

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ IV: ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ**



# **Ανακύκλωση ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ηλίας Καταβούτας**

**Επιβλέπων: Ανδρέας Γ. Ανδρεόπουλος**  
**Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**Αθήνα**

**2015**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές αποτελούν ένα από τα βασικότερα στοιχεία εξοπλισμού των σημερινών νοικοκυριών και παραγωγικών μονάδων. Με την πάροδο του χρόνου τόσο ο ρυθμός αντικατάστασης τους όσο και η ανάγκη προσθήκης καινούργιων προϊόντων αυξάνονται. Οι διατάξεις αυτές χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα στην κατασκευή τους ενώ περιλαμβάνουν πληθώρα και ποικιλία υλικών. Ορισμένα από αυτά τα υλικά, όπως μέταλλα ή κάποια πλαστικά, είναι τελείως ακίνδυνα όταν λειτουργούν οι συσκευές. Όταν όμως οι συσκευές φτάσουν στο τέλος της ζωής τους μετατρέπονται σε απόβλητα πολλά από τα οποία είναι τοξικά και ένα μέρος από αυτά τα υλικά μπορούν να διασκορπισθούν και να γίνουν επικίνδυνα για το περιβάλλον. Παραδείγματα τέτοιων υλικών είναι το κάδμιο, ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, το βηρύλλιο, αλογόνα που περιέχονται στους επιβραδυντές καύσης καθώς και ραδιενεργά στοιχεία. Παράλληλα, ο όγκος όμως των πλαστικών αποτελεί πρόβλημα και, κατά συνέπεια, η διαχείρισή τους με περιβαλλοντικά κριτήρια είναι απαραίτητη. Η ανακύκλωση είναι μια ασφαλής περιβαλλοντικά μέθοδος, συγκρινόμενη με άλλες μεθόδους επεξεργασίας αποβλήτων, όπως η αποτέφρωση ή η ταφή.

Σήμερα, δεδομένου ότι ο πολλαπλασιασμός και η εξέλιξη των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών συμβαίνει ταχύτερα από ποτέ, η ανάγκη για αποτελεσματική ανακύκλωση τους είναι κρίσιμη. Άλλωστε με την ανακύκλωση υπάρχουν σημαντικά οφέλη καθώς εξοικονομούνται φυσικοί πόροι και ενέργεια, προστατεύεται το περιβάλλον και διαφυλάσσεται η υγεία των ανθρώπων και των έμβιων οργανισμών. Ακόμη μειώνεται η ποσότητα των απορριμμάτων που χρειάζεται επεξεργασία, ενώ παράλληλα προωθείται η ανάκτηση πολύτιμων υλικών και υλικών με υψηλή προστιθέμενη αξία.

Η ανακύκλωση λοιπόν συνεισφέρει στην προστασία του περιβάλλοντος και αποτελεί πηγή εθνικής οικονομικής ανάπτυξης και δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας. Μια συμβολή στην κατεύθυνση αυτή αποτελεί και η παρούσα διπλωματική εργασία, η οποία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Τεχνολογίας Πολυμερών της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Ε. Μ. Πολυτεχνείου και μελετά τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα της άμεσης μηχανικής ανακύκλωσης πλαστικών από τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Με την ολοκλήρωση της εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Ανδρέα Ανδρεόπουλο για την εμπιστοσύνη του να μου αναθέσει την εργασία αυτή και την καθοδήγησή του το χρονικό διάστημα παραμονής μου στο εργαστήριο. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής Καθηγήτρια κα Π. Βασιλείου και Αναπλ. Καθηγήτρια κα Π. Ταραντίλη για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσαν για τις συμβουλές και την βοήθειά τους. Δε θα μπορούσα βέβαια να παραλείψω την υποψήφια διδάκτορα κα Μαριάννα Τριάντου

για την αμέριστη βοήθειά της και τεχνική της καθοδήγηση για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Ηλίας Καταβούτας

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση στο ζήτημα της ανακύκλωσης ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι μια κατηγορία αποβλήτων ταχύτατης ανάπτυξης που εγκυμονούν μεγάλους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον λόγω κάποιων επικίνδυνων χημικών ουσιών. Επιπλέον, περιέχουν υλικά (θερμοπλαστικά) υψηλής προστιθέμενης αξίας η ανακύκλωση των οποίων αποφέρει πολλαπλά οφέλη.

Στο πρώτο κεφάλαιο συζητήθηκε το ζήτημα της διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων. Αναφέρθηκαν οι κατηγορίες αυτών και η υφιστάμενη κατάσταση με βάση την παραγωγή και τη διαχείριση σε Ευρώπη και Ελλάδα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δόθηκαν κάποια επικαιροποιημένα στοιχεία γύρω από το θέμα της ανακύκλωσης γενικά καθώς και πιο αναλυτικά στοιχεία για κάθε ανακυκλώσιμο υλικό μεμονωμένα (χαρτί, γυαλί, πλαστικά κτλ). Έγινε ιδιαίτερη αναφορά στις συσκευασίες καθώς αποτελεί ζήτημα μεγάλου ενδιαφέροντος.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύχθηκε το κυρίως ζήτημα αυτής της εργασίας που είναι η ανακύκλωση του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Δόθηκαν ορισμοί, στοιχεία από τη νομοθεσία σύμφωνα με το ευρωπαϊκό και ελληνικό πλαίσιο, στατιστικά στοιχεία και αναλύθηκαν μέθοδοι και τεχνικές ανακύκλωσης των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο πριν τα συμπεράσματα, δόθηκε βαρύτητα στα θερμοπλαστικά υλικά του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και το ζήτημα εξειδικεύτηκε στην ανακύκλωση αυτών. Δεδομένου ότι αποτελούν υλικά υψηλής προστιθέμενης αξίας παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον έρευνας και για αυτό παρατέθηκαν κάποια πειράματα και αποτελέσματα μετρήσεων και ελέγχων, με στόχο τη διερεύνηση των μηχανικών και θερμικών ιδιοτήτων τους.

## **ABSTRACT**

This thesis includes a literature review on the issue of recycling of electrical and electronic equipment. Waste of Electrical and Electronic Equipment is the fastest growing category of waste, posing great risks to human health and the environment from certain hazardous chemicals. On the other hand, contained materials (thermoplastic) of high added value, may produce multiple benefits when recycled.

The first chapter discusses the issue of management of municipal solid waste. The waste categories and the current situation based on the production and management in Europe and Greece were reported.

The second chapter provided some updated information on the subject of recycling in general, as well as some more detailed information on each individual recyclable material (paper, glass, plastic, etc.). Specific reference was made to containers, as a matter of great interest.

In the third chapter the main issue of this work, i.e. the recycling of electrical and electronic equipment, was developed. Definitions, elements of the legislation in accordance with European and Greek context, statistics and detailed methods and techniques of recycling of electrical and electronic equipment waste were given.

In the fourth and final chapter before the conclusions, emphasis was given to the thermoplastic materials of electrical and electronic equipment and the issue has specialized in recycling them. As high-value materials are of particular interest, for this research some experiments accompanied by tests and measurements were included in order to investigate the mechanical and thermal properties of these materials.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |     |
|--|-----|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....   | i   |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....   | iii |
| ABSTRACT.....  | iv  |
| 1. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΑΣΑ).....         | 1   |
| 1.1. Εισαγωγή .....  | 1   |
| 1.2. Κατηγορίες απορριμμάτων .....                         | 1   |
| 1.3. Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ).....                     | 2   |
| 1.4. Παραγωγή και διαχείριση αστικών αποβλήτων .....       | 4   |
| 1.4.1. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ευρώπη.....               | 4   |
| 1.4.2. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα.....               | 5   |
| Βιβλιογραφία .....   | 9   |
| 2. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ - ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....                      | 11  |
| 2.1. Εισαγωγή .....  | 11  |
| 2.2. Ανακυκλώσιμα στερεά απόβλητα.....                     | 12  |
| 2.2.1. Χαρτί.....  | 13  |
| 2.2.2. Γυαλί.....  | 14  |
| 2.2.3. Σιδηρούχα μέταλλα.....                              | 17  |
| 2.2.4. Αλουμίνιο.....                                      | 18  |
| 2.2.5. Πλαστικά.....                                       | 19  |
| 2.2.6. Ζυμώσιμο κλάσμα .....                               | 21  |
| 2.2.7. Ελαστικά.....                                       | 23  |
| 2.2.8. Μπαταρίες.....                                      | 23  |
| 2.2.9. Υλικά οικοδομών .....                               | 24  |
| 2.3. Συσκευασίες.....                                      | 24  |
| 2.3.1. Νομικό πλαίσιο .....                                | 24  |
| 2.3.2. Συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης .....            | 25  |
| 2.3.3. Στατιστικά στοιχεία .....                           | 26  |
| Βιβλιογραφία .....   | 29  |
| 3. Ανακύκλωση ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού ..... | 31  |
| 3.1. Εισαγωγή .....  | 31  |
| 3.2. Νομοθεσία.....  | 32  |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.1. Ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο .....  | 32 |
| 3.2.2. Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο .....   | 32 |
| 3.3. Στατιστικά στοιχεία .....  | 35 |
| 3.4. Μέθοδοι επεξεργασίας ΑΗΗΕ.....   | 37 |
| 3.4.1. Ανακύκλωση Κλειστού τύπου (Ανάκτηση προϊόντων ή εξαρτημάτων τους).....         | 37 |
| 3.4.2. Ανακύκλωση Ανοικτού τύπου (Ανάκτηση υλικών) .....                              | 38 |
| 3.5. Είδη τεχνικών ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ .....   | 39 |
| 3.5.1. Τεμαχισμός – Διαχωρισμός .....   | 39 |
| 3.5.2. Μεταλλουργική επεξεργασία.....   | 45 |
| 3.5.3. Ελεγχόμενη αποσυναρμολόγηση.....   | 45 |
| Βιβλιογραφία .....  | 46 |
| 4. Θερμοπλαστικά Πολυμερή .....   | 47 |
| 4.1.Εισαγωγή .....  | 47 |
| 4.2. Πρωτογενής-Δευτερογενής-Τριτογενής-Τεταρτογενής Ανακύκλωση Πλαστικών .....       | 49 |
| 4.3. Ανακύκλωση Υλικών με Υψηλή Προστιθέμενη Αξία .....                               | 50 |
| 4.3.1. Μίγματα ABS με ορυκτή άργιλο .....   | 51 |
| 4.3.2. Μίγματα ABS με άργιλο και πολυανθρακικά πολυμερή (PC) .....                    | 57 |
| Βιβλιογραφία .....  | 65 |
| 5. Συμπεράσματα .....   | 66 |
| 5.1.Γενικά συμπεράσματα .....   | 66 |
| 5.2. Ειδικά Συμπεράσματα για τη μηχανική ανακύκλωση μιγμάτων πλαστικών από ΑΗΗΕ ..... | 67 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι .....   | 68 |





# 1. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΑΣΑ)

## 1.1. Εισαγωγή

### *Απορρίμματα*

Ορισμός: Τα απορρίμματα (στερεά απόβλητα) δεν είναι τίποτε άλλο από υλικά ή αντικείμενα που βρίσκονται σε στερεή κατάσταση (με λίγη ή αρκετή υγρασία αλλά όχι ρευστά) και, τα οποία ο άνθρωπος θεωρεί άχρηστα, δηλαδή ότι δεν έχουν απολύτως καμία χρησιμότητα και αξία. Άρα πρόκειται για υλικά που επιθυμεί να απομακρυνθούν από κοντά του, καθώς είτε του καταλαμβάνουν το χώρο, είτε του προσβάλλουν την αισθητική ή ακόμα φαίνεται να αποτελούν κίνδυνο για την υγεία του. Η σύσταση των απορριμμάτων είναι ανάλογη προς το βιοτικό επίπεδο, την κινητικότητα του αστικού πληθυσμού, τα καταναλωτικά πρότυπα και τις εποχές του έτους [1].

## 1.2. Κατηγορίες απορριμμάτων

Τα απορρίμματα (στερεά απόβλητα) χωρίζονται σε γενικές κατηγορίες ανάλογα με την προέλευσή τους. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- **Αστικά**. Περιλαμβάνουν αυτά που παράγονται, ως επί το πλείστον, εντός ενός οικισμού, εξαιρουμένων των εργοστασίων, βιοτεχνιών και βιομηχανιών που μπορεί να βρίσκονται μέσα στον οικισμό (*Βλέπε 1.3*).
- **Βιομηχανικά**. Προκύπτουν από όλες τις βιοτεχνικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Τέτοιες μπορεί να προέρχονται από μικρές μονάδες (ξυλουργεία, σιδηρουργεία, συνεργεία αυτοκινήτων, τυπογραφεία, κ.α.) μέχρι μεγάλες βιομηχανίες (αυτοκινητοβιομηχανίες, βιομηχανίες όπλων, χημικές βιομηχανίες, κλωστοϋφαντουργεία, κ.α.). Η ποικιλία των υλικών που παράγεται από αυτές τις μονάδες είναι πολύ μεγάλη. Τα βιομηχανικά απόβλητα διακρίνονται στα επικίνδυνα και στα μη επικίνδυνα. Τα μη επικίνδυνα προέρχονται από βιομηχανικές δραστηριότητες, τόσο από την ίδια την παραγωγική διαδικασία όσο και τα απορρίμματα εκείνα που μοιάζουν με τα οικιακά.
- **Αγροτικά**. Παράγονται από τις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Είναι, κυρίως, υπολείμματα προϊόντων, ποσότητες προϊόντων που δεν

καταλήγουν στην αγορά, σακιά από λιπάσματα, μπουκάλια από φυτοφάρμακα, συσκευασίες από τροφές ζώων, κ.α.

- **Μεταλλευτικά - Λατομικά.** Είναι όλα τα πρωτογενή υλικά από τα λατομεία και τα ορυχεία που μένουν αναξιοποίητα (αδρανή υλικά, υπολείμματα μετάλλων, κ.α.) [2].

### 1.3. Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ)

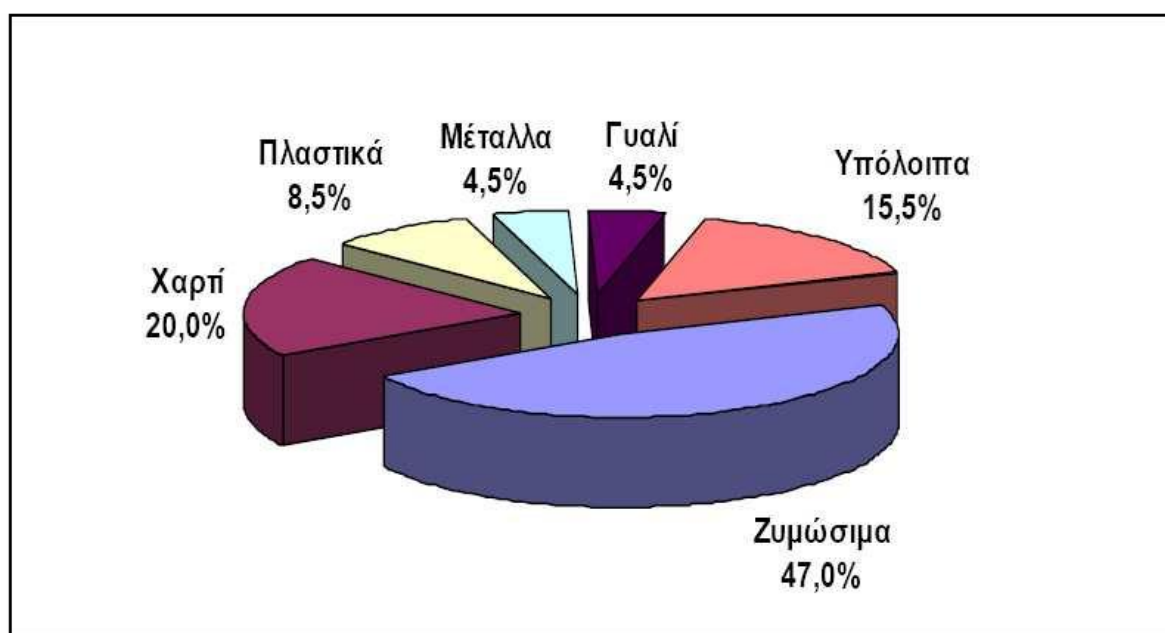
Τα αστικά στερεά απόβλητα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- **Οικιακά.** Παράγονται μέσα στο σπίτι αλλά και στον κήπο του. Τέτοια είναι τα υπολείμματα τροφής (ζυμώσιμα), χαρτιά, γυαλιά, πλαστικά, υφάσματα, κονσερβοκούτια, κουτιά αναψυκτικών, άλλα μέταλλα, διάφορες συσκευασίες, μπαταρίες, στάχτες, απορρίμματα κηπουρικής (ξύλα, φύλλα, χόματα, κλπ), ακόμα και λάστιχα αυτοκινήτων, ψυγεία, πλυντήρια, τηλεοράσεις, κουτιά από φάρμακα, είδη Η/Υ (toner, μελάνια, δισκέτες, κλπ.) και άλλα πολλά.
- **Εμπορικά.** Παράγονται από εμπορικά καταστήματα, γραφεία, ξενοδοχεία, εστιατόρια, κ.α. Συνήθως αποτελούνται από χαρτιά, υπολείμματα τροφής, πλαστικά, γυαλιά, μέταλλα, υφάσματα κ.ά.
- **Νοσοκομειακά.** Είναι τα απορρίμματα των νοσοκομείων, ιατρικών κέντρων, κλινικών, ιατρείων, γηροκομείων, κλπ. Συχνά τα κατατάσσουμε ως ανεξάρτητη κατηγορία, διότι ακολουθούν μια ιδιαίτερη επεξεργασία. Περιλαμβάνουν σε μεγάλη αναλογία φαρμακευτικά είδη, όπως κουτιά και μπουκάλια από φάρμακα, γάζες, βαμβάκι, κ.α. Διακρίνονται σε τρεις υποκατηγορίες: τα προσομοιάζοντα με τα οικιακά (συσκευασίες, απόβλητα κυλικείων κ.λπ.), τα μολυσματικά απόβλητα (όσα φέρουν παθογόνους παράγοντες, όπως γάζες μολυσμένες, μέλη σώματος, κόπρανα πειραματόζωων κ.λπ.) και τα ειδικά απόβλητα (αιχμηρά αντικείμενα, ραδιενεργά, τοξικά κ.λπ.).
- **Οικοδομών.** Απορρίμματα από τις οικοδομικές εργασίες που προέρχονται από ανεγέρσεις και κατεδαφίσεις. Τέτοια υλικά είναι, κατά κύριο λόγο τσιμέντο, ξύλα, μέταλλα (σίδηρο, ατσάλι, κλπ), νάιλον, κ.α.
- **Δημοτικά.** Προκύπτουν από το καθάρισμα των δρόμων, των πάρκων, των ακτών και άλλων περιοχών αναψυχής. Σ' αυτά μπορούμε να συναντήσουμε χαρτιά, πλαστικά, γυαλιά, χόρτα, ξύλα, ακόμα και φύκια που έχουν ξεβράσει στην ακτή [2,3].

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση είναι συμβατική και όχι αυτή που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Μπορούμε, για παράδειγμα, να κατηγοριοποιήσουμε τα ΑΣΑ ανεξάρτητα από την προέλευσή τους. Ακόμα, μπορούμε να διαχωρίσουμε τα επιμέρους υλικά που

αναφέραμε, σε υποκατηγορίες ή να τα συμπύξουμε σε άλλες μεγαλύτερες κατηγορίες.

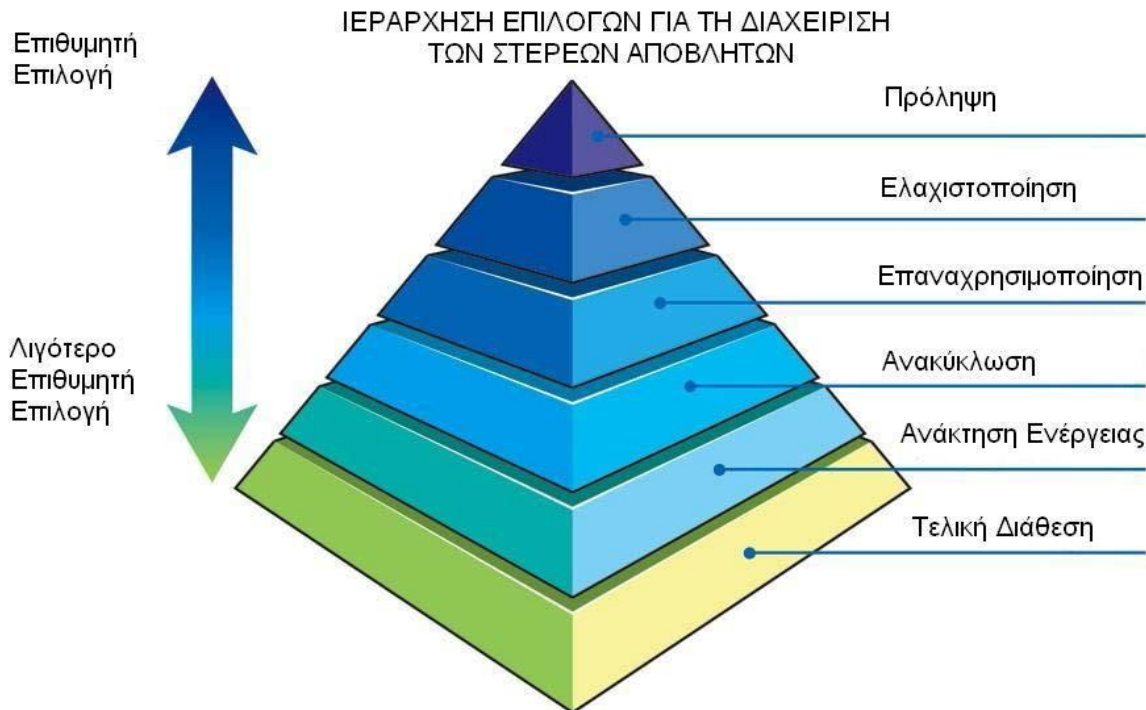
Τα χαρτιά μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα με το πάχος τους (χαρτόνια, χαρτιά) και ανάλογα με την ποιότητα και την σύνθεσή τους (κόλλες αναφοράς, εφημερίδες, μηχανογραφικό, illustration, κλπ.). Τα πλαστικά συνήθως τα χωρίζουμε σε έξι κύριες κατηγορίες. Συχνότερα συναντούμε το PET (τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο) και το PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο) ενώ σε λιγότερες περιπτώσεις συναντούμε το PS (πολυστερένιο), το PP (πολυπροπυλένιο), το LDPE (χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο), το HDPE (υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο) και ορισμένα άλλα που είναι μίγματα ουσιών. Ως μέταλλα ορίζουμε το σύνολο των μεταλλικών υλικών που απαντώνται στα απορρίμματα. Δόκιμος είναι ένας διαχωρισμός σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων), με τα τελευταία να έχουν ως κυριότερο αντιπρόσωπο το αλουμίνιο. Η διαχείριση αποβλήτου γυαλιού στη χώρα μας πάσχει κυρίως από την έλλειψη υαλοφυαγίων, κυρίως σε περιοχές μακριά από την Αττική. Είναι δόκιμος ο διαχωρισμός σε λευκό, καφέ και πράσινο γυαλί, όσον αφορά την ανακύκλωση, καθώς η παραγωγή καφέ και λευκού γυαλιού απαιτεί υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος [4].



Εικόνα 1.1. Μέση σύσταση στερεών αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα  
[Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας]

## 1.4. Παραγωγή και διαχείριση αστικών αποβλήτων

### 1.4.1. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ευρώπη



Εικόνα 1.2. Ιεράρχηση επιλογών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων [5]

Στον πυρήνα της Ευρώπης των «15», ο παραγόμενος όγκος σκουπιδιών ανά άτομο κάθε χρόνο είναι 564 κιλά ενώ οι πολίτες των νέων μελών από την Κεντρική και τη Νοτιοανατολική Ευρώπη παράγουν πολύ μικρότερο όγκο σκουπιδιών, ο οποίος είναι 369 κιλά ανά κάτοικο. Το έτος 2008, σε κάθε Ευρωπαίο αναλογούν 522 κιλά σκουπίδια (στην Ευρώπη των «27») από την κατανάλωση τροφών, τις συσκευασίες των προϊόντων και τις εν γένει καταναλωτικές δραστηριότητες της καθημερινότητας.

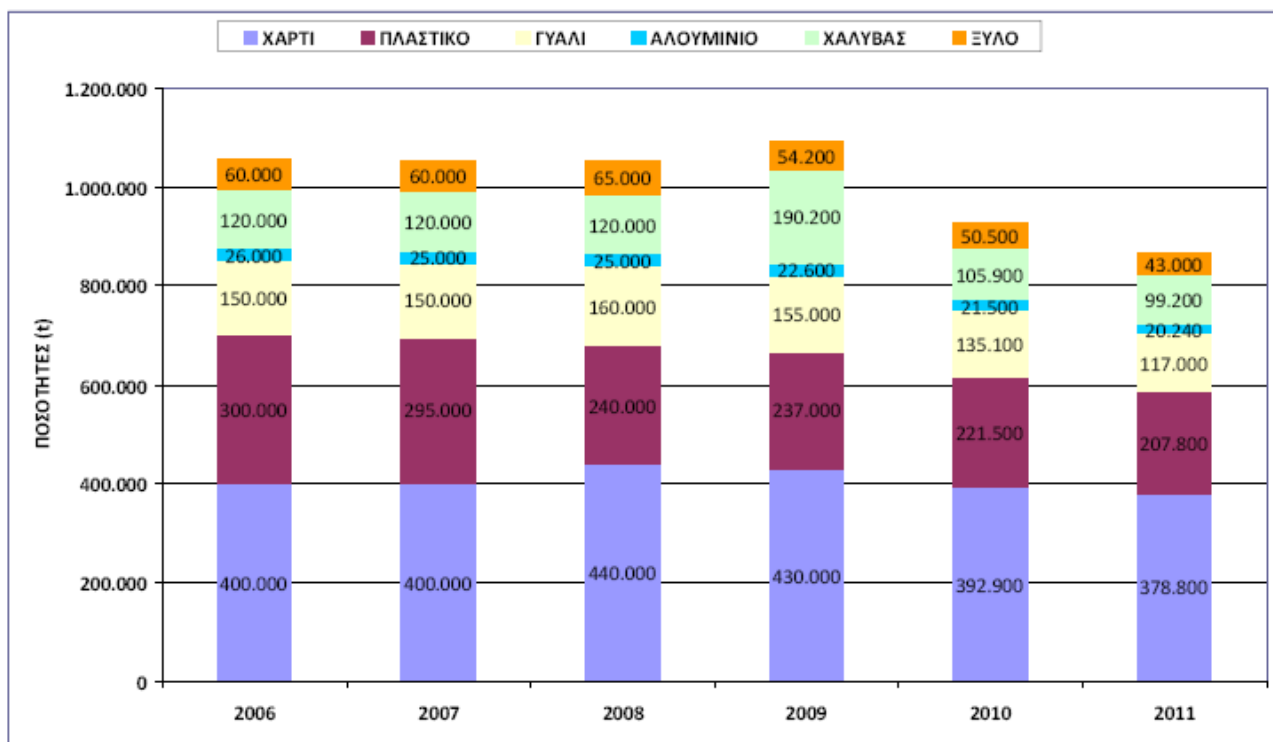
Οι πιο διαδεδομένοι τρόποι με τους οποίους διαχειρίζονται τα αστικά απόβλητα στην Ευρώπη των «27» είναι η υγειονομική ταφή, η καύση, η ανακύκλωση και η κομποστοποίηση. Στην ΕΕ των 27 το 2007, το 42% των αστικών αποβλήτων οδηγήθηκε σε χώρους υγειονομικής ταφής, το 20% αποτεφρώθηκαν, το 22% ανακυκλώθηκε και το 17% κομποστοποιήθηκε.

Η πολιτική της ΕΕ για την διαχείριση των αποβλήτων στηρίζεται σε μια έννοια που είναι γνωστή ως ιεραρχία διαχείρισης των αποβλήτων, βάση της οποίας οι διάφορες εναλλακτικές επιλογές διαχείρισης των αποβλήτων χαρακτηρίζονται από χειρίστες ως βέλτιστες από περιβαλλοντικής σκοπιάς και ισχύει ως τάξη προτεραιότητας η ακόλουθη ιεράρχηση:

- Πρόληψη και ελαχιστοποίηση της δημιουργίας αποβλήτων
- Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος

- Ανακύκλωση συμπεριλαμβανομένης της λιπασματοποίησης του προϊόντος
- Ανάκτηση της ενέργειας μέσω αποτέφρωσης
- Διάθεση σε χώρο υγειονομικής ταφής [5].

