



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Δ.Π.Μ.Σ. Οργάνωση & Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας & Προστασίας Περιβάλλοντος

**«Επεξεργασία Απόβλητων Ηλεκτρικών και
Ηλεκτρονικών Συσκευών μετά το τέλος ζωής.
Αποτύπωση της Ελληνικής Αγοράς»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΙΩΑΝΝΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΥ

Επιβλέπων: καθηγητής Νικόλαος Μπιλάλης

Πειραιάς, 2012

Copyright © Ιωάννης Θεοδώρου, 2012

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

«Επεξεργασία Απόβλητων Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών Συσκευών μετά το τέλος ζωής. Αποτύπωση της Ελληνικής Αγοράς»

Ιωάννης Θεοδώρου

Δ.Π.Μ.Σ. Οργάνωση & Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας & Προστασίας Περιβάλλοντος

Πανεπιστήμιο Πειραιώς - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια ανάλυσης του προβλήματος της επεξεργασίας των Αποβλήτων Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών Συσκευών (ΑΗΗΣ) μετά το τέλος ζωής τους και η αποτύπωση της Ελληνικής αγοράς. Η σημερινή παγκόσμια παραγωγή Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) εκτιμάται ότι είναι ετησίως 20 με 25 εκατομμύρια τόνοι, παρουσιάζοντας έντονα αυξητική τάση για τα αμέσως επόμενα έτη. Τα περισσότερα ΑΗΗΕ παράγονται στις ανεπτυγμένες οικονομικά χώρες (όπως η Ευρώπη), αλλά οι υπό ανάπτυξη χώρες αναμένεται να εξελιχθούν σε μείζονες παραγωγούς ΑΗΗΕ τα επόμενα χρόνια. Παράλληλα οι μη ανεπτυγμένες οικονομικά χώρες μαστίζονται από τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκύπτουν από την αναποτελεσματική διαχείριση των ΑΗΗΣ που λαμβάνει χώρα στα εδάφη τους. Βεβαίως η διαχείριση των ΑΗΗΣ δεν έχει στόχο μόνο την προστασία του περιβάλλοντος από τις ρυπογόνες ουσίες που αυτά περιέχουν, αλλά παράλληλα στοχεύει στην ανάκτηση πολύτιμων πρώτων υλών με οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά οφέλη. Η παρούσα εργασία αναπτύσσεται έχοντας ως κεντρικό άξονα το διττό αυτό ρόλο της ανακύκλωσης. Εκτός από την περιγραφή των χαρακτηριστικών των ΑΗΗΕ και της κείμενης νομοθεσίας για τη διαχείρισή τους, αφιερώνεται σημαντικό κομμάτι στις στρατηγικές και τις μεθόδους επεξεργασίας του Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού που βρίσκεται στο τέλος του κύκλου ζωής και που σήμερα εφαρμόζονται σε παγκόσμιο επίπεδο. Ο στόχος είναι η συγκριτική ανάλυση των στρατηγικών αυτών και η ανάδειξη των βέλτιστων πολιτικών διαχείρισης των ΑΗΗΕ. Σε αυτό το πλαίσιο εντοπίζονται και συζητούνται τα κρίσιμα ζητήματα που εμπλέκονται στη διαδικασία της επεξεργασίας των ΑΗΗΕ όπως η

αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα και η αποσυναρμολόγηση των συσκευών. Περαιτέρω, παρουσιάζονται λεπτομερώς οι μέθοδοι και οι διαθέσιμες τεχνικές επεξεργασίας των ΑΗΗΕ, ένας τομέας που αναπτύσσεται ραγδαία τα τελευταία είκοσι χρόνια. Παράλληλα επιχειρείται η καταγραφή της ελληνικής πραγματικότητας και της εσωτερικής αγοράς όπως αυτή έχει διαμορφωθεί τα τελευταία χρόνια. Τα ΑΗΗΕ αντιμετωπίζονται ως ένα παγκόσμιο πρόβλημα και γίνεται προσπάθεια να προσδιοριστεί ο ρόλος της Ελλάδας μέσα σε αυτό. Τέλος, γίνεται προσπάθεια να ανιχνευτούν οι μελλοντικές τάσεις και ο ρόλος που μπορεί η χώρα μας να παίξει σε αυτές.

Για τη συμβολή τους στην παρούσα εργασία θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κο Νικόλαο Μπιλάλη, τόσο για τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα θέμα που με ενδιέφερε ιδιαίτερα, όσο και για την άψογη συνεργασία μου μαζί του. Επίσης ευχαριστώ θερμά την κα Νατάσσα Βορηά, Διευθύντρια Marketing & Επικοινωνίας της εταιρείας Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. για τη σημαντική βοήθεια και τις πληροφορίες που μου παρείχε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	9
ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ (ΑΗΗΕ)	
1.1 Ο ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΗΗΕ.....	9
1.2 Η ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΗΗΕ.....	11
1.3 Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΗΗΕ	19
1.4 ΡΥΠΟΓΟΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΤΑ ΑΗΗΕ.....	31
1.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΑ ΑΗΗΕ	46
1.6 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΗΗΕ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	57
ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	
2.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ.....	57
2.2 ΣΤΟΧΟΙ – ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ.....	62
2.3 ΕΘΝΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΗΗΕ.....	64
2.4 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΗΗΕ	68
2.5 ΕΠΙΚΕΙΜΕΝΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	83
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΗΗΕ	
3.1 ΟΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΗΗΕ	83
3.2 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ.....	98
3.3 ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ – ΕΠΙΣΚΕΥΗ – ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ	104
3.4 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	113
3.5 ΟΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΗΗΕ. ΔΙΑΘΕΣΗ – ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ.	115
3.6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΑΗΗΕ.....	127
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	132
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΗΗΕ	
4.1 ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ.....	132
4.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΗΗΕ	149
4.2.1 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ	151

4.2.2	ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	165
4.2.3	ΥΔΡΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	175
4.2.4	ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	180
4.2.5	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΗΗΕ.....	180
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....		184
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΗΗΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ		
5.1	Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	184
5.2	ΦΟΡΕΙΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	191
5.3	ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΗΜΕΡΑ	218
5.4	Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	220
5.5	ΕΠΙΚΕΙΜΕΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ.....	222
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....		228
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....		236
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΥΣΚΕΥΩΝ		
	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΕΩΝ	237
	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΨΥΓΕΙΩΝ	245
	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΥΝΤΗΡΙΩΝ	255
	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΦΟΥΡΝΩΝ (ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ).....	258
	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ	260
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		264

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τις τελευταίες δεκαετίες στον οικονομικά ανεπτυγμένο δυτικό κόσμο κυριάρχησε το καταναλωτικό μοντέλο ανάπτυξης που σε συνδυασμό με την αλματώδη τεχνολογική ανάπτυξη κατέστησε προσιτά μια πλειάδα από νέα προϊόντα. Συνακόλουθα μετά το τέλος ζωής τους τα προϊόντα αυτά αποτέλεσαν απόβλητα, οι ποσότητες των οποίων παρουσίασαν μια έντονη αυξητική τάση μέσα στα χρόνια. Από τη δεκαετία του 1990 και έπειτα παρατηρείται ραγδαία αύξηση των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών (ΗΗΣ), περισσότερο από κάθε άλλο καταναλωτικό προϊόν. Η τεχνολογική εξέλιξη τις δυο αυτές δεκαετίες κινήθηκε έντονα προς την ανάπτυξη του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΗΗΕ) με αποτέλεσμα είτε την παραγωγή νέων, καινοτόμων προϊόντων είτε τη μετατροπή συσκευών και μηχανών σε αυτοματοποιημένες. Παράλληλα εμφανίστηκε το φαινόμενο της μείωσης του χρόνου ζωής των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών. Ως αποτέλεσμα των ανωτέρω παρουσιάζεται η διαρκής αύξηση των προϊόντων ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών εξοπλισμού και συνακόλουθα των αποβλήτων αυτών. Ο όγκος των αποβλήτων του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) αυξάνεται τρεις φορές ταχύτερα από το μέσο όρο του ρεύματος των αστικών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το ποσό των ΑΗΗΕ που παράγονται ανά πολίτη της ΕΕ είναι περίπου 17 έως 20 κιλά ανά έτος και εκτιμάται ότι θα αυξάνεται σε ετήσια βάση μεταξύ 2,5% και 2,7% (Huisman, 2008).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση θεωρεί τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) ως απόβλητα προτεραιότητας, λόγω της επικινδυνότητάς τους, της υψηλής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλούν και της ταχύτατης αύξησης του όγκου παραγωγής τους. Για αυτό το λόγο έχει θεσπίσει την οδηγία 2002/96/ΕΚ για τα απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (οδηγία ΑΗΗΕ), μαζί με την οδηγία 2002/95/ΕΚ σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών στα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (οδηγία RoHS). Ο κύριος στόχος των οδηγιών αυτών είναι η προστασία τόσο της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος, καθώς και η διασφάλιση της ανάκτησης των πρώτων υλών και πόρων από την συλλογή και ανακύκλωση των ΑΗΗΕ. Κατά συνεπεία το πρόβλημα της διαχείρισης

των ΑΗΗΕ όχι μόνο έχει εντοπιστεί και συζητηθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία, αλλά έχει γίνει προσπάθεια να θεσμοθετηθεί και να αντιμετωπιστεί με συγκεκριμένα μέτρα.

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την επεξεργασία των ΑΗΗΣ μετά το τέλος ζωής τους και την αποτύπωση της Ελληνικής Αγοράς. Στο 1^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, δίνεται ο ορισμός τους, η κατηγοριοποίηση τους, η σύσταση τους και τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προέρχονται από αυτά, ενώ στο 2^ο κεφάλαιο αναπτύσσεται το νομοθετικό πλαίσιο γύρω από τα ΑΗΗΕ, τόσο σε Εθνικό όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Στο 3^ο κεφάλαιο μελετώνται οι στρατηγικές διαχείρισης των ΑΗΕΕ, ενώ στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι και οι τεχνολογίες επεξεργασίας των ΑΗΕΕ. Στο 5^ο κεφάλαιο περιγράφεται η διαχείριση των ΑΗΕΕ διεθνώς και στην Ελλάδα, σκιαγραφείται η ελληνική πραγματικότητα και γίνεται προσπάθεια να ανιχνευτούν οι επικείμενες εξελίξεις στον τομέα. Τέλος στο 6^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας, ενώ στο παράρτημα γίνεται περιγραφή χαρακτηριστικών περιπτώσεων ανακύκλωσης ανά κατηγορία συσκευών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ (ΑΗΗΕ)

1.1 Ο ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΗΗΕ

Σύμφωνα με την οδηγία 2002/96/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, «Ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός» ή «ΗΗΕ» είναι 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 και ο οποίος έχει σχεδιασθεί για να λειτουργεί υπό ονομαστική τάση έως 1.000 V εναλλασσομένου ρεύματος και έως 1.500 V συνεχούς ρεύματος.

Ακόμη δεν υπάρχει ένας ενιαίος ορισμός για τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού ή ΑΗΗΕ για συντομία (Widmer et al., 2005). Τα ΑΗΗΕ είναι ένας γενικός όρος που περιλαμβάνει διάφορες μορφές ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που έχουν παύσει να είναι οποιασδήποτε αξίας στους ιδιοκτήτες τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, χρησιμοποιείται ο όρος ΑΗΗΕ για να περιγράψει παλιές συσκευές που βρίσκονται στο τέλος του κύκλου ζωής τους ή έχουν απορριφθεί και οι οποίες λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια.

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιοι από τους πιο διαδεδομένους ορισμούς του όρου ΑΗΗΕ.

- Σύμφωνα με την οδηγία 2002/96/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, «Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού» ή «ΑΗΗΕ» είναι «ο

ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός που θεωρείται απόβλητο (...) συμπεριλαμβανομένων όλων των κατασκευαστικών στοιχείων, των συναρμολογημένων μερών και των αναλωσίμων, που συνιστούν τμήμα του προϊόντος κατά το χρόνο απόρριψής του». Τα ΑΗΗΕ θεωρούνται απόβλητα κατά την έννοια του άρθρου 1 στοιχείο α) της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ η οποία ορίζει το απόβλητο ως κάθε ουσία ή αντικείμενο το οποίο ο κάτοχός του αποβάλλει ή υποχρεούται να αποβάλλει, δυνάμει των διατάξεων της εν ισχύ εθνικής νομοθεσίας.

- Σύμφωνα με την μη κυβερνητική οργάνωση Basel Action Network (Puckett and Smith, 2002), (Basel Convention, 2006) «τα ΑΗΗΕ περιλαμβάνουν μια ευρεία και αυξανόμενη γκάμα ηλεκτρονικών συσκευών που κυμαίνονται από τις μεγάλες συσκευές οικιακής χρήσης (όπως ψυγεία), κλιματιστικά, κινητά τηλέφωνα, στερεοφωνικά συγκροτήματα και ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης έως υπολογιστές που έχουν απορριφθεί από τους χρήστες τους».
- Σύμφωνα με τον ΟΟΣΑ - Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development) (2001) ΑΗΗΕ αποτελεί «οποιαδήποτε συσκευή χρησιμοποιεί ηλεκτρική παροχή ρεύματος και έχει φθάσει στο τέλος της ζωής της».
- Σύμφωνα με τον Sinha (Sinha, 2004) ΑΗΗΕ αποτελεί «μια ηλεκτρική συσκευή που δεν ικανοποιεί πλέον τον ιδιοκτήτη της για τον αρχικό σκοπό της».
- Σύμφωνα με τον οργανισμό StEP (2005) (ο οργανισμός StEP αποτελεί μια πρωτοβουλία διαφόρων οργανώσεων των Ηνωμένων Εθνών με γενικό στόχο την επίλυση του προβλήματος των ΑΗΗΕ) τα ΑΗΗΕ αναφέρονται στην «. . . αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα που συλλέγει προϊόντα που δεν είναι πλέον επιθυμητά από ένα συγκεκριμένο καταναλωτή και τα ανακατασκευάζει για άλλους

καταναλωτές, τα ανακυκλώνει ή διαφορετικά εφαρμόζει διεργασίες διαχείρισης απόβλητων».

Στους παραπάνω ορισμούς αναφέρεται ο όρος τέλος ζωής (End-of-Life) ενός προϊόντος. Ένα προϊόν έρχεται στην φάση του τέλους (του κύκλου) ζωής του όταν δεν πληροί πλέον τις ανάγκες του τελικού του χρήστη. Ορισμένοι συγγραφείς (π.χ. Fleischmann, 2001) κάνουν διάκριση ανάμεσα στο τέλος της χρήσης (End-of-Use) και στο τέλος ζωής των προϊόντων. Σύμφωνα με τον ορισμό αυτών των συγγραφέων, τα προϊόντα που φτάνουν στο τέλος της ζωής τους είναι μια υποκατηγορία των προϊόντων που βρίσκονται στο τέλος της χρήσης τους. Τα προϊόντα που βρίσκονται στο τέλος της χρήσης τους έχουν αξία, ενώ αυτά που βρίσκονται στο τέλος του κύκλου ζωής τους δεν έχουν καμία αξία εκτός από την αξία των υλικών τους. Στην παρούσα εργασία τα προϊόντα που βρίσκονται στο τέλος της ζωής τους ορίζονται ως προϊόντα που είτε μπορεί ή δεν μπορεί να έχουν αξία. Ο ορισμός αυτός είναι σύμφωνος με τους Toffel (2004), Rose κ.α.. (2002) και Koricki κ.α.. (1993).

1.2 Η ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΗΗΕ

Σύμφωνα με την οδηγία 2002/96/ΕΚ (βλ. κεφάλαιο 2) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ορίζονται δέκα κατηγορίες ΑΗΗΕ όπως φαίνεται παρακάτω. Κάποιες χώρες εκτός Ε.Ε. κατηγοριοποιούν τα ΑΗΗΕ σε διαφορετικές κατηγορίες, όμως αυτή η κατηγοριοποίηση είναι στη διαδικασία του να γίνει ευρέως αποδεκτό πρότυπο.

1. Μεγάλες οικιακές συσκευές
2. Μικρές οικιακές συσκευές
3. Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών
4. Καταναλωτικά είδη

5. Φωτιστικά είδη
6. Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (εξαιρουμένων των μεγάλης κλίμακας σταθερών βιομηχανικών εργαλείων)
7. Παιχνίδια, εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού
8. Ιατροτεχνολογικές συσκευές (εξαιρουμένων όλων των εμφυτεύσιμων και μολυσμένων προϊόντων)
9. Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου
10. Συσκευές αυτόματης διανομής

Ο κατάλογος των προϊόντων που εμπίπτουν στις παραπάνω κατηγορίες είναι ο κάτωθι:

1. Μεγάλες οικιακές συσκευές (Large HH)

- Μεγάλες συσκευές ψύξης
- Ψυγεία
- Καταψύκτες
- Άλλες μεγάλες συσκευές χρησιμοποιούμενες για ψύξη, διατήρηση και αποθήκευση τροφίμων
- Πλυντήρια ρούχων
- 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 χρησιμοποιούμενες για θέρμανση χώρων, κρεβατιών, καθισμάτων
- Ηλεκτρικοί ανεμιστήρες
- Συσκευές κλιματισμού
- Άλλα είδη εξοπλισμού αερισμού, απαγωγής αερίων και κλιματισμού

2. Μικρές οικιακές συσκευές (Small HH)

- Ηλεκτρικές σκούπες
- Σκούπες χαλιών
- Άλλες συσκευές καθαριότητας
- Συσκευές χρησιμοποιούμενες για ράψιμο, πλέξιμο, ύφανση και άλλες κλωστοϋφαντουργικές εργασίες
- Ηλεκτρικά σίδερα και άλλες συσκευές για το σιδέρωμα, το μαγγάνισμα και εν γένει τη φροντίδα των ρούχων
- Φρυγανιέρες
- Συσκευές τηγανίσματος (φριτέζες)
- Μύλοι, καφετιέρες και συσκευές ανοίγματος ή σφραγίσματος περιεκτών ή συσκευασιών
- Ηλεκτρικά μαχαίρια
- Συσκευές κοπής και στεγνώματος μαλλιών, βουρτσίσματος δοντιών, ξυρίσματος, μασάζ και άλλες συσκευές περιποίησης
- του σώματος
- Ρολόγια και εξοπλισμός μέτρησης, αναγραφής ή καταγραφής χρόνου
- Ζυγαριές

3. Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών (ICT)

- Συγκεντρωτική επεξεργασία δεδομένων:
- Μεγάλοι υπολογιστές (mainframes)

- Μεσαίοι υπολογιστές (mini computers)
- Μονάδες εκτύπωσης
- Συστήματα προσωπικών υπολογιστών:
- Προσωπικοί υπολογιστές [συμπεριλαμβανομένων των κεντρικών μονάδων επεξεργασίας (CPU), των ποντικιών, των οθονών και των πληκτρολογίων]
- Φορητοί υπολογιστές (lap-top) (συμπεριλαμβανομένων των CPU, των ποντικιών, των οθονών και των πληκτρολογίων)
- Υπολογιστές τσέπης (notebook)
- Υπολογιστές χειρός (notepad)
- 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. Καταναλωτικά είδη (CE)

- 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

5. Φωτιστικά είδη (Lighting)

- Φωτιστικά για λαμπτήρες φθορισμού πλην των οικιακών φωτιστικών σωμάτων
- Ευθείς λαμπτήρες φθορισμού
- Λαμπτήρες φθορισμού μικρών διαστάσεων
- 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. Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (εξαιρουμένων των μεγάλης κλίμακας σταθερών βιομηχανικών εργαλείων) (E & E tools)

- Τρυπάνια
- Πριόνια
- Ραπτομηχανές
- 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. Παιχνίδια και εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού (Toys)

- Ηλεκτρικά τραίνα 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. Ιατροτεχνολογικά προϊόντα (εξαιρουμένων των εμφυτεύσιμων και μολυσμένων) (Medical equipment)

- 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

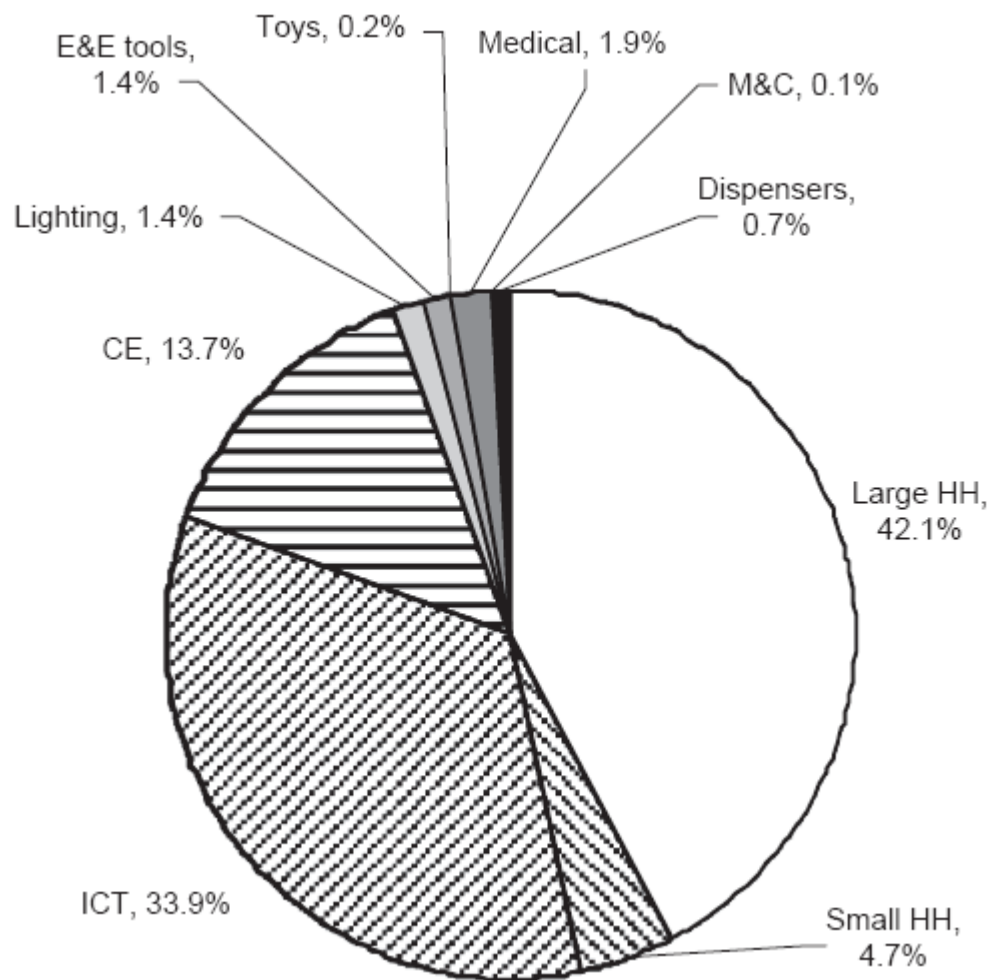
9. Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου (M & C)

- 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. Συσκευές αυτόματης διανομής (Dispensers)

- 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

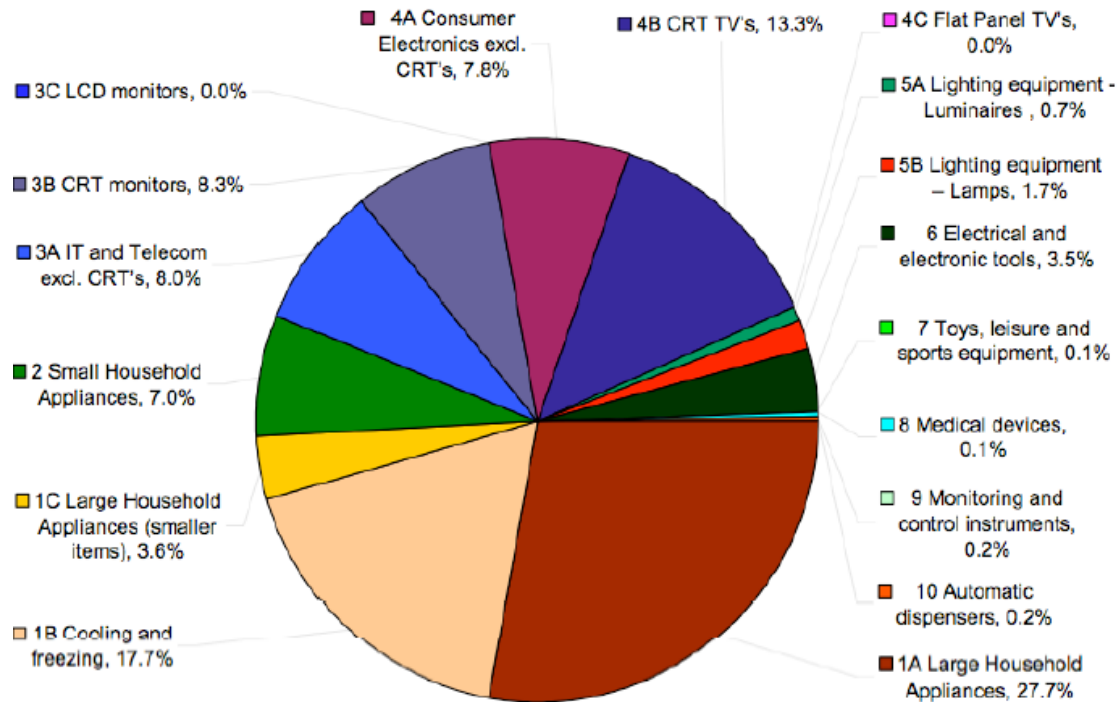
Από τις δέκα παραπάνω κατηγορίες, οι κατηγορίες 1 - 4 αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 95% των παραγόμενων ΑΗΗΕ (βλ. Σχήμα. 1.1).



Σχήμα 1.1. Σύνθεση των ΑΗΗΕ για τη Δυτική Ευρώπη (Πηγή: ΑΡΜΕ, 2003)

Στο ίδιο περίπου αποτέλεσμα καταλήγει μια πιο πρόσφατη έρευνα (Huisman κ.α., 2007). Περίπου το 94% των ΑΗΗΕ για την Ευρώπη ανήκει στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Μεγάλες οικιακές συσκευές 49 %
2. Μικρές οικιακές συσκευές 7 %
3. Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών 16,3 %
4. Καταναλωτικά είδη 21,1 %



Σχήμα 1.2. Οι κατηγορίες συσκευών που βρίσκονται στα ΑΗΗΕ για την Ευρώπη το 2005 (Πηγή: Huisman κ.α., 2007)

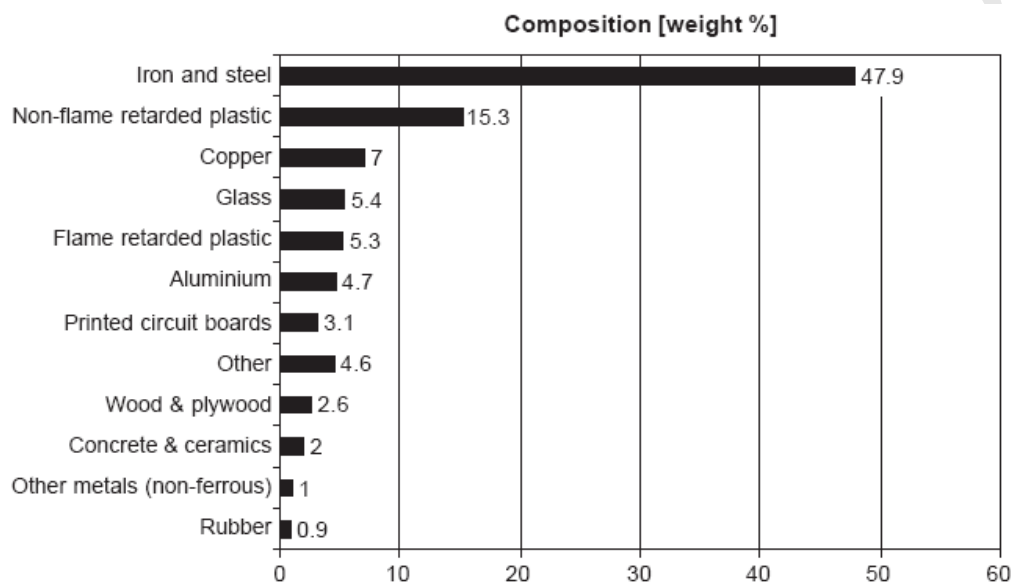
1.3 Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΗΗΕ

Η σύνθεση των συστατικών των ΑΗΗΕ ποικίλει και μπορεί να περιέχει πάνω από 1.000 διαφορετικές ουσίες, οι οποίες εμπίπτουν στις «επικίνδυνες» και «μη επικίνδυνες» κατηγορίες. Σε γενικές γραμμές, τα ΑΗΗΕ όπως αναφέρθηκε αποτελούνται από σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα, πλαστικά, γυαλί, ξύλο και κόντρα πλακέ, πλακέτες τυπωμένου κυκλώματος, πλάκες σκυροδέματος και κεραμικά, καουτσούκ και άλλα αντικείμενα. Επίσης αναφέρθηκε ότι ο σίδηρος και ο χάλυβας αποτελούν περίπου το 50% των ΑΗΗΕ και ακολουθούνται από τα πλαστικά (21%), τα μη-σιδηρούχα μέταλλα (13%) και άλλα συστατικά. Τα μη-σιδηρούχα μέταλλα αποτελούνται από μέταλλα όπως ο χαλκός, το αλουμίνιο και πολύτιμα μέταλλα όπως ασήμι, χρυσός, πλατίνα, παλλάδιο, κλπ. Η παρουσία

των στοιχείων όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, το αρσενικό, το κάδμιο, το σελήνιο, το εξασθενές χρώμιο και τα επιβραδυντικά φλόγας στα ΑΗΗΕ πάνω από τις μέγιστες επιτρεπτές ποσότητες (όπως αναφέρονται στους κανονισμούς που σχετίζονται με επικίνδυνα απόβλητα από διάφορες χώρες) χαρακτηρίζει τα ΑΗΗΕ ως επικίνδυνα απόβλητα.

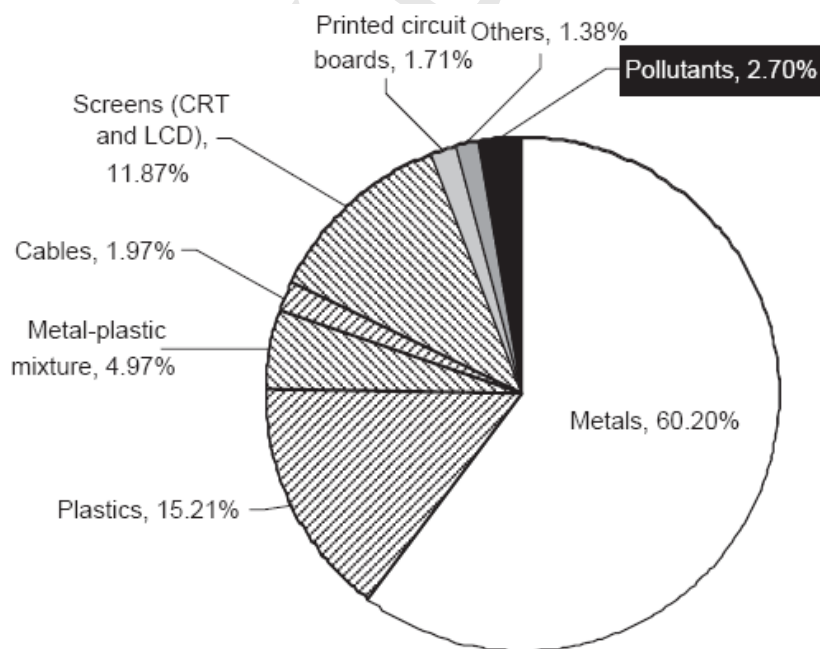
Τα ΑΗΗΕ περιέχουν σημαντικές ποσότητες πολύτιμων μετάλλων. Οι παλαιότερης γενιάς υπολογιστές περιείχαν έως και 4 γραμμάρια χρυσού και παρόλο που αυτός έχει μειωθεί σε περίπου 1 γραμμάριο ανά υπολογιστή σήμερα, παραμένει σημαντική ποσότητα. Επίσης η αξία των συνήθων μετάλλων που περιέχονται σε ΑΗΗΕ είναι πολύ υψηλή. Ένας τόνος ΑΗΗΕ περιέχει μέχρι και 0,2 τόνους χαλκού, που μπορεί να πουληθεί για περίπου 500 ευρώ στην τιμή της παγκόσμιας αγοράς του 2004 (Soderstrom, 2004). Η ανακύκλωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων αποτελεί, συνεπώς, ελκυστική επιχειρηματική δραστηριότητα και εταιρείες όπως η Boliden (Σουηδία) (<http://www.boliden.com/>), η WEEE Recycling AS (Νορβηγία) (<http://www.weee.no/>) και η TES-AMM Europe Ltd (πρώην Citiraya, Ηνωμένο Βασίλειο) (<http://www.tes-amm.com/>) επενδύουν στην περιοχή αυτή. Λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλία των υλικών που βρίσκονται στα ΑΗΗΕ, είναι δύσκολο να δοθεί μια γενικευμένη σύνθεση των υλικών για ολόκληρο το ρεύμα των αποβλήτων. Ωστόσο, οι περισσότερες μελέτες εξετάζουν πέντε κατηγορίες υλικών: σιδηρούχα μέταλλα, μη σιδηρούχα μέταλλα, γυαλί, πλαστικά και “άλλα”.

Σύμφωνα με το European Topic Centre on Resource and Waste Management (ETC / RWM) (ETC/RWM, 2003), ο σίδηρος και ο χάλυβας είναι τα πιο κοινά υλικά που απαντώνται στα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και αντιπροσωπεύουν σχεδόν το ήμισυ του συνολικού βάρους των ΑΗΗΕ (Σχήμα 1.3). Τα πλαστικά είναι η δεύτερη μεγαλύτερη κατηγορία ως προς το βάρος και αντιπροσωπεύουν περίπου το 21% των ΑΗΗΕ. Τα μη σιδηρούχα μέταλλα, συμπεριλαμβανομένων των πολύτιμων μετάλλων, αντιπροσωπεύουν περίπου 13% του συνολικού βάρους των ΑΗΗΕ (με το χαλκό να αποτελεί το 7%).



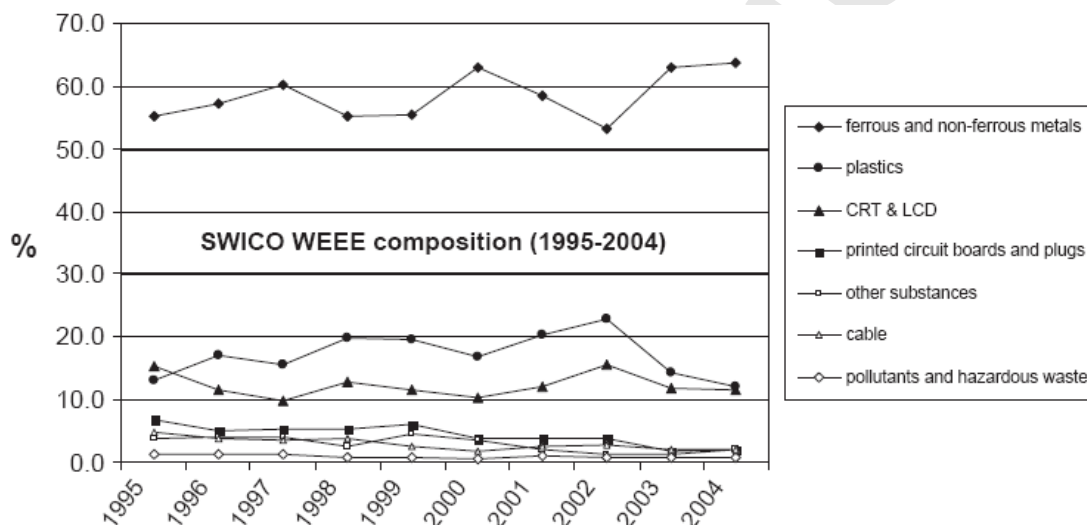
Σχήμα 1.3. Η σύνθεση των υλικών των ΑΗΗΕ (Πηγή: ETC/RWM, 2003).

Παρόμοια σύνθεση παρουσιάζουν και τα ηλεκτρονικά απόβλητα που ανακυκλώνονται από το σύστημα ανακύκλωσης SWICO / S.EN.S στην Ελβετία (Σχήμα 1.4.).



Σχήμα 1.4. Κλάσματα των υλικών των ΑΗΗΕ (Πηγή: Empa, 2005).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι η περιεκτικότητα σε μέταλλα έχει παραμείνει το κυρίαρχο κλάσμα του βάρους, με πάνω από 50%, σε σύγκριση με τα ρυπογόνα και επικίνδυνα κατασκευαστικά στοιχεία που παρουσιάζουν σταθερή πτώση μέσα στην πάροδο των ετών (Σχήμα 1.5).



Σχήμα 1.5. Χρονοσειρές SWICO (Ελβετία) σύνθεσης των υλικών των ΑΗΗΕ (Πηγή: Empa, 2005).

Τα βασικά εξαρτήματα τα οποία συναρμολογούνται προκειμένου να παράγουν Ηλεκτρικό και Ηλεκτρονικό Εξοπλισμό είναι μέταλλα, κινητήρες ή συμπιεστές, ψυκτικά κυκλώματα, πλαστικό, μόνωση, γυαλί, οθόνες LCD, καουτσούκ, καλωδίωση και ηλεκτρικά κυκλώματα, σκυρόδεμα, μετασχηματιστές, μάγνητρον (μικροκυματικές λυχνίες), υφάσματα, πλακέτες ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, λάμπες φθορισμού, λάμπες πυρακτώσεως, θερμαντικά στοιχεία, θερμοστάτες, πλαστικά που περιέχουν επιβραδυντικά φλόγας FR / BFR (βρωμιωμένα επιβραδυντικά φλόγας), μπαταρίες, ψυκτικά ρευστά CFC / HCFC / HFC / HC (χλωροφθοράνθρακες, υδροχλωροφθοράνθρακες κτλ), ηλεκτρικά καλώδια εξωτερικής χρήσης, πυρίμαχες κεραμικές ίνες, ραδιενεργές ουσίες και ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές (L/D μεγαλύτερο από 25 mm). Τα ειδικά εξαρτήματα που

βρίσκονται σε ψυγεία, πλυντήρια, προσωπικούς υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα και τηλεοράσεις, περιγράφονται στον πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1. Εξαρτήματα ΑΗΗΕ (Πηγή: ΑΕΑ Technology, 2004)

	Metal	Motor	Cooling	Plastic	Insulation	Glass	CRT	LCD	Rubber	Wiring / Electrical	Concrete	Transformer	Magnetron	Textile	Circuit Board	Fluorescent lamp (neballast)	Incandescent lamp	Heating element	Thermostat	FR/BFR – containing plastic	Batteries	CFC, HCFC, HFC, HC	External electric cables	Refractory ceramic fibers	Radioactive substances	Electrolyte Capacitors (over L/D 25mm)
Large Household Appliances																										
Refrigerator	√	√	√	√	√	√			√	√							√		√	√		√	√			
Washing Machine	√	√		√		√			√	√	√				√			√	√				√			o
IT & Telecom Equipment																										
Personal Computer (Base & Keyboard)	√	√		√						√		√			√						√		√			
Personal Computer (Monitor)				√			√	√							√								√			
Laptop		√		√			√		√		√				√	√				√	√		√			
Cellular Telephone	√			√		√		√							√	√				√	√					
Consumer Equipment																										
Television	√			√			√			√		√			√					√			√			

Από την ανάλυση του ανωτέρω πίνακα 1.1 προκύπτουν οι παρακάτω παρατηρήσεις:

1. Οι ραδιενεργές ουσίες, οι πυρίμαχες κεραμικές ίνες, οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές (L/D πάνω από 25 mm), τα υφάσματα και οι μαγνήτες δεν παρουσιάζονται σε όλες τις συσκευές.
2. Τα πλαστικά, οι πλακέτες ηλεκτρικών κυκλωμάτων και τα ηλεκτρικά καλώδια εξωτερικής χρήσης παρουσιάζονται στην πλειονότητα των συσκευών. Πλαστικά που περιέχουν FR/BFR βρίσκονται σε ψυγεία, φορητούς υπολογιστές, τηλεοράσεις και κινητά τηλέφωνα
3. Τα ψυγεία είναι ιδιαίτερες συσκευές λόγω της παρουσίας σε αυτά CFC / HCFC / HFC / HC, ψυκτικού κυκλώματος, μόνωσης, λαμπτήρων πυρακτώσεως και συμπιεστή.
4. Θερμαντικά στοιχεία βρίσκονται σε πλυντήρια ρούχων, θερμοστάτες βρίσκονται σε ψυγεία και πλυντήρια ρούχων.
5. Οι λάμπες φθορισμού βρίσκονται μόνο στους φορητούς υπολογιστές και τα κινητά τηλέφωνα.

6. Τα μέταλλα και οι κινητήρες βρίσκονται στην πλειοψηφία των συσκευών, εκτός των ψυγείων.
7. Οι μετασχηματιστές δεν βρίσκονται σε πλυντήρια, ψυγεία και κινητά τηλέφωνα.
8. Οι οθόνες CRT βρίσκονται σε προσωπικούς υπολογιστές και τηλεοράσεις, ενώ οι οθόνες LCD βρίσκονται σε υπολογιστές, τηλεοράσεις και κινητά τηλέφωνα.
9. Οι μπαταρίες βρίσκονται σε προσωπικούς υπολογιστές, τηλεοράσεις και κινητά τηλέφωνα.
10. Το σκυρόδεμα βρίσκεται σε πλυντήρια.
11. Το καουτσούκ βρίσκεται σε ψυγεία και πλυντήρια ρούχων.
12. Ηλεκτρική καλωδίωση και ηλεκτρικά κυκλώματα βρίσκονται σε όλες τις συσκευές.

