσης της ποσότητας των παραγόμενων στερεών αποβλήτων βρίσκονται σε συμφωνία με τη λογική της πρόληψης και αποτελούν την ελκυστικότερη μέθοδο διαχείρισης, η οποία βρίσκεται στην υψηλότερη θέση στην ιεράρχηση των διαφόρων εναλλακτικών μεθόδων που προτείνονται στην Ε.Ε. (Εικόνα 1). Ωστόσο, στις περισσότερες χώρες τα πρακτικά μέτρα προς την κατεύθυνση αυτή είναι είτε ανύπαρκτα είτε πολύ περιορισμένα, όπως εξάλλου συμβαίνει και με το μείζον οικολογικό θέμα του περιορισμού της ανά κάτοικο κατανάλωσης αγαθών. Το γεγονός αυτό προκύπτει από τις επιπτώσεις των μέτρων αυτών σε ένα ευρύ φάσμα κοινωνικών και οικονομικών σχέσεων, όπως είναι οι καταναλωτικές συνήθειες και οι μηχανισμοί λειτουργίας της αγοράς. Πιθανή λύση θα ήταν η επέκταση της ευθύνης διαχείρισης των απορριμμάτων στους παραγωγούς, ενώ για την προώθηση τέτοιων μέτρων κίνητρο θα αποτελούσε η εφαρμογή τροποποιημένων τιμολογιακών πολιτικών. Παρόλα αυτά τόσο στην Ελλάδα όσο και στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης, η δαπάνη για τη διαχείριση αναλαμβάνεται από την Τοπική Αυτοδιοίκηση και επιμερίζεται στους δημότες, συνήθως με βάση τα τετραγωνικά μέτρα της κατοικίας, γεγονός που δεν ενθαρρύνει τους δημότες να μειώσουν την παραγωγή απορριμμάτων[1].



Εικόνα 1: Πυραμίδα ιεράρχησης των επιλογών διαχείρισης στερεών αποβλήτων[2]

1.2. Προσωρινή αποθήκευση, συλλογή και μεταφορά στερεών αποβλήτων

1.2.1. Προσωρινή αποθήκευση

Η προσωρινή αποθήκευση των απορριμμάτων από τη στιγμή που ο χρήστης τα μεταφέρει εκτός του χώρου παραγωγής μέχρι την ώρα της συλλογής από το απορριμματοφόρο, είναι ένα κρίσιμο στάδιο του συστήματος διαχείρισης. Κατά την επιλογή ενός συστήματος προσωρινής αποθήκευσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και παράγοντες όπως το απαιτούμενο κόστος επένδυσης, η διευκόλυνση του έργου της συλλογής κτλ.[1].

Κατά κανόνα τα μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα για την προσωρινή αποθήκευση των απορριμμάτων είναι οι κάδοι, οι οποίοι ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες: τους συρόμενους, οι οποίοι σύρονται στο χώρο απόθεσης, εκκενώνονται και οδηγούνται στην αρχική τους θέση και τους στάσιμους, οι οποίοι παραμένουν στη θέση τους, πέρα από τις μικρές μετακινήσεις προς το απορριμματοφόρο. Τα πλεονεκτήματα των συρόμενων κάδων σχετίζονται με τη μείωση του χρόνου διαχείρισης, του προσωπικού συγκομιδής, καθώς και την μεγάλη ευελιξία ως προς τα μεγέθη και τα είδη των κάδων. Τα μειονεκτήματά τους είναι το χειρωνακτικό τους γέμισμα και ο συνήθως μικρός βαθμός πλήρωσης του κάδου. Η εφαρμογή των συρόμενων κάδων για Α.Σ.Α. στην Ελλάδα δεν είναι διαδεδομένη[1].



Εικόνα 2: Συρόμενο κοντέινερ

Οι στάσιμοι κάδοι χρησιμοποιούνται για όλα τα είδη απορριμμάτων. Υπάρχουν δύο είδη στάσιμων κάδων: οι κυλιόμενοι και οι σταθεροί κάδοι. Οι κυλιόμενοι είναι οι συνηθέστεροι και χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με μηχανική συλλογή. Βασικά πλεονεκτήματα των κυλιόμενων κάδων είναι η εξασφάλιση καλών συνθηκών υγιεινής, η διευκόλυνση του έργου των εργατών και η μείωση του απαιτούμενου χρόνου συλλογής. Μειονεκτήματα αποτελούν το αρχικό κόστος επένδυσης, η προϋπόθεση ύπαρξης κατάλληλων χώρων για την τοποθέτησή τους με καλή πρόσβαση και η απαίτηση για πρόσθετο εξοπλισμό όπως το σύστημα ανύψωσης κάδων στα απορριμματοφόρα και το αυτοκίνητο-πλυντήριο κάδων[1].

Οι σταθεροί κάδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές χαμηλής πυκνότητας δόμησης ή σε περιοχές όπου είναι δύσκολη η προσέγγιση απορριμματοφόρου. Το άδειασμα των κάδων γίνεται χειρωνακτικά με προφανή μειονεκτήματα, ενώ δεν είναι δυνατή η μηχανική πλύση. Εκτός από τους προαναφερθέντες κάδους στους οποίους γίνεται απλή αποθήκευση των απορριμμάτων υπάρχουν και συνθετότερες κατασκευές που ταυτόχρονα επεξεργάζονται (τεμαχισμός – συμπίεση) και αποθηκεύουν τα απορρίμματα. Ο εξοπλισμός αυτός χρησιμοποιείται συνήθως για ειδικές εφαρμογές (πολυώροφα κτίρια, ξενοδοχεία, νοσοκομεία) όπου μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων πρέπει σε μικρό χρονικό διάστημα να αποθηκευτούν με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη οικονομία χώρου[1].

1.2.2. Συλλογή

Η διαδικασία της συλλογής των απορριμμάτων αποτελεί ένα πολύ σημαντικό τμήμα του συστήματος διαχείρισης των απορριμμάτων γιατί αφενός το ποσοστό συμμετοχής του σταδίου αυτού στο συνολικό κόστος είναι ιδιαίτερα υψηλό (70 – 85%) και αφετέρου επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών στους κατοίκους. Οι παράμετροι που πρέπει να εξετάζονται κατά την οργάνωση ενός συστήματος συλλογής περιλαμβάνουν: α) την επιλογή των σημείων συλλογής, β) τον καθορισμό της συχνότητας συλλογής, γ) την επιλογή του απαιτούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού και προσωπικού και δ) τον καθορισμό των δρομολογίων συλλογής[1].

Οι τύποι των απορριμματοφόρων διακρίνονται κυρίως ως προς τη χωρητικότητά τους, το μηχανισμό ανύψωσης των κάδων και το μηχανισμό συμπίεσης. Τα σύγχρονα οχήματα συλλογής είναι κλειστού τύπου, εφοδιασμένα με σύστημα συμπίεσης των απορριμμάτων και σύστημα ανύψωσης κάδων. Απορριμματοφόρα ανοικτού τύπου χρησιμοποιούνται πλέον μόνο για τη συλλογή ογκωδών αντικειμένων που δεν μπορούν να φορτωθούν στα κλειστά απορριμματοφόρα. Η συλλογή ογκωδών αντικειμένων όπως μεγάλες οικιακές συσκευές, έπιπλα, ελαστικά κλπ. δημιουργεί προβλήματα σε αρκετές περιοχές και συχνά αποτελεί ξεχωριστή διαδικασία. Υπάρχουν τρεις εναλλακτικές που μπορούν να εφαρμοσθούν για τη συλλογή ογκωδών αντικειμένων[1]:

- Τα ογκώδη αντικείμενα συλλέγονται ταυτόχρονα με τα υπόλοιπα απορρίμματα χρησιμοποιώντας απορριμματοφόρα με πρέσα.
- Γίνεται ξεχωριστή συλλογή των ογκωδών αντικειμένων από προκαθορισμένα σημεία και σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- Μετά από τηλεφωνική κλήση των κατοίκων προς την υπηρεσία καθαριότητας, όπου οργανώνεται ξεχωριστή συλλογή.

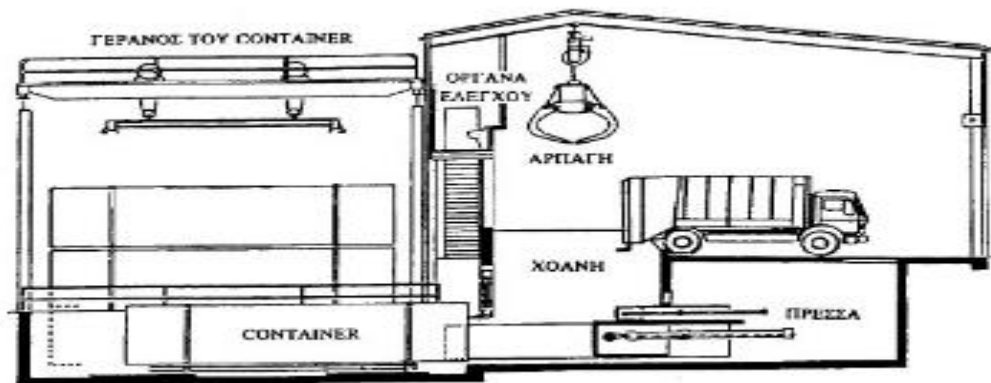
Από τις παραπάνω εναλλακτικές η αποτελεσματικότερη είναι η πρώτη λόγω της οικονομικότητάς της, αφού δεν απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός και προσωπικό [1].

1.2.3. Μεταφόρτωση

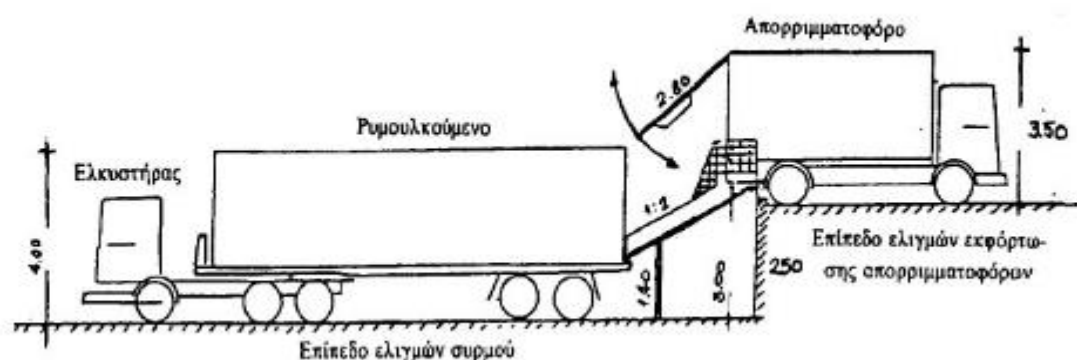
Είναι ο κύκλος εργασιών μετακίνησης των αποβλήτων από τα μέσα συλλογής σε άλλα μέσα συγκέντρωσης τους, προκειμένου να μεταφερθούν προς περαιτέρω διαχείριση. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι Σταθμοί Μεταφόρτωσης (Σ.Μ.). Στους Σ.Μ., οι οποίοι μπορεί να είναι χώροι στεγασμένοι ή ανοιχτοί, συγκεντρώνονται τα απορρίμματα που συλλέγονται από τα απορριμματοφόρα με σκοπό να φορτωθούν στη συνέχεια σε μεγάλης χωρητικότητας ειδικά αυτοκίνητα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (containers) και να μεταφερθούν στους χώρους διάθεσης. Οι Σ.Μ. μπορεί να είναι εξοπλισμένοι με σύστημα συμπίεσης απορριμμάτων, όπου μειώνεται ο όγκος των Α.Σ.Α. με άμεσο αποτέλεσμα την μείωση της απαιτούμενης έκτασης για την τελική διάθεση και πιο οικονομική μεταφορά. Μερικές φορές στους Σ.Μ. γίνεται και επεξεργασία των απορριμμάτων ή μερική ανάκτηση υλικών (π.χ. διαλογή μετάλλων)[1, 3].

Η ανέγερση σταθμών μεταφόρτωσης προϋποθέτει κατάλληλη τεχνικοοικονομική μελέτη στην οποία να συναξιολογούνται αφενός οι πάγιες δαπάνες κατασκευής και το κόστος λειτουργίας του σταθμού αφετέρου τα οικονομικά πλεονεκτήματα από τις μειωμένες διαδρομές των απορριμματοφόρων. Άρα οι σταθμοί αυτοί πρέπει να χωροθετούνται σε κεντροβαρικά σημεία ως προς τις πηγές δημιουργίας των απορριμμάτων, ώστε τα απορριμματοφόρα μετά τη συμπλήρωση του φορτίου τους να διανύουν την ελάχιστη δυνατή απόσταση μέχρι τον Σ.Μ. , όπου ξεφορτώνουν και επιστρέφουν και πάλι στο έργο της αποκομιδής. Στη συνέχεια τα οχήματα από τον Σ.Μ. μεταφέρουν τα απορρίμματα σε μονάδες επεξεργασίας ή τελικής διάθεσης, έχοντας πολλαπλάσιο φορτίο από εκείνο των απορριμματοφόρων. Επιπλέον, στη μελέτη θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως η μείωση των ρύπων που εκπέμπονται από τα απορριμματοφόρα[1, 2].

Οι Σ.Μ. ταξινομούνται ανάλογα με τη δυναμικότητά τους (μικροί / μεγάλοι), το είδος των πάγιων εγκαταστάσεων (σταθεροί / κινητοί) και το βαθμό συμπίεσης (με πρέσες / με υπερσυμπιεστή). Σταθερός θεωρείται ο Σ.Μ. όπου όλες οι απαραίτητες διαδικασίες εκτελούνται σε συγκεκριμένο χώρο με την κατάλληλη πάγια εγκατάσταση και τεχνική υποδομή, ενώ κινητός Σ.Μ. θεωρείται οποιοσδήποτε τύπος οχήματος ή συνδυασμός οχημάτων που φέρει τον κατάλληλο εξοπλισμό για την υποδοχή των αποβλήτων χωρίς τη μεσολάβηση πάγιων εγκαταστάσεων[2].



Εικόνα 3: Σταθερός Σ.Μ.[2]



Εικόνα 4: Κινητός Σ.Μ.[2]

Το κόστος εξοπλισμού ενός Σ.Μ. εξαρτάται από τη δυναμικότητα της μονάδας σε τόνους, τη χωροθέτηση του σταθμού, τις απαιτήσεις υγείας και ασφάλειας (θόρυβος, οπτική ρύπανση). Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει συμπιεστές, κονιοποιητές, θραυστήρες για την ελάττωση του όγκου που μεταφέρεται στο χώρο υγειονομικής ταφής[3].

Ενδεικτικά, η εγκατάσταση Σ.Μ. είναι αποδοτική όταν η απόσταση του χώρου διάθεσης είναι μεγαλύτερη από 30 χιλιόμετρα και η ημερήσια ποσότητα των απορριμμάτων ξεπερνά τους 20 τόνους. Οι σταθμοί μεταφόρτωσης δεν έχουν ευρεία εφαρμογή στην Ελλάδα. Όσον αφορά το κόστος λειτουργίας ενός Σ.Μ. μια κατ' εκτίμηση κατανομή είναι[2, 3]:

- Εργατικά 43%
- Μεταφορά και συντήρηση 17%
- Ηλεκτρική ενέργεια 10%
- Υπόλοιπα 30%

1.3. Ανάκτηση υλικών: επαναχρησιμοποίηση – ανακύκλωση

Μετά τη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων, η ανάκτηση υλικών εμφανίζεται ως η ελκυστικότερη μέθοδος διαχείρισης (τουλάχιστον σύμφωνα με την υφιστάμενη ευρωπαϊκή πολιτική). Η ανάκτηση των υλικών περιλαμβάνει τόσο την άμεση επαναχρησιμοποίηση επιλεγμένων υλικών, όσο και την ανακύκλωση κατά την οποία τα ανακτηθέντα υλικά μετά από επεξεργασία επανέρχονται στον φυσικό και οικονομικό κύκλο[1].

Η άμεση επαναχρησιμοποίηση είναι περιορισμένη σήμερα διεθνώς, παρά τις προσπάθειες για εφαρμογή της. Η επαναχρησιμοποίηση γυάλινων μπουκαλιών εξακολουθεί να αποτελεί την κύρια μέθοδο επαναχρησιμοποίησης, ωστόσο η διεύρυνση των αγορών και το υφιστάμενο καθεστώς της ελεύθερης αγοράς στην Ε.Ε. δημιουργούν σοβαρές, όχι μόνο τεχνολογικές, αλλά και νομικές δυσκολίες.

Η ανακύκλωση αποτελεί μια πολύ ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδο ανάκτησης υλικών. Η ανακύκλωση αφορά υλικά όπως χαρτί, γυαλί, αλουμίνιο, άλλα μέταλλα, πλαστικά, έπιπλα και είδη ένδυσης, υπολείμματα κατασκευών και κατεδαφίσεων και ελαστικά οχημάτων. Περαιτέρω στοιχεία για την ανακύκλωση δίνονται στην παράγραφο 1.3.2.

Τα κυριότερα υλικά που μπορούν να ανακτηθούν είναι τα παρακάτω [3, 4]:

- Γυαλί (βαζάκια τροφίμων, μπουκάλια), το οποίο ρίχνεται στον μπλε κάδο ή στα κέντρα ανταποδοτικής ανακύκλωσης. Επιπλέον, το ανακτώμενο γυαλί μπορεί να θραυσθεί για να χρησιμοποιηθεί στην υαλουργία για την κατασκευή φιαλών. Οι φιάλες που απορρίπτονται είναι προτιμότερο να μη θραύονται αφού η εξοικονόμηση ενέργειας από την επαναχρησιμοποίηση φιαλών είναι τριπλάσια σε σύγκριση με την ανακύκλωση θραυσμένων γυαλιών.
- Πλαστικό (σακούλες, συσκευασίες, μπουκάλια), το οποίο για να ανακυκλωθεί επίσης οδηγείται στον μπλε κάδο ή στα κέντρα ανταποδοτικής ανακύκλωσης. Η ανακύκλωση πλαστικού προτιμάται έναντι της βιοαποδόμησής του. Ωστόσο, έχει μειονεκτήματα, διότι είναι αντιοικονομική μέθοδος και πρέπει να ξεχωρισθούν τα πλαστικά κατά είδος και στην Ελλάδα σπάνια αναγράφεται το είδος του πλαστικού στη συσκευασία. Σε άλλες χώρες η γραφή είναι υποχρεωτική. Τα πιο διαδεδομένα είδη είναι: PVC, HDPE, LDPE, PP, PS, PET.[5].
- Χαρτί – Χαρτόνι (βιβλία, εφημερίδες, συσκευασίες), το οποίο μπορεί να διατεθεί σε κάδους ανακύκλωσης χαρτιού ή στον μπλε κάδο ή στα κέντρα ανταποδοτικής ανακύκλωσης. Το χαρτί και το χαρτόνι μετατρέπονται σε χαρτοπολτό, ο οποίος χρησιμοποιείται για την παραγωγή ομοιόμορφου χαρτιού. Εάν γίνει χωριστά η συλλογή του χαρτιού από το χαρτόνι παράγεται χαρτί καλύτερης ποιότητας. Η οργάνωση της συλλογής και η διατήρηση της τιμής μπορεί να γίνει στα πλαίσια

υπογραφής συμβάσεων με τις χαρτοποιίες. Η ωφέλεια από την συλλογή χαρτιού είναι ιδιαίτερα σημαντική, π.χ. ανάκτηση 24000 φύλλων χαρτιού σώζουν την κοπή ενός δέντρου.

- Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) (οικιακές συσκευές, είδη φωτισμού, μπαταρίες). Η ανακύκλωση των ΑΗΗΕ έχει ιδιαίτερη σημασία όχι τόσο για την ανάκτηση υλικών αλλά κυρίως για τη διαχείριση των επικίνδυνων υλικών που εμπεριέχονται στις περισσότερες συσκευές. Η ευρωπαϊκή νομοθεσία απαιτεί την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ σε πιστοποιημένες μονάδες όπου ανακτώνται υλικά όπως ο χαλκός, ο χρυσός, το ασήμι κλπ. και εμποδίζεται η διαρροή στο περιβάλλον επικίνδυνων βαρέων μετάλλων όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, το κάδμιο, το εξασθενές χρώμιο κ.α.
- Αλουμίνιο (αλουμινόχαρτο, συσκευασίες). Είναι το πιο εμπορεύσιμο υλικό από αυτά που ανακτώνται και συμβάλλει θετικά στην εξέλιξη των προγραμμάτων ανακύκλωσης. Το κέρδος σε ενέργεια από την ανακύκλωση του αλουμινίου υπερβαίνει το 95% του απαιτούμενου για την παραγωγή νέου υλικού. Ενδεικτικά, για την παραγωγή ενός τόνου αλουμινίου από βωξίτη απαιτούνται 51000 KWh, ενώ για την παραγωγή ενός τόνου αλουμινίου από ανακυκλωμένο αλουμίνιο χρειάζονται μόλις 2000 KWh.
- Άλλα υλικά, όπως ο λευκοσίδηρος (συσκευασίες), τα σιδηρικά που προκύπτουν από ογκώδη οικιακά απορρίμματα, τα χρησιμοποιημένα λάδια λίπανσης, τα οποία περιέχουν μόλυβδο σε σημαντικές ποσότητες, τα ελαστικά αυτοκινήτων, τα υλικά που δεν μπορούν να ανακτηθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν, αλλά από τα οποία μπορεί να παραχθεί ενέργεια.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα συστήματα διαλογής απορριμμάτων.

1.3.1. Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ)

Η διαλογή στην πηγή είναι η μέθοδος ανακύκλωσης κατά την οποία τα ανακυκλούμενα υλικά διαχωρίζονται στην πηγή παραγωγής τους. Τα κύρια συστήματα ΔσΠ είναι τα εξής: α) τα κέντρα συλλογής, που είναι εγκαταστάσεις υποδοχής ΑΣΑ που μεταφέρονται εκεί από τους κατοίκους με παροχή κάποιου κινήτρου. Τα υλικά υφίστανται προεπεξεργασία και στη συνέχεια μεταφέρονται στις καταναλώτριες βιομηχανίες. Το σύστημα χαρακτηρίζεται από μηδενικό κόστος συλλογής, αλλά υπάρχει κόστος επένδυσης, λειτουργίας και μεταφοράς υλικών. β) Συλλογή από πόρτα σε πόρτα: εφαρμόζεται κυρίως για το χαρτί και το κόστος του συστήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ποσοστό συμμετοχής των κατοίκων. γ) Συλλογή σε κάδους: είναι το πιο συνηθισμένο σύστημα και τα υλικά συγκεντρώνονται σε ειδικούς κάδους που είναι τοποθετημένοι σε κοινόχρηστους χώρους. Από τους κάδους τα υλικά μεταφέρονται για διαλογή και μεταπώληση[1].

Με τη διαλογή υλικών στην πηγή επιτυγχάνεται μείωση της ποσότητας που οδηγείται προς τελική διάθεση. Οι παράμετροι για την λειτουργικότητα ενός προγράμματος διαλογής στην πηγή είναι [2] :

- Η ποσότητα και η σύνθεση των απορριμμάτων
- Η ποιότητα των ανακτώμενων υλικών
- Η ύπαρξη αγορών για την απορρόφηση τους
- Ο συνδυασμός της ΔσΠ με άλλες τεχνικές διαχείρισης απορριμμάτων

Η εφαρμογή συστημάτων ΔσΠ προϋποθέτει την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης των πολιτών μέσω της εφαρμογής προγραμμάτων ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης, τα οποία είναι απαραίτητα για τη βιώσιμη λειτουργία των συστημάτων. Άλλωστε η ΔσΠ είναι η μοναδική μέθοδος που απαιτεί τη συμμετοχή των πολιτών [6].

Η διαλογή στην πηγή συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση του βαθμού ανακύκλωσης των υλικών και είναι σύμφωνη με τις γενικές κατευθύνσεις της Ε.Ε. για τη διαχείριση των ΑΣΑ[7].

1.3.2. Μηχανική Διαλογή (ανακύκλωση)

Με τη μέθοδο της μηχανικής διαλογής διαχωρίζονται τα διάφορα υλικά από το ρεύμα των ΑΣΑ με μηχανικά μέσα. Στις εγκαταστάσεις μηχανικής ανακύκλωσης γίνεται επεξεργασία προδιαλεγμένων ή σύμμεικτων οικιακών στερεών αποβλήτων που περιλαμβάνει τον μηχανικό διαχωρισμό, την ανάκτηση και την περαιτέρω επεξεργασία των υλικών που περιέχονται σ' αυτά. Τα υλικά που ανακτώνται κυρίως είναι [1, 2]:

- Βιοαποδομήσιμα οργανικά
- Χαρτί – Πλαστικό
- Μίγμα χαρτιού και πλαστικού
- Σιδηρούχα μέταλλα – Αλουμίνιο

Τα παραπάνω υλικά εφόσον υποστούν περαιτέρω επεξεργασία ανακυκλώνονται, με εξαίρεση το μίγμα χαρτιού και πλαστικού το οποίο χρησιμοποιείται ως καύσιμο υλικό. Οι μέθοδοι μηχανικής επεξεργασίας που μπορούν να συνδυαστούν με όλες τις μεθόδους βιολογικής επεξεργασίας είναι οι εξής [2]:

- Τεχνολογίες προετοιμασίας των αποβλήτων
- Τεχνολογίες διαχωρισμού των αποβλήτων

Οι τεχνολογίες προετοιμασίας αφορούν στη διάνοιξη των σάκων, την ελάττωση του μεγέθους και την αποκατάσταση της ομοιομορφίας των αποβλήτων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τεχνολογίες τεμαχισμού των απορριμμάτων. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνουμε αύξηση της ειδικής επιφάνειας και ελάττωση του μεγέθους των απορριμμάτων[8].

Παρακάτω αναφέρονται οι βασικότεροι μηχανισμοί προετοιμασίας [8]:

- Θραυστήρας κρούσης, ο οποίος χρησιμοποιείται στο πρώτο στάδιο τεμαχισμού κατά την επεξεργασία οικιακών απορριμμάτων (ψυχρός τεμαχισμός).
- Σφυρόμυλος, ο οποίος χρησιμοποιείται στο πρώτο στάδιο τεμαχισμού κατά την επεξεργασία οικιακών απορριμμάτων, ιδιαίτερα στις μονάδες μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας απορριμμάτων.
- Ο περιστροφικός κόπτης που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία των οικιακών απορριμμάτων σε δεύτερο στάδιο και συνήθως για ελαφρά αντικείμενα μετά το κοσκίνισμα.
- Σφαιρόμυλος, στον οποίο ο τεμαχισμός επιτυγχάνεται μέσω της κρούσης και τριβής μεταξύ των σωμάτων άλεσης και του υλικού.
- Θραυστήρες κυλίνδρου και θραυστήρες σιαγόνων (μαχαίρια)
- Τεμαχιστής αυτοκινήτων και ογκωδών μεταλλικών αντικειμένων

Οι κυριότεροι μηχανισμοί διαχωρισμού (διαλογής) είναι οι εξής [8],[3]:

- Κόσκινα: μπορεί να είναι είτε περιστρεφόμενα είτε δονούμενα. Το κοσκίνισμα βασίζεται στις διαφορές που υπάρχουν στο μέγεθος των συστατικών των απορριμμάτων.
- Χειρωνακτικός διαχωρισμός.
- Βαλλιστικοί διαχωριστές: τα τεμαχισμένα πλέον απορρίμματα χωρίζονται μέσω περιστροφικής κίνησης σε τρεις κατηγορίες: βαριά, ελαφρά και λεπτά.
- Πνευματικοί διαχωριστές (αεροδιαχωριστές), στους οποίους τα απορρίμματα πέφτουν από ύψος σε μια διάταξη όπου κυκλοφορεί ένα αντίθετο ρεύμα αέρα. Τα βαριά υλικά φτάνουν στο κάτω μέρος της διάταξης, ενώ τα ελαφρά παρασύρονται σε πλευρικά κανάλια.
- Κυκλώνες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για ελαφρά απορρίμματα που έχουν προκύψει από διαχωρισμό. Τα εισαγόμενα υλικά περιστρέφονται και οι σκόνες και τα λεπτά σωματίδια εγκαταλείπουν άλλα ελαφρά συστατικά όπως χαρτί, πλαστικό.
- Μαγνητικοί διαχωριστές, οι οποίοι επιτρέπουν το διαχωρισμό λόγω μαγνητικής έλξης μέσω ηλεκτρομαγνήτη.
- Ηλεκτροστατικοί διαχωριστές: προορίζονται να διαχωρίσουν τα βαρέα μέταλλα μέσω της δημιουργίας ηλεκτροστατικού πεδίου.
- Οπτικοί διαχωριστές χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό του γυαλιού ανάλογα με το χρώμα του μέσω φωτοηλεκτρονικών κυττάρων.
- Κινητές τράπεζες: έχουν ορθογωνική μορφή, τροφοδοτούνται παράλληλα προς την κατεύθυνση της οριζόντιας κίνησης τους. Τα βαριά σωματίδια κατευθύνονται προς

τα άκρα της τράπεζας πιο γρήγορα από τα ελαφρά, τα οποία παρασύρονται από ρεύμα αέρα ή νερού κάθετα στην κίνηση της τράπεζας.

Επιπλέον, εκτός από τον τεμαχισμό και τον διαχωρισμό, ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος μηχανολογικός εξοπλισμός περιλαμβάνει σφαιριδοποιητές, μπρικετοποιητές, πρέσες κλπ.[1]

Οι παραπάνω μέθοδοι διαχωρισμού είναι ξηρές μέθοδοι. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί υγρή μέθοδος διαχωρισμού, στην οποία τα απορρίμματα εισάγονται σε δεξαμενή με νερό που στο βάθος της φέρει μια διάτρητη εσχάρα. Υπό την επίδραση του νερού και την δόνηση της εσχάρας, τα μαλακά υλικά μειώνονται σε μέγεθος. Τα κατάλοιπα (γυαλί, μέταλλα) συγκρατούνται στο κόσκινο και αφαιρούνται. Ο δημιουργούμενος πολτός που διασχίζει το κόσκινο και περιέχει το οργανικό υλικό (χαρτί, πλαστικό, οργανικά κτλ.) και λίγα ανόργανα υλικά μπορεί να αντληθεί. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή δημιουργεί αρκετά απόβλητα, τα οποία χρειάζονται δαπανηρή επεξεργασία[3].

Όσον αφορά την απόδοση της κάθε μεθόδου (ξηρής, υγρής), η ανάκτηση δια ξηρής μεθόδου κυμαίνεται στο 30-60% των επεξεργαζόμενων απορριμμάτων και αποδίδει οργανικές ύλες για λίπασμα ή καύσιμη ύλη, σιδηρούχα ή μη σιδηρούχα μέταλλα και γυαλί, ενώ επιτυγχάνεται ανάκτηση δια υγρής μεθόδου 30% των υλικών σε μορφή πολτού για κατασκευή χαρτιού και σιδηρούχων ή μη σιδηρούχων και γυαλιού. Να σημειωθεί ότι τα κόστος των δύο μεθόδων είναι σχεδόν ίδια [3].

Οι εγκαταστάσεις όπου με συνδυασμό μεθόδων μηχανικής-χειρωνακτικής διαλογής, διαχωρίζονται ομάδες υλικών τα οποία προέρχονται από ΔσΠ (ανακυκλώσιμα) ονομάζονται Κέντρα Διαλογής Υλικών – Κ.Δ.Α.Υ. Στη συνέχεια, τα υλικά υφίστανται ποιοτική αναβάθμιση και δεματοποίηση ανά υλικό. Έτσι μπορούν να επιτευχθούν οι απαιτήσεις ποιότητας για την απορρόφηση τους από την αγορά και εξασφαλίζονται υψηλότερες τιμές πώλησης. Ο σχεδιασμός ενός Κ.Δ.Α.Υ. και η επιλογή του αντίστοιχου εξοπλισμού εξαρτάται από τις ποσότητες και το είδος των εισερχόμενων υλικών καθώς και από τις απαιτήσεις της αγοράς ως προς τα ανακτώμενα προϊόντα[2].

1.3.3. Διάθεση ανακυκλωμένων υλικών στην αγορά

Στόχος της ανακύκλωσης είναι η διάθεση των ανακτημένων υλικών στην αγορά. Κατά συνέπεια είναι απαραίτητη η εκτίμηση ενός κόστους ανακύκλωσης, το οποίο επηρεάζεται από κάποιους βασικούς παράγοντες[1]:

- Τα χαρακτηριστικά των οικιακών απορριμμάτων (ποσότητα, σύνθεση, ομοιογένεια, εποχικότητα).
- Πυκνότητα χωροθέτησης των κάδων συλλογής: ευνοεί τη συμμετοχή των πολιτών, αλλά αυξάνει το κόστος.

- Η συχνότητα συλλογής. Όσο αυξάνεται τόσο αυξάνεται και το κόστος. Οι βέλτιστες τιμές είναι 0,5 – 1 φορά την εβδομάδα.
- Το κόστος μεταφοράς, το οποίο συνήθως αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό στο ολικό κόστος ανάκτησης κάποιου υλικού.

Το ποσοστό συμμετοχής είναι η παράμετρος εκείνη που ουσιαστικά καθορίζει την τύχη ενός προγράμματος ΔσΠ. Αύξηση του ποσοστού συμμετοχής οδηγεί σε μείωση του κόστους ανάκτησης των υλικών. Το κόστος καθορίζει την επιθυμητή τιμή πώλησης των ανακυκλωμένων προϊόντων, η οποία θα πρέπει να είναι ανταγωνιστική με την τιμή των αντίστοιχων προϊόντων από πρώτη ύλη. Τα ανακυκλώσιμα ως «δευτερογενή» υλικά (secondary materials) υπάγονται στις διατάξεις περί ελεύθερης διακίνησης προϊόντων της Ε.Ε. και κατά συνέπεια βρίσκονται σε ανταγωνισμό με όμοια ανακυκλώσιμα υλικά που παράγονται σε ευρύτερο της Ελλάδας χώρο[1].

Ωστόσο, δεν μπορεί να διαμορφωθεί μια ελκυστική και ανταγωνιστική τιμή σε σύγκριση με προϊόντα από πρώτη ύλη. Έτσι τα προγράμματα ανακύκλωσης μπορούν να καταστούν βιώσιμα μόνο στα πλαίσια επιδοτούμενων πολιτικών για περιβαλλοντικούς και οικολογικούς ρόλους. Η ανακύκλωση είναι μια γενική οικολογική αρχή, όμως δεν είναι σωστό να επιβάλλεται άκριτα για κάθε κατηγορία υλικού που βρίσκεται στα απορρίμματα. Εξάλλου, η επιδότηση της ανακύκλωσης αφαιρεί οικονομικούς πόρους από την Πολιτεία που θα μπορούσαν να διατεθούν επωφελέστερα για το περιβάλλον[1].

1.4. Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας

Οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε απόβλητα που επιδέχονται τέτοια επεξεργασία, δηλαδή σε βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται μια μεγάλη ποικιλία αγροτικών αποβλήτων και υπολειμμάτων (κοπριές, φυτικά υπολείμματα καλλιεργειών, απόβλητα εκκοκκιστηρίων βάμβακος, ελαιοπυρήνα κλπ.), πολλά στερεά απόβλητα και ιλύες από βιομηχανίες τροφίμων, η ιλύς βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων καθώς και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων (BAA). Το τελευταίο, υπόκειται περιορισμούς της Οδηγίας για την Υγειονομική Ταφή (99/31/ΕΕ) που επιβάλλουν τη σταδιακή εκτροπή του από τη διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α., από το 2010 έως το 2020 για την Ελλάδα. Όσον αφορά τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα, οι μονάδες βιολογικής επεξεργασίας μπορούν να δεχθούν[2]:

- Το βιοαποδομήσιμο κλάσμα μετά από διαλογή στην πηγή, το οποίο μετά από μια αερόβια φάση σταθεροποίησης μπορεί να χαρακτηριστεί ως «κομπόστ» και χαρακτηρίζεται από υψηλή ποιότητα, χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων και πολλές διεξόδους αξιοποίησης (π.χ. ως εδαφοβελτιωτικό). Δες και παράγραφο 1.4.2.
- Ένα εμπλουτισμένο σε βιοαποδομήσιμα υλικά κλάσμα, που προέρχεται από εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής. Δεδομένου ότι η μηχανική διαλογή εφαρμόζεται σε σύμμεικτα απορρίμματα όπως αυτά έρχονται με τα απορριμματοφόρα, η ποιότητα εμπλουτισμένου αυτού κλάσματος και κατ' επέκταση του προϊόντος μετά τη βιολογική επεξεργασία, εξαρτάται από τις επιμέρους διεργασίες της μηχανικής

διαλογής. Σε κάθε περίπτωση όμως η ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή του κομπόστ που περιγράφηκε παραπάνω, γι' αυτό και συνήθως αναφέρεται ως υλικό «τύπου κομπόστ».

Η κομποστοποίηση οδηγεί στην παραγωγή ενός σταθεροποιημένου υλικού (κομπόστ υψηλής ποιότητας ή υλικό τύπου κομπόστ), η βιολογική ξήρανση στην παραγωγή δευτερογενούς καυσίμου εμπλουτισμένου σε βιοαποδομήσιμα υλικά και υψηλής θερμογόνου δύναμης, ενώ η αναερόβια χώνευση στην παραγωγή ενέργειας (βιοαέριο) και ενός σχετικά σταθεροποιημένου, υδαρούς υπολείμματος. Το υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης μοιάζει με λάσπη και απαιτείται η αφαίρεση υγρασίας και περαιτέρω αερόβια σταθεροποίηση ώστε να μετατραπεί επίσης σε υλικό «τύπου κομπόστ» και να έχει ανάλογες χρήσεις[2].

1.4.1. Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία (Κομποστοποίηση ή Αερόβια Ζύμωση)

Κομποστοποίηση είναι η ελεγχόμενη βιολογική οξείδωση ετερογενών οργανικών υλικών με τη βοήθεια ετερότροφων μικροοργανισμών, οι οποίοι αποδομούν τα οργανικά συστατικά παρουσία οξυγόνου[6]. Το τελικό προϊόν είναι ένα σταθεροποιημένο στερεό υλικό το κομπόστ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εδαφοβελτιωτικό στη γεωργία ή για άλλες χρήσεις. Παράλληλα παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμός και θερμότητα. Οι βιολογικές διεργασίες μπορούν να χωριστούν σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο της βιοαποδόμησης λαμβάνουν χώρα οι μικροβιολογικές δραστηριότητες που έχουν σαν αποτέλεσμα την αποδόμηση και την σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών και διαρκεί 2-8 εβδομάδες ανάλογα με τα τεχνικά μέσα που χρησιμοποιούνται προς υποστήριξη των βιολογικών διεργασιών. Στο στάδιο της ωρίμανσης το υλικό που παράγεται στο πρώτο στάδιο αφήνεται να ωριμάσει για μεγάλο χρονικό διάστημα που ανέρχεται σε 4-12 εβδομάδες με τελικό προϊόν το ώριμο κομπόστ. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης παρατηρείται περαιτέρω σταθεροποίηση του αρχικού κομπόστ. Λόγω της υψηλού βαθμού σταθεροποίησης, η περαιτέρω αποδόμησή του μετά την εφαρμογή στο έδαφος είναι αργή, με συνέπεια να παραμένει ενεργό και να τροφοδοτεί με θρεπτικά συστατικά τα φυτά για μεγάλο χρονικό διάστημα[1, 2].

Η κομποστοποίηση διακρίνεται σε τρία στάδια, σε κάθε ένα από τα οποία επικρατούν διαφορετικές θερμοκρασίες: το μεσοφιλικό, το θερμοφιλικό και το κρυοφιλικό. Στο μεσοφιλικό στάδιο παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στους 40 °C, με ταυτόχρονη εμφάνιση μυκήτων και βακτηριδίων παραγωγής οξέων. Στο επόμενο στάδιο, όπου η θερμοκρασία αυξάνεται στους 70 °C, οι μικροοργανισμοί αντικαθίστανται από θερμοφιλικά βακτηρίδια, ακτινομύκητες και θερμοφιλικούς μύκητες. Στο στάδιο αυτό λαμβάνει χώρα η αποδόμηση και η σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών. Το κρυοφιλικό στάδιο χαρακτηρίζεται από μείωση της μικροβιακής δραστηριότητας και αντικατάσταση των θερμοφιλικών μικροοργανισμών από μεσοφιλικούς. Κατά τη διάρκεια του σταδίου αυτού πραγματοποιείται εξάτμιση νερού, σταθεροποίηση του pH και σχηματισμός χουμικών οξέων[1].

Οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν την εφαρμογή και αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι [2],[3]:

- Η φύση των απορριμμάτων έχει παρατηρηθεί ότι μεταβάλλεται εποχιακά. Ανάλογα με το είδος των υλικών υπάρχει και διαφορετική ομάδα μικροοργανισμών που κάνουν τη ζύμωση.
- Η σύσταση, η κοκκομετρία και η καθαρότητα του υποστρώματος.
- Η υγρασία του υποστρώματος, η οποία εξαρτάται από το ποσοστό οργανικών υλών στα απορρίμματα.
- Το pH του υποστρώματος το οποίο θα πρέπει να είναι ελαφρώς όξινο, διότι και τα απορρίμματα έχουν αντίστοιχο pH.
- Οι κλιματικοί παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να προκαλέσουν πτώση της θερμοκρασίας ή αύξηση της υγρασίας.
- Ο αερισμός των σωρών κατά τη διάρκεια της ζύμωσης.

Βασική προϋπόθεση για τη διαδικασία της κομποστοποίησης είναι η προσφορά οξυγόνου μέσω αερισμού. Ανάλογα με τον τρόπο αερισμού διακρίνουμε δύο συστήματα κομποστοποίησης, το ανοικτό και το κλειστό σύστημα. Τα ανοικτά συστήματα χωρίζονται σε δύο βασικούς τύπους. Ο πρώτος τύπος περιλαμβάνει τη διάταξη του υλικού σε μορφή σειραδιών (windrows) και ο αερισμός γίνεται με περιοδική ανάδευση. Στον δεύτερο τρόπο το υλικό διατάσσεται σε σωρούς και ο αερισμός γίνεται είτε με εμφύσηση ή με αναρρόφηση αέρα[1].

Στο ανοικτό σύστημα, τα σειράδια διαμορφώνονται σε μακριές παράλληλες γραμμές. Το τυπικό πλάτος της σωρού είναι 4,5 m και το ύψος 1 – 2 m. Η έκταση στην οποία σχηματίζονται τα σειράδια καλύπτεται από ένα στρώμα χαλικιού πάχους 0,45 m, ώστε να δημιουργηθεί ένα ισχυρό υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα κινούνται τα μηχανήματα που λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία. Στη συνέχεια, το στρώμα αυτό στρώνεται με ασφαλικό υλικό που καλύπτεται με σκυρόδεμα ώστε να υποβοηθείται η συγκέντρωση στραγγισμάτων. Η ανάδευση των σειραδιών πρέπει να γίνεται 2 – 3 φορές τη μέρα κατά τις 5 πρώτες μέρες για την πλήρη ανάμειξη του μίγματος. Η μέθοδος αυτή απαιτεί μεγάλα και ισχυρά μηχανήματα[1].

1.4.2. Διάθεση του κομπόστ

Το τελικό προϊόν της κομποστοποίησης βρίσκει ιδιαίτερη χρήση ως λίπασμα και ως εδαφικό βελτιωτικό λόγω του υψηλού βαθμού σταθεροποίησης και της υψηλής ικανότητας κατακράτησης υγρασίας που ανέρχεται σε 2,1g H₂O / g ξηρής ουσίας. Το υλικό αυτό μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα εδαφών με μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο ή άργιλο καθώς[1]:

- Αυξάνει την ικανότητα κατακράτησης του νερού στα αμμώδη εδάφη
- Αυξάνει τον αερισμό και τη διαπερατότητα των αργιλικών εδαφών
- Αυξάνει το πάχος του στρώματος των ριζών

- Μειώνει την επιφανειακή διάβρωση

Η κομπόστα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης ως πρόσθετο εδαφικό υλικό για τη διαμόρφωση χώρων πρασίνου σε αστικές περιοχές, όπως πάρκα, δημόσιοι κήποι, γήπεδα, εμπορικά κέντρα κλπ.[1]

1.4.3. Αναερόβια βιολογική επεξεργασία – Αναερόβια Ζύμωση (ή Χώνευση)

Κατά την αναερόβια βιολογική επεξεργασία (αναερόβια ζύμωση), πραγματοποιείται αποδόμηση των οργανικών ουσιών με τη βοήθεια μικροοργανισμών απουσία οξυγόνου. Το αποτέλεσμα της διεργασίας είναι η παραγωγή σταθεροποιημένου οργανικού υλικού και αερίου υψηλής περιεκτικότητας σε μεθάνιο (CH_4), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας σε συστήματα θερμικής επεξεργασίας. Η αναερόβια επεξεργασία γίνεται σε κλειστούς αντιδραστήρες κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, με στόχο την ανάκτηση ενέργειας, τη μείωση του όγκου των ΑΣΑ και τη βιολογική σταθεροποίησή τους[2].

Η αναερόβια ζύμωση έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την επεξεργασία της λυματολάσπης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων, συνήθως σε συνδυασμό με τη χρήση της λυματολάσπης[6].

Η επεξεργασία σε μονάδες αναερόβιας ζύμωσης περιλαμβάνει τέσσερα κύρια στάδια, τα οποία είναι [2]:

- Η προεπεξεργασία του ρεύματος των αποβλήτων
- Η αναερόβια χώνευση στον αντιδραστήρα
- Η ανάκτηση του βιοαερίου
- Η επεξεργασία των υπολειμμάτων της ζύμωσης (ιλύς)

Η τεχνολογία της αναερόβιας ζύμωσης αναπτύχθηκε αρχικά για την επεξεργασία ρευστών κτηνοτροφικών και αγροτικών αποβλήτων και της ιλύος των βιολογικών καθαρισμών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των εγκαταστάσεων που επεξεργάζονται το οργανικό κλάσμα των βιοαποδομήσιμων αστικών απορριμμάτων. Τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι: ο μικρότερος απαιτούμενος χώρος σε σχέση με την κομποστοποίηση, η παραγωγή ενέργειας από το βιοαέριο, η μη δημιουργία στραγγισμάτων, ο περιορισμός των αερίων του θερμοκηπίου (μεθάνιο) και η δυνατότητα συνδιαχείρισης αυτών με την ιλύ από μονάδα βιολογικού καθαρισμού. Η χωνεμένη ίλυς μπορεί με αερόβια επεξεργασία να μετατραπεί σε κομπόστ. Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι το σχετικά υψηλό κόστος [2, 9].