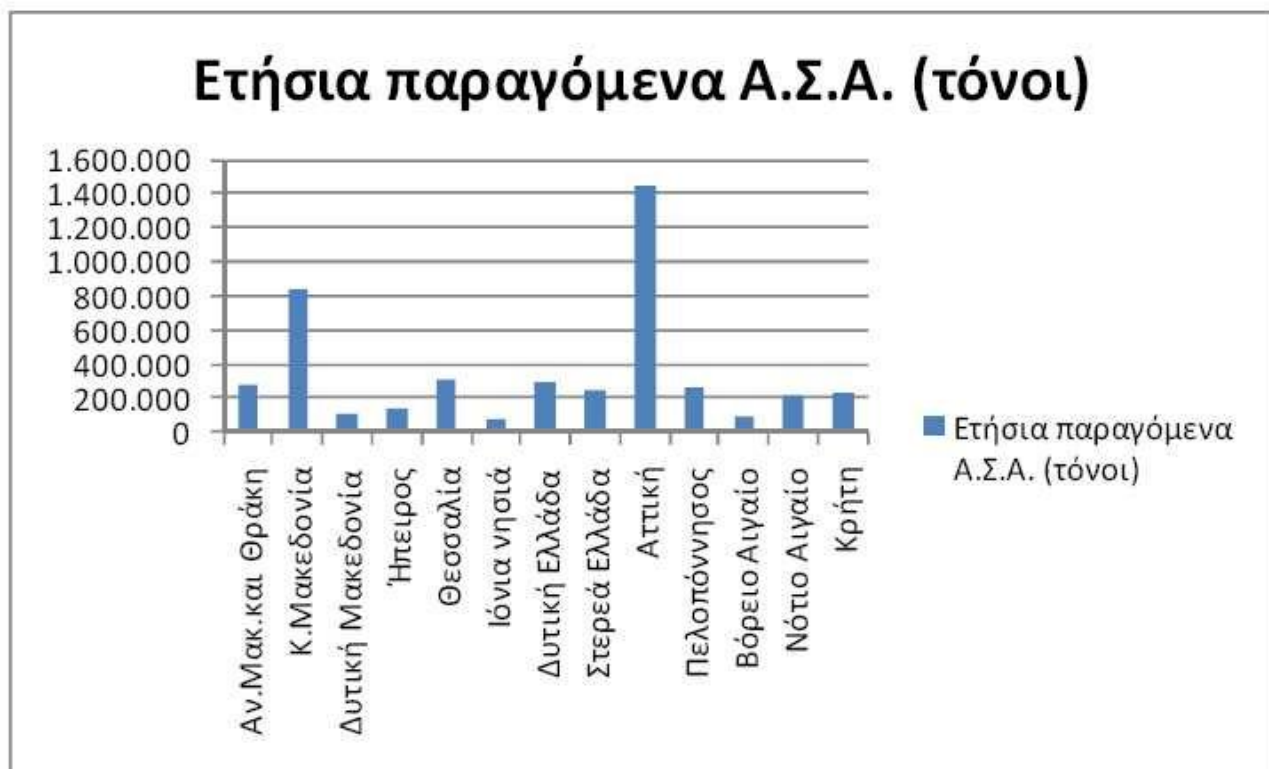
#### 1.4.2. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα



Εικόνα 1.3. Ποσότητες παραγόμενων στερεών απορριμμάτων στην Ελλάδα [6]

Με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2011), στην Ελλάδα παράγονται περίπου 5,8 εκατομμύρια τόνοι αστικών αποβλήτων ετησίως. Στην περιφέρεια Αττικής παράγεται το 39% της ετήσιας ποσότητας. Σε επίπεδο σχεδιασμού, δεν υπάρχει σχέδιο για την πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων η οποία αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία έτη στη χώρα μας. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος στην Ελλάδα καταγράφεται σταδιακή αύξηση των παραγόμενων απορριμμάτων: από 302 κιλά ανά άτομο το 1995 στα 423 το 2002 και στα 453 το 2008 [7].

Η ολοκληρωμένη & ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων συνολικά στην Ελλάδα παρόλη την πρόοδο που έχει συντελεστεί τα τελευταία χρόνια δεν έχει επιτευχθεί. Η ελληνική πραγματικότητα παραμένει στους ΧΥΤΑ και στους ΧΑΔΑ [8].



Εικόνα 1.4. Ετήσια συμμετοχή Περιφερειών στην παραγωγή ΑΣΑ [7]

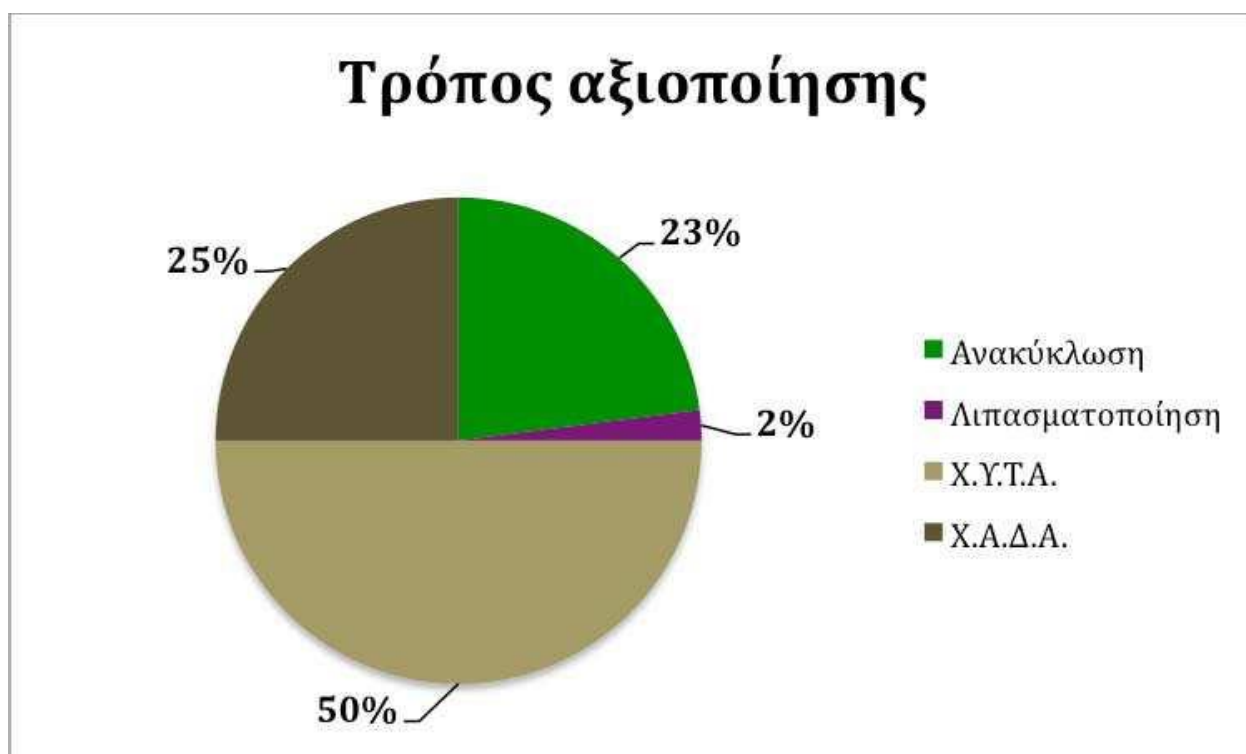
Συγκριτικά με την υπόλοιπη Ε.Ε, η Ελλάδα υστερεί σημαντικά. Η Ελλάδα βασίζεται σε ποσοστό άνω του 92% στην ταφή. Οδηγίες όπως η 2008/98 για την ανακύκλωση και ανάκτηση υλικών συσκευασίας και η 1999/31 για την υγειονομική ταφή, φαίνεται απίθανο να υλοποιηθούν. Ιδιαίτερα στην Αττική και την Πελοπόννησο, το πρόβλημα της διαχείρισης των αποβλήτων μεγεθύνεται διαρκώς και παραμένει μονίμως στην επικαιρότητα, είτε εξαιτίας περιβαλλοντικών οχλήσεων, είτε εξαιτίας διαμαρτυριών, ή προσφυγών πολιτών. Η εξάντληση των χρονικών περιθωρίων από την χώρα για την εφαρμογή των Ευρωπαϊκών διατάξεων, θα επισύρει τσουχτερά πρόστιμα. Η Ελλάδα καταδικάστηκε στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο το 2005, για τη μη συμμόρφωση που αφορούν τη διαχείριση στερεών αποβλήτων και συγκεκριμένα για τη λειτουργία 1.125 ΧΑΔΑ. Η διορία για παύση λειτουργίας των υφιστάμενων ΧΑΔΑ αλλά και αποκατάστασή τους, μετά από πολλαπλές παρατάσεις, ήταν μέχρι το τέλος Ιουνίου του 2011. Η παραπομπή της Ελλάδας στο Ευρωδικαστήριο για ακόμα μια φορά για το ίδιο ζήτημα, φαίνεται να είναι δεδομένη. Η καταβολή προστίμων, σύμφωνα με την εισήγηση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, θα είναι ανά ΧΑΔΑ, €195,84 για κάθε ημέρα από την ημέρα που θα εκδοθεί η δεύτερη καταδίκη μέχρι να υπάρξει πλήρης συμμόρφωση και €21,42 για κάθε ημέρα που μεσολάβησε από την πρώτη έως τη δεύτερη καταδίκη [7,9,10].

Όλες οι εκτιμήσεις δείχνουν μια συνεχιζόμενη τάση αύξησης της ποσότητας των αποβλήτων με σχετικά μεγάλα ποσοστά σε αντίθεση με τις τάσεις μείωσης που παρατηρούνται σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Αποτέλεσμα της τάσης αυτής είναι η αύξηση της ετήσιας παραγόμενης ποσότητας στην Ελλάδα κατά περισσότερο από

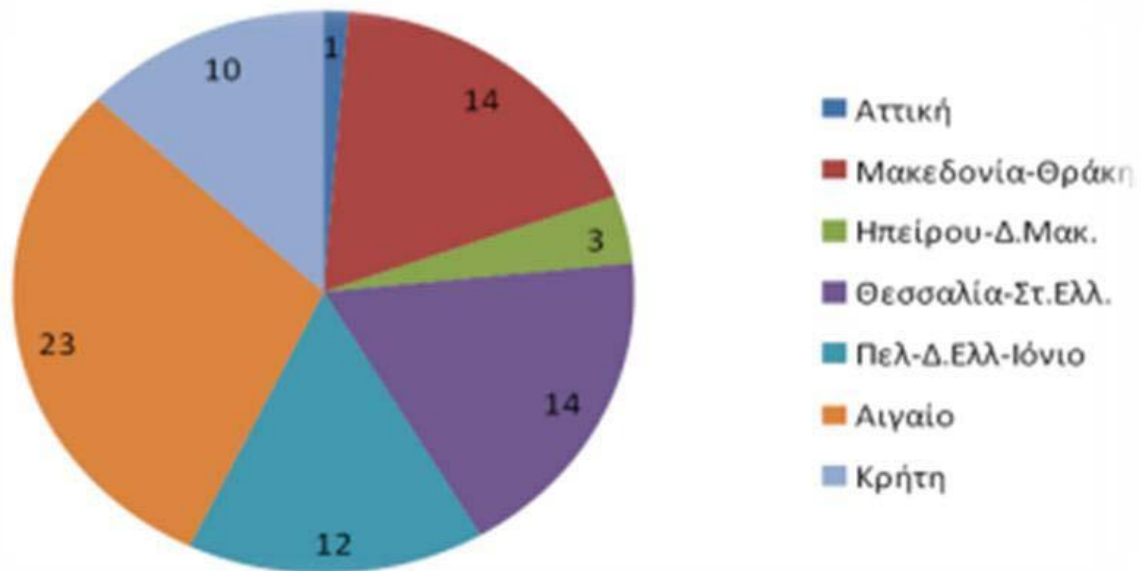
17% μέχρι το 2025 σε σχέση με σήμερα κυρίως γιατί όπως εκτιμάται θα εξακολουθήσουν να είναι χαμηλά τα ποσοστά ανακύκλωσης και μείωσης της παραγόμενης ποσότητας στην πηγή [6].

Πίνακας 1.1. Προβλέψεις για παραγωγή ΑΣΑ (τόνοι / έτος) στην Ελλάδα [6]

| 2015      | 2020      | 2025      | 2030      | 2035      |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 6.600.000 | 7.100.000 | 7.700.000 | 8.100.000 | 9.000.000 |



Εικόνα 1.5. Εκτίμηση υφιστάμενης κατάστασης για τους τρόπους διαχείρισης των ΑΣΑ στην ελληνική επικράτεια [7]



Εικόνα 1.6. Οι Χ.Υ.Τ.Α. σε επτά Περιφέρειες της Ελλάδας [6]

Η Ελληνική νομοθεσία που αφορά στο περιβάλλον και την προστασία του, έχει συμμορφωθεί με τα μέτρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι Ελληνικοί νόμοι που αφορούν στη διαχείριση, την επεξεργασία και τη διάθεση των στερεών αποβλήτων, είναι οι εξής:

- ΚΥΑ 49541/1424/86 (ΦΕΚ 444/Β/1986), που αφορά στην διαχείριση των στερεών αποβλήτων σε συμμόρφωση με την Οδηγία 75/442/ΕΟΚ,
- ΚΥΑ 82805/2224 (ΦΕΚ 699/Β/1993), που καθορίζει τα μέτρα και τους όρους για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από εγκαταστάσεις καύσης αστικών αποβλήτων,
- ΚΥΑ 69728/824/96 (ΦΕΚ 358/Β/1996), που αφορά στα μέτρα για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων,
- ΚΥΑ 114218/97 (ΦΕΚ 1016/Β/1997), περί της κατάρτισης πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων και
- ΚΥΑ 113944/97 (ΦΕΚ 1016/Β/1997), όπου καθορίζεται ο εθνικός σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων [7].



## Βιβλιογραφία

[1] Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων. Ορισμοί Αστικών Στερεών Αποβλήτων.

<http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=6>

[2] Ε. Βαρελά, Αξιολόγηση τεχνολογιών μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων. Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, 2011.

[3] Ν. Μουσιόπουλος, Α. Καραγιαννίδης, Σημειώσεις στο μάθημα “Διαχείριση Απορριμμάτων”. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, 2002.

[4] Laboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering, Notes in course “Solid Waste Management”- 1st Chapter. Aristotle University of Thessaloniki, Mechanical Engineering Department, 2004.

[5] European Environment Agency. (2010), Municipal Solid Generation, Indicator code: CSI 016.

<http://www.eea.europa.eu/data-andmaps/indicators/municipal-waste-generation/municipal-wastegeneration-assessment-published-3>

[6] Ε. Νταρακάς, Διαχείριση στερεών αποβλήτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής & Τεχνικής Περιβάλλοντος, 2014.

[7] Α.Χ. Μπουρτσάλας, Ν.Ι. Θέμελης, Ε. Καλογήρου, Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (Α.Σ.Α.) για τις Περιφέρειες της Ελλάδος. Earth Engineering Center, Columbia University, 2011.

[8] Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων. (2008). Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων: Νομοθεσία και Πολιτική, έννοιες που δεν ταυτίζονται πάντοτε.

<http://www.eedsa.gr/library/downloads/Docs/Documents/%CE%95%CE%9A%CE%A0%CE%91%CE%99%CE%94%CE%95%CE%A5%CE%A3%CE%97/DSA%20-%20Nomothesia.pdf>

[9] Ε. Γιδαράκος, Διαχείριση και Επεξεργασία Στερεών Αποβλήτων, Σημειώσεις Μαθήματος “Ειδικά θέματα περιβάλλοντος και Υγείας”. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, 2006.

[10] Δελτίο Τύπου Υπουργείου Εσωτερικών Αποκέντρωσης και Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης, Μέτωπο Χωματερές- Αγώνας δρόμου για να προλάβουμε τα πρόστιμα, 2010.

## Ιστότοποι

Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας

[www.kee.gr](http://www.kee.gr)

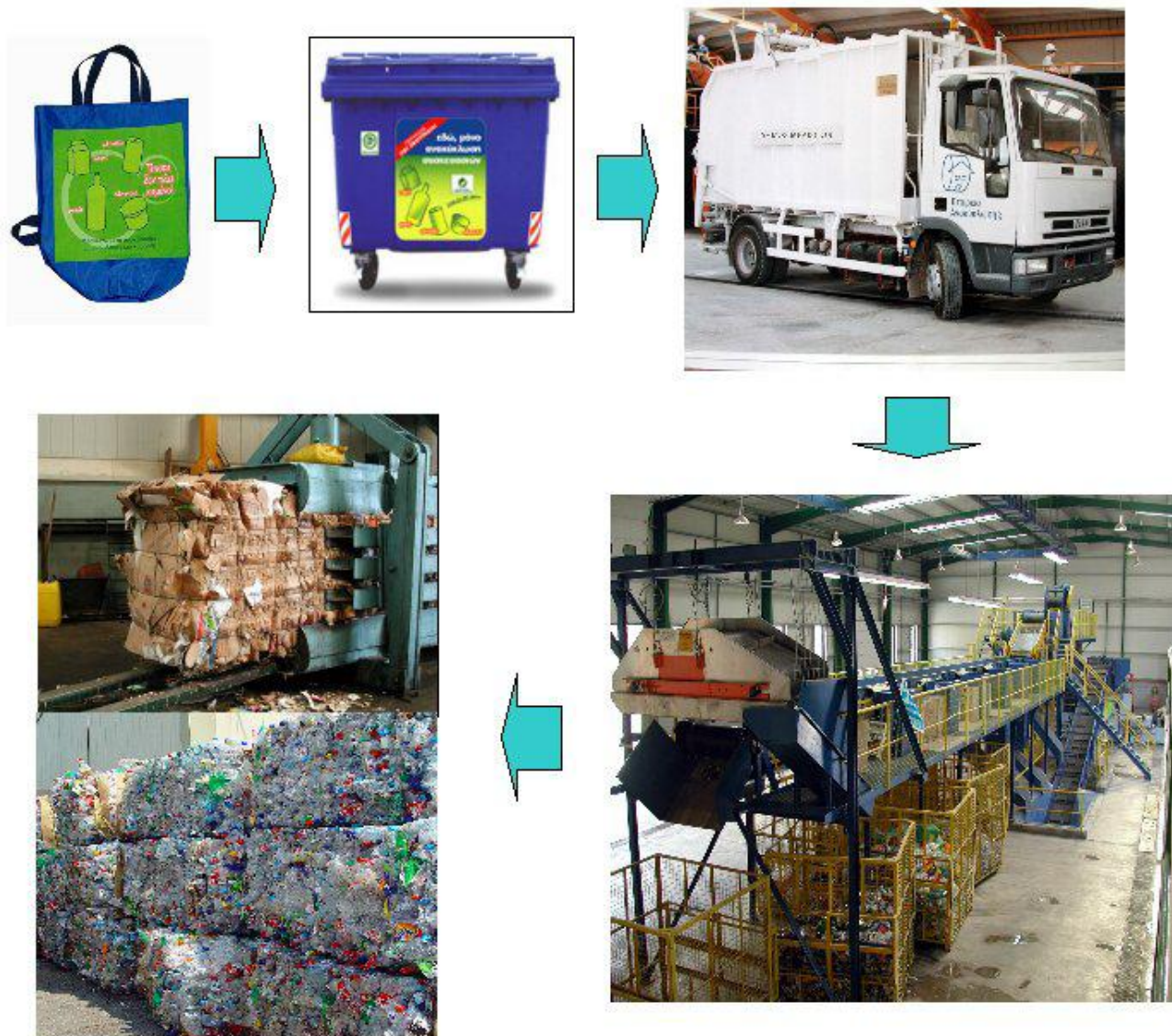
<http://www.ypes.gr/el/MediaCenter/Ministry/Seasonable/?id=4c167c76-e129-45da-9735-1dff71e8817c>

## **2. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ - ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

### **2.1. Εισαγωγή**

#### *Ανακύκλωση*

Ορισμός: Η διαδικασία κατά την οποία τα απορρίμματα επαναχρησιμοποιούνται ή μετατρέπονται σε πηγές ενέργειας ή σε πρώτες ύλες λέγεται ανακύκλωση. Μέρος της διαδικασίας της ανακύκλωσης είναι και η μετατροπή βλαβερών, για το περιβάλλον, υλικών σε λιγότερο ή και καθόλου βλαβερά. Με τον τρόπο αυτό γίνεται ομαλότερα η επανένταξή τους στο φυσικό περιβάλλον. Άρα, ανακύκλωση είναι η διαδικασία της συστηματικής συλλογής, διαλογής και επαναφοράς των χρήσιμων υλικών από τα απορρίμματα στον κοινωνικό και οικονομικό κύκλο ζωής [1].



Εικόνα 2.1. Ανακύκλωση αστικών απορριμμάτων

## 2.2. Ανακυκλώσιμα στερεά απόβλητα

Τα απορρίμματα που μπορούν να ανακυκλώνονται περιλαμβάνουν:

- Χαρτιά, χαρτόνια
- Γυαλιά
- PVC και άλλα πλαστικά
- Μέταλλα όπως σίδηρος, αλουμίνιο, ψευδάργυρος κ.λπ.
- Ζυμώσιμο κλάσμα (οργανικά απόβλητα)
- Παλιά υφάσματα, ρούχα, κουρέλια
- Ορυκτέλαια
- Βιομηχανικά απόβλητα

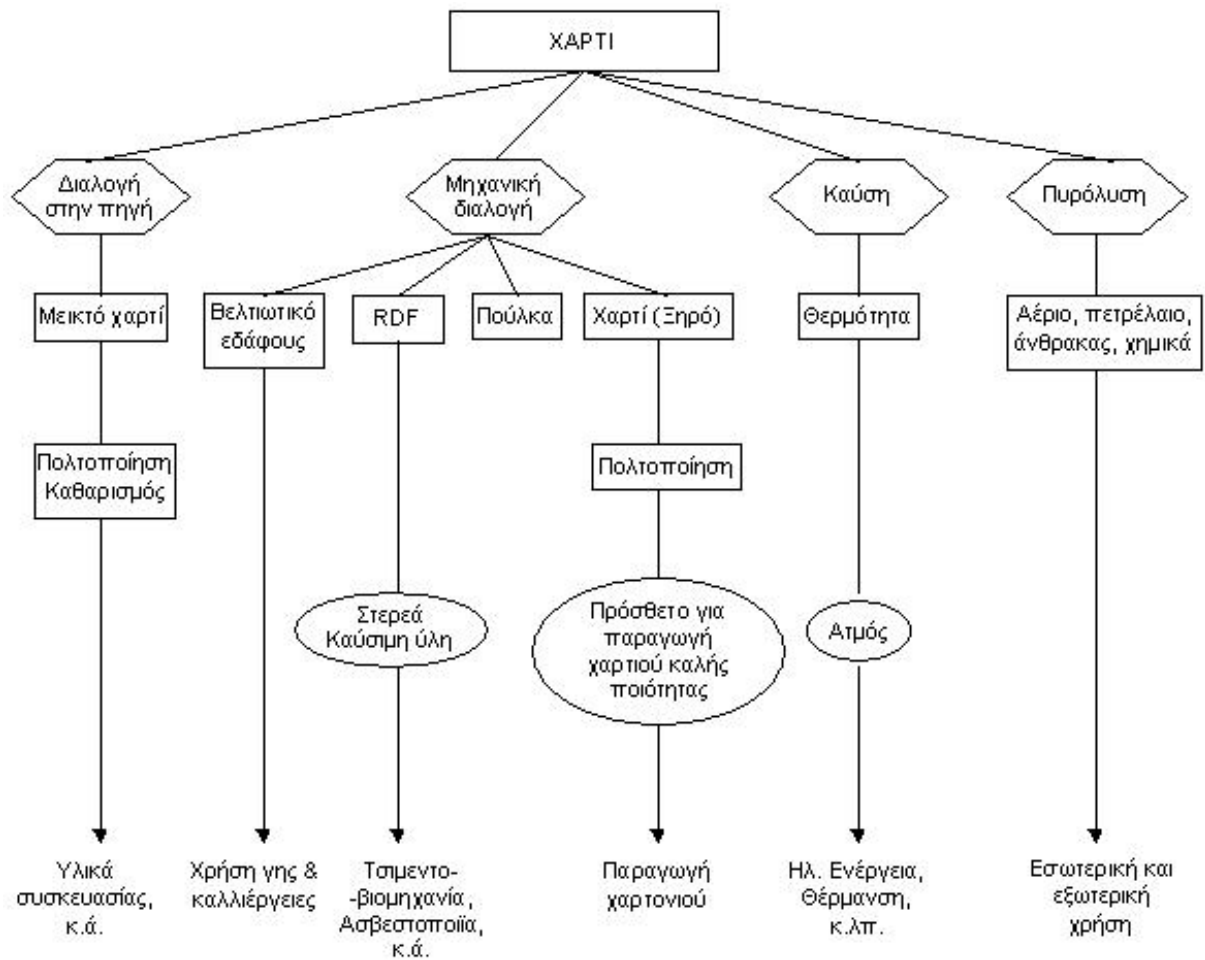
- Μεγάλα απορρίμματα όπως έπιπλα που γίνονται αντίκες, μεταχειρισμένα αυτοκίνητα, ηλεκτρονικοί υπολογιστές και άλλες ηλεκτρικές-ηλεκτρονικές συσκευές, κλπ [2].

Στη συνέχεια περιγράφονται τα πιο διαδεδομένα υλικά ανακύκλωσης:

### **2.2.1. Χαρτί**

Το κλάσμα αυτό είναι κατάλληλο για ανακύκλωση (προς παραγωγή χαρτοπολτού και νέων προϊόντων χάρτου), υπό την προϋπόθεση ότι δεν είναι έντονα ρυπασμένο και βρεγμένο (π.χ. χαρτί τουαλέτας) όπως επίσης και αναμιγμένο με άλλα υλικά (π.χ. ασηπτική συσκευασία). Ακόμη το χαρτί συνεισφέρει σημαντικά και στη θερμογόνο δύναμη των απορριμμάτων, καθώς αποτελεί καύσιμο υλικό με υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο. Ο προσανατολισμός του συνόλου της Ελληνικής χαρτοβιομηχανίας στη χρήση ανακυκλωμένου χαρτιού (λόγω του μικρότερου απαιτούμενου βαθμού καθετοποίησης της παραγωγικής διαδικασίας) καθιστά την ανακύκλωση χαρτιού αρκετά ελκυστική στη χώρα μας και ήδη υλοποιούνται αρκετά προγράμματα διαλογής στην πηγή και συλλογής, ορισμένα από τα οποία μπορούν να χαρακτηρισθούν και μακροχρόνια.

Το χαρτί κατασκευάζεται από υψηλά συμπυκνωμένες ίνες κυτταρίνης. Τα είδη του χαρτιού που συνήθως ανακυκλώνονται είναι εφημερίδες, χαρτοσακούλες, κουτιά από χαρτόνι και χαρτί γραφείου. Το χαρτί των απορριμμάτων χωρίζεται σε κατηγορίες (ποιότητες) ανάλογα με την ποιότητα των ινών και την περιεκτικότητα σε ξένες προσμίξεις. Εν γένει, όσο μεγαλύτερες είναι οι ίνες του χαρτιού, τόσο καλύτερη η ποιότητά του και τόσο υψηλότερη η τιμή αγοράς του. Με την ανακύκλωση υποβαθμίζονται οι ίνες (η ανάμιξη και επεξεργασία με νερό τις σπάει και τις κονταίνει) και, ως εκ τούτου, το χαρτί δε μπορεί να επανακυκλωθεί άπειρες φορές. Στις βιομηχανίες το χαρτί αναμειγνύεται με νερό σχηματίζοντας το χαρτοπολτό. Ο υδροπολτοποιητής (hydropulper) διαχωρίζει τις ίνες του χαρτιού, οι οποίες μαζί με το νερό συνθέτουν το μίγμα από το οποίο απομακρύνονται στη συνέχεια τα μέταλλα και οι διάφορες προσμίξεις. Στο μίγμα προσθέτονται χημικά για απομελάνωση, λόγω δε του ότι παραμένει αρκετό μελάνι σε αυτό, το τελικό προϊόν έχει χρώμα φαιό. Ο καθαρός πολτός μπορεί να μετατραπεί σε 100% προϊόν ανακυκλωμένου χαρτιού, ενώ μπορεί και να αναμιχθεί με ξυλοπολτό ή παρθένες ίνες για την παραγωγή χαρτιού και χαρτονιού που εν μέρει αποτελούνται από ανακυκλωμένες ίνες [3,4,5].



Εικόνα 2.2. Δυνατότητες διαχείρισης απορριπτόμενου χαρτιού [6]

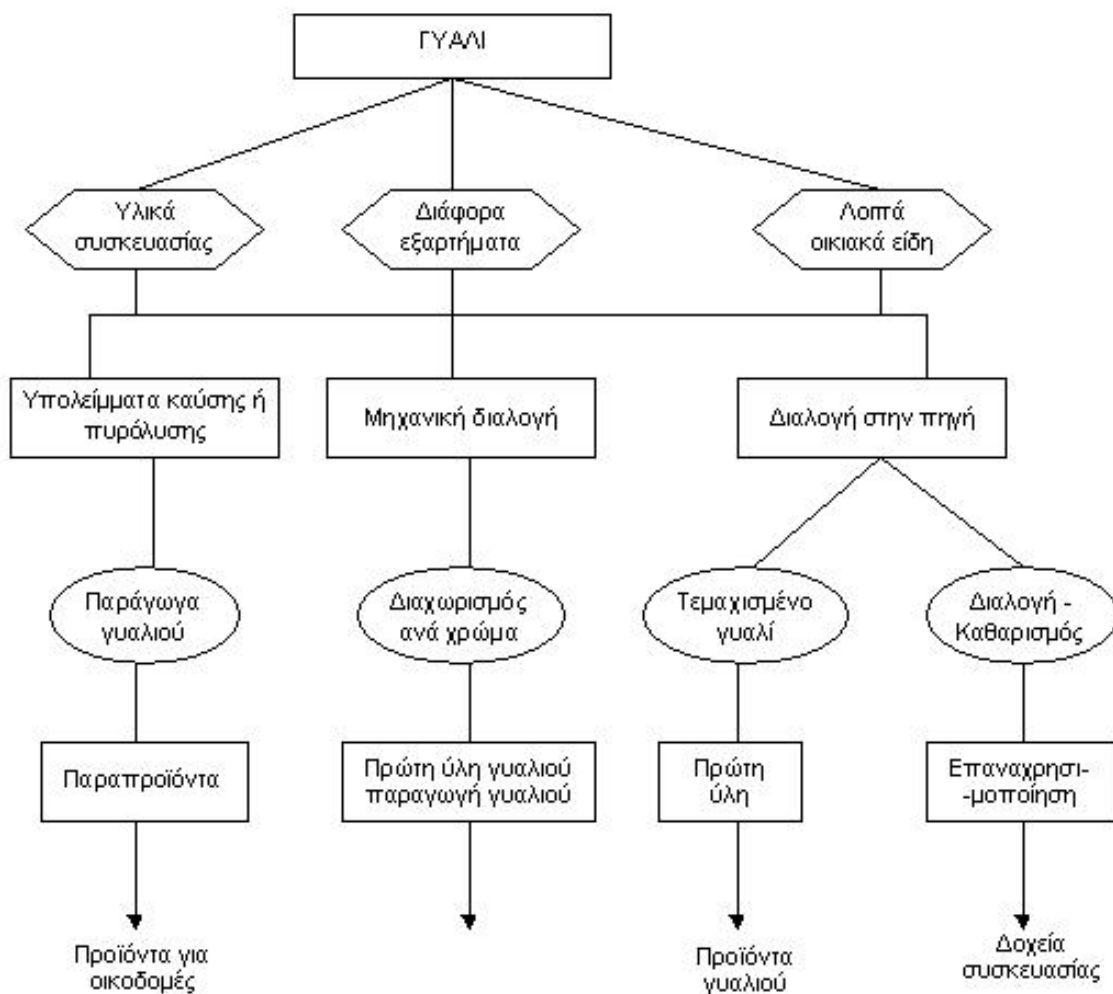
### 2.2.2. Γυαλί

Η ανακύκλωση του γυαλιού περιλαμβάνει μπουκάλια, γυάλινα δοχεία, τζάμια, πιάτα, θερμοανθεκτικά γυαλιά και κρύσταλλα. Τα τελικά προϊόντα της ανακύκλωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υαλοβάμβακες, fiberglass και σήματα στους δρόμους.