Οι μεγάλες οικιακές συσκευές, όπως είναι τα ψυγεία, συνήθως αποτελούνται από ηλεκτροκινητήρες, ηλεκτρονικές πλακέτες, μετασχηματιστές, πυκνωτές, θερμική μόνωση, διακόπτες, καλώδια, πλαστικό περίβλημα (που περιέχει επιβραδυντικά φλόγας) κλπ. Ένα τυπικό πλυντήριο αποτελείται από το μεταλλικό περίβλημα, το σκυρόδεμα έρματος, εσωτερικά και εξωτερικά τύμπανα, κινητήρα, αντλία, μονάδα ελέγχου του κύκλου πλυσίματος, διακόπτες και άλλα στοιχεία. Οι τελευταίες τάσεις σε αυτές τις συσκευές περιλαμβάνουν τη σταδιακή κατάργηση της χρήσης ουσιών που καταστρέφουν το όζον (ODS - Ozone Depleting Substance) και τη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης. Τα παλιά πλυντήρια συνήθως περιέχουν μεγάλους πυκνωτές, ενώ σε σχετικά νέα μηχανήματα χρησιμοποιούνται κινητήρες μεταβλητής ταχύτητας οι οποίοι ελέγχονται από ηλεκτρονική πλακέτα. Στον τομέα της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών παρατηρείται μια τάση «σμίκρυνσης» των συσκευών, ενώ οι οθόνες CRTs αντικαθίστανται από τις οθόνες LCD (UNEP, 2007).

Ο Πίνακας 1.1 δείχνει ότι το φάσμα των διαφορετικών στοιχείων που βρέθηκαν στα ΑΗΗΕ είναι ευρύτατο οπότε τα ΑΗΗΕ μπορούν να χαρακτηριστούν ως ιδιαίτερα σύνθετα. Ωστόσο, δείχνει ότι τα ΑΗΗΕ από αυτές τις συσκευές μπορούν να αποσυναρμολογηθούν σε ένα σχετικά μικρό αριθμό κοινών στοιχείων για περαιτέρω διαχείριση.

Δεδομένου ότι η δυνατότητα ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ είναι συγκεκριμένη για κάθε συσκευή, τα μέρη ή τα υλικά που βρίσκονται στα ΑΗΗΕ μπορούν να χωριστούν σε γενικές γραμμές σε έξι κατηγορίες:

- Σιδήρου και χάλυβα, που χρησιμοποιούνται για περιβλήματα και τα πλαίσιά
- Μη σιδηρούχων μετάλλων, κυρίως χαλκού (που χρησιμοποιείται σε καλώδια), αλουμινίου και χρυσού.
- Γυαλί
- Πλαστικό
- Ηλεκτρονικά εξαρτήματα
- Άλλα (καουτσούκ, ξύλο, κεραμικά κ.λπ.).

Ο Πίνακας 1.2 παρέχει μια επισκόπηση του βάρους και της σύνθεσης τεσσάρων μεγάλων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών, τα οποία αποτελούν μεγάλες ποσότητες ΑΗΗΕ, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Πίνακας 1.2. Μέσος όρος του βάρους και της σύνθεσης επιλεγμένων ειδών ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών (Πηγή: EEA, 2003)

Appliances	Average weight (kg)	Iron (Fe) % weight	Non Fe-metal weight %	Glass % weight	Plastic % weight	Electronic components % weight	Others % weight
Refrigerators and freezers	48	64.4	6	1.4	13		15.1
Washing Machine	40 to 47	59.8	4.6	2.6	1.5		31.5
Personal computer	29.6	53.3	8.4	15	23.3	17.3	0.7
TV sets	36.2	5.3	5.4	62	22.9	0.9	3.5
Cellular Telephones	0.080 to 0.100	8	20	10.6	59.6		1.8

Στους παρακάτω Πίνακες 1.3, 1.4 και 1.5 περιγράφεται κατά προσέγγιση η δυνατότητα ανάκτησης αντικείμενων οικονομικής αξίας από υπολογιστή, τηλεόραση και ψυγείο αντίστοιχα.

Πίνακας 1.3. Η ανακτήσιμη ποσότητα στοιχείων από έναν υπολογιστή (Πηγή: UNEP-StEP, 2009).

Elements	Content (% of total weight)	Content (kg)	Recycling efficiency (%)	Recoverable weight of element (kg)
Plastics	23	6.25	20%	1.25069408
Lead	6	1.71	5%	0.08566368
Aluminum	14	3.85	80%	3.08389248
Germanium	0.0016	0.00	0%	0
Gallium	0.0013	0.00	0%	0
Iron	20	5.57	80%	4.45453312
Tin	1	0.27	70%	0.19188512
Copper	7	1.88	90%	1.69614576
Barium	0.0315	0.01	0%	0
Nickel	0.8503	0.23	0%	0
Zinc	2	0.60	60%	0.35979072
Tantalum	0.0157	0.00	0%	0
Indium	0.0016	0.00	60%	0.00026112
Vanadium	0.0002	0.00	0%	0
Terbium	0	0.00	0%	0
Beryllium	0.0157	0.00	0%	0
Gold	0.0016	0.00	99%	0.000430848
Europium	0.0002	0.00	0%	0
Tritium	0.0157	0.00	0%	0
Ruthenium	0.0016	0.00	80%	0.00034816
Cobalt	0.0157	0.00	85%	0.00362984
Palladium	0.0003	0.00	95%	0.00007752
Manganese	0.0315	0.01	0%	0
Silver	0.0189	0.01	98%	0.005037984
Antimony	0.0094	0.00	0%	0
Bismuth	0.0063	0.00	0%	0
Chromium	0.0063	0.00	0%	0
Cadmium	0.0094	0.00	0%	0
Selenium	0.0016	0.00	70%	0.00030464
Niobium	0.0002	0.00	0%	0
Yttrium	0.0002	0.00	0%	0
Rhodium	0	0.00	50%	0
Mercury	0.0022	0.00	0%	0
Arsenic	0.0013	0.00	0%	0
Silica	24.8803	6.77	0%	0

Πίνακας 1.4. Η ανακτήσιμη ποσότητα στοιχείων από μια τηλεόραση (Πηγή: UNEP- StEP, 2009).

Elements	%	ppm	Recoverable Weight of element (Kg)
Aluminium	1.2		0.4344
Copper	3.4		1.2308
Lead	0.2		0.0724
Zinc	0.3		0.1086
Nickel	0.038		0.013756
Iron	12		4.344
Plastic	26		9.412
Glass	53		19.186
Silver		20	0.000724
Gold		10	0.000362

Πίνακας 1.5. Υλικά που ανακτώνται από ψυγεία (Πηγή: UNEP- StEP, 2009)

Material Type	%
CFCs	0.20
Oil	0.32
Ferrous Metals	46.61
Non-Ferrous Metals	4.97
Plastics	13.84
Compressors	23.80
Cables/Plugs	0.55
Spent PurFoam	7.60
Glass	0.81
Mixed Waste	1.30
Total	100.00
Materials disposed of to incinerator	0.20
Materials disposed of to landfill	8.90
Materials sent for Recycling	90.90

Ένα κινητό τηλέφωνο μπορεί να περιέχει πάνω από 40 στοιχεία από τον περιοδικό πίνακα συμπεριλαμβανομένων των βασικών μετάλλων όπως ο χαλκός (Cu) και ο κασσίτερος (Sn), ειδικά μέταλλα όπως το κοβάλτιο (Co), το ίνδιο (In) και το αντιμόνιο (Sb), αλλά και πολύτιμα μέταλλα συμπεριλαμβανομένων αργύρου (Ag), χρυσού (Au) και παλλάδιου (Pd), όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.6. Τα μέταλλα αντιπροσωπεύουν κατά μέσο όρο το 23% του βάρους του τηλεφώνου (κυρίως ο χαλκός), ενώ το υπόλοιπο είναι πλαστικό και κεραμικά υλικά. Ένας τόνος τηλεφώνων (χωρίς μπαταρία) περιέχει 3,5 kg Ag, 340 g Au, 140 g Pd και 130 kg χαλκού. Για μία μονάδα τα πολύτιμα μέταλλα

βρίσκονται σε περιεκτικότητα της τάξης των χιλιοστόγραμμων: 250 mg Ag, 24 mg Au, 9 mg Pd και 9 g Cu κατά μέσο όρο. Επιπλέον η μπαταρία Li-ion του τηλεφώνου περιέχει περίπου 3,5 g Co (Hagelüken et al., 2008). Εκ πρώτης όψεως φαίνεται πολύ μικρή, αλλά λαμβάνοντας υπόψη την ποσότητα των 1,2 δισεκατομμυρίων κινητών τηλεφώνων που πωλήθηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο το 2007, αυτό οδηγεί σε σημαντική συνολική ζήτηση μετάλλων (UNEP - StEP, 2009).



Material content of mobile phone

■ mobile phone substance (source Nokia)

1	18 VIIIA																					
1	H																	He				
2	Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar				
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
6	Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
7	Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuq	Uub	Uuq									

Σχήμα 1.6. Υλικά που περιέχονται στα κινητά τηλέφωνα (Πηγή: Umicore, <http://www.umicore.com/en/>)

Στους επιτραπέζιους και φορητούς υπολογιστές, οι αριθμοί βρίσκονται σε παρόμοια τάξη μεγέθους (Πίνακας 1.3). Επίσης, η χρήση πιο κοινών μετάλλων όπως ο σίδηρος είναι σημαντική στα ηλεκτρονικά. Περίπου 6 κιλά σίδηρου ή χάλυβα αναλογούν σε έναν επιτραπέζιο υπολογιστή (Wasswa et al., 2008) που σημαίνει ότι χρησιμοποιήθηκαν 930.000 τόνοι σίδηρου ή χάλυβα για την παρασκευή των υπολογιστών που πωλήθηκαν το 2007. Οι συνδυασμένες πωλήσεις κινητών τηλεφώνων και προσωπικών υπολογιστών αντιστοιχούν στο 3% των ποσοτήτων της παγκόσμιας παραγωγής Au και Ag, στο 13% του Pd και στο 15% του Co (Σχήμα 1.7).

<p>a) Mobile phones: </p> <p>1200 Million units</p> <p>x 250 mg Ag \approx 300 t Ag</p> <p>x 24 mg Au \approx 29 t Au</p> <p>x 9 mg Pd \approx 11 t Pd</p> <p>x 9 g Cu \approx 11,000 t Cu</p> <p>1200 M x <u>20 g/battery*</u></p> <p>x 3.8 g Co \approx 4500 t Co</p> <p>* Li-Ion type</p>	<p>b) PC & laptops: </p> <p>255 Million units</p> <p>x 1000 mg Ag \approx 255 t Ag</p> <p>x 220 mg Au \approx 56 t Au</p> <p>x 80 mg Pd \approx 20 t Pd</p> <p>x \approx 500 g Cu \approx 128,000 t Cu</p> <p>\approx100 M <u>laptop batteries*</u></p> <p>x 65 g Co \approx 6500 t Co</p> <p>* Li-Ion type is > 90% used in modern laptops</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>World Mine Production</th> <th>a+b</th> <th>share</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ag: 20,000 t/y</td> <td>▶</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>Au: 2,500 t/y</td> <td>▶</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>Pd: 230 t/y</td> <td>▶</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Cu: 16 Mt/y</td> <td>▶</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>Co: 60,000 t/y</td> <td>▶</td> <td>15%</td> </tr> </tbody> </table>	World Mine Production	a+b	share	Ag: 20,000 t/y	▶	3%	Au: 2,500 t/y	▶	3%	Pd: 230 t/y	▶	13%	Cu: 16 Mt/y	▶	1%	Co: 60,000 t/y	▶	15%
World Mine Production	a+b	share																		
Ag: 20,000 t/y	▶	3%																		
Au: 2,500 t/y	▶	3%																		
Pd: 230 t/y	▶	13%																		
Cu: 16 Mt/y	▶	1%																		
Co: 60,000 t/y	▶	15%																		

Σχήμα 1.7. Επίδραση των κινητών τηλεφώνων και των προσωπικών υπολογιστών στη ζήτηση των μετάλλων, με βάση τις παγκόσμιες πωλήσεις του 2007 (Πηγή: Umicore, <http://www.umicore.com/en/>).

Λαμβάνοντας υπόψη τους ιδιαίτερα αυξητικούς ρυθμούς ανάπτυξης από όλες τις άλλες ηλεκτρονικές συσκευές όπως οι τηλεοράσεις υγρών κρυστάλλων (LCD), τα MP3 players, τα ηλεκτρονικά παιχνίδια και οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, καθίσταται σαφές ότι ο ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ζήτηση και τον καθορισμό των τιμών για μια σειρά μετάλλων όπως φαίνεται στον πίνακα 1.6. Ειδικότερα η αυξανόμενη ζήτηση για πολύτιμα μέταλλα συνδέεται με την αύξηση της πολυπλοκότητας και των δυνατοτήτων του ΗΗΕ και των συγκεκριμένων ιδιοτήτων των μετάλλων που απαιτούνται για την επίτευξή αυτής. Για παράδειγμα, τα ηλεκτρονικά αποτελούν σχεδόν το 80% της παγκόσμιας ζήτησης του ινδίου (διαφανές αγωγίμα στρώματα σε γυαλί LCD), πάνω από το 80% του ρουθηνίου (μαγνητικές ιδιότητες σε σκληρούς δίσκους) και το 50% του αντιμονίου (επιβραδυντικά φλόγας). Μερικά από αυτά τα μέταλλα είναι εξίσου σημαντικά για εφαρμογές σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: το σελήνιο (Se), το τελλούριο (Te) και το ίνδιο (In) χρησιμοποιούνται σε λεπτά φωτοβολταϊκά πάνελ τύπου ταινίας (film). Η πλατίνα (Pt) και το ρουθίνιο (Ru) χρησιμοποιούνται στις κυψέλες καυσίμου (fuel cells - FC) τύπου πουλερικού ηλεκτρολύτη (PEM) οι οποίες θεωρούνται από τις πλέον κατάλληλες για χρήση σε αυτοκίνητα και εφαρμογές ηλεκτρονικών.

Πίνακας 1.6. Σημαντικά μέταλλα που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές (Πηγή: US Geological Survey, 2007: GFMS, 2007).

Metal	Primary production*	By-product from	Demand for EEE	Demand/production	Price**	Value in EEE**	Main applications
	t/y		t/y	%	USD/kg	10 ⁸ USD	
Ag	20 000	(Pb, Zn)	6 000	30	430	2.6	Contacts, switches, solders...
Au	2 500	(Cu)	300	12	22 280	6.7	Bonding wire, contacts, integrated circuits...
Pd	230	PGM	33	14	11 413	0.4	Multilayer capacitors, connectors
Pt	210	PGM	13	6	41 957	0.5	Hard disk, thermocouple, fuel cell
Ru	32	PGM	27	84	18 647	0.5	Hard disk, plasma displays
Cu	15 000 000		4 500 000	30	7	32.1	Cable, wire, connector...
Sn	275 000		90 000	33	15	1.3	Solders
Sb	130 000		65 000	50	6	0.4	Flame retardant, CRT glass
Co	58 000	(Ni, Cu)	11 000	19	62	0.7	Rechargeable batteries
Bi	5 600	Pb, W, Zn	900	16	31	0.03	Solders, capacitor, heat sink...
Se	1 400	Cu	240	17	72	0.02	Electro-optic, copier, solar cell
In	480	Zn, Pb	380	79	682	0.3	LCD glass, solder, semiconductor
Total			4 670 000			45.4	

*Στρογγυλοποιημένες ** Με τη μέση τιμή του 2007

Μερικές από τις αυξήσεις στις τιμές των μετάλλων, που έχουν παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια συνδέονται άμεσα με τις εξελίξεις στη βιομηχανία παραγωγής ηλεκτρονικών. Η νομισματική αξία της ετήσιας χρήσης των σημαντικών μετάλλων που χρησιμεύουν για την παραγωγή ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού αντιπροσωπεύει

45,4 δισεκατομμύρια δολάρια σε επίπεδα τιμών του 2007. Οι ποσότητες των μετάλλων που χρησιμοποιούνται για την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού προστίθενται στις υφιστάμενες ποσότητες των μετάλλων που χρησιμοποιούνται στις συσκευές γενικά. Οι ποσότητες αυτές γίνονται διαθέσιμες πάλι στο τέλος του κύκλου ζωής των συσκευών. Αυτές οι ποσότητες είναι μια πιθανή πηγή υλικού ύψους 40 εκατ. τόνων ετησίως. Η αποτελεσματική ανακύκλωση των μετάλλων και των υλικών εν γένει είναι ζωτικής σημασίας για να τα καταστήσει διαθέσιμα για την παραγωγή νέων προϊόντων, είτε πρόκειται για ηλεκτρονικά προϊόντα, για εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή εφαρμογές που δεν έχουν εφευρεθεί ακόμη. Δηλαδή μπορεί να συναχθεί ότι η παρουσία στοιχείων οικονομικής αξίας στα ΑΗΗΕ και οι δυνατότητες ανάκτησης τους, τα καθιστά μια πηγή "δευτερευουσών πρώτων υλών" και "εμπορεύσιμο αγαθό". Με αυτόν τον τρόπο οι πρωτογενείς πηγές των μετάλλων και οι ενεργειακοί πόροι μπορούν να διατηρηθούν για τις μελλοντικές γενιές. (UNEP - StEP, 2009).

1.4 ΡΥΠΟΓΟΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΤΑ ΑΗΗΕ

Όταν τα ΑΗΗΕ διατίθενται ή ανακυκλώνονται χωρίς κανένα έλεγχο, υπάρχουν προβλέψιμες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Τα ΑΗΗΕ περιέχουν περισσότερες από 1.000 διαφορετικές ουσίες, πολλές από τις οποίες είναι τοξικές, όπως ο μόλυβδος, υδράργυρος, το αρσενικό, το κάδμιο, το σελήνιο, το εξασθενές χρώμιο και επιβραδυντικά φλόγας που δημιουργούν εκπομπές διοξινών όταν καίγονται. Περίπου το 70% των βαρέων μετάλλων (υδραργύρου και καδμίου) στις ΗΠΑ προέρχονται από χώρους υγειονομικής ταφής ηλεκτρονικών αποβλήτων, ενώ τα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης περιέχουν το 40% του μολύβδου που βρίσκεται στους χώρους υγειονομικής ταφής. Από αυτά μπορεί να προκληθεί εγκεφαλική βλάβη, αλλεργικές αντιδράσεις και καρκίνος (Puckett και Smith, 2002).

Από τις ουσίες που βρίσκονται στα εξαρτήματα των ΗΗΕ, αυτές που προκαλούν τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι τα βαρέα μέταλλα όπως ο μόλυβδος, ο

υδράργυρος, το κάδμιο και το χρώμιο (VI), οι αλογονωμένες ουσίες (π.χ. CFC), τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια, τα πλαστικά και οι πλακέτες ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που περιέχουν βρωμιούχα επιβραδυντικά φλόγας (BFRs). Τα BFR μπορούν να οδηγήσουν σε διοξίνες και φουράνια κατά την αποτέφρωση. Άλλα υλικά και ουσίες που υπάρχουν σε κάποια εξαρτημάτων ΗΗΕ και παρουσιάζουν σημαντικό βαθμό επικινδυνότητας είναι το αρσενικό, ο αμίαντος, το νικέλιο και ο χαλκός. Οι ουσίες αυτές δύνανται να λειτουργήσουν ως καταλύτης για την αύξηση του ρυθμού του σχηματισμού διοξινών κατά την αποτέφρωση. (UNEP, 2007). Οι πιθανές επικίνδυνες ουσίες που μπορούν να ανακτηθούν κατά την ανακύκλωση των πρώτων υλών των ΑΗΗΕ, δίνονται στον πίνακα 1.7.

Πίνακας 1.7. Πιθανές επικίνδυνες ουσίες στα εξαρτήματα των ΑΗΗΕ (Πηγή: UNEP, 2007: AEA Technology, 2004).

Component	Possible Hazardous Content
Metal	
Motor \ Compressor	
Cooling	ODS
Plastic	Phthalate plasticize, BFR
Insulation	Insulation ODS in foam, asbestos, refractory ceramic fiber
Glass	
CRT	Lead, Antimony, Mercury, Phosphors
LCD	Mercury
Rubber	Phthalate plasticizer, BFR
Wiring / Electrical	Phthalate plasticizer, Lead, BFR
Concrete	
Transformer	
Circuit Board	Lead, Beryllium, Antimony, BFR
Fluorescent Lamp	Mercury, Phosphorus, Flame Retardants
Incandescent Lamp	
Heating Element	
Thermostat	Mercury
BFR – containing plastic	BFRs
Batteries	Lead, Lithium, Cadmium, Mercury
CFC, HCFC, HFC, HC	Ozone depleting substances
External electric cables	BFRs, plasticizers
Electrolyte Capacitors (over L/D 25mm)	Glycol, other unknown substances

Οι επικίνδυνες ουσίες που βρίσκονται στα ΑΗΗΕ παρουσιάζονται επίσης (ανά στοιχείο) στη στήλη 2 του Πίνακα 1.8. Η στήλη 3 του ίδιου πίνακα δείχνει εάν βάσει της οδηγίας για τα ΑΗΗΕ της Ε.Ε. επιβάλλεται η απομάκρυνση ή/και η επεξεργασία του στοιχείου (Y) ή όχι (N ή κενό). Στη στήλη 4 παρουσιάζεται εάν τα στοιχεία καλύπτονται από τις απαιτήσεις της οδηγίας για τα επικίνδυνα απόβλητα της Ε.Ε. (Hazardous Waste Directive, HWD) - Directive 91/689/EC λόγω του πιθανού περιεχομένου τους σε επικίνδυνες ουσίες. Στον πίνακα φαίνεται επίσης (με ?) όπου υπάρχουν αβεβαιότητες σχετικά με την επικινδυνότητα των στοιχείων και παρέχεται εκτίμησή όπου απαιτούνται περαιτέρω έρευνες για να αρθεί η αβεβαιότητα. Επίσης αναφέρονται σχόλια σχετικά με τις αβεβαιότητες που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Πίνακας 1.8. Επικίνδυνες ουσίες που περιέχουν τα ΑΗΗΕ (Πηγή: AEA Technology, 2004) (συνεχίζεται)

Component	Possible Hazardous Content	WEEE Dir	Haz Wst Dir	Investigation required?	Comments - where further investigation required
Metal					
Motor / Compressor					
Cooling	ODS	Y	Y		
Plastic	Phthalate plasticiser, BFR	IF BFR	?	Y	<i>BFR in plastic covered by WEEE but no risk phrases for these compounds</i>
Insulation	ODS in foam, asbestos, refractory ceramic fibre	Y	Y	Y	<i>Extent to which refractory ceramic fibres (RCFs) have been used in domestic appliances needs further investigation. Also need more information on usage of mineral wools and their hazardousness.</i>
Glass					
CRT	Lead, Antimony, Mercury, Phosphors	Y	Y		

Πίνακας 1.8. Επικίνδυνες ουσίες που περιέχουν τα ΑΗΗΕ (Πηγή: ΑΕΑ Technology, 2004)

(συνέχεια)

LCD	Mercury	Only if >100cm ²	?	Y	Smaller LCD screen than those covered by WEEE may come under HWD but Mercury % needs to be researched
Rubber	Phthalate plasticizer, BFR	N	?	Y	Phthalates have a risk phrase but % in rubber unknown
Wiring / Electrical	Phthalate plasticizer, Lead, BFR	If external cables	?	Y	Phthalates have a risk phrase but % unknown. Some BFRs have no risk phrases determined
Concrete					
Transformer					Note: power supply units can contain capacitors, diode and, circuit boards
Magnetron		N	?	Y	Unknown content
Textile					
Circuit board	Lead, Beryllium, Antimony, BFR	Only if >10cm ² or mobile phone	?	Y	Circuit board <10cm ² may be covered by HWD, but % of haz content unknown -, also lack of BFR risk phrases
Fluorescent lamp	Mercury, Phosphors, Flame retardants	Y	Y		
Incandescent lamp					
Heating element					
Thermostat	Mercury	May be covered by "switches"	?	Y	Need to ascertain if covered by WEEE or if Mercury content is high enough to fall under HWD
BFR - containing plastic	BFRs	Y	?	Y	Annex II WEEE refers to plastic containing BFRs. Some BFRs have no risk phrases determined as yet
Batteries	Lead, Lithium, cadmium, mercury	Y	Y		
CFC, HCFC, HFC, HC	Ozone depleting substances	Y	Y		
External electric cables	BFRs, plasticisers	Y	?	Y	Plastic-sheathed cables. Annex II WEEE refers to plastic containing BFRs. Some BFRs have no risk phrases determined as yet
Refractory ceramic fibres	RCFs	Y	Y	Y	Extent to which refractory ceramic fibres (RCFs) have been used in domestic appliances needs further investigation. Also usage of mineral wools and their hazardousness merits assessment.
Radioactive substances	Radioactivity above exemption thresholds	Y	Y?		Exemption thresholds ref. 96/29/Euratom
Electrolyte Capacitors (over L/D 25mm)	Glycol, other unknown substances	Y	?	Y	Needs definition of "substances of concern"

Πιο αναλυτικά οι κύριες ρυπογόνες ουσίες που περιέχονται στα ΑΗΗΕ παρουσιάζονται παρακάτω (AEA Technology, 2004 και AEA Technology, 2006).

1. Πλαστικά που περιέχουν βρωμιωμένα επιβραδυντικά φλόγας (BFRs)

Σε ΗΗΕ χρησιμοποιούνται δύο οικογένειες BFRs. Η πρώτη είναι οι πολυβρωμοδιφαινυλαιθέρες (PBDPEs), που περιλαμβάνουν το DBPE (δεκαβρωμοδιφαινυλικό οξείδιο), το OBPE (οκταβρωμοδιφαινυλικό οξείδιο) και το PBPE (πενταβρωμοδιφαινυλικό οξείδιο). Στη βιομηχανία ηλεκτρονικών ειδών, το DBPE είναι το κυρίαρχο BFR PBDPE και χρησιμοποιείται κυρίως σε περιβλήματα υπολογιστή. Η δεύτερη οικογένεια των BFR είναι τα φαινολικά, τα οποία περιλαμβάνουν την TBBPA (τετραβρωμο-δισφαινόλη Α). Η TBBPA (αναφέρεται επίσης ως TBBA) χρησιμοποιείται κυρίως σε πλακέτες τυπωμένου ηλεκτρονικού κυκλώματος (ηλεκτρονικές πλακέτες). Γενικά υπάρχει αντιπαράθεση ανάμεσα στους ειδικούς για το εάν οι ενώσεις αυτές αποτελούν στην πραγματικότητα περιβαλλοντικό πρόβλημα. Οι αρχικές μελέτες δείχνουν ότι οι συγκεκριμένες ουσίες δεν έχουν χαρακτηριστικά βιοσυσσώρευσης. Για τα DBPE η DEFRA (Department for Environment Food and Rural Affairs, Μεγάλη Βρετανία) έχει πραγματοποιήσει εκτίμηση κινδύνου κατά την οποία δεν βρέθηκαν ικανοί κίνδυνοι ώστε να απαιτούνται μέτρα μείωσης των DBPE. Όμως η αξιολόγηση κινδύνου από τα DBPE είναι ακόμη σε εξέλιξη στους κόλπους της Ε.Ε. Για την TBBPA έχει προταθεί η κατάταξη R50-53, με βάση την τοξικότητα που παρατηρήθηκε σε αντίστοιχη μελέτη της DEFRA. Από τα 75 BFRs, μόνο τα PBB και PBPE έχουν ενταχθεί σε διαδικασία κατάργησης από την Ευρωπαϊκή Ένωση (βλ. κεφάλαιο 2). Τα τελευταία χρόνια όμως, οι κατασκευαστές απομακρύνονται από τη χρήση βρωμιούχων επιβραδυντικών φλόγας οπότε το πρόβλημα εντοπίζεται πλέον στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας ΑΗΗΕ και μετασχηματίζεται στον τρόπο που θα γίνεται η διάκριση μεταξύ των πλαστικών που περιέχουν BFRs και εκείνων που δεν έχουν.

2. Μονώσεις

Τα υλικά που είναι επικίνδυνα σε αυτά τα στοιχεία είναι οι ουσίες που καταστρέφουν το όζον (ODS - Ozone Depleting Substance) οι οποίες βρίσκονται στα αφρώδη μονωτικά, ο αμίαντος και οι πυρίμαχες κεραμικές ίνες.

2.1. Ο αμίαντος

Ο αμίαντος έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε παλαιότερες ηλεκτρικές συσκευές, όπως καφετιέρες, τoστιέρες και ηλεκτρικά σίδερα. Ήταν επίσης συστατικό θερμοσίφωνων και άλλων συσκευών που χρησιμοποιούσαν τις ιδιότητες του υλικού για αντοχή στη θερμότητα. Οι σύγχρονες συσκευές δεν περιέχουν αμίαντο, ωστόσο, δεδομένου ότι ορισμένες χώρες δεν απαγορεύουν την πώληση προϊόντων που περιέχουν αυτή την ουσία, μερικές συσκευές που εισάγονται στην Ε.Ε. είναι δυνατό να περιέχουν αμίαντο. Σήμερα, τα προϊόντα αμιάντου επισημαίνονται με «a» και φέρουν την προειδοποίηση ότι η εισπνοή αμιάντου είναι επικίνδυνη για την υγεία, ενώ οι πιο επικίνδυνοι τύποι αμιάντου απαγορεύονται αυστηρά. Σε γενικές γραμμές εάν μία συσκευή (θέρμανσης κυρίως) είναι πολύ παλιά (π.χ. προ του 1985) συνίσταται η παρουσία του αμιάντου να θεωρείται δεδομένη μέχρι να αποδειχθεί το αντίθετο.

2.2. Πυρίμαχες κεραμικές ίνες (RCFs)

Η συνολική χρήση των RCFs στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι περίπου 8.000 τόνοι ετησίως με το 50% αυτών να χρησιμοποιείται για επενδύσεις σε καμινάδες, θερμοσίφωνες και κλίβανους. Στις οικιακές συσκευές χρησιμοποιείται το 20% και στη βιομηχανία επεξεργασίας μετάλλων (όπως τα χυτήρια) περίπου το 10%. Η αυτοκινητοβιομηχανία, η πυροπροστασία και γενικά οι βιομηχανικές διεργασίες αποτελούν το υπόλοιπο 20%. Είναι

επίσης πιθανό οι συσκευές θέρμανσης των κτηρίων να περιέχουν RCFs. Οι RCFs κατά τη αναπνοή, ταξινομούνται ως καρκινογόνες ουσίες κατηγορίας 2, που σημαίνει ότι αυτές οι ίνες μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο του πνεύμονα ή μεσοθηλίωμα. Η κατάταξη αυτή, η οποία τέθηκε σε ισχύ τον Ιανουάριο του 1999, δεν συνιστά απαγόρευση της χρήσης των RCFs, αλλά σημαίνει ότι οποιαδήποτε εργασία που περιέχει ανακυκλωμένες ίνες πρέπει να υπόκειται σε αυστηρούς ελέγχους. Βέβαια τα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται πλέον σε ηλεκτρικές οικιακές συσκευές είναι πιο πιθανό να περιέχουν συστατικά που βασίζονται σε ορυκτό πετροβάμβακα ή υαλοβάμβακα και όχι RCFs. Σε προληπτική βάση, εάν δεν είναι διαθέσιμα ικανοποιητικά στοιχεία για ένα συγκεκριμένο προϊόν πετροβάμβακα ή υαλοβάμβακα που να δείχνουν ότι δεν είναι επικίνδυνο, τότε αυτό θα πρέπει να ταξινομηθεί ως καρκινογόνο κατηγορίας 3.

3. Οθόνες υγρών κρυστάλλων (LCD)

Οι οθόνες LCD είναι πλέον ευρέως διαδεδομένες, από φορητούς υπολογιστές έως καφετιέρες και κινητά τηλέφωνα. Οι υγροί κρύσταλλοι είναι ενσωματωμένοι μεταξύ λεπτών στρώσεων γυαλιού και ηλεκτρικών στοιχείων ελέγχου. Μια κυψελοειδής οθόνη τηλεφώνου μπορεί να περιέχει περίπου 0,5 mg υγρών κρυστάλλων, ενώ μία οθόνη φορητού υπολογιστή περίπου μισό γραμμάριο. Την προηγούμενη δεκαετία η παγκόσμια παραγωγή ήταν περίπου 40 τόνοι ανά έτος. Η οδηγία ΑΗΗΕ της Ε.Ε. (βλ. κεφάλαιο 2) προβλέπει την απομάκρυνση από τα απόβλητα των οθόνων LCD εμβαδού πάνω από 100 cm² και όλων εκείνων των οθόνων που φωτίζονται από το πίσω μέρος τους με λαμπτήρες εκκένωσης αερίων. Οι περισσότερες οθόνες LCD έχουν τέτοιους λαμπτήρες αλλά οι αριθμομηχανές και οι φτηνές συσκευές χειρός πιθανώς δεν έχουν, οπότε για τις μικρές οθόνες LCD το κύριο πρόβλημα κατά την αποσυναρμολόγηση είναι η ύπαρξη ή όχι τέτοιων λαμπτήρων. Κατά συνέπεια η οθόνη σε ένα φωτοτυπικό μηχάνημα θα πρέπει να αφαιρεθεί, αλλά η οθόνη μιας μικρής φορητής παιχνιδιομηχανής δεν θα πρέπει να αφαιρεθεί.

Όμως παραμένει ερώτημα εάν αρκεί η αφαίρεση των οθόνων που φωτίζονται από το πίσω μέρος τους με λαμπτήρες εκκένωσης αερίων ώστε να καταστεί η μονάδα LCD μη επικίνδυνη. Οι υγροί κρύσταλλοι ήταν και είναι ύποπτοι κινδύνου για την υγεία. Είναι γνωστά περίπου 50.000 στοιχεία, αλλά μόνο περίπου 500 από αυτά είναι τα σημαντικά στοιχεία για την τεχνολογία LCD. Παραδείγματα είναι τα MBBA (4-methoxybenzylidene-4-butylaniline) και 5CB (4-pentyl-4-cyanobiphenyl). Η εταιρία MERCK πραγματοποίησε μια έρευνα και δημοσιοποίησε την αντίστοιχη έκθεση σχετικά με τους υγρούς κρυστάλλους και την απόρριψη των οθονών LCDs. Η εταιρεία έλεγξε 236 στοιχεία υγρών κρυστάλλων και εντόπισε ένα μόνο στοιχείο LC ως έντονα τοξικό και άλλο ένα ως μεταλλαξιογόνο, τα οποία αποκλείστηκαν από την περαιτέρω ανάπτυξη στους κόλπους της εταιρίας και δεν εισήχθησαν στην αγορά. Επίσης εντοπιστήκαν 8 ουσίες ως επιβλαβείς αλλά επειδή όλες χρησιμοποιούνταν σε συγκεντρώσεις κάτω του 10% κατά βάρος του μείγματος υγρού κρύσταλλου, νομικά δεν απαιτείτο οι LCD να επισημανθούν ως επικίνδυνες για την υγεία.

Κατά τη MERCK:

- Οι υγροί κρύσταλλοι δεν είναι έντονα τοξικοί.
- Μερικοί μπορεί να προκαλούν ερεθισμό ή διάβρωση, αλλά τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να αποφευχθούν με τον περιορισμό της συγκέντρωσή τους στα αντίστοιχα μείγματα.
- Οι υγροί κρύσταλλοι δεν είναι μεταλλαξιογόνοι σε βακτήρια και στα κύτταρα των θηλαστικών.
- Οι υγροί κρύσταλλοι δεν είναι ύποπτοι για καρκινογένεση.
- Δεν είναι επιβλαβείς για τους υδρόβιους οργανισμούς.
- Μερικοί δεν είναι εύκολα βιοαποικοδομήσιμοι.

Σύμφωνα με την έρευνα της MERCK ο κίνδυνος που συνδέεται με τους υγρούς κρυστάλλους (εκτός από το φωτισμό των οθόνων από το πίσω μέρος τους με λαμπτήρες εκκένωσης αερίων) εμφανίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1.9. Κίνδυνοι από υγρούς κρυστάλλους (Πηγή: AEA Technology, 2004).

Hazard	Risk Phrase / Substance Risk	Hazardous Waste Threshold Limit
H14 ecotoxicity	R53 May cause long-term adverse effects in the aquatic environment	$\geq 25\%$
Skin sensitisation	R43 May cause sensitisation by skin contact.	N/a
H4 irritant	R36/38 Irritating to eyes, respiratory system and skin.	$\geq 20\%$

4. Στοιχεία που περιέχουν πλαστικοποιητές / σταθεροποιητές

Οι επικίνδυνες ουσίες σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνουν τη χρήση των φθαλικών πλαστικοποιητών και των σταθεροποιητών μόλυβδου σε πλαστικά και λάστιχα. Για παράδειγμα ο φθαλικός διβουτυλεστέρας και το φθαλικό διαθυλεξύλιο είναι H10 «τοξικές για την αναπαραγωγή» ουσίες σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες ή ίσες του 0,5%. Η συνέπειες της χρήσης των υλικών αυτών απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση.

5. Μάγνητρον (μικροκυματικές λυχνίες)

Απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να καθοριστεί η επικινδυνότητα τους.

6. Πλακέτες ηλεκτρονικών κυκλωμάτων

Οι περισσότερες πλακέτες είναι συνήθως κατά 70% μη μεταλλικές, περιέχουν όμως περίπου 16% χαλκό, 4% κολλήσεις και 2% νικέλιο μαζί με σίδηρο, ασήμι, χρυσό, παλλάδιο και ταντάλιο. Το περιεχόμενο τους σε χρυσό και παλλάδιο είναι περίπου το 90% της εγγενούς αξίας των προς απόρριψη πλακετών. Κατά συνέπεια, η παραδοσιακή

επανεπεξεργασία των πλακετών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων έχει επικεντρωθεί στην ανάκτηση των ακριβών μετάλλων.

6.1. Επιβραδυντικά φλόγας

Η μεμβράνη των πλακετών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων είναι εποξική και ενισχυμένη με ίνες γυαλιού ενώ είναι πιθανό να περιέχει επιβραδυντικά φλόγας σε περιεκτικότητα περίπου 15%. Το κύριο επιβραδυντικό φλόγας που χρησιμοποιείται στα τυπωμένα κυκλώματα είναι η τετραβρωμοβισφαινόλη Α (TBBPA). Η TBBPA έχει χαμηλότερο δυναμικό παραγωγής διοξινών από τον PBDE (πενταβρωμοδιφαινυλαιθέρα). Οι κίνδυνοι από την TBBPA δεν έχουν ακόμη καθοριστεί.

6.2 Μόλυβδος

Το τυπικό περιεχόμενο κολλήσεων Pb/Sn σε πλακέτες τυπωμένου κυκλώματος προς απόρριψη κυμαίνεται μεταξύ 4-6%, κατά συνέπεια ο μόλυβδος αντιπροσωπεύει το 2-3% του βάρους της αρχικής πλακέτας. Η ρύπανση από το μόλυβδο σχετίζεται με τη δυνατότητα διαρροής του από τις ηλεκτρονικές πλακέτες που αποτίθενται σε χωματερές.

6.3 Υδράργυρος

Εκτιμάται ότι το 22% της ετήσιας παγκόσμιας κατανάλωσης υδραργύρου χρησιμοποιείται σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (π.χ. λαμπτήρες φθορισμού). Η χρήση του σε ΗΗΕ έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια (Η οδηγία ROHS έχει απαγορεύσει τη χρήση του εκτός από ορισμένες χρήσεις, βλ. κεφάλαιο 2). Έχει

χρησιμοποιηθεί σε θερμοστάτες, σε αισθητήρες θέσης, σε ρελέ, σε διακόπτες (π.χ. σε τυπωμένα κυκλώματα και σε μετρητικό εξοπλισμό), σε μπαταρίες και σε λαμπτήρες εκκένωσης. Επιπλέον χρησιμοποιείται στον ιατρικό εξοπλισμό, στη μετάδοση δεδομένων, τις τηλεπικοινωνίες και τα κινητά τηλέφωνα. Παρά το γεγονός ότι το ποσό του υδραργύρου που χρησιμοποιείται σε κάθε μεμονωμένο εξάρτημα είναι μικρό, συνολικά συγκεντρώνονται μεγάλα ποσά. Για παράδειγμα εκτιμάται ότι στις ΗΠΑ οι 315 εκατομμύρια υπολογιστές που διατέθηκαν το έτος 2004 αντιπροσωπεύουν πάνω από 400.000 κιλά υδραργύρου συνολικά, αυτό ισοδυναμεί με ένα επίπεδο συγκέντρωσης του 0,002% στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Για τον εξοπλισμό γραφείου οι απαιτήσεις του TCO απαγορεύουν την ύπαρξη υδράργυρου στα ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά εξαρτήματα που φέρουν την αντίστοιχη ετικέτα (με εξαίρεση τη χρήση υδράργυρου, προς το παρόν, στο φωτισμό του πίσω μέρους των επίπεδων οθόνων).