1.4.4. Βιολογική Ξήρανση

Αποτελεί τεχνική προεπεξεργασίας των ΑΣΑ με στόχο την ενεργειακή αξιοποίησή τους. Ειδικότερα στοχεύει στη μείωση της υγρασίας των ΑΣΑ και κατά επέκταση του όγκου τους, στη διευκόλυνση του μηχανικού διαχωρισμού των άχρηστων υλικών και στην παραγωγή SRF. Τα απορρίμματα αρχικά ξηραίνονται με βιολογικό τρόπο και στη συνέχεια υπόκεινται σε επεξεργασία, με στόχο την ανάκτηση μετάλλων προς ανακύκλωση και καθαρισμό του παραγόμενου καυσίμου. Η πιο σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την εφαρμογή της μεθόδου είναι ο βαθμός ομογενοποίησης των αποβλήτων που εισέρχονται στους ξηραντήρες. Οι ξηραντήρες είναι συνήθως είτε κλειστές δεξαμενές εντός βιομηχανικών κτιρίων είτε κουτιά ορθογώνιου σχήματος (bio-boxes) τα οποία είναι αεροστεγώς κλειστά ώστε να αποφεύγονται οι εκπομπές οσμών και άλλων αερίων[2],[6].

1.5. Μηχανική και Βιολογική επεξεργασία

Οι συνδυασμένες μονάδες Μηχανικής και Βιολογικής επεξεργασίας (MBE) έχουν τη δυνατότητα επεξεργασίας τόσο σύμμεικτων αστικών στερεών αποβλήτων, όσο και επιλεγμένων ρευσμάτων για παραγωγή ανακυκλώσιμων μετάλλων. Ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης να δώσουν ως τελικό προϊόν RDF, SRF, κομπόστ. Τα τρία στάδια των MBE είναι[2]:

- Μηχανικός διαχωρισμός υλικών (όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 1.3.2)
- Βιολογική επεξεργασία (σταθεροποίηση, μείωση του όγκου των αποβλήτων)
- Παραγωγή προϊόντων – Υλικά επικάλυψης ΧΥΤΑ, SRF, ανακυκλώσιμα

Η μηχανική επεξεργασία περιλαμβάνει όλες τις συσκευές που χρησιμοποιούνται για το ζύγισμα, την διαλογή, την θραύση, το κοσκίνισμα και που είναι απαραίτητες για να μετατρέψουν μια ετερογενή μάζα σε μια ομογενή, με λεπτή κοκκομετρία[3].

Η βιολογική επεξεργασία όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, δύναται να είναι αερόβια και αναερόβια. Τα βασικά είδη εγκαταστάσεων μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας και κατά συνέπεια τα παραγόμενα προϊόντα από την επεξεργασία των αποβλήτων συνοψίζονται παρακάτω[2]:

- Μηχανική επεξεργασία και αερόβια κομποστοποίηση με προϊόντα ανακυκλώσιμα ή/και RDF, κομπόστ
- Μηχανική επεξεργασία και αναερόβια χώνευση, όπου τα προϊόντα είναι ανακυκλώσιμα ή/και RDF, βιοαέριο, βιοσταθεροποιημένο απόρριμμα
- Μηχανική επεξεργασία και συνδυασμό αερόβιας και αναερόβιας ζύμωσης με προϊόντα ανακυκλώσιμα ή/και RDF, βιοαέριο, υλικό «τύπου κομπόστ»
- Μηχανική επεξεργασία και βιολογική ξήρανση, όπου προκύπτουν ανακυκλώσιμα (μέταλλα) και SRF

Στην αγορά υπάρχει σημαντικός αριθμός μονάδων που συνδυάζουν τη βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων με τη μηχανική επεξεργασία. Τα συστήματα MBE έχουν αναπτυχθεί περισσότερο από μεθόδους θερμικής επεξεργασίας. Αναφορικά με τις επιμέρους μεθόδους βιολογικής επεξεργασίας που εφαρμόζονται, η κομποστοποίηση είναι η πλέον εφαρμοζόμενη πρακτική, όμως η εφαρμογή των μεθόδων τόσο της αναερόβιας επεξεργασίας όσο και της βιολογικής ξήρανσης αναπτύσσεται ραγδαία. Σχετικά με την αναερόβια χώνευση, στην Ευρώπη λειτουργούν 26 μονάδες[2].

1.5.1. Στερεό ανακτηθέν καύσιμο από αστικά απορρίμματα

Ως στερεό ανακτηθέν καύσιμο (Refused Derived Fuel RDF / Solid Recovered Fuel SRF) θεωρείται το στερεό καύσιμο που προκύπτει από τη μηχανική επεξεργασία των αστικών αποβλήτων ή/και σε συνδυασμό με συστήματα βιολογικής επεξεργασίας. Η επεξεργασία των ΑΣΑ πριν την αποτέφρωση προσφέρει διπλό όφελος. Η απομάκρυνση διαφόρων υλικών που δυσχεραίνουν την καύση, όπως τα μεταλλικά αντικείμενα και το γυαλί, εξασφαλίζει καλύτερη μηχανική συμπεριφορά του αποτεφρωτή και υψηλότερη θερμογόνο δύναμη[1, 10].

Η υγρασία του RDF είναι συγκρίσιμη με αυτή του άνθρακα. Το υδρογόνο είναι σχεδόν ίδιο για όλα τα καύσιμα, ενώ το οξυγόνο και το άζωτο είναι ίδιο με της τύρφης και του λιγνίτη. Η περιεκτικότητα σε θείο του RDF είναι μικρότερη από άλλα καύσιμα, ενώ σε χλώριο είναι μεγαλύτερη. Για την αποθήκευση και τη μεταφορά του RDF απαιτείται η συμπίεση του. Με τη συμπίεση επιτυγχάνεται μείωση όγκου για αποθήκευση, καλύτερη δυνατότητα τροφοδοσίας και αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας του καυσίμου[11].

Η διαφορά μεταξύ RDF και SRF προσδιορίζεται στην προτυποποίηση του δεύτερου μέσω του προτύπου CEN/TC 343. Η τυποποίηση του SRF πραγματοποιείται μέσω της κατάταξης του σε κατηγορίες βάσει τριών παραμέτρων, οι οποίες αντιπροσωπεύονται από αντίστοιχες χαρακτηριστικές ιδιότητες του καυσίμου[10]:

- Οικονομική παράμετρος → Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (Δες 1.6.1.1.)
- Τεχνολογική παράμετρος → Περιεκτικότητα σε Χλώριο
- Περιβαλλοντική παράμετρος → Περιεκτικότητα σε Υδράργυρο

1.5.1.1. Ενεργειακή αξιοποίηση RDF/SRF

Σύμφωνα με τη διεθνή εμπειρία από τις εφαρμογές σε διάφορες χώρες της Ευρώπης, η ενεργειακή αξιοποίηση του RDF/SRF πραγματοποιείται στους ακόλουθους τομείς[10]:

- Μεικτή καύση σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας μεγάλης κλίμακας. Τα πιθανά οφέλη είναι η μείωση του κόστους καυσίμου, η δυνατότητα μείωσης του κόστους

μέσω των δικαιωμάτων των εκπομπών CO₂ και η εκπλήρωση των υποχρεώσεων για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας.

- Χρήση στην τσιμεντοβιομηχανία. Η αλλαγή των δαπανηρών ορυκτών καυσίμων με RDF/SRF μπορεί να διατηρήσει την ανταγωνιστικότητα της τοπικής παραγωγής τσιμέντου και να οδηγήσει στην εκπλήρωση των περιβαλλοντικών στόχων που έχουν σχέση με την αλλαγή του κλίματος.
- Χρήση σε εγκαταστάσεις αποκλειστικής καύσης SRF, η οποία μπορεί να λειτουργήσει σε συνδυασμό με μια ή περισσότερες μονάδες MBE.

1.5.1.2. Κατηγορίες RDF

Η American Society of Testing and Materials (ASTM) έχει κατηγοριοποιήσει το καύσιμο υλικό από απορρίμματα. Η κατηγοριοποίηση αυτή στηρίζεται στην επεξεργασία της καύσιμης ύλης. Οι κατηγορίες είναι οι εξής[11]:

- Όλα τα απορρίμματα χωρίς επεξεργασία.
- Τεμαχισμένα απορρίμματα
- Τεμαχισμένα απορρίμματα με την αφαίρεση σιδηρούχων μετάλλων, γυαλιού και ανόργανων υλικών
- Σε μορφή σκόνης
- Σε μπρικέττες ή πελέτες (pellets)
- Υγρό καύσιμο
- Αέρια καύσιμη ύλη

1.5.2. Βιογενές κλάσμα αστικών απορριμμάτων

Το βιογενές κλάσμα αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους στο χαρακτηρισμό των ανακτηθέντων καυσίμων, αφού συμβάλλει στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην εξοικονόμηση των φυσικών πόρων μέσω της υποκατάστασης ορυκτών στερεών καυσίμων. Στο πρότυπο EN 15440: 2011 περιγράφονται οι πειραματικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του βιογενούς κλάσματος των ανακτηθέντων καυσίμων [10].

1.6. Θερμικές Μέθοδοι επεξεργασίας

Η θερμική επεξεργασία των στερεών αποβλήτων περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες μετατροπής του περιεχομένου τους σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, με ταυτόχρονη ή συνεπακόλουθη αποδέσμευση θερμικής ενέργειας. Οι τεχνικές θερμικής επεξεργασίας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής[2]:

- Αποτέφρωση – Καύση (incineration – combustion)
- Πυρόλυση (pyrolysis)
- Αεριοποίηση (gasification)
- Αεριοποίηση με την τεχνική του πλάσματος (plasma technology)

1.6.1. Αποτέφρωση

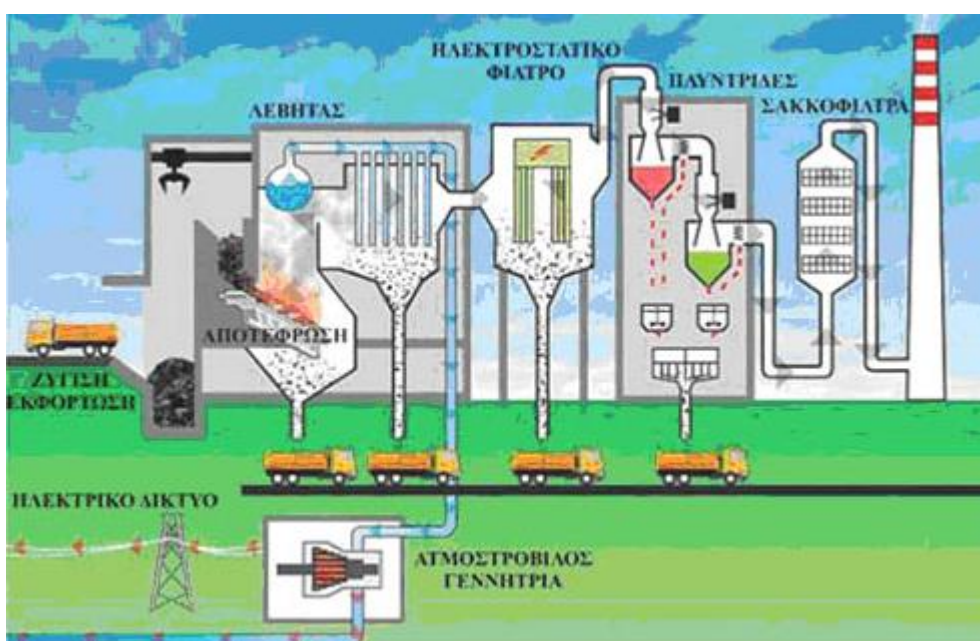
Η αποτέφρωση των στερεών απορριμμάτων ουσιαστικά εκπροσωπεί μια αρκετά παλαιά και διαδεδομένη διεργασία, η οποία περιλαμβάνει την ανάπτυξη υψηλών θεοκρασιών, με παρουσία φλόγας, για την οξειδωση των επιμέρους στοιχείων αυτών, δηλαδή την ένωσή τους με το οξυγόνο. Στόχος της εν λόγω διεργασίας είναι η εξάτμιση, η αποσύνθεση και/ή η καταστροφή των οργανικών στοιχείων των απορριμμάτων, παρουσία οξυγόνου (είτε σε στοιχειομετρική αναλογία, είτε σε περίσσεια), καθώς και η ταυτόχρονη μείωση του προς τελική διάθεση όγκου τους και η παραγωγή ενέργειας. Οι προϋποθέσεις για την επίτευξη πλήρους καύσης των αποβλήτων είναι[2],[10]:

- Επαρκής ποσότητα καύσιμου υλικού και οξειδωτικού μέσου (O_2) στην εστία καύσης
- Επαρκής χρόνος παραμονής των καυσαερίων στο θάλαμο καύσης
- Επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάφλεξης
- Σωστή αναλογία μίγματος (καυσίμου – οξειδωτικού)
- Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης

Κατά την καύση εκτός των τυπικών προϊόντων καύσης (διοξείδιο του άνθρακα, ατμός, μονοξείδιο του άνθρακα) παράγεται ανάλογα με την ποιότητα των αποβλήτων και μια σειρά άλλων ουσιών όπως διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, υδροχλώριο, υδροφθόριο, πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες κλπ. Επίσης, κατά την καύση των στερεών αποβλήτων παραμένουν στερεά υπολείμματα, τα οποία αντιστοιχούν στο 25-40% του βάρους των εισερχομένων αποβλήτων. Η ποσότητα των υπολειμμάτων εξαρτάται από τη σύνθεση των αποβλήτων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Διακρίνονται σε τέφρα που παράγεται στο χώρο της καύσης (απομακρύνεται μετά την εσχάρα), τέφρα από τους λέβητες (υπολείμματα τα οποία δημιουργούνται στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων και συγκεντρώνονται στις χοάνες κάτω από το λέβητα), ιπτάμενη τέφρα και σκόνη που κατακρατείται στα φίλτρα (συγκεντρώνεται στις χοάνες κάτω από τα ηλεκτροστατικά φίλτρα ή σακκόφιλτρα) και υπολείμματα τα οποία παράγονται από τα συστήματα καθαρισμού των αερίων[2],[3].

Η θερμική επεξεργασία αποτελεί ώριμη μέθοδο επεξεργασίας στερεών αποβλήτων με πλήθος εργοστασίων να λειτουργούν στα κράτη μέλη της Ε.Ε. και λόγω των παραγόμενων αερίων εκπομπών διέπεται από πολύ αυστηρό πλαίσιο ελέγχου, το οποίο στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Ειδικά τα συστήματα αντιρρύπανσης, χρησιμοποιούν τεχνολογία αιχμής και έχουν καταφέρει να περιορίσουν σημαντικά τις παραγόμενες αέριες εκπομπές τα τελευταία χρόνια. Θα πρέπει να σημειωθεί πως λειτουργούν περίπου 600 εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων παγκοσμίως και περισσότερες από 400 από αυτές βρίσκονται στην Ε.Ε.[2].

Η αποτέφρωση αποτελεί μέθοδο ανάκτησης ενέργειας. Στις ροές εισόδου της διαδικασίας περιλαμβάνονται η καύσιμη ύλη (τα σύμμεικτα απορρίμματα ή το RDF/SRF), τα βοηθητικά καύσιμα, τα διάφορα χημικά για τις επιμέρους διεργασίες των παραγόμενων αποβλήτων, καθώς και η ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Στις ροές εξόδου της διαδικασίας της αποτέφρωσης των απορριμμάτων περιλαμβάνονται η παραγόμενη ενέργεια, όλα τα υπολείμματα και τα απόβλητα, καθώς και υλικά που ανακτώνται είτε από μεθόδους ανακύκλωσης είτε από τον καθαρισμό των καυσαερίων και των στερεών και υγρών αποβλήτων της διαδικασίας. Η αποτέφρωση των απορριμμάτων πραγματοποιείται με δύο τρόπους: με την τεχνολογία των εσχάρων καύσης και με την τεχνολογία της ρευστοποιημένης κλίνης. Η τεχνολογία της ρευστοποιημένης κλίνης εφαρμόζεται για την καύση RDF/SRF και όχι για εκείνη των σύμμεικτων απορριμμάτων[10].



Εικόνα 5: Μονάδα αποτέφρωσης[2]

1.6.1.1. Θερμογόνος δύναμη απορριμμάτων

Η τυπική τιμή της θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ είναι περίπου 2500 kcal/kg (περίπου 10500 MJ/kg), δηλαδή κυμαίνεται στο 30 – 40 % της αντίστοιχης δύναμης του άνθρακα που χρησιμοποιείται ως καύσιμο στη βιομηχανία. Η βασική πηγή της θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ είναι η κυτταρίνη που περιέχεται κυρίως στο χαρτί, στο χαρτόνι και στα πλαστικά. Η εκτίμηση της θερμογόνου δύναμης των απορριμμάτων μπορεί να γίνει με δεδομένα τη σύσταση των απορριμμάτων ως προς τα επιμέρους κλάσματα (χαρτί, πλαστικό κλπ.), τα ποσοστά υγρασίας κάθε κλάσματος και τη θερμογόνο δύναμη κάθε κλάσματος. Εναλλακτικά, ο υπολογισμός της μπορεί να γίνει με βάση τη στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ και εφαρμογή του τύπου του Du Long[1]:

$$Hu \left(\frac{kcal}{kg} \right) = 80 \cdot C + 340 \cdot \left(\frac{H-1}{8 \cdot O} \right) + 32 \cdot S ,$$

Όπου: C = άνθρακας, H = υδρογόνο, O = οξυγόνο, S = θείο (σε κατά μάζα σύσταση)

1.6.1.2. Αποτέφρωση σε εσχάρες

Η αποτέφρωση σε εσχάρες έχει εφαρμοστεί ευρέως σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης τόσο αστικών απορριμμάτων όσο και SRF. Σχεδόν το 90% των εγκαταστάσεων στην Ευρώπη χρησιμοποιεί αυτή την τεχνολογία. Η τεχνολογία καύσης σε εσχάρες θεωρείται αξιόπιστη, ασφαλής και αποδοτική. Η κατώτερη θερμογόνο δύναμη της καύσιμης ύλης σε αυτή την περίπτωση υπολογίζεται στα 6 – 18 MJ/kg, ενώ η θερμική ισχύς που παράγεται ανά γραμμή εσχάρων καύσης υπολογίζεται στα 16 – 110 MW_{th}/γραμμή [10].

Ένα σύστημα καύσης με εσχάρες αποτελείται κυρίως από τα εξής υποσυστήματα[10]:

- Σύστημα τροφοδοσίας καύσιμης ύλης (αρπάγη)
- Εσχάρα καύσης
- Σύστημα απαγωγής – εκροής της τέφρας
- Σύστημα προσαγωγής του αέρα καύσης
- Θάλαμος καύσης

Η κατηγοριοποίηση των εσχάρων καύσης βασίζεται στις ακόλουθες παραμέτρους[10]:

- Στη σχετική κίνηση των εσχάρων σε σχέση με εκείνη της καύσιμης ύλης.
- Στην κλίση των εσχάρων.
- Στη μέθοδο εισαγωγής του αέρα καύσης.
- Στον τρόπο ψύξης των εσχάρων.

Οι κυριότεροι τύποι εσχάρων που απαντώνται στη βιβλιογραφία είναι οι εξής[10]:

- Δονούμενες εσχάρες, όπου τα εσχάρια δονούνται κατά τη διεύθυνση της κίνησης της καύσιμης ύλης.
- Εσχάρες ταλάντωσης, που κατασκευάζονται από εσχάρια, τα οποία εκτείνονται σε όλο το πλάτος του θαλάμου καύσης, αλλά ταυτόχρονα επικαλύπτονται οι επιφάνειες τους. Κάποια απ' αυτά είναι σταθερά, ενώ τα υπόλοιπα διατελούν μια κίνηση με κατεύθυνση από τα εμπρός προς τα πίσω. Η σχετική αυτή κίνηση κάνει τη μάζα των αποβλήτων να αναμειγνύεται με τον αέρα καύσης και μεταξύ τους.
- Εσχάρες μετάδοσης που αποτελούνται από συνεχή μεταλλικό ιμάντα ή από ιμάντες με συναρμολογούμενες συνδέσεις, οι οποίες κινούνται κατά μήκος του κλιβάνου.

- Κυλινδρικές εσχάρες: αποτελούνται από διαδοχικούς περιστρεφόμενους κυλίνδρους, ο άξονας των οποίων είναι κάθετος στην κίνηση των αποβλήτων. Έτσι επιτυγχάνεται η μετακίνηση και η ανάμειξη των αποβλήτων.
- Εσχάρες με ψύξη. Η ψύξη της εσχάρας είναι απαραίτητη σε περιπτώσεις όπου η θερμογόνος ικανότητα των απορριμμάτων είναι σχετικά υψηλή (12 – 15 MJ/kg). Υπάρχουν δύο τρόποι ψύξης της εσχάρας: με τον αέρα καύσης ή με νερό. Ο έλεγχος της εξέλιξης της καύσης είναι ευκολότερος όταν η ψύξη γίνεται με νερό. Η θερμότητα που απορροφά το νερό ψύξης της εσχάρας χρησιμοποιείται εξωτερικά, ενώ κάποιες φορές παρατηρείται ενσωμάτωση της εσχάρας στο σύστημα ατμοποίησης του ατμοπαραγωγού της μονάδας αποτέφρωσης.

1.6.1.3. Αποτέφρωση σε ρευστοποιημένη κλίνη

Η ρευστοποιημένη κλίνη είναι ένας τυπικός θάλαμος καύσης ορθογώνιας διατομής, στον οποίο είναι συγκεντρωμένη μια ποσότητα αδρανών στερεών σωματιδίων, τα οποία τίθενται σε συνεχή κίνηση, υπό την επίδραση ροής αέρα, η οποία πραγματοποιείται μέσω κατάλληλα διαμορφωμένου πλέγματος διανομής, από τον πυθμένα του στρώματος των σωματιδίων και με κατεύθυνση προς τα πάνω. Οι ρευστοποιημένες κλίνες χρησιμοποιούνται επί δεκαετίες στην καύση ομογενοποιημένων καυσίμων, όπως είναι ο άνθρακας, ο λιγνίτης και η βιομάζα. Στην περίπτωση των απορριμμάτων είναι κατάλληλες για την καύση RDF και λυματολάσπης[10].

Η αποτέφρωση σε ρευστοποιημένη κλίνη εξελίσσεται σε μεγάλο βαθμό μέσα σε αυτή, όπου συνήθως εισάγεται και το καύσιμο με τη χρήση ατέρμωνων κοχλίων. Σε όλες τις περιπτώσεις ρευστοποιημένης κλίνης υπάρχει πάνω από αυτήν ελεύθερος χώρος, ο οποίος λειτουργεί όπως ο θάλαμος καύσης στην αποτέφρωση με εσχάρες. Ο ρόλος του είναι να παρέχει στα σωματίδια καυσίμου και τα αέρια (πηκτικά), που ελευθερώνονται κατά το στάδιο της αεριοποίησης, επαρκή χρόνο και χώρο για να αναμιχθούν με τον αέρα και να καούν. Στο χώρο αυτό γίνεται και η εισαγωγή του δευτερεύοντος ρεύματος αέρα καύσης[10].

Μέσα στην κλίνη εξελίσσονται τα στάδια της καύσης των αποβλήτων: ξήρανση – αεριοποίηση, έναυση και καύση. Στις περισσότερες εφαρμογές, η θερμοκρασία της κλίνης διατηρείται στους 850 – 950 °C. Οι λόγοι είναι κυρίως κατασκευαστικοί αλλά και λειτουργικοί. Αρχικά, αν η θερμοκρασία της κλίνης αυξηθεί, παρουσιάζονται προβλήματα διάβρωσης των σωληνώσεων συναλλαγής θερμοκρασίας του λέβητα, γιατί η ρευστοποιημένη κλίνη λειτουργεί συνήθως με καύσιμα μικρής θερμογόνου ικανότητας και συνεπώς με μεγάλες παροχές μάζας αερίων στους εναλλάκτες. Επίσης το υλικό που χρησιμοποιείται στην κλίνη για τον περιορισμό των αερίων ρύπων (CaO) έχει σχετικά χαμηλό σημείο τήξης, με αποτέλεσμα αύξηση της θερμοκρασίας καύσης να οδηγεί στο σχηματισμό συσσωματώσεων που φράζουν τις διόδους απαγωγής της τέφρας και ρυπαίνουν τις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας. Τέλος, η βέλτιστη θερμοκρασία για τις αντιδράσεις περιορισμού του SO₂ βρίσκεται εντός της συγκεκριμένης θερμοκρασιακής περιοχής[10].

Οι κατηγορίες ρευστοποιημένης κλίνης διακρίνονται ανάλογα με το είδος της ρευστοποίησης σε: αναβράζουσας ρευστοποιημένης κλίνης και σε ανακυκλοφορίας. Για την αποτέφρωση απορριμμάτων έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες και για τα δύο είδη κλινών[10]:

- Η αναβράζουσα ρευστοποιημένη κλίνη λειτουργεί με ταχύτητες αέρα μεταξύ της ελάχιστης και μέγιστης ταχύτητας ρευστοποίησης. Συνεπώς, οι κλίνες αυτές λειτουργούν με την παρουσία φυσαλίδων αέρα στο υλικό τους και χωρίς αυτό και το καύσιμο να παρασύρονται από τον αέρα. Η τροφοδοσία του καυσίμου συνήθως γίνεται απευθείας μέσα σε αυτές ή ακριβώς πάνω τους.
- Η ρευστοποιημένη κλίνη ανακυκλοφορίας λειτουργεί σε πεδίο ταχυτήτων μεγαλύτερο από τη μέγιστη ταχύτητα ρευστοποίησης και σε σχετικά μικρές διαμέτρους υλικού κλίνης, με αποτέλεσμα να παρασύρεται το υλικό τους και το καύσιμο. Το γεγονός αυτό κάνει απαραίτητη τη χρήση κυκλωνικού διαχωριστή για τα στερεά σωματίδια. Τοποθετείται για να μην αυξηθεί το φορτίο των ηλεκτροστατικών φίλτρων της εγκατάστασης, καθώς επίσης και για οικονομικούς λόγους, αφού το υλικό που παρασύρεται περιέχει άκαυστο καύσιμο και υλικό κλίνης που μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν.

Ένα σύστημα αποτέφρωσης με ρευστοποιημένη κλίνη αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία[10]:

- Σύστημα προεπεξεργασίας και τροφοδοσίας απορριμμάτων
- Σύστημα προετοιμασίας των χημικών αντιδραστηρίων της κλίνης
- Σύστημα προσαγωγής του αέρα καύσης
- Ρευστοποιημένη κλίνη
- Σύστημα απαγωγής της τέφρας
- Κυκλωνικός διαχωριστής σωματιδίων (για την περίπτωση ρευστοποιημένης κλίνης με ανακυκλοφορία)

Αντιρρυπαντικό σύστημα μονάδων αποτέφρωσης

Όλες οι κατηγορίες υπολείμματος από τη θερμική επεξεργασία απαιτούν προσεκτική διαχείριση. Η διάθεση σε χώρο ταφής πρέπει να λαμβάνει υπόψη την εκπλυσιμότητα των διαφόρων συστατικών που περιέχουν τα υπολείμματα αυτά. Η ιπτάμενη τέφρα περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, διαλυτών αλάτων, οργανικών και την υψηλότερη περιεκτικότητα από όλα τα κατάλοιπα σε χλωριωμένες οργανικές ενώσεις. Θεωρείται επικίνδυνο απόβλητο και αν δεν εφαρμοστεί κάποια μέθοδος αδρανοποίησής της θα πρέπει να διατεθεί σε χώρο διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων. Η τέφρα βάσης μπορεί να διατεθεί μετά την ψύξη της σε ΧΥΤΑ αλλά συνήθως αξιοποιείται στην οδοποιία, καθώς στα κράτη μέλη της Ε.Ε. έχουν αναπτυχθεί εθνικές προδιαγραφές για την αξιοποίησή της, σε αντίθεση με την ελληνική πραγματικότητα[2].

Ως ρυπαντές κατά την καύση απορριμμάτων αναφέρονται η ιπτάμενη τέφρα, το υδροχλώριο (HCl), το υδροφθόριο (HF), τα οξείδια του θείου (SO_x), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), οι διοξίνες και τα φουράνια (PCDDs & PCDFs) και ο υδράργυρος. Τα κυριότερα συστήματα συγκράτησης και απομάκρυνσης αέριων ρύπων και στερεών σωματιδίων είναι τα εξής[10]:

- Ηλεκτροστατικά Φίλτρα
- Υφασματόφιλτρα ή Σακκόφιλτρα
- Ξηρό σύστημα έκπλυσης (σακκόφιλτρο) με Ca(OH₂) ή με ενεργό άνθρακα
- Ημί-ξηρο σύστημα έκπλυσης με υδατικό διάλυμα Ca(OH₂) ή με ενεργό άνθρακα
- Υγρό σύστημα έκπλυσης πολλαπλών βαθμίδων με νερό και NaOH ή/και Ca(OH₂)
- Εκλεκτική μη καταλυτική αναγωγή (SNCR)
- Εκλεκτική καταλυτική αναγωγή (SCR)

1.6.1.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της καύσης

Τα κύρια θετικά στοιχεία της καύσης με ανάκτηση ενέργειας είναι η ταχύτητα της επεξεργασίας, η μείωση του όγκου των ΑΣΑ μέχρι 90% και του βάρους τους μέχρι 80%, καθώς και η δυνατότητα καύσης της ύλης από βιολογική επεξεργασία. Σε σχέση με την υγειονομική ταφή, σημειώνεται η μικρότερη παραγωγή αερίων θερμοκηπίου και ο μικρότερος χώρος. Στα αρνητικά στοιχεία περιλαμβάνονται το υψηλό κόστος, η περίπλοκη τεχνολογία, η παρουσία τοξικών στοιχείων στην τέφρα και η ανάγκη ειδικής μέριμνας για τη διάθεση της, η εξάρτηση από τη σύνθεση και τα χαρακτηριστικά των ΑΣΑ, η ρύπανση νερών, η ανάγκη για σταθερή (αν όχι αυξανόμενη λόγω οικονομικών κλίμακας) εισροή αποβλήτων. Η καύση με ανάκτηση ενέργειας είναι ανταγωνιστική προς σχεδόν κάθε σύστημα ανακύκλωσης, αλλά δημιουργεί λιγότερες θέσεις εργασίας απ' ό,τι η ανακύκλωση και η κομποστοποίηση και δεν ανακτά τα υλικά που διατέθηκαν για την παραγωγή των αγαθών (σε αντίθεση με την ανακύκλωση) [12].

1.6.1.5. Λοιπές περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Πέρα από τη διαχείριση και διάθεση της τέφρας και του περιορισμού των αερίων εκπομπών, πρέπει επίσης να αντιμετωπιστούν και κάποιες άλλες επιπτώσεις, όπως η οπτική παρενόχληση λόγω της καμινάδας και των καυσαερίων που απάγει στην ατμόσφαιρα, οι οσμές λόγω σποραδικών διαφυγών από την εγκατάσταση και ο θόρυβος λόγω του μηχανολογικού εξοπλισμού. Ωστόσο, τα προβλήματα αυτά μπορούν να λυθούν με τον κατάλληλο σχεδιασμό. Επιπλέον, η καύση των ΑΣΑ απελευθερώνει διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παρόλα αυτά, όταν εφαρμόζεται ανάκτηση ενέργειας με χρήση υποκατάστατου καυσίμου, όπως τα απορρίμματα, δεν προκύπτει πρόσθετη απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα, άρα επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών. Η εναλλακτική διάθεση σε χωματερές είναι πιο επιζήμια στο περιβάλλον απ' ό,τι η καύση, λόγω της απελευθέρωσης διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου (το οποίο έχει σημαντική επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου) στην ατμόσφαιρα [1].

1.6.2. Πυρόλυση

Η πυρόλυση αποτελεί μια σχετικά νέα θερμική διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα, μόλις τα τελευταία 20 – 30 χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία ΑΣΑ. Γενικά, δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητάς της. Παρόλα αυτά, μη Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Ιαπωνία, διαθέτουν εγκαταστάσεις πυρόλυσης στερεών απορριμμάτων, οι οποίες λειτουργούν αποδοτικά εδώ και πολλά χρόνια, γεγονός το οποίο πιθανότατα οφείλεται στις διαφορές των χαρακτηριστικών των απορριμμάτων τους (π.χ. ως προς το ποσοστό του οργανικού κλάσματος και τη θερμογόνο δύναμή τους), σε σχέση με εκείνα των Ευρωπαϊκών χωρών[2].

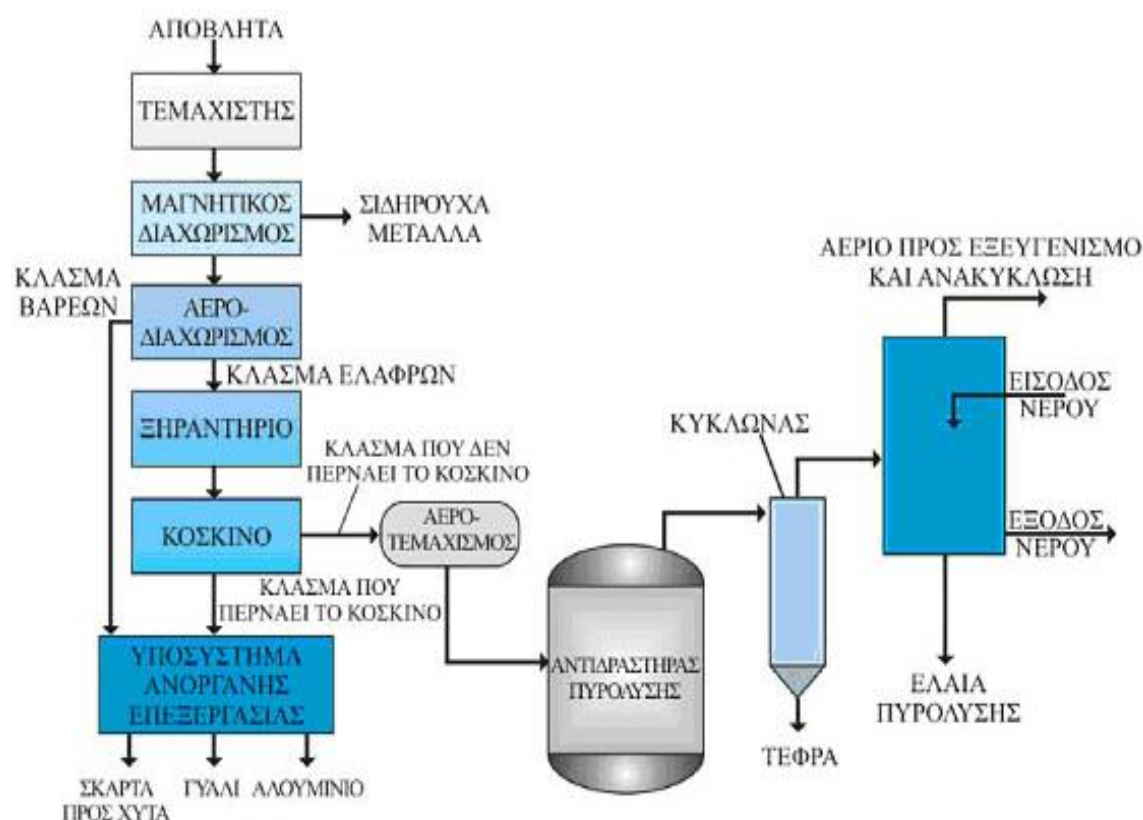
Στην πυρόλυση των απορριμμάτων κύριο λόγο έχουν τα οργανικά υλικά. Το μεγαλύτερο μέρος των υλικών, τα οποία περιέχουν άνθρακα, αποτελείται από κυτταρίνη. Μια επίσης βασική παράμετρος είναι η υγρασία των απορριμμάτων, η οποία στα ελληνικά απορρίμματα ξεπερνά το 30 %. Η πυρόλυση ως θερμική μέθοδος βασίζεται στο γεγονός ότι οι περισσότερες οργανικές ουσίες είναι θερμικά ασταθείς και κατά τη θέρμανσή τους απουσία οξυγόνου διαχωρίζονται μέσω ενός συνδυασμού θερμικής διάσπασης και συμπύκνωσης σε αέρια, υγρά και στερεά κλάσματα. Η πυρολυτική διεργασία σε αντίθεση με την καύση και την αεριοποίηση είναι ισχυρά ενδόθερμη και για τη διεξαγωγή της απαιτείται εξωτερική πηγή ενέργειας. Βασικές παράμετροι για την εφαρμογή της αποτελούν η σύσταση των στερεών αποβλήτων, η θερμογόνος δύναμή τους, η περιεχόμενη υγρασία κ.λπ.[2, 11, 13].

Κατά την πυρόλυση των στερεών αποβλήτων, τα προϊόντα που παράγονται είναι[2, 13]:

- Αέρια: Αποτελούνται κυρίως από υδρογόνο, μεθάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα και διάφορα άλλα αέρια, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων.
- Υγρά: Το υγρό κλάσμα, είναι ελαιώδες με υψηλή πυκνότητα και ιξώδες και περιέχει απλά καρβοξυλικά οξέα, κετόνες, αλκοόλες καθώς και σύνθετους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες. Με περαιτέρω επεξεργασία το κλάσμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συνθετικό καύσιμο.
- Στερεά: Το στερεό υπόλειμμα περιέχει σχεδόν καθαρό άνθρακα και τυχόν αδρανή υλικά που υπάρχουν στα στερεά απόβλητα.

Η πυρόλυση της οργανικής ύλης εκπέμπει μικρότερη ποσότητα διοξινών και φουρανών από την καύση απορριμμάτων, λόγω της απουσίας οξυγόνου. Ωστόσο, κατά την πυρόλυση παράγονται πολυκυκλικές αρωματικές ενώσεις. Η πυρόλυση μπορεί να εφαρμοσθεί για σχετικά με άλλες μεθόδους μικρότερες ποσότητες απορριμμάτων, τα καύσιμα που ανακτώνται μπορούν να αποθηκευτούν και υπάρχει ευελιξία σε περίπτωση αλλαγής σύνθεσης των απορριμμάτων, σε αντίθεση με την καύση[11].

Σε γενικές γραμμές, η πυρόλυση ενδείκνυται για την επεξεργασία επεξεργασμένων ΑΣΑ (δευτερογενή καύσιμα) και λιγότερο για σύμμεικτα ΑΣΑ, καθώς η εφαρμογή της στην επεξεργασία ετερογενών μειγμάτων δεν έχει ακόμα ωριμάσει στην Ε.Ε. αν και υπάρχει σημαντικός αριθμός ερευνητικών και πιλοτικών προγραμμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο. Γι' αυτό το λόγο έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι πυρόλυσης. Ενδεικτικά, αναφέρονται οι μέθοδοι Destrugas, Kiener, Ebara, PUROX, TORRAX[2, 11].



Εικόνα 6: Διεργασία πυρόλυσης[2]

Τα στερεά υπολείμματα της πυρόλυσης υπολογίζονται περίπου στο 35 % του συνόλου των απορριμμάτων. Το 20 % αυτών των υπολειμμάτων είναι άνθρακας. Μια δυνατότητα αντιμετώπισής τους εκτός από την διάθεσή τους σε μονάδες τοξικών αποβλήτων είναι η τήξη ή κεραμοποίησή τους. Μερικές εταιρίες εμπλουτίζουν τα υπολείμματα με άνθρακα σε ποσοστό 30 – 40 % και μετά ξεκινά η διαδικασία της τήξης[11].

Η πυρόλυση χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή κάρβουνου από ξύλο, οπτάνθρακα (κωκ) από άνθρακα και καύσιμο αέριο από κλάσματα πετρελαίου. Παρά τις παραπάνω βιομηχανικές χρήσεις της πυρόλυσης, η πυρόλυση για τα απορρίμματα δεν έχει πετύχει τόσο. Οι βασικοί λόγοι είναι η δυσκολία που θέτουν αυτά τα συστήματα και η αποτυχία εκτίμησης των δυσκολιών για μια συνεχή παροχή απορριμμάτων στα συστήματα αυτά. Ειδικά στην περίπτωση που επιθυμείται η παραγωγή αερίων καυσίμων, η αεριοποίηση είναι απλούστερη και πιο αποδοτική ως προς το κόστος τεχνολογία[13].

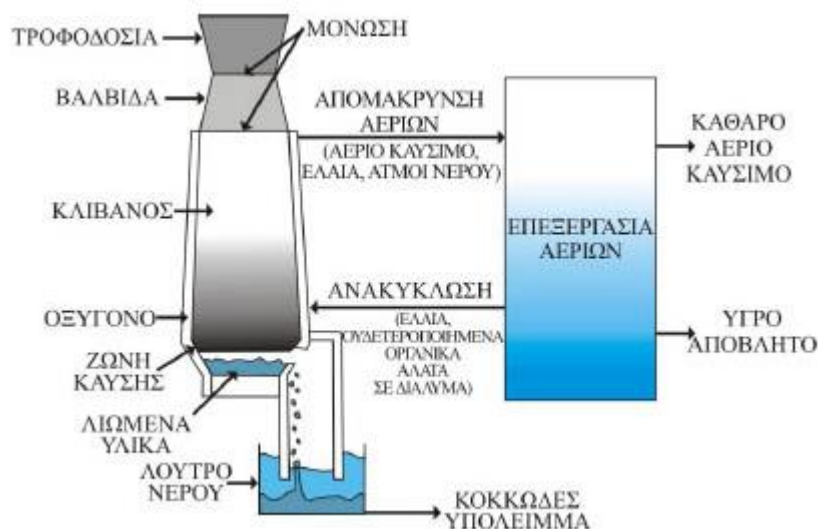
1.6.3. Αεριοποίηση

Αεριοποίηση είναι η μερική καύση καυσίμου σε υποστοιχειομετρικές συνθήκες. Αποτελεί επίσης μια σχετικά νέα και μη ευρέως διαδεδομένη, στην Ευρώπη, μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Ουσιαστικά περιλαμβάνει την μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε ένα μίγμα καυσίμων αερίων, μέσω μερικής οξειδωσης αυτού σε υψηλές θερμοκρασίες (400 - 1500 °C). Το παραγόμενο συνθετικό αέριο πριν χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες, τουρμπίνες κτλ. πρέπει να καθαρισθεί. Πλεονέκτημα της αεριοποίησης είναι ο μικρός απαιτούμενος χώρος για την κατασκευή της εγκατάστασης, καθώς και οι μικρές ποσότητες των παραγόμενων αερίων και υπολειμμάτων. [2, 11, 13].

Η αεριοποίηση έχει ομοιότητες με την πυρόλυση, όπως τη μετατροπή των απορριμμάτων σε αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, αλλά παρουσιάζει βασική διαφορά κατά την εφαρμογή της, αφού η πυρόλυση χρησιμοποιεί εξωτερική πηγή θερμότητας για να ενεργοποιηθούν οι ενδόθερμες αντιδράσεις θερμικής διάσπασης των απορριμμάτων, σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου, ενώ η αεριοποίηση είναι αυτοσυντηρούμενη (χωρίς εξωτερική πηγή ενέργειας μετά το στάδιο της ανάφλεξης) και χρησιμοποιεί πρόσθετο καύσιμο αέριο, όπως για παράδειγμα ατμό, διοξείδιο του άνθρακα, αέρα ή οξυγόνο, για την επιπλέον μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε αέρια προϊόντα. Η ενέργεια που απαιτείται για την αντίδραση αεριοποίησης παράγεται με καύση μέρους του οργανικού υλικού στον αντιδραστήρα αεριοποίησης. Οι βασικοί τύποι εγκαταστάσεων αεριοποίησης είναι [2, 13]:

- Κάθετης σταθερής κλίνης
- Οριζόντιας σταθερής κλίνης
- Ρευστοποιημένης κλίνης
- Πολλαπλών εστιών
- Περιστρεφόμενου κλιβάνου

Το αποτέλεσμα της αεριοποίησης είναι η παραγωγή αερίου σύνθεσης (syngas), καθώς και μικρού στερεού υπολείμματος. Το αέριο σύνθεσης αποτελείται κυρίως από μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο με μικρότερες ποσότητες μεθανίου, διοξειδίου του άνθρακα, αζώτου και λοιπών υδρογονανθράκων. Κύριο ρόλο στη διαχείριση και χρήση του αερίου παίζει ο καθαρισμός του από επιβλαβείς ρυπαντές και πηκτώδεις ουσίες. Ιδιαίτερα στην περίπτωση της αεριοποίησης απορριμμάτων, ο καθαρισμός του αερίου αποτελεί πρωτεύοντα στόχο του συστήματος [10, 13].



Εικόνα 7: Διεργασία αεριοποίησης[2]

Η εμπειρία με πιλοτικές και μη μονάδες δείχνει ότι δεν υπάρχουν αξιόπιστα αποτελέσματα για τους αεριοποιητές. Απαιτείται επεξεργασία του RDF για την απομάκρυνση μετάλλων, ώστε να βελτιωθεί η απόδοση των αντιδραστήρων και να μειωθούν οι εκπομπές ρύπων. Τα συστήματα αυτά έχουν χαμηλότερες εκπομπές ρύπων συγκρινόμενα με συστήματα που δουλεύουν σε υπερστοιχειομετρικές συνθήκες. Οι αντιδραστήρες κάθετης σταθερής και ρευστοποιημένης κλίνης είναι αυτοί που έχουν τη μεγαλύτερη πιθανότητα για μελλοντική ανάπτυξη[13].

Ρυπαντικό φορτίο παραγόμενου αερίου

Υπό τις έντονα αναγωγικές συνθήκες που επικρατούν στον αντιδραστήρα αεριοποίησης, μαζί με το καύσιμο αέριο παράγονται και ανεπιθύμητα συστατικά, η ελαχιστοποίηση των οποίων είναι απαραίτητη ώστε αυτό να μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά τόσο από λειτουργικής όσο και από περιβαλλοντικής άποψης. Οι κυριότεροι ρύποι είναι οι βαρείες υδρογονανθρακικές ενώσεις πίσσας και τα αιωρούμενα σωματίδια. Εκτός αυτών όμως υπάρχει μια σειρά ανόργανων ανεπιθύμητων ενώσεων αζώτου και θείου σε μικρότερες συγκεντρώσεις[10].

Τεχνολογίες καθαρισμού του παραγόμενου αερίου

Ο σχεδιασμός του συστήματος επεξεργασίας του αερίου, καθώς και η έκταση του καθαρισμού είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με το είδος του συστήματος ενέργειας που ακολουθεί (λέβητας, εμβολοφόρος ΜΕΚ, αεριοστρόβιλος). Επομένως, ανάλογα με την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί υπάρχουν και οι αντίστοιχες απαιτήσεις για το καύσιμο, όσον αφορά την θερμογόνο δύναμη, τα σωματίδια, τις πίσσες και τα αλκαλικά μέταλλα[10].