Το γυαλί υποδιαιρείται σε κατηγορίες, σε λευκό, πράσινο και καφέ. Κατά τη συλλογή, το γυαλί θραύεται για να μειωθεί ο όγκος του και δημιουργείται το υαλόθραυσμα. Γυαλί καφέ χρώματος χρησιμοποιείται για μπουκάλια μπίρας και φαρμάκων, τα οποία είναι χημικά ευαίσθητα στο φως, ενώ γυαλί πράσινου χρώματος χρησιμοποιείται για μπουκάλια κρασιών και αναψυκτικών. Πηγές παραγωγής του είναι τα εργοστάσια κατασκευής, εμφιάλωσης και συσκευασίας μπουκαλιών, τα κέντρα διασκέδασης, τα ξενοδοχεία, τα εστιατόρια, τα νοικοκυριά και διάφορα καταστήματα.

Το προς ανακύκλωση γυαλί συλλέγεται ανάμικτο σε ξεχωριστούς υποδοχείς (κοντέινερς), σε δοχεία για κάθε χρώμα, σε κέντρα ανακύκλωσης, ή με τη μέθοδο της συλλογής πόρτα-πόρτα. Με την τελευταία μέθοδο, η συλλογή του γυαλιού μπορεί να γίνεται και μαζί με άλλα υλικά. Στις βιομηχανίες το υαλόθραυσμα καθαρίζεται και

τεμαχίζεται σε πολύ μικρά κομμάτια που έχουν τη μορφή άμμου. Κατόπιν αναμιγνύεται με πυριτική άμμο και θραύσματα ασβεστόλιθου και τήκεται για παραγωγή νέου γυαλιού. Με τη χρήση του υαλοθραύσματος επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, διότι έτσι είναι μικρότερη η απαιτούμενη θερμοκρασία τήξης στον κλίβανο. Τα προϊόντα του γυαλιού διαφέρουν ως προς τη χημική σύσταση και το χρώμα. Το υαλόθραυσμα πρέπει να είναι συμβατό με τα προϊόντα που θα κατασκευασθούν και να προέρχεται από ανάλογες ποιότητες προϊόντων που θα πρέπει να ταιριάζουν στο χρώμα (π.χ. πράσινο γυαλί για υαλόθραυσμα από πράσινο γυαλί) [3,4,5].



Εικόνα 2.3. Δυνατότητες διαχείρισης γυαλιού [6]

Προϊόντα της βιομηχανίας γυαλιού είναι οι φιάλες, τα τζάμια παραθύρων, διάφορα βάζα και διακοσμητικά (πεπιεσμένο και φυσικό γυαλί). Στους κλιβάνους γίνεται χρήση χρωματιστού υαλοθραύσματος χωρίς πρόβλημα στο τελικό προϊόν, ανάλογα με την ποιότητα του παραγόμενου γυαλιού για πράσινο γυαλί: 35%, για καφέ γυαλί: 5-10%, για καθαρό (λευκό) γυαλί: 1-5%. Οι τιμές αγοράς του διαχωρισμένου γυαλιού είναι υψηλότερες από εκείνες του ανάμικτου (το τελευταίο χρησιμοποιείται για

παραγωγή μόνον πράσινου γυαλιού). Όσον αφορά στις προσμίξεις, οι ετικέτες δεν αποτελούν πρόβλημα.

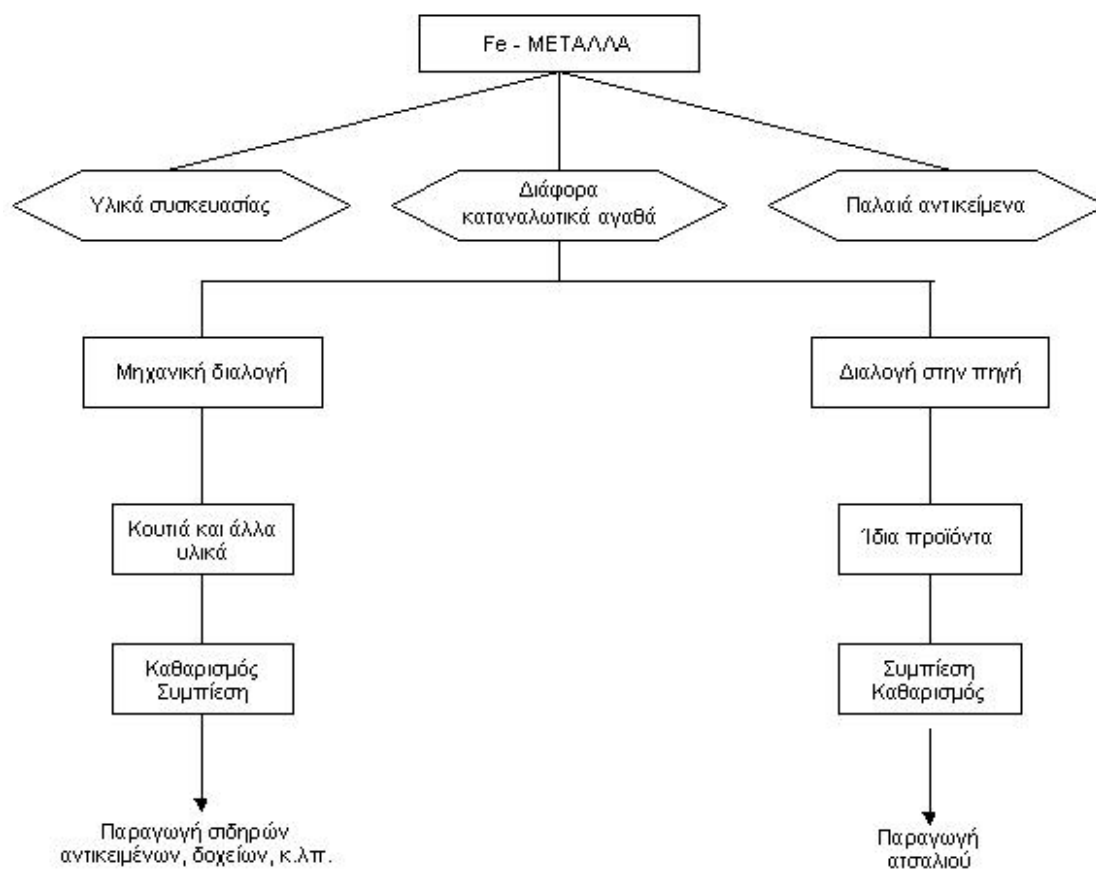
Πρέπει να προσέξουμε τους παρακάτω κανόνες στην ανακύκλωση των γυαλιών:

- Δεν πρέπει να αναμιγνύουμε τα διάφορα χρώματα (διαφανές, πράσινο κ.λπ.)
- Αν μέσα σε πολλά γυαλιά διαφανή υπάρχουν και μερικά έγχρωμα (π.χ. πράσινα), τότε μπορεί να παραχθεί μόνο πράσινο γυαλί.
- Καλό είναι οι καταναλωτές να απομακρύνουν τα ξένα αντικείμενα (π.χ. πλαστικά πώματα κ.λπ.)

Προβληματικά κατά την επεξεργασία είναι τα καπάκια, τα πώματα, τα μεταλλικά αντικείμενα και δακτυλίδια, τα κεραμικά, η σκόνη και οι πέτρες, τα οποία πιθανόν να καταστήσουν τα προϊόντα τους ακατάλληλα για χρήση από τη βιομηχανία, επειδή μερικά από αυτά δεν τήκονται στον κλίβανο και δημιουργούν φυσαλίδες στο τελικό προϊόν. Το υαλόθραυσμα μικτού χρώματος χρησιμοποιείται στα πυρότουβλα και στα τούβλα, στο τσιμέντο και στην ασφαλτο που πολλές φορές δεν είναι επιτυχώς εμπορεύσιμα. Απαιτείται ενημέρωση ώστε να μην πετιούνται στα κοντέινερς ανακύκλωσης κεραμικά, πορσελάνες (προσοχή στις διαφανείς), μέταλλα (π.χ. σαμπάνιες), ενισχυμένο γυαλί (με συρματόπλεγμα), αλεξίσφαιρο γυαλί και γυαλί από τζάμια με στόκους [3,4,5].



### 2.2.3. Σιδηρούχα μέταλλα



Εικόνα 2.4. Δυνατότητες διαχείρισης σιδηρούχων μετάλλων [6]

Τα σιδερένια κουτιά αποτελούνται από χάλυβα με λεπτή εσωτερική επικάλυψη κασσιτέρου (tin cans) για να αποφεύγεται το σκούριασμα του και για να προστατεύεται το περιεχόμενο του κουτιού. Η επικάλυψη του κουτιού μπορεί να είναι και από χρώμιο. Ο κασσίτερος είναι υλικό μεγάλης αξίας, πολλαπλάσιας αυτής του χάλυβα, και αντιπροσωπεύει το 0,5-1% του συνολικού βάρους του κουτιού. Ως αποκασσιτεροποίηση ορίζεται η διαδικασία ανάκτησης του κασσιτέρου από τα κουτιά. Προηγουμένως, τα κουτιά ισοπεδώνονται ή θραύονται και μεταφέρονται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Η διαλογή και ανακύκλωση των σιδερένιων κουτιών μπορεί να γίνει στο σπίτι ή αυτά να τοποθετούνται σε κοντέινερς και από εκεί να μεταφέρονται στο κέντρο ανακύκλωσης, όπου με τη χρήση μαγνητικού διαχωριστή επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των αλουμινένιων από τα σιδερένια κουτιά, τα οποία αφού θραυτούν και δεματοποιηθούν μεταφέρονται στην αντίστοιχη βιομηχανία.

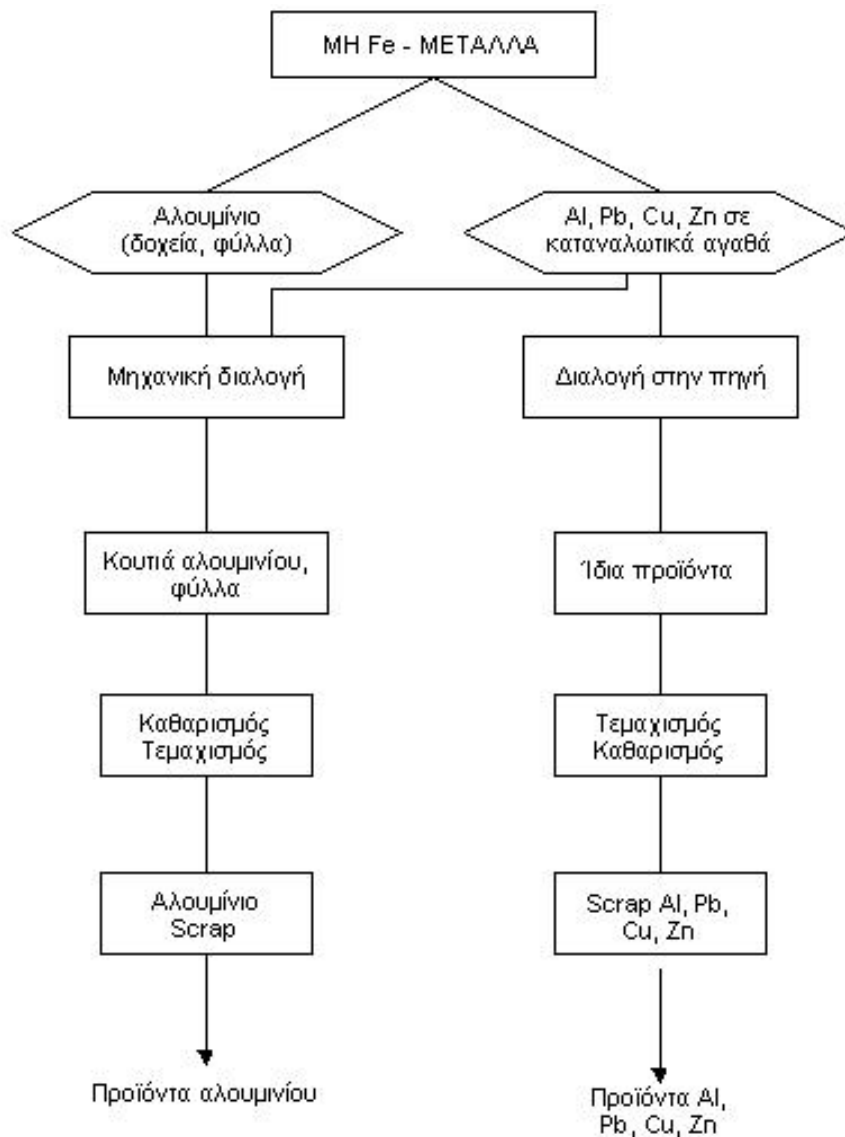
Τα διμεταλλικά είναι τα κουτιά μύρας και αναψυκτικών που αποτελούνται από χάλυβα και τα οποία έχουν αλουμινένιο καπάκι. Το πρόβλημα στην περίπτωση αυτή έγκειται στο ότι και μετά τον ειδικό τεμαχισμό παραμένουν προσμίξεις αλουμινίου στο χάλυβα. Τα ανακυκλωμένα κουτιά οδηγούνται στις εγκαταστάσεις όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και 100% σκράπ, ή σε κλιβάνους ανοιχτής πυράς. Τα επιθυμητά

υλικά για ανακύκλωση δε μεταφέρονται απευθείας σε εγκαταστάσεις λόγω των προσμίξεων, που όμως αν βρίσκονται σε ποσοστό μικρότερο του 5% της πρώτης ύλης δεν αποτελούν πρόβλημα. Οι προσμίξεις που υπάρχουν στο σκράπ δημιουργούν προβλήματα στην αποκασιτεροποίηση [7,8,9].

#### **2.2.4. Αλουμίνιο**

Ένας τόνος αλουμινίου που παράγεται από βωξίτη απαιτεί κατανάλωση ενέργειας 51,000 KWh. Ένας τόνος από ανακυκλωμένο αλουμίνιο απαιτεί μόνο 2,000 KWh. Έχουμε λοιπόν 95% εξοικονόμηση ενέργειας. Η ανακύκλωση του αλουμινίου αφορά κυρίως στα κουτιά αναψυκτικών και μπύρας, ενώ ορισμένα άλλα είδη αλουμινίου που θα μπορούσαν να ανακυκλωθούν είναι υδρορροές, πλαίσια παραθύρων, έπιπλα κήπων και εξαρτήματα αυτοκινήτων.

Η μεταφορά των ανακυκλωμένων αλουμινένιων κουτιών στη βιομηχανία μπορεί να γίνει χύμα, σε δεματοποιημένη, ή σε συμπιεσμένη μορφή. Χαρακτηριστικό γνώρισμα του αλουμινίου είναι η πολύ υψηλή τιμή του υλικού ως σκράπ, κάτι που ευνοεί τη σε υψηλά ποσοστά ανακύκλωσή του, λόγω της σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας που έχει η βιομηχανία που το χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη (ενεργοβόρα διαδικασία βωξίτη - αλούμινας - αλουμινίου). Η ανακύκλωσή του μπορεί να γίνει σε δοχεία ανακύκλωσης ή σε κέντρα ανακύκλωσης, κύρια δε σε κέντρα αγοράς υλικών. Κατά την ανακύκλωσή τους, τα κουτιά αλουμινίου πρέπει να διαχωρίζονται από τα σιδηρούχα και τα διμεταλλικά (μαγνητικός διαχωρισμός). Τα κουτιά του αλουμινίου μπορούν να ανακυκλωθούν άπειρες φορές. Στη βιομηχανία, τα κουτιά εισάγονται σε φούρνο για αποβερνίκωση, αποσμάλτωση και απομάκρυνση χρωματικών επιγραφών. Το καθαρό αλουμίνιο εισάγεται σε φούρνο για τήξη και διαμόρφωση σε ράβδους, που όταν ψυχθούν αποτελούν τα φύλλα ή ρολά που θα διαμορφώσουν τελικά τα νέα κουτιά [7,8,9].



Εικόνα 2.5. Δυνατότητες διαχείρισης μη σιδηρούχων μετάλλων [6]

### 2.2.5. Πλαστικά

Η ανακύκλωση πλαστικών είναι γενικά δύσκολη και πολλές φορές οικονομικά ασύμφορη. Από περιβαλλοντική άποψη είναι σημαντική γιατί πολλά πλαστικά που περιέχουν χλώριο (π.χ. πολυβινυλοχλωρίδιο) όταν καίγονται παράγουν πολύ τοξικές ενώσεις (διοξίνες και φουράνες) και γιατί τα πιο πολλά πλαστικά διασπώνται δύσκολα.

Τα πιο διαδεδομένα είδη προς ανακύκλωση είναι:

PVC - Πολυβινυλοχλωρίδιο

HDPE - Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας

LDPE - Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας

PP - Πολυπροπυλένιο

PS - Πολυστυρένιο

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των πλαστικών, είναι η σχέση βάρους-όγκου που φτάνει και μέχρι 1:3. Η αλλαγή της συσκευασίας των προϊόντων προς όφελος του πλαστικού είχε ως συνέπεια τη δραματική αύξηση της συμμετοχής του στα απορρίμματα, ιδίως τα τελευταία χρόνια.

Υπάρχουν πολλά προβλήματα με τα πλαστικά από την άποψη της δυνατότητας ανακύκλωσής τους. Αυτά οφείλονται στο ότι: (α) υπάρχουν πολλές ποιότητες και τύποι πλαστικών με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες και χημική σύσταση, (β) είναι αρκετά δύσκολο να αναγνωρισθούν εύκολα, ακόμα και εάν φαίνονται ίδια (π.χ. πλαστικά μπουκάλια), (γ) υπάρχουν σε αυτά πολλές προσμίξεις.

Αρκετά πρόσφορη μεθοδολογία ανάκτησης του PVC είναι η συλλογή πόρτα-πόρτα (και όχι η τοποθέτηση σε κοντέινερς) και πιθανόν η μεταφορά του με ειδικό όχημα για συμπίεση. Λόγω των προβλημάτων που υπάρχουν, οι προσπάθειες για ανάκτηση πλαστικού έχουν εστιασθεί στα είδη που ανακυκλώνονται ευκολότερα (PET και HDPE). Από PET (Polyethylene terephthalate) είναι κατασκευασμένες οι φιάλες που περιέχουν ανθρακούχα αναψυκτικά, ενώ από HDPE (High density polyethylene) είναι τα κουτιά γάλακτος, αναψυκτικών και εμφιαλωμένου νερού. Λόγω της χαρακτηριστικής σχέσης όγκου - βάρους, τα πλαστικά μπουκάλια θραύονται και δεματοποιούνται για την οικονομικότερη μεταφορά τους στη βιομηχανία, όπου κατά την επεξεργασία τους απομακρύνονται οι προσμίξεις (ετικέτες, κατάλοιπα και σκόνη). Αν και τα θερμοπλαστικά διαθέτουν τη δυνατότητα επαναθέρμανσης και επαναδιαμόρφωσης, η επαναθέρμανση υποβαθμίζει τελικά τα πλαστικά. Άλλα προβλήματα στα ανακυκλωμένα πλαστικά εμφανίζονται λόγω βιολογικών προσμίξεων που δεν καταστρέφονται. Τα μπουκάλια PET και HDPE δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια ως περιέκτες. Τα πλαστικά προϊόντα προέρχονται από ένα είδος ρητίνης ή από σύνθεση ρητινών πολλών ειδών.

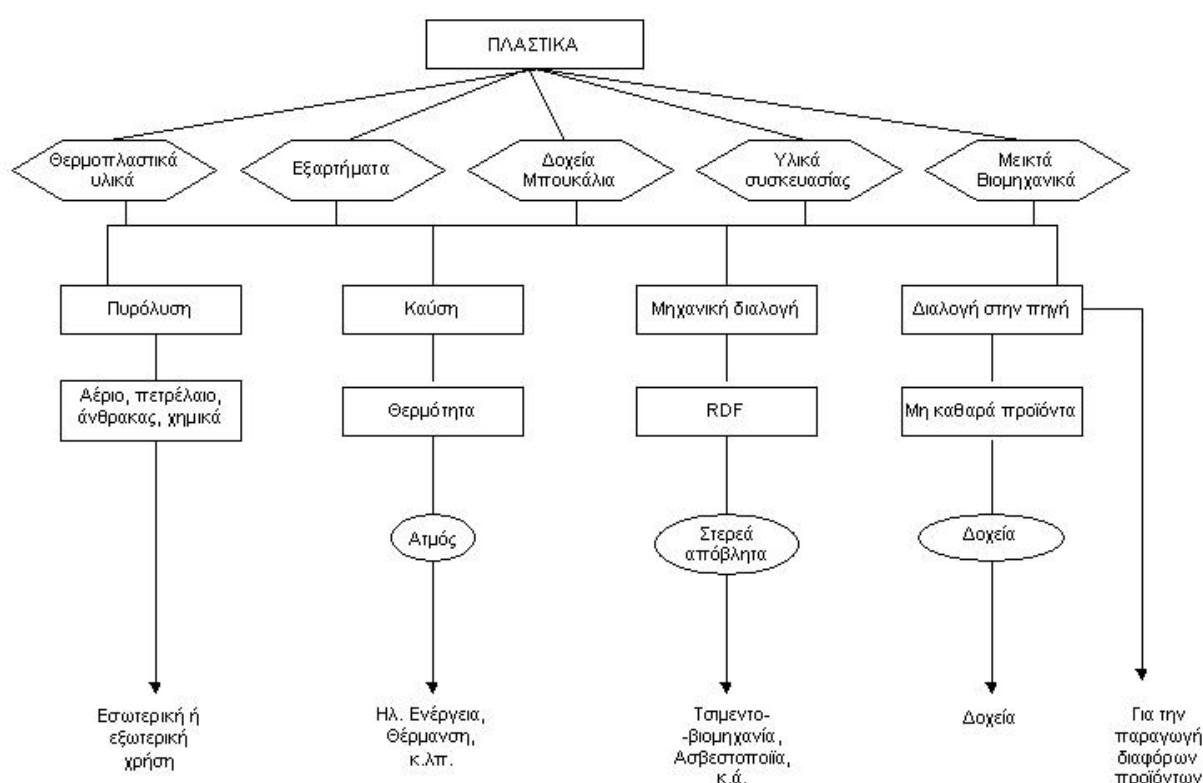
Η ανακύκλωση στις μονάδες κατεργασίας πλαστικού είναι πιο εύκολη σε πολλές περιπτώσεις. Το πλαστικό σκράπ λειοτεμαχίζεται, αναμιγνύεται με παρθένους κόκκους (ρητίνες) και τήκεται στην κανονική διαδικασία κατασκευής πλαστικού. Σε πολλές περιπτώσεις, η επαναχρησιμοποίηση πλαστικού είναι πιο πολύπλοκη διαδικασία. Κλειδί στην ανακύκλωση πλαστικού είναι η διάθεση ρητίνης γνωστού μοριακού βάρους χωρίς προσμίξεις. Εκτός των άλλων, αυτό αποτελεί κριτήριο για τη δυνατότητα της μετέπειτα ανακύκλωσής του. Ακριβώς λόγω των προβλημάτων που αναφέρθηκαν, η ανακύκλωση των πλαστικών βρίσκεται ακόμη σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Οι πηγές παραγωγής πλαστικών στα απορρίμματα είναι:

- Μεταφορές, όπως αυτοκίνητα, ποδήλατα, μοτοσικλέτες, φορτηγά κ.λπ.
- Συσκευασία, όπως μπουκάλια, δοχεία τροφίμων, σακούλες και πλαστικά περιτυλίγματα.
- Οικοδομές και κατασκευές όπως σωλήνες, αποχετεύσεις, πατώματα, μονώσεις, πόρτες και παράθυρα.
- Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά όπως καλώδια και συσκευές επικοινωνίας.
- Επιπλώσεις όπως έπιπλα, καρπέτα, κουρτίνες, έπιπλα γραφείου και καλύμματα τοίχων.

- Καταναλωτικά όπως τσάντες, παιχνίδια, εργαλεία κήπων και εξοπλισμός εργαστηρίων.
- Βιομηχανία.
- Θερμοκήπια. Σημειώνεται εδώ το πανελλήνιο δίκτυο που έχει αναπτυχθεί με έδρα την Κρήτη για την συλλογή των χρησιμοποιημένων καλυμμάτων των θερμοκηπίων από PE, τα οποία οδηγούνται στην Κρήτη όπου και ανακυκλώνονται από τοπική βιομηχανία.

Τέλος, προϊόντα από ανακυκλωμένο PET είναι διάφορα υποβοηθητικά υλικά για επιστρώσεις και επενδύσεις, σχοινιά και σπάγκοι, γεωϋφάσματα και διαμορφωμένα πλαστικά, ενώ προϊόντα από ανακυκλωμένο HDPE είναι οι διάφορες βιομηχανικές επιστρώσεις δαπέδων, δεξαμενές και κάδοι, γλάστρες [10].



Εικόνα 2.6. Δυνατότητες διαχείρισης των πλαστικών απορριμμάτων [6]

### 2.2.6. Ζυμώσιμο κλάσμα

Εδώ περιλαμβάνονται τα απορρίμματα κουζίνας και τα απορρίμματα κήπων. Χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας είναι η μεγάλη περιεκτικότητα σε βιοαποικοδομήσιμη οργανική ύλη και σε υγρασία, κάτι που καθιστά το κλάσμα αυτό ιδιαίτερα κατάλληλο για αερόβια ή αναερόβια ζύμωση (κομποστοποίηση) προς παραγωγή Βελτιωτικού Εδάφους (BE) - Κομπόστ. Υπογραμμίζεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της απαντούμενης στα απορρίμματα υγρασίας προέρχεται από τα ζυμώσιμα (εξαιρουμένων βέβαια διαφόρων εξωγενών παραγόντων όπως π.χ. βροχή). Η

κομποστοποίηση θεωρείται στη χώρα μας ως μία ιδιαίτερα ελκυστική μέθοδος αλλά η εφαρμογή της είναι ακόμη περιορισμένη (μονάδα Καλαμάτας, μονάδα Λιοσίων, πιλοτική μονάδα ΕΣΔΚΝΑ). Σημειώνεται ότι και για την Θεσσαλονίκη έχει αναφερθεί η ολιγοετής λειτουργία μονάδας κομποστοποίησης απορριμμάτων κατά τη δεκαετία του 1950 στην περιοχή Καλοχωρίου.

Σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες τάσεις, προγράμματα διαλογής στην πηγή του ζυμώσιμου κλάσματος αποτελούν πλέον απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία με υψηλή απόδοση μονάδων μηχανικής διαλογής. Στα απορρίμματα κήπων συμπεριλαμβάνονται τα φύλλα των δέντρων, τα κουρέματα από το γρασίδι, οι θάμνοι και τα κλαδιά των δένδρων.

Η αξιοποίηση του ζυμώσιμου κλάσματος μπορεί να γίνει με την παραγωγή λιπάσματος, οι ιδιότητες και τα πλεονεκτήματα της χρήσης του οποίου είναι:

(α) Βελτιώνει την ικανότητα του εδάφους για τη συγκράτηση του νερού και θρεπτικών ουσιών

(β) Το χόμα καθίσταται ευκολότερα καλλιεργήσιμο.

(γ) Επιτυγχάνεται αύξηση των οργανικών συστατικών του χόματος.

Στην περίπτωση αξιοποίησης αυτών των απορριμμάτων, το συνηθέστερο συστατικό για κομπόστ είναι τα φύλλα των δένδρων. Παραλλαγή αυτής της μεθόδου είναι η κατ' οίκον κομποστοποίηση, η οποία όμως προσφέρεται για ημιαστικές και αγροτικές περιοχές όπου υπάρχει ο σχετικός χώρος (αυλή, κήπος, κ.λπ.).

Τα απορρίμματα κήπων περιέχουν φύλλα, κλαδιά, κορμούς δέντρων και υπολείμματα γκαζόν προερχόμενα κυρίως από δημοτικά πάρκα και ιδιωτικούς κήπους. Ως διακριτή κατηγορία απορριμμάτων συναντάται κυρίως στην οικονομικά αναπτυγμένες πόλεις των ΗΠΑ, όπου οι ιδιωτικοί κήποι καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις. Στις περιοχές αυτές, οι τοπικοί φορείς έχουν προβλέψει τέλη για τη διάθεση των απορριμμάτων των κήπων στους χώρους υγειονομικής ταφής, προσδοκώντας κατ' αυτό τον τρόπο να ενισχύσουν τη διάθεση τους προς εγκαταστάσεις κομποστοποίησης ή καύσης. Στη χώρα μας, τα απορρίμματα των κήπων δεν αποτελούν μεγάλο ποσοστό του συνόλου των αστικών απορριμμάτων και ως εκ τούτου δε διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα απορρίμματα. Όμως, μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων αυτού του είδους παράγονται σε ημιαστικές και αγροτικές περιοχές. Σε αυτές τις περιοχές υπάρχουν μεγάλα περιθώρια τόσο για την οικονομική αξιοποίηση των αγροτικών απορριμμάτων (π.χ. με την παραγωγή εδαφοβελτιωτικών), όσο και για την ενεργειακή αξιοποίησή τους. Παραδείγματα τέτοιου τύπου συναντιόνται μέχρι στιγμής σε εκκοκκιστήρια, όπου τα υπολείμματα του βαμβακιού καίγονται σε ειδικούς λέβητες για να καλύψουν μέρος των ενεργειακών αναγκών τους, σε εργοστάσια μεταποίησης φρούτων, όπου τα κουκούτσια διαχωρίζονται και χρησιμοποιούνται επίσης ως καύσιμο [7,8,9].