6.4. Βηρύλλιο

Τα κράματα βηρυλλίου και χαλκού χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρονικές συνδέσεις, όπου η δυνατότητα για επαναλαμβανόμενη σύνδεση και αποσύνδεση είναι επιθυμητή και δεν γίνεται μια μόνιμη συγκόλληση. Οι σύνδεσμοι αυτοί είναι συχνά επιχρυσωμένοι, έτσι ώστε να μην δημιουργείται οξειδίο του χαλκού στις επιφάνειες τους και συνακόλουθα να μην σχηματίζονται εμπόδια στην ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ των δύο συνδέσμων. Μια δεύτερη χρήση του βηρυλλίου στη βιομηχανία ηλεκτρονικών ειδών είναι το οξειδίο του βηρυλλίου BeO (ή Beryllia). Το οξειδίο του βηρυλλίου μεταδίδει τη θερμότητα πολύ αποτελεσματικά και χρησιμοποιείται σε καταβόθρες θερμότητας. Αυτές οι καταβόθρες προστατεύουν τις συσκευές παραγωγής θερμότητας διανέμοντας τη θερμότητα σε πολύ μεγαλύτερο όγκο και επιφάνεια, μεταδίδοντας τη σε κινούμενο ρεύμα αέρα. Χρησιμοποιούνται σε ειδικά σχεδιασμένα μέρη τα οποία συνδέονται με μια πηγή θερμότητας και σε συσκευές μικροηλεκτρονικών κυκλωμάτων ως ενσωματωμένα μέρη. Τα διπολικά τρανζίστορ (BJT) χρησιμοποιούν οξειδίο του βηρυλλίου ως θερμοαγώγιμη ηλεκτρική μόνωση, αλλά αυτά πριν από λίγα χρόνια έχουν αντικατασταθεί από την

τεχνολογία του μεταλλικού οξειδίου του πυριτίου (laterally diffused metal oxide silicon, LDMOS), η οποία πλέον έχει γίνει η κορυφαία τεχνολογία. Το οξείδιο του βηρυλλίου βρίσκεται σε τρανζίστορ ισχύος και σε αντιστάσεις.

6.5. Κινητά Τηλέφωνα

Οι λόγοι για να συμπεριληφθούν στο παράρτημα II της οδηγίας 2002/96/EK (βλ. κεφάλαιο 2) οι «πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων για κινητά τηλέφωνα» σχετίζεται με την υψηλή πυκνότητα των στοιχείων σε αυτές τις πλακέτες. Το παράρτημα II απαιτεί από την Επιτροπή τα αξιολογήσει κατά προτεραιότητα μαζί με τις οθόνες από υγρούς κρυστάλλους.

7. Ραδιενεργές Ουσίες

Το παράρτημα II της οδηγίας 2002/96/EK (βλ. κεφάλαιο 2) απαιτεί την απομάκρυνση των συστατικών αυτών με εξαίρεση εκείνων των κατασκευαστικών στοιχείων που βρίσκονται κάτω από τα κατώφλι εξαίρεσης. Τέτοια στοιχεία πιθανά βρίσκονται σε ορισμένους τύπους ιατρικών συσκευών και σε όργανα παρακολούθησης και ελέγχου, τα οποία είναι θα πρέπει να αποσταλούν για ειδική μεταχείριση στο τέλος της ζωής τους. Οι ανιχνευτές καπνού με θάλαμο ιοντισμού (Ionisation Chamber Smoke Detectors, ICSD) χρησιμοποιούν αμερίκιο-241. Το Εθνικό Συμβούλιο Ραδιολογικής Προστασίας (National Radiological Protection Board, NRPB) έχει υπολογίσει ότι η μέγιστη ετήσια ποσότητα για ένα χρήστη ICSD είναι περίπου 0,1 microsieverts. Οι υπολογισμοί του NRPB σχετικά με την ελεύθερη απόρριψη των ανιχνευτών καπνού ICSD έχουν δείξει ότι οι πιθανές ποσότητες ακτινοβολίας σε άτομα που ζουν κοντά σε χώρους απόρριψης είναι εξαιρετικά χαμηλή (κάτω του 1 microsievert ανά έτος). Επομένως η απόρριψη των σύγχρονων ανιχνευτών καπνού ICSD στα οικιακά απορρίμματα είναι μια απλή και οικονομικώς αποδοτική μέθοδος απόρριψης

και η οδηγία απαλλαγής που εκδίδεται από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Βρετανίας επιτρέπει τη απόρριψη των ανιχνευτών καπνού ICSD μέσω αυτής της οδού.

8. Πυκνωτές

Η οδηγία 2002/96/EK (βλ. κεφάλαιο 2) απαιτεί την αφαίρεση από τα ΑΗΕΕ των πυκνωτών που περιέχουν πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB) και των ηλεκτρολυτικών πυκνωτών πάνω από ένα ορισμένο μέγεθος που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες (αν και ο όρος επικίνδυνες ουσίες δεν έχει σαφώς καθοριστεί στην οδηγία). Οι πυκνωτές τανταλίου είναι συνήθως μικρού μεγέθους και άρα πολύ μικρότεροι από το μέγεθος που καθορίζεται για τους ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές που απαιτούνται να αφαιρεθούν (ύψος > 25mm, διάμετρος > 25 mm ή ανάλογος όγκος). Οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές πάνω από αυτό το μέγεθος που θα πρέπει να αφαιρεθούν από τα ΑΗΕΕ, είναι συνήθως πυκνωτές εξομάλυνσης σε τροφοδοτικά που χρησιμοποιούν μετασχηματιστή (π.χ. εξοπλισμός hi-fi). Οι μεταγωγικές συσκευές τροφοδοσίας (που χρησιμοποιούνται τόσο στους φορητούς όσο και στους επιτραπέζιους υπολογιστές) είναι απίθανο να διαθέτουν ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές αρκετά μεγάλους ώστε να απαιτείται η απομάκρυνση τους σύμφωνα με το παράρτημα II της οδηγίας.

8.1. Ηλεκτρολυτικοί Πυκνωτές

Οι πυκνωτές αλουμίνιου είναι μικροί και φθηνοί για την χωρητικότητά τους και μπορούν να βρεθούν σε μεγέθη μικρότερα από 1 uF έως πάνω από 1 Farad. Οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές αλουμίνιου διαθέτουν ένα στρώμα οξειδίου του αργιλίου πάνω σε φύλλο αλουμινίου. Εκτός από το φύλλο αλουμινίου που αποτελεί ηλεκτρόδιο, υπάρχει μη υδατικός ηλεκτρολύτης από λεπτό χαρτί και ένα άλλο στρώμα αλουμινίου ως κάθοδος. Η αρχικοί τύποι ηλεκτρολυτών, που αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του 1930, συνήθως περιελάμβαναν γλυκόλη, στην οποία διαλύονταν ένα αγωγίμο άλας (π.χ. βορικό νάτριο)

και ίχνος (1-2%) νερού. Πολλές παραλλαγές έχουν χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια των ετών, αν και η γλυκόλη εξακολουθεί να χρησιμοποιείται.

Το τυπικό περιεχόμενο ενός πυκνωτή 100μF, 10V, αλουμινίου φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1.10. Τα τυπικά μέρη που περιέχονται σε ένα πυκνωτή αλουμινίου 100μF 10V (Πηγή: AEA Technology, 2004).

Part	Contents (g)	Contents (%)
Aluminium foil	0.17	16%
Paper and electrolyte	0.18	17%
Capsule (aluminium)	0.35	33%
Copper wire	0.12	11%
Rubber lid	0.23	22%

Το επικίνδυνο συστατικό της γλυκόλης είναι το R22 (επιβλαβές σε περίπτωση κατάποσης) με ανώτατο όριο συγκέντρωσης μεγαλύτερο ή ίσο από 25%. Έτσι, με τους ηλεκτρολύτες να αποτελούν το <17% ενός τυπικού πυκνωτή, η περιεκτικότητα σε γλυκόλη δεν καθιστά τον πυκνωτή επικίνδυνο και άρα δεν αυτός χρειάζεται να αφαιρεθεί. Από το 1980 είναι διαθέσιμοι πυκνωτές αλουμινίου με στερεούς πολυμερείς "ηλεκτρολύτες" (για παράδειγμα το ημιαγώγιμο πολυμερές που ονομάζεται 7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane ή TCNQ). Αυτός ο τύπος ηλεκτρολύτη παρουσιάζει βελτιωμένες ηλεκτρικές ιδιότητες. Το κατώτατο επιτρεπτό όριο για τις συγκεντρώσεις αυτών των τύπων ηλεκτρολυτών δεν είναι γνωστό.

8.2. Πυκνωτές που περιέχουν πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB)

Τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια - PCB χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς σε ηλεκτρικά

εξαρτήματα όπως πυκνωτές και μετασχηματιστές. Η χρήση τους σε ευρείες εφαρμογές απαγορεύτηκε το 1972 και δεν έχουν χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή νέων εξαρτημάτων από το 1986 (σε αυτά που είχαν κατασκευαστεί πριν από το 1986 επιτρέπεται να συνεχίσουν τη λειτουργία τους μέχρι το τέλος της ζωής τους). Οι πυκνωτές που περιέχουν PCB εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος τους:

α) οι μικροί πυκνωτές που χρησιμοποιούνταν στις λάμπες φθορισμού και άλλα φωτιστικά σώματα εκκένωσης και σε ηλεκτρικούς κινητήρες για οικιακή χρήση ή χρήση στην ελαφριά βιομηχανία ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Δεν είχαν επισημανθεί ως περιχέοντες PCB αν και έφεραν κανονικά κωδικό ημερομηνίας οπότε γενικά πρέπει λαμβάνεται ως δεδομένο ότι οι πυκνωτές που έχουν κατασκευαστεί πριν από το 1976 περιέχουν PCB. Προληπτικά οι εργαζόμενοι που απασχολούνται στην απομάκρυνση από τα ΑΗΗΕ αυτών των πυκνωτών θα πρέπει να φορούν γάντια από πολυαιθυλένιο ή PVC (όχι από καουτσούκ) και αυτά θα πρέπει να τοποθετούνται, μαζί με τους πυκνωτές και όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό των συσκευών, σε σφραγισμένη σακούλα πολυαιθυλενίου. Όταν πρόκειται για μεγάλες ποσότητες μικρών πυκνωτών, θα πρέπει να απορρίπτονται με τον ίδιο τρόπο όπως και οι μεγάλοι πυκνωτές ή μετασχηματιστές.

β) οι μεγάλοι πυκνωτές που χρησιμοποιούνταν για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος και παρόμοιες λειτουργίες. Πιο πρόσφατα κατασκευάζονταν πυκνωτές που είχαν επισημανθεί ως περιχέοντες PCB, αλλά θα πρέπει να υποθεθεί ότι και οι πυκνωτές που είχαν κατασκευαστεί πριν από το 1976 περιέχουν επίσης PCB.

Συνοπτικά όλα τα ανωτέρω παρουσιάζονται στον πίνακα 1.11 όπου φαίνονται συγκεντρωτικά οι ρυπογόνες ουσίες-παράγοντες που βρίσκονται στα ΑΗΗΕ, η τυπική συγκέντρωσή τους στα ΑΗΗΕ καθώς και οι παγκόσμιες εκπομπές των.

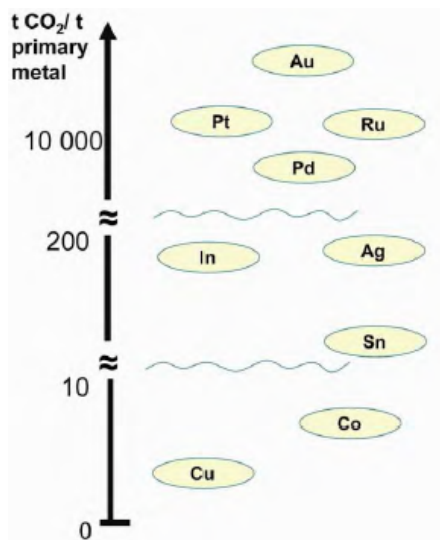
Πίνακας 1.11. Πιθανοί περιβαλλοντικοί παράγοντες ρύπανσης που προέρχονται από την εναπόθεση ή την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ (Πηγή: Γκαϊντατζής κ.α., 2009).

Μολυσματικοί παράγοντες	Συσχέτιση με τα e-waste	Τυπική συγκέντρωση σε E-waste (mg/kg)	Παγκόσμιες εκπομπές (tons)
PBDEs, PBB και TBBPA	Επιβραδυντικά καύσεως		
Polychlorinated biphenyls (PCB)	Συμπικνωτής, μετατροπέας	14	280
Χλωροφθοράνθρακες (CFC)	Ψυκτικές μονάδες, μονωτικός αφρός		
Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAHs)	Προϊόν καύσης		
Πολυαλογονομένοι Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PHAHs)	Προϊόν καύσης σε χαμηλές θερμοκρασίες		
Polychlorinated dibenzo- <i>p</i> -dioxins (PCDDs), Polychlorinated dibenzofurans (PCDFs)	Προϊόν καύσης σε χαμηλές θερμοκρασίες των PVCs και άλλων πλαστικών		
Αμερίκιο (Am)	Ανιχνευτές καπνού		
Αντιμόνιο	Επιβραδυντικά καύσεως, πλαστικά	1700	34000
Αρσενικό (As)	Υλικό ενίσχυσης για το Si		
Βάριο (Ba)	Υλικό απορρόφησης (CRTs)		
Βηρύλλιο (Be)	Ανορθωτές πυρητίου		
Κάδμιο (Cd)	Μπαταρίες, τόνερ, πλαστικά	180	3600
Χρόμιο (Cr)	Δισκέτες δεδομένων	9900	198000
Χαλκός (Cu)	Καλωδίωση	41000	820000
Γάλλιο (Ga)	Ημιαγωγούς		
Ινδίο (In)	Οθόνες LCD		
Μόλυβδος (Pb)	Κόλλα μετάλλων, μπαταρίες	2900	58000
Λίθιο (Li)	Μπαταρίες		
Υδράργυρος (Hg)	Λάμπες φθορισμού, μπαταρίες	0.68	13.6
Νικέλιο (Ni)	Μπαταρίες	10300	206000
Σελήνιο (Se)	Ανορθωτές		
Αργυρος (Ag)	Καλωδίωση,		
Κασσίτερος (Sn)	Κόλλα μετάλλων Solder, οθόνες LCD	2400	48000
Ψευδάργυρος (Zn)		5100	102000

1.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΑ ΑΗΗΕ

Η πρωτογενής παραγωγή (εξόρυξη) μετάλλων παίζει τον πιο σημαντικό ρόλο στην παραγωγή των προϊόντων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού καθώς τα μέταλλα που προέρχονται από ανακύκλωση διατίθενται μόνο σε περιορισμένες ποσότητες σήμερα. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (αποτύπωμα) της πρωτογενούς παραγωγής μετάλλου είναι σημαντικές, ειδικά για τα πολύτιμα ή/και “ειδικά” μέταλλα που εξορύσσονται από κοιτάσματα στα οποία η συγκέντρωση αυτών των μετάλλων είναι χαμηλή. Για τα ορυχεία

αυτά χρησιμοποιούνται σημαντικές εκτάσεις γης. Επιπλέον από την διαδικασία εξόρυξης δημιουργούνται απόβλητα και διοξείδιο του θείου (SO₂), ενώ η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές CO₂ είναι μεγάλες. Για παράδειγμα, για την παραγωγή 1 τόνου χρυσού, παλλάδιου ή πλατίνας, οι εκπομπές CO₂ που παράγονται είναι περίπου 10.000 τόνοι (UNEP - StEP, 2009). Αντίθετα, για την παραγωγή χαλκού εκπέμπονται μόνο 3,4 τόνοι CO₂ ανά τόνο μετάλλου (Σχήμα 1.8). Συνδυάζοντας αυτούς τους αριθμούς με τις ποσότητες των μετάλλων που χρησιμοποιούνται στα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (που δίνονται στον Πίνακα 1.6.) δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού των εκπομπών CO₂ που σχετίζονται με την πρωτογενή παραγωγή των μετάλλων, όπως φαίνεται στον πίνακα του Σχήματος 1.8. Για παράδειγμα, η ετήσια ζήτηση για χρυσό σε ΗΗΕ είναι περίπου 300 τόνοι και κατά μέσο όρο η πρωτογενής παραγωγή εκλύει περίπου 17.000 τόνους CO₂ ανά τόνο του χρυσού που εξορύσσεται, κατά συνέπεια προκύπτει ότι η παραγωγή χρυσού για χρήση σε ΗΗΕ προκαλεί εκπομπές κατά 5,1 εκατομμύρια τόνους CO₂ συνολικά. Στην περίπτωση του χαλκού, η συγκεκριμένες εκπομπές της πρωτογενούς παραγωγής ανέρχονται σε 3,4 τόνους CO₂ ανά τόνο χαλκού (σχετικά χαμηλές), αλλά η υψηλή ετήσια συνολική ζήτηση του χαλκού στις ΗΗΕ οδηγεί σε εκπομπές 15,3 εκατομμυρίων τόνων CO₂. Όπως φαίνεται στον πίνακα του Σχήματος 1.8 οι συνολικές τιμές των μετάλλων που αναφέρονται αντιπροσωπεύουν σε ετήσιο επίπεδο εκπομπές 23,4 εκατ. τόνων CO₂, σχεδόν το 1/1.000 των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Αυτό το νούμερο δεν περιλαμβάνει ούτε τις εκπομπές CO₂ από άλλα μέταλλα που χρησιμοποιούνται σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού όπως ο χάλυβας, το νικέλιο ή το αλουμίνιο, άλλα ούτε και τις εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με την κατασκευή ή τη χρήση του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.



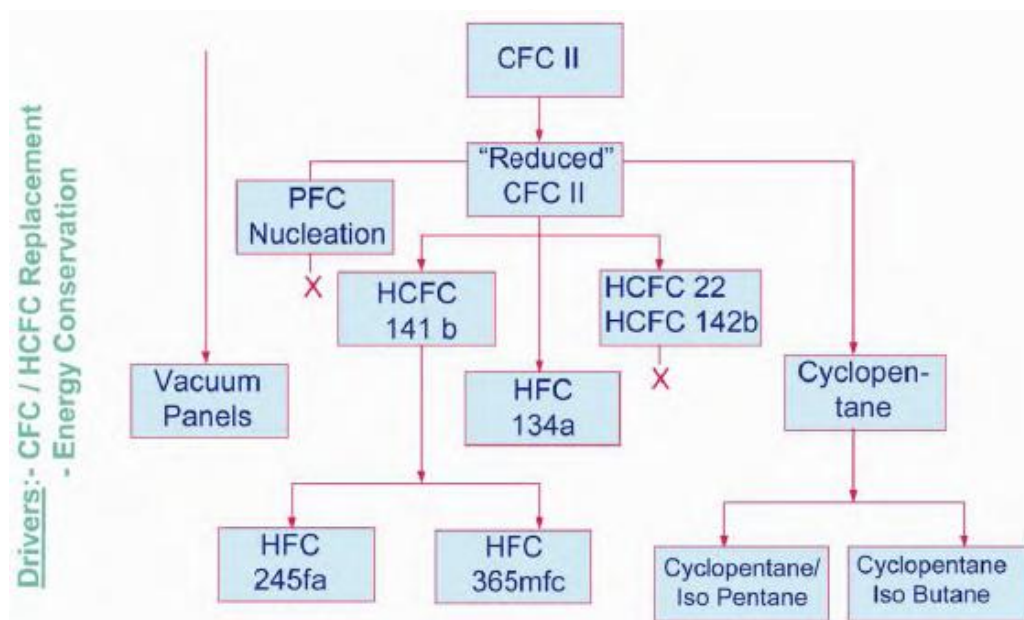
Important EEE metals	demand for EEE t/a (2006)	data for primary production [t CO ₂ /t metal]	CO ₂ emissions [Mt]
Copper	4 500 000	3.4	15.30
Cobalt	11 000	7.6	0.08
Tin	90 000	16.1	1.45
Indium	380	142	0.05
Silver	6 000	144	0.86
Gold	300	16 991	5.10
Palladium	32	9 380	0.30
Platinum	13	13 954	0.18
Ruthenium	6	13 954	0.08
CO₂ total [t]			23.4

Σχήμα 1.8. Εκπομπές CO₂ από την πρωτογενή παραγωγή μετάλλων (Πηγή: UNEP- StEP, 2009).

Η ανάκτηση των παραπάνω μετάλλων μέσω εξελιγμένων διεργασιών ανακύκλωσης δημιουργεί μόνο ένα κλάσμα από αυτές τις εκπομπές CO₂ και επίσης έχει σημαντικά οφέλη σε σύγκριση με την εξόρυξη από την άποψη της χρήσης γης και επικίνδυνων εκπομπών (Hagelüken κ.α., 2008). Για παράδειγμα, η παραγωγή 1 kg αλουμινίου με ανακύκλωση χρησιμοποιεί μόνο το 1/10 (ή και λιγότερο) από την ενέργεια που απαιτείται για την πρωτογενή παραγωγή αυτού, ενώ ταυτόχρονα δεν δημιουργούνται 1,3 kg καταλοίπων βωξίτη, εκπομπές 2 kg CO₂ και εκπομπές 0,011 kg SO₂, καθώς και οι επιπτώσεις και οι εκπομπές που συνδέονται με την παραγωγή των κραματικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται στο αλουμίνιο. Επιπλέον, η σκωρία που δημιουργείται κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τσιμέντου μετάλλων (Reuter κ.α., 2005). Για τα πολύτιμα μέταλλα οι εκπομπές που εξοικονομούνται από εξελιγμένες διεργασίες ανακύκλωσης είναι ακόμη υψηλότερες.

Οι ουσίες που περιέχονται στις συσκευές του ΗΗΕ μπορούν επίσης να έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για παράδειγμα οι συσκευές ψύξης και κατάψυξης

χρησιμοποιούν ως ψυκτικό μέσο συχνά ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος (ozone depleting substances - ODS). Αυτές οι ουσίες, όπως οι CFC και οι HCFC, έχουν μια τεράστια συμβολή στην αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, όπως φαίνεται στον πίνακα 1.12. Πρέπει να υπογραμμιστεί ότι ιδιαίτερα οι παλαιότερες συσκευές είναι αυτές που περιέχουν ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος, με υψηλό αντίκτυπο στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, ενώ οι νεότερες συσκευές κάνουν χρήση εναλλακτικών ουσιών πιο φιλικών ως προς το περιβάλλον. Κατά συνέπεια, είναι σημαντικό να μη λαμβάνει χώρα τυχαία έκλυση στην η ατμόσφαιρα αυτών των ουσιών λόγω ατυχημάτων κατά τη συλλογή τους ή την πλημμελή επεξεργασία ανακύκλωσης. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να αποφεύγονται οι σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια του τέλους του κύκλου ζωής αυτών των συσκευών.



Σχήμα 1.9. Χρήση ουσιών που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος στις συσκευές ψύξης και κατάψυξης στην πάροδο των ετών (Πηγή: Scottish Environmental Protection Agency, 2002).

Το Δυναμικό Παγκόσμιας Υπερθέρμανσης (Global Warming Potential – GWP) είναι ένας δείκτης, που περιγράφει τα χαρακτηριστικά ακτινοβολίας των αερίων που

αναμειγνύονται στην ατμόσφαιρα και επιδρούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αυξάνοντας την θερμοκρασία του πλανήτη. Αυτός ο δείκτης προσεγγίζει την επίδραση στην αύξηση της θερμοκρασίας μιας μάζας ενός συγκεκριμένου αερίου στην ατμόσφαιρα στη μονάδα του χρόνου, σε σχέση με την αντίστοιχη επίδραση που θα είχε ίδια μάζα αερίου του διοξειδίου του άνθρακα.

Πίνακας 1.12. Η συμβολή των ψυκτικών μέσων στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Δυναμικό Παγκόσμιας Υπερθέρμανσης (Global Warming Potential – GWP) (Πηγή: UNEP- StEP, 2009).

Substances	GWP		
CFC-12	10 720	±	3 750
CFC-114	9 880	±	3 460
CFC-115	7 250	±	2 540
CFC-113	6 030	±	2 110
CFC-11	6 800	±	1 640
HCFC-142b	2 270	±	800
HCFC-22	1 780	±	620
HCFC-141b	713	±	250
Halon-1301	7 030	±	2 460
Halon-1211	1 860	±	650
Halon-2402	1 620	±	570

Η ανεξέλεγκτη απόρριψη των αποβλήτων ή η ακατάλληλη διαχείριση/ανακύκλωση τους δημιουργεί σημαντικές επικίνδυνες εκπομπές, με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Στο πλαίσιο αυτό διακρίνονται τρία επίπεδα τοξικών εκπομπών (UNEP- StEP, 2009):

- Πρωτογενείς εκπομπές: Επικίνδυνες ουσίες που περιέχονται σε ΑΗΗΕ (π.χ. μόλυβδος, υδράργυρος, αρσενικό, πολυχλωριωμένα διφαινύλια - PCBs, φθοριούχα ψυκτικά υγρά κ.λπ.).

- Δευτερογενείς εκπομπές: Επικίνδυνα προϊόντα αντιδράσεων των ουσιών που περιέχονται στα ΑΗΗΕ ως αποτέλεσμα του ακατάλληλου χειρισμού τους (π.χ. διοξίνες ή φουράνια που σχηματίζονται από αποτέφρωση/ακατάλληλη τήξη των πλαστικών που περιέχουν αλογονούχα επιβραδυντικά φλόγας).
- Τριτογενείς εκπομπές: Επικίνδυνες ουσίες ή αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται κατά την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ (π.χ. οι κυανιούχες ουσίες έκπλυσης, ο υδράργυρος για αμαλγάμωση του χρυσού) και απελευθερώνονται λόγω των ακατάλληλων χειρισμών και διαδικασιών.

Πρέπει να υπογραμμιστεί ότι οι νομοθετικές προσεγγίσεις για τον περιορισμό της χρήσης επικίνδυνων ουσιών (π.χ. Οδηγία 2002/95/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών στα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού γνωστή ως RoHS, βλ. κεφάλαιο 2) έχουν εφαρμογή μόνο στις πρωτογενείς εκπομπές και εν μέρει στις δευτερογενείς. Ακόμη και τα "καθαρότερα/πράσινα" προϊόντα δεν μπορούν να αποτρέψουν τις τριτογενείς εκπομπές εάν χρησιμοποιούνται ακατάλληλες τεχνολογίες ανακύκλωσης. Το τελευταίο είναι και η μεγαλύτερη πρόκληση, ιδίως για τις υπό ανάπτυξη και σε μεταβατικό στάδιο χώρες, όπου η αποτέφρωση σε ανοιχτό χώρο, η έκπλυση με κυάνιο, το «μαγείρεμα» των πλακετών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων κλπ. οδηγούν σε δραματικές επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων και το περιβάλλον.

1.6 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΗΗΕ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ

Η παγκόσμια παραγωγή ΑΗΗΕ εκτιμάται σε 20-50 Mt/έτος (UNEP, 2006), που αποτελεί το 1-3% της εκτιμώμενης παγκόσμιας παραγωγής αστικών αποβλήτων (1636 Mt, OECD, 2008). Στις πλουσιότερες χώρες τα ΑΗΗΕ συνεισφέρουν το 8% του όγκου των αστικών αποβλήτων (Widmer et al., 2005). Η συνεισφορά κάθε ηλεκτρονικού είδους στην ετήσια παραγωγή ΑΗΗΕ, δίνεται από τον παρακάτω τύπο (Γκαϊντατζής κ.α., 2009):

$$E = \frac{MN}{L} \quad (1)$$

όπου:

E (kg/έτος) η συνεισφορά κάθε ηλεκτρονικού είδους στην ετήσια παραγωγή ΑΗΗΕ,

M (kg) η μάζα του ηλεκτρονικού είδους,

N η ποσότητα (αριθμός) του ηλεκτρονικού είδους που κυκλοφορεί και

L (έτη) η μέση διάρκεια ζωής του ηλεκτρονικού είδους.

Από τον τύπο (1) γίνεται φανερό ότι συσκευές με μικρή διάρκεια ζωής συμβάλουν πολύ περισσότερο στο ρεύμα των αποβλήτων σε σχέση με αυτές που παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Για παράδειγμα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές με μέση διάρκεια ζωής 3 έτη, συμβάλλουν πιο πολύ στο συνολικό ρεύμα των ΑΗΗΕ σε σχέση με τα ψυγεία και τις ηλεκτρικές κουζίνες που έχουν μέση διάρκεια ζωής 10-12 έτη. Στον παρακάτω Πίνακα 1.13 παρουσιάζονται μερικά είδη ΑΗΗΕ, οι μάζες αυτών και η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής τους.

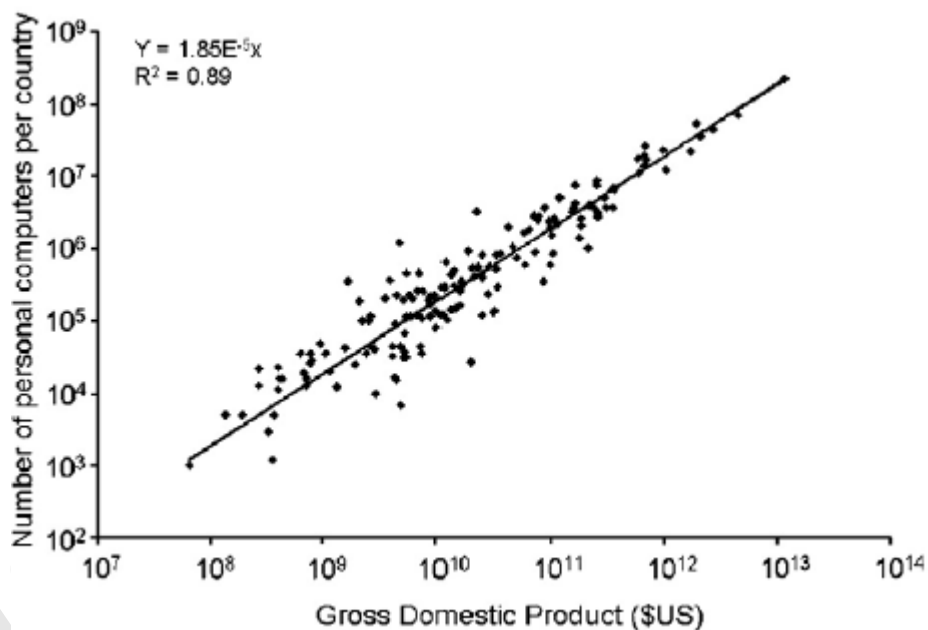
Πίνακας 1.13. Είδη ΑΗΗΕ, οι μάζες αυτών και η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής τους (Πηγή: Robinson, 2009 - Γκαϊντατζής κ.α., 2009).

Αντικείμενο	Μάζα Αντικειμένου (kg)	Εκτιμώμενη διάρκεια ζωής (χρόνια)
<i>WEEE που συνήθως αναφέρονται ως e-waste</i>		
Υπολογιστής	25	3
Συσκευή αποστολής τηλεομοιοτυπίας	3	5
Σύστημα αναπαραγωγής ήχου υψηλής ποιότητας	10	10
Κινητό τηλέφωνο	0.1	2
Ηλεκτρονικά παιχνίδια	3	5
Φωτοαντιγραφικό	60	8
Ράδιο	2	10
Τηλεόραση	30	5
Συσκευή αντιγραφής βίντεο/αναπαραγωγής DVD	5	5
<i>WEEE που συνήθως δεν θεωρούνται e-waste</i>		
Κλιματιστική μονάδα	55	12
Πλυντήριο πιάτων	50	10
Ηλεκτρική κουζίνα	60	10
Μίξερ για φαγητό	1	5
Καταψύκτης	35	10
Πιστολάκι μαλλιών	1	10
Σίδερο	1	10
Βραστήρας	1	3
Φούρνος Μικροκυμάτων	15	7
Ψυγείο	35	10
Τηλέφωνο	1	5
Τοστιέρα	1	5
Στεγνωτήρας	35	10
Ηλεκτρική σκούπα	10	10
Πλυντήριο Ρούχων	65	8

Για την Ευρωπαϊκή Ένωση, οι ποσότητες των ΑΗΗΕ αυξάνονται με ρυθμό 3-5% ανά έτος, που είναι 3-πλάσιος ρυθμός σε σχέση με τα αστικά στερεά απόβλητα. Την περίοδο 1990-1999 οι παραγόμενες ποσότητες στις 15 χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης ήταν περίπου 3,3-3,6 kg/κάτοικο, ενώ οι ποσότητες για τη δεκαετία 2000-2010 κυμαίνονται μεταξύ 3.9-4.3 kg/κάτοικο (Widmer et al., 2005). Με τη χρήση της εξίσωσης (1) η Ελβετία εκτιμάται ότι παράγει 9 kg/άτομο/έτος, οι Ευρωπαίοι 14 kg/άτομο/έτος, με τη συνολική παραγωγή από την Ε.Ε.-15 να φθάνει τους 5.5 Mt/έτος, και των Ε.Ε.-27 τα 8.3-9.1 Mt/έτος (Huisman, 2007). Οι ΗΠΑ παρήγαγαν περίπου 2.6 Mt, ενώ η Κίνα 2.5 Mt το 2005. Δεδομένα για φτωχότερες χώρες δεν είναι άμεσα διαθέσιμα, πάντως η Ινδία και η Ταϊλάνδη εκτιμάται ότι παρήγαγαν 0.3 και 0.1 Mt ΑΗΗΕ το 2007 (Γκαϊντατζής κ.α., 2009).

Σύμφωνα με υπολογισμό για δεδομένα του 2003 και για το συνολικό αριθμό ΗΥ (0,78 δισεκατομμύρια μονάδες), κινητών τηλεφώνων (3,4 δισεκατομμύρια μονάδες), σταθερών τηλεφώνων (1,2 δισεκατομμύρια μονάδες), τηλεοράσεων (1,4 δισεκατομμύρια μονάδες) και ραδιόφωνων (2,5 δισεκατομμύρια μονάδες), η συνολική παραγωγή ΑΗΗΕ ανέρχεται σε 11.7 Mt/έτος (Robinson, 2009). Επίσης λαμβάνοντας υπόψη την παλαιότητα των δεδομένων και το γεγονός ότι οι σχετικά μεγάλης μάζας ηλεκτρικές συσκευές (ψυγεία, κλιματιστικά, κτλ.) δεν συμπεριλαμβάνονται στον παραπάνω υπολογισμό εκτιμάται ότι οι συνολικές ποσότητες ΗΗΕ πρέπει να είναι σημαντικά μεγαλύτερες. Αν ληφθεί επίσης υπόψη και η αύξηση του παγκόσμιου ΑΕΠ κατά περίπου 20% τα τελευταία 9 έτη, δικαιολογείται η προαναφερθείσα εκτίμηση των 20-50 Mt/έτος (UNEP, 2006).

Η παγκόσμια παραγωγή ΑΗΗΕ αλλάζει με την οικονομική και την τεχνολογική ανάπτυξη. Για κάθε χώρα, ο συνολικός αριθμός των ΗΥ και άλλων ειδών που είναι εν δυνάμει ΑΗΗΕ συσχετίζεται με το ΑΕΠ της χώρας (Σχήμα 1.10).



Σχήμα 1.10. Αριθμός προσωπικών ΗΥ ανά χώρα σε σχέση με το ΑΕΠ της χώρας για 161 χώρες (Πηγή: Robinson, 2009).

Από το Σχήμα 1.10 καθίσταται φανερό ότι η αυξανόμενη οικονομική ανάπτυξη θα έχει ως συνέπεια την ευθέως ανάλογα μεγαλύτερη παραγωγή ΑΗΗΕ (με τη μορφή γραμμικής συνάρτησης). Από την άλλη μεριά, συγκεκριμένες αλλαγές στην τεχνολογία και τις καταναλωτικές συνήθειες μπορεί κατά μια έννοια να μειώσουν την παγκόσμια παραγωγή ΑΗΗΕ. Ένα παράδειγμα τέτοιας αλλαγής αποτελεί η διάδοση φορητών ΗΥ με μέσο βάρος 1-3 kg σε βάρος των πωλήσεων των επιτραπέζιων ΗΥ με μέσο βάρος περίπου 25 kg. Ως αποτέλεσμα τα αντίστοιχα απόβλητα παρουσιάζουν μειωμένο βάρος. Αντίστοιχα οι οθόνες LCD (Liquid Crystal Display) αντικαθιστούν τις παλαιότερες CRT (Cathode Ray Tube), ενώ έχουν αρχίσει να εμφανίζονται ευρέως και οι οθόνες LED.

Αυτή η θεώρηση αναδεικνύει επίσης και ένα μεγάλο θέμα που είναι οι ραγδαίες τεχνολογικές αλλαγές και οι αντίστοιχες μεταβολές που προκαλούνται στην σύσταση των ΑΗΗΕ. Ενδεικτικά:

- Η αλλαγή των οθονών CRT με οθόνες LCD προκαλεί την εξάλειψη του Pb αλλά παράλληλα προκαλεί την εισαγωγή του Hg.
- Η εισαγωγή οπτικών ινών προκαλεί την εξάλειψη του Cu από τις καλωδιώσεις, αλλά παράλληλα προκαλεί την εισαγωγή των F, Pb, Y και Zr.
- Η εισαγωγή επαναφορτιζόμενων μπαταριών προκαλεί τη μείωση των Ni, Cd, αλλά παράλληλα προκαλεί την αύξηση του Li.

Παράλληλα η εισαγωγή της παραμέτρου της οικολογίας στο σχεδιασμό των προϊόντων ως μια ακόμη παράμετρο σχεδιασμού, αλλά και το νεότερο νομοθετικό πλαίσιο κυρίως στις ανεπτυγμένες τεχνολογικά χώρες (Ευρώπη, Ιαπωνία, ΗΠΑ κτλ) οδηγούν στην απαγόρευση της χρήσης επικίνδυνων ουσιών στις ηλεκτρονικές συσκευές ή την αντικατάστασή τους με νέες πιο φιλικές ως προς το περιβάλλον. Ως αποτέλεσμα οι κατασκευαστές συναγωνίζονται για ένα πιο “πράσινο” εταιρικό προφίλ. Ενδεικτικά:

- Παραγωγή “halogen-free” συσκευών που δεν συνεισφέρουν στην παραγωγή PCBs και διοξινών (αλλά η παραγωγή τους είναι περισσότερο ακριβή περιβαλλοντικά),
- Αντικατάσταση των βρωμιούχων επιβραδυντών καύσης με νέους, πιο φιλικούς στο περιβάλλον με βάση το φώσφορο,
- Εισαγωγή νομοθετικών περιορισμών (Pb, Hg, Cr, PBBs και PBDE μέχρι 1000 mg/kg, Οδηγία RoHS - Restriction on Hazardous Substances)

Από τα παραπάνω προκύπτει η ανάγκη διαχωρισμού του ρεύματος των ηλεκτρονικών αποβλήτων από τα υπόλοιπα στερεά απόβλητα, καθώς και η λειτουργία των διεργασιών ανακύκλωσής τους για την ανάκτηση πρώτων υλών και βασικών μετάλλων. Ο συνολικός σχεδιασμός θα πρέπει να γίνεται στη βάση της εξοικονόμησης ενέργειας ώστε το τελικό ισοζύγιο από τις διεργασίες ανακύκλωσής ΑΗΗΕ σε σχέση με την πρωτογεννή παραγωγή των πρώτων υλών να είναι θετικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ

Οι βασικές αρχές διαχείρισης των αποβλήτων, οι οποίες απορρέουν από την ευρωπαϊκή νομοθεσία και καθορίζουν τις επιλογές των κρατών μελών, είναι οι ακόλουθες:

- Αρχή της προστασίας της υγείας και του περιβάλλοντος κατά τη διαχείριση των αποβλήτων
- Αρχή της ιεράρχησης:
 - Προτεραιότητα έχει η πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων
 - Ακολουθεί η επαναχρησιμοποίηση με ανακύκλωση και ανάκτηση
 - Η λιγότερο επιθυμητή μέθοδος είναι η υγειονομική ταφή.
- Αρχή της εγγύτητας:
 - Η διάθεση των αποβλήτων να γίνεται το δυνατόν εγγύτερα στην πηγή παραγωγής τους
 - Να μειώνεται κατά το δυνατόν η μεταφορά αποβλήτων.
- Αρχή της διάθεσης αποβλήτων στο κράτος που τα παράγει και πάντως, όχι εκτός της Ε. Ένωσης. Η Αρχή αυτή συνδέεται με την Αρχή της Εγγύτητας.
- Αρχή της ευθύνης αποκατάστασης:
 - Ο παραγωγός παραμένει υπεύθυνος μέχρι την τελική αποκατάσταση του περιβάλλοντος στην περιοχή διάθεσης των αποβλήτων.
- Αρχή της πρόβλεψης του κύκλου ζωής του προϊόντος:
 - Από το αρχικό στάδιο του σχεδιασμού ενός προϊόντος πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την πρόληψη παραγωγής αποβλήτων και για την ανακύκλωσή του.

Στο Άρθρο 4 του νόμου 2939/2001 - ΦΕΚ 179Α/6.8.2001 γίνεται αναφορά στις γενικές αρχές εναλλακτικής διαχείρισης των συσκευασιών και άλλων προϊόντων. Η εναλλακτική διαχείριση αυτών βασίζεται στις ακόλουθες αρχές:

- α) στην αρχή της πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων από τη διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων με τη μείωση του συνολικού όγκου τους και των επικίνδυνων συστατικών τους και περαιτέρω:
- στην αρχή της κατά προτεραιότητα επαναχρησιμοποίησης των συσκευασιών και της ανάκτησης υλικών και της ανακύκλωσης των αποβλήτων των συσκευασιών και άλλων προϊόντων και εν συνεχεία,
 - στην ανάκτηση ενέργειας χωρίς ρύπανση του περιβάλλοντος, ώστε να μειώνεται η τελική διάθεση των αποβλήτων αυτών,
- β) στην αρχή ο ρυπαίνων πληρώνει,
- γ) στην αρχή της ευθύνης όλων των εμπλεκόμενων οικονομικών παραγόντων, δημόσιων και ιδιωτικών,
- δ) στην αρχή της δημοσιότητας προς τους χρήστες και καταναλωτές ως προς τα μέτρα που λαμβάνονται για την εφαρμογή αυτού του νόμου προκειμένου να αναδειχθεί ο ρόλος τους ως παράγοντες συμβολής στην επαναχρησιμοποίηση ή αξιοποίηση (εναλλακτική διαχείριση) των συσκευασιών και άλλων προϊόντων. Στην αρχή της δημοσιότητας υπάγονται και τα μέτρα της υποχρεωτικής αναγραφής στη συσκευασία του εγγυοδοτικού αντιτίμου, όπου επιβάλλεται, καθώς και της ειδικής σήμανσης ότι η συσκευασία υπόκειται σε εναλλακτική διαχείριση.