Τεχνολογίες μείωσης των πίσσων

Η θερμική διάσπαση των μορίων της πίσσας επιτυγχάνεται με θέρμανση του παραγόμενου αερίου σε θερμοκρασία 1200 °C. Δύο ανταγωνιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται στους αντιδραστήρες σταθερής κλίνης για την υλοποίηση της θερμικής διάσπασης[10].

Η πρώτη μέθοδος είναι η καταλυτική διάσπαση της πίσσας, στην οποία έχει επικεντρωθεί το ερευνητικό ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Για τη διάσπαση απαιτούνται θερμοκρασίες 600 – 800 °C παραπλήσιες αυτών της αεριοποίησης, κάτι που επηρεάζει το συνολικό βαθμό απόδοσης, αλλά σε μικρότερη έκταση από τη θερμική διάσπαση. Η εφαρμογή των καταλυτών μπορεί να γίνει είτε μέσα στην κλίνη, όπου απενεργοποιούνται γρήγορα λόγω των επικαθίσεων του άνθρακα είτε σε δευτερογενείς διατάξεις στην έξοδο του αντιδραστήρα[10].

Η δεύτερη μέθοδος είναι η υγρή πλύση όπου χρησιμοποιείται συνήθως νερό ή οργανικό έλαιο για την απομάκρυνση πίσσας και σωματιδίων, η οποία παρουσιάζει αυξημένο βαθμό απόδοσης και για το λόγο αυτό επιλέγεται σε αρκετές βιομηχανικές εφαρμογές. Το μειονέκτημά της είναι ότι δεν επιλύει το πρόβλημα της πίσσας, αλλά το μεταθέτει από την αέρια στην υγρή μορφή, δημιουργώντας υγρά απόβλητα[10].

Τεχνολογίες μείωσης σωματιδιακού φορτίου

Είναι κατά βάση φυσικές μέθοδοι και στοχεύουν στην κατακράτηση του, εκμεταλλευόμενες ιδιότητες όπως η μάζα, το μέγεθος και το ηλεκτρικό φορτίο των σωματιδίων. Η εφαρμογή τους συνεπάγεται το διαχωρισμό αυτών από την αέρια φάση και συσσώρευση είτε σε στερεή είτε σε υγρή φάση. Συνήθως χρησιμοποιούνται κυκλώνες, ηλεκτροστατικά φίλτρα, σακκόφιλτρα, ή κεραμικά και μεταλλικά φίλτρα σε περίπτωση που οι θερμοκρασίες των αερίων είναι υψηλές[10].

1.6.4. Τεχνική του πλάσματος

Ο όρος πλάσμα περιγράφει κάθε αέριο του οποίου τουλάχιστον ένα ποσοστό των ατόμων ή μορίων του είναι μερικά ή ολικά ιονισμένο. Ο ιονισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Στην περίπτωση της επεξεργασίας αποβλήτων με την τεχνική του πλάσματος, το αέριο μεταπίπτει στην κατάσταση του πλάσματος συνήθως με τη βοήθεια της θερμότητας που δημιουργείται από ηλεκτρική αντίσταση τόξου στήλης πλάσματος. Το τόξο αυτό βρίσκεται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων (άνοδος και κάθοδος) και αποτελείται από ένα ηλεκτρικά αγώγιμο αέριο, μετατρέποντας έτσι τον ηλεκτρισμό σε θερμότητα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνικές θερμικής επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία του αερίου μπορεί να υπερβεί τους 6.000 °C. Το αέριο σε κατάσταση πλάσματος, παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη χημική δραστηριότητα συγκριτικά με τα περισσότερα αέρια σε μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις και μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε μια ποικιλία χημικών διαδικασιών. Τα πλεονεκτήματα από τη χρησιμοποίηση της τεχνολογίας αυτής προκύπτουν κατά κύριο λόγο από την υψηλή κινητική ενέργεια που χαρακτηρίζει τα ιόντα και τα ηλεκτρόνια του

πλάσματος, αλλά και τα άτομα του ουδετέρου αερίου. Η μερική μεταφορά αυτής της ενέργειας στις χημικές ενώσεις κάνει δυνατές χημικές αντιδράσεις, οι οποίες δεν θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν από τις εξώθερμες αντιδράσεις των συμβατικών διαδικασιών καύσης[2].

Εφαρμόζοντας την τεχνική του πλάσματος, λαμβάνει χώρα η αεριοποίηση / υαλοποίηση του περιεχομένου των εισερχομένων στερεών αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, υπό την επίδραση των πολύ υψηλών θερμοκρασιών, το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων αεριοποιείται και σχηματίζει το αέριο σύνθεσης και απαέρια. Ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να λάβει χώρα η καταστροφή των οργανικών ενώσεων εξαρτάται από την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας και το χρόνο παραμονής των οργανικών ενώσεων στην ιονισμένη ατμόσφαιρα ή σε υψηλή θερμοκρασία. Παράλληλα, το ανόργανο μέρος των αποβλήτων μετατρέπεται σε τηγμένο υπόλειμμα, το οποίο μετά από ψύξη σχηματίζει ένα σταθερό, αδρανές, υψηλής πυκνότητας υαλώδες υλικό. Τα τελικά προϊόντα από την εφαρμογή της τεχνολογίας του πλάσματος είναι[2]:

- Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης, το οποίο προκύπτει από την πλήρη αεριοποίηση όλων των πτητικών συστατικών (οργανικό μέρος των αποβλήτων) του εισερχόμενου ρεύματος. Η σύσταση του αερίου καθώς και το ενεργειακό του περιεχόμενο, εξαρτώνται άμεσα από το είδος και το οργανικό περιεχόμενο του εισερχόμενου προς επεξεργασία ρεύματος αποβλήτων. Το παραπάνω μίγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποδοτικό καύσιμο στη μονάδα πλάσματος μειώνοντας με τον τρόπο αυτό το λειτουργικό κόστος ή εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εμπορεύσιμο προϊόν.
- Το υαλώδους μορφής, αδρανές υλικό το οποίο δημιουργείται από την υαλοποίηση του ανόργανου μέρους των επεξεργαζόμενων αποβλήτων. Το υπόλειμμα αυτό είναι ομογενές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κατασκευαστικό υλικό σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. κατασκευή δρόμων).
- Τα απαέρια, τα οποία ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα. Αναφορικά με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια των εκπομπών από μονάδες που χρησιμοποιούν την τεχνολογία του πλάσματος, ισχύουν τα ίδια όρια με τις υπόλοιπες μονάδες θερμικής επεξεργασίας.
- Τα υγρά απόβλητα, τα οποία προκύπτουν από τη διαδικασία καθαρισμού των απαερίων. Ανάλογα με την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των αποβλήτων αυτών, είναι δυνατόν να απαιτείται εγκατάσταση επεξεργασίας τους έτσι ώστε να είναι ασφαλής η τελική τους διάθεση.

Η τεχνολογία πλάσματος δεν έχει εφαρμοστεί σε εμπορική κλίμακα στην Ε.Ε. αλλά υπάρχουν παγκοσμίως εγκαταστάσεις που την εφαρμόζουν για την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων, ενώ στην Ιαπωνία λειτουργεί μονάδα πλάσματος για την επεξεργασία 20 t/d αστικών στερεών αποβλήτων και 4 t/d αστικής ιλύος. Πιλοτικά προγράμματα εφαρμόζονται παγκοσμίως, αλλά η πολυπλοκότητα της σύστασης των σύμμεικτων ΑΣΑ δεν έχει προς το παρόν επιτρέψει την εμπορική εφαρμογή της για την επεξεργασία αυτού του ρεύματος. Τα πιλοτικά προγράμματα αφορούν στην αξιοποίηση επεξεργασμένων ΑΣΑ (π.χ. RDF)[2].

1.7. Υγειονομική ταφή

Η κοινοτική περιβαλλοντική πολιτική εστιάζει στο σχεδιασμό, εγκατάσταση και λειτουργία χώρων ελεγχόμενης απόθεσης των στερεών αποβλήτων, μέσω εφαρμογής της μεθόδου της υγειονομικής ταφής. Όλες οι άλλες μέθοδοι διαχείρισης των στερεών αποβλήτων (θερμικές μέθοδοι, μηχανική διαλογή, βιολογικές μέθοδοι) οδηγούν ανάμεσα σε άλλα, στην παραγωγή καταλοίπων για τα οποία είναι απαραίτητη η τελική διάθεση. Έτσι η υγειονομική ταφή δεν είναι απλά μια εναλλακτική τεχνική διάθεσης στερεών αποβλήτων, αλλά αποτελεί αναπόσπαστο στάδιο της συνολικής διαχείρισής τους. Ένας σύγχρονος χώρος διάθεσης θα πρέπει να έχει σχεδιαστεί με γνώμονα τη διασφάλιση συνθηκών ευστάθειας, να διαθέτει σύστημα αντιπυρικής προστασίας, δίκτυο απορροής όμβριων υδάτων και σύστημα διαχείρισης των στραγγισμάτων, σύστημα μόνωσης και στεγανοποίησης για την αποφυγή ρύπανσης των υπογείων υδάτων, σύστημα αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαερίου και σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης του Χ.Υ.Τ.Α.[2].

Η ελεγχόμενη απόθεση ή υγειονομική ταφή είναι η μέθοδος κατά την οποία τα απορρίμματα διαστρώνονται, συμπιέζονται και καλύπτονται συστηματικά με κατάλληλο υλικό (ως επί το πλείστον χώμα). Επειδή κατά την υγειονομική ταφή έχουμε οριστική εναπόθεση των απορριμμάτων πρέπει η εκλογή του χώρου, η λειτουργία και η επανένταξη του χώρου στην περιοχή να γίνονται σωστά, έτσι ώστε να προστατεύεται όσο το δυνατόν περισσότερο το περιβάλλον και να μη δημιουργούνται κίνδυνοι για την υγεία του ανθρώπου. Τρεις βασικές τεχνικές της ελεγχόμενης διάθεσης είναι η κανονική συμπίεση των απορριμμάτων, η συμπίεση σε μπάλες και η εναπόθεση χωρίς συμπίεση και κάλυψη τους[12].

Οι διεργασίες στους χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) είναι η γήρανση, η αποσάθρωση και η δημιουργία στραγγισμάτων. Η γήρανση είναι το σύνολο των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο εναποτιθέμενο υλικό που σε κανονικές συνθήκες υγρασίας δεν επηρεάζονται από παράγοντες που προέρχονται από την επιφάνεια. Πρόκειται κυρίως για αναερόβια διεργασία κατά την οποία η οργανική ύλη μετατρέπεται με τη βιολογική αποσύνθεση σε humus. Παράλληλα συμβαίνει και ισχυρή ορυκτοποίηση με μετατροπή των υδροξειδίων σε άλατα. Η βιολογική αποσάθρωση οδηγεί σε οξείδωση των οργανικών ουσιών προς CO₂ και των οργανικών αζωτούχων σε οργανικές ενώσεις που περιέχουν και θείο. Τα στραγγίσματα αφορούν όλες τις ευδιάλυτες ουσίες που σχηματίστηκαν κατά τη γήρανση και τα διαλυτά προϊόντα της γήρανσης και της αποσάθρωσης. Οι ποσότητές τους εξαρτώνται από τη διεισδυτικότητα του νερού και ευνοείται η δημιουργία τους από μεγάλο ύψους στρώματα απορριμμάτων[12].

Τα αέρια των χώρων διάθεσης απορριμμάτων

Τα αέρια των χώρων διάθεσης απορριμμάτων είναι ένας παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο στο σχεδιασμό και στη λειτουργία όσο και στην μετέπειτα αξιοποίηση των χώρων διάθεσης απορριμμάτων. Επιπλέον, η αναζήτηση νέων πηγών

ενέργειας οδήγησε τους επιστήμονες στην έρευνα αξιοποίησης των αερίων που προέρχονται από τους χώρους διάθεσης απορριμμάτων[12].

1.7.1. Σύνθεση και σύστημα επεξεργασίας των σχηματιζόμενων αερίων (βιοαερίου)

Η διαδικασία αποδόμησης των απορριμμάτων γίνεται κάτω από αερόβιες ή αναερόβιες συνθήκες και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η σύνθεση των απορριμμάτων και η τεχνική με την οποία εναποτίθενται τα απορρίμματα. Κατά την αερόβια διαδικασία της αποδόμησης των οργανικών ουσιών παράγεται διοξείδιο του άνθρακα σε ποσοστό 90%, νερό και ενέργεια. Από την αποδόμηση των αμινοξέων εκτός του διοξειδίου του άνθρακα παράγεται και αμμωνία. Η αποδόμηση σε αναερόβιες συνθήκες γίνεται σε δύο στάδια: α) την όξινη ζύμωση (αναερόβια όξινη φάση) και β) την παραγωγή μεθανίου (μεθανιογένεση). Μετά την εναπόθεση των απορριμμάτων αρχίζει η παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα που σιγά – σιγά μειώνεται με μια παράλληλη αύξηση του μεθανίου. Μείωση παρατηρείται επίσης τόσο στο οξυγόνο που βρίσκεται στον πορώδη χώρο των απορριμμάτων όσο και στο άζωτο. Το μεγαλύτερο μέρος του αερίου αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα. Η θερμοκρασία του βιοαερίου κυμαίνεται από 38 – 50 °C, είναι κορεσμένο ως προς την υγρασία και η θερμογόνος δύναμή του κυμαίνεται από 14000 – 20000 MJ/m³. Τα αέρια από ΧΥΤΑ μπορούν να θεωρηθούν άριστης ποιότητας εάν η σύνθεσή τους είναι η εξής: CH₄ πάνω από 60% κ.ο., CO₂ κάτω από 50% κ.ο., ενώ τα υπόλοιπα αέρια να μην ξεπερνούν το 1% κ.ο.[12],[9].

Σύστημα επεξεργασίας βιοαερίου

Κρίσιμο σημείο για τη λειτουργικότητα του συστήματος είναι οι αγωγοί μεταφοράς των αερίων. Για την εξαερίωση και συλλογή του αερίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε κάθετοι αγωγοί (φρεάτια) είτε οριζόντιοι αγωγοί. Λόγω καθιζήσεων υπάρχει το ενδεχόμενο να βουλώσουν οι αγωγοί και να μην μπορεί να περάσει το αέριο. Για την κατασκευή τους συνήθως χρησιμοποιείται πολυαιθυλένιο, το οποίο έχει υψηλή αντοχή. Για την αντιμετώπιση της διάβρωσης που προξενείται από τα σχηματιζόμενα οξέα του υδρόθειου, του φθορίου και του χλωρίου πρέπει αυτά να απομακρύνονται με νερό και η θερμοκρασία του αερίου να είναι πάνω από το σημείο δρόσου. Η διάβρωση μπορεί να προσβάλλει τους κινητήρες, τους λέβητες ή τους εναλλάκτες του συστήματος. Απαραίτητο είναι ένα σύστημα ελέγχου έτσι ώστε να αποφεύγονται ατυχήματα, διότι το βιοαέριο είναι εκρηκτικό όταν έρχεται σε επαφή με τον αέρα[12].

Το βιοαέριο αποτελείται από μια σειρά επιβλαβών ουσιών, οι οποίες πρέπει να απομακρυνθούν. Αυτές οι ενώσεις είναι το υδροχλώριο, το υδροφθόριο, το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, οι αλογονούχοι υδρογονάνθρακες, οι διοξίνες και οι φουράνες, οι υδρατμοί και το υδρόθειο. Επίσης, πρέπει να διαχωρισθεί το μεθάνιο, το διοξείδιο του άνθρακα και άζωτο. Η επεξεργασία του βιοαερίου απαιτεί[12]:

- Προσρόφηση με ενεργό άνθρακα. Το υδρόθειο υπό την παρουσία οξυγόνου και την καταλυτική επιρροή του ενεργού άνθρακα μετατρέπεται σε θείο. Σε δεύτερο στάδιο απομακρύνονται και οι οργανικές ενώσεις.
- Απορρόφηση με νερό ή άλλα διαλύματα.

Ο διαχωρισμός του μεθανίου από το διοξείδιο του άνθρακα επιτυγχάνεται είτε με προσρόφηση υπό πίεση είτε με φυσικές μεθόδους (μεμβράνες). Στη δεύτερη περίπτωση, ο διαχωρισμός του αερίου γίνεται λόγω των διαφορετικών ταχυτήτων των επιμέρους αερίων. Οι μεμβράνες είναι λιγότερο περατές από το άζωτο και το μεθάνιο σε αντίθεση με το διοξείδιο του άνθρακα, το οξυγόνο, το υδρόθειο και τους υδρατμούς. Ο βιολογικός καθαρισμός γίνεται με βιόφιλτρα που είναι μια απλή και οικονομική λύση. Ως φίλτρο χρησιμοποιείται εδαφοβελτιωτικό (κομπόστ), η τύρφη ή και τα δύο[12].

1.7.2. Χρήση του βιοαερίου

Το αέριο από ΧΥΤΑ (landfill gas) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανάκτηση ενέργειας. Συνήθης πρακτική είναι η χρήση του (συντά μαζί με φυσικό αέριο) σε αεριοκίνητες μηχανές (π.χ. ΜΕΚ, αεριοστρόβιλοι) που βρίσκονται κοντά στους χώρους εναπόθεσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μια άλλη εναλλακτική είναι η χρήση της απορριπτόμενης θερμότητας από τη φάση της παραγωγής θερμότητας μέσω συστημάτων συμπαραγωγής θερμότητας – ηλεκτρισμού. Επιπλέον, το αέριο εναπόθεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο άλλων καυσίμων σε λέβητες, κλίνες και θαλάμους καύσης, ή να αναβαθμιστεί για την παραγωγή υποκατάστατου φυσικού αερίου (SNG) και υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG). Σε περίπτωση που το αέριο αναβαθμιστεί για να εγχυθεί σε αγωγούς φυσικού αερίου, τότε πρέπει να καθαριστεί έτσι ώστε να συμβαδίζει με τις απαιτήσεις που υπάρχουν για το φυσικό αέριο. Σε πολλές περιπτώσεις το αέριο εναπόθεσης φλέγεται χωρίς ανάκτηση ενέργειας για την καταστροφή του μεθανίου και άλλων οργανικών ρυπαντών[14].

Ένα βασικό πρόβλημα που αφορά την καύση του βιοαερίου είναι η παρουσία χλωριούχων οργανικών ουσιών στη σύστασή του. Η καύση τέτοιου είδους ουσιών μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό διοξίνων και φουρανίων στα απαέρια του συστήματος καύσης. Υψηλές θερμοκρασίες καύσης για μακρά χρονικά διαστήματα και απότομη ψύξη για τα προϊόντα της καύσης προτείνονται για την ελαχιστοποίηση του σχηματισμού αυτών των ενώσεων, αλλιώς υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού αερίου υδροχλωρίου το οποίο μπορεί να συμπυκνωθεί σε υδροχλωρικό οξύ, το οποίο μπορεί να δημιουργήσει διάβρωση κατάντι του θαλάμου καύσης του συστήματος. Αντίστοιχα, το ίδιο μπορεί να συμβεί αν στο αέριο υπάρχουν υψηλά επίπεδα θεικών ουσιών, οι οποίες κάτω από το όξινο σημείο δρόσου των καυσαερίων σχηματίζουν θεικό οξύ[14].

2. Βασικά χαρακτηριστικά Αττικής

2.1. Έκταση και Διοικητική Διαίρεση

Η Αττική ως ενιαία φυσικογεωγραφική ηπειρωτική ενότητα, καταλαμβάνει το ΝΑ τμήμα της Στερεάς Ελλάδας και εκτείνεται μεταξύ των Β. παραλλήλων $38^{\circ} 20' 28''$ και $37^{\circ} 38' 54''$ και μεταξύ των Α. μεσημβρινών $24^{\circ} 04' 48''$ και $22^{\circ} 50' 54''$. Σε γενικές γραμμές η (ηπειρωτική) Αττική ορίζεται: βόρεια από τον κόλπο των Αλκυονίδων και τη Βοιωτία, ανατολικά από το Ν. Ευβοϊκό κόλπο και τον κόλπο των Πεταλιών, νότια από το Μυρτώο πέλαγος και το Σαρωνικό κόλπο και δυτικά από τον Ισθμό της Κορίνθου και τον Κορινθιακό κόλπο. Οι αποστάσεις μεταξύ των ακρότατων σημείων της Αττικής είναι: πλάτος (Β-Ν) 77 χιλ. (ακρωτήριο Αγκίστρι Χαλκουτσίου - ακρωτήριο Σούνιο) και μήκος (Α-Δ) 108 χιλ. (ακρωτήριο Δρακονέρα Αγ. Μαρίας - ακρωτήριο Μελαγκάβι Περαχώρας) [15].

Η τρέχουσα διοικητική οργάνωση της Αττικής προκύπτει από το Ν.3852/2010 Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης (ΦΕΚ 87Α, 7-6-2010). Με βάση το νόμο αυτό συστήθηκε η μητροπολιτική περιφέρεια Αττικής με έδρα την Αθήνα, η οποία αποτελεί το δεύτερο βαθμό τοπικής αυτοδιοίκησης και η οποία ασκεί εκτός των άλλων και αρμοδιότητες μητροπολιτικού χαρακτήρα στους τομείς περιβάλλοντος και ποιότητας ζωής, χωρικού σχεδιασμού και αστικών αναπλάσεων, μεταφορών και συγκοινωνιών, πολιτικής προστασίας και ασφάλειας. Η περιφέρεια Αττικής υποδιαιρείται σε 8 περιφερειακές ενότητες και 66 δήμους, οι οποίοι αποτελούν τον πρώτο βαθμό τοπικής αυτοδιοίκησης[16].

Έτσι, η διοικητική διαίρεση της περιφέρειας συνοπτικά είναι η παρακάτω[16]:

- Η περιφερειακή ενότητα Κεντρικού Τομέα Αθηνών περιλαμβάνει τους δήμους Αθηναίων, Φιλαδελφείας-Χαλκηδόνας, Γαλατσίου, Ζωγράφου, Καισαριανής, Βύρωνος, Ηλιούπολης και Δάφνης-Υμηττού.
- Η περιφερειακή ενότητα Νοτίου Τομέα Αθηνών περιλαμβάνει τους δήμους Γλυφάδας, Ελληνικού-Αργυρούπολης, Αλίμου, Νέας Σμύρνης, Μοσχάτου-Ταύρου, Καλλιθέας, Παλαιού Φαλήρου και Αγίου Δημητρίου.
- Η περιφερειακή ενότητα Βορείου Τομέα Αθηνών περιλαμβάνει τους δήμους Πεντέλης, Κηφισιάς, Μεταμορφώσεως, Πεύκης-Λυκόβρυσσης, Αμαρουσίου, Ψυχικού-Φιλοθέης, Χολαργού-Παπάγου, Νέας Ιωνίας, Βριλησίων, Αγ. Παρασκευής, Ηρακλείου και Χαλανδρίου.
- Η περιφερειακή ενότητα Δυτικού Τομέα Αθηνών περιλαμβάνει τους δήμους Αιγάλεω, Περιστερίου, Πετρούπολης, Χαϊδαρίου, Αγίας Βαρβάρας, Ιλίου και Αγ. Αναργύρων-Καματερού.

- Η περιφερειακή ενότητα Πειραιώς περιλαμβάνει τους δήμους Πειραιώς, Κορυδαλλού, Νίκαιας–Αγ. Ιωάννη Ρέντη, Κερατσινίου–Δραπετσώνας και Περάματος.
- Η περιφερειακή ενότητα Νήσων περιλαμβάνει τους δήμους Αίγινας, Τροιζηνίας, Κυθήρων, Αγκιστριού, Σαλαμίνας, Σπετσών, Ύδρας και Πόρου.
- Η περιφερειακή ενότητα Δυτικής Αττικής περιλαμβάνει τους δήμους Ελευσίνας, Μάνδρας–Ειδυλλίας, Μεγαρέων, Φυλής και Ασπροπύργου.
- Η περιφερειακή ενότητα Ανατολικής Αττικής περιλαμβάνει τους δήμους Ωρωπού, Μαραθώνος, Ραφήνας–Πικερμίου, Διονύσου, Αχαρνών, Παλλήνης, Παιανίας, Σπάτων–Αρτέμιδος, Λαυρεωτικής, Σαρωνικού, Βάρης–Βούλας–Βουλιαγμένης, Κρωπίας, Μαρκόπουλου Μεσογαίας.

2.2. Πληθυσμιακά Στοιχεία

Σε ότι αφορά στην πληθυσμιακή εξέλιξη, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Απογραφής Πληθυσμού του 2011 η Περιφέρεια Αττικής συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της χώρας. Ειδικότερα, ο πληθυσμός της Περιφέρειας σύμφωνα με την Απογραφή του 2011 της ΕΣΥΕ, ανέρχεται σε 3.828.434 κατοίκους (πυκνότητα μόνιμου πληθυσμού ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο: 1.005,13). Ωστόσο, σε σχέση με την δεκαετία του 1970 ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού στην Αττική έχει μειωθεί[16].

Αναλυτικά η πληθυσμιακή εξέλιξη της περιφέρειας ανά περιφερειακή ενότητα και δήμο για το 2011 παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα[16]:

ΟΤΑ	Μόνιμος πληθυσμός 2011
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	3.828.434
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ ΑΘΗΝΩΝ	1.029.520
ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ	664.046
ΔΗΜΟΣ ΒΥΡΩΝΟΣ	61.308
ΔΗΜΟΣ ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ	59.345
ΔΗΜΟΣ ΔΑΦΝΗΣ - ΥΜΗΤΤΟΥ	33.628
ΔΗΜΟΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ	71.026
ΔΗΜΟΣ ΗΛΙΟΥΠΟΛΕΩΣ	78.153
ΔΗΜΟΣ ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ	26.458
ΔΗΜΟΣ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑΣ - ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ	35.556
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΤΟΜΕΑ ΑΘΗΝΩΝ	592.490
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΑΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	59.704
ΔΗΜΟΣ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	72.333
ΔΗΜΟΣ ΒΡΙΛΗΣΣΙΩΝ	30.741
ΔΗΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	49.642
ΔΗΜΟΣ ΚΗΦΙΣΙΑΣ	71.259
ΔΗΜΟΣ ΛΥΚΟΒΡΥΣΗΣ - ΠΕΥΚΗΣ	31.153
ΔΗΜΟΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ	29.891

ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ	67.134
ΔΗΜΟΣ ΠΑΠΑΓΟΥ - ΧΟΛΑΡΓΟΥ	44.539
ΔΗΜΟΣ ΠΕΝΤΕΛΗΣ	34.934
ΔΗΜΟΣ ΦΙΛΟΘΕΗΣ - ΨΥΧΙΚΟΥ	26.968
ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	74.192
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΔΥΤΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ ΑΘΗΝΩΝ	489.675
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΑΣ ΒΑΡΒΑΡΑΣ	26.550
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ - ΚΑΜΑΤΕΡΟΥ	62.529
ΔΗΜΟΣ ΑΙΓΑΛΕΩ	69.946
ΔΗΜΟΣ ΙΛΙΟΥ	84.793
ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ	139.981
ΔΗΜΟΣ ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΕΩΣ	58.979
ΔΗΜΟΣ ΧΑΪΔΑΡΙΟΥ	46.897
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΝΟΤΙΟΥ ΤΟΜΕΑ ΑΘΗΝΩΝ	529.826
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	71.294
ΔΗΜΟΣ ΑΛΙΜΟΥ	41.720
ΔΗΜΟΣ ΓΛΥΦΑΔΑΣ	87.305
ΔΗΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ - ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	51.356
ΔΗΜΟΣ ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	100.641
ΔΗΜΟΣ ΜΟΣΧΑΤΟΥ - ΤΑΥΡΟΥ	40.413
ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ	73.076
ΔΗΜΟΣ ΠΑΛΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ	64.021
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	502.348
ΔΗΜΟΣ ΑΧΑΡΝΩΝ	106.943
ΔΗΜΟΣ ΒΑΡΗΣ - ΒΟΥΛΑΣ - ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ	48.399
ΔΗΜΟΣ ΔΙΟΝΥΣΟΥ	40.193
ΔΗΜΟΣ ΚΡΩΠΙΑΣ	30.307
ΔΗΜΟΣ ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ	25.102
ΔΗΜΟΣ ΜΑΡΑΘΩΝΟΣ	33.423
ΔΗΜΟΣ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ ΜΕΣΟΓΑΙΑΣ	20.040
ΔΗΜΟΣ ΠΑΙΑΝΙΑΣ	26.668
ΔΗΜΟΣ ΠΑΛΛΗΝΗΣ	54.415
ΔΗΜΟΣ ΡΑΦΗΝΑΣ - ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ	20.266
ΔΗΜΟΣ ΣΑΡΩΝΙΚΟΥ	29.002
ΔΗΜΟΣ ΣΠΑΤΩΝ - ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ	33.821
ΔΗΜΟΣ ΩΡΩΠΟΥ	33.769
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	160.927
ΔΗΜΟΣ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ	30.251
ΔΗΜΟΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ	29.902
ΔΗΜΟΣ ΜΑΝΔΡΑΣ - ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ	17.885
ΔΗΜΟΣ ΜΕΓΑΡΕΩΝ	36.924
ΔΗΜΟΣ ΦΥΛΗΣ	45.965
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	448.997
ΔΗΜΟΣ ΚΕΡΑΤΣΙΝΙΟΥ - ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑΣ	91.045
ΔΗΜΟΣ ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΥ	63.445
ΔΗΜΟΣ ΝΙΚΑΙΑΣ - ΑΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗ ΡΕΝΤΗ	105.430
ΔΗΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	163.688
ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ	25.389
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΝΗΣΩΝ	74.651
ΔΗΜΟΣ ΑΓΚΙΣΤΡΙΟΥ	1.142
ΔΗΜΟΣ ΑΙΓΙΝΑΣ	13.056

ΔΗΜΟΣ ΚΥΘΗΡΩΝ	4.041
ΔΗΜΟΣ ΠΟΡΟΥ	3.993
ΔΗΜΟΣ ΣΑΛΑΜΙΝΟΣ	39.283
ΔΗΜΟΣ ΣΠΕΤΣΩΝ	4.027
ΔΗΜΟΣ ΤΡΟΙΖΗΝΙΑΣ	7.143
ΔΗΜΟΣ ΥΔΡΑΣ	1.966

Πίνακας 1: Πληθυσμιακά στοιχεία Αττικής για το 2011

Στη συνέχεια, ακολουθεί μία εκτίμηση της μεταβολής του πληθυσμού της Περιφέρειας Αττικής έως το 2022 [17]:

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ		
Έτος	Μόνιμος Πληθυσμός	Συντελεστής διαχρονικής εξέλιξης
2001	3.894.573	-0,17%
2002	3.887.908	-0,17%
2003	3.881.254	-0,17%
2004	3.874.612	-0,17%
2005	3.867.981	-0,17%
2006	3.861.362	-0,17%
2007	3.854.754	-0,17%
2008	3.848.157	-0,17%
2009	3.841.571	-0,17%
2010	3.834.997	-0,17%
2011	3.828.434	-0,17%
2012	3.825.371	-0,08%
2013	3.822.311	-0,08%
2014	3.819.253	-0,08%
2015	3.816.198	-0,08%
2016	3.813.145	-0,08%
2017	3.810.094	-0,08%
2018	3.810.094	0,00%
2019	3.810.094	0,00%
2020	3.810.094	0,00%
2021	3.810.094	0,00%
2022	3.810.094	0,00%

Πίνακας 2: Εκτίμηση της μεταβολής του πληθυσμού της Περιφέρειας Αττικής έως το 2022

2.3. Τεχνικές υποδομές – Δίκτυα μεταφορών

Η Αττική, πέρα από το οδικό της δίκτυο, έχει ακόμα δημόσιες αστικές συγκοινωνίες (ΜΜΜ), οι οποίες περιλαμβάνουν τόσο τα μέσα σταθερής τροχιάς όσο και τα λεωφορεία και τρόλεϊ, τις υπεραστικές επιβατικές μεταφορές (ΚΤΕΛ), τα αεροδρόμια και τις λιμενικές υποδομές[16].

Όσον αφορά τα μέσα σταθερής τροχιάς αυτά είναι[16]:

- ΗΣΑΠ: Γραμμή 1 (Πειραιάς - Κηφισιά)
- Μετρό: Γραμμή 2 (Ανθούπολη – Ελληνικό) και Γραμμή 3 (Αγία Μαρίνα – Αεροδρόμιο)
- Προαστιακός σιδηρόδρομος
- Τραμ

Το 2001 έλαβε χώρα η έναρξη λειτουργίας του νέου διεθνούς αερολιμένα «Ελ. Βενιζέλος», το οποίο καθιερώνει την Αθήνα ως τον πρωτεύοντα διεθνή αεροπορικό κόμβο της Ελλάδας, όσον αφορά τόσο στις διεθνείς συνδέσεις όσο και τις εθνικές συνδέσεις με τα πολυάριθμα περιφερειακά αεροδρόμια της ηπειρωτικής Ελλάδας και των νησιών. Η λιμενική υποδομή της Αττικής περιλαμβάνει τέσσερα λιμάνια εθνικής και διεθνούς εμβέλειας, τον Πειραιά (με την εκτεταμένη λιμενική του ζώνη που περιλαμβάνει το κύριο επιβατικό λιμάνι και το εμπορευματικό λιμάνι του Κερατσινίου - Ικονίου), το Λαύριο, τη Ραφήνα και την Ελευσίνα. Το διεθνές λιμάνι του Πειραιά είναι το μεγαλύτερο λιμάνι σε κίνηση επιβατών στη Μεσόγειο, ενώ εξυπηρετεί παράλληλα σημαντική εμπορευματική κίνηση[16].

2.4. Ποσότητα και σύνθεση των ΑΣΑ

2.4.1. Ποσότητα αποβλήτων αστικού τύπου

Στα απόβλητα αστικού τύπου περιλαμβάνονται τα αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) και οι υλίες αστικού τύπου. Τα ΑΣΑ περιλαμβάνουν[17]:

- Τα απόβλητα των νοικοκυριών.
- Τα απόβλητα 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.

Στο ρεύμα των ΑΣΑ εμπεριέχονται και τα παρακάτω ρεύματα αποβλήτων [17]:

- Τα απόβλητα συσκευασιών.
- Τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) οικιακής προέλευσης.
- Οι μικρές ποσότητες επικίνδυνων αποβλήτων (ΜΠΕΑ) στις οποίες συμπεριλαμβάνονται μεταξύ άλλων τα απόβλητα φορητών ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών (ΗΣ&Σ), οι λαμπτήρες φθορισμού, τα αποσυρόμενα φάρμακα, τα μελανοδοχεία και διάφορα απορρυπαντικά προϊόντα (μαζί με τη συσκευασία τους) που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό, την απολύμανση και τη συντήρηση των νοικοκυριών.

Οι ιλύες αστικού τύπου περιλαμβάνουν τις ιλύες που παράγονται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων[17]:

- Αστικής προέλευσης.
- Τουριστικών μονάδων.
- Των βιομηχανιών του κλάδου τροφίμων και ποτών, όπως ορίζονται στο Παράρτημα ΙΙΙ της ΚΥΑ 5673/400/1997 (Β'192).
- Κοινοφελών οργανισμών και άλλων πηγών.

Παρακάτω δίνεται ο πίνακας με τις ποσότητες των ρευμάτων αποβλήτων αστικού τύπου για το έτος 2011[17]:

<i>Κατηγορία Αποβλήτων</i>	<i>Μη επικίνδυνα απόβλητα (tn)</i>	<i>Επικίνδυνα απόβλητα (tn)</i>	<i>Σύνολο αποβλήτων (tn)</i>
1) ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	2.102.325	2.356	2.104.681
Βιοαπόβλητα	917.641	-	917.641
Απόβλητα συσκευασιών	564.054	-	564.054
Λοιπά ανακυκλώσιμα υλικά	492.495	-	492.495
Απόβλητα ηλεκτρικού, ηλεκτρονικού εξοπλισμού οικιακής προέλευσης (ΑΗΗΕ)	28.510	478	28.988
Απόβλητα φορητών ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών (ΗΣ&Σ)	-	478	478
Λοιπά ΑΣΑ	99.625	1.400	101.025
2) ΙΛΥΕΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΕΠΙ ΞΗΡΟΥ	41.100	-	41.100

Πίνακας 3: Υφιστάμενη παραγωγή αποβλήτων Περιφέρειας Αττικής (έτος αναφοράς 2011)

Σ' αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί ότι τα απόβλητα αστικού τύπου αποτέλεσαν το 56,38% του συνόλου της παραγωγής αποβλήτων στην Αττική, ενώ τα βιομηχανικά απόβλητα (29,7%), τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ), (11,98%), και τα γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα με συμμετοχή (1,94%) αποτελούν τις υπόλοιπες κατηγορίες αποβλήτων[17], οι οποίες δεν εξετάζονται στην παρούσα μελέτη.

Ακολουθεί ο πίνακας που περιλαμβάνει την εκτίμηση παραγωγής ΑΣΑ στην Αττική μέχρι το έτος 2022, με δεδομένα τα έτη 2010 – 2014 [17]:

Έτος	Μόνιμος Πληθυσμός	Συντελεστής παραγωγής ΑΣΑ (kg/άτομο/έτος)	Ποσοστό μεταβολής συντελεστή (%)	Παραγωγή ΑΣΑ (tn/έτος)
2010	3.834.997	657	-	2.519.985
2011	3.828.434	550	-16,34	2.104.681
2012	3.825.371	503	-8,52	1.923.839
2013	3.822.311	487	-3,18	1.861.246
2014	3.819.253	497	2,03	1.897.502
2015	3.816.198	497	0	1.896.650
2016	3.813.145	497	0	1.895.133
2017	3.810.094	497	0	1.893.617
2018	3.810.094	497	0	1.893.617
2019	3.810.094	497	0	1.893.617
2020	3.810.094	497	0	1.893.617
2021	3.810.094	498	0,2	1.897.427
2022	3.810.094	499	0,2	1.901.237

Πίνακας 4: Εκτίμηση παραγωγής ΑΣΑ περιφέρειας Αττικής μέχρι το 2022

2.4.2. Σύνθεση αποβλήτων αστικού τύπου

Εκτός από την ποσότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική και η σύνθεση των παραγόμενων αποβλήτων. Για το λόγο αυτό στην επόμενη σελίδα δίνεται αναλυτικά ο πίνακας με τη σύσταση των απορριμμάτων μέχρι το 2022. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτόν τον πίνακα η σύσταση παραμένει σταθερή και οι εκτιμήσεις των επιμέρους ρευμάτων έχουν γίνει με απλή μέθοδο των τριών με βάση το έτος 2011 [17]:

Έτος	Συνολική Παραγωγή ΑΣΑ (tn/έτος)	Γυαλί		Χαρτί / Χαρτόνι		Μέταλλα		Πλαστικό		Ξύλο		Λοιπά		Οργανικά
		Συσκευασίες	Λοιπά Ανακυκλώσιμα	Συσκευασίες	Έντυπα & Λοιπά Ανακυκλώσιμα	Συσκευασίες	Λοιπά Ανακυκλώσιμα	Συσκευασίες	Λοιπά Ανακυκλώσιμα	Συσκευασίες	Λοιπά Ανακυκλώσιμα	Ανακτήσιμα (ΑΗΗΕ, ΗΣ&Σ)	Λοιπά (ΜΠΕΑ)	
		3,3%	0,1%	9,2%	18,9%	2,9%	0,4%	10,2%	2,8%	1,2%	1,2%	1,4%	4,8%	
2011	2.104.681	69.454	2.105	193.631	397.785	61.036	8.419	214.677	58.931	25.256	25.256	29.466	101.025	917.641
2012	1.923.839	63.487	1.924	176.993	363.606	55.791	7.695	196.232	53.867	23.086	23.086	26.934	92.344	838.794
2013	1.861.246	61.421	1.861	171.235	351.755	53.976	7.445	189.847	52.115	22.335	22.335	26.057	89.340	811.503
2014	1.897.502	62.618	1.898	174.570	358.628	55.028	7.590	193.545	53.130	22.770	22.770	26.565	91.080	827.311
2015	1.896.650	62.589	1.897	174.492	358.467	55.003	7.587	193.458	53.106	22.760	22.760	26.553	91.039	826.940
2016	1.895.133	62.539	1.895	174.352	358.180	54.959	7.581	193.304	53.064	22.742	22.742	26.532	90.966	826.278
2017	1.893.617	62.489	1.894	174.213	357.894	54.915	7.574	193.149	53.021	22.723	22.723	26.511	90.894	825.617
2018	1.893.617	62.489	1.894	174.213	357.894	54.915	7.574	193.149	53.021	22.723	22.723	26.511	90.894	825.617
2019	1.893.617	62.489	1.894	174.213	357.894	54.915	7.574	193.149	53.021	22.723	22.723	26.511	90.894	825.617
2020	1.893.617	62.489	1.894	174.213	357.894	54.915	7.574	193.149	53.021	22.723	22.723	26.511	90.894	825.617
2021	1.897.427	62.615	1.897	174.563	358.614	55.025	7.590	193.538	53.128	22.769	22.769	26.564	91.076	827.278
2022	1.901.237	62.741	1.901	174.914	359.334	55.136	7.605	193.926	53.235	22.815	22.815	26.617	91.259	828.939

Πίνακας 5: Εκτίμηση της σύστασης παραγόμενων ΑΣΑ Περιφέρειας Αττικής μέχρι το 2022

2.5. Υφιστάμενη Διαχείριση απορριμμάτων

Το έτος αναφοράς των δεδομένων είναι το 2011. Στον Πίνακα 6 αποτυπώνονται οι πρακτικές διαχείρισης των αποβλήτων αστικού τύπου που εφαρμόζονται στην Περιφέρεια Αττικής. Οι πρακτικές αυτές διακρίνονται σε εργασίες ανάκτησης, εργασίες διάθεσης και ενδιάμεση αποθήκευση πριν από εργασίες ανάκτησης / διάθεσης. Για τις περιπτώσεις ορισμένων ρευμάτων αποβλήτων που δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία της διαχείρισης, η υπολειπόμενη ποσότητα της παραγωγής αποδίδεται στη μη καταγεγραμμένη διαχείριση. Η υφιστάμενη διαχείριση των αποβλήτων παρουσιάζεται κατά κατηγορίες και ρεύματα αποβλήτων και ομαδοποιείται στη διαχείριση επικίνδυνων και μη επικίνδυνων αποβλήτων[17].

	Ανάκτηση (tn)	Διάθεση (tn)	Αποθήκευση (tn)	Μη καταγεγραμμένη διαχείριση (tn)
Μη επικίνδυνα απόβλητα				
Αστικά στερεά απόβλητα	214.405	1.887.920	-	0
Υλwes αστικού τύπου	39.600	0	-	1.500
Επικίνδυνα απόβλητα				
Αστικά στερεά απόβλητα	733	1.610	13	-
Απόβλητα φορητών ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών	255	210	-	-
ΑΗΗΕ οικιακής προέλευσης	478	-	-	-
Λοιπά επικίνδυνα απόβλητα	-	1.400	-	-

Πίνακας 6: Υφιστάμενη διαχείριση αποβλήτων (έτος αναφοράς 2011)

2.5.1. Υφιστάμενα δίκτυα και εγκαταστάσεις απορριμμάτων

1) Αστικά στερεά απόβλητα

α) Δίκτυο συλλογής και μεταφοράς ΑΣΑ

Η συλλογή - μεταφορά των ΑΣΑ πραγματοποιείται από τις υπηρεσίες καθαριότητας των Δήμων. Επιπλέον υπάρχουν και αδειοδοτημένες επιχειρήσεις συλλογής και μεταφοράς μη επικίνδυνων αποβλήτων, στις οποίες ορισμένοι Δήμοι αναθέτουν την αποκομιδή/μεταφορά των ΑΣΑ. Η αποκομιδή των ΑΣΑ καλύπτει το σύνολο της Περιφέρειας. Το δίκτυο συλλογής και μεταφοράς περιλαμβάνει σήμερα τον ΣΜΑ Σχιστού και Κηφισιάς και 10 Τοπικούς ΣΜΑ. Επίσης, ο ΣΜΑ Ελαιώνα βρίσκεται σε Φάση Δημοπράτησης. Οι προβλεπόμενοι από τον ΠΕΣΔΑ (2006) κεντρικοί ΣΜΑ Ελληνικού και Υμηττού δεν υλοποιήθηκαν. Στο δίκτυο

συλλογής περιλαμβάνεται η ξεχωριστή συλλογή των ογκωδών (με ανοικτά φορτηγά), χωρίς πάντα να εξασφαλίζεται ο διακριτός χειρισμός τους ανά ρεύμα[17].

β) Ανακύκλωση/ ανάκτηση

Το σύνολο σχεδόν του πληθυσμού της Περιφέρειας (64 από τους 66 Δήμους) εξυπηρετείται για χωριστή συλλογή ανακυκλώσιμων υλικών από το σύστημα μπλε κάδων, ενώ σε 52 δήμους έχει ξεκινήσει πρόσφατα διακριτή συλλογή γυάλινων συσκευασιών (μπλε κώδωνας). Καταγράφεται επίσης δίκτυο ξεχωριστής συλλογής Βιομηχανικών και Εμπορικών αποβλήτων συσκευασίας (ΒΕΑΣ). Ταυτόχρονα ο Ειδικός Διαβαθμιδικός Σύνδεσμος Νομού Αττικής (ΕΔΣΝΑ) υλοποιεί πρόγραμμα χωριστής συλλογής έντυπου χαρτιού. Η Περιφέρεια εξυπηρετείται σήμερα από 2 ΚΔΑΥ, ενώ επίσης λειτουργεί το ΕΜΑΚ Λιοσίων, όπου ανακτώνται δευτερογενές στερεό καύσιμο (RDF), υλικό τύπου κομπόστ και μέταλλα από τα σύμμεικτα ΑΣΑ. Εξ' αυτών, τα ανακτημένα μέταλλα διατίθενται στην αγορά, ενώ το υλικό τύπου κομπόστ και το παραγόμενο RDF οδηγείται προς ταφή, λόγω κακής ποιότητας και έλλειψης αγοράς. Η ανάκτηση του οργανικού κλάσματος ΑΣΑ πραγματοποιείται στο ΕΜΑΚ Λιοσίων, ενώ την περίοδο 2013-2014 εφαρμόστηκε πιλοτικό πρόγραμμα ΔσΠ αποβλήτων στους Δήμους Αθήνας και Κηφισιάς με κομποστοποίηση των συλλεγόμενων ποσοτήτων στο ΕΜΑΚ Λιοσίων[17].

γ) Διάθεση

Η Περιφέρεια καλύπτει το σύνολο των απαιτήσεων στη τελική διάθεση των ΑΣΑ κατά κύριο λόγο στον Χ.Υ.Τ.Α. Φυλής. Το υφιστάμενο ΠΕΣΔΑ (αναθεώρηση 2006) προέβλεπε την κατασκευή πέντε νέων ΧΥΤΥ. Από αυτούς δύο για τα νησιά Κύθηρα και Αντικύθηρα που είναι σε φάση προγραμματισμού και τρεις στο ηπειρωτικό τμήμα της Περιφέρειας, ως τμήματα ευρύτερων ολοκληρωμένων εγκαταστάσεων διάθεσης απορριμμάτων (ΟΕΔΑ). Από αυτούς ο ΧΥΤΥ Φυλής έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί και ο ΧΥΤΥ Γραμματικού βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο κατασκευής, ενώ ο ΧΥΤΥ Κερατέας δεν έχει υλοποιηθεί[17].