### 2.2.7. Ελαστικά

Παρά το χαμηλό ποσοστό των ελαστικών στο συνολικό όγκο των απορριμμάτων (~1%), το μέγεθος και η φυσικοχημική τους σύσταση τα καθιστά απορρίμματα που χρήζουν ειδικής διαχείρισης. Κάθε χρόνο, σε κάθε άνθρωπο που ζει και εργάζεται σε μια οικονομικά αναπτυγμένη χώρα αντιστοιχεί απόρριψη ενός; περίπου ελαστικού. Περισσότερο από τα μισά από αυτά τα ελαστικά εξακολουθούν να διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής αντί να ανακτώνται και επαναχρησιμοποιούνται. Η ύπαρξη ελαστικών σε χώρους υγειονομικής ταφής δημιουργεί σειρά προβλημάτων που έχουν σχέση με τη αδυναμία συμπίεσής τους. Τα προβλήματα αυτά έχουν σχέση τόσο με τη μείωση του ωφέλιμου όγκου, όσο και με τη καταστροφή του τελικού καλύμματος λόγω ανομοιομορφίας καθίζησης.

Για τους παραπάνω λόγους, ως βέλτιστη μέθοδος διάθεσης των ελαστικών θεωρείται η καύση τους σε εγκαταστάσεις εξοπλισμένες με ειδικές διατάξεις ελέγχου των συνθηκών καύσης και δέσμευσης των παραγόμενων αερίων ρύπων, αφού προηγούμενα τεμαχιστούν σε μέγεθος περίπου 5 cm x 5 cm. Η λύση αυτή ευνοείται και από τη θερμογόνο δύναμη των τεμαχιδίων ελαστικών, η οποία κυμαίνεται από 33.000 έως 36.000 kJ/kg, ανάλογα με το εάν έχει απομακρυνθεί η όχι το μεταλλικό πλέγμα, τη στιγμή που η θερμογόνο δύναμη του ξύλου είναι 10.000 kJ/kg και του λιγνίτη 17.000 kJ/kg.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανεξέλεγκτη καύση ελαστικών σε χαμηλές θερμοκρασίες έχει ως συνέπεια την έκλυση μεγάλων ποσοτήτων άκαυστων υδρογονανθράκων (μαύρος καπνός) και άλλων βλαβερών συστατικών στην ατμόσφαιρα. Ιδιαίτερη μέριμνα απαιτείται επίσης στη συγκέντρωση και προσωρινή αποθήκευση των ελαστικών σε ανοιχτούς χώρους που ανήκουν είτε σε επιχειρήσεις διαχείρισης στερεών απορριμμάτων, είτε σε εταιρίες εμπορίας ελαστικών (βουλκανιζατέρ). Τόσο ο κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιάς όσο και η ρύπανση των υδροφόρων λόγω της αποσύνθεσης των ελαστικών, η οποία επιταχύνεται υπό τη δράση των καιρικών συνθηκών, μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον [7.,8,9,10].

### 2.2.8. Μπαταρίες

Η ΤΔ των μπαταριών έχει αυξημένη περιβαλλοντική σημασία, παρά των μικρό όγκο που αυτές αντιπροσωπεύουν στο σύνολο των απορριμμάτων, λόγω της ύπαρξης βαρέων μετάλλων, όπως υδράργυρου, μολύβδου και καδμίου.

Οι μπαταρίες χωρίζονται σε 2 υποκατηγορίες για τις οποίες ενδείκνυνται διαφορετικές πρακτικές διαχείρισης και ΤΔ: οι μπαταρίες οχημάτων και οι συνήθεις μπαταρίες οικιακών συσκευών (ραδιόφωνων, φακών, ρολογιών, κλπ). Η εφαρμογή προγράμματος ανάκτησης των μπαταριών από τον κύριο όγκο των οικιακών απορριμμάτων αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των ποσοτήτων μπαταριών που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ, σε αποτεφρωτήρες ή εγκαταστάσεις κομποστοποίησης. Η

ρύπανση των νερών που μπορεί να προκληθεί από την ύπαρξη μπαταριών σε ένα ΧΥΤΑ είναι συνάρτηση της παραμένουσας φόρτισης της μπαταρίας, των συνθηκών που επικρατούν μέσα στο ΧΥΤΑ, της αποτελεσματικότητας του συστήματος στεγανοποίησης και την εγγύτητας του υδροφόρου ορίζοντα [7,8,9].

### **2.2.9. Υλικά οικοδομών**

Στη συγκεκριμένη κατηγορία κατατάσσονται απορρίμματα που προκύπτουν κατά τη διαδικασία ανέγερσης οικοδομών καθώς και κατά την ηθελημένη ή μη κατεδάφιση οικοδομών και λοιπών κατασκευών. Έξαρση στις ποσότητες υλικών οικοδομών που διατίθεται προς απόρριψη παρατηρείται προφανώς σε περιόδους κρίσης όπως πολέμων, σεισμών ή άλλων καταστροφών.

Τα απορρίμματα αυτού του τύπου περιέχουν κυρίως σκυρόδεμα (>60% κ.β.), τούβλα, κεραμίδια και άλλα δομικά στοιχεία κατασκευασμένα από άργιλο (15%), ξύλο (~20%), σίδηρο, χαλκό, μόλυβδο, αλουμίνιο, πλαστικό, γυαλί, κλπ. Ενδιαφέρον για την ανακύκλωση παρουσιάζουν κυρίως το ξύλο, το οποίο βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες (οροφή, πατώματα, κουφώματα, ντουλάπια, κλπ) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά ως δομικό υλικό ή ως καύσιμο, και τα διάφορα μέταλλα. Τα υλικά από τούβλα και σκυρόδεμα χαρακτηρίζονται ως αδρανή και είναι προτιμότερο να μη διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής, περιορίζοντας έτσι το διαθέσιμο για την υποδοχή οικιακών απορριμμάτων όγκο [7,8,9].

## **2.3. Συσκευασίες**

### **2.3.1. Νομικό πλαίσιο**

Στην Ε.Ε. οι πρώτες προσπάθειες ανακύκλωσης αποβλήτων συσκευασιών ξεκίνησαν τη δεκαετία του 1980 με την Οδηγία 85/339 και αφορούσαν τις συσκευασίες υγρών τροφίμων και συγκεκριμένα τις φιάλες μπίρας όπου τα κράτη μέλη έπρεπε να μεριμνούν για την ελάττωση του βάρους και/ή του όγκου των συσκευασιών που περιέχονται στα προς οριστική διάθεση οικιακά απορρίμματα. Αργότερα οι προσπάθειες αυτές συστηματοποιήθηκαν με την Οδηγία 94/62/ΕΚ που καθιέρωσε τις γενικές αρχές στην Ευρωπαϊκή Ένωση για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασιών. Η οδηγία αυτή ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο με τον νόμο 2939/2001 που ορίζει τους στόχους ανακύκλωσης ανά ρεύμα αποβλήτων.

Οι ποσοτικοί στόχοι για τα απόβλητα συσκευασιών όπως ορίζονται στην ΚΥΑ 9268/469/07 θέτουν ότι μέχρι το τέλος του 2011, το ποσοστό των αποβλήτων συσκευασίας που πρέπει να ανακυκλώνεται κατά βάρος, κυμαίνεται σε ποσοστό μεταξύ 55 % τουλάχιστον και 80 % το πολύ [6].



### 2.3.2. Συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης

Μέχρι το 2013 έχουν εγκριθεί στην Ελλάδα τρία συλλογικά και ένα ατομικό σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης για τις συσκευασίες και τα απόβλητα συσκευασίας.

#### 1. Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών «Σ.Σ.Ε.Δ.-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ» της ΕΕΑΑ Α.Ε.

Με την υπ' αριθμό 106453/2003 (ΦΕΚ 391 Β') Υπουργική Απόφαση εγκρίθηκε το Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών ΣΣΕΔ-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ. Μετά την πρώτη εξαετή (2003-2009) λειτουργία του η έγκρισή του ανανεώθηκε με την υπ' αριθμό 118019/18-3-09 Υπουργική Απόφαση για την περίοδο 2009-2015. Το σύστημα είναι πανελλαδικής εμβέλειας και το πεδίο εφαρμογής του αφορά τα απόβλητα μη επικίνδυνων συσκευασιών. Η κύρια δράση του αφορά την ανάπτυξη των **μπλε κάδων** στους οποίους εναποτίθενται τα απόβλητα συσκευασίας. Επιπλέον, το σύστημα απογράφει και επιδοτεί τα συλλεγόμενα βιομηχανικά - εμπορικά απόβλητα συσκευασίας (ΒΕΑΣ) και υλοποιεί ειδικές δράσεις. Σημειώνεται ότι στους μπλε κάδους ανακυκλώνεται και το έντυπο χαρτί, χωρίς να υπάρχει σχετική νομική υποχρέωση για το Σύστημα.

#### 2. Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών Ορυκτελαίων «Κέντρο Εναλλακτικής Περιβαλλοντικής Διαχείρισης Α.Ε. -ΚΕΠΕΔ ΑΕ».

Το ΚΕΠΕΔ ΑΕ εγκρίθηκε με την υπ' αριθμό 105857/2003 ( ΦΕΚ 391 Β' ) Υπουργική Απόφαση και δραστηριοποιείται στην εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών ορυκτελαίων σε πανελλαδικό επίπεδο. Το ΚΕΠΕΔ έχει υποβάλει αίτηση ανανέωσης της έγκρισης του συστήματος η οποία βρίσκεται στο στάδιο της αξιολόγησης.

#### 3. Συλλογικό Σύστημα Ανταποδοτικής Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών «ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ».

Η ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ εγκρίθηκε με την υπ' αριθμό 193471/2008 (ΦΕΚ 2711 Β') Υπουργική Απόφαση. Ξεκίνησε τη λειτουργία της το 2009 και δραστηριοποιείται στην εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών με ανταποδοτικά κέντρα σε πανελλαδικό επίπεδο.

#### 4. Ατομικό σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών ιδιωτικής ετικέτας της Α.Β. Βασιλόπουλος Α.Ε.

Το ατομικό σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών της Ιδιωτικής Ετικέτας και Εισαγωγής Προϊόντων «ΑΒ ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ» εγκρίθηκε με την υπ' αριθμό 106156/2004 (ΦΕΚ 1108 Β) Υπουργική Απόφαση. Το σύστημα υπέβαλλε αίτημα ανανέωσης της έγκρισής του, η οποία βρίσκεται στο στάδιο της αξιολόγησης [11].

### 2.3.3. Στατιστικά στοιχεία

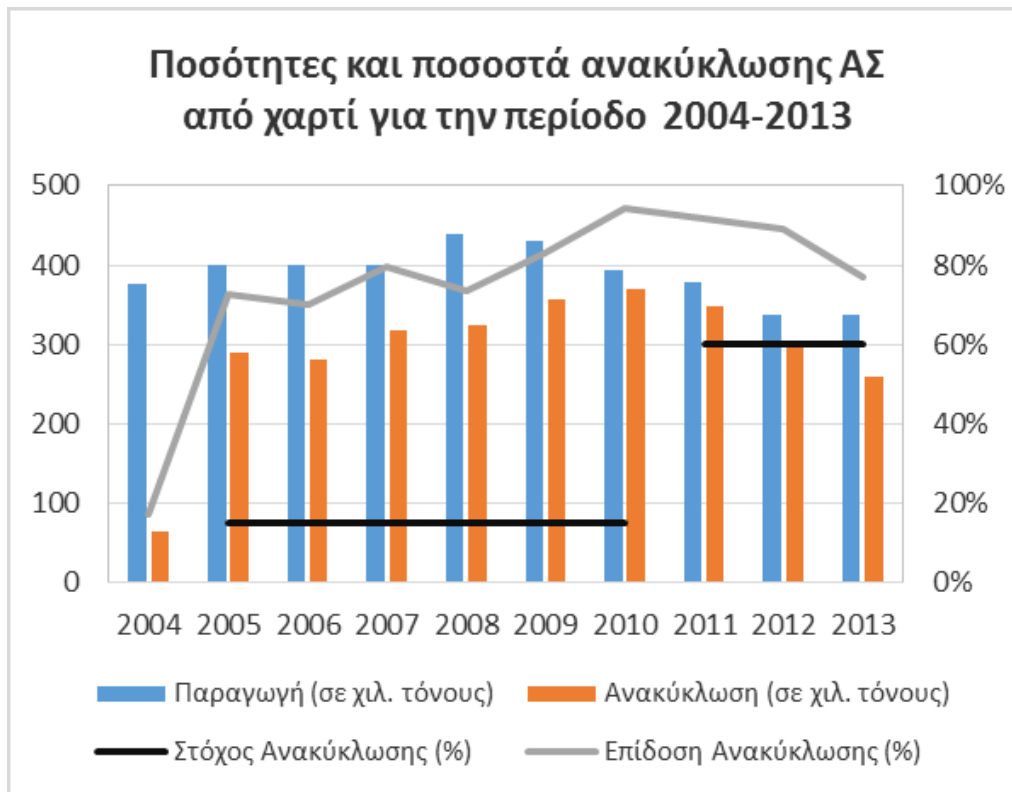
Τα στοιχεία για την ανακύκλωση συσκευασιών καλύπτουν την περίοδο 2004 - 2013, αρχής γενομένης του έτους έναρξης λειτουργίας του συστήματος ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ. Τα παρακάτω στοιχεία προέρχονται από τις ακόλουθες πηγές:

- i. Μελέτη του ΥΠΕΚΑ για την εκτίμηση των παραγόμενων αποβλήτων συσκευασιών στην Ελλάδα καθώς και τις εκτιμήσεις του ΣΣΕΔ «ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ» για την ετήσια ποσοστιαία μεταβολή των παραγόμενων ποσοτήτων συσκευασιών (ανά υλικό) βάσει της σύγκρισης αντιπροσωπευτικού δείγματος συμβεβλημένων εταιρειών.
- ii. Τις ετήσιες εκθέσεις που υποβάλλουν τα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης όπως προβλέπεται από την κείμενη νομοθεσία όπου περιλαμβάνονται οι ποσότητες αποβλήτων συσκευασίας οι οποίες συλλέχθηκαν και οδηγήθηκαν προς ανακύκλωση.
- iii. Εκτιμήσεις ή καταγραφή ποσοτήτων αποβλήτων συσκευασιών (χαρτί, γυαλί, μέταλλα) από παράγοντες της αγοράς που δεν καταγράφονται από τα εγκεκριμένα συστήματα.

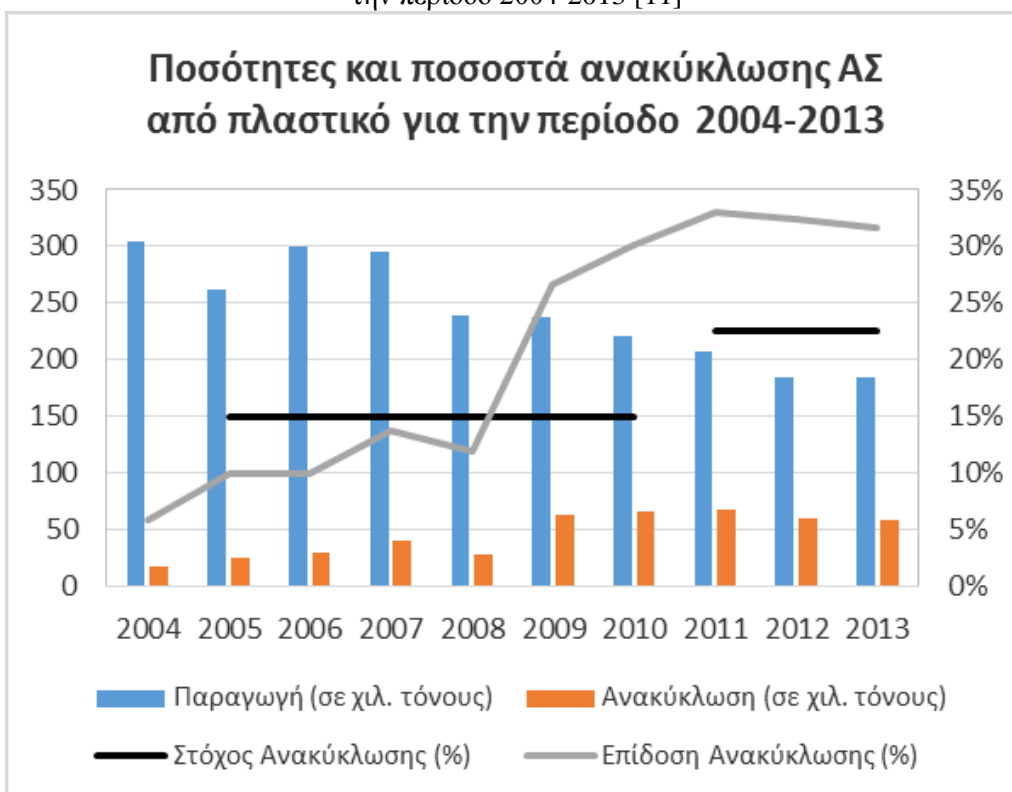
Το 2013 λειτούργησαν στην Ελλάδα τριάντα (30) ΚΔΑΥ (Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών) συνολικά, στο τέλος όμως του ίδιου έτους ο αριθμός αυτός ανήλθε σε είκοσι εννιά, καθώς το καλοκαίρι του 2013 το ΚΔΑΥ Φυλής καταστράφηκε ολοσχερώς από πυρκαγιά. Τα ΚΔΑΥ Μυτιλήνης και Δράμας πρωτολειτούργησαν στα τέλη του 2013 [11].



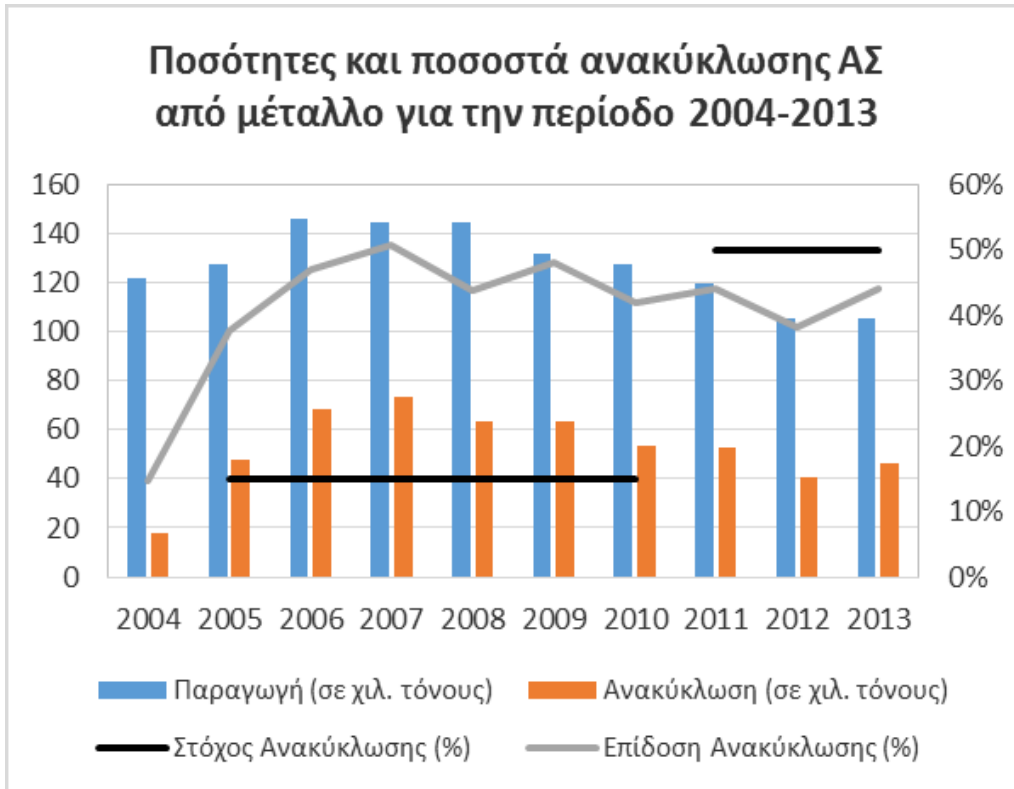
Εικόνα 2.7. Ποσότητες και ποσοστά ανακύκλωσης ανακυκλώσιμων στερεών συνολικά για την περίοδο 2004-2013 [11]



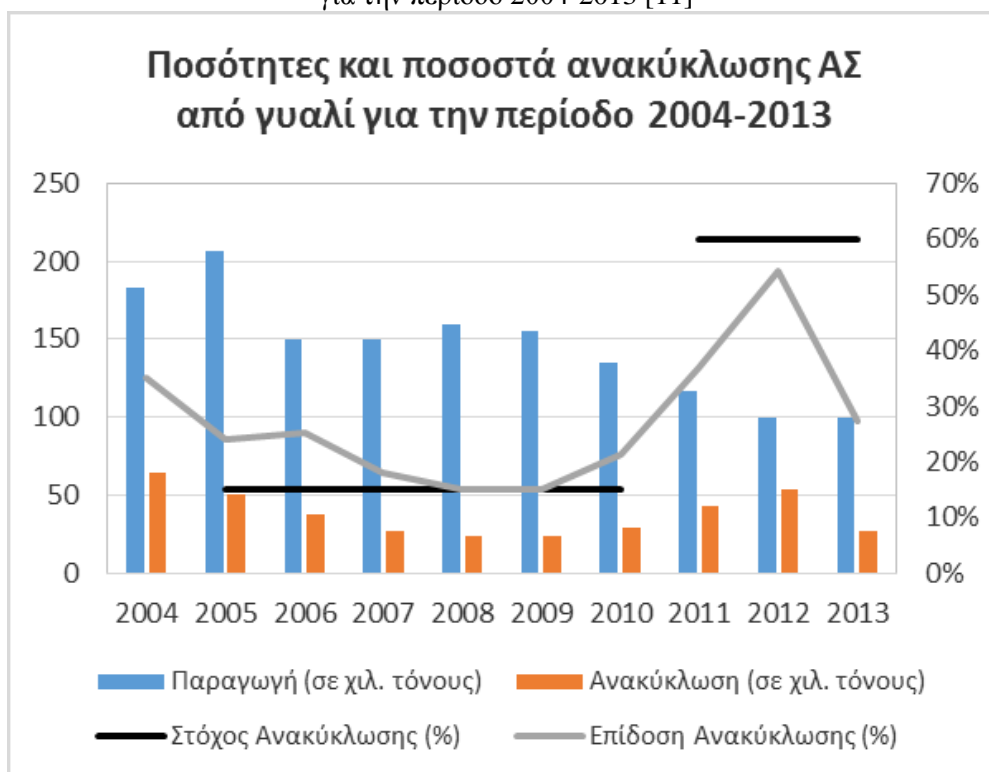
Εικόνα 2.8. Ποσότητες και ποσοστά ανακύκλωσης ανακυκλώσιμων στερεών από χαρτί για την περίοδο 2004-2013 [11]



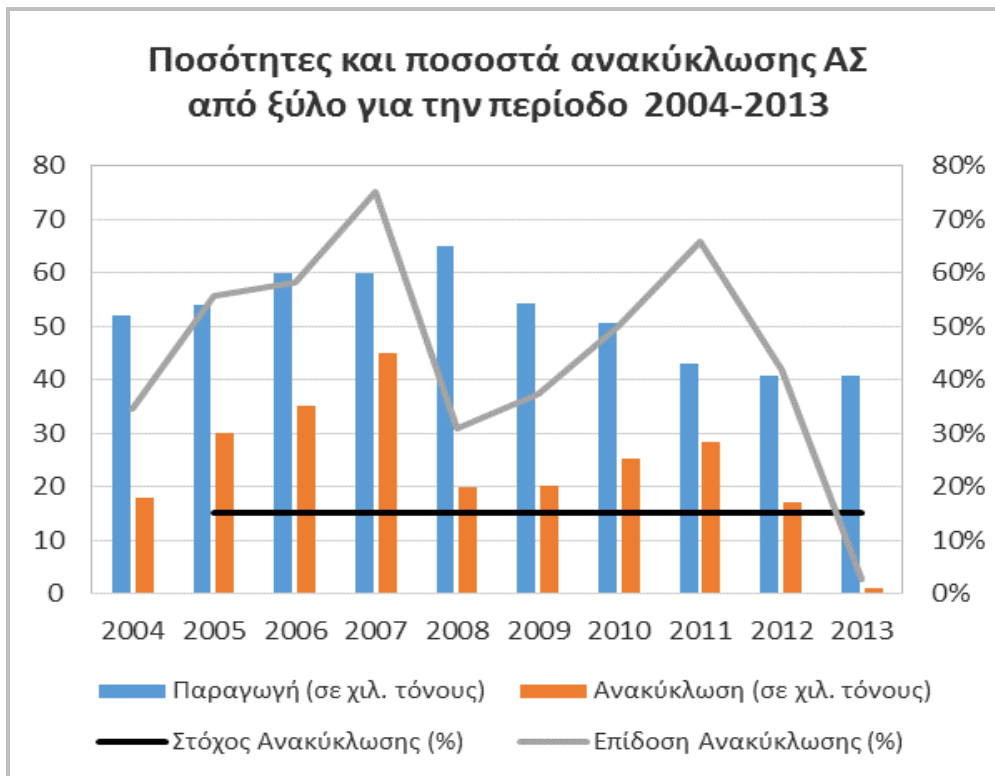
Εικόνα 2.9. Ποσότητες και ποσοστά ανακύκλωσης ανακυκλώσιμων στερεών από πλαστικό για την περίοδο 2004-2013 [11]



Εικόνα 2.10. Ποσότητες και ποσοστά ανακύκλωσης ανακυκλώσιμων στερεών από μέταλλο για την περίοδο 2004-2013 [11]



Εικόνα 2.11. Ποσότητες και ποσοστά ανακύκλωσης ανακυκλώσιμων στερεών από γυαλί για την περίοδο 2004-2013 [11]



Εικόνα 2.12. Ποσότητες και ποσοστά ανακύκλωσης ανακυκλώσιμων στερεών από ξύλο για την περίοδο 2004-2013 [11]

## Βιβλιογραφία

- [1] J. Aquino, Recycling Handbook. Lewis Publishers, USA, 1995.
- [2] J. Pfeffer, Solid Waste Management Engineering. Prentice Hall Inc., USA, 1992.
- [3] Π.Σ. Κόλλιας, Απορρίμματα, Αθήνα, 1993.
- [4] Α. Κούγκολος, Εισαγωγή στην περιβαλλοντική μηχανική. Θεσσαλία, 2001.
- [5] Ι. Φραντζής, Οδηγός ανακύκλωσης απορριμμάτων με διαλογή στη πηγή, Ελληνική Εταιρεία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης, 1991.
- [6] Σ.Τ. Λεβέντη, Ανακύκλωση Υλικών Συσκευασίας. Σχεδιασμός προγράμματος ανακύκλωσης χαρτιού - Εφαρμογή για τις δημόσιες υπηρεσίες του δήμου Μυτιλήνης. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, 2007.
- [7] G. Tchobanoglous, H. Theisen, S. Vigil. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. McGRAW-HILL International Editions, USA, 1993.

[8] Κ.Π. Χαλβαδάκης, Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Τομέας Περιβαλλοντικής Μηχανικής και Επιστήμης, Μυτιλήνη, 1998.

[9] L. Bonomo, A. Higginson, International Overview on Solid Waste Management. Academic Press, London, 1988.

[10] Ν. Μουσιόπουλος, Ανακύκλωση, Δίαυλος, Δίκτυο Ανάκτησης Υλικών από Απορρίμματα με Έμφαση στα Πλαστικά από Συσκευασίες. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 1998.

[11] Ελληνικός οργανισμός ανακύκλωσης. Έκθεση για την ανακύκλωση στην Ελλάδα, 2014.

#### Ιστότοποι

<http://www.eoan.gr/uploads/files/303/56670d376348f2cf938fa4e9eedfc77bdb5be4b7.pdf>

### **3. Ανακύκλωση ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού**

#### **3.1. Εισαγωγή**

Στις ανεπτυγμένες χώρες είναι προφανής η εξέλιξη και η αυξανόμενη παρουσία σε όλους τους τομείς της ζωής των ανθρώπων, των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών (ΗΗΕ). Η εκρηκτική ανάπτυξή τους οφείλεται στην τεχνολογική πρόοδο, στις εταιρείες που προωθούν στην αγορά νέα προϊόντα και στον υπερκαταναλωτισμό. Αποτέλεσμα είναι η γρήγορη απόσυρση και τελικά αχρήστευση συσκευών πριν την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής τους. Έτσι τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) καθίστανται μια πολύ κρίσιμη κατηγορία στερεών αποβλήτων.