Σε παγκόσμια κλίμακα παραμένει ανοικτή η συζήτηση για το ποιος έχει την ευθύνη αποκομιδής, ανακύκλωσης, καταστροφής ή απόθεσης των προϊόντων καθώς και ποιος πληρώνει για τα κοινωνικά και περιβαλλοντικά κόστη που προκύπτουν για τα προϊόντα που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους στην αγορά. Οι πιθανές απαντήσεις στα παραπάνω είναι: ο χρήστης του προϊόντος, ο κατασκευαστής του προϊόντος ή το κόστος να επιμερίζεται στο σύνολο του πληθυσμού. Η ευρωπαϊκή νομοθεσία υιοθετεί τη θέση ότι η ευθύνη για την πορεία ενός προϊόντος αφού αυτό έχει ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής του ανήκει αποκλειστικά και μόνο στους παραγωγούς του.

Βασικό επιχείρημα για τη θέση αυτή αποτελεί το γεγονός ότι οι παραγωγοί είναι αυτοί που κατασκευάζουν το κάθε προϊόν και κατά συνέπεια έχουν και την απόλυτη ευθύνη για τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούν και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους που παίζουν ουσιώδη σημασία στη φάση όπου το προϊόν, αφού έχει ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής του, θα πρέπει να αποσυναρμολογηθεί ή να ανακυκλωθεί ή να διατεθεί σε κάποιον ΧΥΤΑ. Σε αυτό το πλαίσιο οι υποχρεώσεις των παραγωγών έχουν μορφή οικονομική (επιβολή φόρου ή άλλης εισφοράς για τη διαχείριση των EOL προϊόντων), φυσική (δέσμευση κατασκευαστών στα φυσικά χαρακτηριστικά των EOL προϊόντων, π.χ. πρώτες ύλες), διαχείρισης πληροφοριών (π.χ. λίστες υλικών, συστάσεις, στοιχεία πελατών) καθώς και άλλες υποχρεώσεις όπως περιβαλλοντικές καταστροφές που προκύπτουν από τη διάθεση των προϊόντων τους. Κίνητρο πλέον για τον κατασκευαστή – σχεδιαστή ενός προϊόντος είναι να επανακαθορίσει και να επανασχεδιάσει τα προϊόντα λαμβάνοντας ως κριτήριο την ελαχιστοποίηση του κόστους συμπεριλαμβανομένου και του κόστους που δημιουργείται αφού το προϊόν έχει ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής του.

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία για τη συσκευασία και τα υπολείμματα των συσκευασιών δίνει δύο τύπους ευελιξίας:

- α) Επιτρέπει στα μέλη της να αναπτύξουν τα δικά τους χρηματοδοτικά σχήματα για την ανάκτηση των υλικών συσκευασίας. Π.χ τα κόστη ανάκτησης των υλικών συσκευασίας στη Μ. Βρετανία επιμερίζονται σε 4 διαφορετικές κατηγορίες αποδεκτών ως εξής: 6%

στους προμηθευτές των πρώτων υλών, 11% στους ενδιάμεσους μετατροπείς, 36% στις εταιρείες συσκευασίας και το 47% στους λιανοπωλητές και τους τελικούς χρήστες. Η ποσότητα των υλικών συσκευασίας κάθε εταιρείας πολλαπλασιάζεται με το παραπάνω ανάλογο ποσοστό και με το ρυθμό ανάκτησης προκειμένου να υπολογιστεί η ετήσια εισφορά

- β) Δίνει τη δυνατότητα σε εταιρείες να έχουν ευελιξία σχετικά με τη λειτουργική τους δομή προκειμένου να αναπτύξουν τη δική τους υποδομή στην ανάκτηση των υλικών συσκευασίας ή μπορούν να απευθυνθούν σε τρίτους που θα αναλάβουν την ευθύνη σε θέματα ανάκτησης των υλικών συσκευασίας. Π.χ. η DSD που είναι μη κερδοσκοπικός οργανισμός που αποτελείται από διάφορους κατασκευαστές και μεσάζοντες οι οποίοι πληρώνοντας μία εισφορά ανάλογη με τα υλικά συσκευασίας και το βάρος τους αποκτούν το πράσινο σήμα πάνω στα προϊόντα τους.

Όμως μια πιθανή επίδραση της νομοθεσίας της αποκομιδής αποτελεί η μεταφορά του τελικού κόστους στους παραγωγούς και από εκεί στους καταναλωτές. Τα δυο βασικά ερωτήματα που προκύπτουν είναι το μέγεθος της σημασίας του συγκεκριμένου κόστους και τα περιβαλλοντικά οφέλη που θα προκύψουν από τη μείωση των ποσοτήτων των απορριμμάτων (π.χ. εάν θα αξιοποιηθούν τα οφέλη που θα προκύψουν για το κράτος από τη μείωση των ποσοτήτων που πάνε προς τους ΧΥΤΑ σε όφελος του περιβάλλοντος). Η μεταφορά του τελικού κόστους στους παραγωγού παρουσιάζει:

- επίδραση στο σχεδιασμό των προϊόντων (προϊόντα με κοινό σχεδιασμό σε παγκόσμιο επίπεδο ή με διαφοροποιήσεις από χώρα σε χώρα, απαγόρευση ουσιών, επιθυμητή σύσταση των υλικών ανακύκλωσης κτλ)
- επίδραση στο κόστος των προϊόντων (πιθανότητα αύξησης κόστους και μετακύλισης του στους καταναλωτές, ο τρόπος αξιοποίησης της εξοικονόμησης κόστους από τις κυβερνήσεις)

- επίδραση στο περιβάλλον (ανάκτηση προϊόντων, ανακύκλωση, εφαρμογή εθελοντικών προγραμμάτων, άλλα οφέλη)

Οι κατασκευαστές μπορούν να εφαρμόσουν εναλλακτικές στρατηγικές για να αντιμετωπίσουν τις πιέσεις που αφορούν την ανάκτηση των προϊόντων τους τα οποία έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους. Υπάρχουν επτά κύριες στρατηγικές για την ανάκτηση ενός προϊόντος:

Καμία ενέργεια (Do nothing)

Δεν υπάρχουν κανονισμοί αποκομιδής και οι εταιρείες δεν έχουν καμία πολιτική.

Προώθηση της αγοράς (Promote the market)

Οι κατασκευαστές ενημερώνουν τους πελάτες για την ανακύκλωση και τους προσφέρονται ανταποδοτικά οφέλη αν βοηθάνε στην κατεύθυνση αυτή. Επίσης βοηθάνε στην αποκομιδή, στη μείωση του κόστους ανακύκλωσης, ενισχύουν τις υπάρχουσες υποδομές στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης.

Μακροπρόθεσμο συμβόλαιο (Long-term contract)

Ο κατασκευαστής συντάσσει μακροπρόθεσμο συμβόλαιο με κάποια εταιρεία ανακύκλωσης και πιθανόν ανάκτησης εξάρτησης των end of life (EOL) προϊόντων της όπου μπορεί να έχει αναλάβει η ίδια το κομμάτι της αποκομιδής.

Σύμπραξη με εταιρεία ανακύκλωσης (Joint venture with a recycler)

Ο κατασκευαστής μπορεί να αποφασίσει να συμπράξει σε μια κοινή ομάδα με μια εταιρεία ανακύκλωσης όπου ανάλογα με το τι θα συμφωνηθεί ο καθένας έχει το ρόλο του στην αποκομιδή, ανακύκλωση, επιδιόρθωση, διάθεση στο εμπόριο ή επαναχρησιμοποίηση συγκεκριμένων εξαρτημάτων ως πρώτες ύλες.

Σύμπραξη με ανταγωνιστές ή δημιουργία μιας βιομηχανικής κοινοπραξίας (Joint venture with competitors or establish an industry consortium)

Πολλοί κατασκευαστές συνεργάζονται φτιάχνοντας εταιρεία ή εταιρείες που έχουν την ευθύνη για την αποκομιδή και τη διαχείριση των EOL προϊόντων σε κάποια αρχικά τουλάχιστον στάδια (διαχωρισμός, αρχικά στάδια επεξεργασίας) πριν σταλούν στην εταιρεία από την οποία προέρχονται. Οφέλη που έχουμε είναι η μείωση του κόστους αποκομιδής ιδιαίτερα για τις μικρές χώρες (π.χ. οι μηχανές μιας χρήσης). Πιθανά μειονεκτήματα είναι ο κίνδυνος διάχυσης τεχνογνωσίας και ο διαφορετικός εξοπλισμός που ίσως χρειάζεται στα πρώτα στάδια ανακύκλωσης.

Κάθετες διαδικασίες ανάκτησης προϊόντων (Vertically integrate into product recovery)

Οι κατασκευαστές εμπλέκονται στην ανάκτηση των προϊόντων τους, επενδύουν σε εξοπλισμό και τεχνογνωσία που απαιτείται να ανακτήσουν - αποσυναρμολογήσουν τα EOL προϊόντα τους και στη συνέχεια να επισκευάσουν, διορθώσουν επιμέρους εξαρτήματα ή να τα οδηγήσουν σε ανακύκλωση. Όφελος που έχουμε εδώ είναι ότι ο κατασκευαστής γνωρίζει περισσότερα για τα EOL προϊόντα οπότε βλέπει πιο εύκολα την αναγκαιότητα τυχόν σχεδιαστικών αλλαγών προκειμένου να παρατείνει το χρόνο ζωής των προϊόντων ή να διευκολύνει τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης, ανάκτησης επιμέρους εξαρτημάτων τους. Επιμέρους θέμα που εξετάζεται εδώ είναι τα υψηλά κόστη αποστολής των προϊόντων που μπορεί να γίνει αφού αυτά πρώτα αποσυναρμολογηθούν οπότε αποστέλλονται μόνο τα χρήσιμα εξαρτήματα.

2.2 ΣΤΟΧΟΙ – ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ

Στο Άρθρο 10 του νόμου 2939/2001 - ΦΕΚ 179Α/6.8.2001 γίνεται αναφορά στους ποσοτικούς στόχους για την αξιοποίηση - επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων των συσκευασιών.

Ως προς την αξιοποίηση των αποβλήτων συσκευασίας (ανακύκλωση - ανάκτηση ενέργειας):

- α) Μέχρι την 31 η Δεκεμβρίου 2005 πρέπει να αξιοποιείται τουλάχιστον το 50% κατά βάρος των αποβλήτων συσκευασίας με ανώτατο όριο το 65%.
- β) Στο πλαίσιο του παραπάνω στόχου και για το ίδιο χρονικό διάστημα πρέπει να ανακυκλώνεται από το σύνολο των υλικών συσκευασίας τουλάχιστον το 25% κατά βάρος με ανώτατο όριο το 45%. Στο ποσοστό αυτό πρέπει να ανακυκλώνεται τουλάχιστον το 15% κάθε υλικού συσκευασίας.
- γ) Μετά την ημερομηνία αυτή το ποσοστό αξιοποίησης και ανακύκλωσης καθορίζεται σύμφωνα με το άρθρο 6 (παρ. 1γ) της οδηγίας 94/62/EK (Οδηγία για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας: έως τις 30 Ιουνίου 2001 το αργότερο, ανακύκλωση μεταξύ 25 % τουλάχιστον και 45 % το πολύ, κατά βάρος, του συνόλου των υλικών συσκευασίας που περιέχονται στα απορρίμματα συσκευασίας, με ελάχιστο ποσοστό 15 % κατά βάρος, για κάθε υλικό συσκευασίας)

Ως προς την επαναχρησιμοποίηση των συσκευασιών:

Με κοινές αποφάσεις των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και Ανάπτυξης μετά από εισήγηση του Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π. μπορούν να εγκρίνονται ποσοτικοί στόχοι για την προώθηση της επαναχρησιμοποίησης των συσκευασιών διαφόρων προϊόντων, καθώς και τα μέτρα για την επίτευξή τους, όπως η προώθηση συστήματος εγγυοδοσίας.

Στο Άρθρο 7 της οδηγίας 2002/96/EK γίνεται αναφορά στους ακόλουθους στόχους:

- α) για τα ΑΗΗΕ των κατηγοριών 1 και 10 του παραρτήματος I Α,
 - ο βαθμός αξιοποίησης πρέπει να αυξηθεί στο 80 % τουλάχιστον του μέσου βάρους ανά συσκευή και

- η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των κατασκευαστικών στοιχείων, των υλικών και των ουσιών πρέπει να αυξηθεί στο 75 % τουλάχιστον του μέσου βάρους ανά συσκευή

β) για τα ΑΗΗΕ των κατηγοριών 3 και 4 του παραρτήματος Ι Α,

- ο βαθμός αξιοποίησης πρέπει να αυξηθεί στο 75 % τουλάχιστον του μέσου βάρους ανά συσκευή, και
- η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των κατασκευαστικών στοιχείων, των υλικών και των ουσιών πρέπει να αυξηθεί στο 65 % τουλάχιστον του μέσου βάρους ανά συσκευή

γ) για τα ΑΗΗΕ των κατηγοριών 2, 5, 6, 7 και 9 του παραρτήματος Ι Α,

- ο βαθμός αξιοποίησης πρέπει να αυξηθεί στο 70 % τουλάχιστον του μέσου βάρους ανά συσκευή και
- η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των κατασκευαστικών στοιχείων, των υλικών και των ουσιών πρέπει να αυξηθεί στο 50 % τουλάχιστον του μέσου βάρους ανά συσκευή

δ) για τους λαμπτήρες εκκενώσεως αερίου, ο βαθμός επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης των κατασκευαστικών στοιχείων, των υλικών και των ουσιών πρέπει να ανέρχεται στο 80 % τουλάχιστον του βάρους των λαμπτήρων.

2.3 ΕΘΝΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΗΗΕ

Το 2001 ο Νόμος 2939/2001 “Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων – ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ)”, ΦΕΚ 179Α/6.8.2001, διαμορφώνει το θεσμικό πλαίσιο για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων. Ως σκοπός του παρόντος νόμου αναφέρεται η θέσπιση μέτρων για τη διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων με στόχο την επαναχρησιμοποίηση ή αξιοποίηση των αποβλήτων τους. Μέσω αυτού του νόμου εφαρμόζεται η Κοινοτική

Οδηγία 94/62/EK στον Ελληνικό χώρο και συνάμα καθορίζονται οι ποσοτικοί και χρονικοί στόχοι για την αξιοποίηση - επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων των συσκευασιών

Ειδικότερα οι ρυθμίσεις του νόμου αυτού αποσκοπούν:

- α) Στην πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων συσκευασιών με τον περιορισμό του συνολικού όγκου των συσκευασιών, καθώς και με τον περιορισμό των βλαπτικών συνεπειών από τα απορρίμματα αυτά για την υγεία των καταναλωτών και για το περιβάλλον, για μία σταθερή και διαρκή ανάπτυξη.
- β) Στη μείωση της τελικής διάθεσης των αποβλήτων των συσκευασιών ή άλλων προϊόντων με την ενθάρρυνση κατά προτεραιότητα:
 - συστημάτων επαναχρησιμοποίησής τους κατά τρόπο αβλαβή για το περιβάλλον, καθώς και ανάκτησης υλικών και ανακύκλωσής τους, ώστε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας και πρωτογενών πρώτων υλών,
 - της ανάκτησης ενέργειας ως αποτελεσματικό μέσο της αξιοποίησης των αποβλήτων τους.
- γ) Στον καθορισμό ποσοτικών στόχων για την ανακύκλωση και τις άλλες εργασίες αξιοποίησης των αποβλήτων των συσκευασιών και άλλων προϊόντων, καθώς και μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων χρονικών ορίων.
- δ) Στο σχεδιασμό και την καθιέρωση συστημάτων επιστροφής (εγγυοδοσίας), συλλογής και αξιοποίησης με τη συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων μερών.
- ε) Στην πρόβλεψη σήμανσης των συσκευασιών.
- στ) Στον καθορισμό των βασικών απαιτήσεων ως προς τη σύνθεση και τη φύση της επαναχρησιμοποίησιμης και αξιοποιήσιμης συσκευασίας και άλλων προϊόντων συμπεριλαμβανομένης της ανακύκλωσης.
- ζ) Στο διαχωρισμό των αποβλήτων στην πηγή, ώστε να επιτυγχάνεται υψηλό επίπεδο ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών.
- η) Η πρόβλεψη υιοθέτησης προτύπων τυποποίησης των συσκευασιών.

- θ) Η πρόβλεψη μέτρων και όρων για τη συνεργασία όλων όσων προβαίνουν σε διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων στα πλαίσια της αρχής ο ρυπαίνων πληρώνει και της συμμετοχής τους στην ευθύνη.
- ι) Η καθιέρωση συστημάτων ενημέρωσης του καταναλωτή για την προσαρμογή της στάσης και συμπεριφοράς του κατά τη διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων.
- ια) Η καθιέρωση διαδικασίας πληροφόρησης του κοινού στον τομέα των τεχνικών προτύπων και προδιαγραφών.

Τα προεδρικά διατάγματα Π.Δ. 82/2004, 109/2004, 115/2004, 116/2004, 117/2004 και 15/2006 καθορίζουν τους επιμέρους όρους για τα ορυκτέλαια, τα ελαστικά, τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές, τα οχήματα στο τέλος κύκλου ζωής τους και τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού αντίστοιχα. Το ΠΔ 117/2004 “Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις των Οδηγιών 2002/95 «σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού» και 2002/96 «σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού»” (ΦΕΚ 12Α/ 3.2.06), Εναρμονίζει την Οδηγία 2002/96/ΕΚ και την Οδηγία 2002/95/ΕΚ στην ελληνική νομοθεσία. Το ΠΔ 117/2004 τροποποιήθηκε από το ΠΔ 15/2006 (ΦΕΚ Α’ 12/3.6.2006).

Το ΠΔ 15/2006 “Τροποποίηση του ΠΔ 117/2004, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/108 «για την τροποποίηση της οδηγίας 2002/96 σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)» του Συμβουλίου της 8ης Δεκεμβρίου 2003”, ΦΕΚ 12Α/ 3.2.06, εναρμονίζει την Οδηγία 2003/108/ΕΚ στην ελληνική νομοθεσία. Οι διατάξεις των ΠΔ 117/2004 και ΠΔ 15/2006 επιβάλλουν τη χωριστή συλλογή των ΑΗΗΕ από τα οικιακά απόβλητα και την εξειδικευμένη επεξεργασία τους, με σκοπό την αξιοποίησή τους κατά την οποία θα πρέπει να επιτυγχάνεται υψηλό επίπεδο ανακύκλωσης.

ΥΑ Οικ. 105134/2004 “Έγκριση του Συλλογικού Συστήματος Εναλλακτικής Διαχείρισης Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού «ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ»”, ΦΕΚ 905B/17.6.2004. Στο σύστημα αυτό συμμετέχουν 616 εταιρείες. Για την οργάνωση δημοτικών σημείων συλλογής έχουν υπογραφεί συμβάσεις συνεργασίας με 187 Δήμους (απ’ ευθείας ή μέσω διαδημοτικών οργανισμών) σε όλες τις Περιφέρειες της χώρας. Τα ΑΗΗΕ που συλλέγονται μεταφέρονται μέσω αδειοδοτημένων εργολάβων στη μονάδα επεξεργασίας της ΕΚΑΝ ΑΕ στους Αγίους Θεοδώρους Κορινθίας, για ανακύκλωση και αξιοποίηση.

ΚΥΑ Αριθ. 112145/2004 “Έξχωριστή αναγραφή της χρηματικής εισφοράς επί των τιμολογίων πώλησης σε όλα τα στάδια πώλησης των ελαστικών των οχημάτων, των ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών, του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, των οχημάτων, των λιπαντικών ελαίων, εκτός των τιμολογίων που απευθύνονται στους τελικούς αγοραστές χρήστες επιτηδευματίες”, ΦΕΚ 1916B/24.12.2004.

Εγκύκλιος οικ. 122648/05 “Διευκρινήσεις σχετικά με την Μελέτη Οργάνωσης για την άδεια συλλογής και μεταφοράς αποβλήτων συσκευασιών, χρησιμοποιημένων ελαστικών οχημάτων, αποβλήτων λιπαντικών ελαίων, οχημάτων στο τέλος κύκλου ζωής τους, χρησιμοποιημένων ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών και αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 2939/2001”, 9.3.2005.

Νόμος 3854/2010 “Τροποποίηση της νομοθεσίας για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων και τον Εθνικό Οργανισμό Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και άλλες διατάξεις”, ΦΕΚ 94A/23.6.2010. Με το νόμο αυτό διαμορφώνεται το θεσμικό πλαίσιο για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων. Καθίστανται υποχρεωτικά τα πρότυπα διαχείρισης συσκευασιών τα οποία έχουν εγκριθεί από τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης (ΕΛΟΤ), γίνεται υποχρεωτική η συμμετοχή στα συστήματα συλλογικής

εναλλακτικής διαχείρισης των διαχειριστών συσκευασιών, ενώ τροποποιούνται και παράγραφοι του ν. 2939/2001

2.4 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΗΗΕ

Το 1987 η ΕΕ προχωράει στο 4ο Πρόγραμμα Δράσης για το περιβάλλον με σκοπό την εφαρμογή της κοινοτικής νομοθεσίας για την προστασία του περιβάλλοντος από τα κράτη μέλη. Το 1991 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχωράει στο πρόγραμμα της διαχείρισης των αποβλήτων προτεραιότητας στα οποία περιλαμβάνονταν:

- Απόβλητα από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό
- Απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις
- Οχήματα στο τέλος κύκλου ζωής τους
- Συσσωρευτές
- Ελαστικά
- Συσκευασίες και απορρίμματα συσκευασιών
- Χρησιμοποιημένα Ορυκτέλαια
- Νοσοκομειακά απόβλητα
- PCB's

Το 5ο Πρόγραμμα Δράσεως για το Περιβάλλον “προς μια αειφόρο ανάπτυξη” το οποίο θέσπισε τις αρχές μιας πιο ενεργητικής Ευρωπαϊκής στρατηγικής για την περίοδο 1992-2000 και σηματοδότησε την αρχή μίας οριζόντιας κοινοτικής δράσεως, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες ρύπανσης (βιομηχανία, ενέργεια, τουρισμός, μεταφορές, γεωργία). Πλέον τρέχει το 6ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον το οποίο προσδιορίζει γενικούς στόχους και καθορίζει κατάλογο περιβαλλοντικών προτεραιοτήτων μέχρι και το έτος 2010. Τα βασικότερα σημεία της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι τα εξής: η πρόληψη είναι προτιμότερη από τη λήψη

διορθωτικών μέτρων, τα περιβαλλοντικά προβλήματα πρέπει να αντιμετωπίζονται στην πηγή τους, ο ρυπαίνων πρέπει να πληρώνει το κόστος των μέτρων που θα ληφθούν για την προστασία του περιβάλλοντος, η περιβαλλοντική πολιτική πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να αποτελεί τμήμα των άλλων πολιτικών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Ολόκληρη η περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε. βασίζεται στην αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει". Οι πληρωμές μπορεί να πραγματοποιηθούν με τη μορφή επενδύσεων για να επιτευχθεί συμμόρφωση προς αυστηρότερα πρότυπα ή με τη μορφή φόρου επιβαλλόμενου στις επιχειρήσεις ή στους καταναλωτές που χρησιμοποιούν μη οικολογικά προϊόντα (π.χ. ορισμένους τύπους συσκευασιών).

Οδηγία 2002/95/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Ιανουαρίου 2003, σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Τροποποιήθηκε: Απόφαση 2005/618/ΕΚ.

Οδηγία 2002/96/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Ιανουαρίου 2003, σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).

Τροποποιήθηκε: Οδηγία 2003/108/ΕΚ.

Οδηγία 2003/108/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 8ης Δεκεμβρίου 2003, για τροποποίηση της οδηγίας 2002/96/ΕΚ σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).

Τροποποιεί: Οδηγία 2002/96/ΕΚ.

Απόφαση 2005/618/ΕΚ της Επιτροπής της 18ης Αυγούστου 2005, για την τροποποίηση της οδηγίας 2002/95/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την καθιέρωση μέγιστων τιμών συγκέντρωσης για ορισμένες επικίνδυνες ουσίες στα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού

Η οδηγία 2002/96/EK

Ως σκοπός αυτής της οδηγίας αναφέρεται η πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και επιπλέον η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση και άλλες μορφές αξιοποίησης των αποβλήτων αυτών ώστε να μειωθεί η ποσότητα των αποβλήτων προς διάθεση. Παράλληλα επιδιώκεται η βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων όλων των φορέων που συμμετέχουν στον κύκλο ζωής του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, παραδείγματος χάρη παραγωγών, διανομέων και καταναλωτών και ιδίως των φορέων που σχετίζονται άμεσα με την επεξεργασία των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Ορίζεται το πεδίο εφαρμογής της οδηγίας και παρατίθενται οι κατηγορίες ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού για τις οποίες αυτή εφαρμόζεται, εφόσον ο εν λόγω εξοπλισμός δεν αποτελεί τμήμα άλλου τύπου εξοπλισμού ο οποίος δεν εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής της παρούσας οδηγίας. Παρατίθεται επίσης ο κατάλογος των προϊόντων που εμπίπτουν στις παραπάνω κατηγορίες. Αναφέρεται ότι ο εξοπλισμός που συνδέεται με την προστασία ουσιωδών συμφερόντων ασφάλειας των κρατών μελών, τα όπλα, τα πυρομαχικά και το πολεμικό υλικό, εξαιρούνται από την παρούσα οδηγία.

Επίσης στην παρούσα οδηγία δίνονται ορισμοί που αφορούν τα ΑΗΗΕ όπως «Ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός» ή «ΗΗΕ», «Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού» ή «ΑΗΗΕ», «Πρόληψη», «Επαναχρησιμοποίηση», «Ανακύκλωση», «Αξιοποίηση», «Διάθεση», «Επεξεργασία», «Παραγωγός», «Διανομέας», «ΑΗΗΕ οικιακής προέλευσης», «Επικίνδυνες ουσίες ή παρασκευάσματα » και «Χρηματοδοτική συμφωνία ».

Γίνεται αναφορά στο γεγονός ότι τα κράτη μέλη ενθαρρύνουν το σχεδιασμό και την παραγωγή ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που λαμβάνει υπόψη και διευκολύνει την αποσυναρμολόγηση και αξιοποίηση και ιδίως την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των ΑΗΗΕ, των κατασκευαστικών τους στοιχείων και των υλικών τους.

Αναφέρεται τα μέτρα που θεσπίζουν τα κράτη μέλη για την ελαχιστοποίηση της διάθεσης των ΑΗΗΕ ως αδιαχώριστων αστικών αποβλήτων και για την επίτευξη υψηλού επιπέδου χωριστής συλλογής των ΑΗΗΕ. Αναφέρεται ως στόχος ότι, το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2006, θα έχει επιτευχθεί χωριστή συλλογή τουλάχιστον τεσσάρων χιλιογράμμων ΑΗΗΕ οικιακής προέλευσης κατά μέσο όρο, ανά κάτοικο και ανά έτος και καθορίζεται νέος υποχρεωτικός στόχος έως τις 31 Δεκεμβρίου 2008 που μπορεί να διατυπώνεται ως ποσοστό των ποσοτήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που έχουν πωληθεί κατά τα προηγούμενα έτη για οικιακή χρήση.

Γίνεται αναφορά στη δημιουργία συστημάτων επεξεργασίας ΑΗΗΕ εφαρμόζοντας τις βέλτιστες δυνατές τεχνικές επεξεργασίας, αξιοποίησης και ανακύκλωσης. Για την αξιοποίηση των ΑΗΗΕ που συλλέγονται χωριστά τα κράτη μέλη δίνουν προτεραιότητα στην επαναχρησιμοποίηση ολόκληρων συσκευών. Αναφέρεται στη χρηματοδότηση ως προς τα ΑΗΗΕ οικιακής και μη οικιακής προέλευσης, γίνεται ενημέρωση των χρηστών και δίνονται πληροφορίες σχετικά με τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Παρουσιάζεται το σύμβολο της σήμανσης που αναφέρεται στη χωριστή συλλογή ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού αποτελείται από διαγραμμένο τροχοφόρο κάδο απορριμμάτων όπως παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 2.1. Το σύμβολο σήμανσης που αναφέρεται στη χωριστή συλλογή ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού από τα υπόλοιπα στερεά απόβλητα.

Η οδηγία 2002/95/EK

Ως σκοπός αυτής της οδηγίας αναφέρεται η προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τους περιορισμούς της χρήσης επικίνδυνων ουσιών στον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, καθώς και η συμβολή στην προστασία της ανθρώπινης υγείας και στην περιβαλλοντικώς ορθή αξιοποίηση και διάθεση των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Το πεδίο εφαρμογής της παρούσας οδηγίας αποτελείται από τις κατηγορίες 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 και 10 του παραρτήματος I A της οδηγίας 2002/96/EK (ΑΗΗΕ) και τους λαμπτήρες πυράκτωσης και τα οικιακά φωτιστικά σώματα. Δηλαδή εφαρμόζεται για μεγάλες οικιακές συσκευές, μικρές οικιακές συσκευές, εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών, καταναλωτικά είδη, φωτιστικά είδη, ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (εξαιρουμένων των μεγάλης κλίμακας σταθερών βιομηχανικών εργαλείων), παιχνίδια, εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού και συσκευές αυτόματης διανομής. Δίνονται, όπως και στην οδηγία 2002/96/EK, οι ορισμοί των «Ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός» ή «ΗΗΕ» και «Παραγωγός».

Γίνεται αναφορά στην Πρόληψη (από την 1η Ιουλίου 2006, ο νέος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός που διατίθεται στην αγορά δεν περιέχει μόλυβδο, υδράργυρο, κάδμιο, εξασθενές χρώμιο, πολυβρωμοδιφαινύλια (PBB) ή πολυβρωμοδιφαινυλαιθέρες - PBDE) και οι απαραίτητες τροποποιήσεις για την προσαρμογή του παραρτήματος στην επιστημονική και τεχνική πρόοδο.

Πιο συγκεκριμένα επιτρέπεται ο υδράργυρος σε λαμπτήρες φθορισμού μικρών διαστάσεων, εφόσον δεν υπερβαίνει τα 5 mg ανά λαμπτήρα, ο υδράργυρος σε ευθείς λαμπτήρες φθορισμού γενικών εφαρμογών, εφόσον δεν υπερβαίνει:

- ο αλοφωσφορικός τα 10 mg
- ο τριφωσφορικός, σε κοινούς λαμπτήρες τα 5 mg

- ο τριφωσφορικός, σε λαμπτήρες με μεγάλη διάρκεια ζωής τα 8 m g.

Ο υδράργυρος σε ευθείς λαμπτήρες φθορισμού ειδικών εφαρμογών, ο μόλυβδος στο γυαλί καθοδικών λυχνιών, ηλεκτρονικών κατασκευαστικών στοιχείων και λαμπτήρων φθορισμού, ο μόλυβδος ως συστατικό κράματος χάλυβα με περιεκτικότητα σε μόλυβδο έως 0,35 % κατά βάρος, κράματος αλουμινίου με περιεκτικότητα σε μόλυβδο έως 0,4 % κατά βάρος και κράματος χαλκού με περιεκτικότητα σε μόλυβδο έως 4 % κατά βάρος, ο μόλυβδος για κολλήσεις τύπου υψηλού σημείου τήξεως (συγκολλητικό από κράμα μόλυβδου-κασσιτέρου με άνω του 85 % μόλυβδο), ο μόλυβδος για κολλήσεις για διακομιστές, συστήματα αποθήκευσης και συστήματα αποθήκευσης με συστοιχίες (χορηγείται εξαίρεση έως το 2010), ο μόλυβδος για κολλήσεις για εξοπλισμό υποδομής δικτύων, για μεταγωγή, σηματοδότηση, διαβίβαση, καθώς και διαχείριση δικτύου για τηλεπικοινωνίες, ο μόλυβδος σε ηλεκτρονικά κεραμικά κατασκευαστικά στοιχεία (π.χ. πιεζοηλεκτρονικές διατάξεις), επίστρωση με κάδμιο εκτός των εφαρμογών που έχουν απαγορευθεί δυνάμει της οδηγίας 91/338/ΕΟΚ για την τροποποίηση της οδηγίας 76/769/ΕΟΚ, το εξασθενές χρώμιο ως αντιδιαβρωτικό του ψυκτικού συστήματος από ανθρακούχο χάλυβα στα ψυγεία απορρόφησης, ενώ η Επιτροπή εξετάζει τις εφαρμογές που αφορούν το δεκα-BDE, τον υδράργυρο σε ευθείς λαμπτήρες φθορισμού ειδικών εφαρμογών, το μόλυβδο για κολλήσεις για διακομιστές, συστήματα αποθήκευσης και συστήματα αποθήκευσης με συστοιχίες, εξοπλισμό υποδομής δικτύων, για μεταγωγή, σηματοδότηση, διαβίβαση, καθώς και διαχείριση δικτύου για τηλεπικοινωνίες (προκειμένου να καθοριστεί συγκεκριμένο χρονικό όριο για αυτήτην εξαίρεση) και τους λαμπτήρες πυράκτωσης, κατά προτεραιότητα, προκειμένου να αποφασίσει, το ταχύτερο δυνατόν, αν πρέπει να τροποποιηθούν αναλόγως τα είδη αυτά.

Οδηγίες για τον οικολογικό σχεδιασμό προϊόντων που καταναλώνουν ενέργεια

Εκτός όμως από τις πιο πάνω οδηγίες που αφορούν συγκεκριμένα τα ΑΗΗΕ, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έχει εκδώσει και οδηγίες που αναφέρονται στον οικολογικό

σχεδιασμό των προϊόντων που καταναλώνουν ενέργεια. Αυτές οι οδηγίες αφορούν άμεσα την περίπτωση του ΗΗΕ και παρατίθενται παρακάτω.

Οδηγία 2005/32/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 6ης Ιουλίου 2005, για θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και για τροποποίηση της οδηγίας 92/42/ΕΟΚ του Συμβουλίου και των οδηγιών 96/57/ΕΚ και 2000/55/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου

Η παρούσα οδηγία καθορίζει ένα πλαίσιο για τη θέσπιση κοινοτικών απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού για τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια, προκειμένου να διασφαλίζεται η ελεύθερη κυκλοφορία των προϊόντων αυτών στην εσωτερική αγορά. Προβλέπει τη θέσπιση απαιτήσεων τις οποίες πρέπει να πληρούν τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια τα οποία καλύπτονται από μέτρα εφαρμογής, προκειμένου τα εν λόγω προϊόντα να διατίθενται στην αγορά ή/και να τίθενται σε λειτουργία. Συμβάλλει στην αιεφόρο ανάπτυξη αυξάνοντας την ενεργειακή απόδοση και το επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Η παρούσα οδηγία δεν εφαρμόζεται στα μέσα μεταφοράς προσώπων ή εμπορευμάτων, ενώ ισχύει υπό την επιφύλαξη της κοινοτικής νομοθεσίας σχετικά με τη διαχείριση αποβλήτων και της κοινοτικής νομοθεσίας περί χημικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένης της κοινοτικής νομοθεσίας περί φθοριωμένων αερίων θερμοκηπίων. Η οδηγία προβλέπει ότι τα προϊόντα που καλύπτονται από μέτρα εφαρμογής μπορούν να διατίθενται στην αγορά ή/και να τίθενται σε λειτουργία μόνο εάν έχουν συμμορφωθεί με τα εν λόγω μέτρα και φέρουν τη σήμανση CE.

Οδηγία 2009/125/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21ης Οκτωβρίου 2009, για τη θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα. Η Ε.Ε. έκρινε σκόπιμη, για λόγους σαφήνειας, την ψήφιση της νέας οδηγίας 2009/125/EK, με την ευκαιρία τροποποιήσεων που περιορίζονται αυστηρά στην επέκταση του πεδίου εφαρμογής της

οδηγίας 2005/32/EK ώστε να συμπεριληφθούν όλα τα συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα.

Στα πλαίσια της οδηγίας δίνονται εκτός των άλλων ορισμών οι ακόλουθοι:

«επαναχρησιμοποίηση»: κάθε ενέργεια με την οποία ένα προϊόν που καταναλώνει ενέργεια (ΠΚΕ) ή εξαρτήματά του, που έχουν φτάσει στο τέλος της πρώτης χρήσης τους, χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκαν, συμπεριλαμβανομένης της συνεχούς χρήσης ενός ΠΚΕ το οποίο επιστρέφεται σε σημεία συλλογής, διανομείς, φορείς ανακύκλωσης ή κατασκευαστές, καθώς και της επαναχρησιμοποίησης ενός ΠΚΕ μετά από ανακαίνιση

«ανακύκλωση»: η επανεπεξεργασία αποβλήτων στα πλαίσια μιας διαδικασίας παραγωγής για τον αρχικό σκοπό ή για άλλους σκοπούς, όχι όμως για την ανάκτηση ενέργειας

«ανάκτηση ενέργειας»: κάθε χρήση καυσίμων αποβλήτων ως μέσων παραγωγής ενέργειας μέσω της άμεσης καύσης με ή χωρίς άλλα απόβλητα αλλά με ανάκτηση της θερμότητας

«ανάκτηση»: κάθε εφαρμοστέα ενέργεια που προβλέπεται στο παράρτημα II Β της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 15 Ιουλίου 1975, περί των στερεών αποβλήτων

«απόβλητο»: κάθε ουσία ή αντικείμενο των κατηγοριών που ορίζονται στο παράρτημα I της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ την οποία ο κάτοχος απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει

«επικίνδυνο απόβλητο»: κάθε απόβλητο που εμπίπτει στο άρθρο 1, παράγραφος 4 της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 12 Δεκεμβρίου 1991, για τα επικίνδυνα απόβλητα

«οικολογικός σχεδιασμός»: η ένταξη των περιβαλλοντικών πτυχών στο σχεδιασμό του προϊόντος με στόχο τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων του ΠΚΕ καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του

Επίσης στο παράρτημα της παρούσας οδηγίας αναφέρονται, εκτός των άλλων, οι παράμετροι οικολογικού σχεδιασμού για τα ΠΚΕ. Οι σημαντικές περιβαλλοντικές πτυχές προσδιορίζονται με συνεκτίμηση των ακόλουθων φάσεων του κύκλου ζωής του προϊόντος και στο βαθμό που αυτές συνδέονται με τον σχεδιασμό του προϊόντος:

- α) επιλογή και χρησιμοποίηση πρώτων υλών
- β) κατασκευή
- γ) συσκευασία, μεταφορά και διανομή
- δ) εγκατάσταση και συντήρηση
- ε) χρήση
- στ) τέλος ζωής, ήτοι κατάσταση ενός ΠΚΕ που έχει φθάσει στο τέλος της πρώτης του χρήσης έως την τελική διάθεσή του.

Για κάθε φάση, πρέπει να εκτιμώνται οι ακόλουθες περιβαλλοντικές πτυχές, ανάλογα με την περίπτωση:

- α) προβλεπόμενη κατανάλωση υλικών, ενέργειας και άλλων πόρων, όπως γλυκού νερού
- β) προβλεπόμενες εκπομπές στον αέρα, το νερό ή το έδαφος
- γ) προβλεπόμενη ρύπανση μέσω φυσικών φαινομένων, όπως ο θόρυβος, οι δονήσεις, οι ακτινοβολίες, τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία
- δ) προβλεπόμενη παραγωγή αποβλήτων

- ε) δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών ή/και ενέργειας, λαμβανομένης υπόψη της οδηγίας 2002/96/EK.