δ) Αποκατάσταση ΧΑΔΑ

Στις αρχές του 2015 εκ των συνολικά 29 μη αποκατεστημένων ΧΑΔΑ εκ των οποίων οι 25 ήταν ενεργοί και οι 4 ανενεργοί που αναφέρονται στον υφιστάμενο ΠΕΣΔΑ Αττικής (αναθεώρηση 2006), αναφέρονται (Υπουργείο Εσωτερικών, Γ.Γ. Συντονισμού Διαχείρισης Αποβλήτων, Σχέδιο δράσης για την παύση λειτουργίας και αποκατάσταση των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) στην Ελλάδα, α.π.26/27-1-2015) 3 ενεργοί ΧΑΔΑ (Κυθήρων, Αντικυθήρων και Ύδρας) και 8 ανενεργοί που δεν είχαν ακόμη αποκατασταθεί αλλά βρίσκονταν σε διάφορα στάδια αποκατάστασης. Η αποκατάσταση των ΧΑΔΑ Ύδρας, Καλυβίων, Παλαιάς Φώκαιας, Κερατέας και Μεγάρων είναι σε φάση υλοποίησης.[17]

2) Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) οικιακής προέλευσης

Η διαχείριση των ΑΗΗΕ γίνεται μέσω των 2 Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΕΔ) πανελλαδικής εμβέλειας που έχουν οργανωθεί από τους υπόχρεους παραγωγούς. Στο δίκτυο

συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας καταγράφονται στην Αττική 1 κέντρο συλλογής και 3 εγκαταστάσεις επεξεργασίας / ανακύκλωσης [17, 19].

3) Απόβλητα φορητών ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών (ΗΣ&Σ)

Η διαχείριση των αποβλήτων φορητών ΗΣ&Σ γίνεται από το πανελλαδικής εμβέλειας συλλογικό ΣΕΔ που έχει οργανωθεί από τους υπόχρεους παραγωγούς, σύμφωνα με το ισχύον νομικό πλαίσιο. Η συλλογή και μεταφορά των αποβλήτων γίνεται από αδειοδοτημένες εταιρείες που συνεργάζονται με το ΣΕΔ. Η αποθήκευση των αποβλήτων γίνεται στις εγκαταστάσεις των εταιριών αυτών. Η ανακύκλωση των συλλεγόμενων αποβλήτων φορητών ΗΣ&Σ Ni-Cd γίνεται σε κατάλληλες μονάδες του εξωτερικού έπειτα από διασυνοριακή μεταφορά. Η ανακύκλωση των συλλεγόμενων αποβλήτων φορητών ΗΣ&Σ Pb-οξέος, γίνεται στις 2 μονάδες που λειτουργούν στην Ελλάδα, μια εκ των οποίων βρίσκεται στην Αττική [17, 20].

4) Ίλυες αστικού τύπου

Η διαχείριση των ιλύων των μεγάλων Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) της Περιφέρειας Αττικής (ΚΕΛ Ψυττάλειας, Μεταμόρφωσης, Θριασίου) πραγματοποιείται με ευθύνη της ΕΥΔΑΠ Α.Ε. Στο ΚΕΛ Ψυττάλειας πραγματοποιείται θερμική ξήρανση του συνόλου της ιλύος και η παραγόμενη ξηρά ιλύς (92% σε στερεά), οδηγείται σε ενεργειακή ανάκτηση[17].

2.5.2. Αξιολόγηση Υφιστάμενης Κατάστασης Διαχείρισης και Υλοποίησης Υφιστάμενου ΠΕΣΔΑ

Η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης παραγωγής και διαχείρισης των αποβλήτων στη Περιφέρεια Αττικής, συνοψίζεται στα ακόλουθα[17]:

- Κυριαρχία της ταφής ως κύριας μεθόδου διαχείρισης.
- Ελλείψεις σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας και στην ανάπτυξη αγορών διάθεσης των προϊόντων τους.
- Καθυστερήσεις στην ανάπτυξη της ανακύκλωσης και ανάκτησης από ΔσΠ.
- Απουσία δράσεων πρόληψης της παραγωγής αποβλήτων και επαναχρησιμοποίησης.
- Ελλείψεις στη ενημέρωση ευαισθητοποίηση και συμμετοχή των πολιτών και Φορέων.

Ειδικότερα διαπιστώνονται τα ακόλουθα[17]:

Α) Τα δίκτυα συλλογής και μεταφοράς καλύπτουν το σύνολο των ΑΣΑ της Περιφέρειας, ωστόσο το μεγαλύτερο μέρος τους συλλέγεται ως ένα ενιαίο ρεύμα (σύμμεικτα απόβλητα). Η

ανακύκλωση με ΔσΠ των ΑΣΑ και η ανάκτηση του οργανικού κλάσματος (βιοαπόβλητα) βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα. Η επεξεργασία των συμμείκτων εφαρμόζεται σε μικρό τμήμα της συνολικής παραγωγής των ΑΣΑ στο ΕΜΑΚ Λιοσίων, αξιοποιώντας μέρος μόνο της δυναμικότητας του. Τα παραγόμενα προϊόντα οδηγούνται κατά το πλείστον σε ταφή. Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα την μη κάλυψη των στόχων εκτροπής των βιοαποβλήτων από την ταφή, που εξακολουθεί να αποτελεί την κύρια μέθοδο διαχείρισης των ΑΣΑ. Η ταφή των ΑΣΑ εξακολουθεί να γίνεται αποκλειστικά στον Χ.Υ.Τ.Α. Φυλής, η χωρητικότητα του οποίου εξαντλείται καθ' όσον δεν υλοποιήθηκαν οι προβλεφθείσες δράσεις.

Β) Σε ότι αφορά τα υλικά συσκευασίας που διαχειρίζεται το Πανελλαδικής εμβέλειας ΣΕΔ αναφέρεται επίτευξη των στόχων ανακύκλωσης για το σύνολο των υλικών πλην του γυαλιού. Η υφιστάμενη κατάσταση της διαχείρισης των αποβλήτων ΑΗΗΕ και ΗΣ&Σ οικιακής προέλευσης που γίνεται μέσω ΣΕΔ πανελλαδικής εμβέλειας κρίνεται επαρκής. Διαπιστώνεται μη υλοποίηση βασικών υποστηρικτικών δομών της ανακύκλωσης όπως τα πράσινα σημεία καθώς και ελλιπής συντονισμός των ΟΤΑ και των αντίστοιχων ΣΕΔ. Σε ότι αφορά στη διαχείριση των υλίων της Περιφέρειας Αττικής η υφιστάμενη κατάσταση κρίνεται επαρκής και ικανοποιητική, με εξαίρεση την μη πρόβλεψη λύσης για τις μικρές δημοτικές ΕΕΛ και τις μεμονωμένες εγκαταστάσεις ξενοδοχείων ή βιομηχανιών τροφίμων.

Κεφάλαιο 3^ο: Το Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΠΕΣΔΑ)

3. Στρατηγική, Στόχοι και Σενάρια ΠΕΣΔΑ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται το περιφερειακό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων ΠΕΣΔΑ. Τα σενάρια που αναλύονται περιγράφονται στο ΠΕΣΔΑ για τη βελτίωση της διαχείρισης των απορριμμάτων της Αττικής. Πρόσφατα δημοσιεύθηκε η 2^η Αναθεώρηση του ΠΕΣΔΑ (2016), η οποία προτείνεται ως βασικό σενάριο και έχει ως εναλλακτικές τα σενάρια που προτείνονται από την 1^η Αναθεώρηση του ΠΕΣΔΑ (2006) (μηδενική λύση) και την Πρόταση των 4 ΜΚΟ (Οικολογική Εταιρία Ανακύκλωσης, Greenpeace, Μεσόγειος SOS, WWF).

3.1. Στρατηγική διαχείρισης αποβλήτων στην περιφέρεια Αττικής

Η παρούσα αναθεώρηση – 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[17].

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[17]:

- Η κατά κεφαλή παραγωγή αποβλήτων να έχει μειωθεί σημαντικά.
- Η προετοιμασία προς επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση με χωριστή συλλογή ανακυκλώσιμων να εφαρμόζεται στο 50% του συνόλου τους κατά βάρος.
- Η ανάκτηση ενέργειας να αποτελεί συμπληρωματική μορφή διαχείρισης, όταν έχουν εξαντληθεί τα περιθώρια κάθε άλλου είδους ανάκτησης.
- 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[17]:

1. Κατάρτιση ολοκληρωμένου πλαισίου σχεδιασμών διαχείρισης αποβλήτων, που θα περιλαμβάνει:

- Εξειδίκευση των μέτρων και δράσεων του εθνικού στρατηγικού σχεδίου πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων.
- Εξειδίκευση των μέτρων και δράσεων των ειδικών εθνικών σχεδίων για τα επικίνδυνα απόβλητα και τα επικίνδυνα απόβλητα υγειονομικών μονάδων.
- Αναθεώρηση του υφιστάμενου ΠΕΣΔΑ Αττικής, κυρίως των μη επικίνδυνων αποβλήτων, ως επιχειρησιακού σχεδιασμού για τα ρεύματα αυτά.
- Εναρμόνιση με το Περιφερειακό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης Αττικής (Ρυθμιστικό Σχέδιο Αττικής).
- Συντονισμός της διαδικασίας εκπόνησης, έγκρισης και υλοποίησης των τοπικών σχεδίων αποκεντρωμένης διαχείρισης αποβλήτων των Δήμων της Περιφέρειας Αττικής και ενσωμάτωσης τους στον ΠΕΣΔΑ.

2. Διασφάλιση της υψηλής προστασίας του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας

- Ανάπτυξη καταλλήλων υποδομών ανάκτησης και διάθεσης αποβλήτων.
- Ολοκλήρωση της αποκατάστασης ρυπασμένων περιοχών διάθεσης αποβλήτων.
- Δημιουργία προϋποθέσεων για την μείωση της εξαγωγής αποβλήτων.
- Εξάλειψη παράνομης διακίνησης αποβλήτων, για την ανάπτυξη υγιούς και περιβαλλοντικά ορθής επιχειρηματικότητας στο τομέα διαχείρισης αποβλήτων.

3. 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:

- Καθιέρωση της χωριστής συλλογής αποβλήτων. Στα ρεύματα προτεραιότητας περιλαμβάνονται τουλάχιστον τα βιοαπόβλητα καθώς και το γυαλί, το χαρτί, το μέταλλο και το πλαστικό.
- Δημιουργία δικτύου Πράσινων Σημείων και Κέντρων Ανακύκλωσης Εκπαίδευσης για την ΔσΠ.
- Υιοθέτηση μέτρων ώστε να επιτευχθεί ο στόχος του Ν.4042/2012 έως το 2020 σχετικά με την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και ανάκτηση άλλων υλικών μη επικίνδυνων αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων.
- 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.
- Περιορισμός της διάθεσης σε χώρους υγειονομικής ταφής στο λιγότερο δυνατό επίπεδο.

4. 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.

5. Εξειδίκευση των ως άνω στρατηγικών ανά ρεύμα αποβλήτων.

6. Έρευνα, καινοτομία, αξιολόγηση και εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων διαχείρισης αποβλήτων.

3.2. Γενικοί στόχοι ΠΕΣΔΑ Αττικής

Οι γενικοί στόχοι του ΠΕΣΔΑ Αττικής είναι οι παρακάτω [16]:

- Σταθεροποίηση παραγωγής αποβλήτων στα επίπεδα του 2011 (2014 για τα ΑΣΑ), με φθίνουσα τάση.
- Εκπόνηση και εφαρμογή τοπικών σχεδίων αποκεντρωμένης διαχείρισης από όλους τους Δήμους σύμφωνα με τα οριζόμενα στο ΕΣΔΑ.
- Προτεραιότητα στη ΔσΠ των αποβλήτων και διαχείριση τους σε αποκεντρωμένες υποδομές.
- Δημιουργία δικτύου Πράσινων Σημείων – Κέντρων Ανακύκλωσης, Εκπαίδευσης, Διαλογής στην Πηγή (ΚΑΕΔΙΣΠ) και ολοκλήρωση τους έως το 2020.
- Ριζικός ανασχεδιασμός του υφιστάμενου σχεδιασμού υποδομών διαχείρισης και ολοκλήρωση του αναγκαίου δικτύου σε υποδομές διαχείρισης αποβλήτων έως το 2020.
- Μείωση στο ελάχιστο δυνατό της συνολικής ποσότητας ανακτήσιμων αποβλήτων που διατίθενται για υγειονομική ταφή.
- Περαιτέρω αξιοποίηση δευτερογενών υλικών (κομπόστ / υλικού τύπου κομπόστ) με εξασφάλιση αυστηρών ποιοτικών προδιαγραφών.
- Ανάκτηση ενέργειας σε συμπληρωματικό ρόλο, όταν έχουν εξαντληθεί τα περιθώρια άλλου είδους ανάκτησης.
- Εξάλειψη της ανεξέλεγκτης διάθεσης αστικών αποβλήτων έως το 2015 και λοιπών αποβλήτων έως το 2018.
- Ορθολογική διαχείριση των αποθηκευμένων αποβλήτων και αποκατάσταση των χώρων αποθήκευσής τους έως το 2016.
- Αποκατάσταση των κυριότερων ρυπασμένων χώρων διάθεσης αποβλήτων έως το 2020.

3.3. Στόχοι Ε.Ε. για την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των ανακυκλώσιμων [18]

Για τη μετάβαση σε μια Ευρωπαϊκή Κοινωνία Ανακύκλωσης, με υψηλό επίπεδο αποδοτικότητας των πόρων, θα πρέπει: έως το 2020 η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση των υλικών αποβλήτων, όπως τουλάχιστον το χαρτί, το μέταλλο, το πλαστικό και το γυαλί από τα νοικοκυριά και ενδεχομένως άλλης προέλευσης στο βαθμό που τα απόβλητα αυτά είναι παρόμοια με τα απόβλητα των νοικοκυριών να αυξηθεί κατ' ελάχιστον στο 50 % ως προς το συνολικό βάρος.

3.4. Ποσοτικοποιημένοι στόχοι 2^{ης} Αναθεώρησης ΠΕΣΔΑ Αττικής

3.4.1. Στρατηγική και στόχοι για βιοαποδομήσιμα απόβλητα (BAA)

Η στρατηγική εκτροπής των BAA στηρίζεται στην πολιτική και τις στρατηγικές του νέου ΕΣΔΑ, σε συμφωνία με τις επιταγές του Νόμου Πλαισίου για τα απόβλητα Ν. 4042/2012. Η επίτευξη της σταδιακής αποδέσμευσης της διάθεσης των BAA σε ΧΥΤ προϋποθέτει ειδικότερα τον προσανατολισμό προς ανώτερες ιεραρχικά επιλογές διαχείρισης των αποβλήτων, όπως η πρόληψη – επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση – ανάκτηση με έμφαση στη χωριστή συλλογή και ανάκτηση BAA, δηλαδή χαρτιού – χαρτονιού και βιοαποβλήτων. Όσον αφορά τα βιοαπόβλητα προωθούνται συστήματα χωριστής συλλογής και ανάκτησης όπως: οικιακή κομποστοποίηση, μηχανική κομποστοποίηση σε δημόσιους χώρους, πράσινα σημεία, ανάκτηση προδιαλεγμένων οργανικών σε μονάδες επεξεργασίας, ανάκτηση υλικών ή ενέργειας σε κεντρικές μονάδες επεξεργασίας σύμμεικτων ΑΣΑ[17].

Τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής θα πρέπει να μειωθούν:

- Μέχρι το 2020 στους 403.404 τόνους (35% παραγωγής έτους 1995 βάσει του υφιστάμενου ΠΕΣΔΑ).
- Μέχρι το 2020 ο ελάχιστος στόχος εκτροπής BAA αυξάνεται στους 954.319 τόνους (70,3% Εκτροπή από ταφή σε σχέση με την τρέχουσα παραγωγή BAA).

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται αναλυτικά οι στόχοι για τα βιοαπόβλητα:

	Ποσότητα (tn)	% BAA
Παραγόμενα BAA	1.357.723	100
Ελάχιστος στόχος εκτροπής BAA	954.319	70,3
Μέγιστος στόχος εκτροπής BAA	1.079.351	79,5
Εκτροπή βιοαποβλήτων από ΔσΠ	330.247	24,3
Εκτροπή χαρτιού – χαρτονιού από ΔσΠ	357.118	26,3
Σύνολο εκτροπής από ΔσΠ	687.365	50,6
Εκτροπή BAA από σύμμεικτα ΑΣΑ	391.987	28,9

Πίνακας 7: Ποσοτικοποίηση στόχων σχεδιασμού εκτροπής BAA από την ταφή Περιφέρειας Αττικής για το 2020

Σύμφωνα με το νόμο 4042/2012 για τα απόβλητα: έως το 2020, το ποσοστό χωριστής συλλογής των βιολογικών αποβλήτων πρέπει να ανέλθει, κατ' ελάχιστον, στο 40% του συνολικού βάρους των βιολογικών αποβλήτων. Για την περιφέρεια Αττικής, η ποσοτικοποίηση του παραπάνω στόχου είναι: χωριστή συλλογή για το 40% των οργανικών το 2020, δηλαδή 330.247 τόνοι.

3.4.2. Στόχοι για ανακυκλώσιμα υλικά

Σύμφωνα με το ΠΕΣΔΑ, έως το 2020 η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση των υλικών αποβλήτων, όπως τουλάχιστον το χαρτί, το μέταλλο, το πλαστικό και το γυαλί από τα νοικοκυριά και ενδεχομένως άλλης προέλευσης στο βαθμό που τα απόβλητα αυτά είναι παρόμοια με τα απόβλητα των νοικοκυριών, πρέπει να αυξηθεί κατ' ελάχιστον στο 65% κατά βάρος.

Στόχος αποτελεί η ανάπτυξη δικτύου χωριστής συλλογής έντυπου χαρτιού με σταδιακή αύξηση ανακύκλωσης στο 70% της παραγόμενης ποσότητας αποβλήτων έντυπου χαρτιού έως το 2020 (μέσω νέου ΣΕΔ-συνεργασία ΕΛΣΝΑ ή προγραμμάτων Δήμων και των πράσινων σημείων).

Οι ποσοτικοί στόχοι σχεδιασμού της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης των ανακυκλώσιμων υλικών καταγράφονται στον πίνακα 8 [16]:

<i>Υλικό</i>	<i>Παραγωγή (tn)</i>	<i>Ανακύκλωση</i>	
		<i>tn</i>	<i>%</i>
<i>Χαρτί – Χαρτόνι</i>	532.106	383.366	72,05
<i>Γυαλί</i>	64.383	45.068	70
<i>Μέταλλα</i>	62.489	60.273	96,45
<i>Πλαστικά</i>	246.179	192.060	78,02
<i>Σύνολα</i>	905.149	680.767	75,21

Πίνακας 8: Ποσοτικοποίηση στόχων σχεδιασμού της διαχείρισης ανακυκλώσιμων υλικών

3.4.3. Στόχοι για απόβλητα συσκευασιών

Οι στόχοι σχεδιασμού της ανακύκλωσης των αποβλήτων συσκευασιών καταγράφονται ανά υλικό στον Πίνακα 9 που ακολουθεί[16]:

<i>Υλικό Συσκευασίας</i>	<i>Παραγωγή (tn)</i>	<i>Ανακύκλωση</i>		
		<i>Ελάχιστοι στόχοι (%)</i>	<i>Στόχοι σχεδιασμού (tn)</i>	<i>Στόχοι σχεδιασμού (%)</i>
<i>Χαρτί – Χαρτόνι</i>	174.213	60	160.276	92
<i>Γυαλί</i>	62.489	60	43.742	70
<i>Μέταλλα</i>	54.915	50	38.441	70
<i>Πλαστικά</i>	193.149	22,5	144.862	75
<i>Ξύλο</i>	22.723	15	18.178	80
<i>Σύνολα</i>	507.489	55	405.499	79,9

Πίνακας 9: Ποσοτικοποίηση στόχων σχεδιασμού της ανακύκλωσης αποβλήτων συσκευασίας

3.4.4. Στόχοι για τα λοιπά ρεύματα αποβλήτων

Για τα λοιπά ρεύματα ΑΣΑ (ΑΗΗΕ, ΗΣ&Σ, ιλύες) ισχύουν οι εξής οδηγίες[17]:

- Για τα ΑΗΗΕ από το 2016 το ελάχιστο ποσοστό συλλογής ορίζεται σε 45% και υπολογίζεται βάσει του συνολικού βάρους αυτών. Από το 2019 το ελάχιστο ποσοστό συλλογής ορίζεται σε 65%. Προωθείται η επεξεργασία του ελαφρού κλάσματος τεμαχισμού ΑΗΗΕ για ανάκτηση υλικών και ενέργειας.
- Ενίσχυση της συλλογής αποβλήτων φορητών ΗΣ&Σ με τη συμμετοχή των Πράσινων σημείων και ΚΑΕΔΙΣΠ.
- Ανάκτηση ιλύος 100% επί της παραγόμενης ποσότητας έως το 2020. Αντιμετώπιση της ως πηγή οργανικής ουσίας για χρήση στη γεωργία ή για ανάκτηση ενέργειας. Υποχρεωτική διάθεση των ιλύων των δημοτικών ΕΕΛ και των μεμονωμένων εγκαταστάσεων ξενοδοχείων και βιομηχανιών τροφίμων στις μονάδες επεξεργασίας βιοαποβλήτων ή στις μονάδες επεξεργασίας ιλύος της ΕΥΔΑΠ.

3.4.5. Σύνοψη στόχων και ισοζύγιο διαχείρισης για τα ΑΣΑ Αττικής

Τα βασικά στοιχεία του σχεδιασμού διαχείρισης των ΑΣΑ περιλαμβάνουν την καθιέρωση δικτύων χωριστής συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών και βιοαποβλήτων και την ανάπτυξη δικτύων επεξεργασίας για το σύνολο των υπολειπόμενων σύμμεικτων ΑΣΑ. Επιπλέον, την επάρκεια σε χώρους τελικής διάθεσης υπολειμμάτων με χρονικό ορίζοντα εξυπηρέτησης 20ετίας. Τα δίκτυα χωριστής συλλογής (ΔσΠ) περιλαμβάνουν τα ρεύματα αποβλήτων συσκευασίας (χαρτί, γυαλί, μέταλλο, πλαστικό, ξύλο), τα ρεύματα λοιπών ανακυκλώσιμων αποβλήτων και τα βιοαπόβλητα. Τα δίκτυα επεξεργασίας υπολειπόμενων σύμμεικτων ΑΣΑ συνεισφέρουν στην επίτευξη των στόχων ανακύκλωσης στην επίτευξη του στόχου εκτροπής των ΒΑΑ από την ταφή και στην ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα υπολείμματα που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής[17].

Ως αποτέλεσμα το σχέδιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Περιφέρεια Αττικής οδηγεί στα ακόλουθα[16]:

- Ανάκτηση με προδιαλογή στο 53% της ποσότητας των παραγόμενων ΑΣΑ το 2020.
- Ανάκτηση από επεξεργασία σύμμεικτων στο 25% της ποσότητας κατά το 2020.
- Τελική διάθεση με ταφή στο 22% της ποσότητας κατά το 2020.

Στην ακόλουθη σελίδα ακολουθεί ο πίνακας με το γενικό ισοζύγιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Περιφέρεια Αττικής κατά το έτος 2020[16]:

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΣΑ (tn)			ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΑΠΟ ΔσΠ						ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΑΠΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ						ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ					
			ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ		ΛΟΙΠΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ		ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΑ		ΥΠΟΛ. ΣΥΜΜΕΙΚΤΑ ΠΡΟΣ ΕΠΕΞ.	ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΠΟ ΜΕΑ			ΕΚΤΡΟΦΗ ΒΑΑ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΑΠΟ ΜΕΑ							
	%	tn	%	tn	%	tn	%	tn	tn	% ΣΥΜ ΜΕΙΚΤΑ	% ΣΥΝ. ΠΑΡΑΓΩ ΓΗ	tn	% ΣΥΜ ΜΕΙΚΤΑ	% ΣΥΝ. ΠΑΡΑΓΩ ΓΗ	tn	% ΣΥΜ ΜΕΙΚΤΑ	% ΣΥΝ. ΠΑΡΑΓΩ ΓΗ	tn		
Οργανικά	43,60%	825.617					40,00%	330.247	495.370				65,00%	39,0%	321.991	35,00%	21,00%	173.380		
Γυαλί Συσκευασίας	3,30%	62.489	70,00%	43.742					18.747							100%	30,00%	19.315		
Γυαλί (Λουτά)	0,10%	1.894			70,00%	1.326			568											
Χαρτί/Χαρτόνι Συσκευασίας	9,20%	174.213	92,00%	160.276					13.937	15,00%	4,9%	26.248	40,00%	13,2%	69.996	45,00%	14,80%	78.745		
Χαρτί/Χαρτόνι έντυπο και λουτά	18,90%	357.894			55,00%	196.842			161.052											
Μέταλλα Συσκευασίας	2,90%	54.915	70,00%	38.441					16.474	90,00%	31,91%	19.939				10,01%	3,55%	2.217		
Μέταλλα (λουτά)	0,40%	7.574			25,00%	1.894			5.680											
Πλαστικό Συσκευασίας	10,20%	193.149	75,00%	144.862					48.287	25,00%	7,3%	18.037	35,00%	10,3%	25.251	40,00%	11,72%	28.859		
Πλαστικό (λουτά)	2,80%	53.021			55,00%	29.162			23.859											
Εύλο Συσκευασίας	1,20%	22.723	80,00%	18.178					4.545				10,00%	6,0%	1.363	90,00%	27,00%	12.271		
Εύλο λουτά	1,20%	22.723			60,00%	13.634			9.089											
Λουτά ανακτήσιμα	1,40%	26.511			70,00%	18.558			7.953	15,00%	4,50%	1.193				85,00%	25,50%	6.760		
Λουτά	4,80%	90.894							90.894							100,00%	100,00%	90.894		
ΣΥΝΟΛΟ	100,00%	1.893.617	21,41%	405.499	13,81%	261.414	17,44%	330.247	896.455	7,30%	3,45%	65.416	46,70%	22,11%	418.601	46,01%	21,78%	412.441		
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	100,00%		ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΜΕ ΠΡΟΔΙΑΛΟΓΗ						52,66%	ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΑΠΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ						25,56%	ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ			21,78%

[1] Στα "Λοιπά ανακτήσιμα" συμπεριλαμβάνονται τα ρεύματα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ, Λαμπτήρες και Απόβλητα Φορητών ΗΣ&Σ.

[2] Στα "Λοιπά " συμπεριλαμβάνονται τα ΜΠΕΑ και το μη ανακτήσιμο κλάσμα που οδηγείται σε διάθεση.

[3] Τα ποσοστά ανάκτησης από ΔσΠ εκφράζονται επί της συνολικής παραγωγής ΑΣΑ, ενώ τα ποσοστά ανάκτησης από επεξεργασία συμμείκτων και τελικής διάθεσης εκφράζονται επί της συνολικής παραγωγής των ΑΣΑ και επί της συνολικής ποσότητας των συμμείκτων.

Πίνακας 10: Γενικό ισοζύγιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Περιφέρεια Αττικής κατά το 2020

3.5. Προτεινόμενα σενάρια διαχείρισης ΑΣΑ[16]

Πέρα από το βασικό σενάριο διαχείρισης απορριμμάτων (2^η Αναθεώρηση ΠΕΣΔΑ Αττικής, 2016) εξετάζονται οι εναλλακτικές δυνατότητες διαχείρισης στερεών αποβλήτων της Περιφέρειας Αττικής, η σχέση αυτών των δυνατοτήτων με το σχεδιασμό του ΠΕΣΔΑ και οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Συγκεκριμένα υφίστανται δύο πιθανές εναλλακτικές λύσεις πλέον της προτεινόμενης:

- Η μηδενική λύση: Η συνέχιση της υφιστάμενης κατάστασης, η συνέχιση δηλαδή και ολοκλήρωση των έργων που προβλέπονται στον υφιστάμενο ΠΕΣΔΑ, τα οποία ήδη έχουν καθυστερήσει πάρα πολύ από την αρχική έγκριση και 1η αναθεώρηση (2006).
- Η πρόταση των 4 ΜΚΟ για τη διαχείριση των απορριμμάτων στην Αττική.

3.5.1. Μηδενική λύση [16]

Περιγραφή της 1^{ης} αναθεώρησης ΠΕΣΔΑ

Ως προς τη διάρθρωση η Περιφέρεια Αττικής περιλαμβάνει δύο Διαχειριστικές Ενότητες. Η 1η Δ.Ε. αποτελείται από το σύνολο της Περιφέρειας Αττικής, πλην των νήσων Κυθήρων και Αντικυθήρων και η 2η Δ.Ε. αποτελείται από τα νησιά Κύθηρα και Αντικύθηρα. Στις 2 Δ.Ε. προβλέπονται Ολοκληρωμένες Εγκαταστάσεις Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΟΕΔΑ).

Προτείνεται η υιοθέτηση της τεχνικής διαλογής στην πηγή και μάλιστα προτείνεται συγκεκριμένος προϋπολογισμός για την αγορά εξοπλισμού και την προώθησή της. Για τα βιοαπόβλητα το παλιό ΠΕΣΔΑ προέβλεπε σύστημα διαλογής στην πηγή των οργανικών αποβλήτων, με ξεχωριστό κάδο συλλογής του οργανικού (καφέ κάδος) και συμπληρωματικά δράσεις οικιακής κομποστοποίησης. Έκτοτε, η διαλογή στην πηγή δεν προχώρησε ικανοποιητικά, κυρίως διότι δεν δόθηκε μεγάλη βαρύτητα στη ΔσΠ με την ανάπτυξη αναλυτικής στρατηγικής με επιμέρους στάδια ανάπτυξης, στόχους και αναλυτικό χρονοδιάγραμμα.

Επιβεβαιώνεται η στρατηγική υλοποίησης ενός αριθμού 5 και 19 κεντρικών και τοπικών Σταθμών Μεταφόρτωσης αντίστοιχα. Σχετικά με τους κεντρικούς ΣΜΑ, εκτός του ΣΜΑ στο Σχιστό, που λειτουργεί από το 1991, και του ΣΜΑ Κηφισιάς, το παλιό ΠΕΣΔΑ προέβλεπε την υλοποίηση των ΣΜΑ: Ελαιώνα Αττικής, Ελληνικού, Υμηττού. Το δίκτυο των ΣΜΑ δεν ολοκληρώθηκε για μια σειρά από λόγους μεταξύ των οποίων ιδιαίτερη σημασία είχαν τα προβλήματα χωροθέτησης.

Προβλέπονται στρατηγικές ανακύκλωσης συγκεκριμένων ρευμάτων αποβλήτων. Για κάθε ρεύμα αποβλήτων προτείνεται η συνεργασία της Περιφέρειας με το αντίστοιχο ΣΕΔ. Παράλληλα, προβλέπεται η δημιουργία ενός αριθμού ΚΔΑΥ. Ο αριθμός των απαιτούμενων ΚΔΑΥ δεν προδιαγράφεται ρητά, ωστόσο προβλέπεται η κατασκευή τουλάχιστον τριών

ΚΔΑΥ, ενός εντός του χώρου ΟΕΔΑ. Επιπλέον, προτείνεται η ανάπτυξη ενός αριθμού Πράσινων Σημείων.

Επίσης προβλέπεται η δημιουργία μονάδων επεξεργασίας σύμμεικτων αποβλήτων. Συγκεκριμένα, στο υφιστάμενο ΠΕΣΔΑ προτείνεται η κατασκευή τεσσάρων μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων, στο πλαίσιο της δημιουργίας τριών ΟΕΔΑ (προβλέπονται δύο μονάδες επεξεργασίας στην ΟΕΔΑ Δυτικής Αττικής). Σημειώνεται ότι ως μια από τις τέσσερις μονάδες επεξεργασίας θεωρείται το ΕΜΑΚ στη Φυλή που την εποχή εκπόνησης του ΠΕΣΔΑ είχε ήδη κατασκευαστεί και τεθεί σε δοκιμαστική λειτουργία. Το 2012 ξεκίνησε διαδικασία υλοποίησης των μονάδων επεξεργασίας που προέβλεπε το ΠΕΣΔΑ μέσω ΣΔΙΤ με τη διαδικασία του ανταγωνιστικού διαλόγου. Στο τέλος του 2014 οι διαδικασίες ακυρώθηκαν από την Περιφέρεια Αττικής γιατί αφενός θεωρήθηκαν οικονομικά ασύμφωρες και αφετέρου εκτιμάται ότι πρέπει να υπάρξει ανασχεδιασμός της διαχείρισης των ΑΣΑ της Περιφέρειας με τη δραστική αλλαγή του συγκεκριμένου σταδίου διαχείρισης, δηλαδή την αντικατάσταση της βιομηχανικής επεξεργασίας σύμμεικτων ΑΣΑ.

Τέλος, προβλέπεται η δημιουργία χώρων υγιεινής ταφής (ΧΥΤ) για την ασφαλή διάθεση των υπολειμμάτων των προηγούμενων σταδίων. Το υφιστάμενο ΠΕΣΔΑ προτείνει την κατασκευή πέντε νέων ΧΥΤΥ. Από αυτούς δύο προβλέπονται για τα νησιά Κύθηρα και Αντικύθηρα και τρεις ΧΥΤΥ προβλέπονται στο ηπειρωτικό τμήμα της Περιφέρειας, ως τμήματα ευρύτερων ΟΕΔΑ.

Ειδικά για την Περιφέρεια Αττικής, το υφιστάμενο ΠΕΣΔΑ περιγράφει τρεις ΟΕΔΑ. Τα έργα που προβλέπονται σε κάθε ΟΕΔΑ είναι:

1) Η ΟΕΔΑ Δυτικής Αττικής που περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Τον υφιστάμενο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων για όσο καιρό αυτός λειτουργεί. Έκτοτε, ο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων έχει κλείσει και έχει αποκατασταθεί. Ένα νέο ΧΥΤΥ που είχε ήδη χωροθετηθεί στη θέση «Σκαλιστήρι» στη Φυλή και θα διαδεχόταν τον ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων μετά το πέρας του χρόνου ζωής του. Ο ΧΥΤΥ κατασκευάστηκε και λειτουργεί. Στην ουσία πρόκειται για γήπεδο γειτονικό του αποκατεστημένου ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων.
- Ένα ΚΔΑΥ που θα κατασκευαζόταν στη Δυτική Αττική και το ΚΔΑΥ Αμαρουσίου που κατά το χρόνο εκπόνησης του ΠΕΣΔΑ λειτουργούσε ήδη.
- Δύο μονάδες επεξεργασίας σύμμεικτων Α.Σ.Α. Πρόκειται για το υφιστάμενο Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης – Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ) που κατά το χρόνο εκπόνησης του ΠΕΣΔΑ είχε ήδη κατασκευαστεί και λειτουργούσε δοκιμαστικά. Το ΕΜΑΚ λειτούργησε με την κανονική του δυναμικότητα από το 2007 και μετά έχοντας ωστόσο σημαντικά προβλήματα τόσο στη διάθεση του παραγόμενου RDF που τελικά δεν χρησιμοποιείται ως καύσιμο όσο και στη διάθεση του compost που αξιοποιείται εντός του ΧΥΤΥ ως υλικό επικάλυψης. 2^η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασία Σύμμεικτων ΑΣΑ (μονάδα ΜΒΕ) με εκτιμώμενη δυναμικότητα διαχείρισης περίπου 1.000.000 – 1.450.000 τόνων σύμμεικτων αποβλήτων. Το 2012 ξεκίνησε η διαδικασία υλοποίησης της μέσω ΣΔΙΤ, η οποία εγκαταλείφθηκε στο τέλος του 2014.

- Μονάδα Κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών Υλικών ή/και «πράσινων» αποβλήτων. Η μονάδα δεν υλοποιήθηκε.

2) Η ΟΕΔΑ ΒΑ Αττικής που περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Ένα νέο ΧΥΤΑ / ΧΥΤΥ που είχε ήδη χωροθετηθεί και αδειοδοτηθεί η κατασκευή του στη θέση «Μαύρο Βουνό», Γραμματικού, και είχε ήδη χρηματοδοτηθεί η Α' Φάση κατασκευής κατά το χρόνο εκπόνησης του ΠΕΣΔΑ. Τα έργα έχουν προχωρήσει σε σημαντικό βαθμό έκτοτε και ο ΧΥΤ είναι σχεδόν έτοιμος. Η σχεδιαζόμενη δυναμικότητα ήταν 127.000 τόνοι/έτος κατά την έναρξη της λειτουργίας του η οποία θα έβαινε μειούμενη με την υλοποίηση και των υπόλοιπων έργων της ΟΕΔΑ.
- 1 ΚΔΑΥ με εκτιμώμενη δυναμικότητα 72.500 τόνους/έτος.
- Μονάδα Κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών Υλικών η/και «πράσινων» αποβλήτων δυναμικότητας 40.000 τόνων/έτος. Έκτοτε, η μονάδα δεν έχει υλοποιηθεί.
- Κεντρική Μονάδα επεξεργασίας σύμμεικτων Α.Σ.Α. (μονάδα ΜΒΕ) εκτιμώμενης δυναμικότητας 127.500 τόνων/έτος. Όπως και στην περίπτωση της ΟΕΔΑ Δυτικής Αττικής, το 2012 ξεκίνησε η διαδικασία υλοποίησής της μέσω ΣΔΙΤ, η οποία εγκαταλείφθηκε στο τέλος του 2014.

3) Η ΟΕΔΑ ΝΑ Αττικής που περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Ένα νέο ΧΥΤΑ / ΧΥΤΥ που είχε ήδη χωροθετηθεί και αδειοδοτηθεί η κατασκευή του στη θέση «Βραγόνι» Κερατέας και είχε ήδη χρηματοδοτηθεί η Α' Φάση κατασκευής του κατά το χρόνο εκπόνησης του ΠΕΣΔΑ. Η σχεδιαζόμενη δυναμικότητα ήταν 127.000 τόνοι/έτος κατά την έναρξη της λειτουργίας του η οποία θα έβαινε μειούμενη με την υλοποίηση και των υπόλοιπων έργων της ΟΕΔΑ. Ο ΧΥΤΥ δεν υλοποιήθηκε λόγω κοινωνικής έντασης που προκάλεσε στην τοπική κοινωνία εξαιτίας της χωροθέτησής του.
- 1 ΚΔΑΥ με εκτιμώμενη δυναμικότητα 72.500 τόνους/έτος.
- Μονάδα Κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών Υλικών η/και «πράσινων» αποβλήτων δυναμικότητας 40.000 τόνων/έτος. Έκτοτε η μονάδα δεν έχει υλοποιηθεί.
- Κεντρική Μονάδα επεξεργασίας σύμμεικτων Α.Σ.Α. (μονάδα ΜΒΕ) εκτιμώμενης δυναμικότητας 127.500 τόνων/έτος. Όπως και στην περίπτωση των ΟΕΔΑ Δ. Αττικής και Β.Α. Αττικής, το 2012 ξεκίνησε η διαδικασία υλοποίησής της μέσω ΣΔΙΤ, η οποία εγκαταλείφθηκε στο τέλος του 2014.

Επιπλέον εκτός από τις παραπάνω δράσεις το παλιό ΠΕΣΔΑ προέβλεπε μια σειρά από κίνητρα και αντικίνητρα καθώς επίσης και δράσεις ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης του κοινού. Στο πλαίσιο αυτό προτείνονται ορισμένες εναλλακτικές προτάσεις όπως: η αναβάθμιση των διοικητικών δομών της Περιφέρειας σε σχέση με τα απορρίμματα, ανάπτυξη της ΔσΠ οργανικού κλάσματος ιδιαίτερα σε χώρους μαζικής εστίασης, ξενοδοχεία κλπ., προβολή καλών πρακτικών ΔσΠ οργανικού κλάσματος από άλλες χώρες, δημιουργία αγοράς ανακυκλωμένων προϊόντων, ανάπτυξη συστήματος ολοκληρωμένης απογραφής αποβλήτων,

επιδότηση και φορολογική ελάφρυνση για βιομηχανίες που χρησιμοποιούν πράσινες τεχνολογίες, προώθηση ερευνητικών προγραμμάτων σε σχέση με τον σχεδιασμό ειδικών υλικών για προϊόντα με στόχο την ανακύκλωση, οικονομικά κίνητρα σε Δήμους που παρουσιάζουν ετήσια μείωση παραγόμενων αποβλήτων και εφαρμογή της αρχής «Ο ρυπαίνων πληρώνει» κυρίως με οικονομικά πρόστιμα.

Αξιολόγηση της 1^{ης} αναθεώρησης ΠΕΣΔΑ

Το σενάριο αυτό δεν ακολουθεί τις αρχές και τις κατευθύνσεις του νέου ΕΣΔΑ που στηρίζεται στις βασικές αρχές, κατευθύνσεις και στόχους της Οδηγίας Πλαίσιο για τα απόβλητα 2008/98/ΕΚ. Επιπλέον, δεν υιοθετείται το μοντέλο αποκεντρωμένης διαχείρισης αποβλήτων που τέθηκε ως προτεραιότητα από την Περιφέρεια και καθοριστικός είναι ο ρόλος των τοπικών σχεδιασμών, σε επίπεδο Δήμων. Δεν λαμβάνονται υπόψη οι πρόσφατες κατευθύνσεις της Ε.Ε. (Δεκέμβριος 2015) για την κυκλική οικονομία που έχει ως στόχο την ώθηση της ανταγωνιστικότητας, τη βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Η απαίτηση να ληφθεί υπόψη το νέο νομικό πλαίσιο και το νέο ΕΣΔΑ δημιουργεί εμπλοκή στη χρηματοδότηση των έργων υποδομής για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, καθώς η χρηματοδότηση στηρίζεται σε σημαντικό βαθμό στα Ευρωπαϊκά χρηματοδοτικά προγράμματα. Τέλος πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι η οικονομική κρίση άλλαξε τα δεδομένα των εκτιμήσεων του ΠΕΣΔΑ για τις παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων, οι οποίες μετά το 2010 φαίνεται να είναι σημαντικά χαμηλότερες από εκείνες που είχαν προβλεφθεί. Εκτός από τις ποσότητες φαίνεται ότι διαφορές παρατηρούνται και στην ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ ενώ δεν είναι αμελητέο και το γεγονός ότι την τελευταία δεκαετία άλλαξε σημαντικά η ανθρωπογεωγραφία της Περιφέρειας με σημαντικές εσωτερικές μετακινήσεις πληθυσμού μεταξύ Δήμων σε διαφορετικές γεωγραφικές ενότητες της Αττικής.

3.5.2. Πρόταση των 4 ΜΚΟ [16]

Το εναλλακτικό αυτό σενάριο αποτελεί το Ολοκληρωμένο Σχέδιο τεσσάρων ΜΚΟ (Οικολογική Εταιρία Ανακύκλωσης, GREENPEACE, MEDSOS και WWF) για τη διαχείριση απορριμμάτων της Αττικής (2010-2012).

Περιγραφή της πρότασης των 4 ΜΚΟ

Το Ολοκληρωμένο Σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων Αττικής των τεσσάρων ΜΚΟ περιλαμβάνει:

- 1) Θεσμικά μέτρα: εφαρμογή δίκαιης χρέωσης των δημοτικών τελών – εφαρμογή συστημάτων «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΠΟΠ), ώστε οι δημότες να έχουν επιπλέον

- κίνητρα να συμμετέχουν πιο ενεργά στην πρόληψη, κομποστοποίηση, ανακύκλωση και εναλλακτική διαχείριση.
- 2) Λειτουργία υπαρχόντων και δημιουργία νέων ΣΕΔ: δημιουργία 2 νέων ΚΔΑΥ για τις συσκευασίες όλης της Αττικής.
 - 3) Δημιουργία υποδομών χαμηλού κόστους: 20 μεγάλα πράσινα σημεία και 12 μικρά. Τοποθέτηση ειδικού κάδου για το χαρτί δίπλα σε κάθε σημερινό μπλε κάδο. Αυξάνεται έτσι η ανάκτηση του χαρτιού και μειώνεται το παραγόμενο RDF στο ΕΜΑΚ στα Άνω Λιόσια και τα υπολείμματα στα ΚΔΑΥ. Οργάνωση και έναρξη υλοποίησης ενός 4ετούς προγράμματος οικιακής κομποστοποίησης στην Αττική. Το κόστος του προγράμματος για κάλυψη με 100.000 κάδους οικιακής κομποστοποίησης 176.000 νοικοκυριών της Αττικής. Εκτιμάται ότι η οικιακή κομποστοποίηση μπορεί να διεισδύσει μεσοπρόθεσμα μέχρι και στο 20% των νοικοκυριών στην Αττική (μακροπρόθεσμα και στο 40%) και να εκτρέψει μέχρι το 2020 περισσότερους από 100.000 t/y.
 - 4) Δράσεις χαμηλού κόστους: κλαδοτεμαχιστές σε όλα τα πάρκα, ΔσΠ των οργανικών, χρήση βιοαποδομήσιμης σακούλας.
 - 5) Δημιουργία μονάδων κομποστοποίησης και παράλληλη λειτουργία του ΕΜΑΚ: Δημιουργία τριών μεγάλων μονάδων κομποστοποίησης κλειστού τύπου. Στις μονάδες αυτές θα οδηγείται το περιεχόμενο του ειδικού κάδου για τα οργανικά. Η κάθε μονάδα μπορεί να είναι δυναμικότητας 125.000 - 250.000 t/y με δυνατότητα μικρής επέκτασης. Δημιουργία δέκα περίπου μικρών μονάδων κομποστοποίησης, συμπληρωματικά με τις 3 μεγάλες μονάδες κομποστοποίησης, κλειστού ή ανοικτού τύπου με δυναμικότητα 5.000-30.000 t/y. Λειτουργία του ΕΜΑΚ, το οποίο επεξεργάζεται 220.000 t/y. Το κομπόστ που θα παράγει θα είναι πολύ καλύτερης ποιότητας σε σχέση με το σημερινό, καθώς επίσης και η παραγόμενη ποσότητα RDF θα μειωθεί σε 10.000-20.000 t/y. Τα υπολείμματα από τη λειτουργία των μονάδων και την όλη διαχείριση αφορούν το RDF και τα υπολείμματα από το ΕΜΑΚ, τα υπολείμματα από τα ΚΔΑΥ, καθώς και τα υπολείμματα από τις μονάδες κομποστοποίησης, θα μπορούσαν να αξιοποιούνται ενεργειακά σε υπάρχοντες μονάδες (τσιμεντάδικα, ΔΕΗ) σαν εναλλακτικό καύσιμο. Εναλλακτικά θα μπορούσαν να οδηγούνται στο ΧΥΤΥ Φυλής.
 - 6) Ολοκληρωμένο και συστηματικό πρόγραμμα ενημέρωσης.