Τα ΑΗΗΕ διακρίνονται από τις άλλες κατηγορίες αστικών στερεών αποβλήτων για τους παρακάτω λόγους:

- Τα ΑΗΗΕ είναι τα ταχύτερα αυξανόμενα απόβλητα στην Ε.Ε. όπου, από 8,3-9,1 εκατομμύρια τόνους το 2005, το 2020 προβλέπεται να φτάσουν τα 12,3 εκατομμύρια τόνους. Σήμερα αποτελούν το 4% των αστικών αποβλήτων στην Ε.Ε. Στην Ελλάδα η ετήσια παραγωγή αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού εκτιμάται στους 140.000-180.000 τόνους ετησίως [1].
- Τα ΑΗΗΕ αποτελούν συναρμολογημένα σύνολα με πολυσύνθετο μίγμα υλικών κατασκευής. Η ανακύκλωσή τους μπορεί να δώσει πλήθος δευτερογενών υλών όπως λέγονται: σιδηρούχο μέταλλο, αλουμίνιο, ανοξείδωτο χάλυβα, χαλκό, πλαστικό, γυαλί, χαρτί και στοιχεία που περιέχουν σπάνια και πολύτιμα μέταλλα [2].
- Εμπεριέχουν «επικίνδυνες ουσίες» για το περιβάλλον. Η επεξεργασία ΑΗΗΕ χωρίς τις κατάλληλες διαδικασίες, προξενεί ζημιές στο περιβάλλον, ιδίως λόγω της απελευθέρωσης βαρέων μετάλλων.
- Η ακατάλληλη επεξεργασία και ανεξέλεγκτη απόρριψη αποβλήτων συνιστά πρόβλημα για την υγεία των ανθρώπων, που εκτίθενται σε άκρως τοξικές ουσίες όταν αφαιρούνται τα πολύτιμα υλικά από τα ΑΗΗΕ, χωρίς μεθόδους προστασίας της υγείας και του περιβάλλοντος. Μάλιστα η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την παραγωγή ΗΗΕ υπερβαίνει κατά πολύ την επιβάρυνση του περιβάλλοντος που συνδέεται με την παραγωγή των υλικών που αποτελούν άλλες υποκατηγορίες των αστικών αποβλήτων.
- Η ανακύκλωση των ΑΗΗΕ μπορεί να συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση των πόρων σε ό,τι αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και των πολύτιμων υλικών που εμπεριέχονται σε αυτά.

## 3.2. Νομοθεσία

### 3.2.1. Ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο

Η τελευταία ευρωπαϊκή οδηγία σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) είναι η ΟΔΗΓΙΑ 2012/19/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 4ης Ιουλίου 2012. Κάθε κράτος μέλος θέτει σε ισχύ τις αναγκαίες νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις προκειμένου να συμμορφωθεί με την παρούσα οδηγία έως τις 14 Φεβρουαρίου 2014.

Σύμφωνα με αυτήν την οδηγία ορίζονται μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας με την πρόληψη ή μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της παραγωγής και της διαχείρισης αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ), καθώς και με τον περιορισμό των συνολικών επιπτώσεων της χρήσης των πόρων και τη βελτίωση της αποδοτικότητάς της, συμβάλλοντας έτσι στην αειφόρο ανάπτυξη [3].

Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από ΑΗΗΕ , με την ενθάρρυνση :

- ✓ Διαχείρισης προϊόντων Τέλους Ζωής
- ✓ Οικολογικού Σχεδιασμού των προϊόντων ,ώστε να διευκολύνεται η αποσυναρμολόγηση & ανάκτηση , με σκοπό την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση.
- ✓ Αξιολόγησης με βάση την Έννοια Κύκλου Ζωής
- ✓ Διευρυμένης Υπευθυνότητας Παραγωγού.

### 3.2.2. Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο

Ως «ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός» (ΗΗΕ) θεωρείται ο εξοπλισμός η ορθή λειτουργία του οποίου εξαρτάται από ηλεκτρικά ρεύματα ή ηλεκτρομαγνητικά πεδία και ο εξοπλισμός για την παραγωγή, τη μεταφορά και τη μέτρηση των ρευμάτων και πεδίων αυτών, ο οποίος έχει σχεδιασθεί για να λειτουργεί υπό ονομαστική τάση έως 1000 V εναλλασσομένου ρεύματος ή έως 1500 V συνεχούς ρεύματος. Στην έννοια του ΗΗΕ συμπεριλαμβάνονται όλα τα κατασκευαστικά του στοιχεία, τα συναρμολογημένα μέρη και τα αναλώσιμα, τα οποία συνιστούν τμήμα του προϊόντος κατά τη διάθεσή του στην αγορά [4].

Τόσο για περιβαλλοντικούς αλλά και για οικονομικούς λόγους είναι απαραίτητη η εναλλακτική διαχείριση αποβλήτων ΗΗΕ, δηλαδή οι εργασίες συλλογής/διαλογής, μεταφοράς, προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση, επεξεργασίας και ανάκτησης των ΑΗΗΕ, ώστε να εξυπηρετείται ένας χρήσιμος σκοπός.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία (Υ.Α. Η Π . 23615/651/Ε.103/2014, ΦΕΚ 1184Β\_2014) αποσκοπείται η συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2012/19/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4<sup>ης</sup> Ιουλίου 2012 «σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)». Με τη θέσπιση



κατάλληλων κανόνων, όρων και προϋποθέσεων για την εναλλακτική διαχείριση ΑΗΗΕ, στόχοι είναι:

α) η πρόληψη ή μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της παραγωγής και διαχείρισης ΑΗΗΕ,

β) ο περιορισμός των συνολικών επιπτώσεων της χρήσης των πόρων και η βελτίωση της αποδοτικότητάς της, με την ανάκτηση χρήσιμων δευτερογενών πρώτων υλών

γ) η βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων όλων των φορέων που εμπλέκονται στον κύκλο ζωής του ΗΗΕ όπως παραγωγών, διακινητών, χρηστών και όσων διενεργούν εργασίες συλλογής/διαλογής, μεταφοράς, προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση, επεξεργασίας και ανάκτησης ΑΗΗΕ,

δ) η εφαρμογή της αρχής της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού ΗΗΕ, ώστε να επιτυγχάνεται η προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην αειφόρο ανάπτυξη [5].

Σύμφωνα με το Άρθρο 2, η απόφαση αυτή εφαρμόζεται στον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό (ΗΗΕ) ως εξής:

α) από τις 13 Αυγούστου 2012 έως τις 14 Αυγούστου 2018 (μεταβατική περίοδος), στον ΗΗΕ που υπάγεται στις κατηγορίες του Πίνακα Ι. Το παράρτημα Ι περιέχει μη εξαντλητικό κατάλογο ειδών ΗΗΕ που υπάγονται στις κατηγορίες του Πίνακα Ι

β) από τις 15 Αυγούστου 2018, σε όλο τον ΗΗΕ.

Πίνακας 3.1. Κατηγορίες ΗΗΕ που καλύπτει η παρούσα οδηγία κατά τη μεταβατική περίοδο (Άρθρο 2).

|    | <b>Κατηγορίες ΗΗΕ</b>  |
|----|--|
| 1  | Μεγάλες οικιακές συσκευές  |
| 2  | Μικρές οικιακές συσκευές   |
| 3  | Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών  |
| 4  | Καταναλωτικά είδη και φωτοβολταϊκά πλαίσια (panels)  |
| 5  | Είδη φωτισμού  |
| 6  | Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία εξαιρουμένων των σταθερών βιομηχανικών εργαλείων μεγάλης κλίμακας |
| 7  | Παιχνίδια και εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού   |
| 8  | Ιατρικά βοηθήματα εξαιρουμένων όλων των εμφυτεύσιμων και μολυσμένων προϊόντων                        |
| 9  | Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου  |
| 10 | Συσκευές αυτόματης διανομής.   |

Η απόφαση αυτή δεν εφαρμόζεται στα ακόλουθα είδη ΗΗΕ:

- α) στον εξοπλισμό που είναι απαραίτητος για την προστασία των ζωτικών συμφερόντων ασφάλειας της χώρας, στον οποίο περιλαμβάνονται όπλα, πυρομαχικά και πολεμικό υλικό προορισμένο για αμιγώς στρατιωτικούς σκοπούς
- β) στον εξοπλισμό που είναι ειδικά σχεδιασμένος και εγκατεστημένος ως τμήμα άλλου τύπου εξοπλισμού που αποκλείεται ή δεν εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής της παρούσας, ο οποίος μπορεί να επιτελέσει τη λειτουργία του μόνο εάν αποτελεί τμήμα του εν λόγω εξοπλισμού
- γ) στους λαμπτήρες πυράκτωσης.

Ακόμη από τις 15 Αυγούστου 2018 η απόφαση αυτή δεν εφαρμόζεται στα ακόλουθα είδη ΗΗΕ:

- α) στον εξοπλισμό που είναι σχεδιασμένος να σταλεί στο διάστημα
- β) σε μεγάλης κλίμακας σταθερά βιομηχανικά εργαλεία
- γ) σε σταθερές εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας, με εξαίρεση τον περιλαμβανόμενο εξοπλισμό που δεν έχει σχεδιαστεί ειδικά για τις εγκαταστάσεις αυτές
- δ) στα μέσα μεταφοράς ανθρώπων ή εμπορευμάτων, εξαιρουμένων των ηλεκτρικών δίκυκλων οχημάτων που δεν διαθέτουν έγκριση τύπου
- ε) σε μη οδικά κινητά μηχανήματα που προορίζονται αποκλειστικά για επαγγελματική χρήση
- στ) στον ειδικό εξοπλισμό που έχει σχεδιασθεί αποκλειστικά για σκοπούς έρευνας και ανάπτυξης και διατίθεται μόνο από επιχείρηση σε επιχείρηση
- ζ) στα ιατρικά βοηθήματα και τα ιατρικά βοηθήματα που χρησιμοποιούνται στη διάγνωση *in vitro*, όταν τα εν λόγω βοηθήματα αναμένεται να καταστούν μολυσματικά πριν από το τέλος του κύκλου ζωής τους καθώς και στα ενεργά εμφυτεύσιμα ιατρικά βοηθήματα. [6].

Το πρόγραμμα εναλλακτικής των ΑΗΗΕ και περιλαμβάνει μέτρα για την οργάνωση της εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΗΗΕ, τη μείωση της ποσότητας των ΑΗΗΕ στα οικιακά απόβλητα, την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση ΑΗΗΕ και την επίτευξη υψηλού βαθμού ανάκτησης των ΑΗΗΕ, την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του καταναλωτή/τελικού χρήστη αλλά και ειδικές ρυθμίσεις και τεχνικές οδηγίες για τη χωριστή συλλογή και διαλογή, την επεξεργασία και την ανάκτηση των ΑΗΗΕ.

Είναι σημαντικό να τονιστεί πως από τα ΑΗΗΕ που συλλέγονται πρέπει να αφαιρούνται και να διατίθενται ή ανακτώνται σύμφωνα με την Ενότητα Β΄ του ν.4042/2012 οι ακόλουθες ουσίες, μείγματα και κατασκευαστικά στοιχεία:

- πυκνωτές που περιέχουν πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB) (οδηγία 96/59/ΕΚ),
- κατασκευαστικά στοιχεία που περιέχουν υδράργυρο, όπως διακόπτες και λαμπτήρες οπισθοφωτισμού,
- μπαταρίες,

- πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων από κινητά τηλέφωνα εν γένει και από άλλες συσκευές, αν η επιφάνεια της πλακέτας υπερβαίνει τα 10 τετραγωνικά εκατοστά,
- δοχεία υγρών ή κολλωδών μελανιών,
- πλαστικά υλικά που περιέχουν βρωμιούχους φλογοεπιβραδυντές,
- αμιαντούχα απόβλητα και κατασκευαστικά στοιχεία που περιέχουν αμίαντο,
- καθοδικές λυχνίες,
- χλωροφθοράνθρακες (CFC), υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) ή υδροφθοράνθρακες (HFC), υδρογονάνθρακες (HC),
- λαμπτήρες εκκένωσης αερίων,
- οθόνες υγρών κρυστάλλων (μαζί με το περίβλημά τους, οσάκις ενδείκνυται), η επιφάνεια των οποίων υπερβαίνει τα 100 τετραγωνικά εκατοστά, καθώς και οθόνες οπισθοφωτιζόμενες με λαμπτήρες εκκένωσης αερίων, εξωτερικά ηλεκτρικά καλώδια,
- κατασκευαστικά στοιχεία με πυρίμαχες κεραμικές ίνες, (οδηγία 97/69/EK)
- ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες (ύψος > 25 mm, διάμετρος > 25 mm ή ανάλογος όγκος).

Τα κατασκευαστικά στοιχεία των ΑΗΗΕ τα οποία συλλέγονται χωριστά πρέπει να υποβάλλονται σε κάποια επεξεργασία:

- Από τις καθοδικές λυχνίες πρέπει να αφαιρείται το φθορίζον επίχρισμα.
- Στον εξοπλισμό που περιέχει αέρια τα οποία καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος ή παρουσιάζουν δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) άνω του 15, όπως τα αέρια που περιέχονται στο μονωτικό αφρό και στα ψυκτικά κυκλώματα: τα αέρια πρέπει να αφαιρούνται καταλλήλως και να υποβάλλονται σε κατάλληλη επεξεργασία. Τα αέρια που καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1005/2009.
- Στους λαμπτήρες εκκένωσης αερίων πρέπει να αφαιρείται ο υδράργυρος.

### **3.3. Στατιστικά στοιχεία**

Για την παρακολούθηση της επίτευξης των στόχων το ΥΠΕΚΑ αποστέλλει σχετικές εκθέσεις στην Ε.Ε. κάθε δυο έτη. Στον Πίνακα 3.2 αναγράφεται η εξέλιξη της ανακύκλωσης ανά έτος και κατηγορία. Σημειώνεται ότι η αξιοποίηση συμπίπτει με την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση καθώς στην Ελλάδα δε γίνεται ανάκτηση ενέργειας από ΑΗΗΕ.

Πίνακας 3.2. Στατιστικά στοιχεία αξιοποίησης ΑΗΗΕ ανά κατηγορία στην Ελλάδα για την περίοδο 2005-2010 σε τόνους (εντός παρένθεσης προβάλλεται ο ποσοτικός στόχος αξιοποίησης ανά κατηγορία) [1]

| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ  | 2005          | 2006           | 2007            | 2008            | 2009            | 2010*           |
|--|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1. Μεγάλες οικιακές συσκευές                       | 85<br>(97%)   | 7.437<br>(97%) | 19.104<br>(82%) | 28.592<br>(81%) | 40.756<br>(87%) | 28.559<br>(88%) |
| 2. Μικρές οικιακές συσκευές                        | 74<br>(92%)   | 257<br>(92%)   | 220<br>(82%)    | 642<br>(81%)    | 1.085<br>(83%)  | 1.766<br>(82%)  |
| 3. Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών     | 45<br>(89%)   | 788<br>(89%)   | 2.515<br>(95%)  | 5.431<br>(94%)  | 7.281<br>(92%)  | 7.475<br>(95%)  |
| 4. Καταναλωτικά είδη                               | 2,8<br>(89%)  | 754<br>(89%)   | 1.613<br>(82%)  | 3.592<br>(82%)  | 5.695<br>(85%)  | 7.033<br>(87%)  |
| 5. Φωτιστικά είδη                                  | 0             | 0              | 40,3<br>(90%)   | 78<br>(84%)     | 133<br>(88%)    | 180<br>(85%)    |
| 5α. Λαμπτήρες εκκενώσεως αερίου                    | 0             | 0              | 17,6<br>(87%)   | 11,3<br>(94%)   | 11<br>(94%)     | 65<br>(93%)     |
| 6. Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία              | 28<br>(98%)   | 18<br>(98%)    | 76<br>(99%)     | 113<br>(96%)    | 103<br>(96%)    | 59<br>(94%)     |
| 7. Παιχνίδια, εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού | 0,07<br>(94%) | 57<br>(94%)    | 93<br>(53%)     | 116<br>(43%)    | 348<br>(61%)    | 168<br>(63%)    |
| 8. Ιατροτεχνολογικές συσκευές                      | 0             | 34<br>(87%)    | 35<br>(92%)     | 147<br>(88%)    | 128<br>(93%)    | 127<br>(94%)    |
| 9. Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου               | 0             | 0              | 4,1<br>(98%)    | 80<br>(92%)     | 30<br>(86%)     | 46<br>(92%)     |
| 10. Συσκευές αυτόματης διανομής                    | 4,2<br>(99%)  | 11<br>(99%)    | 518<br>(98%)    | 242<br>(93%)    | 313<br>(93%)    | 120<br>(91%)    |
| ΣΥΝΟΛΟ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ                                 |               |                |                 |                 |                 |                 |
| 239  | 9.356         | 24.236         | 39.044          | 55.883          | 45.598          |                 |
| ΣΥΝΟΛΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ (οικιακού τομέα)                   |               |                |                 |                 |                 |                 |
| 100  | 9.599         | 28.733         | 44.305          | 62.847          | 44.552          |                 |
| ΧΩΡΙΣΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΑΝΑ ΚΑΤΟΙΚΟ (σε κιλά)              | 0,01          | 0,86           | 2,57            | 3,94            | 5,57            | 3,94            |

\* Σύμφωνα με τον Ελληνικό Οργανισμό Ανακύκλωσης (ΕΛ.Ο.ΑΝ) τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία από τις διεισθετικές εκθέσεις αναφοράς προς Ε.Ε. του ΥΠΕΚΑ αφορούν το 2010.

### **3.4. Μέθοδοι επεξεργασίας ΑΗΗΕ**

#### **3.4.1. Ανακύκλωση Κλειστού τύπου (Ανάκτηση προϊόντων ή εξαρτημάτων τους)**

Ο στόχος σε αυτόν τον τύπο ανακύκλωσης είναι η επέκταση της ζωής των προϊόντων. Αυτό κρίνεται αναγκαίο διότι η παραγωγή νέων προϊόντων επιφέρει περισσότερα καταστροφικά αποτελέσματα. Ο στόχος αυτός μπορεί να επιτευχθεί είτε με επαναπώληση/επαναχρησιμοποίηση είτε με επισκευή/αναμόρφωση των προϊόντων.

##### **A. Επαναπώληση / Επαναχρησιμοποίηση (reusing)**

Στην περίπτωση της επαναπώλησης το προϊόν επανέρχεται αυτούσιο στην αγορά. Κάποιο προϊόν χωρίς χρηστικότητα για κάποιον τομέα μπορεί να είναι χρήσιμο για άλλον. Υπάρχουν εταιρείες με αντικείμενο την συλλογή και επαναπώληση. Στην περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης στόχος είναι η επαναπροώθηση στην αγορά οποιωνδήποτε εξαρτημάτων που η λειτουργία τους είναι ικανοποιητική. Πολλοί φορείς συλλέγουν και ελέγχουν το υλικό και αναλόγως αν είναι σκάρτο ή όχι το προωθούν για ανακύκλωση ή πώληση μόνο του ή ταιριάζοντάς το με άλλα για να δημιουργηθεί ένα νέο προϊόν. Σ' αυτήν την κατηγορία δεν λαμβάνει χώρα επισκευή, παρά μόνο χρησιμοποιείται ό,τι λειτουργεί και το υπόλοιπο απορρίπτεται.

#### **3.1.2 Επισκευή / αναμόρφωση ( refurbishing )**

Η διαφορά μεταξύ της επισκευής και αναμόρφωσης από την επαναπώληση έγκειται στο ότι περιλαμβάνουν κάποια τροποποίηση του προϊόντος. Η επισκευή ασχολείται με τα φανερά λάθη, ενώ η αναμόρφωση στοχεύει στη βελτίωση της γενικότερης αξιοπιστίας του προϊόντος, καθαρίζοντας, επιθεωρώντας και αντικαθιστώντας εξαρτήματα όπου χρειάζεται [7].

Η αναμόρφωση από την άλλη διεξάγεται από τους κατασκευαστές προτύπων εξαρτημάτων οι οποίοι παίρνουν πίσω τον εξοπλισμό όταν λήξει ένα συμβόλαιο εκμίσθωσης ή με την παύση της λειτουργίας του. Η ανησυχία των κατασκευαστών πρότυπων εξαρτημάτων έγκειται στην επισκευή και αναμόρφωση από ανεξάρτητες εταιρείες γιατί τα καινούργια τους προϊόντα πρέπει να ανταγωνιστούν τα αναμορφωμένα προϊόντα σε αγορές οικονομικά ευαίσθητες. Πιθανόν ο καλύτερος τρόπος να αποφευχθούν τέτοια προβλήματα είναι οι κατασκευαστές προτύπων εξαρτημάτων να παίρνουν πίσω και να επισκευάζουν ή να αναμορφώνουν τα δικά τους προϊόντα. Έτσι, κερδίζουν, στην επαναπώληση και στην ποιότητα του προϊόντος.



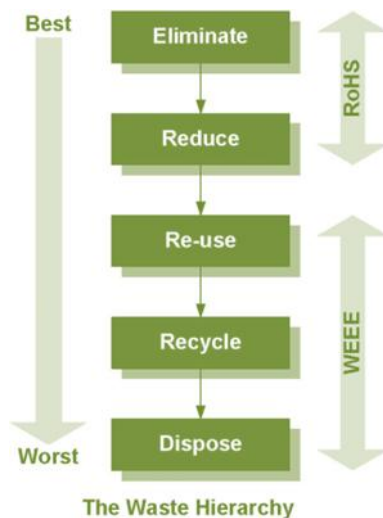
Εικόνα 3.1. Ανάκτηση υλικών ( ανακύκλωση )  
( Πηγή: Eldan SR Recycling )

### 3.4.2. Ανακύκλωση Ανοικτού τύπου (Ανάκτηση υλικών)

Στην ανακύκλωση ανοικτού τύπου ένα πεταμένο αντικείμενο χρησιμοποιείται εκ νέου για την κατασκευή νέων προϊόντων. Η ανάκτηση υλικών θεωρείται η βασική εναλλακτική επιλογή βασικότερες εναλλακτικές επιλογές στη διαχείριση των ΑΗΗΕ στο τέλος της ζωής τους, γιατί οποιαδήποτε επαναχρησιμοποίησή τους είναι δύσκολη με τη δεδομένη ταχύτητα εξέλιξης της τεχνολογίας [7].

Οι προτεραιότητες για το τέλος της ζωής του προϊόντος ταξινομούνται με την εξής φθίνουσα σειρά:

1. Αποφυγή απόρριψης
2. Ανάκτηση του συνολικού προϊόντος
3. Ανάκτηση υποσυνόλων και εξαρτημάτων
4. Ανάκτηση υλικών
5. Ανάκτηση ενέργειας
6. Αποτέφρωση
7. Υγειονομική ταφή

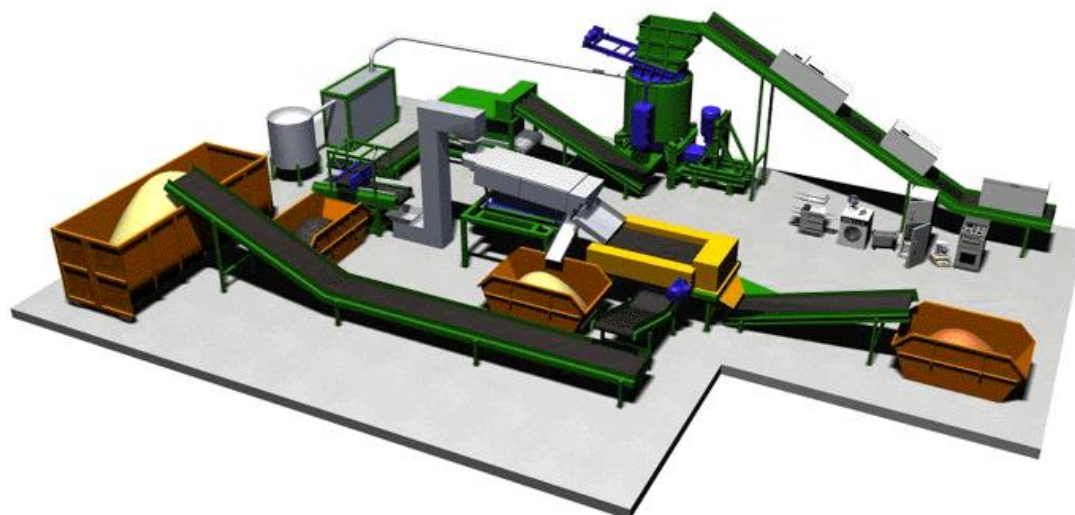


Εικόνα 3.2. Η ιεραρχία των ΑΗΗΕ σχετικά με την διαχείρισή τους

### 3.5. Είδη τεχνικών ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ

Τρεις είναι οι κύριες τεχνικές ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ:

- Τεμαχισμός – Διαχωρισμός
- Μεταλλουργική επεξεργασία
- Ελεγχόμενη Αποσυναρμολόγηση



Εικόνα 3.3. Απεικόνιση μονάδας κέντρου ανακύκλωσης

#### 3.5.1. Τεμαχισμός – Διαχωρισμός

Αυτός είναι ο επικρατέστερος τρόπος που ανακυκλώνονται τα ΑΗΗΕ στην Ελλάδα. Η βασική αρχή της επεξεργασίας αυτής είναι ο τεμαχισμός των συσκευών σε πολύ μικρά κομμάτια και κατόπιν ο διαχωρισμός των διαφόρων υλικών (ανάκτηση). Οι συσκευές εισάγονται σε κύλινδρο στον οποίο κομματιάζονται από περιστρεφόμενα σφυριά, μέχρι να φτάσουν συνήθως το μέγεθος των 10- 100mm. Η διαδικασία περιγράφεται παρακάτω:

##### **A. Τμήμα Απορρύπανσης**

Στο τμήμα αυτό αφαιρούνται και συλλέγονται χωριστά από τα ΑΗΗΕ οι ουσίες και κατασκευαστικά υλικά που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 3.2.2. (Υ.Α. Η Π . 23615/651/Ε.103/2014).

##### **B. Τμήμα Αποσυναρμολόγησης**

Η αποσυναρμολόγηση είναι μια συστηματική διαδικασία που αφαιρεί ένα στοιχείο ή ένα κομμάτι, ή μια ομάδα μερών ή ένα υποσύνολο ενός προϊόντος (μερική

αποσυναρμολόγηση) ή χωρίζει ένα προϊόν σε όλα τα μέρη του (πλήρης αποσύνθεση) για έναν συγκεκριμένο σκοπό.

Στις τεχνολογίες ανακύκλωσης ΑΗΗΕ, η αποσυναρμολόγηση είναι μια αναπόφευκτη διαδικασία, καθώς (1) η επαναχρησιμοποίηση των εξαρτημάτων και των υλικών είναι πρωτίστης προτεραιότητας, (2) η αποσυναρμολόγηση των επικίνδυνων εξαρτημάτων είναι απαραίτητη και (3) είναι σημαντικό να αποσυναρμολογηθούν τα πολύτιμα εξαρτήματα και τα αρίστης ποιότητας υλικά όπως πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων, καλώδια, προκειμένου να απλοποιηθούν τα επόμενα στάδια της ανάκτησης των υλικών.

Οι θετικές επιπτώσεις της αποσυναρμολόγησης στο περιβάλλον είναι οι εξής:

- **Επέκταση ζωής προϊόντων:** Αφού μπορεί να επιτευχθεί ανετότερη πρόσβαση στα υποσύνολα, διευκύνεται η επισκευή, κάτι θα αυξήσει και την διάρκεια ζωής του προϊόντος.
- **Καθαρότερη ανάκτηση υλικών:** τα διάφορα συστατικά εξαρτήματα αποσυναρμολογούνται, τα υλικά διαχωρίζονται και αναλόγως κατατάσσονται, ώστε να ανακυκλωθούν με μεγαλύτερη ομοιογένεια. Αποτέλεσμα είναι η αναβάθμιση τα δευτερογενών υλικών και η αύξησης της αξίας τους. Έτσι, δε θα χρειάζεται να αναμιγνύονται με πρωτογενή για να μειωθεί το ποσοστό των ακαθαρσιών. Επίσης, τα υλικά που μέχρι τώρα θάβονταν λόγω δυσκολίας στον διαχωρισμό, θα μπορούν να διαχωρίζονται ήδη από την αποσυναρμολόγηση. Σε αυτή την περίπτωση θα αυξηθεί ο αριθμός των προϊόντων που θα ανακυκλώνονται.
- **Ανάκτηση συνόλων:** Είναι ο μοναδικός τρόπος για την επίτευξη της επαχρησιμοποίησης. Το κατά πόσο μπορεί να είναι ανεκτό και από πλευράς κόστους ανακύκλωσης, εξαρτάται από τον σχεδιασμό της διαδικασίας.
- Επιτρέπει την απομάκρυνση και απομόνωση επικίνδυνων ουσιών.

Όσον αφορά τις θετικές επιπτώσεις στον οικονομικό τομέα είναι οι εξής:

- **Διακοπή παραγωγής προϊόντος:** Μία ξαφνική διακοπή της παραγωγής μπορεί να οδηγήσει σε ένα πλήθος μη επιθυμητών συναρμολογούμενων συνόλων. Η αποσυναρμολόγηση όμως μπορεί να οδηγήσει σε ανάκτηση πολύτιμων εξαρτημάτων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή άλλων προϊόντων. Τα υπόλοιπα που θα περισσεύουν μπορούν να ανακυκλωθούν, πωληθούν ή να αποθηκευτούν για μελλοντική χρήση.
- **Μείωση χρόνου παραγωγής:** Κάποια από τα προϊόντα που βρίσκονται στη διαδικασία ανακύκλωσης, μπορεί να περιέχουν σπάνια εξαρτήματα ή σύνολα, που είναι σημαντικά για την παραγωγή άλλων προϊόντων. Η αποσυναρμολόγηση αυτών και η απόσπαση των υποσυνόλων που είναι επείγοντα μπορεί να οδηγήσει σε αξιόλογη μείωση του πρότυπου χρόνου των νέων προϊόντων.



- **Διευκολύνει την επισκευή:** Αφού θα μπορεί να επιτευχθεί πιο άνετη πρόσβαση στα υποσύνολα, θα διευκολύνεται και η επισκευή.

Η τεχνική της αποσυναρμολόγησης απαιτεί εύκαμπτα εργαλεία μεγάλης απόδοσης. Η κύρια διαδικασία αποσυναρμολόγησης είναι η χειρωνακτική ενώ ερευνάται και η αυτοματοποιημένη. Στη βιομηχανία υπάρχουν πολλά ρομποτικά συστήματα αυτοματοποιημένης συναρμολόγησης συσκευών κανένα όμως αντίστοιχο για την αποσυναρμολόγησή τους.