Ιδιαίτερα, πρέπει να χρησιμοποιούνται και να συμπληρώνονται από άλλες, οσάκις απαιτείται, οι ακόλουθες παράμετροι για την αξιολόγηση των δυνατοτήτων βελτίωσης των περιβαλλοντικών πτυχών που αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο:

- α) βάρος και όγκος του προϊόντος
- β) χρήση υλικών που προέρχονται από δραστηριότητες ανακύκλωσης
- γ) κατανάλωση ενέργειας, νερού και άλλων πόρων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής
- δ) χρήση ουσιών που ταξινομούνται ως επικίνδυνες για την υγεία ή/και το περιβάλλον σύμφωνα με την οδηγία 67/548/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 27 Ιουνίου 1967, περί προσεγγίσεως των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων που αφορούν την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικινδύνων ουσιών και λαμβανομένης υπόψη της νομοθεσίας σχετικά με την εμπορία και τη χρήση συγκεκριμένων ουσιών, όπως οι οδηγίες 76/769/ΕΟΚ ή 2002/95/EK
- ε) ποσότητα και φύση των αναλωσίμων που χρειάζονται για τη σωστή χρήση και συντήρηση
- στ) ευχέρεια επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης, όπως εκφράζεται μέσω των εξής στοιχείων: αριθμός χρησιμοποιούμενων υλικών και εξαρτημάτων, χρήση τυποποιημένων εξαρτημάτων, χρόνος που απαιτείται για την αποσυναρμολόγηση, πολυπλοκότητα των εργαλείων που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση, χρήση προτύπων κωδικοποίησης για τον προσδιορισμό των εξαρτημάτων και των υλικών που είναι κατάλληλα για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση (συμπεριλαμβανομένης της σήμανσης των πλαστικών εξαρτημάτων σύμφωνα με τα πρότυπα ISO), χρήση εύκολα ανακυκλώσιμων υλικών, ευχερής πρόσβαση σε πολύτιμα και άλλα ανακυκλώσιμα εξαρτήματα και υλικά, ευχερής πρόσβαση σε εξαρτήματα και υλικά που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
- ζ) ενσωμάτωση μεταχειρισμένων εξαρτημάτων

- η) αποφυγή τεχνικών λύσεων που βλάπτουν την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση εξαρτημάτων και ολόκληρων συσκευών
- θ) παράταση του χρόνου ζωής, όπως εκφράζεται μέσω των εξής στοιχείων: ελάχιστη εγγυημένη διάρκεια ζωής, ελάχιστο διάστημα διαθεσιμότητας ανταλλακτικών, δομοστοιχειωτός σχεδιασμός, δυνατότητα αναβάθμισης, δυνατότητα επιδιόρθωσης
- ι) ποσότητες παραγομένων αποβλήτων και ποσότητες παραγομένων επικίνδυνων αποβλήτων
- ια) εκπομπές στον αέρα (αέρια θερμοκηπίου, παράγοντες οξίνισης, πτητικές οργανικές ενώσεις, ουσίες που εξασθενούν τη στιβάδα του όζοντος, ανθεκτικοί οργανικοί ρύποι, βαρέα μέταλλα, λεπτά σωματίδια και αιωρούμενα σωματίδια), με την επιφύλαξη της οδηγίας 97/68/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16 Δεκεμβρίου 1997, για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τα ληπτέα μέτρα κατά της εκπομπής αερίων και σωματιδιακών ρύπων προερχόμενων από κινητήρες εσωτερικής καύσης που τοποθετούνται σε μη οδικά κινητά μηχανήματα
- ιβ) εκπομπές στο νερό (βαρέα μέταλλα, ουσίες που έχουν αρνητική επίδραση στο ισοζύγιο οξυγόνου, ανθεκτικοί οργανικοί ρύποι)
- ιγ) εκπομπές στο έδαφος (ιδίως διαρροή και διάχυση επικίνδυνων ουσιών κατά τη φάση της χρήσης των προϊόντων, και κίνδυνος απόπλυσης κατά τη διάθεση των προϊόντων ως αποβλήτων).

2.5 ΕΠΙΚΕΙΜΕΝΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στις 11.8.2011 εξεδώθει ανακοίνωση της ευρωπαϊκής επιτροπής προς το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο σχετικά με τη θέση του Συμβουλίου όσον αφορά την έκδοση οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).

Οι συγκεκριμένοι στόχοι της αναδιατυπωμένης πρότασης για τα ΑΗΗΕ ήταν να αυξηθεί η αποδοτικότητα των πόρων και να εξασφαλιστεί η κατάλληλη επεξεργασία των ηλεκτρονικών αποβλήτων με τον καθορισμό νέων στόχων συλλογής προσαρμοσμένων στην πραγματικότητα κάθε κράτους μέλους. Περαιτέρω στόχοι ήταν η μείωση του άσκοπου διοικητικού φόρτου, αφού διευκρινίστηκε ότι οι ευθύνες του παραγωγού βασίζονται σε ευρωπαϊκή προσέγγιση, και η εξασφάλιση της καλύτερης εφαρμογής, συγκεκριμένα με αντιστροφή του βάρους της απόδειξης κατά τις εξαγωγές χρησιμοποιημένου εξοπλισμού για τον οποίο υπάρχουν υπόνοιες ότι είναι ΑΗΗΕ.

Η Επιτροπή αποδέχθηκε πλήρως, εν μέρει ή κατ' αρχήν 55 από τις 86 τροπολογίες που ενέκρινε το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο σε πρώτη ανάγνωση. Οι 30 από αυτές τις 55 τροπολογίες αποτυπώνονται ήδη, τουλάχιστον εν μέρει, στην κοινή θέση. Η Επιτροπή αποδέχθηκε πλήρως, κατ' αρχήν ή εν μέρει τις τροπολογίες οι οποίες αποσαφηνίζουν το πλαίσιο της πρότασης ή την βελτιώνουν περαιτέρω σύμφωνα με τους καθορισμένους στόχους. Σε αυτές συγκαταλέγονται, συγκεκριμένα, η κατάργηση της σύνδεσης με το πεδίο εφαρμογής της οδηγίας για τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό (RoHS), ο καθορισμός του στόχου συλλογής με βάση τα ΑΗΗΕ που παράγονται σε ορισμένες συνθήκες και η υποχρέωση των διανομέων να συγκροτήσουν κατάλληλα συστήματα συλλογής και ευαισθητοποίησης για τα πολύ μικρά ΑΗΗΕ.

Η Επιτροπή απέρριψε τις τροπολογίες που θα αλλοίωσαν το χαρακτήρα της πρότασης, όπως οι τροπολογίες που θα ήταν δυνατόν να υποβαθμίσουν το επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας ή να επιφέρουν περιττή αύξηση του διοικητικού φόρτου. Απέρριψε επίσης τις τροπολογίες που υπερβαίνουν το πεδίο εφαρμογής της διαδικασίας αναδιατύπωσης, η οποία εφαρμόζεται σύμφωνα με τη «Διοργανική Συμφωνία, της 28ης Νοεμβρίου 2001, για μια πλέον συστηματοποιημένη χρήση της τεχνικής της αναδιατύπωσης των νομικών πράξεων». Στις 14 Μαρτίου 2011 επιτεύχθηκε ομόφωνα πολιτική συμφωνία από τα κράτη μέλη, ενώ η Επιτροπή εξέφρασε σημαντικές επιφυλάξεις σχετικά με το κείμενο.

Το Συμβούλιο πρότεινε τις ακόλουθες κύριες αλλαγές στην πρόταση της Επιτροπής:

Ανοικτό πεδίο εφαρμογής. Το Συμβούλιο προτείνει να καλύπτει το πεδίο εφαρμογής μελλοντικώς, αρχής γενομένης έξι έτη μετά τη θέση σε ισχύ, παντός είδους «μεγάλο εξοπλισμό» και «μικρό εξοπλισμό». Αυτή η προσέγγιση αναφέρεται επίσης ως «ανοικτό πεδίο εφαρμογής», επειδή το πεδίο δεν περιορίζεται σε κλειστό κατάλογο κατηγοριών όπως συμβαίνει σήμερα, αλλά «ανοικτό» σε κάθε νέο εξοπλισμό που πληροί τους ορισμούς της οδηγίας. Μια σειρά νέες εξαιρέσεις και οι σχετικοί ορισμοί θα συνοδεύσουν την υιοθέτηση του «ανοικτού πεδίου εφαρμογής». Η Επιτροπή θεωρεί ότι ο εξοπλισμός που εμπίπτει σήμερα στο πεδίο εφαρμογής της οδηγίας πρέπει να μην εξαιρεθεί στο μέλλον και ότι το πεδίο εφαρμογής πρέπει να επεκτείνεται μόνο εφόσον τα οφέλη υπερβαίνουν το κόστος.

Ορισμός των κατηγοριών των ΑΗΗΕ. Το Συμβούλιο αντικαθιστά τις ισχύουσες δέκα κατηγορίες που προβλέπονται στο παράρτημα της οδηγίας από ένα νέο σύνολο πέντε κατηγοριών. Επί του παρόντος, είναι σημαντικές αυτές οι κατηγορίες για τον καθορισμό του πεδίου εφαρμογής της οδηγίας και τη διαφοροποίηση των στόχων ανάκτησης και ανακύκλωσης. Κατά το Συμβούλιο, στο μέλλον οι κατηγορίες δεν θα είναι πλέον αποφασιστικής σημασίας για τον καθορισμό του πεδίου εφαρμογής (βλ. παραπάνω «ανοικτό πεδίο»), αλλά θα συνεχιστεί η διαφοροποίηση των στόχων της ανάκτησης και ανακύκλωσης. Η Επιτροπή μπορεί να αποδεχθεί την αλλαγή του ορισμού των εν λόγω κατηγοριών ΑΗΗΕ, εφόσον δεν επιφέρει αλλαγή του επιπέδου φιλοδοξιών για την ανακύκλωση/ανάκτηση και δεν δημιουργεί περιττό διοικητικό φόρτο.

Επέκταση του πεδίου εφαρμογής στα φωτοβολταϊκά πάνελ. Το Συμβούλιο προτείνει να επεκταθεί το πεδίο εφαρμογής της οδηγίας από την ημερομηνία έναρξης ισχύος της για να συμπεριλάβει τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Η Επιτροπή συμφωνεί ότι θα πρέπει να διασφαλιστούν η συλλογή, η σωστή επεξεργασία και η ανάκτηση των φωτοβολταϊκών

πάνελ. Η Επιτροπή διεξήγαγε αξιολόγηση των επιπτώσεων της ενσωμάτωσής τους στο πεδίο εφαρμογής της οδηγίας ΑΗΗΕ. Η μελέτη δείχνει ότι υπάρχουν περιβαλλοντικά οφέλη και ευκαιρίες για την ανάκτηση δευτερογενών πρώτων υλών.

Εθνική προσέγγιση για τις υποχρεώσεις των παραγωγών. Ο ορισμός του «παραγωγού» από το Συμβούλιο βασίζεται στην έννοια των εθνικών αγορών. Αυτή η εθνική προσέγγιση είναι δυνατόν να έχει ως αποτέλεσμα την πολλαπλή καταχώριση, πολλαπλές πληρωμές για το ίδιο προϊόν, πολλαπλές απαιτήσεις ενημέρωσης για την επεξεργασία και τη σήμανση των προϊόντων, καθώς και την υποχρέωση των παραγωγών να εκπροσωπούνται νομίμως σε περισσότερα από ένα κράτη μέλη. Η Επιτροπή είχε προτείνει να διευκρινιστεί ότι για την αποφυγή αυτών των εμποδίων πρέπει να χρησιμοποιείται προσέγγιση βασιζόμενη στην κοινοτική αγορά και εξακολουθεί να θεωρεί ότι πρέπει να συμφωνηθεί ευρωπαϊκή προσέγγιση για τις υποχρεώσεις των παραγωγών. Αυτό ισχύει ιδίως για τις υποχρεώσεις στην περίπτωση της διασυνοριακής πώλησης προϊόντων εξ αποστάσεως.

Στόχος για τη συλλογή. Κατά το Συμβούλιο, τα κράτη μέλη πρέπει να επιτύχουν οκτώ έτη μετά την έναρξη ισχύος της οδηγίας τον στόχο της συλλογής του 65% του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που διατίθεται στην αγορά. Σε σύγκριση με την πρόταση της Επιτροπής, αυτό σημαίνει καθυστέρηση περίπου τεσσάρων ετών. Για οκτώ κράτη μέλη, προβλέπεται πρόσθετη ευελιξία δύο ετών. Η Επιτροπή θεωρεί ότι είναι δυνατόν να διευκρινιστούν περαιτέρω στο κείμενο οι μεταβατικές ρυθμίσεις για να ληφθούν υπόψη ιδιαίτερες εθνικές συνθήκες, που έχουν ήδη συμπεριληφθεί στην πρόταση της Επιτροπής. Ωστόσο, επειδή είναι αναγκαία αποφασιστική δράση για την αύξηση της αποδοτικότητας των πόρων και της πρόσβασης σε δευτερογενείς πρώτες ύλες, είναι σημαντικό να διατηρηθεί ένας φιλόδοξος στόχος συλλογής, τόσο όσον αφορά το επίπεδο όσο και τον χρόνο έναρξης ισχύος. Ως εκ τούτου, η Επιτροπή δεν μπορεί να δεχθεί να καθυστερήσει η προθεσμία επίτευξης του στόχου της συλλογής. Η Επιτροπή μπορεί να συμφωνήσει με την πρόθεση του Συμβουλίου να χαρακτηρίσει τους λαμπτήρες φθορισμού

που περιέχουν υδράργυρο ως προϊόντα προτεραιότητας για χωριστή συλλογή, για τα οποία είναι δυνατόν να καθοριστεί μελλοντικώς ιδιαίτερος στόχος συλλογής τους.

Εκπόνηση προτύπων. Το Συμβούλιο απαιτεί να εκπονήσει η Επιτροπή ελάχιστα πρότυπα για την επεξεργασία των ΑΗΗΕ, βάσει του άρθρου 27 της οδηγίας 2008/98/ΕΚ (οδηγία για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών). Η Επιτροπή αντιλαμβάνεται κατ' αρχήν τα οφέλη του καθορισμού προτύπων για την επεξεργασία των ΑΗΗΕ και στηρίζει επί του παρόντος σχέδιο εκπόνησης αυτών των προτύπων που θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε προαιρετική βάση. Ωστόσο, η Επιτροπή θεωρεί ότι το νέο κείμενο σχετικά με τα πρότυπα ενδέχεται να έρχεται σε αντίθεση με τα τμήματα του κειμένου που δεν εμπίπτουν στη διαδικασία της αναδιατύπωσης.

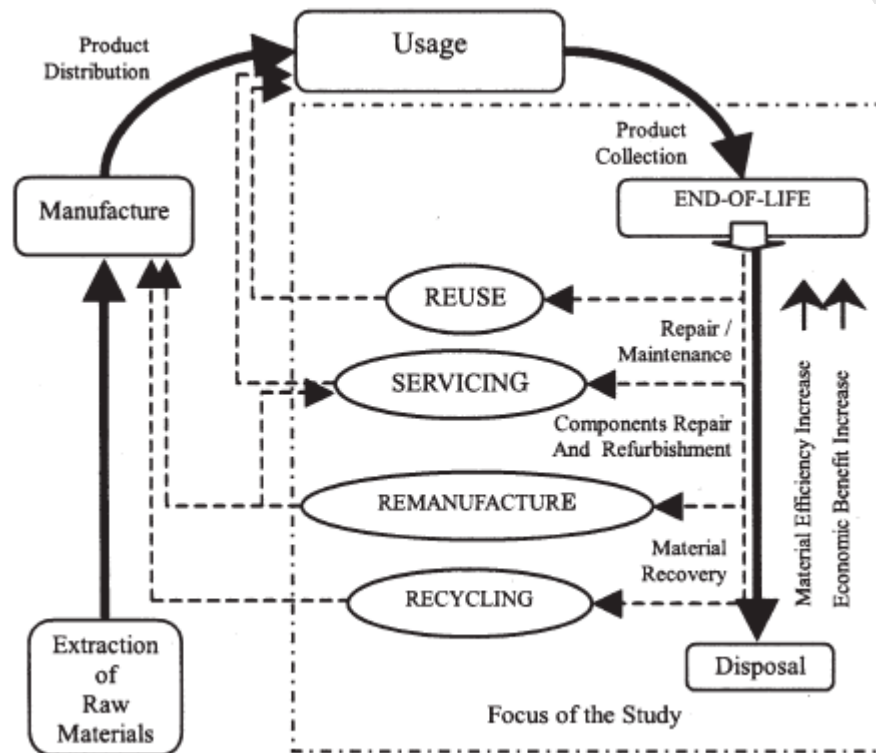
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΗΗΕ

3.1 ΟΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΗΗΕ

Ο κύκλος ζωής όλων των προϊόντων ΗΗΕ περιλαμβάνει μια σειρά από αλληλένδετα στάδια, όπου το πρώτο στάδιο είναι η απόκτηση των πρώτων υλών που είναι απαραίτητες για την κατασκευή τους μέχρι το τέλος του κύκλου ζωής τους (end-of-life, EOL), όπου η λειτουργικότητα του προϊόντος δεν πληρεί πλέον τις απαιτήσεις του αρχικού ιδιοκτήτη. Στο τέλος της ζωής του ένα προϊόν μπορεί είτε να απορριφθεί είτε να επεκτείνει τον κύκλο ζωής του (Billatos και Basally, 1998: Jofre και Morioka, 2005). Υπάρχουν πέντε βασικές στρατηγικές διαχείρισης του ΗΗΕ που έχει φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής του. Οι στρατηγικές αυτές μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες, σύμφωνα με τις πιθανές οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους (Rose, 1999: Rose, 2000: Jofre και Morioka, 2005: Katsamaki κ.α., 2005):

1. Επαναχρησιμοποίηση (reuse),
2. Συντήρηση (servicing),
3. Ανακατασκευή – επισκευή – αποσυναρμολόγηση (remanufacturing – repair - disassembly),
4. Ανακύκλωση (recycling),
5. Διάθεση (disposal).



Σχήμα 3.1. Οι στρατηγικές διαχείρισης ενός προϊόντος που έχει φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής του (Πηγή: Jofre και Morioka, 2005).

Ο όρος επαναχρησιμοποίηση αναφέρεται στην ανάκτηση και στην εμπορία είτε ολόκληρων των ήδη χρησιμοποιημένων (EOL) προϊόντων, είτε των τμημάτων τους όπως αυτά είχαν αρχικά σχεδιαστεί. Η συντήρηση είναι η στρατηγική που έχει στόχο την επέκταση του σταδίου της χρήσης ενός προϊόντος μέσω της επισκευής ή της συντήρησης του. Η ανακατασκευή αποτελεί τη διαδικασία αφαίρεσης συγκεκριμένων τμημάτων του απόβλητου προϊόντος ώστε να χρησιμοποιηθούν ξανά σε νέα αντικείμενα. Η ανακύκλωση (με ή χωρίς αποσυναρμολόγηση) περιλαμβάνει την επεξεργασία, την ανάκτηση και την επανακατεργασία των υλικών που περιέχονται στα χρησιμοποιημένα προϊόντα ή εξαρτήματα προκειμένου να αντικαταστήσουν παρθένα υλικά για την παραγωγή των νέων προϊόντων. Τέλος, η διάθεση περιλαμβάνει τις διαδικασίες της αποτέφρωσης (με ή χωρίς ανάκτηση ενέργειας) ή της υγειονομικής ταφής των προϊόντων που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους. Συχνά οι στρατηγικές διαχείρισης των προϊόντων που έχουν φτάσει στο

τέλος του κύκλου ζωής τους συνδυάζονται ώστε να μεγιστοποιηθεί κερδοφορία και η αποτελεσματικότητα (Katsamaki κ.α., 2005: Rose, 2000).

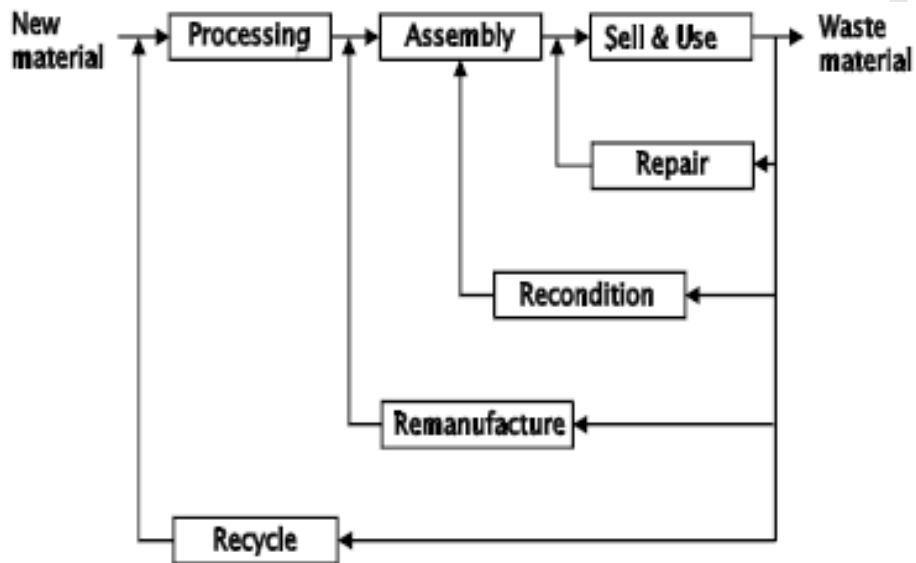
Σε κάποιες μελέτες η στρατηγική της ανακατασκευής (remanufacturing) και της επισκευής (repair) συμπληρώνονται με την αναμόρφωση (refurbishing) και την επιδιόρθωση (reconditioning) (King κ.α., 2004). Κατά την αναμόρφωση (refurbishing) αποκαθίσταται η αρχική ποιότητα των προϊόντων μετά από την αποσυναρμολόγηση έως ένα ορισμένο επίπεδο και ακολουθεί η επισκευή / αντικατάσταση των ελαττωματικών ή φθαρμένων εξαρτημάτων / ανταλλακτικών, χωρίς ωστόσο το προϊόν που προκύπτει να θεωρείται 'νέο' όπως στην περίπτωση της ανακατασκευής (remanufacturing). Κατά την επιδιόρθωση (reconditioning) συμβαίνει ότι και στην ανακατασκευή με τη διαφορά ότι η ποιότητα του προϊόντος που προκύπτει αναμένεται γενικά να είναι κατώτερη από εκείνη του αρχικού προϊόντος. Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζονται εποπτικά οι στρατηγικές διαχείρισης ενός προϊόντος και φαίνονται οι διαφορές τους που θα αναπτυχθούν περαιτέρω στο παρόν κεφάλαιο. Σε κάποια άρθρα τέλος, αναφέρεται και ο 'κανιβαλισμός' (Cannibalization) ως η πρακτική κατά την οποία επαναχρησιμοποιήσιμα τμήματα ανακτώνται από τα χρησιμοποιημένα προϊόντα ώστε να χρησιμοποιηθούν σε κάποια από τις προαναφερόμενες διεργασίες, ενώ το υπόλοιπο προϊόν απορρίπτεται (Nhogom και Osibanjo, 2010). Συγκεντρωτικά τα χαρακτηριστικά των στρατηγικών παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1. Τα χαρακτηριστικά των στρατηγικών διαχείρισης ενός προϊόντος που έχει φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής του (Πηγή: Rosemann κ.α., 2008).

	characteristic disassembly level	quality level	product change
Direct reuse	product	used	same as before
repairing	product	able to work	parts changed or repaired
Refurbishing	product or component	specified quality level	parts changed or repaired
Refabrication	component	like new	recombined components ¹
Upgrade	component	specified quality level	upgraded product
Cannibalization	component	depending from further use	parts partly reused

¹ upgrade is possible if applicable

Προκειμένου μειωθεί ο όγκος των ΑΗΗΕ που απορρίπτονται στο περιβάλλον, οι σχεδιαστές πρέπει να εξετάσουν το σύνολο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος από την εξαγωγή των πρώτων υλών που απαιτούνται, τις διεργασίες της κατασκευής του, τη χρήση του προϊόντος, έως και την τελική διάθεση του. Την έννοια-κλειδί για την πραγματοποίηση αυτού του στόχου αποτελεί ο ‘σχεδιασμός κλειστού βρόχου’, όπου τα ρεύματα των απορριμμάτων επαναδιοχετεύονται στην εφοδιαστική αλυσίδα για να γίνουν νέα ρεύματα πρώτων υλών ή κατασκευαστικών στοιχείων, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2. Σχεδιασμός κλειστού βρόχου μέσω επισκευής, ανακατασκευής ή ανακύκλωσης (Πηγή: King κ.α., 2004).

Γενικά υπάρχουν δύο μακροπρόθεσμες προοπτικές για την ανακύκλωση των αποβλήτων υλικών: η επαναχρησιμοποίηση (κλειστός βρόχος) ή ανακύκλωση (ανοικτός βρόχος) η οποία στη βιβλιογραφία αναφέρεται και ως απώλεια ενέργειας. Αυτή η θεώρηση στην πραγματικότητα δεν είναι κάτι άλλο από μια έκφραση του νόμου της διατήρησης της μάζας (King κ.α., 2004). Η επαναχρησιμοποίηση, η ανάκτηση δηλαδή των προϊόντων ή των εξαρτημάτων τους (που ουσιαστικά συνιστά ανακύκλωση κλειστού βρόχου), αποτελεί προτεραιότητα γιατί η παραγωγή νέων προϊόντων επιφέρει περισσότερο καταστροφικές συνέπειες στο περιβάλλον και στις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας από ότι η ανακύκλωσή τους. Κατά συνέπεια περιβαλλοντικά η επέκταση της ζωής των προϊόντων καθίσταται ως κεντρικός στόχος διαχείρισης των ΑΗΗΕ. Η ανακύκλωση ανοικτού βρόχου αποτελεί την ανάκτηση πρώτων υλών από ένα αντικείμενο που έχει απορριφθεί. Εμπεριέχει δηλαδή ως έννοια την εκ νέου χρήση των πρώτων υλών που έχουν ανακτηθεί από προϊόντα που έχουν απορριφθεί, για την κατασκευή νέων προϊόντων. Η ανάκτηση των πρώτων υλών είναι μία από τις βασικότερες εναλλακτικές επιλογές των ΑΗΗΕ στο τέλος της ζωής τους, καθώς η επαναχρησιμοποίησή τους είναι δύσκολη για πολλούς λόγους, που θα αναπτυχθούν στις παρακάτω ενότητες, με κυριότερο από αυτούς την ταχύτητα της εξέλιξης της τεχνολογίας. Βάση των παραπάνω μια σχετικά απλή ένδειξη για τη

‘βιωσιμότητα’ της ανακύκλωσης από περιβαλλοντική άποψη είναι ο λόγος των υλικών που ανακυκλώνονται ή επαναχρησιμοποιούνται προς τη συνολική προσφορά των παρθένων και ανακυκλωμένων ή επαναχρησιμοποιημένων υλικών (Ayres και Simonis, 1993).

Σε γενικές γραμμές τόσο η διαδικασία σχεδιασμού, όσο και η μέθοδος συλλογής για την ανάκτηση προϊόντων που έχουν απορριφθεί παίζουν θεμελιώδη ρόλο στον καθορισμό της αποδοτικότητας μιας δεδομένης στρατηγικής διαχείρισης προϊόντων που έχουν φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής τους (Rose, 1999). Κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού πρέπει να προσδιορίζονται όλα τα χαρακτηριστικά του προϊόντος, όπως η σύνθεση των υλικών που το αποτελούν, η απόδοση του και το κόστος του. Ως εκ τούτου ο σχεδιασμός παίζει μεγάλο ρόλο στον καθορισμό της καλύτερης πρακτικής για το τέλος του κύκλου ζωής ενός συγκεκριμένου προϊόντος. Στο πλαίσιο αυτό, η ‘εργαλειοθήκη σχεδιασμού’ ή ‘σχεδιασμός για το X’ (design for X, DfX) σε μια σύγχρονη διαδικασία σχεδιασμού είναι μια ολοκληρωμένη μέθοδος για αποδοτική και υψηλής ποιότητας διαχείριση του κύκλου ζωής (Rose, 2000). Μερικά παραδείγματα τέτοιου σχεδιασμού σε σχέση με συγκεκριμένα θέματα τέλους του κύκλου ζωής είναι ο σχεδιασμός για το περιβάλλον (DfE ή eco-design), η αποσυναρμολόγηση, η συντηρησιμότητα, η επαναχρησιμοποίηση, η επισκευή και η ανακύκλωση. Από την άλλη πλευρά, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η μέθοδος συλλογής που είναι η δράση για την ανάκτηση των αποβλήτων προϊόντων από τη στιγμή που απορρίπτονται. Σε γενικές γραμμές ο όγκος και η ποιότητα του εισερχόμενου ρεύματος των ανακτημένων προϊόντων περιορίζει την αποτελεσματικότητα ορισμένων στρατηγικών διαχείρισης του τέλους του κύκλου ζωής προϊόντων, όπως η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση (Jofre και Morigoka, 2005). Στον παρακάτω πίνακα 3.2 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο οι διαφορετικοί τύποι σχεδιασμού των στρατηγικών μπορούν να εφαρμοστούν με τα αντίστοιχα βήματα ανακατασκευής.

Πίνακας 3.2. Τα βήματα της ανακατασκευής και οι αντίστοιχες στρατηγικές σχεδιασμού (Πηγή: Gray και Charter, 2006).

DESIGN STRATEGY	REMANUFACTURING PROCESS						
	Core Collection	Inspection	Disassembly	Cleaning & storage	Remediation	Reassembly	Testing
Design for Core Collection	√	√					
Eco-Design		√	√	√		√	
Design for Disassembly		√	√	√	√	√	
Design for Multiple Lifecycles				√	√		
Design for Upgrade					√		
Design for Evaluation		√					√

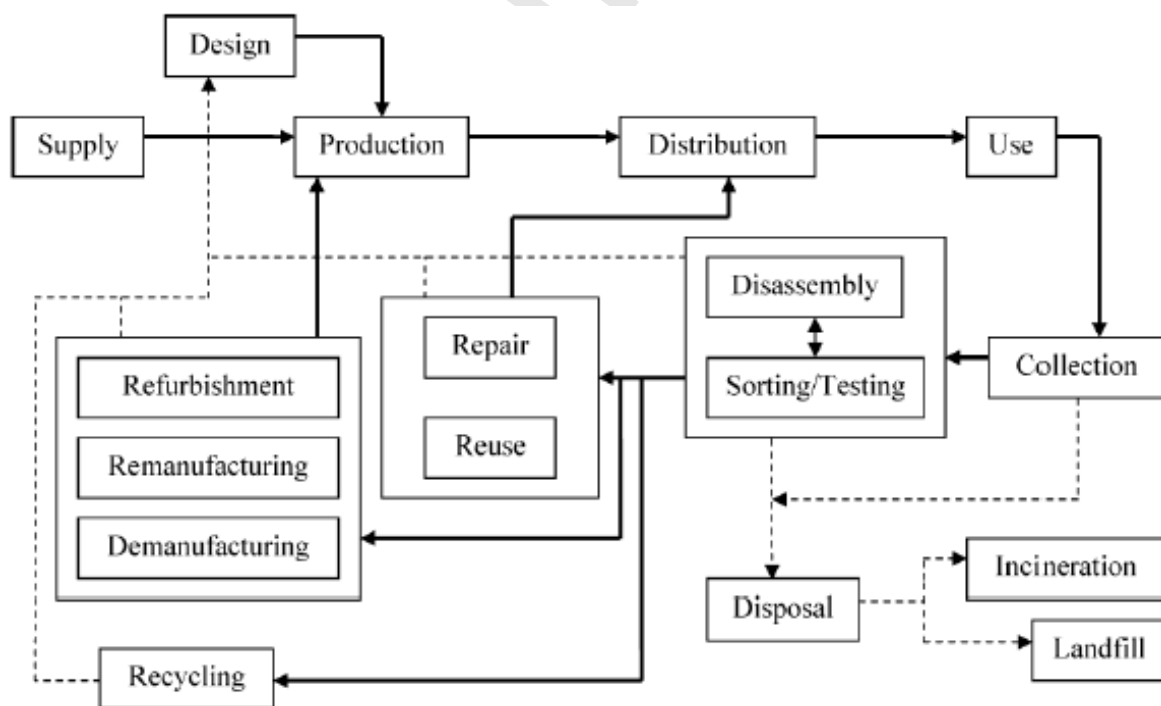
Όταν επιλέγεται μια στρατηγική διαχείρισης για ένα συγκεκριμένο προϊόν που έχει φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής του πρέπει να εξετάζονται τόσο η Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα, όσο και τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Τα τελευταία χρόνια οι εφοδιαστικές αλυσίδες επεκτάθηκαν ακόμα περισσότερο, ώστε να συμπεριλαμβάνουν και τον κλάδο της αλυσίδας που σχετίζεται με τα προϊόντα που ακολουθούν ροή αντίστροφη της συνηθισμένης, δηλαδή από τον τελικό χρήστη προς το παραγωγικό σύστημα. Ο όρος που έχει επικρατήσει για την περιγραφή της σύνθετης εφοδιαστικής αλυσίδας που προκύπτει κατ' αυτόν τον τρόπο είναι η Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα (Reverse Logistics ή Reverse Supply Chain) (Rogers, 1998). Η αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα είναι η διαδικασία του σχεδιασμού, της υλοποίησης, του ελέγχου και της αποτελεσματικής και αποδοτικής ροής των πρώτων υλών, των έτοιμων προϊόντων, των EOL προϊόντων και της σχετικής πληροφορίας, από το σημείο της κατανάλωσης στο σημείο όπου πραγματοποιείται (εκ νέου) επανάκτηση αξίας ή κατάλληλη διάθεση (Umeda κ.α., 2003). Οι βασικές δραστηριότητες της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνουν τη μεταφορά, την αποθήκευση, τη διανομή και τη διαχείριση των αποθεμάτων, ενώ για να

καταστεί αποδοτική, πρέπει η αντίστροφη ροή των προϊόντων να είναι αποτελεσματική με ελάχιστο κόστος λαμβάνοντας υπόψη ότι εάν το συνολικό κόστος υπερβαίνει το συνολικό κόστος των νέων προϊόντων, οι επιχειρήσεις ανακύκλωσης δεν θα είναι οικονομικά βιώσιμες. Η αντίστροφη εφοδιαστική θεωρείται ότι είναι η διαχείριση των υλικών και προϊόντων που είναι προς επιστροφή και μπορεί να υπάρχει σε αυτά κάποια αξία που μπορεί να ανακτηθεί. Ακριβώς σε αυτό το σημείο έγκειται η διαφορά της από τη διαχείριση των απόβλητων γενικά, η οποία αναφέρεται κυρίως στις ενέργειες της συλλογής, το χειρισμό των προϊόντων ή των υλικών που υποτίθεται ότι πρέπει να απορριφθούν χωρίς ωστόσο να ενδιαφέρει η πιθανή αξία τους (Katsamaki κ.α., 2005).

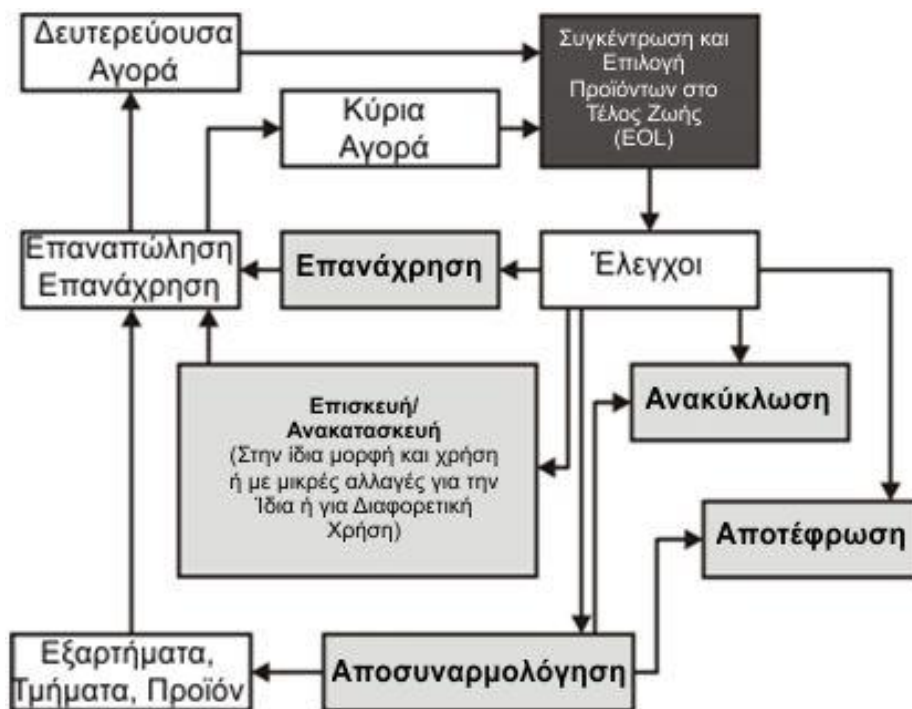
Στη βιβλιογραφία έχει παρατηρηθεί ότι τα προγράμματα αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας εκτός από τα διάφορα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, μπορούν προληπτικά να ελαχιστοποιήσουν τις απώλειες των αντίστοιχων εταιρειών από κρατικές οικονομικές απαιτήσεις ή ρυθμίσεις και να συμβάλλουν στη βελτίωση της εταιρικής εικόνας. Ως αποτέλεσμα η αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα είναι πλέον αντιληπτή από τους οργανισμούς ως 'ανάκτηση των επενδύσεων', αντί για μια απλή ελαχιστοποίηση του κόστους της διαχείρισης των αποβλήτων (Ravi κ.α., 2005). Ειδικότερα στην περίπτωση του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού ο οποίος έχει υψηλή αξία μεταπώλησης μετά την απόρριψη του, ένα σημαντικό ποσό αυτού του εξοπλισμού είναι κατάλληλο για επαναχρησιμοποίηση ή ανακατασκευή (European Council, 2000). Επιπλέον, η σύνθεση των υλικών που απαρτίζουν τα προϊόντα ΗΗΕ επιτρέπει υψηλή κερδοφορία κατά την ανακύκλωσή τους (EPA, 1999). Στις μέρες μας αποτελεί πρόκληση η εφαρμογή της βέλτιστης μεθόδου διαχείρισης προκειμένου να εκπληρωθούν ένας ή περισσότεροι πιθανοί στόχοι, όπως η ελαχιστοποίηση της χρήσης επικίνδυνων υλικών, η μεγιστοποίηση των ανακυκλωμένων υλικών που εξορύσσονται από το υπέδαφος, η μείωση των ποσοτήτων που διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής, η ελαχιστοποίηση του συνεπαγόμενου κόστους και η μεγιστοποίηση του κέρδους που μπορεί να προκύψει από το σωστά σχεδιασμένο χειρισμό των προϊόντων που βρίσκονται στο τέλος του κύκλου ζωής τους.

Η αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί μέρος της βιώσιμης ανάπτυξης, δεδομένου

ότι συμβάλλει στην καλλίτερη δυνατή αξιοποίηση των διεργασιών και έχει ως στόχο οι καταναλωτές να χρησιμοποιούν και να επαναχρησιμοποιούν αποδοτικά και αποτελεσματικά ολόκληρη την ενσωματωμένη αξία ενός προϊόντος. Η αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα όσον αφορά στην αιεφόρο ανάπτυξη, εμπλέκεται με τρεις διαφορετικούς τρόπους: περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά και είναι μία πολυδιάστατη διαδικασία που περιλαμβάνει μια σειρά από αποφάσεις, όπως κίνητρα για την επιστροφή προϊόντων ή υλικών, τον καθορισμό της βέλτιστης στρατηγικής EOL για κάθε προϊόν ή ομάδα προϊόντων (τόσο οικονομικά όσο και τεχνικά εφικτές και βέλτιστες στρατηγικές), τον αριθμό και την τοποθεσία των κέντρων αποκομιδής, τη μεταφορά και την αποθήκευση, τη συναρμολόγηση, τη ανακύκλωση ή την τελική διάθεση των προϊόντων καθώς και μια σειρά άλλων αποφάσεων (Katsamaki κ.α., 2005). Στα παρακάτω σχήματα 3.3 και 3.4 παρουσιάζονται οι στρατηγικές διαχείρισης ενός προϊόντος σαν μια γενική περιγραφή της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας για τα προϊόντα που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους.



Σχήμα 3.3. Το πλαίσιο της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας για τα προϊόντα που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους (Πηγή: Sasikumar και Kannan, 2008).



Σχήμα 3.4. Γενική περιγραφή της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας για τα προϊόντα που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους (Πηγή: Katsamaki κ.α., 2005).

Μια γενική ιεραρχική κατάταξη από τις προαναφερθείσες εναλλακτικές στρατηγικές βάση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων τους, της απαιτούμενης ενέργειας και των σχετικών δαπανών παρουσιάζεται στο σχήμα 3.5 και στο σχήμα 3.6:



Σχήμα 3.5. Η ιεραρχία της διαχείρισης των αποβλήτων (Πηγή: Puckett κ.α., 2005).



Σχήμα 3.6. Η ιεραρχία της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας (Πηγή: Katsamaki κ.α., 2005).

Από περιβαλλοντικής απόψεως, οι σημαντικότερες επιπτώσεις σε όλο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού συμβαίνουν κατά το στάδιο της χρήσης, ακολουθούμενες από την εξόρυξη των πρώτων υλών και τέλος την διάθεση (European Council, 2000). Αυτή η ιδιαιτερότητα σημαίνει ότι οι στρατηγικές διαχείρισης ενός προϊόντος πρέπει να επικεντρωθούν στη μείωση των επιπτώσεων στα τρία διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής του. Για αυτό το λόγο ένα επαρκές σενάριο διαχείρισης του τέλους ζωής των προϊόντων απαιτεί την ενσωμάτωση των διαφόρων στρατηγικών σε ένα συντονισμένο σύστημα υλικοτεχνικής υποστήριξης (Jofre και Morioka, 2005). Ένα τέτοιο σύστημα συνεπάγεται την προσαρμογή της διαδικασίας σχεδιασμού σε διάφορες απαιτήσεις, την κατάλληλη εφαρμογή ενός προγράμματος επιστροφής των προϊόντων, τις κατάλληλες υποδομές και την ανάπτυξη ενός αποδοτικού επιχειρησιακού μοντέλου.

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προϊόντων επηρεάζουν την επιτυχή υλοποίηση της τελικής στρατηγικής κατά τη διαδικασία της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας στο τέλος της ζωής αυτών. Τα χαρακτηριστικά των προϊόντων γενικά ομαδοποιούνται σε 5 τομείς (Katsamaki κ.α., 2005).

1) Τεχνικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά

- Η λειτουργική πολυπλοκότητα
- Ο κύκλος ζωής της συγκεκριμένης τεχνολογίας
- Τα υλικά και ο αριθμός των υλικών που χρησιμοποιούνται
- Ο χρόνος και η ενέργεια που απαιτείται για τον καθαρισμό και την επεξεργασία των υλικών πριν από τη χρήση τους
- Το μέγεθος, το χρώμα και το βάρος του προϊόντος
- Οι επιλογές για επανασχεδιασμό

2) Οικονομικά, διοικητικά και διαχειριστικά θέματα που αφορούν τη συμπεριφορά ενός προϊόντος σε μια δεδομένη αγορά

- Τα υφιστάμενα κανάλια διανομής των προϊόντων
- Η πολιτική τιμολόγησης των προϊόντων
- Η πολιτική προώθησης των προϊόντων
- Η προώθηση των διαθέσιμων μεταχειρισμένων προϊόντων και υλικών
- Το μέγεθος της αγοράς
- Η συμπεριφορά των αγοραστών
- Η οργάνωση της εταιρίας και ο μελλοντικός σχεδιασμός
- Οι επιλογές επαναπώλησης στην ίδια ή διαφορετική αγορά (προμηθευτές, πελάτες, δεσμεύσεις)
- Τα κέρδη από τα επαναχρησιμοποιημένα ή ανακατασκευασμένα προϊόντα
- Ο χρόνος φθοράς ενός προϊόντος (από την είσοδο του στην αγορά μέχρι το τέλος της ωφέλιμης ζωής του όπου γίνεται ένα απαξιωμένο προϊόν)
- Ο προγραμματισμός της παραγωγής

- Ο έλεγχος της απογραφής

3) Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

- Το περιβαλλοντικό φορτίο και το κόστος της αποτέφρωσης
- Το περιβαλλοντικό φορτίο και το κόστος της διάθεσης
- Το περιβαλλοντικό φορτίο και το κόστος της ανακύκλωσης, χωρίς την επεξεργασία του προϊόντος που έχει φτάσει στο τέλος της ζωής του
- Το περιβαλλοντικό φορτίο και το κόστος της ανακύκλωσης ενός επεξεργασμένου προϊόντος (ή ορισμένων τμημάτων του) που έχει φτάσει στο τέλος της ζωής του
- Η διαχείριση των επικίνδυνων υλικών
- Η διαχείριση των απορριμμάτων των υλικών κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού των προϊόντων

4) Διαδικασία αποσυναρμολόγησης

- Οι υφιστάμενες υποδομές
- Οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις
- Η απαίτηση σε ώρες εργασίας
- Η απαίτηση σε κόστος
- Η διαθεσιμότητα σε κατάλληλα καταρτισμένο προσωπικό
- Ο αριθμός των διαφόρων τμημάτων της συσκευής ή των ανταλλακτικών
- Ο αριθμός και οι κατηγορίες των συνδέσμων μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων της συσκευής ή των ανταλλακτικών
- Τα βήματα της αποσυναρμολόγησης
- Ο έλεγχος ποιότητας των τελικών αποσυναρμολογηθέντων τμημάτων της συσκευής
- Τα ανακτήσιμα υλικά από την επιστροφή των συσκευών

5) Διάφορα άλλα θέματα Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας

- Η διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος
- Η ευθύνη για τη διαχείριση των προϊόντων που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους
- Η νομοθεσία σε εθνικό ή ευρωπαϊκό επίπεδο
- Τα κέρδη μέσω της εφαρμογής της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας (συλλογή, διαχείριση και ανακύκλωση των προϊόντων που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους)
- Η χρήση της τεχνολογίας της πληροφορικής για τη μείωση της αβεβαιότητας
- Τα χρονοδιαγράμματα και οι ποσότητες των επιστροφών
- Η ισορροπία μεταξύ της ζήτησης και των επιστροφών

Μια παρόμοια ομαδοποίηση φαίνεται συγκεντρωτικά και στον πιο κάτω πίνακα 3.2, όπου τα χαρακτηριστικά που προτείνονται από τους συγγραφείς ομαδοποιούνται σε Τεχνικά, Κοινωνικά, Οικονομικά, Περιβαλλοντικά και Νομικά (O'Connell κ.α., 2010).

Πίνακας 3.3. Ειδική ανάλυση Προϊόντος για να καθοριστεί η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης (Πηγή: O'Connell κ.α., 2010).

Product specific analysis to determine reusability
Technical This involves an examination of the technical equipment and skills necessary to undertake the refurbishment process, and also an assessment of the availability of spare parts
Social The benefits the refurbished product can provide to low income households
Economic Determining whether there is a demand for the refurbished appliance The economic return from refurbishment of the appliance Involves a cost assessment of refurbishment operations with the secondary value of an appliance taken as 1/3 of the current market value of an equivalent new product.
Environmental An examination of how extension of life affects the lifecycle impact of the appliance through LCA comparisons
Legal Determining whether there are any legal barriers restricting/prohibiting the refurbishment of the specific appliance

Μετά την ανωτέρω ομαδοποίηση πρέπει να ακολουθεί μια πιο εκτεταμένη έρευνα για τα πιθανά χαρακτηριστικά που πρέπει να εξεταστούν, η οποία θα πρέπει να βασίζεται σε πραγματικές μελέτες περιπτώσεων και μετρήσεις. Έπειτα πρέπει να γίνει η μαθηματική εκτίμηση της σπουδαιότητας αυτών των χαρακτηριστικών και η εξέταση της συμπεριφοράς τους σε πραγματικές εφαρμογές, προκειμένου αυτά να καταταγούν μεμονωμένα ή σε ομάδες ανάλογα με τη σημασία τους για την επιτυχή εφαρμογή της στρατηγική που εφαρμόζεται σε κάθε περίπτωση.

Στις περισσότερες εταιρείες παρουσιάζεται έλλειψη ως προς την ανάπτυξη στρατηγικών για το χειρισμό των προϊόντων που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους, ενώ σε αρκετές από τις εταιρείες που εφαρμόζονται τέτοιες στρατηγικές υπάρχουν μεγάλα περιθώρια περαιτέρω βελτίωσης και βελτιστοποίησης (Katsamaki κ.α., 2005). Στο παραπάνω πλαίσιο, στις μέρες μας, παρουσιάζεται ως αναγκαιότητα η συστηματική εφαρμογή καταλλήλων μεθοδολογιών στην ανάπτυξη και στην κατασκευή νέων προϊόντων προκειμένου να ενσωματωθεί σε αυτές ο χειρισμός των προϊόντων που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους πριν από την είσοδο τους στην αγορά. Οι βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν στα πρώτα στάδια του σχεδιασμού ενός προϊόντος είναι δυνατό να μειώσουν τις αρνητικές επιπτώσεις που παρατηρούνται όταν αυτό φτάσει στο τέλος της ζωής του και παράλληλα να διασφαλιστεί η βέλτιστη εφαρμογή της κατάλληλης στρατηγικής για το τέλος ζωής που έχει επιλεγεί. Επίσης, η επιλογή της κατάλληλης στρατηγικής για τη διαχείριση των EOL προϊόντων πρέπει να βασίζεται στα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των προϊόντων και στις άλλες σχετικές παραμέτρους, όπως τα υπάρχοντα κανάλια μεταφοράς και οι διαθέσιμες υποδομές και εγκαταστάσεις για την επεξεργασία τους. Σήμερα ο συνδυασμός της εξέλιξης της τεχνολογίας, της νομοθεσίας και του ανταγωνισμού έχει αναδείξει το θέμα της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας και της διαχείριση των επιστρεφόμενων χρησιμοποιημένων προϊόντων ως θέμα ζωτικής σημασίας για τους καταναλωτές, τις εταιρείες και τις χώρες. Στο μέλλον, ο στόχος είναι οι σχεδιαστές να βελτιώσουν τα τελικά χαρακτηριστικά των προϊόντων, οι εταιρείες συλλογής αποβλήτων ή ανακύκλωσης να βελτιώσουν τις διαδικασίες που αφορούν την επιλογή και τη διαχείριση των προϊόντων μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής τους και οι υπεύθυνοι λήψης

αποφάσεων να αναπτύξουν αποτελεσματικά και ρεαλιστικά συστήματα διαχείρισης του τέλους του κύκλου ζωής των προϊόντων.

3.2 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ

Η επαναχρησιμοποίηση είναι η διάθεση των ΑΗΗΕ τα οποία βρίσκονται σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας (είναι λειτουργικά) σε κάποιον άλλο χρήστη για τη χρήση αυτών με το σκοπό που προορίζονταν όταν αρχικά κατασκευάστηκαν, χωρίς επιδιορθώσεις υλικών ή τροποποιήσεις. Οι δραστηριότητες κατά τη διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης περιορίζονται στη μη παρεμβατική λειτουργία ελέγχου, τον καθαρισμό, την αντικατάσταση των αναλώσιμων ειδών όπως μπαταρίες, τόνερ, συστήματα σύντηξης (fusers) κλπ., την εκκαθάριση των δεδομένων και των άλλων πληροφοριών και την πιθανή εγκατάσταση λογισμικού (OES, 2008). Με την επαναχρησιμοποίηση ένα προϊόν επαναφέρεται αυτούσιο στο ρεύμα της αγοράς με τη λογική ότι κάποιο προϊόν που δεν μπορεί πλέον να καλύψει τις ανάγκες κάποιου χρήστη (και άρα είναι απαξιωμένο), μπορεί να επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες κάποιου άλλου. Η επαναχρησιμοποίηση αντιπροσωπεύει την ανάκτηση και την εμπορία των EOL προϊόντων (είτε τμημάτων αυτών) όπως αυτά είχαν αρχικά σχεδιαστεί (Jofre και Morioka, 2005). Η επαναχρησιμοποίηση λοιπόν έχει ως σκοπό την επαναπροώθηση στην αγορά συσκευών ή εξαρτημάτων, των οποίων η λειτουργική κατάσταση είναι ικανοποιητική συγκρινόμενη με τις αρχικές τους επιδόσεις. Κατά τη συλλογή και τον έλεγχο των ΑΗΗΕ ως προς την κατάσταση της λειτουργίας τους, ενώ μερικά από αυτά στέλνονται για ανακύκλωση ανοικτού τύπου ή αλλά αποσυναρμολογούνται για την παραγωγή ανταλλακτικών ή συνδυάζονται μεταξύ τους για τη δημιουργία ενός νέου προϊόντος, αυτά που βρίσκονται σε καλή λειτουργική κατάσταση πωλούνται χωρίς να λαμβάνει χώρα κανενός είδους επισκευή στην πρακτική αυτή.

Στην περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης των προϊόντων, είναι σημαντικό ο κατασκευαστής να γνωρίζει πόση εξειδικευμένη γνώση (expert knowledge) διατίθεται στην

εταιρεία ανακύκλωσης, εφόσον το προϊόν θα φέρει όνομα του κατασκευαστή και στη 'δεύτερη ζωή' του και όχι το όνομα της εταιρείας ανακύκλωσης (Rose, 2000). Πρέπει σε αυτό το σημείο, βεβαίως, να τονιστεί ότι στην έννοια της επαναχρησιμοποίησης δε συμπεριλαμβάνεται μονό η επαναπώληση ενός προϊόντος σε κάποια τιμή νέας αγοράς, αλλά και η περίπτωση της μηδενικής τιμής πώλησης ή της δωρεάς αυτού, π.χ. για κάποιο κοινωνικό σκοπό όπως η μόρφωση. Για παράδειγμα στην περίπτωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών πολλές από τις βασικές λειτουργίες τους, όπως η επεξεργασία κειμένου, τα λογιστικά φύλλα, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και η χρήση του διαδικτύου, μπορούν να καλυφθούν και από παλαιότερους υπολογιστές. Έτσι η επαναχρησιμοποίηση τους παρουσιάζει ενδιαφέρον, κυρίως σε αγορές με χαμηλή οικονομική δυναμικότητα. Ένα πιο συγκεκριμένο παράδειγμα σημαντικής αξίας επαναπώλησης είναι οι οθόνες των ηλεκτρονικών υπολογιστών, οι οποίες συνήθως παύουν να χρησιμοποιούνται ενώ είναι σε καλή λειτουργική κατάσταση λόγω της εισόδου στην αγορά νέων οθόνων με καλύτερα χαρακτηριστικά (καλύτερη ανάλυση ή καλύτερες ικανότητες εμφάνισης χρωμάτων). Οι παλαιότερες οθόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές με λιγότερες απαιτήσεις, όπως σε παλαιότερο εξοπλισμό γραφείου (Sasaki and Williams, 2003).

Από περιβαλλοντική άποψη, η επαναχρησιμοποίηση των προϊόντων μπορεί να θεωρηθεί μακράν καλύτερη από όλες τις άλλες μορφές διαχείρισης αποβλήτων με εξαίρεση τη στρατηγική της μείωσης τους (βλ. σχήμα 3.5). Προφανώς η μείωση του ρεύματος των αποβλήτων συνεπάγεται την εξάλειψη της ταχείας απαξίωσης των προϊόντων ΗΗΕ αλλά και την εξάλειψη των τοξικών ουσιών οι οποίες χρησιμοποιούνται στα προϊόντα αυτά. Η εφαρμογή αυτής της στρατηγικής όμως, ξεφεύγει από μια απλή απόφαση διαχείρισης καθώς αμφισβητεί όλο το σύγχρονο μοντέλο ανάπτυξης του δυτικού κόσμου. Η μείωση του ρεύματος των αποβλήτων αποτελεί μια στρατηγική απόφαση που απαιτεί κοινωνική συναίνεση, πολιτικές αποφάσεις σε επίπεδο κατανάλωσης προϊόντων και πάνω από όλα ένα νέο πρότυπο όσον αφορά τις καταναλωτικές ανάγκες των ανθρώπων. Όσον αφορά τη μείωση των αποβλήτων από τεχνική σκοπιά, η μείωση νοείται ως η διαδικασία σχεδιαστικών αλλαγών στην παραγωγή των προϊόντων με σκοπό τη μείωση του όγκου, της μάζας, της ποικιλίας ή των τύπων των υλικών, των ανταλλακτικών, των εξαρτημάτων, των συσκευασιών ή των άλλων στοιχείων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή, τις πωλήσεις

και τη διανομή των καθορισμένων ΗΗΕ (OES, 2008). Αυτή η περίπτωση αποτελεί μια εσωτερική διαδικασία του κατασκευαστή που είναι δύσκολο να επιβληθεί με νομικό πλαίσιο ή να υπαγορευτεί ρητά. Έτσι η επόμενη καλλίτερη στρατηγική, σε οποιαδήποτε γενικά αποδεκτή ιεραρχία για τη διαχείριση των αποβλήτων, είναι η επαναχρησιμοποίηση. Η ανακύκλωση διαδραματίζει κι αυτή ένα ζωτικής σημασίας ρόλο στη διαχείριση των αποβλήτων, αλλά η επαναχρησιμοποίηση είναι οικολογικά αποδοτικότερη (Puckett κ.α., 2005).

Η επέκταση ζωής των προϊόντων δια μέσου της επαναχρησιμοποίησης τους έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ανάγκης για νέες συσκευές και κατ' επέκταση την μείωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων (Sasaki and Williams, 2003). Η παροχή επιπλέον διάρκειας ζωής (κατά ένα δεδομένο χρονικό διάστημα) για τα προϊόντα που επαναχρησιμοποιούνται σημαίνει ότι για το χρονικό διάστημα αυτό θα υπάρξει λιγότερη κατανάλωση ενέργειας, λιγότερα απόβλητα και όταν το προϊόν και συνεπώς τα αντίστοιχα απόβλητα είναι επικίνδυνα (όπως στην περίπτωση του ΗΗΕ) θα υπάρξουν λιγότερο επιβλαβή απόβλητα που παράγονται. Περιβαλλοντικά επίσης η επαναχρησιμοποίηση σημαίνει ότι θα χρησιμοποιηθούν λιγότερες πρώτες ύλες, ότι θα καταναλωθεί λιγότερη ενέργεια και θα προκύψει λιγότερη ρύπανση από τις τρεις φάσεις του κύκλου ζωής ενός προϊόντος (εξόρυξη πρώτων υλών, κατασκευή προϊόντος και διάθεση/ανακύκλωση πρώτων υλών). Επίσης η επαναχρησιμοποίηση των ΑΗΗΕ κατά κανόνα σημαίνει χαμηλότερη τιμή πώλησης των προϊόντων, αυξάνοντας κατά συνέπεια τη δυνατότητα πρόσβασης σε αυτά τα προϊόντα σε περισσότερους ανθρώπους που δεν είναι σε θέση να αγοράσουν το προϊόν στην υψηλή αρχική του τιμή. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να γεφυρωθεί το αποκαλούμενο 'ψηφιακό χάσμα'. Κατά την εξέταση της επαναχρησιμοποίησης οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις πρέπει να εξετάζονται σε όλη την διάρκεια της ζωής της συσκευής. Για προϊόντα όπως οι Η/Υ έχει γίνει μια σειρά από μελέτες αξιολόγησης του κύκλου ζωής (LCA) τους σε μια προσπάθεια να ποσοτικοποιηθεί η ενέργεια που καταναλώνεται στην παραγωγή αυτών. Η υψηλή κατανάλωση ενέργειας που προκύπτει από την κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (μικροτσιπ) για Η/Υ είναι σημαντικός παράγοντας για την προσπάθεια παράτασης της διάρκειας ζωής τους ώστε να υπάρξει με αυτόν τον τρόπο ικανοποιητική απόσβεση της ενέργειας που καταναλώνεται στην παραγωγική διαδικασία.

Η παράταση της διάρκειας ζωής για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές κατά 10% έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τις συνολικές επιπτώσεις του κύκλου ζωής τους από 5,2% έως 8,6%. Στην περίπτωση της ανακύκλωσης ανοικτού τύπου η μείωση αυτή αγγίζει μόλις το 0,43%. Αυτό είναι μόνο ένα από τα παραδείγματα που δείχνουν τα οφέλη της επαναχρησιμοποίησης του ΗΗΕ από περιβαλλοντική άποψη. Ωστόσο, για την πλειοψηφία των ΗΗΕ υπάρχει έλλειψη στη βιβλιογραφία για υποστήριξη της επαναχρησιμοποίησης συνολικά και αυτό οφείλεται στον παράγοντα της ενεργειακής απόδοσης των νεότερων προϊόντων. Συνεπώς, κάθε προϊόν πρέπει να αξιολογείται κατά περίπτωση για να προσδιοριστούν τα ακριβή οφέλη από την επαναχρησιμοποίηση του. (O'Connell κ.α., 2010)

Παρόλο που αναμφισβήτητα η επαναχρησιμοποίηση των ηλεκτρονικών αποβλήτων παρουσιάζει μεγάλα οφέλη και είναι ευρέως αποδεκτή ως σημαντικό βήμα όσον αφορά στη μείωση των ΑΗΗΕ, πρέπει να αναφερθούν και ορισμένα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί σε σχέση με αυτήν. Τα δύο κύρια θέματα που υπογραμμίζουν τα ηθικά ζητήματα που σχετίζονται με τα ΑΗΗΕ είναι α) τα αναφερόμενα ποσοστά παιδικής εργασίας στις άτυπες βιομηχανίες χειρισμού ΑΗΗΕ, ειδικά σε ορισμένες περιοχές της Ασίας (Puckett κ.α., 2003), (Shinkuma και Huong, 2009) και της Αφρικής και β) οι παράνομες μεταφορές των ΑΗΗΕ από τις πλουσιότερες χώρες στις φτωχότερες αναπτυσσόμενες χώρες οι οποίες στερούνται τις εγκαταστάσεις για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των αποβλήτων αυτών (Nnorom και Osibanjo, 2008). Τα στοιχεία δείχνουν μια στενή σχέση μεταξύ αθέμιτων πρακτικών σε σχέση με το χειρισμό των ΑΗΗΕ και των πιθανών επιπτώσεων αυτών στο περιβάλλον και την υγεία. Έχει παρατηρηθεί ότι η συλλογή των ΑΗΗΕ που προέρχεται από παράνομες μεταφορές συχνά γίνεται ανεπίσημα με πολύ λίγη προσοχή να δίνεται στα πρότυπα ασφαλείας. Ως εκ τούτου, η παρεμπόδιση των παράνομων μεταφορών των ΑΗΗΕ θα μπορούσε να μειώσει (αλλά όχι απαραίτητα να εξαλείψει) τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία (Ongondo και Williams, 2011). Τα προβλήματα γύρω από την επαναχρησιμοποίηση άπτονται της παγκοσμιοποίησης, της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης (τοξικότητα) και της δικαιοσύνης. Για παράδειγμα στην Κίνα η 'επαναχρησιμοποίηση' χρησιμοποιήθηκε ως πρόφαση για την εκτεταμένη περιβαλλοντική καταστροφή που παρουσιάζεται στη χώρα (Puckett κ.α.,

2003). Χωρίς τον προαπαιτούμενο έλεγχο, την πιστοποίηση και την τιτλοφόρηση, η επαναχρησιμοποίηση γίνεται στην πραγματικότητα η πρόφαση, σκόπιμα ή όχι, για την απόρριψη του ΗΗΕ σε άλλες χώρες. Με αυτόν τον τρόπο δυσφημίζεται η νόμιμη επαναχρησιμοποίηση. Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος αυτού του υλικού είναι εξ ορισμού επικίνδυνο έχουν πραγματοποιηθεί κινήσεις, όπως η Συνθήκη της Βασιλείας, που έχουν σκοπό να ελέγξουν την εξαγωγή των επικίνδυνων αποβλήτων.

Σε γενικές γραμμές η επαναχρησιμοποίηση δεν αποτελεί ενδεδειγμένη επιλογή για τη διαχείριση των αποβλήτων μιας τεχνολογίας που παρουσιάζει γρήγορα ρυθμό απαξίωσης. Ο ΗΗΕ και ειδικότερα τα προϊόντα της πληροφορικής παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλό ρυθμό απαξίωσης (πεπαλαίωσης) κυρίως λόγω της έντονης τεχνολογικής ανάπτυξης που παρατηρείται σε αυτόν τον τομέα. Το λεγόμενο ψηφιακό χάσμα δεν ορίζεται μόνο από τη αναντιστοιχία του πληθυσμού που διαθέτει πρόσβαση σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές (ανεξάρτητα από την παλαιότητα των Η/Υ αυτών) και πληθυσμού που δε διαθέτει, αλλά εκφράζεται περαιτέρω και από το πόσο λειτουργικές και αποδοτικές είναι οι νέες τεχνολογίες στις ανεπτυγμένες χώρες σε σχέση με αυτές στις φτωχότερες. Μοιάζει ανέφικτο οποιαδήποτε λύση στο πρόβλημα του ψηφιακού χάσματος να το εξαλείψει εντελώς. Από αυτή τη σκοπιά καθίσταται αμφισβητήσιμη η λογική της παροχής μεταχειρισμένης τεχνολογίας για φιλανθρωπικούς λόγους, η οποία προβλέπεται να θεωρείται ξεπερασμένη σε μερικά έτη και ιδιαίτερα όταν αυτή η τεχνολογία μπορεί να προκαλέσει ουσιαστικό περιβαλλοντικό πρόβλημα. Περαιτέρω οι φιλανθρωπικές οργανώσεις επαναχρησιμοποιημένου εξοπλισμού λειτουργούν χωρίς παγκόσμιας αποδοχής τυποποιήσεις που να εξασφαλίζουν ότι οι δωρεές τους είναι κατάλληλες, ότι οι παραλήπτες γνωρίζουν τα ζητήματα που προκύπτουν μετά το τέλος της ζωής των συσκευών και ότι οι δωρεές δεν θα θέσουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον στη χώρα εισαγωγής αυτών. Είναι πολύ σημαντικό να αναδειχθούν κατάλληλα πρότυπα για τη διαδικασία αυτή. Ενώ ο εξοπλισμός εξάγεται με τον όρο λειτουργικός και επομένως η διαδικασία αυτή είναι απόλυτα νομότυπη, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα πολύ γρήγορα να καταστεί ξεπερασμένος ή μη λειτουργικός. Δεδομένης της ανυπαρξίας πόρων για την εγγύηση της σωστής διαχείρισης μετά το τέλος της ζωής των προϊόντων από τις εξαγωγικές οργανώσεις, το πρόβλημα της διαχείρισης του τέλους ζωής αναγκάζονται να το

περιβαλλοντική δικαιοσύνη οι αναπτυσσόμενες χώρες πρέπει να σταματήσουν να αποτελούν τους παραλήπτες αυτού του τόσο δυσανάλογου τοξικού φορτίου (Puckett et al. 2005).

3.3 ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ – ΕΠΙΣΚΕΥΗ – ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

Η πιο ορθολογική προσέγγιση ώστε να κλείσει ο βρόχος χρήσης ενός προϊόντος (βλ. σχήμα 3.2) είναι απλά αυτό να επισκευαστεί (repair) και με αυτόν τον τρόπο να παρασταθεί η ζωή του. Ωστόσο, αν και αυτή η ιδέα είναι απλή, η πρακτική εφαρμογή της δεν είναι εύκολη ενώ δεν έχει πραγματοποιηθεί ιδιαίτερα εκτεταμένη έρευνα πάνω σε αυτή την επιλογή κλειστού βρόχου. Σε γενικές γραμμές ως επισκευή νοείται η διόρθωση των βλαβών που εντοπίζονται σε ένα προϊόν. Γενικά, η ποιότητα των προϊόντων που έχουν επισκευαστεί είναι κατώτερη από εκείνη των ανακατασκευασμένων (remanufactured) και των επιδιορθωμένων (reconditioned) προϊόντων. Όταν τα προϊόντα που έχουν επισκευαστεί διαθέτουν εγγυήσεις, αυτές είναι μικρότερες από εκείνες των νεοκατασκευασθέντων ισοδύναμων προϊόντων, ενώ συχνά η εγγύηση δεν καλύπτει ολόκληρο το προϊόν, αλλά μόνο το τμήμα αυτού που έχει αντικατασταθεί. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι αποφάσεις των καταναλωτών κατά τη φάση της χρήσης ενός προϊόντος για επισκευή, μεταβίβαση ή απόρριψη του επηρεάζουν αναλογικά τη διάρκεια ζωής του προϊόντος (και ως εκ τούτου το ποσοστό της παραγωγής αποβλήτων). Από τα στοιχεία που υπάρχουν ο κύριος λόγος για τον οποίο οι καταναλωτές δεν επισκευάζουν τον ΗΗΕ που κατέχουν είναι το κόστος. Ο παράγοντας του κόστους ως κύριου λόγου μη επισκευής των προϊόντων ΗΗΕ επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι ενώ οι νέες τιμές των πλυντηρίων στη Μεγάλη Βρετανία αυξήθηκαν μόνο κατά 40% κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1980 και του 1990, το κόστος επισκευής την περίοδο αυτή αυξήθηκε κατά 165%. Παρόλα αυτά στην ίδια χώρα παρατηρείται σταθερή ύπαρξη πωλήσεων μεταχειρισμένων προϊόντων ΗΗΕ, γεγονός που δείχνει ότι υπάρχει προσφορά και ζήτηση για τα προϊόντα αυτά (Cooper, 2002).

Η επιδιόρθωση (reconditioning) περιλαμβάνει λιγότερο περιεχόμενο έργου από την ανακατασκευή (remanufacture), αλλά περισσότερο από την επισκευή (repair). Αυτό συμβαίνει γιατί συνήθως η επιδιόρθωση απαιτεί την επαναφορά των κύριων λειτουργικών τμημάτων μιας συσκευής σε συνθήκες εργασίας που αναμένεται γενικά να είναι κατώτερες από εκείνες του αρχικού μοντέλου. Όλα τα σημαντικά εξαρτήματα τα οποία έχουν αστοχήσει ή τα οποία βρίσκονται σε σημείο αστοχίας διορθώνονται ή αντικαθίστανται, ακόμα και εάν δεν έχουν αναφερθεί ή παρατηρηθεί λάθη σε αυτά. Το γεγονός ότι ένα επιδιορθωμένο προϊόν προφανώς δεν είναι νέο (και άρα δεν προσφέρει τη λειτουργικότητα ή την αισθητική σχεδίαση ενός νέου προϊόντος) σημαίνει ότι έχει τα ίδια προβλήματα στην αποδοχή του από την αγορά όπως και τα προϊόντα που έχουν επισκευαστεί (repair). Σήμερα η πρακτική της επιδιόρθωσης έχει πλέον παγιωθεί και έχει δημιουργήσει αυτό που ονομάζουμε ‘γκρίζα προϊόντα’ (οι γνωστές ‘λευκές συσκευές’, όπως τα ψυγεία και τα πλυντήρια, αφού επιδιορθωθούν μετά από το τέλος της ζωής τους επιστρέφουν προς πώληση ως γκριζα προϊόντα). Με ένα απλό οπτικό έλεγχο είναι σαφές ότι τα προϊόντα αυτά δεν επιστραφούν στην αρχική τους κατάσταση, αλλά έχουν υποστεί βελτιώσεις ώστε να επιτρέπεται η εκτεταμένη περαιτέρω χρήση τους. Σε κάθε περίπτωση τα επιδιορθωμένα προϊόντα έχουν χαμηλότερες προδιαγραφές απόδοσης και εγγύησης από ένα αντίστοιχο νέο προϊόν (DARP, 2003).

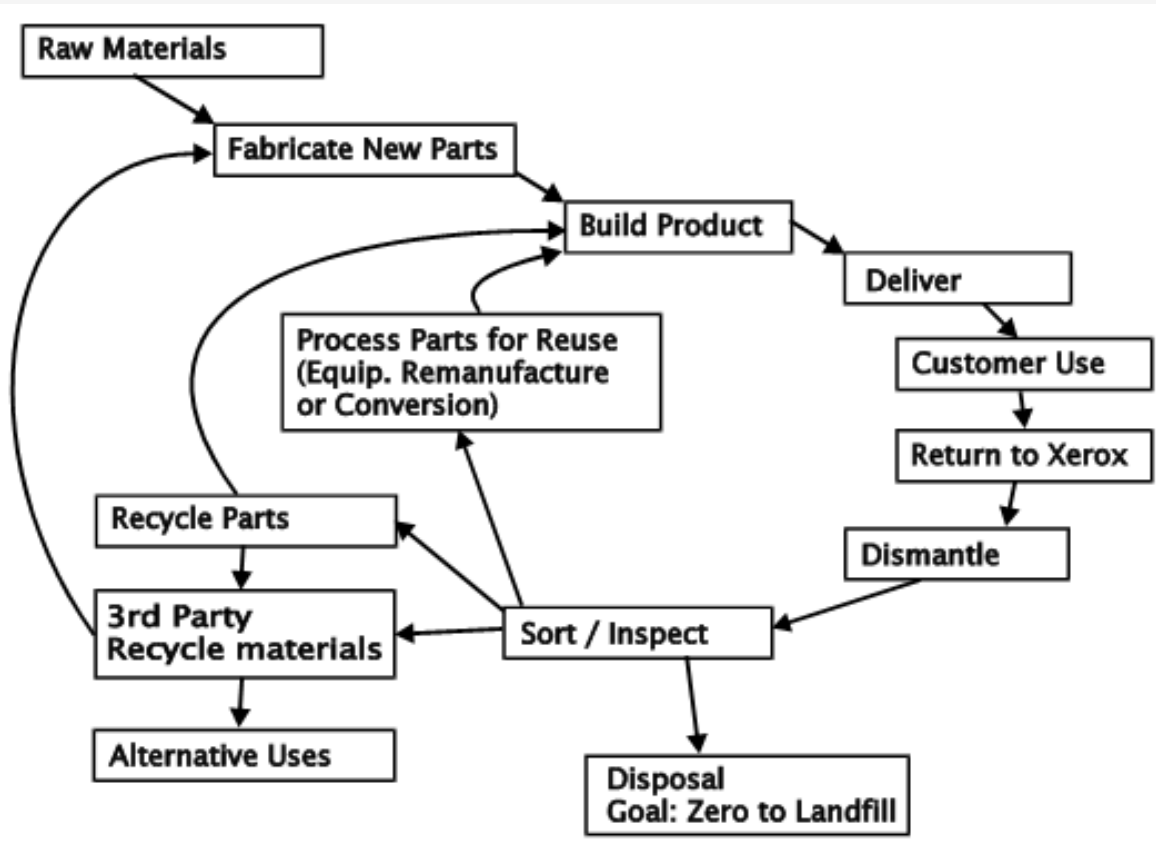
Η ανακατασκευή είναι η μόνη διαδικασία όπου τα χρησιμοποιημένα προϊόντα επανέρχονται τουλάχιστο στις προδιαγραφές απόδοσης του κατασκευαστή του πρωτότυπου εξοπλισμού (Original Equipment Manufacturer, OEM) και ταυτόχρονα δίνονται εγγυήσεις που είναι ισοδύναμες με εκείνες των αντιστοίχων νέων προϊόντων (Ijomah, 2002) . Η λογική είναι ότι εάν ένα ανακατασκευασμένο προϊόν έχει ποιότητα ίση με εκείνη ενός νέου και ισοδύναμη εγγύηση, τότε θα πρέπει επίσης να είναι το ίδιο. Η ανακατασκευή περιλαμβάνει το μεγαλύτερο βαθμό περιεχόμενου εργασίας από το σύνολο των διεργασιών της ‘δευτερογενούς αγοράς’ (κλείσιμο βρόγχου για τα χρησιμοποιημένα προϊόντα) και ως αποτέλεσμα τα προϊόντα της έχουν ανώτερη ποιότητα και αξιοπιστία. Αυτό συμβαίνει επειδή κατά την ανακατασκευή απαιτείται η πλήρης αποσυναρμολόγηση του προϊόντος, ο ενδελεχής έλεγχος του και η αποκατάσταση και η αντικατάσταση των εξαρτημάτων του. Η ανακατασκευή είναι ιδιαίτερα επιθυμητή και εφαρμόσιμη για τα σύνθετα μηχανολογικά ή

ηλεκτρομηχανολογικά προϊόντα που διαθέτουν ‘πυρήνες’ (cores) οι οποίοι μετά από την ανάκτηση τους παρουσιάζουν προστιθέμενη αξία που είναι υψηλή σε σχέση τόσο με την αξία τους στην αγορά όσο και το αρχικό τους κόστος. Ο όρος ‘πυρήνας’ χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία για να περιγράψει τα εξαρτήματα ή τμήματα του προϊόντος που πρόκειται να ανακατασκευαστούν και τυπικά τα εξαρτήματα ή τμήματα αυτά είναι τα μεγαλύτερα στοιχεία του προϊόντος (King κ.α., 2004). Η έννοια της ανακατασκευής αρχικά ξεκίνησε από την αυτοκινητοβιομηχανία και έχει εξαπλωθεί σε άλλους τομείς, όπως αυτός του ΗΗΕ. Στη βιβλιογραφία βρίσκονται πολλοί ορισμοί για την ανακατασκευή, αλλά οι περισσότεροι είναι παραλλαγές της ίδιας βασικής ιδέας: της ανοικοδόμησης ενός προϊόντος. Ένας συνδυασμός αυτών των ορισμών που αποδίδει την έννοια της ανακατασκευής είναι ο ακόλουθος: ‘ανακατασκευή είναι μια βιομηχανική διαδικασία κατά την οποία τα προϊόντα που αναφέρονται ως πυρήνες αποκαθίστανται στην ωφέλιμη διάρκεια ζωής’ (Lindahl κ.α., 2006). Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, ο πυρήνας περνά μέσα από μια σειρά βημάτων ανακατασκευής για παράδειγμα επιθεώρηση, αποσυναρμολόγηση, αντικατάσταση / αναμόρφωση εξαρτημάτων, καθαρισμό, επανασυναρμολόγηση και δοκιμές προκειμένου να διασφαλιστεί ότι ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του επιθυμητού προϊόντος.

Μπορούμε να αναγνωρίσουμε ένα πλαίσιο για την τεχνική αξιολόγηση και την οικονομική εφικτότητα της ανακατασκευής ηλεκτρονικών προϊόντων. Οι παράγοντες που είναι κρίσιμοι για την επιτυχία μιας επιχείρησης ανακατασκευής περιλαμβάνουν τις επιστροφές των χρηματοροών και τα έσοδα είσπραξης, το κόστος απογραφής, το κόστος αποσυναρμολόγησης, τις τεχνολογικές δυνατότητες που είναι διαθέσιμες, το κόστος εργασίας και το κόστος ελέγχου. Η ανακατασκευή γενικά απαιτεί μικρό κεφάλαιο επένδυσης σε σχέση με την κατασκευή ενός νέου προϊόντος γιατί τα εξαρτήματα του προϊόντος δεν παράγονται από την αρχή και το μεγαλύτερο μέρος του έργου έχει ήδη γίνει από τον κατασκευαστή του πρωτότυπου εξοπλισμού (OEM). Κατά συνέπεια υπάρχει μια μεγάλη και ακόμη ανεκμετάλλευτη αγορά για κατασκευαστές προϊόντων ανακατασκευής. Κάθε προϊόν μπορεί να ανακατασκευαστεί, εφόσον αυτό μπορεί να αποσυναρμολογηθεί και να καθαριστεί, εφόσον τα συστατικά του μπορούν να επισκευαστούν ή να αντικατασταθούν έτσι ώστε να διασφαλίζεται η αρχική λειτουργία και απόδοση, εφόσον

υπάρχει αρκετή ζήτηση για το προϊόν και εφόσον η όλη διαδικασία είναι οικονομικά βιώσιμη (Ritchey κ.α., 2001).

Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα ανακατασκευής, με ιδιαίτερα εκτεταμένη βιβλιογραφική αναφορά είναι αυτό των φωτοτυπικών μηχανημάτων της Xerox που η ροή ανάκτησης του εξοπλισμού της και η διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης των εξαρτημάτων των προϊόντων της παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 3.8.



Σχήμα 3.8. Η ροή ανάκτησης εξοπλισμού της Xerox και η διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης / ανακύκλωσης εξαρτημάτων των προϊόντων της (Πηγή: Xerox, 2003).

Το 1987 η Xerox (<http://www.xerox.com/>), ξεκίνησε ένα νέο πρόγραμμα που ονομάστηκε

‘ανάκτηση περιουσιακών στοιχείων’ στα πλαίσια του οποίου δημιούργησε μια νέα θυγατρική εταιρία κοντά στο εργοστάσιο παραγωγής της στην Ολλανδία. Ο στόχος του προγράμματος ήταν διπλός: α) η απομάκρυνση των παλαιών φωτοτυπικών μηχανημάτων από το ρεύμα των αποβλήτων και β) η επεξεργασία αυτών των με σκοπό τη μεταπώληση τους. Το 1989 το ποσοστό των μηχανημάτων που ανακατασκευάστηκαν ανήλθε μόλις στο 5%, αλλά το 1997 το αντίστοιχο ποσοστό είχε αυξηθεί στο 75% (από τα 80.000 συνολικά φωτοαντιγραφικά που είχαν επιστραφεί για ανακατασκευή). Στις αρχές του 1993 η υγειονομική ταφή αποτελούσε τον τρόπο διάθεσης του 41% των αποβλήτων φωτοαντιγραφικών, όμως το 1995 αυτό το ποσοστό μειώθηκε στο 21%. Στην Ολλανδία εισήχθη ένα σύστημα παροχής κινήτρων προκειμένου να ενθαρρυνθεί η επιστροφή των EOL φωτοτυπικών μηχανημάτων και παρόλο που τα ανακατασκευασμένα φωτοτυπικά μηχανήματα λειτουργούσαν ανταγωνιστικά με τα νέα μηχανήματα της Xerox, η εταιρεία ισχυρίζεται ότι το 1996 είχε κέρδος 65 εκατομμύριων δολαρίων. Η Xerox έχει πλέον εγκαταστάσεις ανακατασκευής στις ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ολλανδία, την Αυστραλία, το Μεξικό, τη Βραζιλία και την Ιαπωνία (Kerr και Ryan , 2001).

Η αρχή της διαδικασίας της ανακατασκευής γίνεται με τη συλλογή των EOL συσκευών μέσω της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας σε ένα κέντρο ανακατασκευής. Τα EOL προϊόντα αποσυναρμολογούνται σε λειτουργικές μονάδες (modules) και οι λειτουργικές μονάδες αυτές με τη σειρά τους αποσυναρμολογούνται περαιτέρω σε εξαρτήματα. Έπειτα επιθεωρείται η κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι λειτουργικές μονάδες και τα εξαρτήματα προκειμένου να αξιολογηθούν και να καθοριστεί εάν χρειάζεται επεξεργασία. Οι λειτουργικές μονάδες και εξαρτήματα που δεν παρουσιάζουν ανάγκη επεξεργασίας οργανώνονται και ταξινομούνται για την επανασυναρμολόγηση. Τα εξαρτήματα που είναι χρησιμοποιήσιμα δοκιμάζονται, καθαρίζονται, αναμορφώνονται, αναβαθμίζονται και αποστέλλονται στο χώρο των ανταλλακτικών. Τα επισκευάσιμα εξαρτήματα μεταφέρονται προς τους κατάλληλους σταθμούς επεξεργασίας (συνεργεία) ανάλογα με το είδος τους. Συχνά λαμβάνει χώρα η παραγγελία και η τοποθέτηση νέων εξαρτημάτων για να καλύψουν τη ζήτηση της συναρμολόγησης όταν τα μεταχειρισμένα δεν επαρκούν. Στο τέλος της διαδικασίας της ανακατασκευής, τα μεταχειρισμένα και τα νέα (όπου είναι αναγκαίο) εξαρτήματα συνενώνονται για να δημιουργήσουν ένα ‘νέο’ ανακατασκευασμένο προϊόν.

Μια εγκατάσταση ανακατασκευής μπορεί να ιδωθεί ως τρία ανεξάρτητα υποσυστήματα. Το πρώτο υποσύστημα είναι η εγκατάσταση αποσυναρμολόγησης όπου τα EOL προϊόντα αποσυναρμολογούνται σε κάποια βασικά συστατικά και ανταλλακτικά. Το δεύτερο υποσύστημα είναι η εγκατάσταση ανακατασκευής στην οποία εκτελούνται οι κατάλληλες εργασίες για την επαναφορά των μονάδων και των εξαρτημάτων στην κατάσταση ‘σαν καινούργια’ (like-new). Εκεί επίσης πραγματοποιείται ο έλεγχος και οι εργασίες αξιολόγησης, βάση των οποίων τα εξαρτήματα κρίνονται λειτουργικά και προς ανακατασκευή ή θεωρούνται άχρηστα και προς απόρριψη. Το τελευταίο υποσύστημα είναι η εγκατάσταση συναρμολόγησης όπου επανασυνδέονται τα ανακατασκευασμένα και τα νέα (αν απαιτείται) εξαρτήματα σε το τελικό προϊόν. Αυτά τα τρία υποσυστήματα θεωρούνται ζωτικής σημασίας για το μεγαλύτερο μέρος των εταιρειών ανακατασκευής (Hou and Zhang, 2005).