Αξιολόγηση της πρότασης των 4 ΜΚΟ

Η παρούσα εναλλακτική πρόταση είναι αρκετά κοντά στο βασικό σενάριο, δεν αντιμετωπίζει όμως θέματα χωροθετήσεων και κυρίως δεν συμπεριλαμβάνει ζητήματα κοινωνικής συναίνεσης, τα Τοπικά Σχέδια Διαχείρισης των Δήμων της Αττικής, δεν λαμβάνει υπόψη διαδημοτικές συνεργασίες καθώς και τη διαβούλευση που έχει συντελεστεί με τον υπό αναθεώρηση ΠΕΣΔΑ (η πρόταση είναι προγενέστερη αυτών). Γενικά, η εν λόγω πρόταση υπολείπεται σε ωριμότητα και σαφήνεια σε σχέση με το βασικό σενάριο.

3.5.3. Βασικό σενάριο [16]

Το σενάριο αυτό αφορά την τροποποίηση του υφιστάμενου ΠΕΣΔΑ (1^η Αναθεώρηση ΠΕΣΔΑ, 2006) και εφαρμογή των δράσεων του νέου αναθεωρημένου ΠΕΣΔΑ (2^η Αναθεώρηση ΠΕΣΔΑ, 2016). Γενική περιγραφή του σχεδίου και των στόχων αυτού έχει γίνει στα κεφάλαια 3.1, 3.2, 3.3.

Περιγραφή της 2^{ης} αναθεώρησης ΠΕΣΔΑ

Συνοπτικά, ο προτεινόμενος για το 2020 σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων της Περιφέρειας Αττικής περιλαμβάνει: προγράμματα πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων, καθιέρωση χωριστής συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών σε 5 ρεύματα χαρτί, γυαλί, μέταλλα, πλαστικό και βιοαπόβλητα, δημιουργία δικτύου πράσινων σημείων και ΚΑΕΔΙΣΠ, επεξεργασία των βιοαποβλήτων θα γίνεται σε 3 κεντρικές (δυναμικότητας 130.000 τόνων/έτος) και σε ορισμένες αποκεντρωμένες μικρές σχετικά μονάδες κομποστοποίησης (δυναμικότητας 20.000 τόνων/έτος) προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων των δήμων, ανάπτυξη δικτύου χωριστής συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών για την επαρκή κάλυψη της Περιφέρειας και ανάπτυξη νέων ή επέκταση της δυναμικότητας των υφιστάμενων εγκαταστάσεων διαλογής ανακυκλώσιμων υλικών.

Για την εναλλακτική διαχείριση ρευμάτων αποβλήτων προτείνεται επέκταση του υφιστάμενου δικτύου συλλογής καθώς επίσης και δημιουργία υποδομής συλλογής των εν λόγω ρευμάτων στα Πράσινα Σημεία του κάθε Δήμου, σε συνεργασία με τα αντίστοιχα ΣΕΔ. Όσον αφορά τις ιλύες προβλέπεται αξιοποίηση του υφιστάμενου δικτύου ιλύων αστικού τύπου της ΕΥΔΑΠ Α.Ε. με ένταξη σ' αυτό ποσοτήτων ιλύος που προέρχονται από μικρές ΕΕΛ αστικών και ΕΕΛ τουριστικών και βιομηχανικών μονάδων. Επιπλέον, προτείνεται επανεξέταση της σκοπιμότητας και επανασχεδιασμός της λειτουργίας των υφιστάμενων και υπό κατασκευή ΣΜΑ καθώς και των προταθέντων από τα ΤΣΔ, καθώς και ανάπτυξη δικτύου εγκαταστάσεων επεξεργασίας συμμείκτων. Συγκεκριμένα:

- Δύο μονάδες στην ΠΕ Κεντρικού Τομέα Αθηνών συνολικής δυναμικότητας έως 260.000tn ετησίως.
- Μία μονάδα στην ΠΕ Πειραιώς έως 180.000tn ετησίως.
- Μία μονάδα στη Νότια Αττική έως 150.000tn ετησίως.
- Μία μονάδα στην Βορειοανατολική Αττική δυναμικότητας έως 60.000tn ετησίως, που προσδιορίζεται στην ΟΕΔΑ Β.Α. Αττικής.
- Αναβάθμιση και επέκταση της δυναμικότητας του ΕΜΑΚ Λιοσίων έως 350.000tn ετησίως (με τους 100.000tn να είναι βιοαπόβλητα).

Επίσης, βασική είναι η ανάπτυξη εφαρμογών του παραγόμενου κομπόστ κατά προτεραιότητα στα πλαίσια σχεδίων αποκατάστασης των ανενεργών λατομικών χώρων της Περιφέρειας και η αξιοποίηση της ενεργοβόρου εγχώριας βιομηχανίας (τσιμεντοβιομηχανία, κεραμοποιία κλπ.) για την απορρόφηση των παραγόμενων εναλλακτικών καυσίμων, αλλά και η διερεύνηση δυνατοτήτων σε υποδομές συναποτέφρωσης.

Όσον αφορά τους ΧΥΤΑ προβλέπονται τα εξής:

- Αντιμετώπιση άμεσων αναγκών σε χώρους ταφής με αξιοποίηση της χωρητικότητας του ΧΥΤΑ Φυλής ή/και χώρων που έχει ήδη εγκριθεί η καταλληλότητα τους ως ΧΥΤΥ.

- Δημιουργία δικτύου νέων ΧΥΤΥ για την κάλυψη των μακροπρόθεσμων αναγκών. Για την οριστική χωροθέτηση των νέων ΧΥΤΥ ιεραρχούνται ως προς τα κριτήρια καταλληλότητας κατά προτεραιότητα τα ανενεργά λατομεία – μεταλλεία.
- Οριστικό κλείσιμο του ΧΥΤ Φυλής με την άμεση εκπόνηση σχεδίου αποκατάστασης του και ενεργοποίηση του με την έναρξη λειτουργίας των νέων χώρων.
- Κατασκευή δύο μικρών Χ.Υ.Τ.Υ. 2ης Δ.Ε. (Κύθηρα και Αντικύθηρα)
- Αποκατάσταση ΧΑΔΑ.

Αξιολόγηση της 2^{ης} αναθεώρησης ΠΕΣΔΑ

Το σχέδιο αναθεώρησης - επικαιροποίησης του ΠΕΣΔΑ βασίζεται στο νέο θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων όπως διέπεται από την Οδηγία 2008/98 και το Νόμο 4042/2012 και υιοθετεί στο σύνολο της την εθνική πολιτική για τα απόβλητα και τους άξονες αυτής, όπως εμπεριέχονται στο ΕΣΔΑ με στόχο να προωθήσει στην Περιφέρεια Αττικής ιεραρχικά και συνδυασμένα: την πρόληψη, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και κάθε άλλου είδους ανάκτηση, όπως ανάκτηση ενέργειας, και την ασφαλή τελική διάθεση. Επίσης, η επικαιροποίηση του ΠΕΣΔΑ είναι σύμφωνη με τους στόχους και κατευθύνσεις του Εθνικού Σχεδίου Πρόληψης. 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.

Επιπλέον το νέο ΠΕΣΔΑ, ως πολιτικός και στρατηγικός σχεδιασμός, αναφέρεται στο σύνολο των αποβλήτων που παράγονται στη περιφέρεια Αττικής (εκτός των ζωικών υποπροϊόντων και των εξορυκτικών απόβλητων). Παράλληλα περιλαμβάνονται προβλέψεις για τα γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα που δεν συμπεριλαμβάνονταν στον παλιό ΕΣΔΑ. Τέλος λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω εξασφαλίζει υψηλή περιβαλλοντική προστασία, λαμβάνοντας υπόψη την ιεραρχία διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, την στρατηγική της διοίκησης του ΕΔΣΝΑ και της Περιφέρειας Αττικής, τις απαιτήσεις σε δράσεις και έργα για την εκπλήρωση των στόχων εκτροπής, ανάκτησης και ανακύκλωσης και τις δυνατότητες χρηματοδότησης.

Κεφάλαιο 4: Τεχνοοικονομική ανάλυση προτεινόμενων σεναρίων

Στην ενότητα αυτή γίνεται τεχνικοοικονομική ανάλυση των προτεινόμενων από τη 2^η Αναθεώρηση του ΠΕΣΔΑ σεναρίων και υπολογισμός της ΚΠΑ κάθε σεναρίου. Επιπλέον, στο τέλος της ενότητας υπολογίζεται η ΚΠΑ για την υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης απορριμμάτων, δηλαδή την περίπτωση μη επιλογής κάποιου εκ των τριών προτεινόμενων σεναρίων. Η υφιστάμενη κατάσταση περιλαμβάνει τις μονάδες που ήδη λειτουργούν στην Αττική και τις δράσεις που λαμβάνουν χώρα τη δεδομένη στιγμή.

4. Ανάλυση κόστους για κάθε σενάριο και σύγκριση μεταξύ τους

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται για κάθε σενάριο η ανάλυση κόστους με βάση τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων και τις δράσεις που προβλέπει το κάθε σενάριο. Στη συνέχεια, και συγκεκριμένα στο 5^ο κεφάλαιο, γίνεται σύγκριση κόστους μεταξύ των σεναρίων, ώστε να βρεθεί η οικονομικά καλύτερη λύση. Στόχος της ανάλυσης, εκτός από το κόστος είναι να ελεγχθεί εάν τα άλλα δύο σενάρια, πέρα από το βασικό σενάριο, το οποίο τηρεί τους νέους στόχους της νομοθεσίας, μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της νομοθεσίας.

Στόχος της οικονομικής ανάλυσης του κάθε σεναρίου είναι ο υπολογισμός της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) αυτού με σκοπό την εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά με την οικονομική βιωσιμότητα του σεναρίου και την κατόπιν σύγκριση με τα υπόλοιπα σενάρια. Για τον υπολογισμό της συνολικής ΚΠΑ του κάθε σεναρίου γίνεται ανάλυση των μονάδων και των δράσεων που το απαρτίζουν, δηλαδή υπολογίζεται η ΚΠΑ κάθε επιμέρους στοιχείου. Συγκεκριμένα, η ΚΠΑ των μονάδων υπολογίζεται μέσω του επενδυτικού κόστους της κάθε μονάδας, του λειτουργικού της κόστους και των εσόδων αυτής, ενώ για τις δράσεις η ΚΠΑ είναι ίση με το αρχικό κόστος επένδυσης. Στη συνέχεια, αθροίζοντας τις επιμέρους ΚΠΑ και συνυπολογίζοντας τα ετήσια έσοδα λόγω της αποφυγής του τέλους ταφής εξαιτίας της επεξεργασίας των απορριμμάτων στις ΜΕΑ προκύπτει η τελικά ΚΠΑ του σεναρίου.

Έπειτα, συγκρίνοντας τις συνολικές ΚΠΑ των σεναρίων μπορούμε να βρούμε το πιο οικονομικά βιώσιμο εξ' αυτών, δηλαδή αυτό με την μεγαλύτερη ΚΠΑ. Η πλειοψηφία των ΜΕΑ όπως θα παρουσιαστούν στη συνέχεια θα έχουν αρνητική ΚΠΑ. Αυτό δεν είναι παράλογο, καθώς τα έσοδα που λαμβάνουν οι ΜΕΑ είναι συχνά λιγότερα από τα έξοδά τους. Γι' αυτό το λόγο συχνά επιβάλλεται τέλος χρήσης στους φορολογούμενους πολίτες, έτσι ώστε οι μονάδες να αποκτούν ένα επιπλέον έσοδο, το οποίο να τις καθιστά οικονομικά βιώσιμες. Ωστόσο, δεδομένου ότι στην παρούσα μελέτη μας ενδιαφέρει η οικονομική αξιολόγηση των σεναρίων και όχι τόσο των μονάδων δεν υπολογίζεται το τέλος χρήσης κάθε μονάδας. Επίσης, αμελείται ο ΦΠΑ δεδομένου ότι στην παρούσα μελέτη δεν εξετάζεται μια κερδοσκοπική επένδυση.

4.1. Μηδενική λύση

4.1.1. Μεθοδολογική προσέγγιση

Στο σενάριο της μηδενικής λύσης η κύρια διαχείριση των απορριμμάτων γίνεται μέσω 3 ΟΕΔΑ. Οι ΟΕΔΑ αυτές όπως προαναφέρθηκε είναι στη Δυτική, Βορειοανατολική και Νοτιοανατολική Αττική. Σε κάθε ΟΕΔΑ γίνεται ολοκληρωμένη διαχείριση απορριμμάτων μέσω των ΜΕΑ που προβλέπονται (ΚΔΑΥ, ΕΜΑΚ, μονάδες κομποστοποίησης, μονάδες ΜΒΕ), καθώς και διάθεση στους ΧΥΤΥ. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται οι ανεπεξέργαστες ποσότητες απορριμμάτων που διατίθενται στους ΧΥΤΥ, οι οποίοι δέχονται κατά κύριο λόγο τα υπολείμματα από τις ΜΕΑ. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι ΜΕΑ των 3 ΟΕΔΑ:

ΟΕΔΑ Δυτικής Αττικής

Δεδομένου του κλεισίματος και της αποκατάστασης του ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων, ο ΧΥΤΥ Φυλής συνολικής δυναμικότητας 13.625.000 τόνων είναι αυτός που από το 2008 δέχεται το μεγαλύτερο μέρος των απορριμμάτων στην Αττική. Σύμφωνα με το ΠΕΣΔΑ το επενδυτικό κόστος του ΧΥΤΥ Φυλής εκτιμήθηκε στα 52,8 εκ. €. Στο σενάριο αυτό δέχεται όλα τα υπολείμματα από τις ΜΕΑ Δυτικής Αττικής, καθώς και όλα τα μη ανακτήσιμα απορρίμματα, τα οποία δεν υφίστανται επεξεργασία (90.894 τόνοι). Επιπλέον, το ΚΔΑΥ Αμαρουσίου έχει κλείσει από το 2011, άρα στη θέση του θα χρησιμοποιηθεί το ΚΔΑΥ Ελευσίνας δυναμικότητας 40.000 τόνων/έτος μαζί με το ΚΔΑΥ δυναμικότητας 75.000 τόνων/έτος που προβλέπεται. Ακόμα, γίνεται η μονάδα ανοικτής κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών 80.000 τόνων/έτος και δύο μονάδες επεξεργασίας σύμμεικτων ΑΣΑ: μία στη Φυλή δυναμικότητας 700.000 τόνων/έτος και 2^η στα Άνω Λιόσια δυναμικότητας 400.000 τόνων/έτος. Οι δύο αυτές μονάδες ΜΒΕ θα χρησιμοποιήσουν τεχνολογίες βιοξήρανσης και αναερόβιας χώνευσης αντίστοιχα, και θα πλαισιώσουν το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων δυναμικότητας 300.000 τόνων/έτος που λειτουργεί ήδη [15, 21].

ΟΕΔΑ ΒΑ Αττικής

Η ΟΕΔΑ περιλαμβάνει έναν νέο ΧΥΤΥ στο Γραμματικό, ο οποίος βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο κατασκευής και κοστολογήθηκε στα 24,3 εκ. € με σχεδιαζόμενη ετήσια δυναμικότητα 127.000 τόνους, η οποία θα μειώνεται σταδιακά με την υλοποίηση και των υπόλοιπων έργων της ΟΕΔΑ. Επίσης περιλαμβάνεται ένα ΚΔΑΥ 72.500 τόνων/έτος, μία μονάδα ανοικτής κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών 40.000 τόνων/έτος και μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας σύμμεικτων ΑΣΑ δυναμικότητας 127.500 τόνων/έτος, στην οποία θα χρησιμοποιηθεί τεχνολογία αναερόβιας χώνευσης [15].

ΟΕΔΑ ΝΑ Αττικής

Πέρα από το νέο ΧΥΤΥ στην Κερατέα αρχικής δυναμικότητας 127.000 τόνων/έτος, του οποίου το επενδυτικό κόστος εκτιμήθηκε στα 16,1 εκ. €, αλλά δεν έχει υλοποιηθεί, λόγω της αντίδρασης της τοπικής κοινότητας, προβλέπονται μία μονάδα ανοικτής κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών 40.000 τόνων/έτος και μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας σύμμεικτων ΑΣΑ δυναμικότητας 127.500 τόνων/έτος τεχνολογίας αναερόβιας χώνευσης, που θα πλαισιώσουν το ήδη υπάρχον ΚΔΑΥ Κορωπίου ετήσιας δυναμικότητας 100.000 τόνων. Επομένως, δεν χρειάζεται να κατασκευαστεί καινούριο ΚΔΑΥ στη ΝΑ Αττική [15].

Λοιπές Δράσεις

Επιπλέον, πέρα από τις 3 ΟΕΔΑ το περιφερειακό σχέδιο του 2006 προβλέπει και τις απαραίτητες δράσεις για την υποστήριξη της διαχείρισης απορριμμάτων. Προτείνονται προγράμματα ΔσΠ για τα ανακυκλώσιμα ίσης δυναμικότητας με αυτή των δύο νέων ΚΔΑΥ, δηλαδή 147.500 τόνων/έτος και ΔσΠ οργανικών αποβλήτων δυναμικότητας ίσης με τη δυναμικότητα των 3 νέων μονάδων κομποστοποίησης, δηλαδή 160.000 τόνων/έτος μέσω καφέ κάδου.

Επίσης, για την αποτελεσματικότερη διακίνηση των απορριμμάτων στους χώρους επεξεργασίας προτείνεται η δημιουργία 5 κεντρικών ΣΜΑ, εκ των οποίων οι 2 βρίσκονται ήδη σε λειτουργία (ΣΜΑ Σχιστού, Κηφισιάς). Επομένως, στο υπό εξέταση σενάριο θα υπολογιστεί η κατασκευή 3 νέων κεντρικών ΣΜΑ. Ταυτόχρονα, το ΠΕΣΔΑ του 2006 προέβλεπε και τη δημιουργία 19 τοπικών ΣΜΑ (ΤΣΜΑ), εκ των οποίων οι 10 βρίσκονται σε λειτουργία και γι' αυτό το λόγο θα υπολογιστούν οι υπόλοιποι 9.

Ακόμα, για την αξιοποίηση του RDF από το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων και του SRF από τη νέα μονάδα ΜΒΕ βιοξήρανης στη Φυλή προβλέπεται μία μονάδα θερμικής επεξεργασίας δυναμικότητας 100.000 τόνων/έτος. Παράλληλα, εκτιμάται και κόστος για την αποκατάσταση των ΧΑΔΑ στην Αττική.

4.1.2. Διαδικασία Υπολογισμών

Στον πίνακα 5 φαίνονται αναλυτικά οι παραγόμενες ποσότητες κάθε ρεύματος απορριμμάτων. Έτσι, μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνολική ποσότητα των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων, ένα μέρος των οποίων θα ανακτηθεί στα ΚΔΑΥ. Τα ανακυκλώσιμα απορρίμματα είναι το γυαλί, το χαρτί, τα μέταλλα, το πλαστικό, το ξύλο καθώς και οι συσκευασίες τους, τα ρεύματα των οποίων διαχωρίζονται λόγω των διαφορετικών στόχων ανάκτησης που έχουν τεθεί γι' αυτές, και τέλος ένα μέρος των λοιπών ανακτήσιμων απορριμμάτων που κατά κύριο λόγο αποτελούνται από ΑΗΗΕ, ΗΣ&Σ, λαμπτήρες κτλ. Η συνολική ποσότητά τους, λοιπόν, είναι 977.106 τόνοι όπως έχει εκτιμηθεί για τα έτη 2017 – 2020. Βέβαια η συνολική δυναμικότητα των 4 ΚΔΑΥ του σεναρίου είναι

$40.000+72.500+75.000+100.000 = 287.500$ τόνοι, αρκετά μικρότερη δηλαδή από τη συνολική ποσότητα των ανακυκλώσιμων.

Επομένως, τα ΚΔΑΥ θα λειτουργήσουν στην ονομαστική τους δυναμικότητα και θα περισσέψουν για διαχείριση από τα ΕΜΑΚ και τις μονάδες ΜΒΕ: $977.106-287.500 = 689.606$ τόνοι ανακυκλώσιμων. Θεωρείται ότι τα ΚΔΑΥ θα γεμίσουν με βάση τους στόχους σχεδιασμού του νέου ΠΕΣΔΑ. Δηλαδή η αναλογία κάθε επιμέρους ρεύματος είναι αυτή που περιγράφεται στον πίνακα 9. Άρα ο λόγος της ποσότητας κάθε ρεύματος εισόδου (χαρτί, γυαλί κτλ.) στα ΚΔΑΥ προς την συνολική ποσότητα του κάθε ρεύματος δεν θα είναι ο ίδιος για όλα τα ρεύματα (αφού οι στόχοι σχεδιασμού διαφέρουν). Έτσι, βρίσκεται αναλυτικά το συνολικό ρεύμα εισόδου στα ΚΔΑΥ. Επίσης, υποθέτοντας ποσοστό υπολείμματος μπλε κάδου 27,5% και βαθμό απόδοσης στο ΚΔΑΥ 80% προκύπτει ο βαθμός ανάκτησης ανακυκλωμένων υλικών: $(1-0,275)*0,8=0,58$ ή 58% [22]. Άρα γνωρίζοντας το συνολικό ρεύμα εισόδου στα ΚΔΑΥ και το βαθμό ανάκτησης σ' αυτά υπολογίζεται η ανακτώμενη ποσότητα υλικών: $287.500*0,58= 166.750$ τόνοι. Αυτή η ποσότητα ανακυκλωμένων υλικών μπορεί να διατεθεί στην αγορά. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι μέσες τιμές ανακυκλώσιμων υλικών σύμφωνα με πρόσφατη σχετική μελέτη [23]:

Τιμές ανακυκλώσιμων υλικών (€/tn)				
Χαρτί & Χαρτί συσκευασίας	Γυαλί & Γυαλί συσκευασίας	Μέταλλα & Μέταλλα συσκευασίας	Πλαστικό	Πλαστικό συσκευασίας
60,2	28,2	345,3	271,1	160,2

Πίνακας 11: Μέσες τιμές ανακυκλώσιμων υλικών

Μπορεί να παρατηρηθεί ότι στον παραπάνω πίνακα, καθώς και σε αρκετές μελέτες με τιμές ανακυκλώσιμων, δεν δίνεται τιμή εμπορικής εκμετάλλευσης για το ξύλο και τις συσκευασίες του. Πιθανότατα, αυτό συμβαίνει διότι η αγορά του ανακτημένου ξύλου είτε δεν έχει επαρκή στοιχεία είτε δεν λειτουργεί στο βαθμό που λειτουργούν οι υπόλοιπες αγορές ανακυκλώσιμων. Γι' αυτό το λόγο, στην παρούσα μελέτη αγνοούνται τα πιθανά έσοδα από την εμπορική εκμετάλλευση αυτού. Επιπλέον, αγνοούνται και τα έσοδα από την εμπορική εκμετάλλευση των υπόλοιπων ανακτησιμων απορριμμάτων για τους ίδιους λόγους.

Επιπλέον, το σενάριο της μηδενικής λύσης είναι ασαφές όσον αφορά τη λειτουργία των ΣΕΔ. Προτείνει την ανάπτυξη τους, ωστόσο δεν τεκμηριώνει με συγκεκριμένους στόχους και αριθμούς αυτή την πρότασή του. Επομένως, για την επίλυση του σεναρίου θεωρήθηκε ότι δεν θα λειτουργήσει κάποιο νέο ΣΕΔ, πέρα απ' αυτά που λειτουργούν αυτή τη στιγμή (ΣΕΔ ΑΗΗΕ, ανταποδοτική ανακύκλωση κτλ.), συμπληρωματικά με τα 4 ΚΔΑΥ. Άρα, η ανάκτηση των προδιαλεγμένων ανακυκλώσιμων γίνεται αποκλειστικά από αυτές τις 4 μονάδες. Όπως είναι λογικό η συνολική δυναμικότητα των ΚΔΑΥ δεν είναι αρκετή, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι του νέου ΠΕΣΔΑ όσον αφορά την ανάκτηση με προδιαλογή. Τα ποσοστά ανάκτησης των επιμέρους ρευμάτων δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Ποσοστά ανάκτησης ανακυκλώσιμων συσκευασιών		
Ρεύμα	Ποσοστό ανάκτησης (%)	Ελάχιστοι στόχοι ανακύκλωσης (%)
Γυαλί Συσκευασίας	17,5	60
Χαρτί Συσκευασίας	23	60
Μέταλλα Συσκευασίας	17,5	50
Πλαστικό Συσκευασίας	18,8	22,5
Ξύλο Συσκευασίας	20	15

Πίνακας 12: Ποσοστά ανάκτησης συσκευασιών για το ΠΕΣΔΑ 2006

Όσον αφορά τα οργανικά απόβλητα, αυτά είναι συνολικά 825.617 τόνοι σύμφωνα με τον πίνακα 5. Όμως η συνολική δυναμικότητα των 3 μονάδων ανοικτής κομποστοποίησης που προβλέπονται από το παλιό ΠΕΣΔΑ είναι μόλις 160.000 τόνοι (2 μονάδες κομποστοποίησης των 40.000 τόνων και μία ακόμα των 80.000 τόνων), άρα και οι 3 μονάδες θα λειτουργήσουν στην ονομαστική τους λειτουργία. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει σχετικά με τη λειτουργία των μονάδων κομποστοποίησης, ο βαθμός μετατροπής του ρεύματος των προδιαλεγμένων οργανικών σε κομπόστ είναι περίπου 30% [24] και για τη μελέτη αυτή επιλέχθηκε η τιμή 33,2 % [25].

Όσον αφορά την εμπορική εκμετάλλευση του κομπόστ, η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι η πώληση του κομπόστ επιτυγχάνει θετικές και σε ορισμένες περιπτώσεις υψηλές τιμές. Έτσι ένα μέρος του υλικού που θα πουληθεί ενσασκισμένο στην αγορά προϊόντων κήπου, μπορεί να πετύχει τιμές της τάξης των 100 – 120 €/τόνο. Ωστόσο, η μεγαλύτερη ποσότητα θα πουληθεί χύμα σε τιμές της τάξης των 10 – 15 €/τόνο [26]. Θεωρώντας ότι το 20% του κομπόστ θα πωληθεί με 100 €/τόνο και το υπόλοιπο 80% με 10 €/τόνο προκύπτει μια σταθμισμένη τιμή 28 €/τόνο. Αυτή η τιμή θα χρησιμοποιηθεί και στη συνέχεια για την εύρεση των εσόδων από την πώληση του κομπόστ που προέρχεται από τις μονάδες ανοικτής κομποστοποίησης.

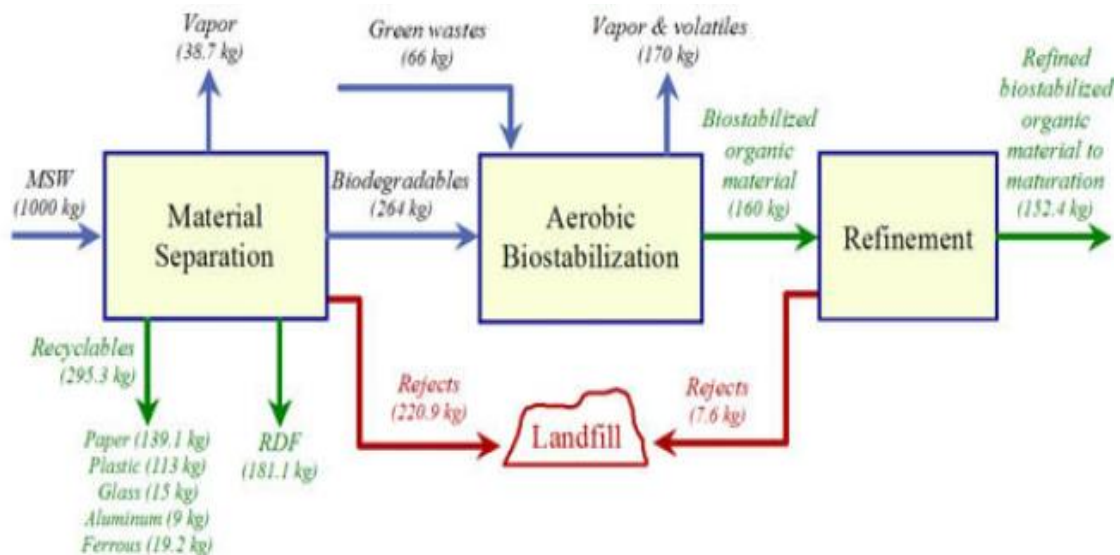
Η μηδενική λύση αναφέρει την οικιακή κομποστοποίηση ως ένα εναλλακτικό τρόπο διαχείρισης των οργανικών αποβλήτων, ωστόσο και εδώ δεν υπάρχει σαφής οδηγία σχετικά με τους στόχους και τις ποσότητες εκτροπής των οργανικών. Επομένως, δεν λήφθηκε υπόψη κατά την ανάλυση του σεναρίου και άρα το ποσοστό εκτροπής οργανικών από ΔσΠ είναι μόλις: $\frac{160.000 \text{ tn}}{825.617 \text{ tn}} * 100\% = 19,4\%$, το οποίο είναι περίπου το μισό από το στόχο εκτροπής που έχει τεθεί από το νέο ΠΕΣΔΑ (40%).

Τα υπόλοιπα απορρίμματα που περισσεύουν, είτε ανακυκλώσιμα είτε οργανικά, οδηγούνται στις 5 συνολικά μονάδες επεξεργασίας απορριμμάτων (ΜΕΑ) που προβλέπονται. Η συνολική ποσότητα των υπολειπόμενων συμμείκτων είναι 1.355.223 τόνοι, οι οποίοι προκύπτουν από τη διαφορά της συνολικής παραγωγής απορριμμάτων (1.893.617 τόνοι) με το άθροισμα των ανακυκλώσιμων, των οργανικών και των υπόλοιπων μη ανακυκλώσιμων ΑΣΑ, τα οποία για την περίοδο 2017-2020 είναι ίσα με 90.894 τόνους. Βασικό στοιχείο για τον υπολογισμό των ανακτώμενων απορριμμάτων από τις ΜΕΑ είναι η εύρεση της σύστασης του συνολικού ρεύματος αποβλήτων, η οποία είναι η εξής:

Ποσοστά επιμέρους ρευμάτων προς ΕΜΑΚ και μονάδες ΜΒΕ (%)			
Οργανικά	49,1	Μέταλλα	0,5
Γυαλί συσκευασίας	3,2	Πλαστικό Συσκευασίας	9,6
Γυαλί	0,1	Πλαστικό	3
Χαρτί Συσκευασίας	7,8	Ξύλο Συσκευασίας	1,1
Χαρτί	20,1	Ξύλο	1,2
Μέταλλα Συσκευασίας	2,8	Λοιπά ανακτίσιμα	1,4

Πίνακας 13: Σύσταση ρεύματος αποβλήτων προς επεξεργασία σε ΕΜΑΚ και μονάδες ΜΒΕ

Για να υπολογισθεί η ανάκτηση από τις ΜΒΕ χρειάζονται επίσης και οι βαθμοί ανάκτησης για κάθε ρεύμα και για κάθε τεχνολογία. Στο ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων γίνεται αερόβια μηχανική και βιολογική επεξεργασία με ανάκτηση υλικών και παραγωγή RDF. Παρακάτω δίνεται σχηματικά η μοντελοποίηση της διεργασίας ανά τόνο εισερχόμενων απορριμμάτων [27]:



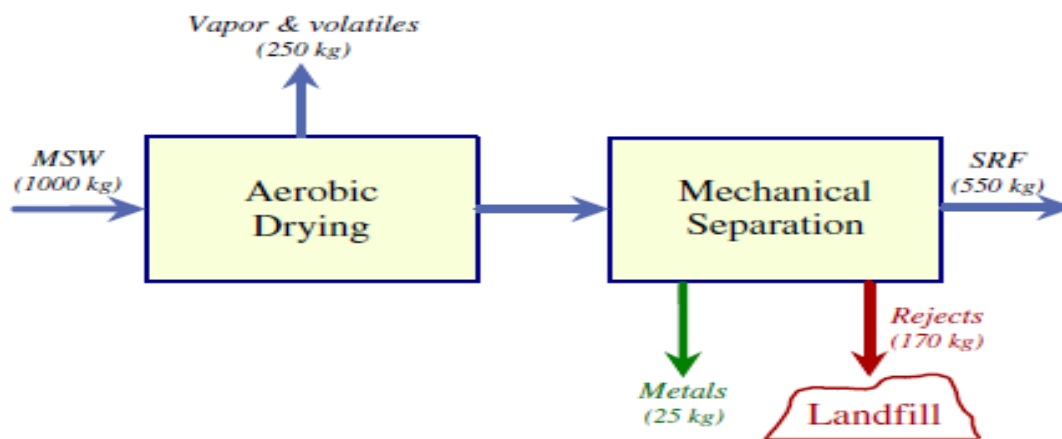
Εικόνα 5: Σχηματική αναπαράσταση αερόβια ΜΒΕ με ανάκτηση υλικών και RDF

Μπορεί να παρατηρηθεί ότι από την παραπάνω ΜΒΕ ανακτώνται ανακυκλώσιμα υλικά όπως χαρτί, πλαστικό, γυαλί, αλουμίνιο και σίδηρος, RDF που περιέχει κυρίως χαρτί και πλαστικό, καθώς και compost. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι οι βαθμοί ανάκτησης που δίνονται στο παραπάνω σχήμα βασίζονται σε διαφορετική σύσταση του ρεύματος εισόδου στο ΕΜΑΚ. Επομένως, θα πρέπει οι βαθμοί ανάκτησης να προσαρμοστούν στη υφιστάμενη σύσταση. Επιπλέον, ο βαθμός ανάκτησης του κομποστ θεωρείται ίσος με αυτόν που επιλέχθηκε για την κομποστοποίηση προδιαλεγμένων οργανικών και δεν προκύπτει από την παραπάνω εικόνα. Τα τελικά ποσοστά ανάκτησης όπως αυτά προέκυψαν δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Τελικά ποσοστά ανάκτησης επί του αρχικού ρεύματος (%)			
Κομπόστ	16,3	Σίδηρος	1,2
Χαρτί	8,8	RDF	10,7
Πλαστικό	7,2	Σύνολο ανάκτησης	45,8
Γυαλί	1	Υπόλειμμα	28,3
Αλουμίνιο	0,6	Απώλειες	25,9

Πίνακας 14: Τελικά ποσοστά ανάκτησης για το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων (μηδενική λύση)

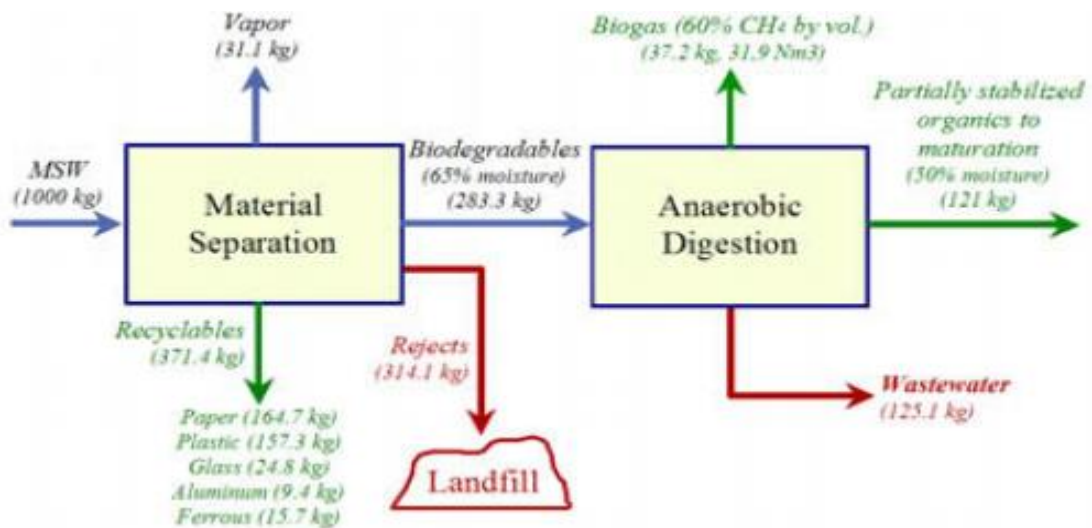
Αντίστοιχη εργασία γίνεται και για τη μονάδα ΜΒΕ στη Φυλή όπου χρησιμοποιείται βιοζήρανση ως μέθοδος επεξεργασίας του εισερχόμενου ρεύματος απορριμμάτων. Ακολουθεί η σχηματική αναπαράσταση της μεθόδου [27]:



Εικόνα 5: Σχηματική αναπαράσταση βιοζήρανσης

Όπως φαίνεται το μεγαλύτερο μέρος της ανάκτησης είναι το SRF (55%), το οποίο έχει στη σύνθεσή του το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα, λόγω της ύπαρξης οργανικών αποβλήτων. Επιπλέον, γίνεται ανάκτηση μετάλλων (2,5%), ενώ τα υπόλοιπα απορρίμματα χάνονται ως απώλειες της διεργασίας (25%) ή παραμένουν ως υπόλειμμα (17%). Στη συγκεκριμένη μέθοδο δεν έγινε κάποια παραλλαγή όσον αφορά τους βαθμούς ανάκτησης, αφού η συγκεκριμένη αναπαράσταση είναι αντιπροσωπευτική της σύστασης του ρεύματος προς τη μονάδα.

Ομοίως, μοντελοποιείται και η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης με ανάκτηση υλικών, η οποία θα εφαρμοστεί στις υπόλοιπες 3 μονάδες ΜΒΕ, τη μονάδα ΜΒΕ Άνω Λιοσίων και τις μονάδες ΜΒΕ Β.Α. και Ν.Α Αττικής [27]:



Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση αναερόβιας χώνευσης με ανάκτηση υλικών

Από την παραπάνω επεξεργασία ανακτώνται ανακυκλώσιμα υλικά όπως χαρτί, πλαστικό, γυαλί, αλουμίνιο και σίδηρος, βιοαέριο καθώς και υλικό τύπου compost (Compost Like Output- CLO). Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι οι βαθμοί ανάκτησης που δίνονται στο παραπάνω σχήμα βασίζονται σε διαφορετική σύσταση του ρεύματος εισόδου στη μονάδα ΜΒΕ. Επομένως, όπως και προηγουμένως, θα πρέπει οι βαθμοί ανάκτησης να προσαρμοστούν στη υφιστάμενη σύσταση. Τα τελικά ποσοστά ανάκτησης όπως αυτοί προέκυψαν δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Τελικά ποσοστά ανάκτησης επί του αρχικού ρεύματος (%)			
Υλικό τύπου Κομπόστ	15,1	Σίδηρος	1
Χαρτί	10,2	Βιοαέριο	6,4
Πλαστικό	9,8	Σύνολο ανάκτησης	44,6
Γυαλί	1,5	Υπόλειμμα	39,6
Αλουμίνιο	0,6	Απώλειες	15,8

Πίνακας 14: Τελικά ποσοστά ανάκτησης για τη μονάδα ΜΒΕ Άνω Λιοσίων και τις μονάδες ΜΒΕ Β.Α. και Ν.Α Αττικής

Όπως προαναφέρθηκε, το σύνολο των σύμμεικτων απορριμμάτων είναι 1.355.223 τόνοι. Όμως, η συνολική ονομαστική δυναμικότητα των 5 ΜΕΑ είναι: $700.000+400.000+300.000+2*127.500=1.655.000$ τόνου/έτος, δηλαδή αρκετά μεγαλύτερη από το εισερχόμενο ρεύμα. Γι' αυτό το λόγο και οι 5 ΜΕΑ δεν θα λειτουργήσουν στην ονομαστική τους δυναμικότητα, αλλά στο 81,9 % αυτής. Άρα οι τελικές δυναμικότητες είναι οι εξής:

Δυναμικότητες ΜΕΑ (ΕΜΑΚ και μονάδες ΜΒΕ)		
ΜΕΑ	Ονομαστική Δυναμικότητα (tn/year)	Εισερχόμενη Ποσότητα (tn/year)
Φυλής	700.000	573.210
Άνω Λιοσίων ΙΙ	400.000	327.550
Άνω Λιοσίων	300.000	245.670
Β.Α. Αττικής	127.500	104.410
Ν.Α. Αττικής	127.500	104.410

Πίνακας 15: Δυναμικότητες ΕΜΑΚ και μονάδων ΜΒΕ για το ΠΕΣΔΑ 2006

Στην παρούσα μελέτη θεωρήθηκε ότι τα επενδυτικά κόστη θα αφορούν τις ονομαστικές δυναμικότητες των ΜΕΑ. Έτσι φτιάχνοντας ‘μεγαλύτερες’ ΜΕΑ απ’ ότι χρειάζεται υπάρχει ευελιξία σε περίπτωση που αυξηθεί η παραγωγή απορριμμάτων στην Αττική τα επόμενα χρόνια. Επιπλέον, είναι λογικό ότι τα λειτουργικά κόστη πρέπει να ανταποκρίνονται στη μερική λειτουργία των μονάδων, άρα αυτά θα αφορούν τις εισερχόμενες ποσότητες στο ΕΜΑΚ και στις μονάδες ΜΒΕ.

Τα έσοδα του ΕΜΑΚ και των μονάδων ΜΒΕ προέρχονται από την εμπορική εκμετάλλευση του κομπόστ, των ανακτώμενων υλικών και των καυσίμων. Ωστόσο, οι τιμές πώλησης είναι αισθητά χαμηλότερες λόγω της χαμηλής ποιότητας των υλικών. Σε ορισμένες περιπτώσεις όπως του υλικού τύπου κομπόστ (CLO) από τις μονάδες αναερόβιας χώνευσης και των δευτερογενών καυσίμων RDF & SRF η τιμή πώλησης είναι αρνητική, δηλαδή ο διαχειριστής της μονάδας έχει έξοδα και όχι έσοδα από την πώλησή τους. Το CLO διατίθεται ως υλικό επικάλυψης των ΧΥΤΥ, δηλαδή δεν έχει εμπορική αξία, ενώ για το RDF η συνήθης πρακτική είναι ο ΕΣΚΔΝΑ να αποζημιώνει τις μονάδες καύσης (τσιμεντοβιομηχανίες) για την διαχείριση του καυσίμου. Ακολουθεί πίνακας με τις τιμές των προϊόντων του ΕΜΑΚ και των μονάδων ΜΒΕ [21, 22, 28]:

Τιμές προϊόντων ΕΜΑΚ και μονάδων ΜΒΕ (€/tn)	
Compost	2,5
CLO	-1,1
Χαρτί	17,6
Πλαστικό	34,6
Γυαλί	0
Αλουμίνιο	1000
Σίδηρος	125
RDF - SRF	-10

Πίνακας 16: Τιμές προϊόντων ΕΜΑΚ και μονάδων ΜΒΕ

Το βιοαέριο από τις μονάδες αναερόβιας χώνευσης θεωρείται ότι αναβαθμίζεται σε βιομεθάνιο και στη συνέχεια μπορεί να εγχυθεί στο δίκτυο φυσικού αερίου. Στη Σουηδία, η τιμή αγοράς του αναβαθμισμένου βιοαερίου ανέρχεται σε 0,70 – 0,90 €/m³, ενώ το κόστος αναβάθμισης του βιοαερίου είναι 0,01 – 0,015 €/KWh. Αυτές οι τιμές έχουν χρησιμοποιηθεί

για να υπολογισθούν τα έσοδα των μονάδων αναερόβιας χώνευσης από το βιοαέριο. Η θερμογόνος δύναμη του βιοαερίου και του φυσικού αερίου είναι 6,5 και 11,5 KWh/m³. Άρα από το ενεργειακό ισοζύγιο ($m_{αν.βιο} = m_{βιο} * \frac{H_{u,βιο}}{H_{u,αν.βιο}}$) προκύπτει η τελική μάζα αναβαθμισμένου αερίου. Η πυκνότητα του βιομεθάνιου είναι 0,74 kg/m³, άρα υπολογίζεται και ο συνολικός όγκος του. Πολλαπλασιάζοντας τον με τη θερμογόνο του αναβαθμισμένου βιοαερίου προκύπτουν οι συνολικές KWh και στη συνέχεια θέτοντας ως μέση τιμή αγοράς 0,8 €/m³ και μέση τιμή κόστους 12,5 €/MWh υπολογίζονται τα έσοδα από το βιοαέριο [29, 30].

Ακόμα, οι μονάδες MBE δέχονται επιδοτήσεις από την Ελληνική Εταιρία Αξιοποίησης και Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) που αφορούν τα υλικά συσκευασίας, τα οποία περιέχονται στα ανακτώμενα ανακυκλώσιμα υλικά, στα βιοσταθεροποιημένα οργανικά, στο RDF και στο SRF, υπό την προϋπόθεση την αξιοποίηση τους. Η αναμενόμενη επιδότηση μονάδων αερόβιας MBE από την ΕΕΑΑ για αξιοποίηση υλικών συσκευασίας είναι 22,15 €/tn ΑΣΑ. Επειδή στη συγκεκριμένη μελέτη και οι μονάδες αναερόβιας MBE αξιοποιούν εξίσου τα υλικά συσκευασίας, λαμβάνουν αντίστοιχο ποσό επιδότησης. Όμως, η επιδότηση των μονάδων ξήρανσης δέχονται επιδότηση για την αξιοποίηση του SRF ίση με 24,04 €/tn ΑΣΑ [28].

Από το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων παράγονται συνολικά 26.360 τόνοι RDF, οι οποίοι είναι εφικτό να αποτεφρωθούν στις τσιμεντοβιομηχανίες. Από τη μονάδα MBE Φυλής παράγονται συνολικά 315.260 τόνοι SRF. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η θερμογόνος δύναμη του RDF έχει μέση τιμή περίπου 15 MJ/kg, ενώ το SRF έχει 18 MJ/kg. Είναι εύκολα αντιληπτό ότι αν για τη μονάδα καύσης 100.000 τόνων/έτος που προτείνεται χρησιμοποιηθεί SRF, θα παραχθεί μεγαλύτερο ποσό ενέργειας. Επομένως, η μονάδα καύσης θα πληρωθεί με 100.000 τόνους/έτος SRF και οι υπόλοιποι 215.260 τόνοι SRF θα σταλούν είτε σε τσιμεντοβιομηχανίες είτε σε άλλες μονάδες για συναποτέφρωση με άλλα καύσιμα.