Η μεθοδολογία της αποσυναρμολόγησης εξαρτάται από την κατηγορία του ΗΗΕ που πρόκειται να αποσυναρμολογηθεί. Πιο συγκεκριμένα:

**Κατηγορία 1** (Μεγάλες Οικιακές Συσκευές). Αποτελείται κυρίως από πλυντήρια ρούχων και πιάτων, ψυγεία και κουζίνες, θερμοσίφωνες, απορροφητήρες και μεγάλες συσκευές ψύξης. Κατά την αποσυναρμολόγηση, αφαιρούνται οι πυκνωτές, οι πλακέτες με τυπωμένα κυκλώματα, τα εξωτερικά καλώδια και τα ελαστικά μέρη. Τα σιδηρούχα μέταλλα αποτελούν περίπου το 99% του συνόλου. Ο μέσος όρος της αποσυναρμολόγησης έχει εκτιμηθεί σε 3,7 λεπτά ανά τεμάχιο

**Κατηγορία 2** (Μικρές οικιακές συσκευές). Αποτελείται κυρίως από καφετιέρες, ηλεκτρικές σκούπες και ηλεκτρικά σίδερα. Ο μέσος όρος της αποσυναρμολόγησης των συσκευών αυτών εκτιμάται σε 2,1 λεπτά ανά τεμάχιο και θεωρείται αρκετά μεγάλος συγκριτικά με το μικρό μέγεθος των συσκευών. Το κύριο μέρος δηλαδή κάπου το 44% των αποσυναρμολογημένων υλικών αποτελείται από σιδηρούχα μέταλλα. Ακολουθούν πλαστικά (38%), πηνία (11%), αλουμίνιο (2%) και διάφορα άλλα υλικά (5%).

**Κατηγορία 3.** Την κύρια μάζα αυτής της κατηγορίας αποτελούν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές με τις περιφερειακές συσκευές τους και λοιπά μηχανήματα γραφείων. Οι χρόνοι αποσυναρμολόγησης κυμαίνονται σε 6 λεπτά για τους υπολογιστές και μέχρι 20 λεπτά για φωτοτυπικά μηχανήματα. Το 55% των αποσυναρμολογημένων υλικών αποτελείται από σιδηρούχα μέταλλα, το 24% από πλαστικά, το 5% από κυκλώματα, το 2% από πηνία και το 14% από λοιπά υλικά.

**Κατηγορία 4.** Εδώ ανήκουν όλες οι συσκευές που περιέχουν οθόνη. Ο μέσος όρος αποσυναρμολόγησης είναι 8 λεπτά ανά τεμάχιο, ενώ σε μερικά είδη μπορούν να χρειασθούν έως και 20 λεπτά. Ανάλογα με τη συσκευή, τα υλικά που αποσυναρμολογούνται διαφέρουν ως προς την σύνθεσή τους. Για παράδειγμα οι ασπρόμαυρες λυχνίες αποτελούνται από ένα είδος γυαλιού, ενώ οι έγχρωμες από περισσότερα. Το ξύλινο περίβλημα περιέχει συνήθως ρητίνες φαινόλης/φορμαλδεΐδης και είναι εμποτισμένο από βρωμιούχες επιβραδυντικές ουσίες καύσης. Συσκευές με πλαστικό περίβλημα είναι επίσης επεξεργασμένες με επιβραδυντικές ουσίες καύσης. Οι πλακέτες με τυπωμένα κυκλώματα αποτελούν το 12% των συσκευών με οθόνη. Το 7% των σιδηρούχων μετάλλων που περιέχουν θεωρείται μικρό. Κατά την αποσυναρμολόγηση, αφαιρούνται οι λυχνίες, τα πλαστικά και ξύλινα μέρη, οι μπαταρίες και οι πυκνωτές (που μπορεί να περιέχουν PCB).

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν επίσης τα είδη εξοπλισμού για την αναπαραγωγή ήχου και εικόνων. Το κύριο μέρος των υλικών αποτελείται και σε αυτήν την περίπτωση από πλαστικό με ποσοστό 37%, ακολουθούν τα σιδηρούχα μέταλλα με 26%, κυκλώματα με 11%, πηνία με 8% και λοιπά υλικά με 18%. Η αποσυναρμολόγηση σε αυτή την κατηγορία απαιτεί κατά μέσο όρο 11 λεπτά ανά συσκευή, η οποία θεωρείται χρονοβόρα.

### **Γ. Τμήμα Τεμαχισμού**

Ο τεμαχισμός συνήθως εφαρμόζεται στο αρχικό στάδιο μιας Μονάδας Επεξεργασίας ΑΗΗΕ. Είναι η διαίρεση της δομής στερεών αντικειμένων μέσω μηχανικής δύναμης, ώστε να επιτυγχάνεται αύξηση της ειδικής επιφάνειας και ο διαχωρισμός των διάφορων ομάδων των υλικών. Τα υλικά θρυμματίζονται με πτώση, με άλεση ή με κοπή, εφαρμόζοντας επάνω τους μηχανική πίεση, είτε με α) εναλλασσόμενη προσέγγιση και απομάκρυνση των επιφανειών είτε με β) συνεχή κίνηση των επιφανειών θραύσης είτε με γ) πρόσκρουση των υλικών πάνω σε σταθερή επιφάνεια.

Ο τεμαχισμός αποτελεί μια από τις σημαντικότερες διεργασίες επεξεργασίας των ΑΗΗΕ, καθώς βελτιώνει την ποιότητα των προκύπτοντων υλικών και άρα την τιμή πώλησής τους. Γι' αυτό η επιλογή των σωστών μηχανημάτων πρέπει να γίνει με βάση:

- Τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του προς τεμαχισμό υλικού (μέγεθος, δομή, σκληρότητα κτλ.)
- Τον σκοπό χρήσης του (π.χ θραύση σάκων ή μετάλλων)
- Τις απαιτούμενες ιδιότητες του τελικού προϊόντος (π.χ Compost, RDF, κτλ.)



Εικόνα 3.4. Τεμαχιστής  
(Πηγή: Artech Recyclingtechnik GmbH )

### **Κοσκίνισμα – Δονούμενα κόσκινα**

Με το κοσκίνισμα διαχωρίζονται τα υλικά που έχουν διαφορετικά μεγέθη, αφού τοποθετηθούν πάνω σε διάτρητες επιφάνειες με οπές το μέγεθος διαφέρει. Η παρεμπόδιση της έμφραξης των οπών εξασφαλίζεται από την κλίση και την κατάλληλη δόνηση των κόσκινων.



Εικόνα 3.5. Κοκκοποιητής  
( Πηγή: Artech Recyclingtechnik GmbH )

### **Τράπεζα διαχωρισμού**

Η τράπεζα διαχωρισμού βασίζεται στην διαφορά της βαρύτητας των σωματιδίων. Χρησιμοποιούνται κεκλιμένες τράπεζες στις οποίες κυλά νερό, ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται από α) την βαρύτητα, β) την τριβή και γ) την υδραυλική ροή.

### **Δ. Τμήμα Ηλεκτρομαγνήτη**

Σε αυτήν την περίπτωση διαχωρισμού οι φυσικές ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται είναι η μαγνητική ικανότητα και η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Ο ηλεκτρικός διαχωρισμός χρησιμοποιείται για α) τον διαχωρισμό του χαρτιού από τα πλαστικά και β) των μη σιδηρούχων μετάλλων από τα υπόλοιπα απορρίμματα. Για την απομάκρυνση των σιδηρούχων υλικών (λευκοσιδηρούχα κουτιά, καλώδια και οικιακές συσκευές) δεν απαιτείται ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Συνηθέστερα χρησιμοποιούνται δύο είδη μαγνητών, το μαγνητικό τύμπανο και ο μαγνητικός μάντας. Η κατασκευή και η λειτουργία του μαγνητικού τυμπάνου εξαρτάται από το είδος της εγκατάστασης και τον χώρο που διατίθενται. Τα σιδηρούχα μέταλλα κατακρατούνται από το τύμπανο και απομακρύνονται μέσω μιας χοάνης όταν περάσουν πλέον το μαγνητικό πεδίο.



Εικόνα 3.6. Μαγνητικό τύμπανο  
( Πηγή: Steinert )

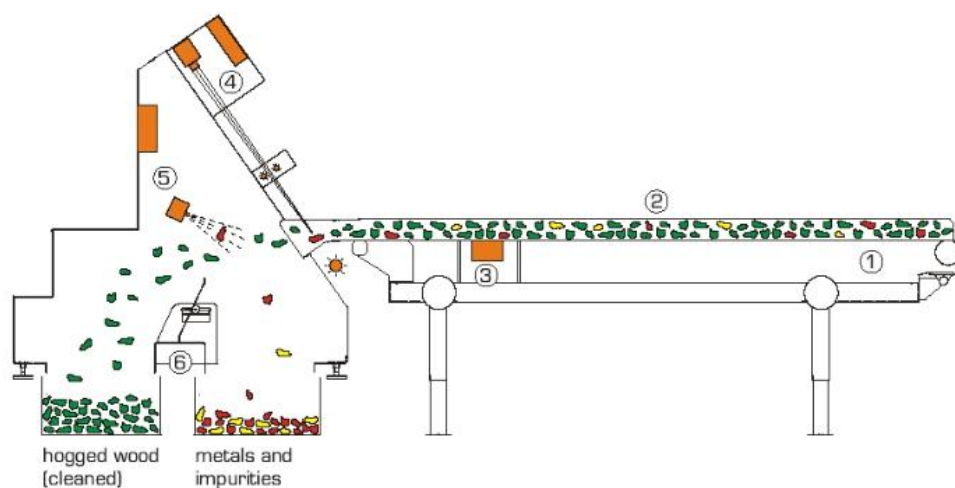
Από την άλλη ο μαγνητικός μάντας τοποθετείται επάνω από την μεταφορική ταινία και έλκει τα σιδηρούχα μέταλλα μεταφέροντάς τα εκτός πεδίου. Ανάλογα με την τοποθέτηση του μαγνήτη διακρίνονται οι μαγνήτες που τοποθετούνται είτε κατά πλάτος είτε κατά μήκος του διαχωριστικού πεδίου. Οι δεύτεροι χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει μεγάλη ταχύτητα εισόδου απορριμμάτων.



Εικόνα 3.7. Μαγνητική ταινία  
( Πηγή: Steinert )

### Ε. Τμήμα Αεροδιαχωρισμού

Σε αυτό το τμήμα ο διαχωρισμός ενός μίγματος υλικών γίνεται με την επίδραση του αέρα και βασίζεται στις διαφορετικές τροχιές των σωματιδίων μέσα στο στρώμα του αέρα και στην βαρύτητα. Η επιτυχία του διαχωρισμού εξαρτάται από την ταχύτητα του αέρα, το χρόνο παραμονής, την υγρασία, το βάρος αλλά και το σχήμα του υλικού. Ο αεροδιαχωριστήρας τύπου ΖΙΚ – ΖΑΚ αποτελείται από ένα ή περισσότερα κανάλια με ορθογώνια τομή, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με μία ορισμένη γωνία ώστε να σχηματίζουν ένα σχήμα ΖΙΚ – ΖΑΚ. Το υλικό που πρόκειται να διαχωριστεί εισάγεται στο κανάλι μέσω μιας περιστρεφόμενης βαλβίδας, ενώ ταυτόχρονα στο κάτω μέρος του καναλιού τροφοδοτείται αέρας. Τα ελαφρά σωματίδια παρασύρονται προς τα επάνω, ενώ τα βαρύτερα κατευθύνονται προς τα κάτω, κατά μήκος του καναλιού. Ο αέρας σχηματίζει μία δίνη και τα πιο βαριά αντικείμενα πέφτουν στο παρακάτω τμήμα του καναλιού. Τα τοιχώματα του αεροδιαχωριστήρα είναι καλυμμένα με ελαστικό και ένα σύστημα δόνησης εμποδίζει την συγκέντρωση υλικού σε κάποιο σημείο.



Εικόνα 3.8. Σύστημα Αεροδιαχωρισμού  
( Πηγή: Search and Separate - S+S )

## **ΣΤ. Τμήμα Επαγωγικού Διαχωρισμού**

Στο τμήμα αυτό πραγματοποιείται ο διαχωρισμός και η ανάκτηση του αλουμινίου. Ο διαχωριστής αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο ρότορα κατασκευασμένο από φυσικό μόνιμο μαγνήτη που περιστρέφεται με ταχύτητα μέσα σε ένα μεταλλικό τύμπανο. Η κίνηση αυτή δημιουργεί επαγωγικά μαγνητικά πεδία ικανά να έλκουν και να απομακρύνουν το αλουμίνιο.

## **Ζ. Τμήμα συμπίεσης των υλικών**

Με τα μηχανήματα συμπίεσης, πλινθοποίησης και μπρικεττοποίησης επιτυγχάνεται ελάττωση της επιφάνειας, αύξηση της πυκνότητας και ευκολότερος χειρισμός των υλικών. Γίνονται έτσι πιο εύκολες οι συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς τους. Τα προηγούμενα χρόνια, τα ΑΗΗΕ εισάγονταν στον τεμαχιστή χωρίς καμιά προεπεξεργασία, με στόχο την μείωση του κόστους. Το μόνο που χρειαζόταν ήταν ένας τεμαχιστής υψηλής ισχύος. Όμως αν η ανακύκλωση δεν ακολουθεί σωστές διαδικασίες, ενδέχεται να συμβάλλει στην περιβαλλοντική ρύπανση. Για παράδειγμα αν τα ΑΗΗΕ τεμαχίζονται δίχως να προηγείται η δέουσα αποσυναρμολόγηση, επικίνδυνες ουσίες όπως τα PCB τα οποία περιέχονται στους πυκνωτές, μπορεί να διαχυθούν στα ανακτηθέντα μέταλλα και τα απόβλητα τεμαχισμού.

### **3.5.2. Μεταλλουργική επεξεργασία**

Η μεταλλική επεξεργασία χρησιμοποιεί τα μη μεταλλικά υλικά των προϊόντων ως καύσιμο για να ανακτηθούν μέσω τήξης τα μέταλλα. Στη μέθοδο αυτή, αφαιρούνται τα υγρά, αποσυναρμολογούνται τα πολύτιμα υλικά και το υπόλοιπο συμπιέζεται και οδηγείται στην υψικάμινο. Στην υψικάμινο τα μέταλλα τήκονται και διαχωρίζονται για να μη δημιουργηθούν ανεπιθύμητα κράματα. Οι απαιτήσεις των ανακυκλωμένων υλικών επηρεάζουν τα στάδια της μεθόδου. Στην περίπτωση του χαλκού μπορεί σχηματιστούν κράματα με τον τηγμένο χάλυβα και να μειωθεί έτσι σημαντικά η αξία του, γιατί ο χαλκός αφαιρείται πολύ δύσκολα από τα κράματα χάλυβος. Επίσης, αυξημένη θα είναι και η αξία των ανακτημένων-δευτερογενών υλικών αν ανακτηθούν αρκετά καθαρά και ικανά να προωθηθούν σε επαναχρησιμοποίηση σε επίπεδο όμοιο με τα πρωτογενή.

Πολλοί υποστηρίζουν ότι το συνολικό ενεργειακό όφελος που αποκομίζουμε από τη μεταλλουργική επεξεργασία είναι προτιμότερο από την αποσυναρμολόγηση. Άλλοι, κρίνουν τη μέθοδο ως μια καμουφλαρισμένη απότέφρωση αποβλήτων.

### **3.5.3. Ελεγχόμενη αποσυναρμολόγηση**

Αποσυναρμολόγηση είναι η συστηματική απομάκρυνση επιθυμητών συστατικών μερών από ένα συναρμολογημένο σύνολο, εξασφαλίζοντας ότι δεν φθείρονται τα μέρη λόγω της διαδικασίας (Gupta, S. M., Operations planning Issues). Πιο πρακτικά, ως αποσυναρμολόγηση μπορεί να οριστεί η ελεγχόμενη διαδικασία που στοχεύει στον

διαχωρισμό και ανάκτηση επιθυμητών υποσυνόλων του προϊόντος με οποιοδήποτε τρόπο. διακρίνεται στα ακόλουθα είδη, ανάλογα με το επίπεδο της ανάκτησης που επιτυγχάνεται:

- Μη καταστροφική: δεν καταστρέφεται κανένα υποσύνολο του προϊόντος (π.χ. λύνοντας βίδες, αποσυνδέοντας συνδέσμους).
- Μερικώς καταστροφική: με καταστροφή των συνδέσμων ή επιλεγμένων εξαρτημάτων (π.χ. με οξυγονοκοπή, laser κοπή κτλ) προκειμένου να επιτευχθεί η αποσυναρμολόγηση.
- Καταστροφική: με μη ελεγχόμενη καταστροφή της δομής του προϊόντος (π.χ. τεμαχισμός). Αυτός ο τρόπος, βέβαια, δεν μπορεί να ενταχθεί στον ορισμό της αποσυναρμολόγησης, εφόσον δεν είναι ελεγχόμενος και δεν ανακτώνται υποσύνολα. Αναφέρεται σαν ακραία περίπτωση της αποσυναρμολόγησης.
- Επιλεκτική: προχωρά μέχρι έναν επιθυμητό βαθμό που εκτιμάται ότι αξίζει. Υπολογίζεται, δηλαδή, ότι η περαιτέρω αποσυναρμολόγηση δεν ωφελεί ιδιαίτερα το περιβάλλον και αυξάνει δυσανάλογα το κόστος.

## Βιβλιογραφία

[1] <http://www.eoan.gr/el/content/13/apovlita-eidon-ilektrikou-ilektronikou-exoplismou-ahhe>.

[2] [http://www.bianatt.gr/contents\\_gr.asp?id=84](http://www.bianatt.gr/contents_gr.asp?id=84).

[3] ΟΔΗΓΙΑ 2012/19/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 4ης Ιουλίου 2012 σχετικά με τα ΑΗΗΕ.

[4] ΦΕΚ 1184B\_2014, Άρθρο 3.

[5] ΦΕΚ 1184B\_2014, Άρθρο 1.

[6] ΦΕΚ 1184B\_2014, Άρθρο 2.

[7] Π. Δημόπουλος, Ανακύκλωση Ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Η Πρόκληση της Αποσυναρμολόγησης, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2004.

## 4. Θερμοπλαστικά Πολυμερή

### 4.1.Εισαγωγή

Θερμοπλαστικά πολυμερή είναι τα υλικά τα οποία κατά τη θέρμανση μαλακώνουν και παραμορφώνονται εύκολα, όπως και τα μέταλλα, ενώ κατά την ψύξη σκληραίνουν. Η ευκολία παραμόρφωσης κατά τη θέρμανση οφείλεται στην ευχέρεια ολίσθησης των μακρομορίων, τα οποία συγκρατούνται μεταξύ τους με ασθενείς δυνάμεις Van der Waals.

Τυπικά θερμοπλαστικά που χρησιμοποιούνται στον ΗΗΕ είναι τα: πολυπροπυλένιο (PP), πολυ(μεθακρυλικός μεθυλεστέρας) (PMMA) καθώς και μίγματα όπως Ακρυλονιτρίλιο-Βουταδιένιο-Στυρένιο (ABS).

#### -Πολυπροπυλένιο

Το πολυπροπυλένιο είναι θερμοπλαστική πολυολεφίνη που εμφανίζεται συνήθως ως ένα άχρωμο και διάφανο στερεό ή και υγρό υψηλού ιξώδους. Χαρακτηρίζεται από ένα ελκυστικό συνδυασμό ακαμψίας, αντοχής σε κρούση και μεγάλης αντοχής στη θερμότητα. Είναι ικανοποιητικά ανθεκτικό σε οξέα, βάσεις και στις οργανικές ενώσεις με εξαίρεση τους υγρού υδρογονάνθρακες ενώ διαθέτει και πολύ υψηλό σημείο τήξης.

Η δομή του PP μπορεί να λάβει τρεις μορφές (ισοτακτικό, ατακτικό και συνδιοτακτικό) οπότε οι ιδιότητές του είναι μεταβλητές. Τη μεγαλύτερη ζήτηση στη διεθνή αγορά παρουσιάζει το ισοτακτικό PP (χαμηλό ειδικό βάρος και αντίσταση στο ηλεκτρικό ρεύμα). Χρησιμοποιείται σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών όπως δοχεία συσσωρευτών και εξαρτήματα για θέρμανση/ψύξη [1].

#### -ABS

Το συμπολυμερές του ακρυλονιτρίλιου<sup>1</sup>-βουταδιενίου-στυρενίου, είναι ένα δημοφιλές μηχανολογικό θερμοπλαστικό υλικό αποτελούμενο από την ελαστομερική φάση του PB, διεσπαρμένη στη συνεχή φάση του SAN. Παρέχει έναν ισορροπημένο συνδυασμό μηχανικής ανθεκτικότητας (κρούση-σκληρότητα), ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, καλή σταθερότητα διαστάσεων, χημική αντοχή, ηλεκτρικές μονωτικές ιδιότητες, καλή επιφανειακή αισθητική καθώς και ευκολία κατασκευής. Χρησιμοποιείται ανάμεσα και σε άλλες εφαρμογές, στην κατασκευή οικιακών ηλεκτρικών συσκευών για τον σχηματισμό του εξωτερικού περιβλήματος διαφόρων συσκευών (κλιματισμού, ηλεκτρονικών υπολογιστών κτλ) [1].

---

<sup>1</sup> Το 20% του παγκοσμίως λαμβανομένου ακρυλονιτρίλιου απορροφάται για την παραγωγή ABS. [1]

Το ABS συνδυάζεται με τα πολυανθρακικά πολυμερή (PC) που είναι μια κατηγορία άμορφων πολυμερών με καλές ηλεκτρικές ιδιότητες, καλή θερμική σταθερότητα και εξαιρετική αντοχή σε κρούση, για την κατασκευή διάφορων εξαρτημάτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Η αναλογία συμμετοχής τους σε κάποιες περιπτώσεις ΗΗΕ φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1.)

Πίνακας 4.1. Ποσοστά των ABS και PC σε διάφορες συσκευές [2]

| Εξοπλισμός            | ABS (%) | PC (%) | ABS/PC (%) |
|-----------------------|---------|--------|------------|
| Οθόνες Η/Υ (CRT)      | 69      | -      | 20         |
| Κεντρικές μονάδες Η/Υ | 45      | 5      | 23         |
| Εκτυπωτές             | 31      | 5      | 23         |
| Φωτοτυπικά μηχανήματα | 32      | 1      | 38         |
| Μικρές συσκευές ΗΗΕ   | 38      | 3      | 1          |

#### - PMMA

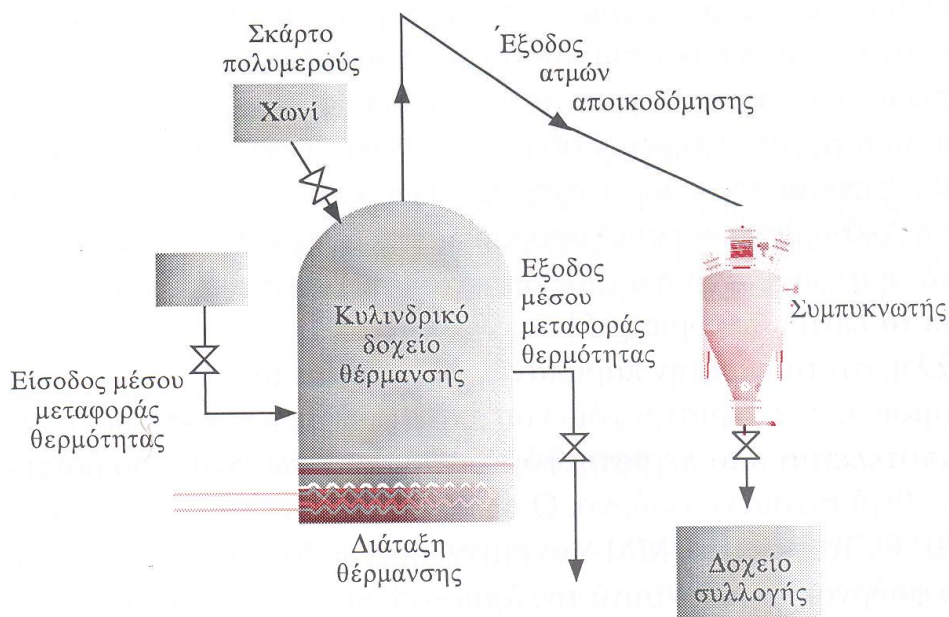
Τα ακρυλικά παρουσιάζουν ένα αρκετά μεγάλο σύνολο ιδιοτήτων που τα καθιστά κατάλληλα για πολλές εφαρμογές όπως ο εξοπλισμός οχημάτων. Διαθέτουν οπτική καθαρότητα, σκληρότητα, αντίσταση σε χημικά και αντοχή σε καιρικές συνθήκες.

#### Ανακύκλωση PMMA

Το ακρυλικό σκάρτο υλικό μπορεί να επανααλεσθεί. Η τεχνολογία αποπολυμερισμού του πολυμεθυλο-μεθακρυλικού εστέρα PMMA (ακρυλικό) περιλαμβάνει τις εξής διεργασίες:

- Ξηρή απόσταξη
- Διεργασία υπέρθερμου ατμού ως παράγοντα μεταφοράς θερμότητας
- Διεργασία τηγμένου μετάλλου και άλατος μετάλλου ως μέσα μεταφοράς θερμότητας
- Διεργασία αποστακτικής στήλης
- Διεργασία ρευστοστερεάς κλίνης
- Διεργασίες εξώθησης





Εικόνα 4.1. Διάταξη θερμικής διεργασίας συνεχούς αποπολυμερισμού του PMMA με βαθμιαία τροφοδότηση του σκάρτου μέσω χωνιού και μέσω άμεσης επαφής του με το τήγμα του μετάλλου ή του αλατός του μέσο μεταφοράς θερμότητας [3]

Η τεχνολογία επαναάλεσης του PMMA περιλαμβάνει τις εξής διεργασίες:

- Διεργασίες ξηρού αποχρωματισμού
- Διεργασίες επαναπελλετοποίησης / επαναμορφοποίησης

#### 4.2. Πρωτογενής-Δευτερογενής-Τριτογενής-Τεταρτογενής Ανακύκλωση Πλαστικών

Η πρωτογενής ανακύκλωση πλαστικών ή αλλιώς επανεκβολή είναι η επανατροφοδοσία χρησιμοποιημένων πλαστικών με χαρακτηριστικά παρόμοια με το αρχικό προϊόν στον κύκλο εκβολής με σκοπό την παραγωγή προϊόντων του ίδιου υλικού.

Η δευτερογενής ανακύκλωση ή μηχανική είναι η μετεπεξεργασία πλαστικών απορριμμάτων για παραγωγή νέων προϊόντων. Με άλλα λόγια στοχεύει στην παραγωγή ανακυκλωμένων πλαστικών, σε μορφή πελετών ή κόκκων, για περαιτέρω μετατροπή σε νέα αναμορφωμένα πλαστικά προϊόντα.

Η τριτογενής ανακύκλωση ή χημική είναι η εφαρμογή χημικών διεργασιών για αναμόρφωση σε μονομερή ή άλλα πετροχημικά προϊόντα και για παραγωγή χημικών, για χρήση ως καύσιμα μεταφορών ή για παραγωγή θερμότητας και ισχύος.

Τεταρτογενής ανακύκλωση λέγεται η αξιοποίηση πλαστικών απορριμμάτων σαν πηγή ενέργειας. Το κύριο κλάσμα των πλαστικών από ΑΗΗΕ που οδηγείται σε καύση προέρχεται από τα υπολείμματα των κοπτήρων που παράγονται κατά τις διεργασίες απομάκρυνσης των μετάλλων από τα ΑΗΗΕ. Η καύση των πλαστικών από ΑΗΗΕ είναι ιδιαίτερα δύσκολη, αφού το 30% περιέχει επιβραδυντές καύσης και προσμίξεις βαρέων μετάλλων. Αξίζει να σημειωθεί πως μπορούν να προστεθούν σε ποσοστό 12-20 % wt στα αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) που διαχειρίζονται σύγχρονες μονάδες καύσης ενώ πρέπει να αποφεύγεται η από κοινού καύση τους με RDF.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακα 4.2.) αναγράφονται ενδεικτικές τιμές της ανώτερου θερμογόνου δύναμης πλαστικών από ΑΗΗΕ συγκριτικά με αυτές των RDF και ΑΣΑ [4].

Πίνακας 4.2. Μέση ανώτερη θερμογόνος δύναμη πλαστικών, RDF και ΑΣΑ

|                          | Μέση ΑΘΔ (cal/g) |
|--------------------------|------------------|
| <b>Πλαστικά από ΑΗΗΕ</b> | 4300-11000       |
| <b>RDF</b>               | 4300             |
| <b>ΑΣΑ (Ελλάδα)</b>      | 2800             |

#### Σύγχρονες τεχνικές κλιβανισμού απορριμμάτων

Πρόκειται για την ελεγχόμενη καύση των πολυμερών απορριμμάτων σε ειδικά σχεδιασμένους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς και η χρήση της θερμογόνου δύναμής τους. Τα περισσότερα πολυμερή έχουν θερμογόνο δύναμη υψηλότερη από τον άνθρακα. Με τη μέθοδο αυτή τα πλαστικά προϊόντα χρησιμοποιούνται και ως αποταμιευτές ενέργειας. Οι εγκαταστάσεις αυτές προηγμένης τεχνολογίας ελαχιστοποιούν το πρόβλημα εκπομπής τοξικών ουσιών στο περιβάλλον.

#### Τεχνικές αξιοποίησης πλαστικών σκάρτων υπό μορφή καύσιμης ύλης

Το υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο των πλαστικών αποτελεί το αντικείμενο εκμετάλλευσης αυτών των τεχνικών. Η πλαστική καύσιμη ύλη πρέπει να πληροί κάποιες προδιαγραφές. Τέτοιες προδιαγραφές περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά της καύσιμης ύλης όπως:

- περιεκτικότητα σε στάχτη, υγρασία, θείο, χλώριο και βαρέα μέταλλα,
- θερμική αξία
- μέγεθος πελλετών.