Μια τυπική διαδικασία ανακατασκευής ενός προϊόντος ΗΗΕ είναι αυτή των κινητών τηλεφώνων η οποία ακολουθεί τη γενικότερη οργάνωση της διαδικασίας της ανακατασκευής που παρουσιάστηκε στην παραπάνω παράγραφο. Πιο συγκεκριμένα η διαδικασία ανακατασκευής των κινητών τηλεφώνων ξεκινά με την άφιξη των προϊόντων στο κέντρο ανακατασκευής. Τα τηλέφωνα στη συνέχεια καταχωρούνται, ταξινομούνται, ελέγχονται και καθαρίζονται κάθε ένα ξεχωριστά. Κατόπιν κατά τη διαδικασία της διαλογής τα αξεσουάρ και οι μπαταρίες αφαιρούνται από τα τηλέφωνα. Τα τηλέφωνα ελέγχονται ως προς τη λειτουργικότητα και την αισθητική και τα παλαιότερα από αυτά συνήθως αποστέλλονται για ανακύκλωση, ενώ αυτά που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν άμεσα καθαρίζονται ή να αναμορφώνονται στο βαθμό που απαιτείται για να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο ποιότητας. Στη συνέχεια, τα κινητά τηλέφωνα που είναι προς ανακατασκευή καταχωρούνται ανάλογα με τη μάρκα και το μοντέλο αφού προηγηθεί η ανίχνευση του διεθνούς αριθμού ταυτότητας εξοπλισμού κινητής τηλεφωνίας (International Mobile Equipment Identity, IMEI). Αφού τα τηλέφωνα ταξινομούνται ανάλογα με τη μάρκα και το μοντέλο, αποσυναρμολογούνται και τα επιμέρους εξαρτήματα καθαρίζονται συνήθως χρησιμοποιώντας καθαριστικά όπως η αλκοόλη. Τα καθαρισμένα εξαρτήματα από τα EOL τηλέφωνα και τα νέα ανταλλακτικά (που πιθανώς να απαιτούνται), επανασυναρμολογούνται εκ νέου. Πραγματοποιείται

αναβάθμιση του λογισμικού όπως και η μορφοποίηση (format) της μνήμης του τηλεφώνου, των ήχων κλήσης κλπ. (Nhogom και Osibanjo, 2010). Η περίπτωση των κινητών τηλεφώνων παρουσιάζει σημαντική πολυπλοκότητα, αλλά μερικές συσκευές ΗΗΕ, όπως τα άδεια μελανοδοχεία των εκτυπωτών, είναι ευκολότερο να ανακατασκευαστούν. Η διαδικασία ανακατασκευής τους περιλαμβάνει την αποσυναρμολόγηση, την επιθεώρηση, τον καθαρισμό, την αντικατάσταση των φθαρμένων τμημάτων, την επανασυναρμολόγηση και την πλήρωση του υποδοχέα με γραφίτη ή μελάνι.

Η ανακατασκευή των ηλεκτρονικών προϊόντων είναι ένας τρόπος δημιουργίας οικονομικής αξίας, ενώ ταυτόχρονα αποκομίζονται σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη. Η ανακατασκευή ενός προϊόντος μεγαλώνει τη διάρκεια της ζωής του, δίνει τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των κατασκευαστικών στοιχείων, συμβάλλει στη μείωση των αποβλήτων και της ενέργειας, ενώ παρέχει ταυτόχρονα πρόσθετη οικονομική αξία. Η διατήρηση των πόρων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής των προϊόντων αποτελεί βασική συνιστώσα της αειφόρου ανάπτυξης. Το ουσιώδες χαρακτηριστικό από περιβαλλοντική σκοπιά είναι ότι η ανακατασκευή διατηρεί την ενσωματωμένη ενέργεια που έχει χρησιμοποιηθεί για τη διαμόρφωση ενός εξαρτήματος κατά την πρώτη ζωή του. Εκτιμάται ότι ένα ανακατασκευασμένο προϊόν απαιτεί μόνο 20-25% της ενέργειας που χρησιμοποιείται κατά την αρχική κατασκευή του (Lund, 1985). Η ανακατασκευή συνεπάγεται χαμηλότερες τιμές για τον καταναλωτή, συνήθως 30% έως 40% λιγότερο από παρόμοια νέα προϊόντα. Η ανακατασκευή του ΗΗΕ ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες θα μπορούσε να έχει θετικές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις, καθώς και οικολογικά οφέλη, εάν εφαρμοστεί σωστά. Συμβάλλει στη δημιουργία ευκαιριών απασχόλησης στον τομέα της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας, ενώ ταυτόχρονα αποτρέπει την απόρριψη των προϊόντων σε ανοιχτούς χώρους ταφής σε αυτές τις χώρες. Στις ανεπτυγμένες χώρες έχει δημιουργηθεί υψηλός αριθμός θέσεων εργασίας στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων και αυτό θα μπορούσε να καταστεί εφικτό και για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Η ανακατασκευή είναι οικολογικά προτιμότερη επιλογή από άλλες πρακτικές διαχείρισης EOL ηλεκτρονικών προϊόντων, όπως η ανακύκλωση, η αποτέφρωση και η ταφή. Η εφαρμογή της διευρυμένης ευθύνης παραγωγού στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες έχει αναγάγει την ανακατασκευή από μια στρατηγική για τη μείωση των αποβλήτων σε μια

βασική επιχειρηματική δραστηριότητα. Παρά το γεγονός ότι τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα είναι σαφή (και πληρούν τις απαιτήσεις της νομοθεσίας της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού), υπάρχουν και άλλα οφέλη από την ανακατασκευή. Με τη λήψη των EOL προϊόντων πίσω, οι κατασκευαστές αυτών μπορούν να συγκεντρώσουν στοιχεία σχετικά με την αξιοπιστία και την αντοχή τους (επιτυγχάνεται ανάδραση πληροφορίας) και μπορούν επίσης να τα μεταπωλούν σε χαμηλότερες τιμές αγοράς (συνήθως κοστίζουν 60% του αρχικού κόστους παραγωγής) όπως έχει ήδη αναφερθεί (Bras και McIntosh, 1999).

Τα ανακατασκευασμένα προϊόντα ΑΗΗΕ παρουσιάζουν δυναμικότητα τόσο στην Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ, αλλά οι περισσότερες εγκαταστάσεις ανακατασκευής βρίσκονται στις αναπτυσσόμενες χώρες στις οποίες τελικά καταλήγει ένα μεγάλο ποσοστό των ανακατασκευασμένων αυτών προϊόντων. Βέβαια για να καταστεί συμφέρουσα η ανακατασκευή των ΑΗΗΕ πρέπει να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις της συνεχούς πτώσης των τιμών των νέων μοντέλων, του σύντομου κύκλου ζωής τους, του αρχικού σχεδιασμού των προϊόντων που συχνά είναι τέτοιος που δημιουργεί δυσκολίες στην αποσυναρμολόγηση και του απαγορευτικού κόστους των μεταφορών, της εργασίας και της κατεργασίας σε χώρες με υψηλούς μισθούς. Τα κίνητρα και τα εμπόδια για την επίτευξη αποτελεσματικής ανακατασκευής είναι δηλαδή τόσο οικονομικά όσο και τεχνικά. Στη βιβλιογραφία έχουν εντοπιστεί τα χαρακτηριστικά που προκαλούν σημαντικές δυσκολίες στην παραγωγή, στον προγραμματισμό και στον έλεγχο των δραστηριοτήτων κατά τη διαδικασία της ανακατασκευής.

- 1) Η αβεβαιότητα στο χρόνο και στην ποιότητα των επιστροφών,
- 2) Η ανάγκη να εξισορροπηθούν οι επιστροφές με τη ζήτηση,
- 3) Η δυνατότητες αποσυναρμολόγησης των επιστρεφόμενων προϊόντων,
- 4) Η αβεβαιότητα των υλικών που ανακτώνται από τα επιστρεφόμενων προϊόντα,
- 5) Η απαίτηση για την ανάπτυξη αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας,
- 6) Οι περιορισμοί στην αντιστοίχιση των εξαρτημάτων,
- 7) Τα προβλήματα της στοχαστικής δρομολόγησης για τα υλικά που απαιτούνται για τις εργασίες ανακατασκευής και ο εξαιρετικά μεταβλητός χρόνος επεξεργασίας.

Άλλες προκλήσεις και εμπόδια για την αποτελεσματική ανακατασκευή των προϊόντων ΗΗΕ είναι:

- 1) Η εύρεση αγοράς και η ζήτηση από πελάτες.
- 2) Η ποικιλία συγκεκριμένων χαρακτηριστικών στα προϊόντα. (π.χ. για τα κινητά τηλέφωνα αν ληφθούν υπόψη όλα τα χαρακτηριστικά ενός κινητού τηλεφώνου, όπως η έκδοση του λογισμικού ή περιφερειακές ρυθμίσεις, υπάρχουν πάνω από 1.800 παραλλαγές η αγορά και ακόμα και εάν περιοριστούμε σε μια μάρκα και μοντέλο, εξακολουθούν να υπάρχουν περίπου 600 διαφορετικές παραλλαγές για την ανακατασκευή).
- 3) Η ποικιλία στα πρότυπα του ΗΗΕ. (Για παράδειγμα στη Βόρεια Αμερική υπάρχουν πολλά διαφορετικά πρότυπα κινητής τηλεφωνίας, με αποτέλεσμα μια ανομοιογενή αγορά, ενώ τα περισσότερα από αυτά τα πρότυπα δεν χρησιμοποιούνται σε παγκόσμιο επίπεδο. Κατά συνέπεια η ανακύκλωση καθίσταται εξαιρετικά δυσχερής τόσο από τεχνολογική όσο και από εφοδιαστική άποψη, λόγω των διαφορετικών τύπων τηλεφώνων που συλλέγονται).
- 4) Το κόστος εργασίας. Το εργατικό κόστος για την ανακατασκευή πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο με το κόστος της κατασκευής, ώστε η διαδικασία να είναι οικονομικά συμφέρουσα. Βέβαια το κόστος εργασίας αποτελεί ένα σημαντικό μέρος του κόστους μιας εταιρείας ιδίως στις αναπτυγμένες χώρες, όμως συνήθως είναι μικρότερο στις αναπτυσσόμενες χώρες και συχνά μπορεί να αντισταθμίζεται από την επαναχρησιμοποίηση των εξαρτημάτων).
- 5) Η χρηματοδότηση και η τεχνολογία, ειδικά αν η δραστηριότητα της ανακατασκευής πρόκειται να λάβει χώρα σε μια αναπτυσσόμενη χώρα.
- 6) Οι δολιοφθορές. (Υπάρχουν ενδείξεις ότι ορισμένες επιχειρήσεις ανακατασκευής βρίσκονται αντιμέτωπες με δολιοφθορές από κατασκευαστές πρωτότυπου εξοπλισμού (OEM). Για παράδειγμα οι κατασκευάστριες εταιρείες εκτυπωτών έκχυσης (inkjet) εγκαθιστούν έξυπνα μικροκυκλώματα για την απενεργοποίηση του εκτυπωτή, εάν εγκατασταθεί ανακατασκευασμένο δοχείο μελανιού. Βεβαία στην Ευρώπη τα έξυπνα μικροκυκλώματα έχουν τεθεί εκτός νόμου).

7) Η ταχύτητα των τεχνολογικών αλλαγών. (Η ταχύτητα των τεχνολογικών αλλαγών στο σχεδιασμό και την κατασκευή ΗΗΕ μπορεί να περιορίσει την αγορά ανακατασκευασμένων αγαθών. Εφόσον τα ανακατασκευασμένα προϊόντα αντιμετωπίζουν τον ανταγωνισμό από τα νέα προϊόντα, η επένδυση σε αυτόν τον τομέα καθίσταται οικονομικά επικίνδυνο εγχείρημα).

Τέλος πρέπει να τονιστεί ένας σημαντικός κίνδυνος από την εξαγωγή ΑΗΗΕ από τις ανεπτυγμένες προς τις αναπτυσσόμενες χώρες. Η εξαγωγή για επισκευή συχνά υποκρύπτει την εξαγωγή για διάθεση του ΑΗΗΕ, όπως επίσης και την άμεση διάθεση των επικίνδυνων τμημάτων από τα προϊόντα λόγω της ανάγκης να αντικατασταθούν αυτά από νέα ανταλλακτικά. Αυτή η μορφή εξαγωγής επιτρέπει τη διασυνοριακή μετακίνηση των επιβλαβών αποβλήτων. Παραδείγματος χάριν, εάν μια οθόνη εξάγεται για επισκευή αλλά απαιτείται ένας νέος καθοδικός σωλήνας, τότε αυτή η εξαγωγή εμπίπτει σαφώς στη Συνθήκη της Βασιλείας, της οποίας ο σκοπός είναι να ελέγχει όλες τις μορφές διασυνοριακών μετακινήσεων των επιβλαβών αποβλήτων. Όμως είναι πολύ δύσκολο να γνωρίζει κανείς εάν ή όχι η επισκευή θα απαιτήσει την αντικατάσταση ενός επικίνδυνου μέρους.

3.4 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Η διαδικασία της ανακύκλωσης θα αναλυθεί εκτεταμένα στο επόμενο κεφάλαιο 4 της παρούσας εργασίας. Ως ανακύκλωση νοείται η επεξεργασία των ΑΗΗΕ χειρονακτικά ή με μηχανικά μέσα με σκοπό την ανάκτηση πόρων (πρώτων υλών) (OES, 2008). Η ανακύκλωση (με ή χωρίς αποσυναρμολόγηση) περιλαμβάνει την επεξεργασία, την ανάκτηση και την επανακατεργασία των υλικών που περιέχονται στα χρησιμοποιημένα προϊόντα ή εξαρτήματα προκειμένου να αντικαταστήσουν παρθένα υλικά για την παραγωγή των νέων προϊόντων. Η ανακύκλωση είναι η σειρά των δραστηριοτήτων με τις οποίες τα υλικά που προορίζονται για απόρριψη συλλέγονται, γίνεται η διαλογή τους, η μεταποίηση τους και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή νέων προϊόντων. Σύμφωνα με

σχετική μελέτη η δραστηριότητα της ανακύκλωσης στη Νέα Υόρκη το 1997, μείωσε την κατανάλωση ενέργειας κατά 9%, τις εκπομπές οξειδίων του θείου κατά 12% και απέτρεψε την ανάγκη εξόρυξης 2,7 εκατομμυρίων τόνων σιδηρομεταλλεύματος για να σχηματίσουν νέα υλικά (NERC, 1999). Από τα ανωτέρω καθίσταται σαφές ότι είναι πολύ καλύτερη πρακτική από περιβαλλοντική άποψη να ανακυκλώνονται τα υλικά αντί να αποτίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Για το αλουμίνιο, η εξοικονόμηση ενέργειας από ανακύκλωση μπορεί να φτάσει το 91% σε σύγκριση με τη διαδικασία της χρήσης της πρωτογενούς πρώτης ύλης, του βωξίτη (Ogilvie, 1992).

Παρόλο που σήμερα η ανακύκλωση είναι η πιο ώριμη (από άποψη ανεπτυγμένης τεχνολογίας) στρατηγική μείωσης των αποβλήτων, με υψηλά ποσοστά όπως 80% για ορισμένα προϊόντα, πολλοί σχεδιαστές διστάζουν να χρησιμοποιούν ανακυκλωμένα υλικά, λόγω της αμφιβολίας για την ποιότητα τους ή για τα πρότυπα που τηρούνται κατά την εφοδιαστική αλυσίδα (Chick και Micklethwaite, 2002). Για αντιμετωπιστεί το ζήτημα της ποιότητας, έγινε προσπάθεια να δοθεί ένας πιο ακριβής ορισμός για το ανακυκλώσιμο υλικό, ως αυτό που μπορεί να επανακτήσει τις ιδιότητες που το υλικό είχε στην παρθένα κατάσταση. Με αυτή τη λογική αναπτύχθηκε ένα μέτρο της 'ανακυκλωσιμότητας' διαφορετικών υλικών μέσω της αξιολόγησης των οικονομικών αξιών των παρθένων υλικών, των απορριμμάτων και των επεξεργασμένων υλικών (Villalba κ.α., 2002).

Επιπλέον, ενώ τα υλικά που ανακυκλώνονται συμβάλλουν στη μείωση της χρήσης παρθένου υλικού, απαιτούν τη χρήση επιπρόσθετης ενέργειας για να μετασχηματιστούν σε μεταποιημένα προϊόντα. Τα απόβλητα δεν είναι εφικτό να επαναμετασχηματιστούν σε (πρωτογενείς) πόρους εκτός και αν υπάρχει κάποια εξωτερική πηγή ενέργειας. Η ανακύκλωση προφανώς δεν μπορεί να λάβει χώρα από μόνη της, πρέπει να τροφοδοτείται από κάποια πηγή ενέργειας (Jacobs, 1991). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ενσωματωμένη ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε στην παραγωγή χάνεται κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης. Η επεξεργασία για την ανακύκλωση των υλικών θέτει εντελώς διαφορετικές απαιτήσεις από τις άλλες στρατηγικές. Οι δυο παράγοντες που κυρίως επηρεάζουν τη διαδικασία, είναι η διαθέσιμη τεχνολογία και επαρκής οικονομίες κλίμακας. Για

παράδειγμα, η αποτελεσματική ανακύκλωση παλαιών αυτοκινήτων απαιτεί ένα εργοστάσιο τεμαχισμού με χωρητικότητα 50.000-100.000 τόνους ανά έτος. Τα πλαστικά τελευταίας τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται για τις τηλεοράσεις μπορούν να ανακυκλωθούν επικερδώς σε μια γραμμή που έχει χωρητικότητα 2.000 τόνους ανά έτος (και που αντιστοιχεί σε 300.000 τηλεοράσεις το χρόνο). Για να πραγματοποιηθεί οικολογικά φιλική και οικονομικά ουδέτερη επεξεργασία τυπωμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων απαιτείται γραμμή επεξεργασίας με χωρητικότητα 2.500 κιλά ανά ημέρα (Rose, 2000).

3.5 ΟΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΗΗΕ. ΔΙΑΘΕΣΗ – ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ.

Οι μέθοδοι διαχείρισης των ΑΗΗΕ μετά το τέλος του κύκλου της ζωής τους μέχρι σήμερα εστιάζονταν κυρίως στη θερμική επεξεργασία (αποτέφρωση), τη διάθεση (ταφή) και την ανάκτηση ενέργειας από αυτές τις διαδικασίες. Εκτιμάται ότι ένα μεγάλο ποσοστό των ΑΗΗΕ καταλήγει ακόμα και σήμερα σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), αποτεφρώνεται ή ανακτάται ενέργεια, όμως χωρίς καμιά προεργασία με όλες τις συνεπακόλουθες αρνητικές επιπτώσεις. Εκτιμάται ότι το 90% των ΑΗΗΕ καταλήγει για ταφή, αποτέφρωση ή ανάκτηση χωρίς καμιά προεργασία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καταλήγουν στους χώρους ταφής και καύσης εκτός των πολύτιμων πρώτων υλών και πολλά επικίνδυνα απόβλητα. (EC, 2000). Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν αυτές οι στρατηγικές επεξεργασίας των ΑΗΗΕ.

Η Θερμική Επεξεργασία

Με τον όρο θερμική επεξεργασία εννοούμε τη διαδικασία καύσης (αποτέφρωσης) των αποβλήτων προϊόντων σε κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους και ελεγχόμενο περιβάλλον. Τα μεγάλα πλεονεκτήματα από τη θερμική επεξεργασία των ΑΗΗΕ είναι η μείωση του όγκου των αποβλήτων και η χρησιμοποίηση της ενέργειας που παράγεται από

την καύση των απορριμμάτων. Επίσης μέσω της διαδικασίας της θερμικής επεξεργασίας, κάποιες επικίνδυνες για το περιβάλλον οργανικές ουσίες που εντοπίζονται στα ΑΗΗΕ μετατρέπονται σε λιγότερο επικίνδυνες ενώσεις για το περιβάλλον. Τα στοιχεία του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού με υψηλή περιεκτικότητα σε πλαστικό διαθέτουν υψηλό θερμιδικό περιεχόμενο και γι' αυτό το λόγο θεωρούνται ιδιαίτερος κατάλληλα για καύση. Παρόλα αυτά περιέχουν επίσης βαρέα μέταλλα και αλογονωμένες ουσίες που προκαλούν περιβαλλοντικά προβλήματα όπως η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στη ίλυδα και πιθανές εκπομπές υδραργύρου, διοξινών και φουρανίων. Η αποτέφρωση συνήθως αποτελεί μόνο ένα μέρος ενός πολύπλοκου συστήματος επεξεργασίας για τη συνολική διαχείριση του ευρέος φάσματος των αποβλήτων. Ο τομέας της καύσης έχει υποστεί ταχεία τεχνολογική ανάπτυξη κατά τα τελευταία 10 με 15 χρόνια. Μεγάλο μέρος αυτής της αλλαγής έχει προκύψει από τη νομοθεσία για τον κλάδο που προβάλλει ως απαίτηση τις μειωμένες αέριες εκπομπές των εγκαταστάσεων καύσης. Σήμερα η συνεχής διαδικασία ανάπτυξης της τεχνολογίας της αποτέφρωσης βρίσκεται σε εξέλιξη με γνώμονα τον περιορισμό των δαπανών και τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των εγκαταστάσεων. Οι ιδιοκτήτες και φορείς εκμετάλλευσης των εγκαταστάσεων αποτέφρωσης συνήθως είναι οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης, καθώς και ιδιωτικές εταιρείες, ενώ συχνά παρατηρούνται συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα. Τα έσοδα των μονάδων αποτέφρωσης αποβλήτων προκύπτουν κυρίως από την επεξεργασία των αποβλήτων, αλλά οι μονάδες αυτές μπορούν επίσης να παράγουν και να πωλούν ηλεκτρική ενέργεια, ατμό και θερμότητα, καθώς και ανακτημένα προϊόντα όπως τέφρα (κυρίως σκωρία) για χρήση ως δομικό υλικό, θραύσματα σιδήρου και μη σιδηρούχων μετάλλων για χρήση στη βιομηχανία μετάλλου, υδροχλωρικό οξύ, αλάτι ή γύψο (EC, 2006).

Ο στόχος της αποτέφρωσης των αποβλήτων είναι η διαχείριση τους προκειμένου να μειωθεί ο όγκος και η επικινδυνότητα τους, κατακρατώντας κατά το δυνατό ή καταστρέφοντας τις επικίνδυνες ουσίες που απελευθερώνεται κατά την καύση. Οι διεργασίες της αποτέφρωσης επίσης μπορεί να παρέχουν ένα μέσο για την ανάκτηση του ενεργειακού περιεχομένου, αλλά και των ορυκτών ή / και χημικών ουσιών από τα απόβλητα. Βασικά η αποτέφρωση των αποβλήτων είναι η οξείδωση των καύσιμων υλικών

που περιέχονται στα απόβλητα. Τα απόβλητα είναι γενικά πολύ ετερογενή υλικά, που αποτελούνται κυρίως από οργανικά ουσίες, ορυκτά, μέταλλα και νερό. Κατά τη διάρκεια της καύσης, τα καυσαέρια που δημιουργούνται περιέχουν το μεγαλύτερο μέρος της διαθέσιμης ενέργειας των καυσίμων με τη μορφή της θερμότητας. Οι οργανικές ουσίες των απόβλητων καυσίμων καίγονται όταν φτάσουν στην σωστή θερμοκρασία ανάφλεξης και έρθουν σε επαφή με το οξυγόνο. Η διαδικασία της καύσης λαμβάνει χώρα στην αέρια φάση μέσα σε κλάσματα του δευτερολέπτου και ταυτόχρονα απελευθερώνεται ενέργεια όπου η θερμιδική αξία των αποβλήτων και η παροχή του οξυγόνου είναι επαρκείς. Αυτός ο μηχανισμός μπορεί να οδηγήσει σε θερμική αλυσιδωτή αντίδραση και αυτοσυντηρούμενη καύση πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει ανάγκη για την προσθήκη άλλων καυσίμων (EC, 2006).

Τα κύρια στάδια της διαδικασίας της αποτέφρωσης είναι τα εξής:

1. Ξήρανση και εξαέρωση. – Οι πτητικές ουσίες που περιέχονται στα απόβλητα (π.χ. υδρογονάνθρακες και νερό) εξαερώνονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 100 και 300 °C. Η διαδικασία της ξήρανσης και της εξαέρωσης δεν απαιτεί οξειδωτικούς παράγοντες και εξαρτάται μόνο από την παρεχόμενη θερμότητα.
2. Πυρόλυση και αεριοποίηση. Η πυρόλυση είναι η περαιτέρω αποσύνθεση των οργανικών ουσιών σε απουσία οξειδωτικού παράγοντα στους περίπου 250 - 700 °C. Η αεριοποίηση των ανθρακούχων κατάλοιπων είναι η αντίδραση των καταλοίπων με υδρατμούς και CO₂ σε θερμοκρασίες τυπικά μεταξύ 500 και 1000 °C, αλλά μπορεί να συμβεί και σε θερμοκρασίες έως 1600 °C. Έτσι, η στερεά οργανική υλη μεταφέρεται στην αέρια φάση. Εκτός από τη θερμοκρασία η αντίδραση αυτή υποστηρίζεται από το νερό, τον ατμό και το οξυγόνο.

3. Οξείδωση. Τα καύσιμα αέρια που δημιουργούνται στα προηγούμενα στάδια οξειδώνεται, ανάλογα με την επιλεγμένη μέθοδο αποτέφρωσης, σε θερμοκρασίες καυσαερίων μεταξύ 800 και 1.450 °C.

Αυτά τα επιμέρους στάδια συνήθως επικαλύπτονται, γεγονός που σημαίνει ότι ο χωρικός και χρονικός διαχωρισμός τους κατά την αποτέφρωση των αποβλήτων είναι δυνατός μόνο σε περιορισμένο βαθμό. Παρ' όλο που οι διαδικασίες αυτές εν μέρει συμβαίνουν παράλληλα και αλληλοεπηρεάζονται, είναι δυνατό με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών να επηρεαστούν αυτές τις διαδικασίες έτσι ώστε να μειωθούν οι ρυπογόνες εκπομπές. Τέτοιες τεχνικές περιλαμβάνουν το σχεδιασμό του κλιβάνου καύσης, τη διανομή του αέρα και τα συστήματα ελέγχου.

Οι ενεργειακές εισροές κατά τη διαδικασία της αποτέφρωσης περιλαμβάνουν:

1. Απόβλητα
2. Καύσιμα υποστήριξης (π.χ. πετρέλαιο, φυσικό αέριο) για την εκκίνηση και τον τερματισμό της λειτουργίας, για να διατηρηθεί η απαιτούμενη θερμοκρασία με χαμηλότερη ποσότητα απόβλητων από αυτή που απαιτείται και για την αναθέρμανση των καυσαερίων πριν από την επεξεργασία ή την απελευθέρωση τους
3. Εισαγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για την εκκίνηση και τον τερματισμό της λειτουργίας όταν έχουν σταματήσει όλες οι γραμμές επεξεργασίας και για μονάδες χωρίς δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μερικές από τις προαναφερθείσες εισροές ενέργειας συμβάλλουν στην παραγωγή ατμού και θερμότητας όπου χρησιμοποιούνται λέβητες και ως εκ τούτου η ενέργεια ανακτάται εν μέρει κατά τη διαδικασία.

Η παραγωγή ενέργειας, η κατανάλωση και οι εκροές περιλαμβάνουν:

- ηλεκτρική ενέργεια
- θερμότητα (ως ατμό ή ζεστό νερό)
- syngas (synthetic gas, σύνθετο αέριο - μείγμα αερίων που περιέχει ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου) από τις παραγωγικές μονάδες πυρόλυσης και αεριοποίησης που δεν έχουν τη δυνατότητα καύσης του syngas επί τόπου.

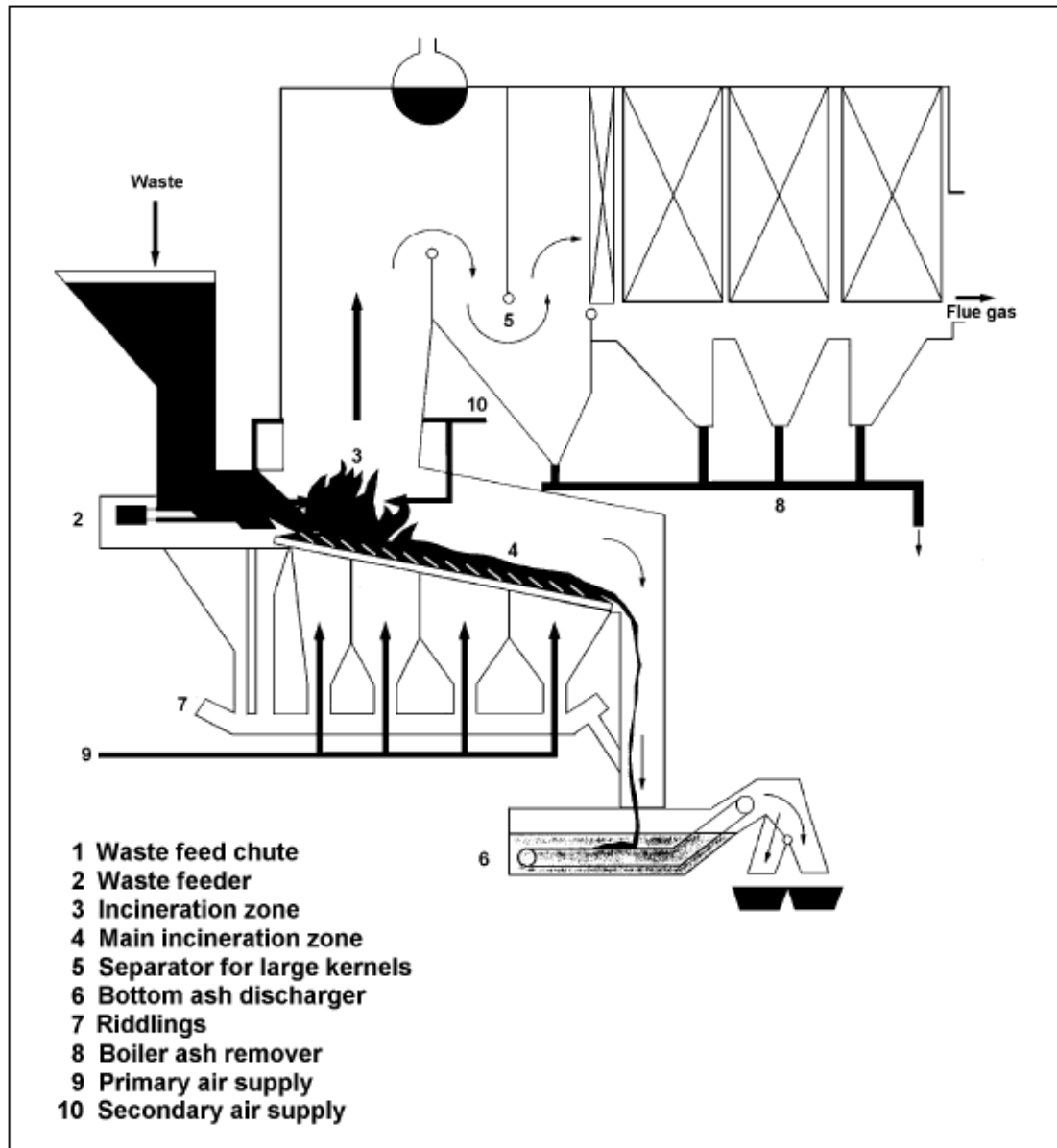
Η αποτελεσματική ανάκτηση του ενεργειακού περιεχομένου των αποβλήτων θεωρείται βασικό ζήτημα για τη βιομηχανία (TWG Comments, 2004).

Η ανάλυση σε βάθος της τεχνολογίας των μονάδων θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας. Σε γενικές γραμμές για την αποτέφρωση των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων εφαρμόζεται ευρέως η τεχνολογία των αποτεφρωτήρων εσχάρας (Grate incinerator). Στην Ευρώπη περίπου το 90% των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών αποβλήτων κάνει χρήση τεχνολογίας εσχάρας.

Οι αποτεφρωτήρες εσχάρας απαρτίζονται συνήθως από τα ακόλουθα στοιχεία:

- τροφοδοσία αποβλήτων
- σχάρα αποτέφρωσης
- σύστημα απόρριψης τέφρας
- σύστημα αεραγωγών αποτέφρωσης
- θάλαμο καύσης
- εφεδρικούς καυστήρες.

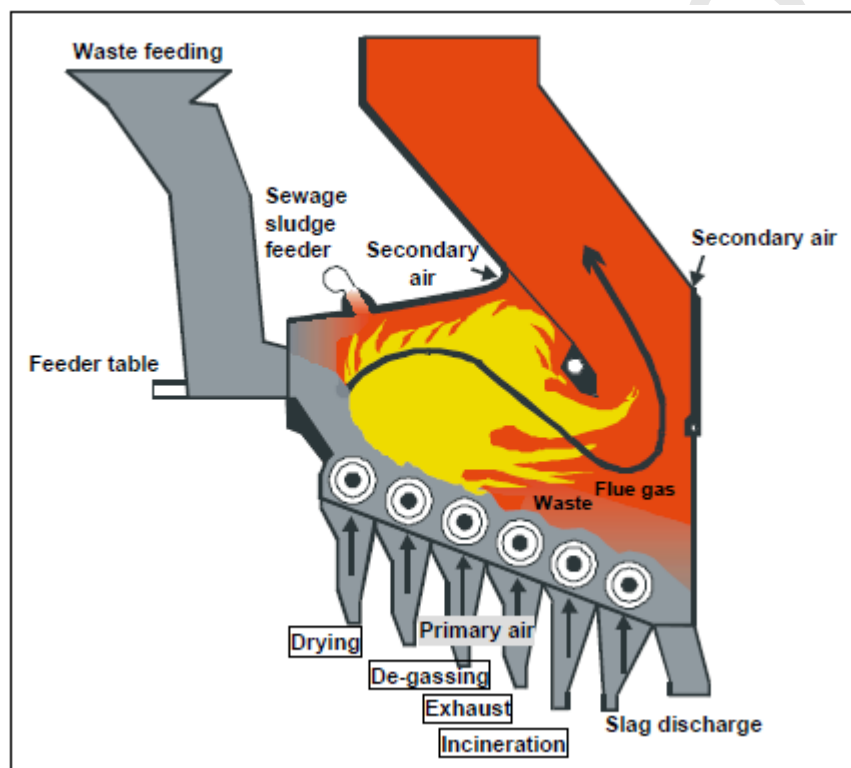
Στο σχήμα 3.9 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ενός αποτεφρωτήρα εσχάρας με λέβητα ανάκτησης.



Σχήμα 3.9. Η εσχάρα, ο θάλαμος καύσης και τα στάδια ανάκτησης θερμότητας από ένα παράδειγμα μονάδας αποτέφρωσης αστικών αποβλήτων (Πηγή: UBA, 2001).

Η καύση γίνεται πάνω στη σχάρα στο θάλαμο καύσης όπως ενδεικτικά φαίνεται στο σχήμα 3.10. Ο θάλαμος καύσης αποτελείται συνήθως από μία σχάρα που βρίσκεται στο

κάτω μέρος, από τοιχώματα τόσο ψυχόμενα όσο και μη-ψυχόμενα στις πλευρές του κλιβάνου και έναν επιφανειακό θερμαντήρα στην κορυφή. Καθώς τα αστικά απόβλητα έχουν γενικά υψηλή περιεκτικότητα σε πτητικές ουσίες, τα πτητικά αέρια απομακρύνονται και μόνο ένα μικρό μέρος της αποτέφρωσης πραγματοποιείται κοντά στη σχάρα.



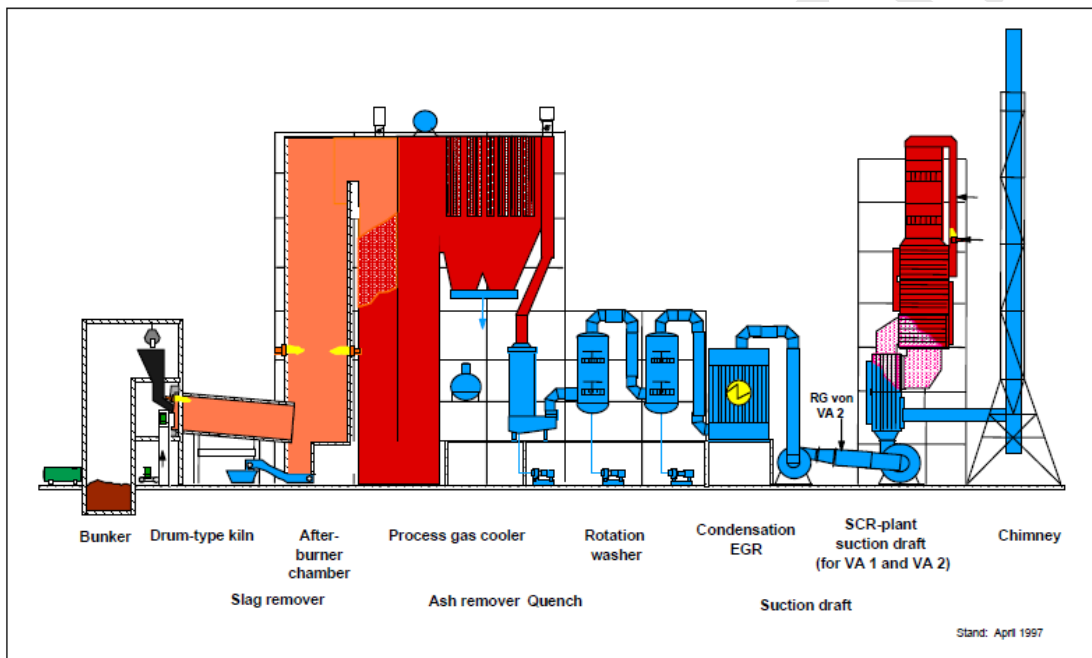
Σχήμα 3.10. Παράδειγμα θαλάμου καύσης (Πηγή: UBA, 2001).

Για την αποτέφρωση επικίνδυνων αποβλήτων έχει αποδειχθεί επιτυχής ο συνδυασμός κλιβάνων τύπου τυμπάνου και θαλάμων μετάκαυσης. Μια μονάδα αποτέφρωσης με κλιβάνους τύπου τυμπάνου και ικανότητα αποτέφρωσης 45.000 τόνων/έτος παρουσιάζεται στο σχήμα 3.11.

Η μονάδα χωρίζεται σε τρεις βασικούς τομείς:

- κλίβανος τύπου τυμπάνου με θάλαμο μετάκαυσης
- λέβητας απορριπτόμενης θερμότητας για παραγωγή ατμού
- καθαρισμός των καυσαερίων σε πολλά βήματα

Υπάρχει, επιπλέον, η υποδομή για την αποθήκευση, το σύστημα τροφοδοσίας και διάθεσης για τα απόβλητα και τα λύματα που παράγονται κατά την καύση.



Σχήμα 3.11. Παράδειγμα μιας μονάδας κλιβάνου τύπου τυμπάνου για την αποτέφρωση επικίνδυνων αποβλήτων (Πηγή: UBA, 2001).

Η θερμική επεξεργασία είναι ευρύτατα διαδεδομένη στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη και θεωρείται ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος διαχείρισης ΑΗΗΕ. Παρόλα αυτά, η θερμική επεξεργασία παρουσιάζει περιβαλλοντικά προβλήματα. Υπολογίζεται ότι ετησίως περιέχονται σε εκπομπές από αποτέφρωση αποβλήτων 36 τόνοι υδραργύρου και 16 τόνοι καδμίου στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Επίσης έχει αποδειχτεί ότι η αποτέφρωση μη επικίνδυνων αποβλήτων είναι η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών διοξεινίων και φουρανίων στην ατμόσφαιρα της Ευρώπης. Η κατηγορία των ΑΗΗΕ συμβάλλει ουσιαστικά στην

παρουσία βαρέων μετάλλων και αλογονομένων ουσιών στα αστικά απόβλητα. Επιπλέον λόγω της ποικιλίας των ουσιών στα ΑΗΗΕ, διάφορες αρνητικές επιπτώσεις μπορεί να παρατηρηθούν κατά την αποτέφρωση. Ο χαλκός λειτουργεί καταλυτικά αυξάνοντας ταυτόχρονα τον κίνδυνο δημιουργίας διοξινών κατά την αποτέφρωση επιβραδυντικών φλόγας. Αυτό προκαλεί ιδιαίτερο προβληματισμό δεδομένου ότι η αποτέφρωση βρωμιούχων επιβραδυντών φλόγας σε χαμηλή θερμοκρασία (600-800°C) ενδέχεται να οδηγήσει στη δημιουργία ιδιαίτερα τοξικών πολυβρωμοδιβενζοδιοξινών (PBDD) και πολυβρωμοδιβενζοφουρανίων (PBDF). Για τους παραπάνω λόγους η Ευρωπαϊκή επιτροπή ενέκρινε οδηγία του συμβουλίου η οποία προβλέπει αυστηρές οριακές τιμές εκπομπής προκειμένου να επιτευχθούν ουσιαστικές μειώσεις των εκπομπών των επιμέρους ατμοσφαιρικών ρύπων. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ΑΗΗΕ περιέχουν σοβαρές ποσότητες PVC. Στα πλαστικά των ΑΗΗΕ υπάρχουν περίπου 30 - 40 διαφορετικά BFRs (Watson et al. 2010). Υπάρχουν σοβαρές αποδείξεις που υποστηρίζουν την άποψη ότι το PVC δεν προσφέρεται για αποτέφρωση, ιδίως σε σχέση με την ποσότητα και τον επικίνδυνο χαρακτήρα των παραγόμενων καυσαερίων κατά την αποτέφρωση. Επιπλέον, οι απώλειες πλαστικοποιητών και ειδικά φθαλικών ενώσεων, κατά την υγειονομική ταφή του PVC αναγνωρίζεται ευρύτατα ότι ενδέχεται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον. Επιβάλλεται επίσης να σημειωθεί ότι ανακυκλώνονται σήμερα πολύ μικρές ποσότητες αποβλήτου PVC, ιδίως στα ΑΗΗΕ (EC, 2000).