Για τη μονάδα καύσης που δημιουργείται, επιλέγεται μία τυπική τιμή για τον βαθμό απόδοσής της: 27%. Θεωρώντας ότι η μονάδα θα λειτουργεί για 8000 ώρες/έτος (τυπική τιμή λειτουργίας για μονάδα καύσης), προκύπτει ότι η παροχή καυσίμου είναι 3,5 kg/s. Άρα η ηλεκτρική ισχύς και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη μονάδα σε ένα χρόνο είναι:

$$P_{el} = \eta * m_B * H_u = 0,27 * 3,5 * 18 = 16,9 \text{ MW}$$

$$W_{el} = P_{el} * 8000 \text{ h/year} = 135.000 \text{ MWh}$$

Η τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από RDF/SRF είναι 87,85 €/MWh. Επομένως, πολλαπλασιάζοντας την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια με την παραπάνω τιμή υπολογίζονται τα κύρια έσοδα της μονάδας. Όμως, η μονάδα μπορεί να αποκομίσει έσοδα και από την ανάκτηση μετάλλων που βρίσκονται στην τέφρα που απομένει στην εστία καύσης. Η τέφρα είναι περίπου το 20% του ρεύματος εισόδου και περιέχει σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα σε ποσοστά 18,3 % και 2,7 % αντίστοιχα, τα οποία μπορούν να πωληθούν με τιμές

25 και 250 €/tn. Επιπλέον, ο διαχειριστής της μονάδας μπορεί να αποζημιώνεται με 10 €/tn για κάθε τόνο καυσίμου που καίγεται, όπως αναφέρθηκε παραπάνω [31].

Εύρεση ρεύματος για ταφή

Τα υπολείμματα από την επεξεργασία των απορριμμάτων καταλήγουν στους 3 ΧΥΤΥ. Όπως είναι λογικό, ο ΧΥΤΥ της κάθε ΟΕΔΑ δέχεται τα υπολείμματα των ΜΕΑ που υπάρχουν σε καθεμία. Έτσι, υπάρχει μια αναλογία στις ποσότητες υπολειμμάτων που διατίθενται στους 3 ΧΥΤΥ. Τα υπολείμματα προέρχονται από τις μονάδες κομποστοποίησης, όπου το υπόλειμμα της επεξεργασίας είναι 23,7 % [25], τα ΚΔΑΥ, όπου το υπόλειμμα είναι 42%, το ΕΜΑΚ και τις μονάδες ΜΒΕ (ποσοστά υπολειμμάτων στους παραπάνω πίνακες). Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται αναλυτικά οι ποσότητες υπολειμμάτων που θάβονται σε κάθε ΧΥΤΥ:

Ρεύμα προς ταφή από κάθε τύπο μονάδων για κάθε ΧΥΤΥ					
	Μονάδες Κομποστοποίησης	ΚΔΑΥ	ΕΜΑΚ, μονάδες ΜΒΕ & Καύση	Μη Ανακτήσιμα	Σύνολο
ΧΥΤΥ Δ. Αττικής	19.000	48.300	316.600	90.900	474.800
ΧΥΤΥ ΝΑ Αττικής	9.500	42.000	41.400	0	92.900
ΧΥΤΥ ΒΑ Αττικής	9.500	30.400	41.400	0	81.300
Σύνολο	38.000	120.700	399.400	90.900	649.000

Πίνακας 17: Διάθεση απορριμμάτων μηδενικής λύσης

Τα λοιπά μη ανακτήσιμα απορρίμματα (90.984 τόνοι) θεωρείται ότι εισέρχονται στο ΕΜΑΚ και τις μονάδες ΜΒΕ, δεν ανακτάται κάποια ποσότητα και ότι μπορούν να ταφούν ως υπολείμματα. Ενδεχομένως, σε ένα μέρος από αυτά (π.χ. ογκώδη) να γίνεται και ξεχωριστή συλλογή, αλλά χάριν ευκολίας θεωρείται ότι όλα κατευθύνονται στις ΜΒΕ.

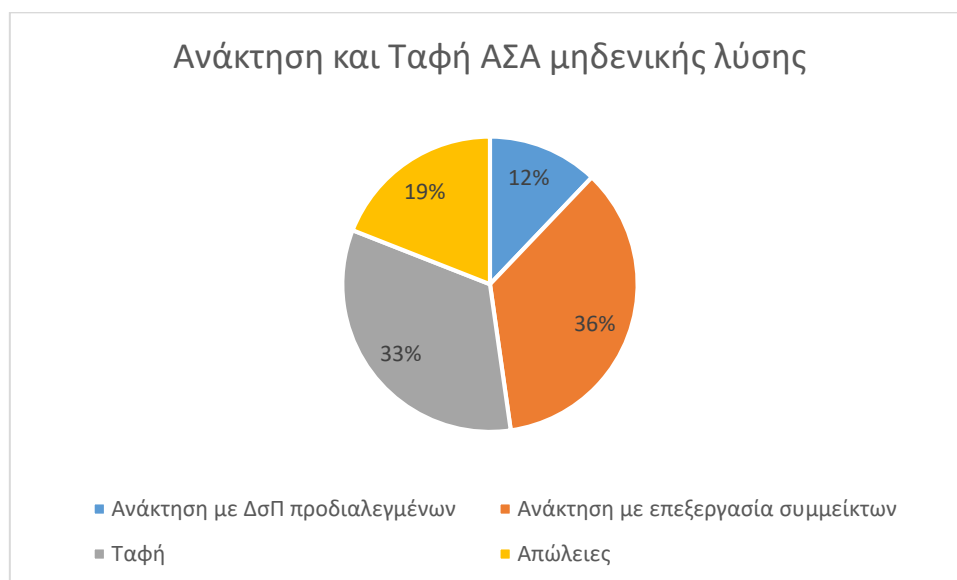
Ποσότητες και ποσοστά ανάκτησης

Με βάση τις ποσότητες που ανακτώνται με επεξεργασία στα ΣΕΔ, με επεξεργασία σε ΚΔΑΥ και μονάδες κομποστοποίησης, με επεξεργασία στο ΕΜΑΚ και τις μονάδες ΜΒΕ και λαμβάνοντας υπόψη τις ποσότητες που οδηγούνται για ταφή καθώς και τις απώλειες από την επεξεργασία των απορριμμάτων προκύπτει ο παρακάτω πίνακας που αποτελεί ένα ισοζύγιο μάζας για το παραπάνω σενάριο.

Μέθοδοι Διαχείρισης	Ποσότητες (tn/year)	Ποσοστά (%)
Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΣΕΔ	9.500	0,5
Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΚΔΑΥ, μονάδες κομποστοποίησης	219.870	11,6
Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΕΜΑΚ και μονάδες ΜΒΕ	674.750	35,6
Τελική διάθεση (ταφή)	628.970	33,2
Απώλειες (υγρασία κλπ.)	360.530	19,1
Σύνολο	1.893.620	100

Πίνακας 18: Ποσότητες και ποσοστά ανάκτησης μηδενικής λύσης

Στη συνέχεια, με βάση τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα με τα ποσοστά διαχείρισης ΑΣΑ για το σενάριο της μηδενικής λύσης:



Διάγραμμα 1: Ανάκτηση και Ταφή ΑΣΑ μηδενικής λύσης

Παρατηρείται ότι το σενάριο εστιάζει κυρίως στην επεξεργασία συμμείκτων και όχι στη διαλογή στην πηγή κάτι που δεν αντικατοπτρίζει τις νέες οδηγίες για τη διαχείριση απορριμμάτων.

4.1.3. Ανάλυση Κόστους

Για την οικονομική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε επιτόκιο αναγωγής $i=6\%$. Επιπλέον, θεωρείται ότι η διάρκεια ζωής των μονάδων που κατασκευάζονται είναι $N=20$ έτη. Έχοντας αυτά τα δύο ως δεδομένα μπορεί να υπολογισθεί ο συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου [32]:

$$CRF = \frac{i * (i + 1)^N}{(i + 1)^{N-1}} = 0,087$$

Για κάθε μονάδα υπολογίζεται το συνολικό της κόστος σε €/tn. Το συνολικό κόστος είναι συνδυασμός του επενδυτικού κόστους και του λειτουργικού κόστους της μονάδας και δίνει μια άμεση εικόνα στο πόσο στοιχίζει κάθε τόνος απορριμμάτων που επεξεργάζεται στη μονάδα. Αν τεθεί ως IC το κόστος επένδυσης, ως OC το κόστος λειτουργίας και ως MSW η δυναμικότητα της μονάδας τότε το συνολικό κόστος TC (ή κόστος ανά τόνο) υπολογίζεται ως εξής [33]:

$$TC = \frac{IC * CRF + OC}{MSW}$$

Για τα ΚΔΑΥ και τις μονάδες ανοικτής κομποστοποίησης το επενδυτικό κόστος υπολογίζεται από συναρτήσεις κόστους, οι οποίες έχουν προκύψει από πειραματικά δεδομένα. Ενδεικτικά οι συναρτήσεις κόστους είναι οι εξής [34]:

$$\text{ΚΔΑΥ} \rightarrow IC = 183.416 * \left(\frac{MSW}{260}\right)^{0,76}$$

$$\text{Μονάδες Ανοικτής Κομποστοποίησης} \rightarrow IC = 229.558 * \left(\frac{MSW}{260}\right)^{0,63}$$

Το λειτουργικό κόστος των ΚΔΑΥ κυμαίνεται από 20 – 40 €/tn [35]. Επομένως, λαμβάνεται η μέση τιμή του εύρους, δηλαδή 30 €/tn. Για τις μονάδες ανοικτής κομποστοποίησης το λειτουργικό κόστος είναι αρκετά χαμηλότερο, δηλαδή 12 \$/tn, που σημαίνει μόλις 10,5 €/tn [36].

Για τις 4 μονάδες MBE τα επενδυτικά κόστη προσεγγίζονται σε ήδη υπάρχουσα μελέτη κόστους – οφέλους [21]. Το επενδυτικό κόστος της μονάδας MBE βιοξήρανσης ήταν δύσκολο να εκτιμηθεί, λόγω της ελλιπούς βιβλιογραφίας για μονάδες με τόσο μεγάλη δυναμικότητα (700.000 tn/year). Επομένως, χρησιμοποιείται η τιμή που προτείνεται από την παραπάνω μελέτη. Το λειτουργικό κόστος της μονάδας εκτιμήθηκε από βάση δεδομένων μονάδων βιοξήρανσης στα 20€/τόνο [37]. Ωστόσο, για τις μονάδες MBE που χρησιμοποιούν αναερόβια χώνευση υπάρχουν επαρκή στοιχεία. Το επενδυτικό κόστος για τέτοιου είδους μονάδα κυμαίνεται μεταξύ 122 – 317 €/τόνο με μέση τιμή τα 219,5 €/τόνο. Αντίστοιχα το λειτουργικό κόστος κυμαίνεται μεταξύ 18 – 79 €/τόνο με μέση τιμή τα 48,5 €/τόνο [38].

Το επενδυτικό κόστος της μονάδας καύσης βρίσκεται από συνάρτηση κόστους, στην οποία η δυναμικότητα είναι εκφρασμένη σε χιλιάδες τόνους. Το ετήσιο λειτουργικό κόστος της μονάδας υπολογίζεται ομοίως [27]:

$$IC = 1.750.341 * MSW^{0,8}$$

$$OC = 120.903 * MSW^{0,7}$$

Επίσης, πρέπει να προβλεφθούν κόστη για την επεξεργασία της τέφρας (43 €/τόνο τέφρας) και για την επεξεργασία της ιπτάμενης τέφρας (194 €/τόνο ιπτάμενης τέφρας), η οποία αποτελεί το 3% του συνόλου του καιόμενου καυσίμου [39].

Τέλος, όσον αφορά τους ΧΥΤΥ, το λειτουργικό τους κόστος βασίζεται στην ημερήσια εισροή υπολειμμάτων και η συνάρτηση κόστους που το αποδίδει διακρίνεται με βάση κάποια εύρη [40].

	Ημερήσια Δυναμικότητα ΧΥΤΑ σε tn/day			
	Μέχρι 200	200-500	500-1000	1000-4000
Συνάρτηση ετήσιου Λειτουργικού Κόστους για την περίοδο Λειτουργίας (Κ _{Ετ.Λειτουργίας})	396.65*T+108600	396.65*T+191508	396.65*T+275896	396.65*T+463734

Εικόνα 7: Ετήσιο λειτουργικό κόστος ΧΥΤΥ

Το συνολικό κόστος 15ετούς μεταφροντίδας μετά το κλείσιμο του κάθε ΧΥΤΥ υπολογίζεται από την συνάρτηση [40]:

$$\text{Κόστος Μεταφροντίδας} = 95.998 * \frac{MSW}{365}$$

Σημειώνεται ότι το κόστος διάθεσης του υπολείμματος της κάθε ΜΕΑ δεν συμπεριλαμβάνεται στην ΚΠΑ της, αφού υπολογίζεται έμμεσα από την ΚΠΑ των ΧΥΤΥ του κάθε σεναρίου. Η τακτική αυτή εφαρμόζεται σε όλα τα εξεταζόμενα σεναρία.

Υπολογισμός ΚΠΑ ΜΕΑ – ΧΥΤΥ

Στις μονάδες επεξεργασίας και στους ΧΥΤΥ, όπου δεν γίνεται μια απλή επένδυση, όπως π.χ. η αγορά καφέ κάδων για τη χωριστή συλλογή οργανικών, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι μελλοντικές εισροές και εκροές (έσοδα και λειτουργικά κόστη) και να συνυπολογιστούν με το επενδυτικό κόστος. Για αυτό το λόγο όλες οι μελλοντικές ετήσιες ροές θα πρέπει να αναχθούν σε παρούσα αξία. Άρα θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο συντελεστής $(P/R)_6^{20} = 11,47$ (για 20 χρόνια διάρκεια ζωής και με 6% επιτόκιο αναγωγής) που το γινόμενο του με τις ροές αυτές θα προσδώσει την παρούσα αξία. Άρα για τις μονάδες επεξεργασίας θα ισχύει η σχέση, όπου ΑΙ είναι τα ετήσια έσοδα:

$$ΚΠΑ = -IC - (OC - AI) * (P/R)_6^{20}$$

Όπως είναι λογικό στις περισσότερες μονάδες η ΚΠΑ προκύπτει αρνητική. Ωστόσο, τα ΚΔΑΥ αποτελούν εξαίρεση, καθώς τα ετήσια έσοδα τους υπερκαλύπτουν τα ετήσια έξοδα τους σε τέτοιο βαθμό ώστε να προκύπτει θετική ΚΠΑ. Για τους ΧΥΤΥ όπου το κόστος μεταφροντίδας τους πληρώνεται ύστερα από τα 20 χρόνια λειτουργίας του ΧΥΤΥ, θα πρέπει το ετήσιο ποσό μεταφροντίδας να πολλαπλασιαστεί με το συντελεστή $(P/F)_6^{20} = 0,31$, ώστε να βρεθεί η παρούσα αξία. Άρα για τους ΧΥΤΥ θα ισχύει:

$$ΚΠΑ = -IC - OC * (P/R)_6^{20} - \text{Κόστος Μεταφροντίδας} * (P/F)_6^{20}$$

Τα ετήσια έσοδα λόγω αποφυγής καταβολής του τέλους ταφής είναι 45 €/τόνο που επεξεργάζεται και ανακτάται από τις ΜΕΑ μείον τη συνολική ποσότητα υπολειμμάτων που θα οδηγηθούν για ταφή στους ΧΥΤΥ. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς εξοικονομούνται 56 εκ. €/έτος. Άρα κατά τη διάρκεια του 20ετούς πλάνου διαχείρισης τα συνολικά έσοδα θα έχουν παρούσα αξία $(P/R)_6^{20}$ φορές παραπάνω, δηλαδή 642 εκ. €.

Στην επόμενη σελίδα ακολουθεί αναλυτικός πίνακας με τα βασικά οικονομικά στοιχεία για το σενάριο της μηδενικής λύσης και τον καθορισμό της συνολικής ΚΠΑ του σεναρίου:

Υπολογισμός της συνολικής ΚΠΑ για το σενάριο της Μηδενικής Λύσης						
Μονάδα	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	IC (€)	OC (€/έτος)	TC (€/τόνος)	AI (€/έτος)	ΚΠΑ (€)
Κομποστοποίησης ΝΑ Αττικής	40.000	5.480.000	420.000	22,4	371.800	-6.030.000
Κομποστοποίησης ΒΑ Αττικής	40.000	5.480.000	420.000	22,4	371.800	-6.030.000
Κομποστοποίησης Δυτικής Αττικής	80.000	8.480.000	840.000	19,7	743.700	-9.580.000
ΚΔΑΥ Δυτικής Αττικής	75.000	13.590.000	2.250.000	45,8	4.420.000	11.350.000
ΚΔΑΥ ΒΑ Αττικής	72.500	13.240.000	2.180.000	45,9	4.280.000	10.860.000
ΜΒΕ Φυλής	700.000	129.000.000	11.460.000	36,1	18.790.000	-44.950.000
ΜΒΕ Άνω Λιοσίων	400.000	87.930.000	15.900.000	67,7	22.270.000	-14.800.000
ΜΒΕ ΒΑ Αττικής	127.500	28.030.000	5.070.000	67,7	7.100.000	-4.720.000
ΜΒΕ ΝΑ Αττικής	127.500	28.030.000	5.070.000	67,7	7.100.000	-4.720.000
Καύσης	100.000	69.680.000	4.480.000*	105,5	13.090.000	29.040.000
ΧΥΤΥ	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	IC (€)	OC (€/έτος)	Κόστος Μετ. (€)	TC (€/τόνος)	ΚΠΑ (€)
Κερατέας	127.000	16.100.000	292.400	3.900.000	22,6	-20.670.000
Γραμματικού	127.000	24.300.000	279.800	3.560.000	34	-28.620.000
Λοιπές Δράσεις	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	IC (€)	-	-	-	ΚΠΑ (€)
Προγράμματα ΔσΠ Ανακυκλώσιμων και Οργανικών	307.500	25.000.000	-	-	-	-25.000.000
ΣΜΑ Ελαιώνα	-	12.500.000	-	-	-	-12.500.000
ΣΜΑ Ελληνικού	-	12.500.000	-	-	-	-12.500.000
ΣΜΑ Υμηττού	-	12.500.000	-	-	-	-12.500.000
9 ΤΣΜΑ	-	5.000.000	-	-	-	-5.000.000
ΧΥΤΥ Κύθηρα	-	3.200.000	-	-	-	-3.200.000
ΧΥΤΥ Αντικύθηρα	-	300.000	-	-	-	-300.000
Αποκατάσταση ΧΑΔΑ	-	20.000.000	-	-	-	-20.000.000
Έσοδα λόγω αποφυγής καταβολής του τέλους ταφής						642.420.000
<u>Συνολική ΚΠΑ Μηδενικής λύσης</u>						457.550.000

Πίνακας 19: Συνολική ΚΠΑ για το σενάριο της Μηδενικής Λύσης

*Σημειώνεται ότι το λειτουργικό κόστος της μονάδας καύσης περιλαμβάνει και τα κόστη επεξεργασίας τέφρας και ιπτάμενης τέφρας

4.2. Πρόταση των 4 ΜΚΟ

4.2.1. Μεθοδολογική προσέγγιση [41]

Σε αντίθεση με το παλιό ΠΕΣΔΑ, η πρόταση των 4 ΜΚΟ δίνει έμφαση όχι στην επεξεργασία σύμμεικτων απορριμμάτων, αλλά στην ανάκτηση προδιαλεγμένων ανακυκλώσιμων και οργανικών αποβλήτων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εντατικοποίησης των υπάρχοντων ΣΕΔ, τα οποία με βάση τις νομικές υποχρεώσεις τους θα πρέπει να διαχειριστούν το 60% των συσκευασιών (305.000 τόνοι συσκευασιών) και των λοιπών ανακτήσιμων απορριμμάτων (ΑΗΗΕ, ΗΣ&Σ κτλ.). Επιπλέον, προτείνεται η ανάπτυξη και λειτουργία ΣΕΔ έντυπου χαρτιού στο 60% της συνολικής παραγωγής, καθώς και η δημιουργία 3 νέων ΚΔΑΥ για τις συσκευασίες όλης της Αττικής, δηλαδή τις υπόλοιπες συσκευασίες απ' αυτές που θα διαχειριστούν τα ήδη υπάρχοντα ΣΕΔ.

Προβλέπει την δημιουργία 3 μεγάλων μονάδων κλειστής κομποστοποίησης δυναμικότητας 180.000 τόνων/έτος η καθεμία, καθώς και τη δημιουργία 10 μικρών μονάδων ανοικτής κομποστοποίησης 18.000 τόνων η καθεμία. Όσον αφορά το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων, αυτό σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της πρότασης των 4 ΜΚΟ θα επεξεργάζεται περίπου 180.000 – 200.000 τόνους ανά έτος και η παραγόμενη ποσότητα RDF θα μειωθεί σε 10.000 – 20.000 τόνους. Τα υπολείμματα από τη λειτουργία των ΜΕΑ οδηγούνται στον ΧΥΤΥ Φυλής. Εναλλακτικά θα μπορούσαν να αξιοποιούνται ενεργειακά σε μονάδες της ΔΕΗ ή τσιμεντοβιομηχανίες εφόσον τηρούνται οι ισχύοντες κανονισμοί.

Επιπλέον, οργανώνει 4ετές πρόγραμμα οικιακής κομποστοποίησης με 100.000 κάδους οικιακής κομποστοποίησης. Η μείωση των οργανικών που θα προκύψει από ένα τέτοιο πρόγραμμα εκτιμάται στους 50.000 τόνους ετησίως. Ακόμα προτείνονται δράσεις χαμηλού κόστους όπως κλαδοτεμαχιστές σε όλα τα πάρκα (2000 τόνοι κλαδεμάτων ετησίως) και ΔσΠ οργανικών με 90.000 κάδους.

4.2.2. Διαδικασία Υπολογισμών

Γνωρίζοντας την ποσότητα και την σύσταση του παραγόμενου ρεύματος αποβλήτων, θεωρείται ότι 305.000 τόνοι συσκευασιών συλλέγονται και διαχειρίζονται από το ΣΕΔ συσκευασιών. Επειδή τα ΚΔΑΥ εντάσσονται στα ΣΕΔ, αυτό σημαίνει ότι ένα μέρος από αυτούς τους τόνους διαχειρίζεται στα ήδη υπάρχοντα ΚΔΑΥ Κορωπίου και Ελευσίνας. Οι συνολικοί τόνοι συσκευασιών που εισέρχονται στα 2 ΚΔΑΥ είναι 85.100, ενώ ανακτώνται οι 49.400 τόνοι (ανάκτηση 58%). Άρα οι συσκευασίες που καταλήγουν στα υπόλοιπα ΣΕΔ είναι περίπου 220.000 και θεωρώντας ότι το 90% των εισερχόμενων απορριμμάτων ανακτάται (λόγω ΔσΠ), ανακτώνται συνολικά 197.400 τόνοι.

Για να επιτευχθεί, λοιπόν, ο στόχος σχεδιασμού του νέου ΠΕΣΔΑ για την ανάκτηση συσκευασιών (80%) θα πρέπει να ανακτηθούν ακόμα 158.700 τόνοι συσκευασιών στα 3 νέα

ΚΔΑΥ. Αυτό σημαίνει ότι στα ΚΔΑΥ θα πρέπει να εισέλθουν ακόμα 273.600 τόνοι συσκευασιών. Ωστόσο, αυτό είναι ανέφικτο, διότι η συνολική ποσότητα παραγωγής συσκευασιών είναι μόλις 507.500 τόνοι ετησίως ($507.500 < 305.000 + 273.600$). Επομένως, τα ΚΔΑΥ θα υποδεχτούν την υπόλοιπη ποσότητα συσκευασιών, δηλαδή: $507.500 - 305.000 = 202.500$ τόνους/έτος, και θα ανακτήσουν 117.700 τόνους/έτος (58%). Επομένως, από όλα τα ΣΕΔ που προαναφέρονται θα ανακτηθούν συνολικά 364.500 τόνοι, δηλαδή το 71,8 % της συνολικής παραγωγής.

Ποσοστά ανάκτησης ανακυκλώσιμων συσκευασιών		
Ρεύμα	Ποσοστό ανάκτησης (%)	Ελάχιστοι στόχοι ανακύκλωσης (%)
Γυαλί Συσκευασίας	70,1	60
Χαρτί Συσκευασίας	73,9	60
Μέταλλα Συσκευασίας	70,1	50
Πλαστικό Συσκευασίας	71	22,5
Ξύλο Συσκευασίας	71,7	15

Πίνακας 20: Ποσοστά ανάκτησης συσκευασιών για την πρόταση των 4 ΜΚΟ

Όσον αφορά το ποια θα είναι η δυναμικότητα των 3 νέων ΚΔΑΥ, είναι λογικό ότι αυτά δεν θα δέχονται μόνο συσκευασίες, αλλά όλο το περιεχόμενο του μπλε κάδου. Επομένως, για να μπορέσουν να διαχειριστούν όλο αυτό τον όγκο συσκευασιών θα πρέπει να δέχονται ετησίως 333.900 τόνους συνολικά, δηλαδή το κάθε ΚΔΑΥ θα πρέπει να έχει δυναμικότητα περίπου 112.000 τόνους/έτος. Για τα έσοδα και το βαθμό ανάκτησης των ΚΔΑΥ ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στο σενάριο της μηδενικής λύσης.

Για να υπολογιστεί η δυναμικότητα του νέου ΣΕΔ χαρτιού, πρώτα πρέπει να αφαιρεθεί η ανακτώμενη και εισερχόμενη ποσότητα χαρτιού στα ΚΔΑΥ, η οποία για τα ήδη υπάρχοντα 2 είναι συνολικά 24.000 και 41.300 τόνοι αντίστοιχα και για τα νέα 3 ΚΔΑΥ είναι 57.200 και 98.600 τόνοι. Άρα το συνολικά ανακτώμενο χαρτί από τα ΚΔΑΥ είναι 81.100 τόνοι/έτος και για να γίνει ανάκτηση του 60% του συνολικού έντυπου χαρτιού πρέπει να ανακτηθούν από το ΣΕΔ ακόμα 133.600 τόνοι/έτος, και άρα θα πρέπει να εισέλθουν 148.400 τόνοι έντυπου χαρτιού σε ετήσια βάση. Το ΣΕΔ για τα λοιπά ανακτήσιμα θα πρέπει να δεχτεί μόλις 13.300 τόνους/έτος, ώστε συμπληρωματικά με τα ΚΔΑΥ να ανακτηθεί όλο το ρεύμα (100%) των λοιπών ανακτήσιμων απορριμμάτων.

Για τα οργανικά των 825.617 τόνων/έτος εκτρέπονται 50.000 από οικιακή κομποστοποίηση, 2.000 από κλαδοτεμαχιστές, 540.000 από τις μεγάλες μονάδες κλειστής κομποστοποίησης και άλλες 180.000 από τις μικρές μονάδες ανοικτής κομποστοποίησης. Αυτό σημαίνει ότι περισσεύουν μόλις 53.600 τόνοι/έτος για επεξεργασία στο ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων. Άρα αν γίνουν όλες οι παραπάνω δράσεις – μονάδες, το ποσοστό εκτροπής – ΔσΠ οργανικών θα είναι 93,5 %, το οποίο ξεπερνά πολύ το στόχο της νομοθεσίας για 40% εκτροπή οργανικών.

Υποτίθεται ότι οι μονάδες ανοικτής κομποστοποίησης λειτουργούν με σειράδια, όπως και στο προηγούμενο σενάριο, ενώ οι μονάδες κλειστής κομποστοποίησης λειτουργούν με συστήματα Gore, δηλαδή με καλυμμένους αεριζόμενους στατικούς σωρούς. Για τα έσοδα των μονάδων ανοικτής κομποστοποίησης και για το βαθμό μετατροπής του ρεύματος των προδιαλεγμένων οργανικών σε κομπόστ των μονάδων ανοικτής και κλειστής κομποστοποίησης ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στο σενάριο της μηδενικής λύσης. Για τα έσοδα των μονάδων κλειστής κομποστοποίησης θεωρείται ότι το 20% του κομπόστ θα πωληθεί με 120 €/τόνο και το υπόλοιπο 80% με 15 €/τόνο, λόγω της καλύτερης ποιότητας της διεργασίας, και άρα προκύπτει μια σταθμισμένη τιμή 36 €/τόνο [26].

Τα σύμμεικτα που περισσεύουν είναι εν τέλει 179.800 τόνοι/έτος. Το ΕΜΑΚ έχει αντίστοιχους συντελεστές ανάκτησης με αυτούς που παρουσιάστηκαν στην εικόνα 5, ωστόσο επειδή η σύσταση του ρεύματος εισόδου στο ΕΜΑΚ είναι διαφορετική, τα τελικά ποσοστά ανάκτησης παρουσιάζουν διαφορά σε σχέση με αυτά που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 14. Τα νέα ποσοστά ανάκτησης για το ΕΜΑΚ δίνονται στον πίνακα 20:

Τελικά ποσοστά ανάκτησης επί του αρχικού ρεύματος (%)			
Κομπόστ	9,9	Σίδηρος	1,7
Χαρτί	12,1	RDF	14,9
Πλαστικό	9,9	Σύνολο ανάκτησης	50,6
Γυαλί	1,3	Υπόλειμμα	26,2
Αλουμίνιο	0,8	Απώλειες	13,2

Πίνακας 21: Τελικά ποσοστά ανάκτησης για το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων (πρόταση 4ΜΚΟ)

Εύρεση ρεύματος για ταφή

Γνωρίζοντας τα ποσοστά υπολειμμάτων των μεθόδων επεξεργασίας (θεωρείται ότι το ποσοστό υπολείμματος της κλειστής είναι ίσο με αυτό της ανοικτής κομποστοποίησης) μπορεί να βρεθεί η συνολική ποσότητα υπολειμμάτων. Στον πίνακα 21 φαίνεται αναλυτικά πως προκύπτει αυτή:

Ρεύμα προς ταφή από κάθε τύπο μονάδων προς ΧΥΤΥ Φυλής				
Μονάδες Κομποστοποίησης		Ανοικτής (tn/y)	Κλειστής (tn/y)	Σύνολο (tn/y)
		42.700	128.000	170.700
ΚΔΑΥ		Υπάρχοντα (tn/y)	Νέα (tn/y)	-
		58.800	140.300	199.100
ΕΜΑΚ		-	-	47.100
ΣΕΔ	Συσκευασιών (tn/y)	Χαρτιού (tn/y)	Λοιπών Αν. (tn/y)	-
	21.900	14.800	1.300	38.100
Λοιπά μη Ανακτήσιμα		-	-	90.900
Σύνολο εισόδου ρεύματος ταφής στον ΧΥΤΥ Φυλής (tn/y)		-	-	545.900

Πίνακας 22: Διάθεση απορριμμάτων πρότασης 4 ΜΚΟ

Άρα ο ΧΥΤΥ Φυλής για την λειτουργία του σεναρίου θα πρέπει να δέχεται ετησίως 545.900 τόνους/έτος. Σε σύγκριση με το προηγούμενο σενάριο ο ΧΥΤΥ θα διαχειρίζεται μεγαλύτερη ποσότητα κάτι το οποίο θα έχει άμεση επίπτωση τόσο στο κόστος λειτουργίας, όσο και στη διάρκεια ζωής του και στο κόστος μεταφροντίδας του.

Ομοίως με το προηγούμενο σενάριο, τα λοιπά μη ανακτήσιμα απορρίμματα (90.984 τόνοι) εισέρχονται στο ΕΜΑΚ, δεν ανακτάται κάποια ποσότητα εξ' αυτών και μπορούν να ταφούν ως υπολείμματα.

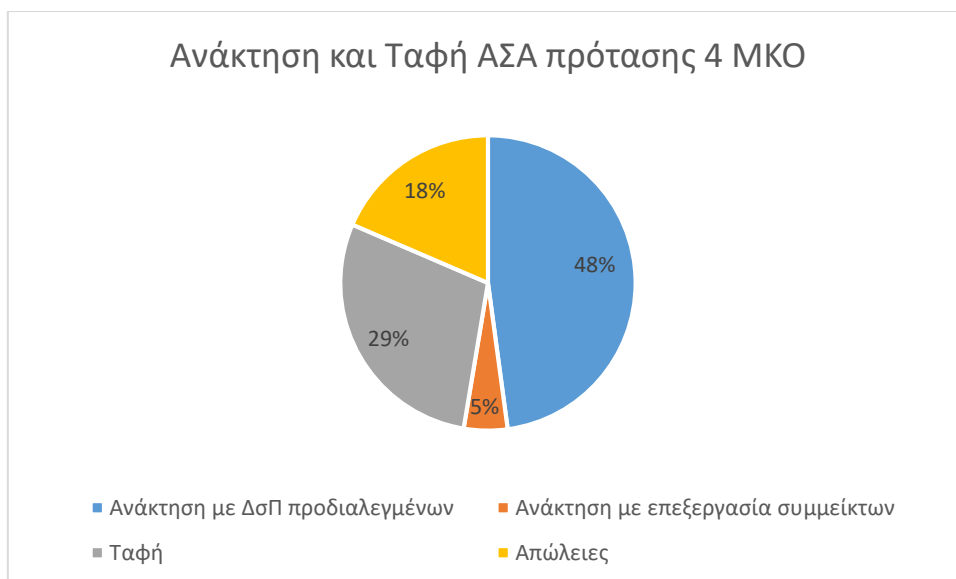
Ποσότητες και ποσοστά ανάκτησης

Με βάση τις ποσότητες που ανακτώνται με επεξεργασία στα ΣΕΔ, με επεξεργασία σε ΚΔΑΥ και μονάδες κομποστοποίησης, με επεξεργασία συμμείκτων και λαμβάνοντας υπόψη τις ποσότητες που οδηγούνται για ταφή καθώς και τις απώλειες από την επεξεργασία των απορριμμάτων προκύπτει ο παρακάτω πίνακας που αποτελεί ένα ισοζύγιο μάζας για το παραπάνω σενάριο.

Μέθοδοι Διαχείρισης	Ποσότητες (tn/year)	Ποσοστά (%)
<i>Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΣΕΔ</i>	393.840	20,8
<i>Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΚΔΑΥ, μονάδες κομποστοποίησης</i>	512.520	27,1
<i>Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΕΜΑΚ</i>	90.450	4,8
<i>Τελική διάθεση (ταφή)</i>	545.860	28,8
<i>Απώλειες (υγρασία κλπ.)</i>	350.950	18,5
Σύνολο	1.893.620	100

Πίνακας 23: Ποσότητες και ποσοστά ανάκτησης πρότασης 4 ΜΚΟ

Στη συνέχεια, με βάση τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα με τα ποσοστά διαχείρισης ΑΣΑ για το σενάριο της πρότασης των 4 ΜΚΟ:



Διάγραμμα 2: Ανάκτηση και Ταφή ΑΣΑ πρότασης 4 ΜΚΟ

Παρατηρείται ότι το σενάριο εστιάζει κυρίως στην ΔσΠ και στην επεξεργασία προδιαλεγμένων οργανικών και ανακυκλώσιμων κάτι το οποίο συμβαδίζει με την πολιτική και τις οδηγίες της Ε.Ε. σχετικά με τη διαχείριση απορριμμάτων.

4.2.3. Ανάλυση κόστους

Για τα ΚΔΑΥ και τις μονάδες ανοικτής κομποστοποίησης το επενδυτικό κόστος υπολογίζεται από συναρτήσεις κόστους, όπως και στο προηγούμενο σενάριο. Το λειτουργικό κόστος των ΚΔΑΥ εκτιμήθηκε στα 30 €/tn, ενώ των μονάδων ανοικτής κομποστοποίησης στα 10,5 €/tn. Οι μονάδες κλειστής κομποστοποίησης έχουν επενδυτικό κόστος 20 \$/tn/έτος, δηλαδή 17,5 €/tn/έτος (άρα 350 €/tn) και λειτουργικό κόστος 22 \$/tn, άρα 19,3 €/tn [36].

Για τα ΣΕΔ χαρτιού και συσκευασιών γίνεται η παραδοχή ότι το επενδυτικό τους κόστος προκύπτει από την ίδια συνάρτηση με τα ΚΔΑΥ ελαττωμένα κατά 43 και 30% αντίστοιχα, διότι πρόκειται για φθηνότερες εγκαταστάσεις επεξεργασίας ΑΣΑ. Επιπλέον, σε αυτό το κόστος συνυπολογίζεται και το κόστος αγοράς των κάδων που θα χρειαστούν για τη λειτουργία των ΣΕΔ. Το λειτουργικό τους κόστος θεωρείται κατά 40% μεγαλύτερο από αυτό των ΚΔΑΥ, δηλαδή 42 €/tn, λόγω του υψηλότερου ποσοστού ανάκτησης των ανακυκλώσιμων και του αυξημένου κόστους μεταφοράς τους. Τέλος, για τις τιμές πώλησης των ανακυκλωμένων προϊόντων επιλέχθηκαν οι ίδιες τιμές με αυτές των ΚΔΑΥ.

Τα ετήσια έσοδα λόγω αποφυγής καταβολής του τέλους ταφής είναι 54,5 εκ. €/έτος. Άρα κατά τη διάρκεια του 20ετούς πλάνου διαχείρισης τα συνολικά έσοδα θα έχουν παρούσα αξία $(P/R)_6^{20}$ φορές παραπάνω, δηλαδή 625 εκ. €. Πρέπει να σημειωθεί ότι, όπως και στο προηγούμενο σενάριο για τον υπολογισμό της συνολικής ΚΠΑ προσμετρώνται μόνο οι

μονάδες και οι δράσεις που πρόκειται να γίνουν και όχι οι ήδη υπάρχουσες. Αυτό σημαίνει ότι οι παρούσες αξίες των ήδη υπάρχοντων ΣΕΔ, ΚΔΑΥ, ΧΥΤΥ δεν συμπεριλαμβάνονται στον πίνακα 22, ο οποίος περιέχει τα βασικά οικονομικά στοιχεία για το σενάριο της πρότασης των 4 ΜΚΟ και τον καθορισμό της συνολικής ΚΠΑ του σεναρίου.

Υπολογισμός της συνολικής ΚΠΑ για το σενάριο της Πρότασης των 4 ΜΚΟ						
Μονάδα	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	IC (€)	OC (€/έτος)	TC (€/τόνος)	ΑΙ (€/έτος)	ΚΠΑ (€)
Κλειστής Κομποστοποίησης	180.000	63.000.000	3.470.000	49,8	2.150.000	-78.070.000
Κλειστής Κομποστοποίησης	180.000	63.000.000	3.470.000	49,8	2.150.000	-78.070.000
Κλειστής Κομποστοποίησης	180.000	63.000.000	3.470.000	49,8	2.150.000	-78.070.000
ΚΔΑΥ	112.000	18.430.000	3.340.000	44,2	7.110.000	24.880.000
ΚΔΑΥ	112.000	18.430.000	3.340.000	44,2	7.110.000	24.880.000
ΚΔΑΥ	112.000	18.430.000	3.340.000	44,2	7.110.000	24.880.000
10 Ανοικτής Κομποστοποίησης	180.000	33.130.000	1.890.000	26,5	1.670.000	-35.620.000
ΣΕΔ Χαρτιού	148.400	16.040.000	6.230.000	51,4	8.050.000	4.740.000
ΣΕΔ Συσκευασιών	219.400	21.500.000	9.210.000	50,5	23.060.000	137.350.000
Λοιπές Δράσεις	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	IC (€)	-	-	-	ΚΠΑ (€)
Προγράμματα ΔσΠ	720.000	58.500.000	-	-	-	-58.500.000
Οικιακή Κομποστοποίηση	50.000	10.000.000	-	-	-	-10.000.000
Κλαδοτεμαχιστές	2.000	1.000.000	-	-	-	-1.000.000
Έσοδα λόγω αποφυγής καταβολής του τέλους ταφής						625.550.000
<u>Συνολική ΚΠΑ Πρότασης 4 ΜΚΟ</u>						502.970.000

Πίνακας 24: Συνολική ΚΠΑ για το σενάριο της Πρότασης των 4 ΜΚΟ

Η πρόταση των 4 ΜΚΟ προτείνει επίσης τη δημιουργία 25 κέντρων ανακύκλωσης μέσα στους ΟΤΑ της Αττικής. Το επενδυτικό τους κόστος ανέρχεται σε 25 εκ. € και η συνολική ποσότητα που θα μπορούσαν να διαχειριστούν εκτιμάται σε 25.000 – 100.000 τόνους ετησίως. Παρόλα αυτά στο σενάριο των 4 ΜΚΟ δεν λήφθηκαν υπόψη καθώς το ΕΜΑΚ Λιοσίων, σύμφωνα με τους υπολογισμούς, ήταν μέσα στο επιθυμητό εύρος δυναμικότητας του σεναρίου.

Παρατηρούμε πως η συνολική ΚΠΑ του 2^{ου} σεναρίου είναι μικρότερη απ' αυτή του 1^{ου}. Ο κύριος λόγος γι' αυτό είναι οι μονάδες κλειστής κομποστοποίησης οι οποίες έχουν αρκετά μεγαλύτερο επενδυτικό και λειτουργικό κόστος από τις μονάδες ανοικτής κομποστοποίησης. Επιπλέον, η πρόταση αυτή δεν προβλέπει επιπλέον κόστη για την αποκατάσταση των ΧΑΔΑ, καθώς και τη δημιουργία ΧΥΤΑ στα Κύθηρα και στα Αντικύθηρα. Επίσης, δεν προβλέπεται η δημιουργία επιπλέον ΣΜΑ και ΤΣΜΑ, κάτι που κρίνεται λογικό, αφού οι ΜΕΑ αυτού του σεναρίου έχουν μικρότερη δυναμικότητα απ' αυτές του 1^{ου} και είναι αριθμητικά λιγότερες.

4.3. Βασικό σενάριο

4.3.1. Μεθοδολογική προσέγγιση

Το βασικό σενάριο, δηλαδή η πρόταση που προτείνεται από το νέο ΠΕΣΔΑ του 2016 παίρνει στοιχεία και από τα δύο προηγούμενα σενάρια. Δίνει έμφαση στην ΔσΠ ανακυκλώσιμων και οργανικών, καθώς και στην ελάττωση της παραγωγής καυσίμων που προέρχονται από απορρίμματα, αλλά ταυτόχρονα προτείνει ένα μεγάλο αριθμό ΕΜΑΚ τα οποία επεξεργάζονται ένα μεγάλο ποσοστό του συνολικού ρεύματος απορριμμάτων. Όσον αφορά τη ΔσΠ προτείνει την λειτουργία των ΣΕΔ συσκευασιών, λοιπών ανακτήσιμων απορριμμάτων και τη δημιουργία χωριστού δικτύου συλλογής οργανικών αποβλήτων.

Στο συγκεκριμένο σενάριο τα ΣΕΔ συσκευασιών καλούνται να ανακτήσουν το 80% (405.500 τόνοι ετησίως) της συνολικής παραγωγής, δηλαδή πιάνεται ο μέγιστος στόχος για την ανάκτηση συσκευασιών που τίθεται από τη νομοθεσία. Επίσης, προτείνεται η ανάπτυξη και λειτουργία ΣΕΔ έντυπου χαρτιού στο 55% (196.800 tn/y) της συνολικής παραγωγής, ο οποίος είναι και ο στόχος σχεδιασμού του νέου ΠΕΣΔΑ. Τέλος, το ΣΕΔ ΑΗΗΕ και λοιπών ανακτήσιμων θα πρέπει να ανακτήσει το 70% (δηλαδή 18.600 τόνοι/έτος).

Όπως και στα προηγούμενα σενάρια, έτσι και σ' αυτό υποτίθεται η λειτουργία των ΚΔΑΥ Ελευσίνας και Κορωπίου, τα οποία δέχονται 140.000 τόνους ανά έτος και ανακτούν 81.200. Στο σενάριο δεν προβλέπεται η δημιουργία νέων ΚΔΑΥ, αλλά η δημιουργία μονάδων ανοικτής κομποστοποίησης, οι οποίες λειτουργούν συμπληρωματικά με τα ΕΜΑΚ. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται αναλυτικά οι δυναμικότητες των ΕΜΑΚ και των μονάδων κομποστοποίησης με βάση την περιφερειακή ενότητα στην οποία ανήκουν:

Χωροθέτηση και δυναμικότητες ΕΜΑΚ και μονάδων κομποστοποίησης		
Τοποθεσία	Δυναμικότητα ΕΜΑΚ (tn/y)	Δυναμικότητα μονάδας κομποστοποίησης (tn/y)
Κεντρικός Τομέας Αθηνών 1	130.000	50.000
Κεντρικός Τομέας Αθηνών 2	130.000	50.000
Πειραιάς	180.000	70.000
ΝΑ Αττική	150.000	45.000
ΒΑ Αττική	60.000	20.000
Άνω Λιόσια	250.000	100.000
Μέγαρα	-	10.000
Σύνολο	900.000	345.000

Πίνακας 25: ΕΜΑΚ και μονάδες κομποστοποίησης ΠΕΣΔΑ 2016

Επιπλέον, οργανώνει πρόγραμμα οικιακής κομποστοποίησης με στόχο μέχρι το 2020 να ανακτάται το 3% του ρεύματος των οργανικών. Στο σενάριο υποτίθεται ότι θα εκτρέπεται το

1% του ρεύματος οργανικών, δηλαδή 8.530 τόνοι. Το ποσοστό ΔσΠ οργανικών είναι 40,2%, άρα το σενάριο πιάνει οριακά το στόχο της νομοθεσίας για 40% εκτροπή οργανικών.

4.3.2. Διαδικασία υπολογισμών

Γνωρίζοντας την ποσότητα και την σύσταση του παραγόμενου ρεύματος αποβλήτων, θεωρείται αρχικά ότι 405.500 τόνοι συσκευασιών συλλέγονται και διαχειρίζονται από το ΣΕΔ συσκευασιών. Επειδή τα ΚΔΑΥ εντάσσονται στα ΣΕΔ, αυτό σημαίνει ότι ένα μέρος από αυτούς τους τόνους διαχειρίζεται στα ήδη υπάρχοντα ΚΔΑΥ Κορωπίου και Ελευσίνας. Οι συνολικοί τόνοι συσκευασιών που εισέρχονται στα 2 ΚΔΑΥ είναι 85.100, ενώ ανακτώνται οι 49.400 τόνοι (ανάκτηση 58%). Άρα οι συσκευασίες που καταλήγουν στα υπόλοιπα ΣΕΔ είναι περίπου 395.700 tn/y και θεωρώντας ότι το 90% των εισερχόμενων απορριμμάτων ανακτάται (λόγω της καλύτερης διαλογής και της έλλειψης υπολείμματος στους μπλε κάδους), ανακτώνται συνολικά 356.100 τόνοι. Η ανάκτηση για κάθε ρεύμα συσκευασίας δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Ποσοστά ανάκτησης ανακυκλώσιμων συσκευασιών		
Ρεύμα	Ποσοστό ανάκτησης (%)	Ελάχιστοι στόχοι ανακύκλωσης (%)
Γυαλί Συσκευασίας	72,7	60
Χαρτί Συσκευασίας	86,6	60
Μέταλλα Συσκευασίας	72,7	50
Πλαστικό Συσκευασίας	77,9	22,5
Ξύλο Συσκευασίας	82,9	15

Πίνακας 26: Ποσοστά ανάκτησης συσκευασιών για το βασικό σενάριο

Παρατηρούμε ότι τα ποσοστά ανάκτησης διαφέρουν ελαφρώς από αυτά που δίνονται στον πίνακα 10. Αυτό σημαίνει ότι οι παραδοχές που έχουν γίνει για τους συντελεστές ανάκτησης είναι αρκετά κοντά σ' αυτές που έχουν γίνει στην 2^η Αναθεώρηση του ΠΕΣΔΑ.