### **4.3. Ανακύκλωση Υλικών με Υψηλή Προστιθέμενη Αξία**

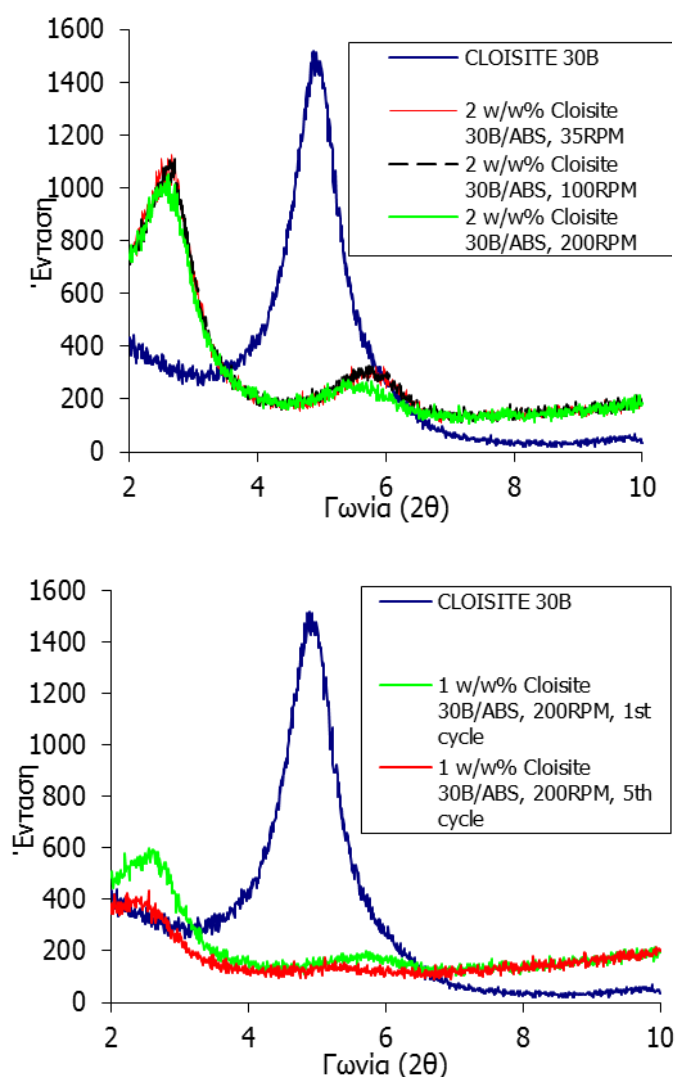
Η έρευνα είναι διαρκής γύρω από τον τομέα της ανακύκλωσης υλικών με υψηλή προστιθέμενη αξία. Τα θερμοπλαστικά που ανακτώνται από τα ΑΗΗΕ αποτελούν τέτοια υλικά.

Ενδεικτικά πειράματα που παρατίθενται παρακάτω δείχνουν πώς επηρεάζονται οι μηχανικές και θερμικές ιδιότητες κάποιων θερμοπλαστικών όταν αναμιγνύονται με άλλα υλικά ώστε να βελτιωθούν οι παραπάνω ιδιότητες.

#### 4.3.1. Μίγματα ABS με ορυκτή άργιλο

Η ανάμιξη ABS με ορυκτή άργιλο είναι χαρακτηριστική περίπτωση ανάκτησης υλικών με προστιθέμενη αξία. Εδώ εξετάζονται μίγματα ABS με 1 και 2 % w/w Cloisite 30B (άργιλος) στα οποία εφαρμόζεται εκβολή σε δικόχλιο εκβολέα (L/D:25, D: 16mm) και 5 κύκλοι εκβολής. Τα υλικά κοκκοποιούνται και μορφοποιούνται με έγχυση (D: 25mm F: 350kN). Πραγματοποιούνται Δοκιμές Εφελκυσμού (ASTM D 638), Φασματοσκοπία Υπερύθρου εξασθενημένης ανάκλασης (ATR-FTIR), Ανάλυση με περίθλαση ακτίνων X (XRD), Θερμοσταθμική Ανάλυση (TGA) και Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης (DSC) για τη διερεύνηση των ιδιοτήτων των καθαρών υλικών και των μιγμάτων ώστε να συγκριθούν και να προκύψουν βέλτιστες λύσεις.

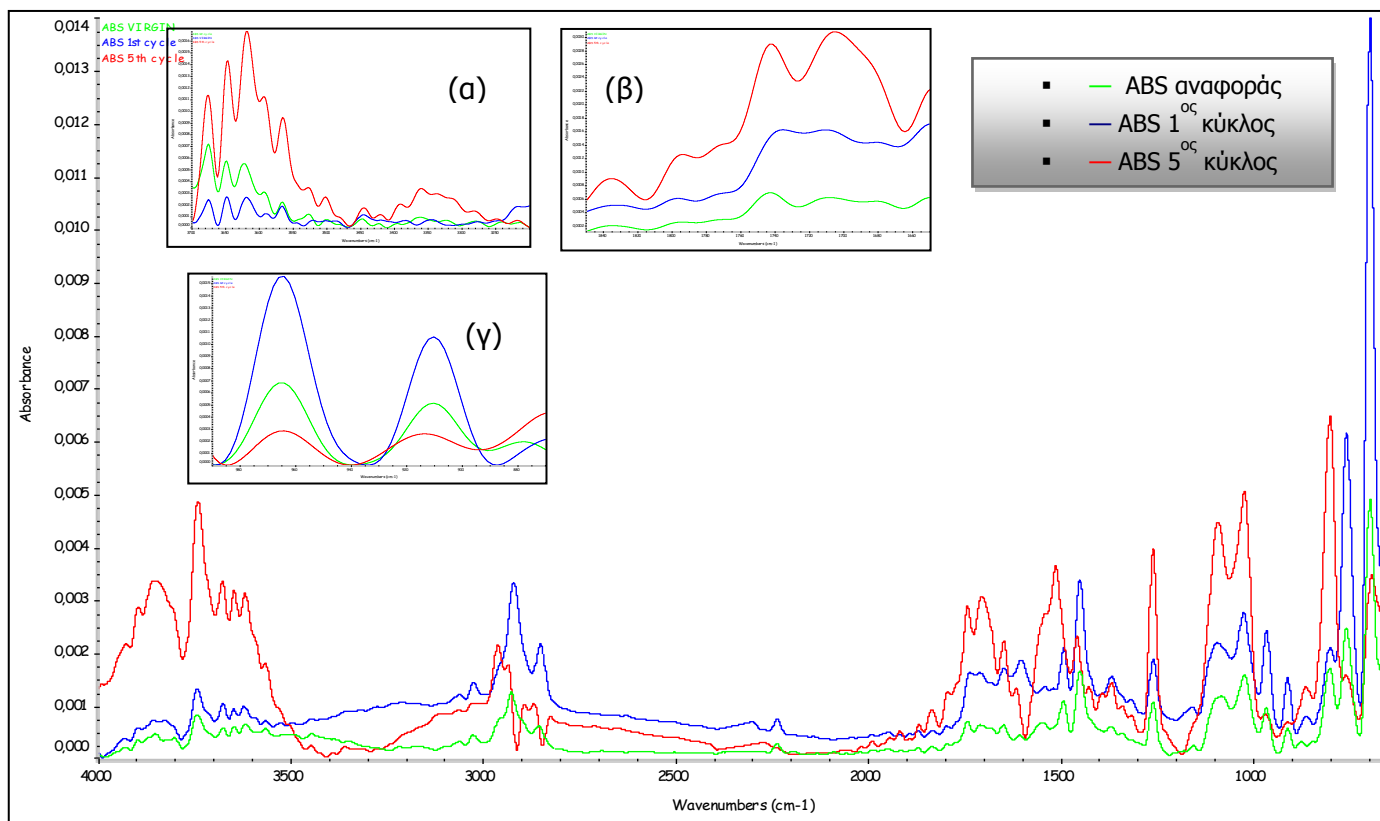
#### Περίθλαση Ακτίνων X



Διάγραμμα 4.1. Περίθλαση ακτίνων X μιγμάτων ABS και Cloisite 30B

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα η ταχύτητα στρέψης των κοχλιών, διαδραματίζει μικρό ρόλο στην διασπορά των νανοσωματιδίων του μέσου ενίσχυσης για τις εξεταζόμενες περιεκτικότητες (1% και 2% w/w). Επίσης η επανάληψη της εκβολής στα μίγματα του ABS με 1% w/w Cloisite 30B, βοηθά στην καλύτερη διασπορά του ενισχυτικού μέσου.

#### Φασματοσκοπία Υπερύθρου εξασθενημένης ανάκλασης (ATR-FTIR)



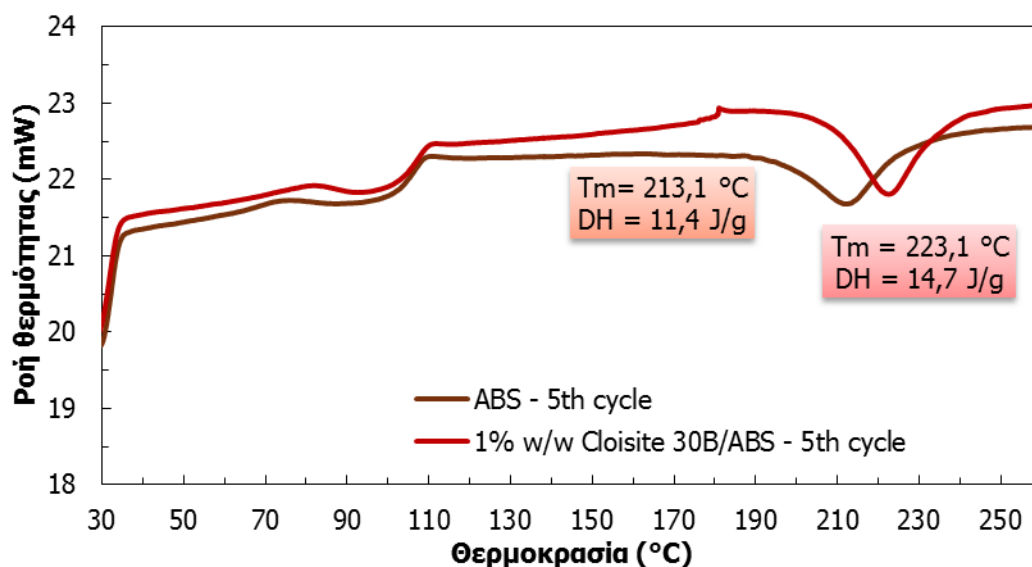
Διάγραμμα 4.2. ATR-FTIR σε ABS αναφοράς, πρώτου και πέμπτου κύκλου

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ενσωμάτωση της ορυκτής αργίλου στις μοριακές αλυσίδες του ABS. Αντίστοιχες κορυφές απορρόφησης στην υδροξυλική, στην καρβονυλική ζώνη αλλά στην περιοχή του βουταδιενίου, που υποδηλώνουν οξειδωτικές δράσεις παρατηρούνται και για τα νανοσύνθετα μίγματα του ABS με ορυκτή άργιλο.

Στην υδροξυλική ζώνη (3600-3200  $\text{cm}^{-1}$ ) παρατηρούνται πολλές κορυφές απορρόφησης, οι οποίες είναι χαρακτηριστικές για τις δονήσεις τάσης του OH και σχετίζονται με οξειδωτικές δράσεις. Η αύξηση και πλάτυνση της καρβονυλικής ζώνης (1850-1650  $\text{cm}^{-1}$ ), οφείλεται στον σχηματισμό διαφόρων τύπων καρβονυλίων, όπως οι εστέρες, κετόνες, οξέα και αλδεΐδες. Στην περιοχή του βουταδιενίου (1000-850  $\text{cm}^{-1}$ ), παρατηρείται, αύξηση κατά τον πρώτο κύκλο εκβολής, αλλά σημαντική

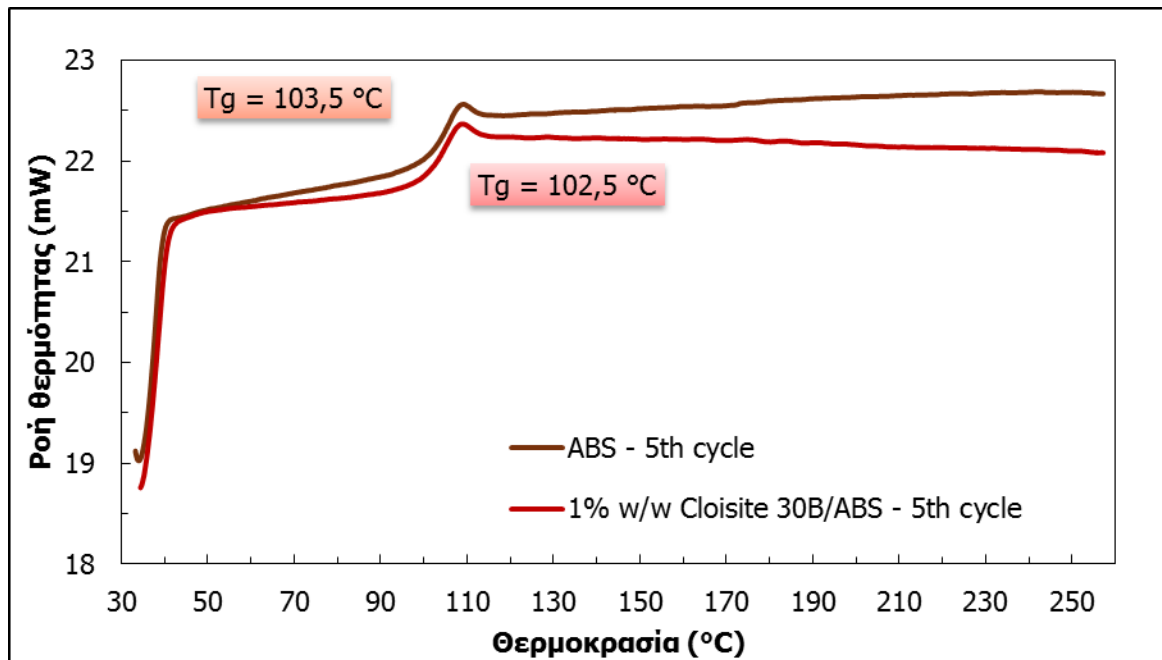
μείωση της κορυφής κατά τον πέμπτο κύκλο στα 967 cm<sup>-1</sup> και 911 cm<sup>-1</sup>, το οποίο υποδηλώνει υποβάθμιση του ABS.

#### Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης (DSC)



Διάγραμμα 4.3. DSC των ABS και μίγματός του με Cloisite 30B

Η θερμοκρασία τήξης υφίστανται μείωση από τον πρώτο προς τον πέμπτο κύκλο εκβολής, η οποία είναι σημαντικότερη για το παρθένο ABS ενώ η ενθαλπία τήξης παρουσιάζει αυξητική τάση για το καθαρό ABS. Η προσθήκη ορυκτής αργίλου αυξάνει τόσο την τιμή της θερμοκρασίας, όσο και της ενθαλπίας τήξης. Παρατηρείται μετατόπιση της θερμοκρασίας τήξης προς τα αριστερά, και αύξηση της τιμής της κατά 10 μονάδες. Συμπεραίνεται ότι τα νανοσωματίδια συμβάλλουν στην ανάπτυξη κρυσταλλικής δομής του ABS.



Διάγραμμα 4.4. DSC των ABS και μίγματός του με Cloisite 30B

Οι επαναλαμβανόμενοι κύκλοι εκβολής δεν επηρεάζουν την θερμοκρασία ναλώδους μετάπτωσης, τόσο για το παρθένο ABS, όσο και τα μίγματα του με μοντμοριλλονίτη.

#### Θερμοσταθμική Ανάλυση (TGA)

Πίνακας 4.3. θερμοκρασίες έναρξης αποδόμησης, μεγίστου ρυθμού και υπολείμματος

| Κύκλος εκβολής | Θερμοκρασία έναρξης αποδόμησης (°C) |                        | Θερμοκρασία Μέγιστου Ρυθμού αποδόμησης (°C) |                        | Υπόλειμμα (%) |                        |
|----------------|-------------------------------------|------------------------|---|------------------------|---------------|------------------------|
|                | ABS                                 | ABS NC (1% w/w CL 30B) | ABS   | ABS NC (1% w/w CL 30B) | ABS           | ABS NC (1% w/w CL 30B) |
| 1              | 407,3                               | 403,0                  | 428,3                                       | 427,3                  | 2,893         | 3,574                  |
| 5              | 405,7                               | 402,2                  | 428,0                                       | 427,0                  | 0,432         | 3,753                  |

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα η θερμική αποδόμηση του ABS και των μιγμάτων του με ορυκτή άργιλο, δεν επηρεάζεται από την επανάληψη των κύκλων εκβολής.

Το υπόλειμμα των νανοσυνθέτων είναι μεγαλύτερο απ' ότι το αντίστοιχο μη ενισχυμένο πολυμερές λόγω της δημιουργίας σταθερότερων προϊόντων στη πρώτη περίπτωση.

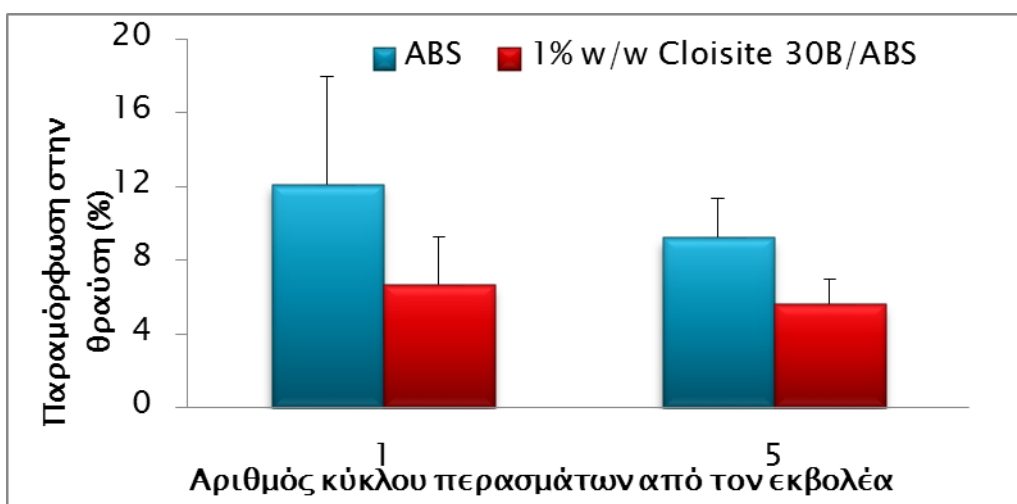
### Δοκιμές Εφελκυσμού-Αντοχής σε θραύση

Πίνακας 4.4. Αντοχή σε εφελκυσμό και μέτρο ελαστικότητας των ABS και μίγματός του με Cloisite 30B

| Κύκλος εκβολής | Αντοχή σε εφελκυσμό (MPa) |                        | Μέτρο ελαστικότητας (MPa) |                        |
|----------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|
|                | ABS                       | ABS NC (1% w/w CL 30B) | ABS                       | ABS NC (1% w/w CL 30B) |
| 1              | 50.3 ±1.79                | 50.8 ±0.62             | 1939.8 ±103.84            | 2117.9 ±159.1          |
| 2              | 52.3 ±0.74                | 51.3 ±1.64             | 2030.9 ±59.44             | 2091.5 ±14.5           |
| 3              | 51.8 ±0.97                | 51.3 ±0.88             | 2049.1 ±33.85             | 2160.0 ±94.3           |
| 4              | 52.7 ±0.03                | 51.2 ±0.63             | 2037.6 ±8.18              | 2065.1 ±47.6           |
| 5              | 52.4 ±0.21                | 50.6 ±0.66             | 2041.3 ±19.00             | 2170.3 ±101.5          |

Οι επαναλαμβανόμενοι κύκλοι εκβολής έχουν αμελητέα επίδραση στην αντοχή σε εφελκυσμό και στο μέτρο ελαστικότητας τόσο για το ABS, όσο και στα μίγματα του με ορυκτή άργιλο.

Η προσθήκη αργίλου, δεν επηρεάζει την αντοχή σε εφελκυσμό, αλλά προκαλεί μία μικρή αύξηση του μέτρου ελαστικότητας.



Διάγραμμα 4.5. Αντοχή σε εφελκυσμό των ABS και μίγματός του με Cloisite 30B

Πίνακας 4.5. Αντοχή σε θραύση των ABS και μίγματός του με Cloisite 30B

| Κύκλος εκβολής | Αντοχή στη θραύση (%) |                        |
|----------------|-----------------------|------------------------|
|                | ABS                   | ABS NC (1% w/w CL 30B) |
| 1              | 12.15±5.81            | 6.7 ±2.58              |
| 2              | 10.61±2.85            | 10.4 ± 3.61            |
| 3              | 18.36±4.94            | 5.98 ±1.33             |
| 4              | 17.5±3.24             | 6.7 ±2.85              |
| 5              | 9.25±2.10             | 5.6 ±1.31              |

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα και το διάγραμμα, η προσθήκη της ορυκτής αργίλου, ως μέσο ενίσχυσης, μειώνει την τιμή της παραμόρφωσης στη θραύση, κατά τους επαναλαμβανόμενους κύκλους μορφοποίησης.

### Συμπεράσματα

Η επανάληψη της εκβολής στα μίγματα του ABS με 1% w/w Cloisite 30B, βοηθά στην καλύτερη διασπορά του ενισχυτικού μέσου

Η ανάμειξη σε δικόχλιο σύστημα εκβολής είναι αποτελεσματική διεργασία για μηχανική ανακύκλωση πλαστικών που προέρχονται από ΑΗΗΕ

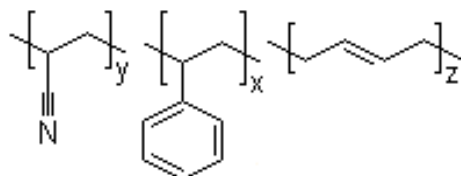
Η θερμική αποικοδόμηση του και των μιγμάτων του ABS με ορυκτή άργιλο δεν επηρεάζεται από την επαναλαμβανόμενη εκβολή, τουλάχιστον μέχρι 5 κύκλους

Ομοίως μικρή επίδραση παρατηρείται στις μηχανικές ιδιότητες των ανακυκλωμένων προϊόντων

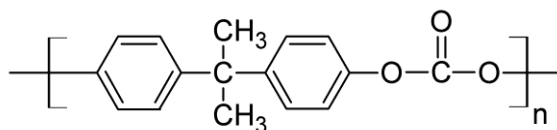


### 4.3.2. Μίγματα ABS με άργιλο και πολυανθρακικά πολυμερή (PC)

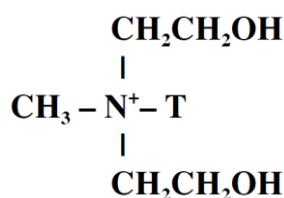
Το μίγμα σε αυτήν την περίπτωση αποτελείται από το συμπολυμερές ακρίλονιτριλίου-βουταδιενίου-στυρενίου, ABS (Terluran GP-35, BASF), από πολυανθρακικά, PC (Makrolon 2805, Bayer) και από οργανικά τροποποιημένο μοντμοριλλονίτη, Cloisite 30B (Rockwood Clay Additives GmbH). Οι αναλογίες ABS/PC είναι 100/0 w/w, 70/30 w/w, 50/50 w/w και 30/70 w/w και του Cloisite 30B 1, 2 και 3 phr.



Εικόνα 4.2. ABS



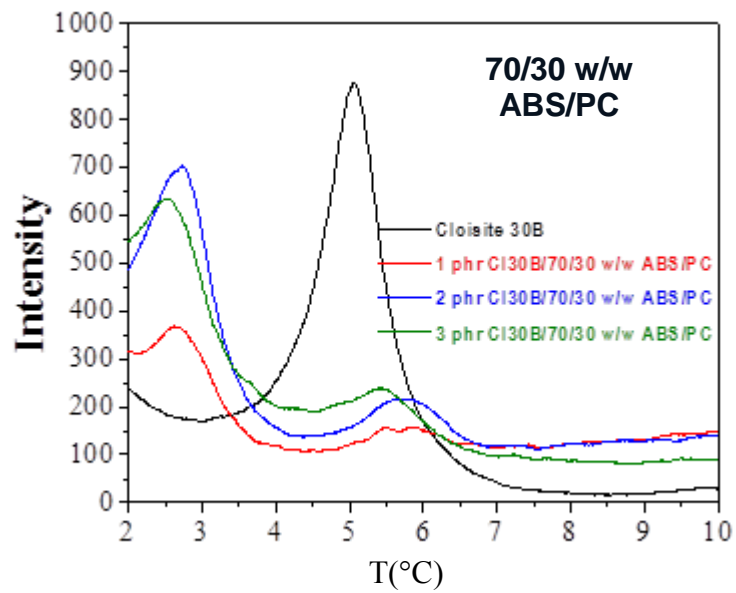
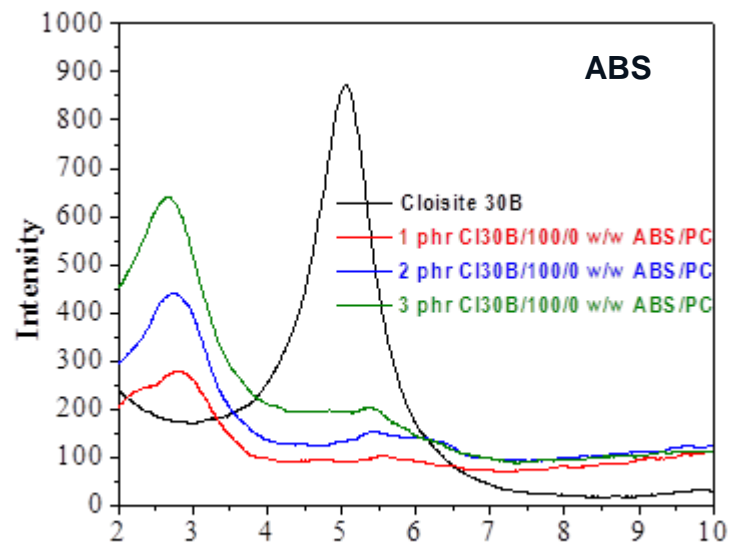
Εικόνα 4.3. PC

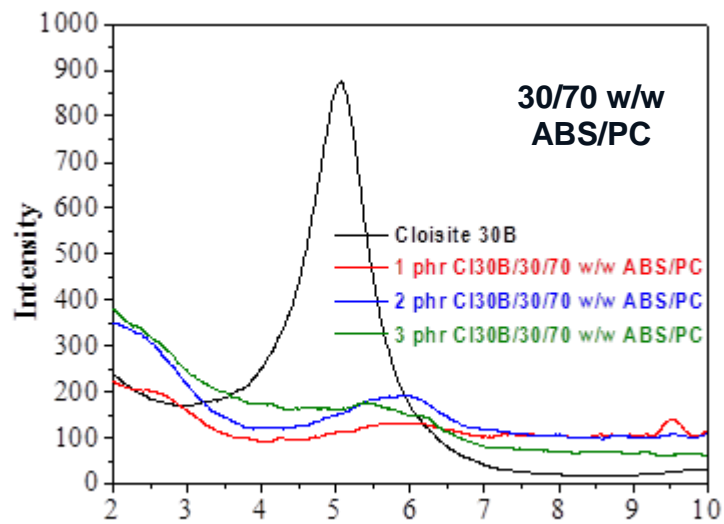
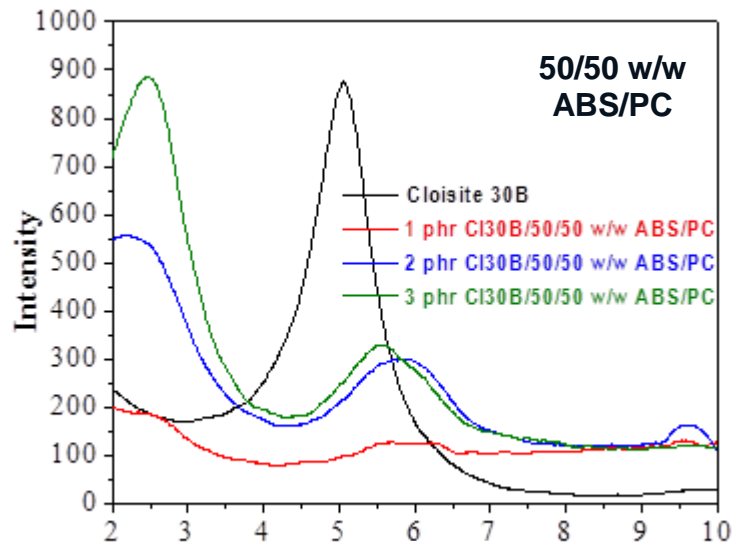


Εικόνα 4.4. Οργανική τροποποίηση Cloisite 30B

Μετά την προανάμιξη των υλικών, το τήγμα αναμιγνύεται σε δικόχλιο, ομόστροφο σύστημα εκβολής και κοκκοποιείται. Οι ενόργανες τεχνικές ανάλυσης που χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση των ιδιοτήτων των υλικών είναι η Ανάλυση ακτίνων X (XRD) και η Θερμοβαρυμετρική ανάλυση (TGA) καθώς υπολογίζεται και η ανώτερη θερμογόνος δύναμη (ΑΘΔ).

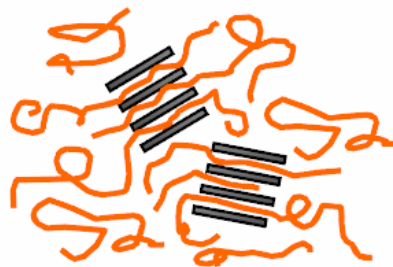
Ανάλυση με περίθλαση ακτίνων X (XRD)





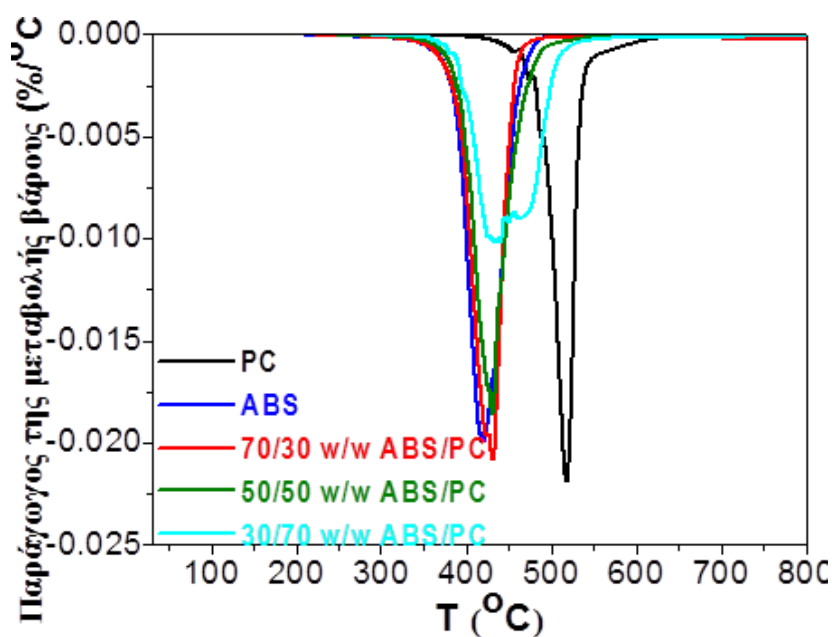
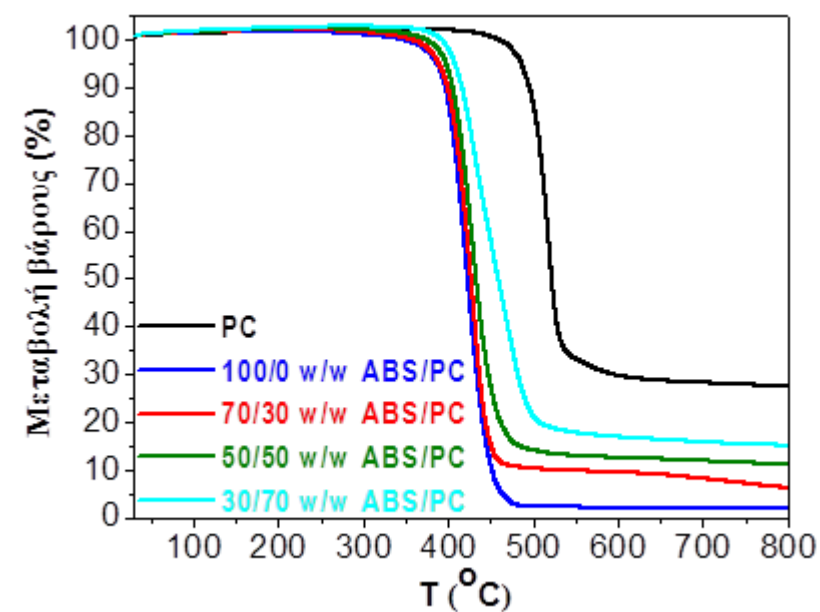
Διαγράμματα 4.6. Περίθλαση ακτίνων X μιγμάτων ABS με PC

Η χαμηλότερη συγκέντρωση του Cloisite 30B και η μεγαλύτερη του PC φαίνεται να διευκολύνει τη διεργασία του εμφωλιασμού. Η διείδυση πολυμερικών αλυσίδων μεταξύ των πλακιδίων της ορυκτής αργίλου και διάνοιξή τους



Εικόνα 4.5. Εμφωλιασμένη δομή.

### Θερμοβαρουμετρική ανάλυση (TGA)



Διαγράμματα 4.7. Θερμοβαρουμετρική ανάλυση μιγμάτων ABS με PC

Η επίδραση της δομής της ορυκτής αργίλου στη βελτίωση της θερμικής σταθερότητας νανοσυνθέτων ABS-g-MAH οφείλεται στη δράση του «φαινομένου φράγματος» [12].

Πίνακας 4.6. Θερμοκρασία έναρξης αποδόμησης μιγμάτων ABS/PC

| Cloisite 30B<br>(phr) | Θερμοκρασία έναρξης αποδόμησης, $T_{\text{onset}}$ (°C) |             |             |             |
|-----------------------|---|-------------|-------------|-------------|
|                       | ABS/PC  |             |             |             |
|                       | 100/0 w/w   | 70/30 w/w   | 50/50 w/w   | 30/70 w/w   |
| 0                     | 401.6 ±1.14   | 408.3 ±0.81 | 411.0 ±1.34 | 416.8 ±1.12 |
| 1                     | 402.4 ±0.48   | 408.1 ±0.67 | 411.8 ±0.43 | 417.2 ±0.18 |
| 2                     | 402.2 ±0.84   | 407.1 ±0.17 | 412.3 ±1.21 | 414.2 ±1.50 |
| 3                     | 400.7 ±0.37   | 404.6 ±0.81 | 409.8 ±0.40 | 413.7 ±0.71 |
| PC                    | 503.8 ±0.79   |             |             |             |

Πίνακας 4.7. Θερμοκρασία μέγιστου ρυθμού αποδόμησης μιγμάτων ABS/PC

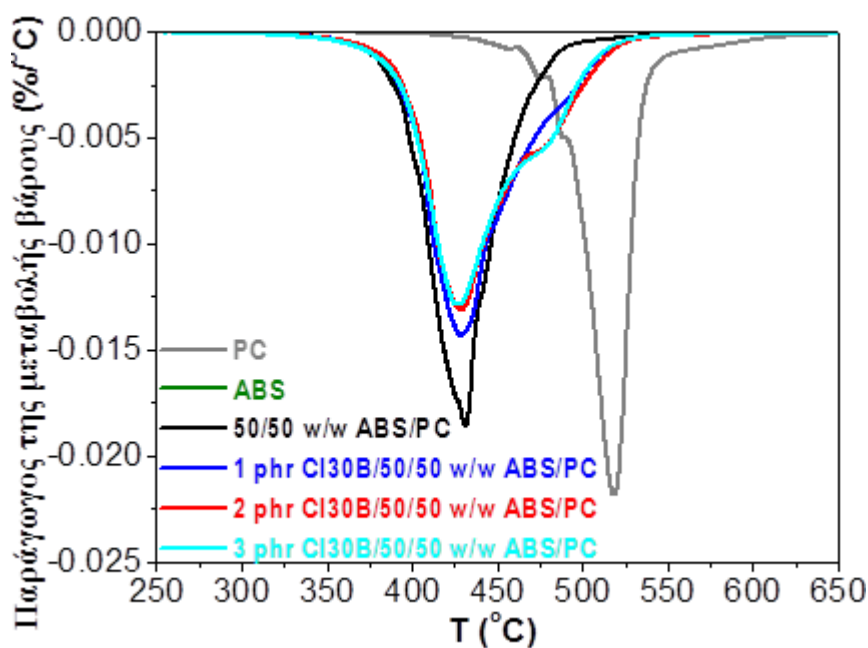
| Θερμοκρασία μέγιστου ρυθμού αποδόμησης, $T_p$ (°C) |             |             |             |             |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ABS/PC   |             |             |             |             |
| 100/0 w/w  | 70/30 w/w   | 50/50 w/w   | 30/70 w/w   |             |
| 423.6 ±0.23  | 434.5 ±1.67 | 434.7 ±0.84 | 438.7 ±0.16 | -           |
| 425.4 ±0.65  | 432.1 ±0.46 | 432.8 ±1.62 | 439.0 ±0.35 | 511.6 ±2.09 |
| 425.3 ±0.23  | 430.2 ±0.31 | 434.8 ±0.57 | 438.0 ±1.72 | 510.5 ±0.01 |
| 422.3 ±0.81  | 428.9 ±0.71 | 433.6 ±1.65 | 438.2 ±0.97 | 507.3 ±0.71 |
| 523.0 ±0.33  |             |             |             |             |

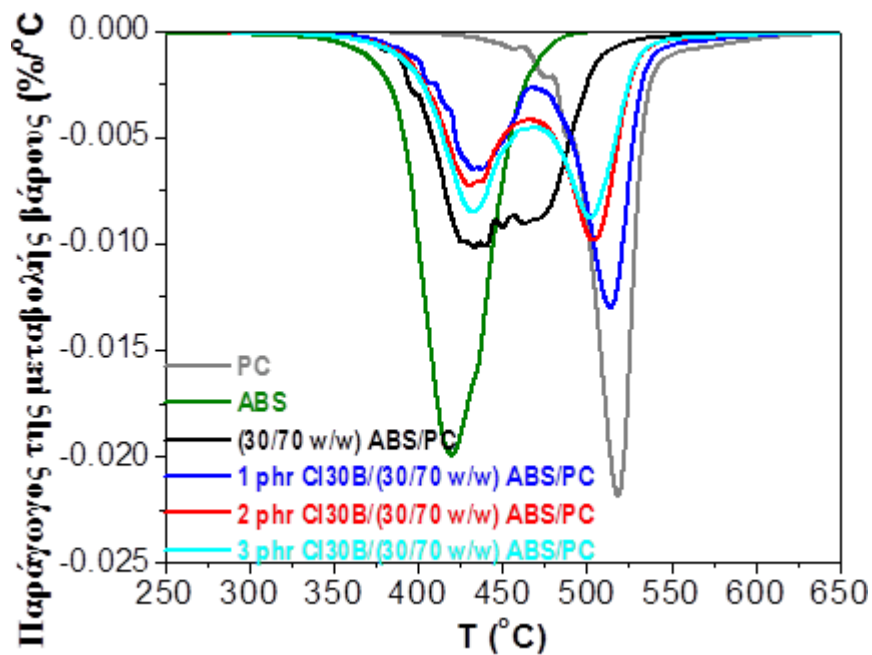
Η εισαγωγή των νανοσωματιδίων ορυκτής αργίλου δεν επηρεάζει αισθητά το  $T_{\text{onset}}$  και το  $T_p$  για συγκέντρωση έως και 2 phr, όμως παρατηρείται μία μείωσή τους για συγκέντρωση ίση με 3 phr.

Πίνακας 4.8. Υπόλειμμα μάζας (%wt) μιγμάτων ABS/PC

| Cloisite 30B<br>(phr) | Υπόλειμμα (%wt) |             |             |             |
|-----------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
|                       | ABS/PC          |             |             |             |
|                       | 100/0 w/w       | 70/30 w/w   | 50/50 w/w   | 30/70 w/w   |
| 0                     | 1.71 ±0.14      | 6.47 ±0.02  | 11.34 ±0.22 | 14.69 ±1.23 |
| 1                     | 3.45 ±0.68      | 7.51 ±0.15  | 12.43 ±1.61 | 16.59 ±0.70 |
| 2                     | 3.89 ±0.40      | 9.13 ±0.37  | 12.64 ±1.79 | 16.78 ±1.61 |
| 3                     | 3.83 ±1.41      | 10.35 ±0.84 | 12.96 ±1.39 | 16.34 ±1.00 |
| PC                    | 27.59 ±0.12     |             |             |             |

Αντιθέτως, παρατηρείται σταδιακή αύξηση του υπολείμματος αυξανόμενης της συγκέντρωσης σε Cloisite 30B. Η εισαγωγή νανοσωματιδίων ορυκτής αργίλου φαίνεται να «προστατεύει» τα μόρια των πολυμερών κατά τη θερμική αποδόμηση.





Διαγράμματα 4.8. DTG καμπύλες μιγμάτων ABS/PC

Με την προσθήκη της ορυκτής αργίλου στα μίγματα 50/50 w/w ABS/PC παρατηρείται διεύρυνση της κορυφής αποικοδόμησης και ανάλυση του μηχανισμού αποικοδόμησης σε δύο στάδια. Στα μίγματα ABS/PC 30/70 w/w παρατηρείται περαιτέρω ανάλυση της κορυφής αποικοδόμησης σε δύο στάδια.

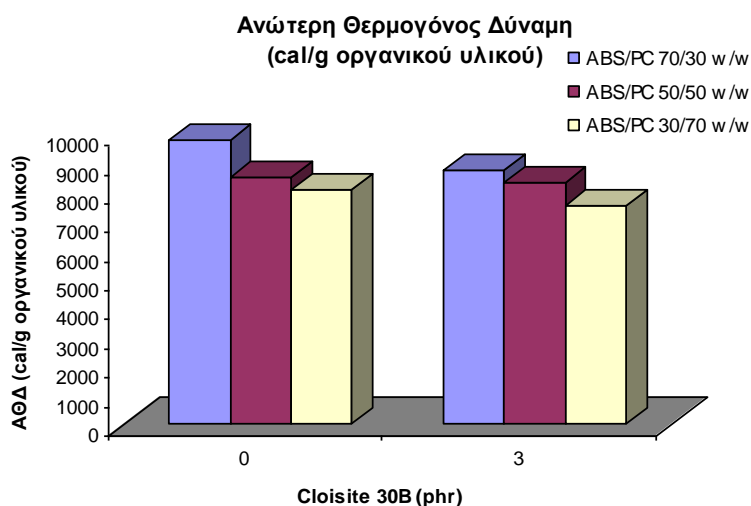
Η βελτίωση των θερμικών χαρακτηριστικών των μιγμάτων ABS/PC 50/50 w/w και 30/70 w/w αποδίδεται στον καλύτερο εμφωλισμό των πλακιδίων της ορυκτής αργίλου σε αυτές τις πολυμερικές μήτρες, συγκριτικά με τα μίγματα ABS/PC 70/30 w/w, όπως επιβεβαιώθηκε μέσω της ανάλυσης με XRD.

Το Cloisite 30B φαίνεται να παρεμποδίζει τη θερμική αποδόμηση της φάσης του PC, γεγονός που μπορεί να οφείλεται α) στον σχηματισμό ενός προστατευτικού στρώματος ορυκτής αργίλου στη διεπιφάνεια και β) στην ικανότητα της ορυκτής αργίλου να δεσμεύει τις ελεύθερες ρίζες, δημιουργώντας νέες «διαδρομές» στη θερμική αποικοδόμηση.

## Μέτρηση ανώτερης θερμογόνου δύναμης (ΑΘΔ)

Πίνακας 4.9. Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μιγμάτων ABS/PC σε cal/g

| Cloisite 30B<br>(phr) | ABS/PC (w/w) |                |                |             |
|-----------------------|--------------|----------------|----------------|-------------|
|                       | 100/0        | 70/30          | 50/50          | 30/70       |
| 0                     | 10129        | 9809<br>(9777) | 8517 (9543)    | 8077 (9308) |
| 1                     | 10206        | 9968           | 8548           | 7914        |
| 2                     | 10240        | 9992           | 8434           | 7865        |
| 3                     | 9664         | 8777           | 8324           | 7513        |
| εκβαλλόμενο ABS       | 10129        |                | εκβαλλόμενο PC | 8956        |
| παρθένο ABS           | 9539         |                | παρθένο PC     | 7694        |



Διάγραμμα 4.9. Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μιγμάτων ABS/PC σε cal/g μιγμάτων ABS/PC

Η αύξηση της περιεκτικότητας σε PC προκαλεί μείωση της ΑΘΔ στα μίγματα ABS/PC. Επίσης παρατηρούνται αποκλίσεις από τις τιμές που αναμένονταν από τον κανόνα των μιγμάτων. Γενικά η ενσωμάτωση Cloisite 30B προκαλεί τάση μείωσης της ΑΘΔ, που είναι εντονότερη στην αναλογία 3 phr.



## **Συμπεράσματα**

Τα νανοσωματίδια ορυκτής αργίλου αποτελούν ένα αποτελεσματικό μέσο ενίσχυσης για τα μίγματα ABS/PC, με δεδομένο ότι βελτιώνουν σημαντικά τη θερμικής τους σταθερότητα (και τις μηχανικές τους ιδιότητες), και ταυτόχρονα αποτελούν ένα φιλικό προς το περιβάλλον πρόσθετο.

Η βελτίωση της θερμικής σταθερότητας αποδίδεται: (α) στην εμφάνιση του φαινομένου φράγματος και (β) στην ικανότητα της ορυκτής αργίλου να δεσμεύει τις ελεύθερες ρίζες που παράγονται κατά την αποικοδόμηση.

Η τεταρτογενής ανακύκλωση αποτελεί μία καλή εναλλακτική πορεία διαχείρισης για τα πλαστικά ΑΗΗΕ που (α) έχουν εξαντλήσει τον κύκλο ζωής τους και (β) οι προσμίξεις που περιέχουν είναι τέτοιες που δεν επιτρέπουν τη μηχανική ανακύκλωσή τους, επειδή μπορεί να σχηματίσουν επικίνδυνα παραπροϊόντα.

Τα μίγματα ABS/PC παρουσιάζουν μικρότερη ΑΘΔ σε σχέση με το μέσο κλάσμα των πλαστικών αποβλήτων που οδηγούνται σε καύση, αλλά μεγαλύτερη από το μέσο όρο αυτής των στερεών απορριμμάτων

## **Βιβλιογραφία**

- [1] Κ. Γιμουχόπουλος, Εγχειρίδιον Τεχνολογίας Πετροχημικών, 5η Εκδ, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- [2] Martinho G., Pires A., Saraiva L., Ribeiro R., Waste Management, 32 (6): 1213-1217, 2012.
- [3] Μ. Κ. Λεζκίδου Ματρώνα, Ανακύκλωση Πλαστικών, Εκδόσεις Τζιόλας, 2001.
- [4] Antonopoulos I., Karagiannidis A., Kalogirou E., Πρακτικά 4ου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου Μακεδονίας, 2011.
- [5] Ma H., Tong L., Xu Z., Fang Z., Polymer Degradation and Stability, 92: 1429-1445, 2007.

## 5. Συμπεράσματα

### 5.1. Γενικά συμπεράσματα

Η βιβλιογραφική επισκόπηση, που έγινε στην παρούσα εργασία, έδειξε ότι η ανακύκλωση συμβάλλει στη μείωση των αποβλήτων γενικότερα αλλά και ειδικότερα των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, τα οποία συλλέγονται από τις αρμόδιες υπηρεσίες του εκάστοτε Δήμου και μεταφέρονται στους δυσεύρετους Χώρους Υγειονομικής Ταφής. Έτσι μειώνοντας τον όγκο και το βάρος των απορριμμάτων εξοικονομείται χώρος στα σημεία διάθεσης των υπολειμμάτων τους. Επίσης, η ανακύκλωση συνεισφέρει στην εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας που συνήθως είναι μη ανανεώσιμες (πετρέλαιο, μεταλλεύματα κλπ.). Με την ανακύκλωση μειώνεται η ρύπανση της ατμόσφαιρας, του εδάφους και των υπόγειων υδάτων (ελαφρύνεται, έτσι η επιβάρυνση του περιβάλλοντος) και ως εκ τούτου οι κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία.

Η εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας, παρέχει σημαντικά οικονομικά οφέλη, ιδιαίτερα σε μια χώρα όπως η Ελλάδα η οποία σε μεγάλο μέρος εισάγει πρώτες ύλες και ενέργεια. Επίσης, θα μπορούσε να επιτευχθεί μακροπρόθεσμη σταθεροποίηση ή και μείωση των τιμών των προϊόντων, καθώς δεν απαιτείται εκ νέου παραγωγή πρώτης ύλης. Ύστερα με την ανακύκλωση δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας σε βιομηχανίες αλλά και σε διάφορα προγράμματα ανακύκλωσης. Τέλος, στα οικονομικά οφέλη θα μπορούσε να προστεθεί και η μείωση του κόστους συλλογής, μεταφοράς και διάθεσης των απορριμμάτων στους ΧΥΤΑ.

Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί ως πρόβλημα στην χώρα μας, η περιορισμένη δυνατότητα απορρόφησης των ανακυκλώσιμων υλικών. Η επίλυσή του προϋποθέτει τη γνώση των πιθανών εφαρμογών, στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα συγκεκριμένα υλικά, και τη δημιουργία των απαραίτητων υποδομών για την αξιοποίησή τους. Δευτερεύοντα προβλήματα ενδέχεται να δημιουργηθούν στις επιχειρήσεις που θα αναλάβουν την αξιοποίηση των ανακυκλώσιμων υλικών, σε περίπτωση διακοπτόμενης τροφοδοσίας τους. Λύση προς την κατεύθυνση αυτή θα μπορούσαν να είναι οι εξαγωγές ανακυκλώσιμων υλικών σε ειδικά χυτήρια του εξωτερικού, εάν δεν καταστεί εφικτή η ανάκτησή τους από βιομηχανίες του εσωτερικού. Αυτό αφορά κυρίως σε συγκεκριμένες, σημαντικής αξίας, κατηγορίες υλικών (π.χ. πλακέτες).

## **5.2. Ειδικά Συμπεράσματα για τη μηχανική ανακύκλωση μιγμάτων πλαστικών από ΑΗΗΕ**

Η ανακύκλωση των θερμοπλαστικών περιλαμβάνει διάφορες τακτικές διαχείρισης όμως είναι προφανές πως κάποιες υστερούν περιβαλλοντικά. Η καύση για τη χρησιμοποίηση των πλαστικών ως καύσιμο για παράδειγμα έχει ως αποτέλεσμα την έκλυση στην ατμόσφαιρα επικίνδυνων ουσιών (διοξίνες και φουράνες). Αλλά ακόμη και να γινόταν αποδεκτή ως μέθοδος διαχείρισης, απουσία καθιερωμένης τεχνολογίας καύσεως στον Ελλαδικό χώρο, αποτελεί πρόσθετο κίνητρο για την ανακύκλωση των πλαστικών που παραλαμβάνονται από τα ηλεκτρονικά απόβλητα, η ποιοτική στάθμη των οποίων είναι πολύ υψηλή και ως εκ τούτου δεν αξιοποιούνται πλήρως όταν χρησιμοποιούνται για παραγωγή ενέργειας. Μια πιθανή πρόταση για τα πλαστικά δεύτερης ποιότητας είναι η αξιοποίησή τους ως καύσιμη ύλη σε κλιβάνους μμεταλλουργίας ή παραγωγής τσιμέντου.

Παράλληλα, η αξιοποίησή τους σε μίγματα προστιθέμενης αξίας για την επαναχρησιμοποίησή τους είναι μια πολλά υποσχόμενη λύση και η συνέχιση της έρευνας γύρω από αυτόν τον τομέα κρίνεται απαραίτητη.

Με τα δεδομένα (βιβλιογραφικά και πειραματικά) που παρατίθενται στην παρούσα εργασία φαίνονται τα οικονομοτεχνικά πλεονεκτήματα της απ' ευθείας μηχανικής ανακύκλωσης μιγμάτων πολυμερών που βρίσκονται στα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

Κατάλογος ΗΗΕ των κατηγοριών του παραρτήματος Ι

### **1. ΜΕΓΑΛΕΣ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ**

Μεγάλες συσκευές ψύξης

Ψυγεία

Καταψύκτες

Άλλες μεγάλες συσκευές που χρησιμοποιούνται για ψύξη, διατήρηση και αποθήκευση τροφίμων

Πλυντήρια

Στεγνωτήρια ρούχων

Πλυντήρια πιάτων

Συσκευές μαγειρικής

Ηλεκτρικές κουζίνες

Ηλεκτρικά μάτια

Φούρνοι μικροκυμάτων

Άλλες μεγάλες συσκευές χρησιμοποιούμενες για μαγείρεμα και άλλες επεξεργασίες τροφίμων

Ηλεκτρικές θερμάστρες

Ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα (Ηλεκτρικά καλοριφέρ)

Άλλες μεγάλες συσκευές που χρησιμοποιούνται για

θέρμανση χώρων, κρεβατιών, καθισμάτων

Ηλεκτρικοί ανεμιστήρες

Συσκευές κλιματισμού

Άλλα είδη εξοπλισμού αερισμού, απαγωγής αερίων και κλιματισμού

### **2. ΜΙΚΡΕΣ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ**

Ηλεκτρικές σκούπες

Σκούπες χαλιών

Άλλες συσκευές καθαριότητας

Συσκευές χρησιμοποιούμενες για ράψιμο, πλέξιμο, ύφανση και άλλες κλωστοϋφαντουργικές εργασίες

Ηλεκτρικά σίδερα και άλλες συσκευές για σιδέρωμα, καλάνδρισμα και, γενικά, για τη φροντίδα του ιματισμού

Φρυγανιέρες

Συσκευές τηγανίσματος (φριτέζες)

Μύλοι, καφετιέρες και συσκευές ανοίγματος ή σφραγίσματος περιεκτών ή συσκευασιών

Ηλεκτρικά μαχαίρια

Συσκευές για κόψιμο και στέγνωμα μαλλιών, βούρτσισμα δοντιών, ξύρισμα, μασάζ και άλλες συσκευές περιποίησης του σώματος  
Ρολόγια κάθε είδους και εξοπλισμός μέτρησης, ένδειξης ή καταγραφής του χρόνου  
Ζυγοί

### 3. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Συστήματα κεντρικής επεξεργασίας δεδομένων:

Μεγάλοι υπολογιστές (mainframes)

Μεσαίοι υπολογιστές (mini computers)

Μονάδες εκτύπωσης

Συστήματα προσωπικών υπολογιστών:

Προσωπικοί υπολογιστές (συμπεριλαμβανομένων των κεντρικών μονάδων επεξεργασίας (CPU), των ποντικών, των οθονών και των πληκτρολογίων)

Φορητοί υπολογιστές (laptops) (συμπεριλαμβανομένων των CPU, των ποντικών, των οθονών και των πληκτρολογίων)

Μικρού μεγέθους φορητοί υπολογιστές (notebooks)

Υπολογιστές χειρός (notepads)

Εκτυπωτές

Φωτοαντιγραφικά μηχανήματα

Ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές γραφομηχανές

Αριθμομηχανές τσέπης και επιτραπέζιες και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για τη συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία, παρουσίαση ή διαβίβαση πληροφοριών με ηλεκτρονικά μέσα

Τερματικά και συστήματα χρηστών

Συσκευές τηλεομοιοτυπίας (φαξ)

Τηλέτυπα

Τηλέφωνα

Τηλεφωνικές συσκευές επί πληρωμή

Ασύρματα τηλέφωνα

Κινητά τηλέφωνα

Συστήματα τηλεφωνητών και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για τη μετάδοση ήχου, εικόνων ή άλλων πληροφοριών με τηλεπικοινωνιακά μέσα

### 4. ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Ραδιόφωνα

Τηλεοράσεις

Κάμερες μαγνητοσκόπησης (βιντεοκάμερες)

Μαγνητοσκόπια (συσκευές αναπαραγωγής εικόνας)

Συσκευές ηχογράφησης υψηλής πιστότητας

Ενισχυτές ήχου

Μουσικά όργανα και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για την εγγραφή ή αναπαραγωγή ήχου ή εικόνων, συμπεριλαμβανομένων των σημάτων ή άλλων

τεχνολογιών διανομής ήχου και εικόνας με άλλα πλην των τηλεπικοινωνιακών μέσα Φωτοβολταϊκά πλαίσια (panels).

## 5. ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΕΙΔΗ

Φωτιστικά για λαμπτήρες φθορισμού πλην των οικιακών φωτιστικών σωμάτων  
Ευθείς λαμπτήρες φθορισμού  
Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (compact)  
Λαμπτήρες εκκενώσεως υψηλής έντασης, συμπεριλαμβανομένων των λαμπτήρων νατρίου υψηλής πίεσης και των λαμπτήρων αλογονούχων μετάλλων  
Λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης  
Άλλος φωτιστικός εξοπλισμός και εξοπλισμός προβολής ή ελέγχου του φωτός πλην των λαμπτήρων πυράκτωσης

## 6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ (ΕΞΑΙΡΟΥΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ)

Τρυπάνια  
Πριόνια  
Μηχανές ραπτικής  
Εξοπλισμός για την τόννευση, τη λείανση, την επίστρωση, το τρόχισμα, το πριόνισμα, το κόψιμο, τον τεμαχισμό, τη διάτμηση, τη διάτρηση, τη διάνοιξη οπών, τη μορφοποίηση, την κύρτωση και άλλες παρόμοιες επεξεργασίες ξύλου, μετάλλου και άλλων υλικών  
Εργαλεία για τη στερέωση με βίδες, καρφιά ή κοινωμάτια και την αφαίρεσή τους και για παρόμοιες χρήσεις  
Εργαλεία για συγκολλήσεις εν γένει και παρόμοιες χρήσεις  
Εξοπλισμός ψεκασμού, επάλειψης, διασποράς ή άλλης επεξεργασίας υγρών ή αέριων ουσιών με άλλα μέσα  
Εργαλεία κοπής χόρτου ή άλλων εργασιών κηπουρικής

## 7. ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΨΥΧΑΓΩΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Ηλεκτρικά τρένα ή αυτοκινητοδρόμια  
Φορητές κονσόλες βίντεο παιχνιδιών  
Βιντεοπαιχνίδια  
Υπολογιστές για ποδηλασία, καταδύσεις, τρέξιμο, κωπηλασία κ.λπ.  
Αθλητικός εξοπλισμός με ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά κατασκευαστικά στοιχεία  
Κερματοδέκτες τυχερών παιχνιδιών

## 8. ΙΑΤΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ (ΕΞΑΙΡΟΥΜΕΝΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΜΦΥΤΕΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΜΟΛΥΣΜΕΝΩΝ)

Ακτινοθεραπευτικός εξοπλισμός  
Καρδιολογικός εξοπλισμός  
Συσκευές αιμοκάθαρσης  
Συσκευές πνευμονικής οξυγόνωσης

Εξοπλισμός πυρηνικής ιατρικής

Ιατρικός εξοπλισμός για in vitro διάγνωση

Συσκευές ανάλυσης

Καταψύκτες

Τεστ γονιμοποίησης

Άλλες συσκευές για την ανίχνευση, την πρόληψη, την παρακολούθηση, την αντιμετώπιση ή την ανακούφιση ασθενειών, σωματικών βλαβών και αναπηριών

## 9. ΟΡΓΑΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ανιχνευτές καπνού

Συσκευές θερμορύθμισης

Θερμοστάτες

Συσκευές μέτρησης, ζύγισης ή προσαρμογής για οικιακή ή εργαστηριακή χρήση

Άλλα όργανα παρακολούθησης και ελέγχου χρησιμοποιούμενα σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις (π.χ. σε ταμπλώ ελέγχου)

## 10. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Συσκευές αυτόματης διανομής θερμών ποτών

Συσκευές αυτόματης διανομής θερμών ή ψυχρών φιαλών ή μεταλλικών δοχείων

Συσκευές αυτόματης διανομής στερεών προϊόντων

Συσκευές αυτόματης διανομής χρημάτων

Κάθε είδους συσκευές αυτόματης διανομής οποιουδήποτε προϊόντος