Ομοίως με το προηγούμενο σενάριο, για να υπολογιστεί η δυναμικότητα του νέου ΣΕΔ χαρτιού, πρώτα πρέπει να αφαιρεθεί η ανακτώμενη και εισερχόμενη ποσότητα χαρτιού στα 2 ΚΔΑΥ, η οποία είναι συνολικά 24.000 και 41.300 τόνοι αντίστοιχα. Άρα το συνολικά ανακτώμενο χαρτί από τα ΚΔΑΥ είναι 81.100 τόνοι/έτος και για να γίνει ανάκτηση του 55% του συνολικού έντυπου χαρτιού πρέπει να ανακτηθούν από το ΣΕΔ ακόμα 172.900 τόνοι/έτος, και άρα θα πρέπει να εισέλθουν 192.100 τόνοι έντυπου χαρτιού σε ετήσια βάση. Το ΣΕΔ για τα λοιπά ανακτήσιμα θα πρέπει να δεχτεί μόλις 16.300 τόνους/έτος, ώστε συμπληρωματικά με τα ΚΔΑΥ να ανακτηθεί το 70% του ρεύματος.

Από το σύνολο των οργανικών εκτρέπονται 332.000 τόνοι/έτος από οικιακή κομποστοποίηση και από ΔσΠ οργανικών. Τα προδιαλεγμένα οργανικά (323.700 τόνοι/έτος) οδηγούνται στις μονάδες ανοικτής κομποστοποίησης, οι οποίες λειτουργούν ελάχιστα πιο κάτω από την ονομαστική τους δυναμικότητα και με βάση την παραγωγή οργανικών αποβλήτων στους δήμους που ανήκουν. Αυτό σημαίνει ότι περισσεύουν 493.600 τόνοι οργανικών/έτος για επεξεργασία στα ΕΜΑΚ, τα οποία μαζί με τα ανακυκλώσιμα που δεν ανακτήθηκαν από τα ΣΕΔ αποτελούν το ρεύμα εισόδου για τα ΕΜΑΚ.

Τα σύμμεικτα που περισσεύουν είναι συνολικά 726.600 τόνοι/έτος. Όμως, η συνολική ονομαστική δυναμικότητα των 5 ΕΜΑΚ είναι: $2*130.000+180.000+150.000+60.000+250.000 = 900.000$ τόνοι/έτος, δηλαδή 1,2 φορές μεγαλύτερη από το εισερχόμενο ρεύμα. Γι' αυτό το λόγο και τα 5 ΕΜΑΚ δεν θα λειτουργήσουν στην ονομαστική τους δυναμικότητα, αλλά στο 80,7 % αυτής. Άρα οι τελικές δυναμικότητες είναι οι εξής:

Δυναμικότητες ΕΜΑΚ		
ΕΜΑΚ	Ονομαστική Δυναμικότητα (tn/year)	Εισερχόμενη Ποσότητα (tn/year)
Κεντρικός Τομέας Αθηνών	130.000	104.960
(σύνολο 2 μονάδες)	130.000	104.960
Πειραιάς	180.000	145.330
ΝΑ Αττική	150.000	121.110
ΒΑ Αττική	60.000	48.440
Άνω Λιόσια	250.000	201.840
Σύνολο	900.000	726.600

Πίνακας 27: Τελικές δυναμικότητες ΕΜΑΚ για το βασικό σενάριο

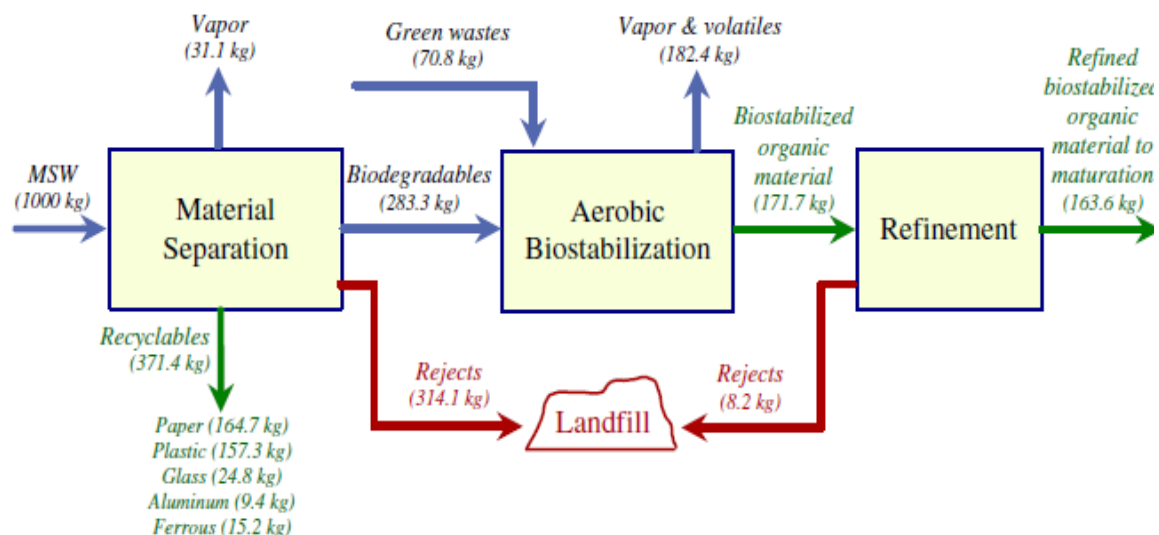
Το ΕΜΑΚ Λιοσίων έχει αντίστοιχους συντελεστές ανάκτησης με αυτούς που παρουσιάστηκαν στην εικόνα 5, ωστόσο επειδή η σύσταση του ρεύματος εισόδου στο ΕΜΑΚ είναι διαφορετική, τα τελικά ποσοστά ανάκτησης παρουσιάζουν διαφορά σε σχέση με αυτά που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 14. Τα νέα ποσοστά ανάκτησης για το ΕΜΑΚ Λιοσίων δίνονται στον πίνακα 28:

Τελικά ποσοστά ανάκτησης επί του αρχικού ρεύματος (%)			
Κομπόστ	22,6	Σίδηρος	0,8
Χαρτί	5,6	RDF	6,7
Πλαστικό	4,5	Σύνολο ανάκτησης	41,1
Γυαλί	0,6	Υπόλειμμα	30,8
Αλουμίνιο	0,4	Απώλειες	28,1

Πίνακας 28: Τελικά ποσοστά ανάκτησης για το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων (νέο ΠΕΣΔΑ)

Τα υπόλοιπα ΕΜΑΚ που πρόκειται να δημιουργηθούν θα χρησιμοποιούν τεχνολογία αερόβιας μηχανικής και βιολογικής επεξεργασία με ανάκτηση υλικών χωρίς παραγωγή RDF,

αφού το σενάριο αυτό δεν δίνει έμφαση στην ανάκτηση καυσίμου, αλλά υλικών. Παρακάτω δίνεται σχηματικά η μοντελοποίηση της διεργασίας ανά τόνο εισερχόμενων απορριμμάτων [27]:



Εικόνα 7: Σχηματική αναπαράσταση αερόβια MBE με ανάκτηση υλικών χωρίς RDF

Τα ποσοστά ανάκτησης των νέων ΕΜΑΚ δίνονται στον πίνακα 29. Σημειώνεται ότι και γι' αυτή την περίπτωση ο βαθμός ανάκτησης του κομπόστ θεωρείται ίσος με αυτόν που επιλέχθηκε για την κομποστοποίηση προδιαλεγμένων οργανικών (33,2% επί της σύστασης των οργανικών απορριμμάτων του ρεύματος συμμείκτων) και δεν προκύπτει από την παραπάνω εικόνα.

Τελικά ποσοστά ανάκτησης επί του αρχικού ρεύματος (%)			
Κομπόστ	22,6	Σίδηρος	0,8
Χαρτί	8,2	RDF	0
Πλαστικό	7,9	Σύνολο ανάκτησης	41,2
Γυαλί	1,2	Υπόλειμμα	35,4
Αλουμίνιο	0,5	Απώλειες	23,5

Πίνακας 29: Τελικά ποσοστά ανάκτησης για τα νέα ΕΜΑΚ (νέο ΠΕΣΔΑ)

Εύρεση ρεύματος για ταφή

Γνωρίζοντας τα ποσοστά υπολειμμάτων των μεθόδων επεξεργασίας μπορεί να βρεθεί η συνολική ποσότητα υπολειμμάτων. Στον πίνακα 30 φαίνεται αναλυτικά πως προκύπτει αυτή:

Ρεύμα προς ταφή από κάθε τύπο μονάδων προς ΧΥΤΥ				
Μονάδες	Δυτικής Αττικής (tn/y)	ΝΑ Αττικής (tn/y)	ΒΑ Αττικής (tn/y)	Σύνολο (tn/y)
Κομποστοποίησης	52.700	19.600	4.400	76.700
ΚΔΑΥ	16.800	42.000	-	58.800
ΕΜΑΚ	150.700	80.000	17.200	247.900
ΣΕΔ	54.000	3.200	3.200	60.400
Λοιπά μη Ανακτήσιμα	80.900	4.800	5.200	90.900
Σύνολο εισόδου ρεύματος ταφής στους ΧΥΤΥ (tn/y)	355.200	149.600	29.900	534.700

Πίνακας 30: Διάθεση απορριμμάτων βασικού σεναρίου

Για τη διάθεση των υπολειμμάτων των μονάδων επεξεργασίας προτείνεται η δημιουργία τριών νέων ΧΥΤΥ σε κάθε μία από τις παραπάνω περιοχές της Αττικής. Αυτή η ιδέα είναι παρόμοια με αυτή που αναπτύχθηκε στο σενάριο της μηδενικής λύσης. Σύμφωνα με το νέο ΠΕΣΔΑ οι εκτιμώμενες ποσότητες υπολειμμάτων που υποδέχονται οι 3 νέοι ΧΥΤΥ είναι 275.000, 115.000 και 23.000 τόνοι/έτος. Με βάση την ανάλυση που έγινε προέκυψαν μεγαλύτερες ποσότητες προς διάθεση, δηλαδή 355.200, 149.600 και 29.900 τόνοι/έτος. Αυτό έγινε λόγω των παραδοχών που πάρθηκαν όσον αφορά την ανάκτηση κάθε ρεύματος απορριμμάτων.

Ομοίως με τα δύο προηγούμενα σενάρια, τα λοιπά μη ανακτήσιμα απορρίμματα (90.984 τόνοι) εισέρχονται στα ΕΜΑΚ, δεν ανακτάται κάποια ποσότητα εξ' αυτών και μπορούν να ταφούν ως υπολείμματα.

Ποσότητες και ποσοστά ανάκτησης

Με βάση τις ποσότητες που ανακτώνται με επεξεργασία στα ΣΕΔ, με επεξεργασία σε ΚΔΑΥ και μονάδες κομποστοποίησης, με επεξεργασία συμμεικτών και λαμβάνοντας υπόψη τις ποσότητες που οδηγούνται για ταφή καθώς και τις απώλειες από την επεξεργασία των απορριμμάτων προκύπτει ο παρακάτω πίνακας που αποτελεί ένα ισοζύγιο μάζας για το παραπάνω σενάριο.

Μέθοδοι Διαχείρισης	Ποσότητες (tn/year)	Ποσοστά (%)
<i>Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΣΕΔ</i>	551.930	29,1
<i>Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΚΔΑΥ, μονάδες κομποστοποίησης</i>	188.670	10
<i>Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΕΜΑΚ</i>	299.010	15,8
<i>Τελική διάθεση (ταφή)</i>	534.710	28,2
<i>Απώλειες (υγρασία κλπ.)</i>	319.300	16,9
Σύνολο	1.893.620	100

Πίνακας 31: Ποσότητες και ποσοστά ανάκτησης βασικού σεναρίου

Στη συνέχεια, με βάση τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα με τα ποσοστά διαχείρισης ΑΣΑ για το βασικό σενάριο:



Διάγραμμα 3: Ανάκτηση και Ταφή ΑΣΑ βασικού σεναρίου

Το βασικό σενάριο εστιάζει ιδιαίτερος στην επεξεργασία σε ΣΕΔ και όχι τόσο στην επεξεργασία σε ΚΔΑΥ και μονάδες κομποστοποίησης. Ως δεύτερη επιλογή στηρίζεται στην επεξεργασία σύμμεικτων απορριμμάτων. Μπορεί να θεωρηθεί ως μία ενδιάμεση λύση μεταξύ των δύο προηγούμενων σεναρίων όσον αφορά την επιλογή των μεθόδων διαχείρισης απορριμμάτων.

4.3.3. Ανάλυση κόστους

Όπως και στο προηγούμενο σενάριο δεν υπολογίζεται κόστος και κατ' επέκταση ΚΠΑ για το ήδη υπάρχον ΣΕΔ ΑΗΗΕ και ΚΔΑΥ. Τα ΣΕΔ χαρτιού και συσκευασιών υπολογίζονται όπως στο προηγούμενο σενάριο. Για τις μονάδες ανοικτής κομποστοποίησης το επενδυτικό κόστος υπολογίζεται από συναρτήσεις κόστους, όπως και στο προηγούμενο σενάριο και το ανά τόνο λειτουργικό κόστος παραμένει σταθερό.

Τα επενδυτικά κόστη των νέων ΕΜΑΚ δίνονται από συνάρτηση κόστους συναρτήσει της ονομαστικής τους δυναμικότητας σε χιλιάδες τόνους ανά έτος. Το ίδιο ισχύει και για ετήσιο λειτουργικό κόστος της κάθε μονάδας. Οι συναρτήσεις κόστους είναι οι εξής [26]:

$$IC = -485 * \left(\frac{MSW}{1000}\right)^2 + 250.793 * \frac{MSW}{1000} + 2.921.720$$

$$OC = 32.353 * \frac{MSW}{1000} + 1.608.123$$

Αντίστοιχα, τα επενδυτικά και λειτουργικά κόστη των νέων ΧΥΤΥ δίνονται από συναρτήσεις κόστους με βάση την ημερήσια εισερχόμενη ποσότητα υπολειμμάτων. Οι συναρτήσεις κόστους είναι οι εξής [40]:

$$IC = 173.714 * \left(\frac{MSW}{365}\right)^{0,6628}$$

$$OC = 396,65 * \frac{MSW}{365} + 275.896, 500 \leq \frac{MSW}{365} \leq 1000 \quad (1)$$

$$OC = 396,65 * \frac{MSW}{365} + 191.508, 200 \leq \frac{MSW}{365} \leq 500 \quad (2)$$

$$OC = 396,65 * \frac{MSW}{365} + 108.600, \frac{MSW}{365} \leq 200 \quad (3)$$

Η συνάρτηση λειτουργικού κόστους με τον αριθμό (1) αφορά το ΧΥΤΥ στη Δυτική Αττική με δυναμικότητα 973,1 tn/day, αυτή με το νούμερο (2) το ΧΥΤΥ στη ΝΑ Αττική με δυναμικότητα 409,9 tn/day και με το (3) το ΧΥΤΥ ΒΑ Αττικής των 82 tn/day.

Τα ετήσια έσοδα λόγω αποφυγής καταβολής του τέλους ταφής είναι 47,7 εκ. €/έτος. Άρα κατά τη διάρκεια του 20ετούς πλάνου διαχείρισης τα συνολικά έσοδα θα έχουν παρούσα αξία $(P/R)_6^{20}$ φορές παραπάνω, δηλαδή 547 εκ. €. Πρέπει να σημειωθεί ότι, όπως και στο προηγούμενο σενάριο για τον υπολογισμό της συνολικής ΚΠΑ προσμετρούνται μόνο οι μονάδες και οι δράσεις που πρόκειται να γίνουν και όχι οι ήδη υπάρχουσες. Αυτό σημαίνει ότι οι παρούσες αξίες των ήδη υπάρχοντων ΣΕΔ, ΚΔΑΥ δεν συμπεριλαμβάνονται στον παρακάτω πίνακα, ο οποίος περιέχει τα βασικά οικονομικά στοιχεία του βασικού σεναρίου και τον καθορισμό της συνολικής ΚΠΑ του.

Υπολογισμός της συνολικής ΚΠΑ για το βασικό σενάριο (ΠΕΣΔΑ 2016)						
Μονάδα	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	IC (€)	OC (€/έτος)	TC (€/τόνος)	ΑΙ (€/έτος)	ΚΠΑ (€)
Κομποστοποίησης του ΕΜΑΚ Λιτσιών	100.000	9.760.000	1.050.000	19	929.600	-11.140.000
Κομποστοποίησης Μεγάρων	10.000	2.290.000	105.000	30,4	93.000	-2.430.000
Κομποστοποίησης ΚΤ Αθηνών (1)	50.000	6.310.000	465.900	20,3	410.500	-6.920.000
Κομποστοποίησης ΚΤ Αθηνών (2)	50.000	6.310.000	465.900	20,3	412.500	-6.920.000
Κομποστοποίησης	70.000	7.800.000	713.700	19,9	631.900	-6.920.000

Πειραιά						
Κομποστοποίησης ΝΑ Αττικής	45.000	5.900.000	403.900	20,4	357.600	-6.430.000
Κομποστοποίησης ΒΑ Αττικής	20.000	3.540.000	194.600	25,2	172.300	-3.800.000
ΕΜΑΚ ΚΤ Αθηνών (1)	130.000	27.330.000	5.000.000	66	3.420.000	-45.540.000
ΕΜΑΚ ΚΤ Αθηνών (2)	130.000	27.330.000	5.000.000	66	3.420.000	-45.540.000
ΕΜΑΚ Πειραιά	180.000	32.350.000	6.310.000	59,1	4.730.000	-50.470.000
ΕΜΑΚ ΝΑ Αττικής	150.000	29.630.000	5.530.000	62,9	3.940.000	-47.800.000
ΕΜΑΚ ΒΑ Αττικής	60.000	16.220.000	3.180.000	89,1	1.580.000	-34.560.000
ΣΕΔ Χαριτιού	192.100	18.870.000	8.070.000	10.410.000	50,6	8.030.000
ΣΕΔ Συσκευασιών	395.700	38.470.000	16.620.000	41.600.000	50,5	248.070.000
ΧΥΤΥ	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	ΙC (€)	ΟC (€/έτος)	Κόστος Μετ. (€)	TC (€/τόνος)	ΚΠΑ (€)
ΧΥΤΥ Δυτικής Αττικής	355.200	16.610.000	661.900	9.550.000	8,7	-27.180.000
ΧΥΤΥ ΝΑ Αττικής	149.600	9.370.000	354.100	5.360.000	6,1	-15.100.000
ΧΥΤΥ ΒΑ Αττικής	29.900	3.220.000	141.100	1.830.000	20,4	-5.410.000
Λοιπές Δράσεις	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	ΙC (€)	-	-	-	ΚΠΑ (€)
Προγράμματα ΔσΠ οργανικών	323.700	26.300.000	-	-	-	-26.300.000
Οικιακή Κομποστοποίηση	8.260	1.000.000	-	-	-	-1.000.000
9 ΤΣΜΑ	-	5.000.000	-	-	-	-5.000.000
ΧΥΤΥ Κύθηρα	-	3.200.000	-	-	-	-3.200.000
ΧΥΤΥ Αντικύθηρα	-	300.000	-	-	-	-300.000
Έσοδα λόγω αποφυγής καταβολής του τέλους ταφής						547.470.000
Συνολική ΚΠΑ Βασικού Σεναρίου						392.270.000

Πίνακας 32: Συνολική ΚΠΑ για το βασικό σενάριο

Στο νέο ΠΕΣΔΑ, όπως και στον παλιό, προβλεπόταν ένας αριθμός πράσινων σημείων για τη ΔσΠ απορριμμάτων. Ωστόσο, για να υπάρχει ομοιογένεια και στα 3 σενάρια αυτά αμελήθηκαν, καθώς ούτε το κόστος τους μπορούσε να αιτιολογηθεί και η δυναμικότητα τους ήταν ασαφής. Όσον αφορά τα προγράμματα ΔσΠ οργανικών, το κόστος για τη δημιουργία τους δεν είναι αυτό που δίνεται από τον ΠΕΣΔΑ, αλλά μια κανονικοποιημένη τιμή με βάση τα κόστη ΔσΠ από τα προηγούμενα σενάρια.

Παρατηρείται ότι η ΚΠΑ του βασικού σεναρίου είναι αρκετά μικρότερη από τις προηγούμενες 2. Αυτό οφείλεται κυρίως στην πληθώρα νέων εγκαταστάσεων, καθώς και στην φύση αυτών. Όπως έχει φανεί και από τα προηγούμενα σενάρια οι κατά κόρον βιώσιμες μονάδες είναι τα ΚΔΑΥ. Στο σενάριο αυτό δεν προβλέπεται δημιουργία νέων ΚΔΑΥ, αλλά αυτή μονάδων κομποστοποίησης, ΕΜΑΚ αερόβιας ΜΒΕ χωρίς RDF και ΧΥΤΥ. Ωστόσο, και αυτή η πρόταση είναι πιο σαφής από την πρόταση των 4 ΜΚΟ.

4.4. Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση υφιστάμενης διαχείρισης απορριμμάτων

Στη συνέχεια εξετάζεται το σενάριο, στο οποίο τα απορρίμματα συνεχίζουν να διαχειρίζονται σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση.

4.4.1. Περιγραφή υφιστάμενης διαχείρισης

Όπως έχει αναφερθεί ήδη, αυτή τη στιγμή στην Αττική λειτουργούν 2 ΚΔΑΥ (Κορωπίου 100.000 τόνων/έτος, Ελευσίνας 40.000 τόνων/έτος), το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων (ονομαστικής λειτουργίας 300.000 τόνων/έτος) και ο ΧΥΤΑ Φυλής. Επιπλέον, λειτουργεί το ΣΕΔ ΑΗΗΕ, το οποίο λειτουργεί με ετήσια ανάκτηση περίπου 14.000 τόνων/έτος και ακόμα άλλοι περίπου 15.000 τόνοι/έτος οδηγούνται στα ΚΔΑΥ Λαμίας, Σχηματαρίου και Κορίνθου, τα οποία δεν ανήκουν στο νομό Αττικής, αλλά επεξεργάζονται αυτή τη μικρή ποσότητα ανακυκλώσιμων.

4.4.2. Μεθοδολογική προσέγγιση και διαδικασία υπολογισμών

Η προσέγγιση αυτού του πλάνου είναι απλούστερη σε σχέση με τα προηγούμενα. Όπως είναι κατανοητό, 140.000 τόνοι θα οδηγηθούν για επεξεργασία στα 2 ΚΔΑΥ της Αττικής και οι ανακτήσεις είναι αυτές που αναλύθηκαν στα προηγούμενα σενάρια. Επιπλέον, περίπου 15.000 τόνοι/έτος ανακυκλώσιμων θα πάνε στα 3 υπόλοιπα ΚΔΑΥ. Οι ανακτήσεις επί των συσκευασιών είναι οι εξής:

Ποσοστά ανάκτησης ανακυκλώσιμων συσκευασιών		
Ρεύμα	Ποσοστό ανάκτησης (%)	Ελάχιστοι στόχοι ανακύκλωσης (%)
Γυαλί Συσκευασίας	9,5	60
Χαρτί Συσκευασίας	12,5	60
Μέταλλα Συσκευασίας	9,5	50
Πλαστικό Συσκευασίας	10,2	22,5
Ξύλο Συσκευασίας	10,8	15

Πίνακας 33: Ποσοστά ανάκτησης συσκευασιών για την υφιστάμενη διαχείριση

Παρατηρείται ότι η ανάκτηση συσκευασιών είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Αυτό ισχύει και για την ανάκτηση προδιαλεγμένων οργανικών, για την οποία δεν εφαρμόζονται προγράμματα ΔσΠ. Άρα το ποσοστό ανάκτησης οργανικών μπορεί να θεωρηθεί μηδενικό και άρα ο στόχος για 40% ΔσΠ οργανικών δεν πιάνεται.

Η σύσταση του ρεύματος σύμμεικτων απορριμμάτων που οδηγούνται στο ΕΜΑΚ είναι η εξής:

Ποσοστά επιμέρους ρευμάτων προς ΕΜΑΚ (%)			
Οργανικά	50,6	Μέταλλα	0,4
Γυαλί συσκευασίας	3,2	Πλαστικό Συσκευασίας	9,8
Γυαλί	0,1	Πλαστικό	2,8
Χαρτί Συσκευασίας	8,4	Ξύλο Συσκευασίας	1,1
Χαρτί	19,1	Ξύλο	1,2
Μέταλλα Συσκευασίας	2,8	Λοιπά ανακτήσιμα	0,5

Πίνακας 34: Σύσταση ρεύματος αποβλήτων προς επεξεργασία στο ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων

Με βάση τη σύσταση και τους βαθμούς απόδοσης για τα επιμέρους ρεύματα προκύπτουν και τα τελικά ποσοστά ανάκτησης στο ΕΜΑΚ:

Τελικά ποσοστά ανάκτησης επί του αρχικού ρεύματος (%)			
Κομπόστ	16,8	Σίδηρος	1,2
Χαρτί	8,5	RDF	10,6
Πλαστικό	6,9	Σύνολο ανάκτησης	45,5
Γυαλί	0,9	Υπόλειμμα	28,5
Αλουμίνιο	0,6	Απώλειες	26

Πίνακας 35: Τελικά ποσοστά ανάκτησης του ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων (υφιστάμενη διαχείριση)

Τα ανεπεξέργαστα απορρίμματα είναι το άθροισμα των λοιπών μη ανακτήσιμων αποβλήτων (90.900 τόνοι/έτος) και των ανεπεξέργαστων σύμμεικτων (1.332.800 τόνοι/έτος), δηλαδή 1.423.800 τόνοι/έτος. Με το νέο τέλος ταφής (35 €/τόνο ανεπεξέργαστων απορριμμάτων) που πρόκειται να επιβληθεί από το νέο έτος τα έξοδα για την καταβολή του θα ανέλθουν στα 49,8 εκ. €/έτος. Επίσης τα έσοδα από την αποφυγή του τέλους ταφής, λόγω της επεξεργασίας των απορριμμάτων είναι μόλις 16,4 εκ. €/έτος [42].

Επιπλέον, ο ΧΥΤΑ Φυλής θα πρέπει να δεχθεί και τα υπολείμματα από τις μονάδες επεξεργασίας και τα ΣΕΔ που είναι συνολικά 152.500 τόνοι/ έτος. Αυτό ανεβάζει την ετήσια εισερχόμενη ποσότητα προς διάθεση στον ΧΥΤΑ Φυλής στους 1.576.300 τόνους/έτος. Αυτό αναμφίβολα αποτελεί πρόβλημα καθώς ήδη ο ΧΥΤΑ έχει δεχθεί μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων, επομένως αν συνεχιστεί αυτό τα επόμενα χρόνια θα επέλθει το οριστικό κλείσιμό του.

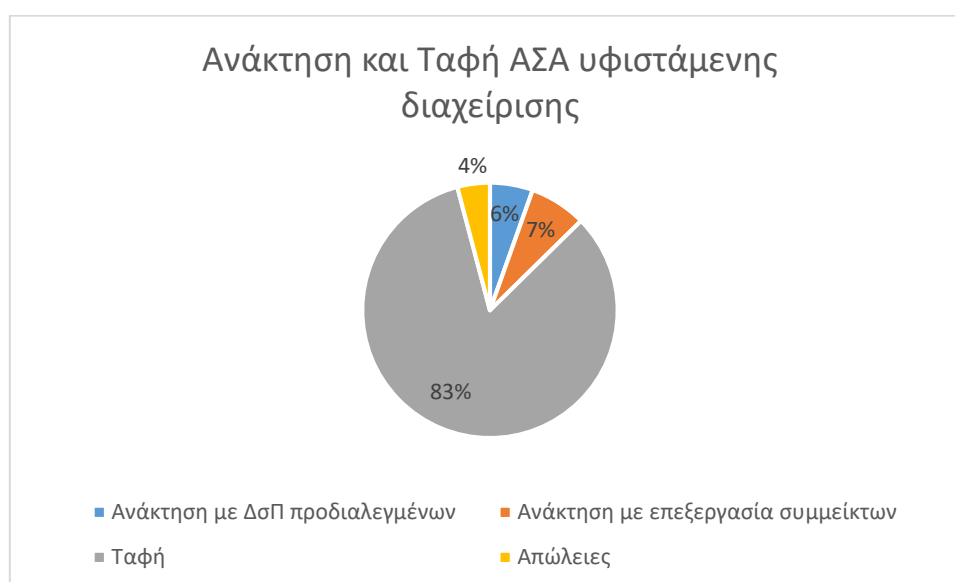
Ποσότητες και ποσοστά ανάκτησης

Με βάση τις ποσότητες που ανακτώνται με διαλογή στην πηγή, με επεξεργασία προδιαλεγμένων απορριμμάτων, με επεξεργασία συμμείκτων και λαμβάνοντας υπόψη τις ποσότητες που οδηγούνται για ταφή καθώς και τις απώλειες από την επεξεργασία των απορριμμάτων προκύπτει ο παρακάτω πίνακας που αποτελεί ένα ισοζύγιο μάζας για το παραπάνω σενάριο.

Μέθοδοι Διαχείρισης	Ποσότητες (tn/year)	Ποσοστά (%)
Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΣΕΔ	12.650	0,7
Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΚΔΑΥ, μονάδες κομποστοποίησης	90.260	4,8
Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΕΜΑΚ	136.420	7,2
Τελική διάθεση (ταφή)	1.576.320	83,2
Απώλειες (υγρασία κλπ.)	77.970	4,1
Σύνολο	1.893.620	100

Πίνακας 36: Ποσότητες και ποσοστά ανάκτησης βασικού σεναρίου

Στη συνέχεια, με βάση τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα με τα ποσοστά διαχείρισης ΑΣΑ για την υφιστάμενη διαχείριση:



Διάγραμμα 4: Ανάκτηση και Ταφή ΑΣΑ υφιστάμενης διαχείρισης

Σύμφωνα με τον πίνακα, είναι ξεκάθαρη η έλλειψη εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης απορριμμάτων τη δεδομένη στιγμή στην Αττική. Δυστυχώς, η διαχείριση απορριμμάτων εξαρτάται σχεδόν εξ' ολοκλήρου στην διάθεση απορριμμάτων και κατά ένα μικρό ποσοστό στην επεξεργασία προδιαλεγμένων και σύμμεικτων, ενώ η ΔσΠ δεν μετέχει σχεδόν καθόλου στο μίγμα διαχείρισης απορριμμάτων.

4.4.3. Ανάλυση κόστους [32]

Η ανάλυση κόστους γίνεται μόνο για τις μονάδες και τον ΧΥΤΑ στην Αττική. Δεδομένου ότι οι μονάδες που απαρτίζουν το σενάριο βρίσκονται ήδη σε λειτουργία, για τον υπολογισμό της ΚΠΑ και του συνολικού ανά τόνο κόστους (TC) τους χρησιμοποιείται διαφορετική μεθοδολογία. Αρχικά βρίσκεται το κόστος και το έτος στο οποίο κατασκευάστηκε η κάθε μονάδα. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται αναλυτικά:

Μονάδα	Κόστος Επένδυσης (€)	Έτος Έναρξης Λειτουργίας
ΚΔΑΥ Κορωπίου	10.000.000 [43]	2010
ΚΔΑΥ Ελευσίνας	5.140.000 [44]	2009
ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων	71.140.000	2006
ΧΥΤΑ Φυλής	52.800.000	2008

Πίνακας 37: Επενδυτικά κόστη υφιστάμενων μονάδων διαχείρισης απορριμμάτων

Για την εύρεση των ΚΠΑ και TC γίνεται η θεώρηση ότι το ποσό για την επένδυση της μονάδας δεν κατατίθεται εφάπαξ, αλλά με ισόποσες ετήσιες δόσεις. Για κάθε μονάδα υπολογίζεται η ισοδύναμη ετήσια πληρωμή (ΙΕΠ) σε €/έτος, η οποία προκύπτει από το γινόμενο του κόστους επένδυσης (IC) με το συντελεστή CRF. Στη συνέχεια, βρίσκεται το κόστος αποπληρωμής της μονάδας. Αν θέσουμε ως ΕΕΛ το έτος έναρξης λειτουργίας, τότε το κόστος αποπληρωμής (ΚΑ) της κάθε μονάδας μέχρι το έτος 2017 θα δίνεται από την εξίσωση:

$$KA = IEP * \frac{(1+i)^{2017-EEA} - 1}{i * (1+i)^{2017-EEA}}$$

Αφαιρώντας το κόστος αποπληρωμής από το κόστος επένδυσης, υπολογίζεται το εναπομένον αποπληρωθέν κόστος το οποίο ανάγεται σε τιμές 2017 με τη βοήθεια του συντελεστή CPI (consumer price index), ο οποίος δείχνει τη μεταβολή στην αξία του χρήματος λόγω πληθωρισμού. Άρα το κανονικοποιημένο εναπομένον αποπληρωθέν κόστος (ΕΑΚ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη θέση του IC για την εξαγωγή της ΚΠΑ της κάθε μονάδας, όπου n η εναπομένουσα διάρκεια ζωής της κάθε μονάδας:

$$ΚΠΑ = -ΕΑΚ - (OC - AI) * (P/R)_6^n$$

Έπειτα υπολογίζονται οι μελλοντικές ισόποσες ετήσιες πληρωμές (ΜΙΕΠ) για τα επόμενα n έτη λειτουργίας των μονάδων. Άρα το συνολικό ανά τόνο εισερχόμενων απορριμμάτων κόστος (TC) υπολογίζεται από τις δύο παρακάτω εξισώσεις, όπου η πρώτη αφορά τις ΜΕΑ και η δεύτερη τον ΧΥΤΑ Φυλής :

$$TC = \frac{MIEΠ + OC}{MSW}$$

$$TC = \frac{MIEΠ + OC + \text{Κόστος Μεταφροντίδας} * (P/F)_6^{20}}{MSW}$$

Ο πίνακας με τη ΚΠΑ της υφιστάμενης διαχείρισης απορριμμάτων δίνεται παρακάτω:

Υπολογισμός της συνολικής ΚΠΑ για την Υφιστάμενη Διαχείριση						
Μονάδα	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	ΕΑΚ (€)	OC (€/έτος)	TC (€/τόνος)	ΑΙ (€/έτος)	ΚΠΑ (€)
ΚΔΑΥ Κορωπίου	100.000	5.160.000	2.750.000	33,3	5.900.000	22.710.000
ΚΔΑΥ Ελευσίνας	40.000	2.520.000	1.090.000	34,9	2.360.000	8.090.000
ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων	300.000	25.520.000	12.900.000	65	9.730.000	-47.130.000
ΧΥΤΑ	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	ΕΑΚ (€)	OC (€/έτος)	Κόστος Μετ. (€)	TC (€/τόνος)	ΚΠΑ (€)
ΧΥΤΑ Φυλής	1.580.000	23.270.000	2.180.000	25.870.000	4,9	-55.760.000
Έσοδα λόγω αποφυγής καταβολής του τέλους ταφής						163.820.000
Έξοδα λόγω επιβολής νέου τέλους ταφής						571.580.000
<u>Συνολική ΚΠΑ Υφιστάμενης Διαχείρισης</u>						-479.860.000

Πίνακας 38: ΚΠΑ υφιστάμενης διαχείρισης απορριμμάτων

Η ΚΠΑ προκύπτει αρνητική, κάτι που οφείλεται κυρίως στο μικρό ποσοστό επεξεργασμένων απορριμμάτων και άρα στο νέο τέλος ταφής. Με βάση αυτό το αποτέλεσμα φαίνεται η ανάγκη για την ανάπτυξη του δικτύου επεξεργασίας απορριμμάτων, ώστε να αποφευχθούν τα πρόστιμα για την ελλιπή διαχείριση απορριμμάτων.

Κεφάλαιο 5^ο: Σύγκριση των υπό εξέταση σεναρίων διαχείρισης ΑΣΑ

5.1. Οικονομική σύγκριση των σεναρίων και εξαγωγή συμπερασμάτων

Στην ενότητα αυτή γίνεται τεχνικοοικονομική σύγκριση των σεναρίων χωρίς να λαμβάνονται υπόψη άλλοι παράγοντες, όπως οι κοινωνικοί και οι περιβαλλοντικοί.

Αν συνυπολογιστούν οι ήδη υπάρχουσες ΜΕΑ και ο ΧΥΤΥ Φυλής στα προηγούμενα 3 σενάρια τότε θα προκύψουν οι ΚΠΑ που θα εμπεριέχουν τόσο τις υφιστάμενες όσο και τις μελλοντικές μονάδες και δράσεις (ΚΠΑ Όλων). Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι για να γίνει μια ολοκληρωμένη εκτίμηση της ΚΠΑ κάθε σεναρίου με βάση την διαχείριση που προτείνεται από το καθένα. Όλες οι ΚΠΑ που υπολογίστηκαν δίνονται μαζί στον επόμενο πίνακα:

ΚΠΑ Σεναρίων Διαχείρισης απορριμμάτων		
Σενάριο	ΚΠΑ Μελλοντικών (€)	ΚΠΑ Όλων (€)
<i>Μηδενική Λύση</i>	457.550.000	392.000.000
<i>Πρόταση 4 ΜΚΟ</i>	502.970.000	449.410.000
<i>Βασικό Σενάριο</i>	392.270.000	423.070.000

Πίνακας 39: Συγκριτικός πίνακας ΚΠΑ των εξεταζόμενων σεναρίων

Παρατηρείται ότι αν και υπάρχουν σημαντικές διαφορές όσον αφορά τη διαχείριση απορριμμάτων μεταξύ των σεναρίων, οι τελικές ΚΠΑ βρίσκονται σχετικά κοντά. Αυτό οφείλεται κυρίως στις μονάδες οι οποίες απαρτίζουν το κάθε σενάριο για τη δεδομένη σύσταση των απορριμμάτων της Αττικής και με βάση τα κόστη που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση τους.

Μπορεί εύκολα να παρατηρηθεί ότι η πρόταση των 4 ΜΚΟ έχει μεγαλύτερη ΚΠΑ από τα άλλα δύο σενάρια. Αυτό οφείλεται κυρίως στα ΣΕΔ και στα ΚΔΑΥ που περιλαμβάνει. Είναι το σενάριο με τη μεγαλύτερη διαχείριση απορριμμάτων σε ΚΔΑΥ. Επίσης είναι το σενάριο με τη μεγαλύτερη διαχείριση οργανικών σε μονάδες κομποστοποίησης κάτι το οποίο επιδρά αρνητικά στην ΚΠΑ. Ειδικά οι μονάδες κλειστής κομποστοποίησης είναι αυτές που ρίχνουν ακόμα περισσότερο την συνολική ΚΠΑ του σεναρίου. Το σενάριο επίσης κερδίζει από τη μη δημιουργία νέων ΕΜΑΚ και ΧΥΤΑ κάτι το οποίο θα μείωνε την καθαρή παρούσα αξία του.

Η 2^η μεγαλύτερη ΚΠΑ ανήκει στο σενάριο της μηδενικής λύσης. Το σενάριο περιλαμβάνει ΚΔΑΥ και μονάδα καύσης, οι οποίες αποσβένουν τα κόστη τους σε βάθος 20ετίας και αποφέρουν και έσοδα στον επενδυτή. Περιέχει επίσης και τις 3 μονάδες αναερόβιας χώνευσης, οι οποίες οριακά δεν αποσβένουν τα κόστη τους, ωστόσο επεξεργάζονται πολύ μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων. Ακόμα και η μονάδα βιοξήρανσης των 700.000 τόνων/έτος έχει σχετικά με άλλες ΜΕΑ αρκετά ικανοποιητική ΚΠΑ, αν και αρνητική. Το

σενάριο έχει ως μειονέκτημα μονάχα τους υπερκοστολογημένους με βάση άλλες μελέτες ΧΥΤΑ Κερατέας και Γραμματικού.

Τέλος, το βασικό σενάριο εστιάζει κυρίως στη δημιουργία ενός σχετικά μεγάλου αριθμού ΕΜΑΚ. Φυσικά αυτό γίνεται με την ταυτόχρονη λειτουργία των ΣΕΔ, τα οποία διαμορφώνουν σε σημαντικό ρόλο την τελική ΚΠΑ του σεναρίου, ενώ συμβάλλουν στο υψηλό επίπεδο της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης των ανακυκλώσιμων υλικών. Παρόλα αυτά επειδή τα ΕΜΑΚ και οι μονάδες κομποστοποίησης έχουν αρνητική ΚΠΑ σε συνδυασμό με τους 3 νέους ΧΥΤΑ, οι οποίοι είναι λογικό να έχουν αρνητική ΚΠΑ, έτσι και η συνολική ΚΠΑ αναμένεται αρκετά μικρότερη από τα άλλα 2 σενάρια κάτι που φαίνεται στον πίνακα 35.

Το μοναδικό σενάριο στο οποίο προκύπτει βελτιωμένη ΚΠΑ όταν συνυπολογίζονται και οι ήδη υπάρχουσες ΜΕΑ και ΧΥΤΑ είναι το βασικό. Αυτό οφείλεται στο ότι στο 3^ο σενάριο προτείνεται το κλείσιμο του ΧΥΤΑ Φυλής, άρα η ΚΠΑ αξία του (που είναι αρνητική) δε λαμβάνεται υπόψη.

Είναι σίγουρα εμφανής η μεγάλη διαφορά της ΚΠΑ του σεναρίου της υφιστάμενης κατάστασης περίπου -480 εκ. € με καθένα από τα προτεινόμενα σενάρια από τον ΠΕΣΔΑ. Αυτό σημαίνει ότι η υφιστάμενη διαχείριση δεν είναι και δεν θα είναι συμφέρουσα για το ελληνικό κράτος στα επόμενα χρόνια, αν δεν αλλάξει, ενώ εάν επιχειρηθεί οποιαδήποτε από τις 3 εναλλακτικές λύσεις, έστω και όχι ολοκληρωμένα, θα υπάρξει η δυνατότητα η διαχείριση αποβλήτων να βελτιωθεί, ακόμα και να καταστεί βιώσιμη. Πέρα από τα οικονομικά οφέλη είναι μείζουσας σημασίας η αλλαγή και η βελτίωση της διαχείρισης των απορριμμάτων για κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς λόγους.

Επιπλέον, γίνεται σύγκριση όσον αφορά τα επενδυτικά κόστη των υπό εξέταση σεναρίων. Ο υπολογισμός του συνολικού επενδυτικού κόστους του κάθε σεναρίου προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους επενδυτικών κοστών αυτού. Στον πίνακα 40 επιχειρείται η σύγκριση αυτή:

Επενδυτικά Κόστη σεναρίων διαχείρισης απορριμμάτων	
Σενάριο	Επενδυτικά Κόστη (€)
<i>Μηδενική Λύση</i>	525.340.000
<i>Πρόταση 4 ΜΚΟ</i>	384.460.000
<i>Βασικό Σενάριο</i>	297.100.000

Πίνακας 40: Συγκριτικός πίνακας επενδυτικού κόστους των εξεταζόμενων σεναρίων

Είναι αντιληπτό ότι το πιο κοστοβόρο σενάριο είναι η μηδενική λύση, κάτι που δεν προξενεί εντύπωση, αφού περιέχει τις περισσότερες μονάδες επεξεργασίας μεγάλης δυναμικότητας ΑΣΑ. Αντίθετα, το βασικό σενάριο, αν και περιλαμβάνει τη δημιουργία πολλών ΜΕΑ, αυτές έχουν σχετικά περιορισμένη δυναμικότητα, ενώ το σενάριο προτείνει ταυτόχρονα και

εντατική λειτουργία των ΣΕΔ, τα οποία είναι οικονομικότερα από τις άλλες μονάδες διαχείρισης. Η πρόταση των 4 ΜΚΟ, παρόλο που αποδείχθηκε ως το οικονομικά πιο συμφέρον σενάριο έχει μεγαλύτερο επενδυτικό κόστος από το βασικό, κάτι που οφείλεται κυρίως στις μονάδες κλειστής κομποστοποίησης, ενώ και αυτή η πρόταση ευνοείται από τη σημαντική λειτουργία των ΣΕΔ.

Ένας ακόμα χρήσιμος δείκτης για την απόδοση της κάθε επένδυσης είναι το ενδογενές ποσοστό απόδοσης (ΕΠΑ), το οποίο είναι ο συντελεστής επικαιροποίησης που μηδενίζει την ΚΠΑ μιας ροής. Το ΕΠΑ μπορεί να αναφέρεται και ως εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (ΕΣΑ) ή απλούστερα ως επιτόκιο απόδοσης. Μια δραστηριότητα είναι οικονομικά αποδεκτή αν το ΕΠΑ της δραστηριότητας είναι μεγαλύτερο από το ευκαιριακό κόστος (ΕΚ) των χρημάτων που θα επενδυθούν για να τεθεί σε λειτουργία η δραστηριότητα.

Δεδομένης της χρησιμότητας αυτού του δείκτη για καθένα από τα τρία προτεινόμενα σενάρια υπολογίζεται το αντίστοιχο ΕΠΑ. Η διαδικασία υπολογισμού του ΕΠΑ γίνεται ως εξής: 1) αρχικά υπολογίζεται το συνολικό επενδυτικό κόστος του κάθε σεναρίου (πίνακας 40), το συνολικό ετήσιο λειτουργικό κόστος και τα συνολικά ετήσια έσοδα του. 2) Στη συνέχεια, τίθεται η ΚΠΑ=0 για κάθε σενάριο λύνοντας την παρακάτω εξίσωση ως προς τον όρο $(P/R)_{ΕΠΑ}^{20}$: $KPA = 0 = -IC - (OC - AI) * (P/R)_{ΕΠΑ}^{20} \rightarrow (P/R)_{ΕΠΑ}^{20} = \frac{IC}{AI-OC}$. 3) Έπειτα γνωρίζοντας ότι $(P/R)_{ΕΠΑ}^{20} = \frac{(1+ΕΠΑ)^{20}-1}{ΕΠΑ \times (1+ΕΠΑ)^{20}}$ μπορεί να υπολογιστεί μέσω επαναληπτικής διαδικασίας αριθμητικής ανάλυσης ο συντελεστής ΕΠΑ. Επομένως, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας με τους συντελεστές ΕΠΑ:

ΕΠΑ σεναρίων διαχείρισης απορριμμάτων	
Σενάριο	ΕΠΑ (%)
<i>Μηδενική Λύση</i>	15,4
<i>Πρόταση 4 ΜΚΟ</i>	19,6
<i>Βασικό Σενάριο</i>	21,6

Πίνακας 41: Συγκριτικός πίνακας ΕΠΑ των εξεταζόμενων σεναρίων

Γνωρίζοντας την ΚΠΑ, το επενδυτικό κόστος και το ΕΠΑ κάθε σεναρίου μπορεί να γίνει μια τελική σύγκριση όσον αφορά την οικονομική αξιολόγηση των τριών σεναρίων. Σύμφωνα με τα ΕΠΑ το πλέον αποδοτικό σενάριο είναι το βασικό, το οποίο μπορεί να χαρακτηριστεί το πιο 'value for money' αφού έχει την καλύτερη σχέση κόστους-οφέλους. Ωστόσο, το σενάριο το οποίο μπορεί να αποφέρει τα μεγαλύτερα έσοδα είναι η πρόταση των 4 ΜΚΟ η οποία έχει τη μεγαλύτερη ΚΠΑ. Το σενάριο της μηδενικής λύσης πέραν του μεγάλου αρχικού κεφαλαίου που απαιτεί, αποδεικνύεται ως το λιγότερο συμφέρον (με βάση την ΚΠΑ και το ΕΠΑ του) χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν αποτελεί μια κερδοφόρα και ώριμη επένδυση. Συγκριτικά με το ΕΚ, το οποίο στη συγκεκριμένη μελέτη είναι 6% είναι 2,5 φορές μεγαλύτερο, δηλαδή η επένδυση δεν ενέχει ρίσκο και αποτελεί μια προσφιλή για τον επενδυτή επιλογή.

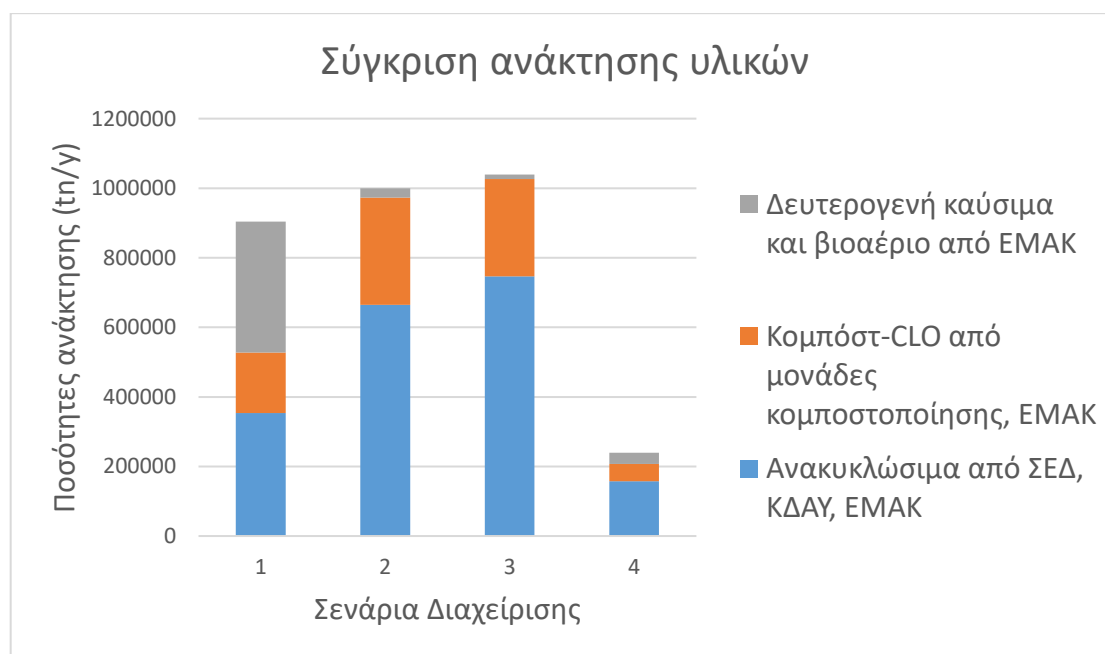
5.2. Σύγκριση ανακτήσεων των σεναρίων

Πέρα από την οικονομική σύγκριση είναι σκόπιμο να συγκριθούν τα σεσάρια όσον αφορά και τα υλικά που ανακτώνται από το καθένα για τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικά με την ανάκτηση υλικών από τα ΑΣΑ. Για την ευκολότερη σύγκριση ανακτήσεων υλικών των 3 προτεινόμενων σεναρίων και της υφιστάμενης διαχείρισης δίνεται ο παρακάτω πίνακας ανάκτησης υλικών (σε παρένθεση δίνονται τα ποσοστά επί του συνολικού ρεύματος απορριμμάτων):

Ποσότητες ανάκτησης υλικών (tn/year)				
Σενάριο	Μηδενική Λύση	Πρόταση 4 ΜΚΟ	Βασικό Σενάριο	Υφιστάμενη Διαχείριση
Ανακυκλώσιμα	353.870 (18,7%)	664.245 (35,1%)	746.410 (39,4%)	157.370 (8,3%)
Κομπόστ	174.030 (9,2%)	308.840 (16,3%)	279.620 (14,8%)	50.360 (2,6%)
Καύσιμα	376.220 (19,9%)	26.845 (1,4%)	13.530 (0,7%)	31.650 (1,7%)
Σύνολο	904.120 (47,8%)	999.930 (52,8%)	1.039.560 (54,9%)	239.380 (12,6%)

Πίνακας 42: Ποσότητες ανάκτησης υλικών των υπό εξέταση σεναρίων

Επίσης φτιάχνεται το διάγραμμα με τις ποσότητες ανάκτησης των υλικών για καθένα απ' τα σεσάρια:



Διάγραμμα 5: Σύγκριση ανάκτησης υλικών για τα υπό εξέταση σεσάρια

Σημειώνεται ότι τα σενάρια δίνονται με τον αύξοντα αριθμό εξέτασής τους, δηλαδή 1 για την μηδενική λύση, 2 για την πρόταση των 4 ΜΚΟ, 3 για το βασικό σενάριο, ενώ με το 4 είναι η υφιστάμενη διαχείριση. Στο διάγραμμα είναι εμφανής η εστίαση των σεναρίων 2 και 3 στην ανάκτηση ανακυκλωσίμων, ενώ η υψηλή ανάκτηση δευτερογενών καυσίμων και βιοαερίου αντιστοιχεί στο σενάριο 1 και η χαμηλή συνολική ανάκτηση υλικών στην υφιστάμενη διαχείριση.

5.3. Έλεγχος επίτευξης στόχων από τα σενάρια διαχείρισης

Στο σημείο αυτό πρέπει να ελεγχθεί εάν τα τρία προτεινόμενα σενάρια διαχείρισης καλύπτουν τον στόχο της Ε.Ε. για την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των υλικών αποβλήτων, όπως τουλάχιστον το χαρτί, το μέταλλο, το πλαστικό και το γυαλί από τα νοικοκυριά. Υπενθυμίζεται ότι ο στόχος που τίθεται από την Ε.Ε. είναι η επεξεργασία των ρευμάτων αυτών να αυξηθεί κατ' ελάχιστον στο 50 % ως προς το συνολικό βάρος. Με βάση το νέο ΠΕΣΔΑ ο στόχος για την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των υλικών αποβλήτων μέχρι το 2020 πρέπει να αυξηθεί περαιτέρω στο 65%. Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται τα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης για κάθε σενάριο:

Σενάριο	Ποσοστό επαναχρησιμοποίησης – ανακύκλωσης (%)
<i>Μηδενική λύση</i>	37,7
<i>Πρόταση 4 ΜΚΟ</i>	68,8
<i>Βασικό (νέο ΠΕΣΔΑ)</i>	78,4
<i>Υφιστάμενη διαχείριση</i>	15,2

Πίνακας 43: Ποσοστά επαναχρησιμοποίησης – ανακύκλωσης των υπό εξέταση σεναρίων

Προκύπτει ότι μόνο η πρόταση των 4 ΜΚΟ και το βασικό σενάριο ικανοποιούν το συγκεκριμένο στόχο. Βασικός λόγος γι' αυτό είναι η συνύπαρξη των ΣΕΔ με τις ΜΕΑ που προβλέπονται. Επομένως, στο σενάριο της μηδενικής λύσης και στην υφιστάμενη διαχείριση, όπου τα ΣΕΔ δεν παίζουν μεγάλο ρόλο, δεν επιτυγχάνεται ο συγκεκριμένος στόχος,

Τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής, τα οποία μέχρι το 2020 θα πρέπει να περιοριστούν το πολύ στους 403.404 τόνους (35% παραγωγής έτους 1995 βάσει του υφιστάμενου ΠΕΣΔΑ), δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Σενάριο	Ποσότητα (tn/y)	Απόκλιση από το στόχο (%)
<i>Μηδενική λύση</i>	394.790	-2,1
<i>Πρόταση 4 ΜΚΟ</i>	321.940	-20,2
<i>Βασικό (νέο ΠΕΣΔΑ)</i>	217.170	-46,2
<i>Υφιστάμενη διαχείριση</i>	1.142.010	+183,1

Πίνακας 44: Έλεγχος επίτευξης στόχων για τα ΒΑΑ των υπό εξέταση σεναρίων

Παρατηρείται ότι και τα τρία σενάρια, με βάση τις παραδοχές που έχουν γίνει ικανοποιούν το συγκεκριμένο στόχο, με αποτελεσματικότερο όλων το βασικό σενάριο. Σε αντίθεση με τα προτεινόμενα σενάρια, η υφιστάμενη διαχείριση βρίσκεται πολύ μακριά από την επίτευξη του στόχου.

5.4. Ποιοτική αξιολόγηση εναλλακτικών δυνατοτήτων [16]

Η αξιολόγηση των προτεινόμενων σεναρίων γίνεται με βάση πέντε στρατηγικούς άξονες. Οι άξονες αυτοί είναι:

- Η επίτευξη των εθνικών στόχων περιβαλλοντικής νομοθεσίας: Σε όλες τις εναλλακτικές, το σενάριο που θα επιλεγθεί θα πρέπει να είναι σύμφωνο με τις διατάξεις του Νόμου 4042/2012 και της Οδηγίας 2008/98 για τα απόβλητα καθώς και τους στόχους και κατευθύνσεις του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) και του Εθνικού Σχεδίου Πρόληψης.
- Η προώθηση της ιεράρχησης των αποβλήτων – η εξοικονόμηση πρώτων υλών και φυσικών πόρων: Η λύση που θα υιοθετηθεί θα πρέπει να βρίσκεται προς την κατεύθυνση της κυκλικής οικονομίας που έχει ως στόχο την ώθηση της ανταγωνιστικότητας, τη βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Σε μια κυκλική οικονομία, η αξία των προϊόντων και υλών διατηρείται για όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο, τα απόβλητα και η χρήση των πόρων ελαχιστοποιούνται και οι πόροι διατηρούνται εντός της οικονομίας όταν ένα προϊόν έχει φθάσει στο τέλος του κύκλου ζωής του, για να χρησιμοποιηθεί ξανά και ξανά ώστε να δημιουργηθεί περαιτέρω αξία.
- Η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας: Το σενάριο αυτό θα πρέπει κατεξοχήν να στοχεύει στην προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας εμποδίζοντας ή μειώνοντας τις αρνητικές επιπτώσεις της παραγωγής και της διαχείρισης αποβλήτων, και περιορίζοντας τον συνολικό αντίκτυπο της χρήσης των πόρων και βελτιώνοντας την αποδοτικότητά της (άρθρο 1 Οδηγίας 2008/98). Ειδικότερα, ο σχεδιασμός στη διαχείριση των αποβλήτων, βάσει του άρθρου 13 της Οδηγίας θα πρέπει να γίνεται με γνώμονα να μην τίθεται σε κίνδυνο η ανθρώπινη υγεία και χωρίς να βλάπτεται το περιβάλλον, και ιδίως: α) χωρίς να δημιουργείται κίνδυνος για το νερό, τον αέρα, το έδαφος, τα φυτά ή τα ζώα, β) χωρίς να προκαλείται όχληση από θόρυβο ή οσμές, και γ) χωρίς να επηρεάζεται δυσμενώς το τοπίο ή οι τοποθεσίες ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.
- Ο χρόνος ωρίμανσης των έργων: Όλα τα εξεταζόμενα σενάρια θα πρέπει να είναι στο σύνολό τους άμεσα υλοποιήσιμα και εφαρμόσιμα, δεδομένου ότι οι στόχοι του ΠΕΣΔΑ αφορούν το έτος 2020. Κατά συνέπεια, ο άξονας αυτός εξετάζει τον απαιτούμενο χρόνο ωρίμανσης των προτεινόμενων έργων για την υλοποίηση του σχεδίου. Στους παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο ωρίμανσης των μονάδων περιλαμβάνεται η ωριμότητα όσον αφορά την περιβαλλοντική αδειοδότηση μιας μονάδας, ο αριθμός των προβλεπόμενων μονάδων, ο βαθμός κοινωνικής αποδοχής, κ.α.
- Τα κοινωνικά κριτήρια: Η εκτίμηση της κοινωνικής αποδοχής των δράσεων του επιλεγμένου σεναρίου από τους εμπλεκόμενους φορείς (κάτοικοι, φορείς της τοπικής αυτοδιοίκησης κλπ.), είναι ένα σημαντικό σημείο του σχεδιασμού, αφού έχει

αποδειχτεί σε πολλές περιπτώσεις ότι μόνο οι λύσεις που λαμβάνουν υπόψη αξιόπιστα και τον κοινωνικό παράγοντα έχουν σοβαρές πιθανότητες υλοποίησης.

Η αξιολόγηση των τριών σεναρίων γίνεται με ποιοτική κλίμακα αξιολόγησης, στην οποία εξετάζεται πώς κάθε εναλλακτική δυνατότητα συμβάλλει συγκριτικά στους βασικούς στρατηγικούς άξονες, που τέθηκαν προηγουμένως. Χρησιμοποιείται το σύμβολο '+', το οποίο δηλώνει μικρή θετική επίπτωση, το σύμβολο '++' που δηλώνει μέτρια θετική επίπτωση και το σύμβολο '+++' για την μεγάλη θετική επίπτωση. Στην επόμενη σελίδα ακολουθεί ο πίνακας ποιοτικής αξιολόγησης των υπό εξέταση σεναρίων:

Άξονες-Κριτήρια αξιολόγησης	Βασικό Σενάριο		Μηδενική Λύση - Εναλλακτικό Σενάριο Υφιστάμενου ΠΕΣΔΑ		Εναλλακτικό Σενάριο 4 ΜΚΟ	
		Επεξήγηση		Επεξήγηση		Επεξήγηση
1. Επίτευξη εθνικών στόχων περιβαλλοντικής νομοθεσίας (Ν. 4042/2012)	++	Επιτυγχάνεται το σύνολο των στόχων.	+	Επιτυγχάνονται εν μέρει οι στόχοι.	+	Επιτυγχάνονται εν μέρει οι στόχοι.
2. Προώθηση της ιεράρχησης των αποβλήτων – εξοικονόμηση πρώτων υλών και φυσικών πόρων	+++	Δράσεις πρόληψης – ενισχυμένη ανάκτηση υλικών μέσω οργανωμένων δράσεων ΔσΠ.	++	Γίνεται στοιχειώδης εξοικονόμηση πρώτων υλών μέσω των βασικών δράσεων ΔσΠ.	+++	Δράσεις πρόληψης – ενισχυμένη ανάκτηση υλικών μέσω οργανωμένων δράσεων ΔσΠ.
3. Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος & Ανθρώπινης Υγείας	+++	Καλύπτονται οι απαιτήσεις για την προστασία.	++	Καλύπτονται οι απαιτήσεις για την προστασία.	+++	Καλύπτονται οι απαιτήσεις για την προστασία.
4. Χρόνος Ωρίμανσης έργων	++	Σαφείς δράσεις & προδιαγραφές για την ωρίμανση των έργων και την άμεση υλοποίηση του σχεδίου.	+	Σαφείς δράσεις & προδιαγραφές για την ωρίμανση των έργων και την άμεση υλοποίηση του σχεδίου.	+	Σαφείς δράσεις & προδιαγραφές για την ωρίμανση των περισσότερων έργων και την άμεση υλοποίηση του σχεδίου.
5. Κοινωνικά Κριτήρια	+++	Θεωρείται ότι το κοινωνικό κριτήριο έχει υψηλότερο βαθμό σημαντικότητας (σε σχέση με το εναλλακτικό σενάριο).	+	Θεωρείται ότι το κοινωνικό κριτήριο έχει χαμηλότερο βαθμό σημαντικότητας (σε σχέση με το βασικό σενάριο).	+	Αν και αποτελεί βασικό άξονα προσέγγισης, δεν έχει αντίστοιχη ωριμότητα σε σχέση με το βασικό σενάριο.

Πίνακας 45: Ποιοτική αξιολόγηση των υπό εξέταση σεναρίων

5.5. Γενικά συμπεράσματα επί των μεθόδων επεξεργασίας και των σεναρίων

Για τη σύσταση των απορριμμάτων της Αττικής και με βάση τα κόστη που χρησιμοποιήθηκαν:

- Η ανακύκλωση σε ΚΔΑΥ και ειδικά σε ΣΕΔ, καθώς και η καύση με δευτερογενή καύσιμα όχι μόνο αποσβένουν τα κόστη τους αλλά αποφέρουν και έσοδα στον επενδυτή. Συγκεκριμένα, η καύση με ανάκτηση ενέργειας είναι ανταγωνιστική προς σχεδόν κάθε σύστημα ανακύκλωσης, αλλά δημιουργεί λιγότερες θέσεις εργασίας απ' ότι η ανακύκλωση και η κομποστοποίηση και δεν ανακτά τα υλικά που διατέθηκαν για την παραγωγή των αγαθών (σε αντίθεση με την ανακύκλωση).
- Η μηχανική επεξεργασία σε συνδυασμό με τεχνολογίες βιοξήρανσης και ανερόβιας χώνευσης οριακά δεν αποσβένουν τα κόστη τους.
- Η μηχανική επεξεργασία και κομποστοποίηση δεν αποσβένει το κόστος της.
- Η κομποστοποίηση γενικά δεν αποσβένει το κόστος της και ειδικά η κλειστή κομποστοποίηση είναι η λιγότερο οικονομικά βιώσιμη τεχνολογία.

Συνοπτικά για τα σενάρια προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα, όσον αφορά τη γενικότερη φιλοσοφία στην οποία βασίζονται:

- Το σενάριο της μηδενικής λύσης, σε αντίθεση με τα άλλα δύο σενάρια, δεν εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συμμετοχή των πολιτών σε προγράμματα ανακύκλωσης, διότι δίνει έμφαση στην ανάκτηση από σύμμεικτα.
- Το σενάριο των 4 ΜΚΟ είναι το πιο αισιόδοξο, διότι στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στη ΔσΠ και ανάκτηση των ανακυκλώσιμων ΑΣΑ.
- Το βασικό σενάριο αποτελεί μία ενδιάμεση λύση, αφού συνδυάζει τη συμμετοχή των πολιτών αλλά και την επεξεργασία συμμείκτων.

Παράρτημα

Διερεύνηση σεναρίου με έμφαση στην καύση δευτερογενών καυσίμων

Στο σενάριο αυτό γίνεται μια διερεύνηση των οικονομικών αποτελεσμάτων που μπορεί να επιφέρει η καύση/αποτέφρωση δευτερογενών καυσίμων σε μεγαλύτερη κλίμακα απ' ό τι προβλέπει το σενάριο της μηδενικής λύσης, το οποίο έχει αναλυθεί παραπάνω, με κύρια επιδίωξη την επίτευξη του στόχου της ΕΕ, ο οποίος αναφέρει ανάκτηση τουλάχιστον 50% στα βασικά ανακτήσιμα υλικά, όπως το χαρτί, το γυαλί, το πλαστικό, τα μέταλλα κτλ. Η διαχείριση ΑΣΑ που προτείνει το παρακάτω σενάριο έχει ομοιότητες τόσο με το βασικό σενάριο όσο και με τη μηδενική λύση,

Μεθοδολογική προσέγγιση

Η κύρια διαχείριση των απορριμμάτων του σεναρίου καύσης γίνεται μέσω 3 ΟΕΔΑ. Οι ΟΕΔΑ αυτές είναι στη Δυτική, Βορειοανατολική και Νοτιοανατολική Αττική. Σε κάθε ΟΕΔΑ γίνεται ολοκληρωμένη διαχείριση απορριμμάτων μέσω των ΜΕΑ που προβλέπονται (ΚΔΑΥ, ΕΜΑΚ, μονάδες κομποστοποίησης, μονάδες ΜΒΕ), καθώς και διάθεση στους ΧΥΤΥ. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται οι ανεπεξέργαστες ποσότητες απορριμμάτων που διατίθενται στους ΧΥΤΥ, οι οποίοι δέχονται κατά κύριο λόγο τα υπολείμματα από τις ΜΕΑ. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι ΜΕΑ των 3 ΟΕΔΑ:

ΟΕΔΑ Δυτικής Αττικής

Περιλαμβάνει:

- Τον ΧΥΤΥ Φυλής, ο οποίος δέχεται όλα τα υπολείμματα από τις ΜΕΑ Δυτικής Αττικής, καθώς και όλα τα μη ανακτήσιμα απορρίμματα, τα οποία δεν υφίστανται επεξεργασία (90.894 τόνοι).
- Το ΚΔΑΥ Ελευσίνας δυναμικότητας 40.000 τόνων/έτος μαζί με νέο ΚΔΑΥ δυναμικότητας 75.000 τόνων/έτος.
- Μονάδα ανοικτής κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών 80.000 τόνων/έτος.
- Μία μονάδα βιοξήρανσης σύμμεικτων ΑΣΑ δυναμικότητας 700.000 τόνων/έτος.
- Ένα νέο ΕΜΑΚ δυναμικότητας 400.000 τόνων/έτος μαζί με το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων δυναμικότητας 300.000 τόνων/έτος που λειτουργεί ήδη.

ΟΕΔΑ ΒΑ Αττικής

Η ΟΕΔΑ περιλαμβάνει:

- Έναν νέο ΧΥΤΥ με σχεδιαζόμενη ετήσια δυναμικότητα 127.000 τόνους, η οποία θα μειώνεται σταδιακά με την υλοποίηση και των υπόλοιπων έργων της ΟΕΔΑ.
- Ένα ΚΔΑΥ 72.500 τόνων/έτος,
- μία μονάδα ανοικτής κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών 40.000 τόνων/έτος και
- ένα νέο ΕΜΑΚ δυναμικότητας 127.500 τόνων/έτος.

ΟΕΔΑ ΝΑ Αττικής

- Έναν νέο ΧΥΤΥ αρχικής δυναμικότητας 127.000 τόνων/έτος,
- μία μονάδα ανοικτής κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών 40.000 τόνων/έτος και
- ένα νέο ΕΜΑΚ δυναμικότητας 127.500 τόνων/έτος.
- Τα έργα θα πλαισιώσουν το ήδη υπάρχον ΚΔΑΥ Κορωπίου ετήσιας δυναμικότητας 100.000 τόνων.

Λοιπές Δράσεις

Επιπλέον, προτείνονται προγράμματα ΔσΠ για τα ανακυκλώσιμα ίσης δυναμικότητας με αυτή των δύο νέων ΚΔΑΥ, δηλαδή 147.500 τόνων/έτος και ΔσΠ οργανικών αποβλήτων δυναμικότητας ίσης με τη δυναμικότητα των 3 νέων μονάδων κομποστοποίησης, δηλαδή 160.000 τόνων/έτος μέσω καφέ κάδου. Επίσης, για την αποτελεσματικότερη διακίνηση των απορριμμάτων στους χώρους επεξεργασίας προτείνεται η δημιουργία 3 κεντρικών ΣΜΑ. Ταυτόχρονα, προβλέπεται η δημιουργία 9 τοπικών ΣΜΑ.

Ακόμα, για την αξιοποίηση του RDF από το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων και του SRF από τη νέα μονάδα ΜΒΕ βιοξήρανσης προβλέπεται μία μονάδα θερμικής επεξεργασίας δυναμικότητας 342.000 τόνων/έτος. Παράλληλα, εκτιμάται και κόστος για την αποκατάσταση των ΧΑΔΑ στην Αττική.

Διαδικασία Υπολογισμών

Η διαδικασία υπολογισμών ακολουθεί τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην ενότητα 4.1.2.

Μια βασική διαφορά σε σχέση με το σενάριο της μηδενικής λύσης έγκειται στην αντικατάσταση των μονάδων ΜΒΕ αναερόβιας χώνευσης με ΕΜΑΚ ίδιας δυναμικότητας. Στα ΕΜΑΚ θα γίνεται αερόβια μηχανική και βιολογική επεξεργασία με ανάκτηση υλικών

χωρίς παραγωγή RDF. Επιλέγεται αυτή η μέθοδος ανάκτησης για να δοθεί έμφαση στην επαναχρησιμοποίηση – ανακύκλωση των ΑΣΑ. Στην εικόνα 7 της ενότητας 4.3.2. δίνεται σχηματικά η μοντελοποίηση της διεργασίας ανά τόνο εισερχόμενων απορριμμάτων.

Τα ποσοστά ανάκτησης για τα τρία νέα ΕΜΑΚ Λιοσίων δίνονται στον πίνακα 45. Σημειώνεται ότι και γι' αυτή την περίπτωση ο βαθμός ανάκτησης του κομπόστ θεωρείται ίσος με αυτόν που επιλέχθηκε για την κομποστοποίηση προδιαλεγμένων οργανικών (33,2% επί της σύστασης των οργανικών απορριμμάτων του ρεύματος συμμείκτων).

Τελικά ποσοστά ανάκτησης επί του αρχικού ρεύματος (%)			
Κομπόστ	16,3	Σίδηρος	1,2
Χαρτί	13,1	RDF	0
Πλαστικό	12,5	Σύνολο ανάκτησης	45,8
Γυαλί	2	Υπόλειμμα	38,8
Αλουμίνιο	0,7	Απώλειες	15,4

Πίνακας 46: Τελικά ποσοστά ανάκτησης για το 3 νέα ΕΜΑΚ

Ένα βασικό πλεονέκτημα που εμφανίζει το υπό εξέταση σενάριο είναι το ότι δεν χρειάζεται τα δευτερογενή καύσιμα RDF και SRF να σταλούν στις τσιμεντοβιομηχανίες για καύση, αφού αποτεφρώνονται στη μονάδα καύσης που μελετάται. Έτσι δεν καταβάλλεται το πόσο των 10 €/tn δευτερογενών καυσίμων, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χρημάτων για τις μονάδες επεξεργασίας συμμείκτων (μονάδα βιοξήρανσης 700.000 τόνων/έτος και ΕΜΑΚ 300.000 τόνων/έτος).

Από το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων παράγονται συνολικά 26.360 τόνοι RDF και από τη μονάδα ΜΒΕ Φυλής παράγονται συνολικά 315.260 τόνοι SRF. Η θερμογόνο δύναμη του RDF έχει μέση τιμή περίπου 15 MJ/kg, ενώ το SRF έχει θερμογόνο δύναμη 18 MJ/kg. Άρα το τελικό καύσιμο θα έχει θερμογόνο δύναμη που θα προκύπτει από την ακόλουθη εξίσωση:

$$Hu_B = \frac{m_{SRF} \times Hu_{SRF} + m_{RDF} \times Hu_{RDF}}{m_{SRF} + m_{RDF}} = 17,8 \text{ MJ/kg}$$

Παρόμοια με το σενάριο της μηδενικής λύσης, για τη μονάδα καύσης που δημιουργείται, επιλέγεται μία τυπική τιμή για τον βαθμό απόδοσής της: 27%. Θεωρώντας ότι η μονάδα θα λειτουργεί για 8000 ώρες/έτος (τυπική τιμή λειτουργίας για μονάδα καύσης), προκύπτει ότι η παροχή καυσίμου είναι 11,9 kg/s. Άρα η ηλεκτρική ισχύς και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη μονάδα σε ένα χρόνο είναι:

$$P_{el} = \eta * m_B * H_u = 0,27 * 3,5 * 18 = 56,9 \text{ MW}$$

$$W_{el} = P_{el} * 8000 \text{ h/year} = 455.200 \text{ MWh}$$

Η τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από RDF/SRF είναι 87,85 €/MWh. Επομένως, πολλαπλασιάζοντας την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια με την παραπάνω τιμή υπολογίζονται τα κύρια έσοδα της μονάδας.

Εύρεση ρεύματος για ταφή

Τα υπολείμματα από την επεξεργασία των απορριμμάτων καταλήγουν στους 3 ΧΥΤΥ. Όπως είναι λογικό, ο ΧΥΤΥ της κάθε ΟΕΔΑ δέχεται τα υπολείμματα των ΜΕΑ που υπάρχουν σε καθεμία. Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται αναλυτικά οι ποσότητες υπολειμμάτων που θάβονται σε κάθε ΧΥΤΥ:

Ρεύμα προς ταφή από κάθε τύπο μονάδων για κάθε ΧΥΤΥ					
	Μονάδες Κομποστοποίησης	ΚΔΑΥ	ΕΜΑΚ, μονάδες ΜΒΕ & Καύση	Μη Ανακτήσιμα	Σύνολο
ΧΥΤΥ Δ. Αττικής	19.000	48.300	362.200	90.900	520.400
ΧΥΤΥ ΝΑ Αττικής	9.500	42.000	40.450	0	91.950
ΧΥΤΥ ΒΑ Αττικής	9.500	30.400	40.450	0	80.350
Σύνολο	38.000	120.700	443.100	90.900	692.700

Πίνακας 47: Διάθεση απορριμμάτων σεναρίου καύσης

Για τα λοιπά μη ανακτήσιμα απορρίμματα (90.984 τόνοι) θεωρείται ότι εισέρχονται στο ΕΜΑΚ και τις μονάδες ΜΒΕ, δεν ανακτάται κάποια ποσότητα και ότι μπορούν να ταφούν ως υπολείμματα.

Ποσότητες και ποσοστά ανάκτησης

Με βάση τις ποσότητες που ανακτώνται με επεξεργασία στα ΣΕΔ, με επεξεργασία σε ΚΔΑΥ και μονάδες κομποστοποίησης, με επεξεργασία στο ΕΜΑΚ και τις μονάδες ΜΒΕ και λαμβάνοντας υπόψη τις ποσότητες που οδηγούνται για ταφή καθώς και τις απώλειες από την επεξεργασία των απορριμμάτων προκύπτει ο παρακάτω πίνακας που αποτελεί ένα ισοζύγιο μάζας για το παραπάνω σενάριο.

Μέθοδοι Διαχείρισης	Ποσότητες (tn/year)	Ποσοστά (%)
Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΣΕΔ	9.500	0,5
Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΚΔΑΥ, μονάδες κομποστοποίησης	219.870	11,6
Ανάκτηση με επεξεργασία σε ΕΜΑΚ και μονάδες ΜΒΕ	681.200	36
Τελική διάθεση (ταφή)	624.350	33
Απώλειες (υγρασία κλπ.)	358.700	18,9
Σύνολο	1.893.620	100

Πίνακας 48: Ποσότητες και ποσοστά ανάκτησης σεναρίου καύσης

Στη συνέχεια, με βάση τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα με τα ποσοστά διαχείρισης ΑΣΑ για το σενάριο καύσης:



Διάγραμμα 6: Ανάκτηση και Ταφή ΑΣΑ μηδενικής λύσης

Ανάλυση Κόστους

Η ανάλυση κόστους του σεναρίου αυτού σε σχέση με το σενάριο της μηδενικής λύσης διαφέρει μονάχα στον υπολογισμό του επενδυτικού και λειτουργικού κόστους του ΕΜΑΚ Λιοσίων. Ο υπολογισμός δίνεται από τις παρακάτω συναρτήσεις κόστους [26]:

$$IC = 100.884 * \frac{MSW}{1000} + 10.671.977$$

$$OC = 32.353 * \frac{MSW}{1000} + 1.608.123$$

Για τα δύο ΕΜΑΚ στη ΒΑ και ΝΑ Αττική ο υπολογισμός του επενδυτικού και λειτουργικού κόστους δίνεται από τις συναρτήσεις κόστους που δόθηκαν στην ενότητα 4.3.3. Ομοίως τα κόστη της μονάδας καύσης υπολογίζονται αντίστοιχα, όπως δόθηκαν στην ενότητα 4.1.3. Όλες οι υπόλοιπες εγκαταστάσεις παραμένουν अपαράλλαχτες οπότε η μεθοδολογία για τον υπολογισμό του κόστους τους είναι όπως στην ενότητα 4.1.3.

Η ανάλυση κόστους του σεναρίου που μελετάται δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

<i>Υπολογισμός της συνολικής ΚΠΑ για το σενάριο καύσης</i>						
Μονάδα	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	IC (€)	OC (€/έτος)	TC (€/τόνος)	ΑΙ (€/έτος)	ΚΠΑ (€)
Κομποστοποίησης ΝΑ Αττικής	40.000	5.480.000	420.000	22,4	371.800	-6.030.000
Κομποστοποίησης ΒΑ Αττικής	40.000	5.480.000	420.000	22,4	371.800	-6.030.000
Κομποστοποίησης Δυτικής Αττικής	80.000	8.480.000	840.000	19,7	743.700	-9.580.000
ΚΔΑΥ Δυτικής Αττικής	75.000	13.590.000	2.250.000	45,8	4.420.000	11.350.000
ΚΔΑΥ ΒΑ Αττικής	72.500	13.240.000	2.180.000	45,9	4.280.000	10.860.000
ΜΒΕ Φυλής	700.000	129.000.000	11.460.000	36,1	20.940.000	-20.260.000
ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων	400.000	51.030.000	12.210.000	48,4	12.510.000	-47.550.000
ΕΜΑΚ ΒΑ Αττικής	127.500	27.010.000	4.990.000	66,2	3.990.000	-38.470.000
ΕΜΑΚ ΝΑ Αττικής	127.500	27.010.000	4.990.000	66,2	3.990.000	-38.470.000

Καύσης	342.000	186.360.000	12.110.000	283,6	39.990.000	181.560.000
ΧΥΤΥ	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	IC (€)	OC (€/έτος)	Κόστος Μετ. (€)	TC (€/τόνος)	ΚΠΑ (€)
Κερατέας	127.000	16.100.000	292.400	3.900.000	22,6	-20.670.000
Γραμματικού	127.000	24.300.000	279.800	3.560.000	34	-28.620.000
Λοιπές Δράσεις	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	IC (€)	-	-	-	ΚΠΑ (€)
Προγράμματα ΔσΠ Ανακυκλώσιμων και Οργανικών	307.500	25.000.000	-	-	-	-25.000.000
ΣΜΑ Ελαιώνα	-	12.500.000	-	-	-	-12.500.000
ΣΜΑ Ελληνικού	-	12.500.000	-	-	-	-12.500.000
ΣΜΑ Υμηττού	-	12.500.000	-	-	-	-12.500.000
9 ΤΣΜΑ	-	5.000.000	-	-	-	-5.000.000
ΧΥΤΥ Κύθηρα	-	3.200.000	-	-	-	-3.200.000
ΧΥΤΥ Αντικύθηρα	-	300.000	-	-	-	-300.000
Αποκατάσταση ΧΑΔΑ		20.000.000	-	-	-	-20.000.000
Έσοδα λόγω αποφυγής καταβολής του τέλους ταφής						619.870.000
<u>Συνολική ΚΠΑ Μηδενικής λύσης</u>						534.500.000

Πίνακας 49: Συνολική ΚΠΑ για το σενάριο καύσης

Βασικά οικονομικά στοιχεία σεναρίου καύσης

Εκτός από την ΚΠΑ μελλοντικών μονάδων και δράσεων υπολογίζονται η ΚΠΑ συνολικών μονάδων και δράσεων, ο δείκτης ΕΠΑ και το επενδυτικό κόστος της επένδυσης. Οι δείκτες αυτοί προκύπτουν με τρόπο που έχει εξηγηθεί στην ενότητα 5.1. Ακολουθεί αναλυτικός πίνακας:

Βασικά οικονομικά στοιχεία σεναρίου καύσης	
<i>ΚΠΑ Όλων (€)</i>	470.750.000
<i>Επενδυτικό Κόστος (€)</i>	603.080.000
<i>ΕΠΑ (%)</i>	15,2

Πίνακας 50: Βασικά οικονομικά στοιχεία σεναρίου καύσης

Οικονομική σύγκριση σεναρίου καύσης με τα προτεινόμενα από τον ΠΕΣΔΑ σενάρια

- Σύγκριση ΚΠΑ (Δες πίνακες 39 και 49): Τόσο η ΚΠΑ Μελλοντικών όσο και η ΚΠΑ Όλων των μονάδων – δράσεων του σεναρίου καύσης είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των 3 προτεινόμενων σεναρίων. Βασικό ρόλο παίζει η επέκταση της μονάδας καύσης, αφού όπως έχει τονιστεί η καύση όχι μόνο αποσβένει τα κόστη της αλλά αποφέρει και έσοδα στον επενδυτή.
- Σύγκριση επενδυτικού κόστους (Δες πίνακες 40 και 49): Το επενδυτικό κόστος του σεναρίου είναι αρκετά μεγαλύτερο από τα υπόλοιπα σενάρια κάτι για το οποίο ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό η μονάδα καύσης.
- Σύγκριση ΕΠΑ (Δες πίνακες 41 και 49): Λόγω του υψηλού επενδυτικού κόστους, ο συντελεστής ΕΠΑ δεν εμφανίζει ουσιαστική διαφορά από το σενάριο της μηδενικής λύσης. Παρόλα αυτά, το σενάριο της καύσης έχει το χαμηλότερο δείκτη ΕΠΑ συγκριτικά με τα τρία προτεινόμενα σενάρια.

Ποσότητες ανάκτησης υλικών

Για το σενάριο της καύσης προκύπτει ο παρακάτω πίνακας ανάκτησης υλικών (σε παρένθεση δίνονται τα ποσοστά επί του συνολικού ρεύματος απορριμμάτων):

Ποσότητες ανάκτησης υλικών (tn/year)	
<i>Ανακυκλώσιμα</i>	388.310 (20,5%)
<i>Κομπόστ</i>	180.640 (9,5%)
<i>Καύσιμα</i>	341.620 (18,1%)
Σύνολο	910.570 (48,1%)

Πίνακας 51: Ποσότητες ανάκτησης υλικών σεναρίου καύσης

Έλεγχος επίτευξης στόχου E.E. για την επαναχρησιμοποίηση – ανακύκλωση ΑΣΑ

Με βάση τον παραπάνω τρόπο διαχείρισης που επιλέγεται το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης - ανακύκλωσης φτάνει το 45,1% του συνόλου των ανακυκλώσιμων υλικών, κάτι που σημαίνει ότι ο στόχος δεν επιτυγχάνεται. Για την επίτευξη του στόχου προτείνεται η παράλληλη λειτουργία ΣΕΔ με τις υπόλοιπες εγκαταστάσεις επεξεργασίας που προτείνονται από το σενάριο.



Εικόνα 8: Άποψη του ΧΥΤΑ Φυλής από την επίσκεψη του 5^{ου} έτους Μηχανολόγων Μηχανικών στις 22/12/2016

Βιβλιογραφία

1. Ανδρέας Ανδρεαδάκης, Μαρίνα Πανταζίδου, Αντώνης Σταθόπουλος, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ. 2008.
2. ΕΕΔΣΑ. *Τεχνικές Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων*. 2006-2011: <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=96>
3. ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Σ. ΚΟΛΛΙΑΣ, ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ. 2004.
4. ΕΟΑΝ. *Τι υλικά ανακυκλώνουμε*. 2017: <https://www.eoan.gr/el/content/20/ti-ulika-anakuklonoume>
5. Αθανάσιος Γ. Κούγκολος, *ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ*. 2007.
6. Ευάγγελος Τερζής, *Διαχείριση Απορριμμάτων*. 2009.
7. Ευθύμιος Νταρακάς, *Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων*. 2014.
8. ΑΔΑΜΑΝΤΙΟΣ Δ. ΣΚΟΡΔΙΛΗΣ, *Εισαγωγή στην επεξεργασία των απορριμμάτων 'Μηχανική διαλογή'*. 1990.
9. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Χ. ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, *ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ*. 2002.
10. Εμμανουήλ Κακαράς, Σωτήριος Καρέλλας, *Αντιρρυπαντική Τεχνολογία Θερμικών Σταθμών*. 2014.
11. ΑΔΑΜΑΝΤΙΟΣ Δ. ΣΚΟΡΔΙΛΗΣ, *Η ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ RDF*. 1997.
12. ΑΔΑΜΑΝΤΙΟΣ Δ. ΣΚΟΡΔΙΛΗΣ, *τεχνολογίες διάθεσης απορριμμάτων 'Η ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ'*. 1993.
13. George Tchobanoglous, Hilary Theisen, *INTEGRATIVE SOLID WASTE MANAGEMENT*. 1993.
14. Paul T. Williams, *Waste Treatment and Disposal*. 2000.
15. ΕΣΔΝΑ, *ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (Π.Ε.Σ.Δ.Α.) ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ*. 2006.
16. ΕΣΔΝΑ, *ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ 2η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΣΔΑ ΑΤΤΙΚΗΣ*. 2016.
17. Αποφ. 414 ΕΓΚΡΙΣΗ 2^{ης} ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ ΠΕΣΔΑ. 2016.
18. ΟΔΗΓΙΑ 2008/98/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ. 2008.
19. ΕΟΑΝ. ΑΗΗΕ. 2017: <https://www.eoan.gr/el/content/13/apovlita-eidon-ilektrikou-ilektronikou-exoplismou-ahhe>
20. ΕΟΑΝ. ΗΣ&Σ. 2017: <https://www.eoan.gr/el/content/12/apovlita-ilektrikon-stilon-is-sussoreuton>
21. Ι.Φραντζής & Συνεργάτες ΕΠΕ, *Μελέτη Κόστους-Οφέλους*. 2011.
22. Κ/Ξ ENVIROPLAN ΑΕ - ΕΠΕΜ ΑΕ - Ι.Φραντζής & Συνεργάτες ΕΠΕ, *ΜΕΛΕΤΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΤΤΙΚΗΣ*. 2008.
23. ΕCORAΡ ΑΕ, *Αγορά - Διάθεση Ανακυκλώσιμων Υλικών & Υπολειμμάτων ΚΔΑΥ*. 2013.
24. ΕΠΠΕΡΑΑ, *Οδηγός Λειτουργίας ανοιχτών εγκαταστάσεων κομποστοποίησης (αερόβια απεξεργασία) προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων*. 2014.
25. James W. Levis and Morton A. Barlaz, *Composting Process Model Documentation*. 2013.
26. ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ ΠΑΓΩΤΕΛΗΣ, *ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ*. 2008.
27. Alexander P. Economopoulos, *Technoeconomic aspects of alternative municipal solid waste treatment methods*. 2009.
28. Αλέξανδρος Π. Οικονομόπουλος, *Διαμόρφωση και συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών εθνικών σχεδίων διαχείρισης αστικών απορριμμάτων*. 2009.

29. Χρήστος Ζαφείρης, *Ενεργειακή Αξιοποίηση του Βιοαερίου: Τάσεις και προοπτικές*.
30. National Renewable Energy Laboratory, *Biogas Resources Characterization*. 2010.
31. Αλεξάνδρα Ξενοφώντος, Βιβλιογραφική μελέτη της θερμικής επεξεργασίας των αστικών στερών απορριμμάτων. 2016.
32. Δημήτριος Χ. Παναγιωτακόπουλος, *ΣΥΣΤΗΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ*. 2008.
33. Dimitrios P. Komilis, *Full cost accounting on existing and future municipal solid waste management facilities in Greece*. 2014.
34. Konstantina Tsilemou, Dimitrios Panagiotakopoulos, *Economic Assessment of Mechanical-Biological Treatment Facilities*. 2007.
35. Αδαμάντιος Δ. Σκορδίλης, *Η ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων στην κοινωνία της Ανακύκλωσης*, ΤΕΕ. 2006.
36. Rob van Haaren, *Large scale aerobic composting of source-separated organic wastes: A comparative study of environmental impacts, costs, and contextual effects*. 2009.
37. ΕΡΕΜ S.A., *Cost of Waste Treatment Technologies*: <http://www.epem.gr/waste-control/database/default.htm>
38. DEFRA, *Technology Fact Sheet: Mechanical-Biological Treatment (MBT)*. 2007.
39. ECOTEC RESEARCH & CONSULTING, *Costs for Municipal Waste Management in the EU*. 2002.
40. Νικόλαος Γρηγορόπουλος, *Συναρτήσεις Κόστους και Υπολογισμός Όγκου Διασταλλαγμάτων, Διαρροών και εκπομπών από ΧΥΤΑ*. 2003.
41. ΟΕΑ, GREENPEACE, WWF, Μεσόγειος SOS, *ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ*. 2010.
42. GREENAGENDA. Από το 2018 το τέλος ταφής σκουπιδιών. 2017: <http://greenagenda.gr/%CE%B1%CF%80%CF%8C-%CF%84%CE%BF-2018-%CF%84%CE%BF-%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%BF%CF%82-%CF%84%CE%B1%CF%86%CE%AE%CF%82-%CF%83%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%80%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CF%8E%CE%BD/>
43. WATT S.A., *ΚΔΑΥ ΚΡΩΠΙΑΣ*: <http://watt.com.gr/egkatastaseis/kdau-kropias.aspx>
44. Ελένη Δερνιτσιώτη, *ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ: ΚΕΝΤΡΟ ΔΙΑΛΟΓΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΔΗΜΟΥ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ*. 2011

Γενική Βιβλιογραφία

- Christian Ludwig, Stefanie Hellweg, Samuel Stucki, *Municipal Solid Waste Management*. 2003.
- Frank Kreith, *Handbook of Solid Waste Management*
- T. Rand, J. Haukohl, U. Marxen, *Municipal Solid Waste Incineration*. 2000.
- George Tchobanoglous, Hilary Theisen, *INTEGRATIVE SOLID WASTE MANAGEMENT*. 1993.
- Εμμανουήλ Κακαράς, Σωτήριος Καρέλλας, *Αποκεντρωμένα Θερμικά Συστήματα*. 2015.
- Κ. Αραβώσης, Αθ. Καρμπέρης, Αν. Σωτήρχος, *Τεχνικοοικονομική Αξιολόγηση Επενδύσεων*. 2011.
- Κωνσταντίνος Αραβώσης, *Κατάρτιση & Αξιολόγηση Επενδυτικών Σχεδίων & Προγραμμάτων*. 2011.

- Σωτήρης Κ. Καρβούνης, *Μεθοδολογία, τεχνικές και θεωρία για οικονομοτεχνικές μελέτες*. 2006.
- Ευαγγελία Π. Βαρελά, *ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ*. 2011.
- Αλέξανδρος Μήτσικας, *Ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης και ανάπτυξη σχεδίου για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των απορριμμάτων του Δήμου Ζαχάρως*. 2015