Η διάθεση των ΑΗΗΕ

Η λιγότερο φιλική προς το περιβάλλον και η λιγότερο οικονομικά συμφέρουσα επιλογή για τον χειρισμό των ΑΗΗΕ είναι η διάθεση τους. Κυρίως ως διάθεση νοείται η Υγειονομική Ταφή των ΑΗΗΕ σε χώρους βέβαια που πληρούν υψηλές προδιαγραφές και όπου είναι δυνατό να διαχειρίζονται τα απόβλητα ανάλογα με την επικινδυνότητά τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι η οδηγία 1999/31/ΕΚ σχετικά με την υγειονομική ταφή των αποβλήτων προβλέπει ότι επιτρέπεται η υγειονομική ταφή μόνο των αποβλήτων αυτών που έχουν υποστεί προηγουμένως κατάλληλη επεξεργασία. Η υγειονομική ταφή είναι η

διαδικασία κατά την οποία τα απορρίμματα που πρόκειται να διατεθούν διαστρώνονται τυπικά σε στρώσεις ύψους 2-3 μέτρων, συμπιέζονται και καλύπτονται με κατάλληλο αδρανές υλικό στο τέλος της καθημερινής λειτουργίας. Όταν ο χώρος διάθεσης φθάσει στην τελική του χωρητικότητα, τοποθετείται μια τελική στρώση αδρανούς υλικού πάχους 0,60 m περίπου και μετά στρώμα χώματος κατάλληλο για δενδροφύτευση, ώστε να αποκατασταθεί τελικά το τοπίο.

Τα ΑΗΗΕ όπως εκτενώς αναφέρθηκε στο 1^ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας διαθέτουν μεγάλη ποικιλία συστατικών, πολλά από τα οποία είναι επικίνδυνα τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για το περιβάλλον. Κατά συνέπεια η πρακτική της υγειονομικής ταφής αυτών των αποβλήτων ενδέχεται να επιφέρει σοβαρές επιπτώσεις ακόμη και σε ελεγχόμενους χώρους που ανταποκρίνονται σε τεχνικά πρότυπα για το περιβάλλον δεδομένου ότι κανένας χώρος υγειονομικής ταφής δεν είναι εντελώς υδατοστεγής καθ' όλη την διάρκεια της ζωής του και είναι υπαρκτό το ενδεχόμενο μερικής απόπλυσης μετάλλων και χημικών ουσιών. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν η απόπλυση του υδραργύρου που υπάρχει στον ΗΗΕ όπως οι διακόπτες των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, τα στοιχεία που περιέχουν PCB, η διαρροή τοξικών ουσιών στο έδαφος και στα υπόγεια ύδατα από την ταφή πλαστικών υλικών με βρωμιούχους επιβραδυντές φλόγας ή πλαστικών υλικών που περιέχουν κάδμιο, οι σοβαρές ποσότητες ιόντων μολύβδου από θραύσματα υάλου που περιέχουν μόλυβδο όπως στην περίπτωση των κώνων των λυχνιών καθοδικών ακτινών, καθώς επίσης και η εξαέρωση μεταλλικού υδραργύρου. Επίσης ένα μεγάλο πρόβλημα αποτελούν οι πυρκαγιές στους χώρους υγειονομικής ταφής, με την επακόλουθη έκλυση βαρέων μετάλλων και άλλων χημικών ενώσεων επικίνδυνων για την ανθρώπινη υγεία (EC, 2000). Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες τα ΑΗΗΕ διοχετεύονται σε μη ελεγχόμενους χώρους υγειονομικής ταφής είναι δεδομένη η περιβαλλοντική επιβάρυνση και ο κίνδυνος για τη δημόσια υγεία. Από μελέτες πάνω στα ΑΗΗΕ σε χώρους υγειονομικής ταφής διαπιστώθηκε ότι είναι εξαιρετικά δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του ΗΗΕ λόγω των πολύπλοκων και χρονοβόρων διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στις εγκαταστάσεις υγειονομικής ταφής. Η αποσύνθεση των χημικών ουσιών επηρεάζεται από πολλούς εξωτερικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, οι

συγκεντρώσεις άλατος, το pH και η συγκέντρωση του οξυγόνου. Επιπλέον, οι χώροι για μετατροπή σε ΧΥΤΑ σπανίζουν όλο και περισσότερο (Biddle, 2000).

Από όλη την ανωτέρω συλλογιστική προκύπτει ότι είναι καλό να αποφεύγεται η διάθεση των ΑΗΗΕ σε χώρους υγειονομικής ταφής. Όμως ακόμα κι εάν υφίσταται εκτεταμένη επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση του ΗΗΕ με την καλλίτερη διαθέσιμη τεχνολογία, πάντα οι εταιρείες ανακύκλωσης και οι δημοτικές αρχές θα συνεχίζουν να μεταφέρουν θραύσματα ΗΗΕ (ως στερεά απόβλητα των διαδικασιών ανακύκλωσης) σε χώρους υγειονομικής ταφής και αποτέφρωσης. Επίσης υπάρχουν πολλές αποδείξεις ότι ακόμη και εν όψει των οικονομικών κίνητρων ή/και των απαγορεύσεων, κάποιοι μεταφορείς αποβλήτων εξακολουθούν να διαθέτουν τα ΑΗΗΕ σε ΧΥΤΑ ως κάτι το αυτονόητο. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην κανονιστική πτυχή της βιομηχανίας απορριμμάτων και τον τρόπο που αυτή επηρεάζει της εργασίες ανάκτησης ΗΗΕ. Όσο υψηλότερο είναι το κόστος για τη διάθεση των μη-ανακυκλώσιμων υλικών, τόσο υψηλότερο είναι το κόστος της επιχειρηματικής δραστηριότητας. Για τις καλά αναπτυγμένες εταιρείες με οικονομική επάρκεια το υψηλό κόστος διάθεσης μπορεί να παρέχει κίνητρο για την ανάπτυξη νέων τεχνικών ανάκτησης, αλλά για τις μικρότερες αναδυόμενες εταιρείες οι αυστηρότεροι κανονισμοί διάθεσης αποβλήτων μπορεί να είναι καταστροφικοί. Όμως η ορθή διάθεση των ηλεκτρονικών συσκευών είναι ζωτικής σημασίας για ολόκληρο το σύστημα της ανάκτησης. Όσο αναπτυγμένες και να είναι οι βιομηχανίες της αποσυναρμολόγησης και επαναχρησιμοποίησης, πάντα θα υπάρχει η ανάγκη να διατεθεί υλικό το οποίο δεν μπορεί να χρησιμοποιείται. Γι' αυτό το λόγο είναι εξέχουσας σημασίας να υπάρξουν σαφείς ρυθμίσεις που προστατεύουν την υγεία του κοινού καθώς και την ακεραιότητα του κλάδου ανάκτησης ΑΗΗΕ (Wilkinson κ.α., 2001).

Οι δυο οδηγίες της ΕΕ σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών στα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (RoHS) έχουν ήδη τεθεί σε ισχύ (βλ. κεφάλαιο 2 της παρούσης, ενότητα 2.4). Με βάση την αρχή της ευθύνης του παραγωγού και τη βελτίωση του σχεδιασμού των προϊόντων γίνεται σημαντική προσπάθεια να

διευκολυνθεί η αποδοτικότερη ανακύκλωση και διάθεση των προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Οι κεντρικοί στόχοι της οδηγίας για τα ΑΗΗΕ είναι οι εξής:

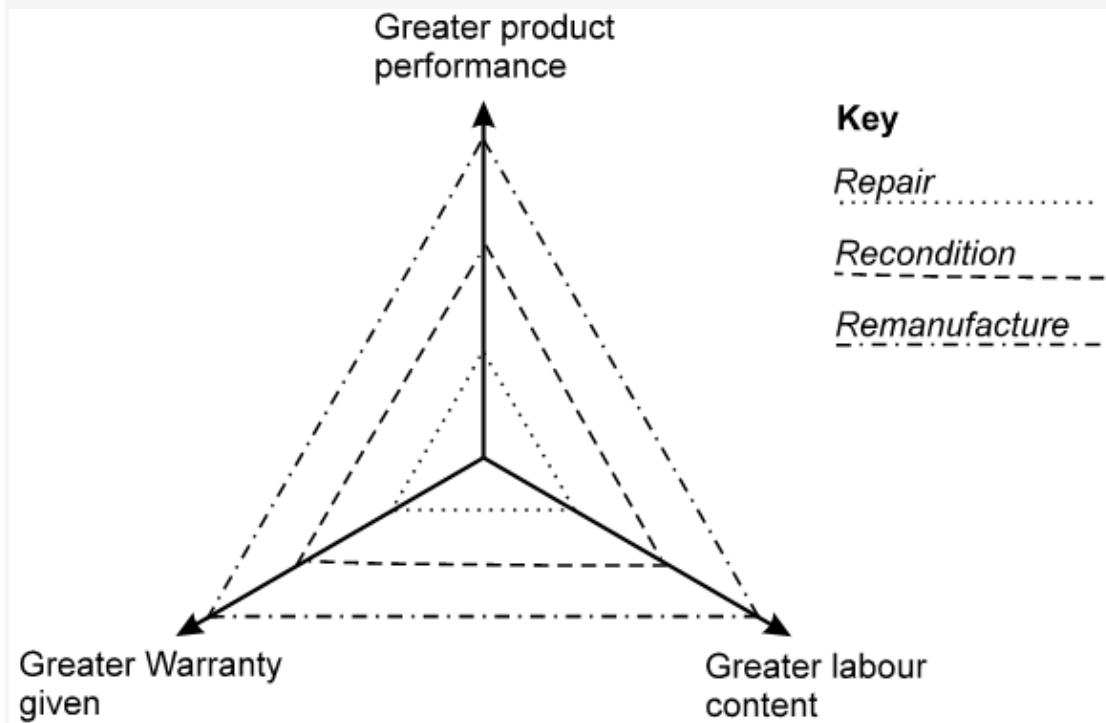
- μείωση της απόθεσης των ΑΗΗΕ σε χώρους υγειονομικής ταφής
- δωρεάν σύστημα απόσυρσης του εξοπλισμού στο τέλος του κύκλου ζωής του
- βελτίωση του σχεδιασμού των προϊόντων με στόχο τόσο την πρόληψη των ΑΗΗΕ όσο και την αύξηση της ανάκτησης, επαναχρησιμοποίησης και / ή ανακύκλωσης
- επίτευξη συγκεκριμένων στόχων για την ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των διαφόρων κατηγοριών ΑΗΗΕ
- πρόβλεψη της σύστασης των ΑΗΗΕ που διατίθενται σε εγκαταστάσεις συλλογής και ξεχωριστά συστήματα συλλογής ΑΗΗΕ από τα υπόλοιπα αστικά απόβλητα
- πρόβλεψη της δημιουργίας και της χρηματοδότησης από τους παραγωγούς, των συστημάτων για την ανάκτηση και επεξεργασία των ΑΗΗΕ, συμπεριλαμβανομένων των διατάξεων για τη διάθεση χρηματοοικονομικών εγγυήσεων για τα νέα προϊόντα που διατίθενται στην αγορά.

Συμπερασματικά υπάρχουν τρεις σημαντικοί λόγοι για να μειωθεί το ρεύμα των αποβλήτων του ΗΕΕ που καταλήγει στους ΧΥΤΑ:

- Οι περισσότερες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές περιέχουν πολύτιμα συστατικά και άλλα υλικά τα οποία μπορούν εύκολα να ανακυκλωθούν.
- Ορισμένες συσκευές περιέχουν χημικές ουσίες, βαρέα μέταλλα και άλλα στοιχεία που είναι επικίνδυνα και δεν πρέπει να εναποτίθενται στους χώρους υγειονομικής ταφής των δημοτικών εγκαταστάσεων.
- Η αειφόρος χρήση των πόρων και η περιορισμένη ικανότητα υγειονομικής ταφής.

3.6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΔΗΗΕ

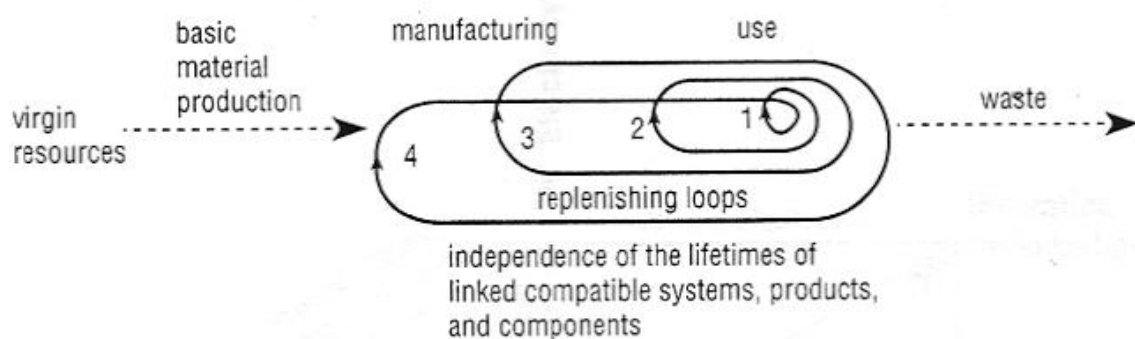
Οι τρεις κύριες στρατηγικές διαχείρισης των αποβλήτων ΗΗΕ, αυτές της επισκευής, της ανακατασκευής και της επιδιόρθωσης, παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.11 που ακολουθεί, ιεραρχημένες με βάση το περιεχόμενο της εργασίας που συνήθως απαιτούν, την απόδοση που λαμβάνεται από αυτές και την αξία της εγγύησης που κανονικά παρέχουν.



Σχήμα 3.11. Η ιεραρχία της δευτερογενούς αγοράς των διαδικασιών παραγωγής (Πηγή: Ijomah W, 2002)

Η ιδέα των κλειστών βρόγχων επεκτεινόμενη μπορεί να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι όσο μικρότερος παρουσιάζεται ο βρόγχος σε μια διαδικασία, τόσο πιο κερδοφόρα αυτή είναι. Εποπτικά οι στρατηγικές κλειστού βρόγχου φαίνονται στο σχήμα 3.12. Βάση αυτού η επισκευή ή η ανακατασκευή των προϊόντων θα έπρεπε να είναι πιο συχνές (εφόσον είναι πιο κερδοφόρες) από την ανακύκλωση. Όμως η πραγματικότητα είναι αντίθετη, καθώς η ανακύκλωση είναι πολύ πιο κοινή πρακτική από ότι η επισκευή ή ανακατασκευή. Ο λόγος

για αυτήν την πραγματικότητα οφείλεται στην έλλειψη ανάληψης της ευθύνης για όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος από κάποιον. Μέχρι την εισαγωγή της νομοθεσίας για τη διευρυμένη ευθύνη του παραγωγού ο κατασκευαστής δεν είχε καμία ευθύνη (εκτός από μια σύντομη περίοδο εγγύησης) για το προϊόν που πωλούσε και δεδομένου ότι η ανακύκλωση έχει ουσιαστικά αποσυνδεθεί από μεμονωμένους κατασκευαστές (το υλικό αναμιγνύεται με άλλα υλικά και επεξεργάζεται απομακρυσμένα), αυτή αποτέλεσε τον κυρίαρχο βρόγχο επιστροφής. Επιπλέον, ορισμένοι συγγραφείς θεωρούν, από μια πιο προωθημένη θέση, ότι η ανακύκλωση είναι χρήσιμη για τις επιχειρήσεις ώστε να δικαιολογήσουν τη σύντομη ζωή των προϊόντων τους, εκμεταλλευόμενοι ακριβώς το γεγονός ότι η ανακύκλωση θεωρείται ως περιβαλλοντικά καλή πρακτική (Fairlie, 1992).



Σχήμα 3.12. Οι βρόγχοι των στρατηγικών διαχείρισης ΑΗΗΕ:

1 = επαναχρησιμοποίηση, 2 = επισκευή, 3 = ανακατασκευή, 4 = ανακύκλωση

(Πηγή: Ijomah W, 2002)

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί επιγραμματικά και ένας άλλος τρόπος που έχει παρουσιαστεί στη βιβλιογραφία για την κατανόηση αυτών των ζητημάτων, μέσα από τους δύο πρώτους νόμους της θερμοδυναμικής. Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής αναφέρει ότι (σε ένα απομονωμένο σύστημα) η ενέργεια και η ύλη ούτε καταστρέφονται ούτε δημιουργούνται από το μηδέν αλλά απλά μετατρέπονται από τη μια μορφή σε μια άλλη. Αυτή η λογική προωθεί την ιδέα του κλειστού βρόγχου για τη μετατροπή των υλικών ξανά σε χρήσιμα προϊόντα και όχι σε άχρηστα (και επιβλαβή) απόβλητα. Όμως ο δεύτερος

νόμος της θερμοδυναμικής υπαγορεύει ότι αυτή καθαυτή η διαδικασία μετατροπής, απαιτεί πρόσθετη ενέργεια. Ο δεύτερος νόμος αναφέρει ότι για ένα κλειστό σύστημα η εντροπία (και άρα η αταξία) αυξάνει συνεχώς. Το πρόβλημα των απορριμμάτων δεν είναι τίποτε άλλο από μια εκδήλωση αυτού του νόμου, δηλαδή στην αρχή ένα υλικό, που μπορεί να οριστεί ως ένα δεδομένο σύστημα, παρουσιάζει υψηλή ποιότητα ενέργειας (ποιότητα παραγωγής έργου) αλλά σταδιακά τη χάνει (αυξάνεται δηλαδή με τη χρήση η εντροπία του συστήματος και κατά συνέπεια η αταξία μέσα σε αυτό) μέχρι που το υλικό επέρχεται στην τελική κατάσταση του αποβλήτου. Προκειμένου βέβαια να αλλάξει αυτό, πρέπει να προστεθεί επιπλέον ενέργεια στο σύστημα και προφανώς πρέπει να προστεθεί περισσότερη ενέργεια σε υλικά που παρουσιάζουν υψηλότερη κατάσταση εντροπίας. Έτσι, η ανακύκλωση (που αναφέρεται σε υλικά εξαιρετικά υψηλής κατάστασης εντροπίας) απαιτεί περισσότερη ενέργεια 'διόρθωσης' από ότι η ανακατασκευή (όπου το κύριο σχήμα διατηρείται), η οποία με τη σειρά της απαιτεί περισσότερη ενέργεια από την επιδιόρθωση και την επισκευή (όπου το μεγαλύτερο μέρος των υλικών και των εξαρτημάτων των EOL προϊόντων διατηρούνται). Κατά συνέπεια το επιχείρημα της καλύτερης απόδοσης των μικρότερων βρόγχων υποστηρίζεται και από θερμοδυναμική / ενεργειακή άποψη (King κ.α., 2004).

Λαμβάνοντας υπ' όψη τους παραπάνω προβληματισμούς μπορούμε να ισχυριστούμε ότι αυτό που θα προωθήσει την ανακατασκευή, την επιδιόρθωση και / ή την επισκευή είναι η νομοθεσία για την ευθύνη του παραγωγού. Με την εισαγωγή της εν λόγω νομοθεσίας, οι κατασκευαστές είναι πλέον υπεύθυνοι για τα προϊόντα τους μέσα στον κύκλο ζωής τους, αλλά και μετά το τέλος του. Όμως πολλοί κατασκευαστές θεωρούν ότι μια στρατηγική που εξασφαλίζει την ανακύκλωση είναι για αυτούς ένα επιπλέον κόστος με μικρό ή ανύπαρκτο οικονομικό όφελος (το κόστος απόρριψης υλικών είναι συχνά μικρότερο από το κόστος της ανακύκλωσης τους). Έτσι, το ενδιαφέρον για την επισκευή, την επιδιόρθωση ή την ανακατασκευή των προϊόντων αρχίζει να αυξάνεται, επειδή τα πιθανά κέρδη από αυτούς τους μικρότερους βρόγχους αποδίδουν μεγαλύτερη 'προστιθέμενη αξία' στην εκπλήρωση των υποχρεώσεων στο πλαίσιο της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού σε σχέση με την ανακύκλωση. Υπάρχουν επίσης, τα πρόσθετα κοινωνικά οφέλη από την παροχή επικερδούς απασχόλησης εργατικού δυναμικού (King κ.α., 2004).

Όσον αφορά το περιβαλλοντικό όφελος η επισκευή είναι σαφώς καλύτερη επιλογή από την ανακατασκευή και την επιδιόρθωση, γιατί κατά τη διαδικασία απαιτείται λιγότερη ενέργεια και διατηρείται σχεδόν όλο το υλικό. Ωστόσο, το εμπόδιο της συμπεριφοράς του καταναλωτή (και η απαίτηση των κατασκευαστών για μελλοντικές νέες πωλήσεις) είναι τεράστιο. Για να αλλάξει ο σημερινός πολιτισμός που στηρίζει τις νέες πωλήσεις προϊόντων στην απαξίωση των παλαιότερων για λόγους ‘μόδας’ απαιτεί ένα μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Το ίδιο ισχύει εν πολλύς και για την επιδιόρθωση. Ωστόσο, εάν τα προϊόντα μπορούν να ανακατασκευάζονται έτσι ώστε τα προϊόντα της δεύτερης ζωής να είναι σύγχρονα ως προς την τάση της αγοράς, τότε αυτό θα μπορούσε να είναι οικονομικά βιώσιμο για τους κατασκευαστές (ουσιαστικά κατασκευάζεται ένα νέο προϊόν) και επιθυμητό από τους καταναλωτές. Τα προϊόντα βγαίνουν εκτός χρήσης για δύο κυρίως λόγους: τη λειτουργική απαξίωση (παρουσιάζουν βλάβες σε τμήματα τους και χρειάζονται επισκευή) ή την απαξίωση λόγω ‘μόδας’ (τα παλαιότερα προϊόντα χάνουν την ελκυστικότητα τους λόγω των νέων που εμφανίζονται στην αγορά με διαφορετικά ή/και πρόσθετα χαρακτηριστικά). Σε αυτό το σημείο μπορεί να επισημανθεί ότι η λεγόμενη προγραμματισμένη απαξίωση είναι ένας τρόπος με τον οποίο οι αγορές δημιουργούν ζήτηση για νέες πωλήσεις. Ένα όλο και αυξανόμενο ποσοστό της βιβλιογραφίας αναφέρει το γεγονός ότι ο καταναλωτισμός, ο οποίος είναι το κυρίαρχο κοινωνικό πρότυπο, αποτελεί τη βασική αιτία των προβλημάτων που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα της ανθρώπινης ανάπτυξης. Σε αντίθεση με την άποψη αυτή από κάποιους συγγραφείς η προγραμματισμένη απαξίωση των καταναλωτικών προϊόντων (και ο αντίστοιχος καταναλωτισμός που αυτή παράγει) έχει ιδωθεί ως κινητήρια δύναμη της τεχνολογικής προόδου. Η δεύτερη άποψη από τη σκοπιά της οικονομικής αποτελεσματικότητας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας ελέγχεται για την ορθότητα της και πιθανά το επιχείρημα ότι η προγραμματισμένη απαξίωση των προϊόντων αποτελεί πρόοδο είναι συχνά πολιτικά σκόπιμο (Cooper, 2002).

Όπως έχει ήδη αναπτυχθεί στο παρόν κεφάλαιο η ανακατασκευή οδηγεί σε χαμηλότερα επίπεδα αποβλήτων και απαιτεί λιγότερη ενέργεια σε σχέση με την ανακύκλωση, καθιστώντας έτσι την ανακατασκευή ως κοντοπρόθεσμη λύση στο διογκούμενο πρόβλημα των αποβλήτων. Η ανακατασκευή δεν είναι προς το παρόν χωρίς

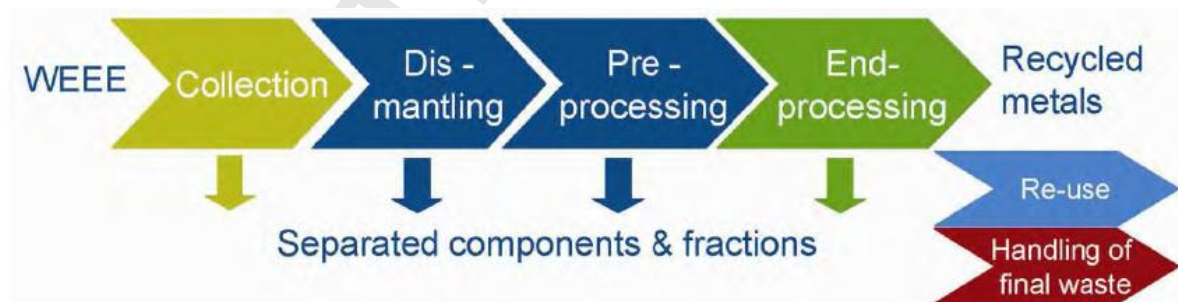
σημαντικά εμπόδια κι αυτή. Η επιστροφή των προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους μέσω της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας συχνά αποτελεί το μεγαλύτερο κόστος για την ανακατασκευή και ιδιαίτερα πραγματοποιείται με μικρό αριθμό σταθμών συλλογής. Για να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο χρησιμοποιούνται προσεγγίσεις που δίνουν κίνητρα στους καταναλωτές ώστε να επιστρέψουν τα παλιά προϊόντα, όπως εκπτώσεις σε νέα προϊόντα, δωρεάν ταχυδρομικές επιστροφές κ.α. Όταν στο τέλος του κύκλου ζωής τους τα προϊόντων φθάνουν στο εργοστάσιο ανακατασκευής, ο κατασκευαστής είναι αναγκαίο να αποσυναρμολογήσει το προϊόν. Αυτή είναι μια δύσκολη και δαπανηρή διαδικασία και ένα βασικό εμπόδιο στην οικονομική και αποτελεσματική υλοποίηση της ανακατασκευής. Οι προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται για την άρση αυτού του εμποδίου ποικίλουν και συμπεριλαμβάνουν την τυποποίηση μερών και εξαρτημάτων, μεθόδους αντίστροφης συναρμολόγησης και το σπονδυλωτό / με πλατφόρμες σχεδιασμό. Στο επόμενο κεφάλαιο θα εξεταστεί συστηματικά η διαδικασία της αποσυναρμολόγησης μαζί με τις μηχανικές διεργασίες της ανακύκλωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΗΗΕ

4.1 ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Η επεξεργασία και η διαχείριση των προϊόντων που βρίσκονται στο τέλος της ζωής τους είναι ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα που γίνεται όλο και πιο σημαντικό, ιδιαίτερα με την τοποθέτηση του ως επίκεντρο της περιβαλλοντικής νομοθεσίας στην Ευρώπη. Όμως σχεδόν πάντα οι διαδικασίες της ανακύκλωσης απαιτούν την αποσυναρμολόγηση των EOL προϊόντων για τη διασφάλιση του αποτελεσματικού διαχωρισμού των επικίνδυνων υλικών ή τη συσσώρευση των υλικών με αξία για την περαιτέρω αξιοποίησή τους. Η αλυσίδα της ανακύκλωσης των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών αποβλήτων αποτελείται από τρία βασικά στάδια: i) τη συλλογή, ii) τη διαλογή - αποσυναρμολόγηση και προ-επεξεργασία (μηχανική επεξεργασία) και iii) το τέλος της επεξεργασίας (συμπεριλαμβανομένης και της διάθεσης) όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1. Η αλυσίδα της ανακύκλωσης (Πηγή: UNEP - StEP, 2009).

Συνήθως σε κάθε ένα από αυτά τα στάδια δραστηριοποιούνται ειδικευμένοι φορείς και εργοστάσια. Η απόδοση του συνόλου της αλυσίδας της ανακύκλωσης εξαρτάται από την αποδοτικότητα κάθε βήματος ξεχωριστά και από το πόσο καλά επιτυγχάνεται η

διαχείρισή αυτών των αλληλοσυναρτώμενων σταδίων. Αν για παράδειγμα για μια συγκεκριμένη συσκευή η αποτελεσματικότητα της συλλογής είναι 50%, η απόδοση της συνδυασμένης αποσυναρμολόγησης και προ-επεξεργασίας είναι 70% και η απόδοση της ανάκτησης των υλικών είναι 95% (όλες οι ανωτέρω είναι ρεαλιστικές υποθέσεις για ένα σχετικά αποδοτικό σύστημα), η καθαρή απόδοση ανάκτησης μετάλλων κατά μήκος της αλυσίδας θα ήταν μόνο $0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,95 = 33,25\%$ (UNEP - StEP, 2009).

Η συλλογή των ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι καθοριστικής σημασίας, καθώς αυτή είναι που καθορίζει την ποσότητα του υλικού που είναι πραγματικά διαθέσιμο για την ανάκτηση. Υπάρχουν πολλά προγράμματα συλλογής, αλλά δεν δυνατό να καταδειχτεί πιο είναι το καλύτερο εφόσον η αποδοτικότητα τους ποικίλλει ανάλογα με τον τόπο που εφαρμόζονται, ενώ εξαρτάται και από την κάθε συσκευή. Η βελτίωση των ποσοστών συλλογής εξαρτάται περισσότερο από κοινωνικούς παράγοντες παρά από τις μεθόδους συλλογής, κατά συνέπεια δεν υπάρχει μεγάλο τεχνικό αντικείμενο για μελέτη, αλλά παρόλα αυτά πρέπει να εξετάζεται στο πλαίσιο των τεχνολογιών και των συστημάτων ανακύκλωσης, καθώς η συλλογή των συσκευών αποτελεί την πρώτη ύλη για την αποσυναρμολόγηση, την προεπεξεργασία και τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και χωρίς αυτήν η αλυσίδα ανακύκλωσης δεν υφίσταται (UNEP - StEP, 2009).

Ο εξοπλισμός που συλλέγεται αφού περάσει από το στάδιο της διαλογής υφίσταται αποσυναρμολόγηση και προεπεξεργασία. Ο στόχος της αποσυναρμολόγησης και της προ-επεξεργασίας είναι ο διαχωρισμός των επιμέρους υλικών και η κατεύθυνση τους στις τελικές διαδικασίες επεξεργασίας. Η διαδικασία της αποσυναρμολόγησης (disassembly) μπορεί να οριστεί ως η συστηματική απομάκρυνση των απαιτούμενων εξαρτημάτων από ένα συναρμολογημένο σύστημα (assembly) (Opalić κ.α., 2010). Πιο αναλυτικά η αποσυναρμολόγηση είναι η διαδικασία μέσα από την οποία ένα προϊόν χωρίζεται στα επιμέρους τμήματά του ή σε ομάδες επιμέρους τμημάτων του (πλήρης ή μερική αποσυναρμολόγηση) με τη χρήση μη-καταστροφικών ή μερικώς καταστροφικών εργασιών. Οι λόγοι που οδήγησαν στη συστηματική μελέτη της αποσυναρμολόγησης ξεκίνησαν από την επιθυμία ανάκτησης πολύτιμων και χρήσιμων υλικών καθώς και από την αντιμετώπιση

της πρόκλησης για την περιβαλλοντική διαχείριση των προϊόντων αφού αυτά αποσυρθούν από την αγορά. Η σχεδίαση των διαδικασιών αποσυναρμολόγησης σήμερα έχει ως βασικούς στόχους την ελάχιστη ζημιά στα επιμέρους τμήματα του προϊόντος, το ελάχιστο κόστος της διαδικασίας και την πραγματοποίηση της διαδικασίας αυτής μέσα στον ελάχιστο χρόνο (Μπιλάλης, 2011).

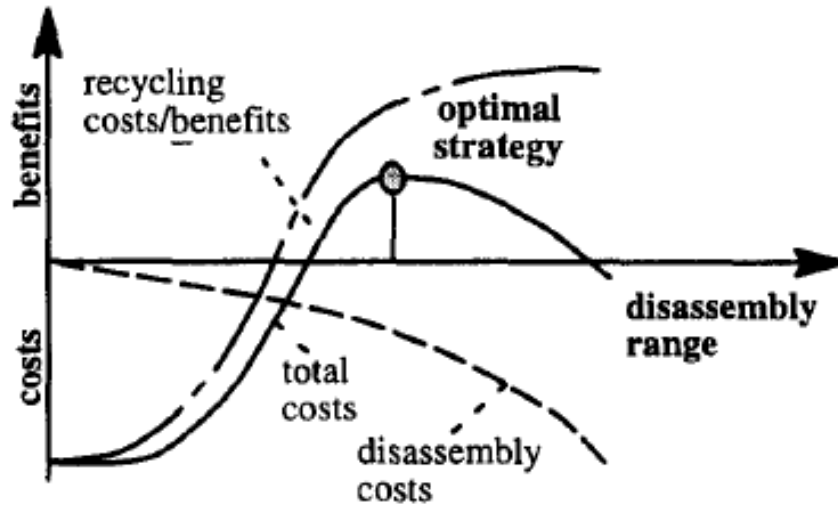
Η ανάγκη που ώθησε αρχικά την ανάπτυξη της συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης ήταν η ανάγκη αλλαγής επιμέρους εξαρτημάτων κατά τη διάρκεια ζωής προϊόντων. Η απαίτηση για αλλαγή επιμέρους εξαρτημάτων σε προϊόντα οδήγησε σταδιακά στην ανάπτυξη συγκεκριμένων προδιαγραφών για τα επιμέρους αυτά εξαρτήματα και την παραγωγή επιμέρους εξαρτημάτων με συγκεκριμένες προδιαγραφές. Ο Sir Joseph Whitworth ήταν ο πρώτος που πρότεινε την ιδέα τυποποίησης επιμέρους εξαρτημάτων. Ο ίδιος διαμόρφωσε τις προδιαγραφές για σπειρώματα σε βίδες το 1800. Η δουλειά του αποτέλεσε την αφετηρία για την ανάπτυξη των βιομηχανικών προτύπων που σήμερα στη βιβλιογραφία φτάνουν περίπου τα 800.000. Ακολούθησε το 19^ο αιώνα η μαζική παραγωγή προϊόντων πολύπλοκης μορφής (τα οποία στην αρχή ήταν ραπτομηχανές, αγροτικά μηχανήματα, ποδήλατα και γραφομηχανές). Εκείνη την περίοδο η αποσυναρμολόγηση εφαρμοζόταν μόνο στις περιπτώσεις επισκευής ή συντήρησης. Τα προϊόντα που απορρίπτονταν είτε κατέληγαν σε κάποιο χώρο απόθεσης απορριμμάτων ή ανακυκλώνονταν ως άχρηστα υλικά. Ο 20^{ος} αιώνας όμως σημαδεύεται από την ανάπτυξη των θεωριών των Taylor και Ford που επηρέασαν σημαντικά τη διαδικασία της συναρμολόγησης. Η θεωρία του Taylor το 1911 έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στη μέτρηση της εργασίας και την κατανομή εργασιών, ενώ η θεωρία του Ford επικεντρώθηκε στη χρήση κινούμενων γραμμών συναρμολόγησης και εφαρμόστηκε εκτενώς σε προϊόντα πολύπλοκης μορφής σε μεγάλες γραμμές παραγωγής. Η ανάπτυξη όλο και πιο πολύπλοκων προϊόντων εντατικοποιήθηκε περιλαμβάνοντας και την παραγωγή προϊόντων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (Μπιλάλης, 2011).

Η συναρμολόγηση και η αποσυναρμολόγηση έχουν τις ίδιες ή παρόμοιες απαιτήσεις όσον αφορά την κινηματική και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται. Παρ' όλα αυτά,

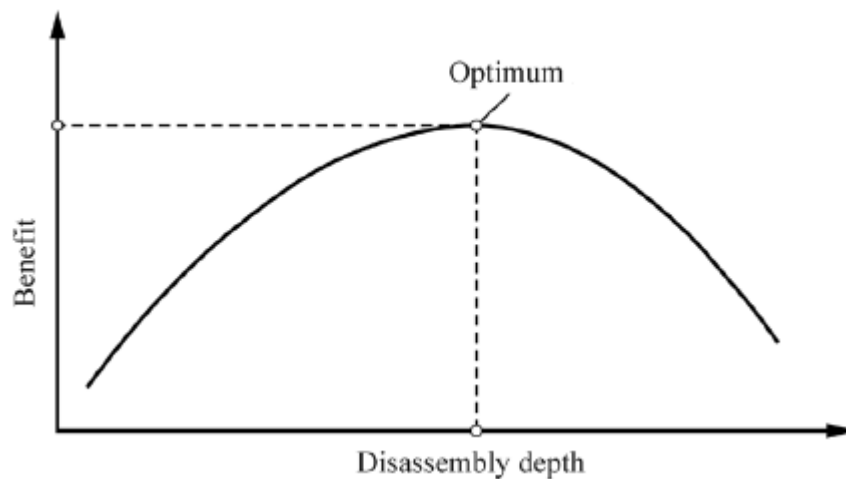
υπάρχουν κάποιες σημαντικές διαφορές που αναφέρονται στους στόχους και τις οριακές συνθήκες. Ο κεντρικός στόχος της συναρμολόγησης είναι η εξασφάλιση της λειτουργικότητας ενός προϊόντος από την ένωση όλων των τμημάτων του. Κατά συνέπεια όλες οι συνδέσεις πρέπει να ‘κλειστές’, πράγμα που σημαίνει ότι δεν επιτρέπεται η καταστροφή κατασκευαστικών στοιχείων ή στοιχείων που ενώνονται, εκτός από ορισμένες τεχνολογίες ενώσεων. Επίσης κατά τη συναρμολόγηση πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι πτυχές του αρχικού σχεδιασμού. Οι εταιρίες κατασκευής ΗΗΕ γνωρίζουν τον αριθμό των μονάδων και την ποικιλία των προϊόντων που πρόκειται να συναρμολογηθούν και είναι σε θέση να σχεδιάσουν αποτελεσματικά τις συσκευές και τις διαδικασίες συναρμολόγησης, ενώ ανάλογα με το αριθμό των προϊόντων εκτιμάται ο απαραίτητος βαθμός ευελιξίας και ο βαθμός αυτοματισμού. Σε αντίθεση με τη συναρμολόγηση, ο στόχος της αποσυναρμολόγησης είναι η παραγωγή συγκεκριμένων κλασμάτων που είναι συμβατά με τις αντίστοιχες διεργασίες ανακύκλωσης. Από αυτή την ανάγκη συμβατότητας προκύπτει το γεγονός ότι κάθε διαδικασία ανακύκλωσης ή διάθεσης παρουσιάζει περιορισμούς στα κλάσματα που αποτελούν την είσοδο (input) της διαδικασίας. Λόγω των απαιτήσεων της συμβατότητας των κλασμάτων δεν είναι απαραίτητο να απελευθερωθούν όλες οι συνδέσεις. Αυτό είναι πλεονέκτημα επειδή σε σχέση με τη συναρμολόγηση, στην περίπτωση της αποσυναρμολόγησης επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενεργειών. Από την άλλη πλευρά όμως και για τον ίδιο λόγο καθίσταται πολύ πιο δύσκολος ο προσδιορισμός της βέλτιστης στρατηγικής αποσυναρμολόγησης και ανακύκλωσης. Για παράδειγμα, από ένα προϊόν που αποτελείται από 10 εξαρτήματα και 10 συνδέσεις (που μπορούν να απελευθερωθούν ανεξάρτητα) μπορούν να δημιουργηθούν $2^{10} = 1.024$ κλάσματα (Feldmann κ.α., 1999).

Δεδομένου ότι τα οφέλη από την ανακύκλωση ή το κόστος από αυτή διαφέρουν για συγκεκριμένα κλάσματα, τα έξοδα της αποσυναρμολόγησης πρέπει να δικαιολογούνται από τα οικονομικά πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης. Για να καθοριστεί η βέλτιστη στρατηγική για την αποσυναρμολόγηση και την ανακύκλωση, πρέπει να συγκριθούν όλοι οι διαθέσιμοι συνδυασμοί αποσυναρμολόγησης (βλ. Σχήμα 4.2). Με άλλα λόγια, από οικονομική άποψη, η διαδικασία της αποσυναρμολόγησης πρέπει να πραγματοποιείται με ελάχιστο κόστος. Η αποσυναρμολόγηση συχνά δεν εκτελείται σε πλήρη έκταση λόγω α)

της παρουσίας αναστρέψιμων συνδέσεων σε πολύπλοκα τμήματα, ή β) επειδή τα εξαρτήματα μπορεί να παρουσιάζουν μεγαλύτερη αξία άθικτα. Υπάρχει μια ανταγωνιστική σχέση μεταξύ κόστους και οφέλους, που έχει ως αποτέλεσμα ένα βέλτιστο βάθος αποσυναρμολόγησης το οποίο είναι διαφορετικό από την πλήρη αποσυναρμολόγηση (Σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.2. Προσδιορισμός της βέλτιστης στρατηγικής ανακύκλωσης και αποσυναρμολόγησης (Πηγή: Feldmann κ.α., 1999)



Σχήμα 4.3. Βέλτιστο βάθος αποσυναρμολόγησης (Πηγή: Oralić κ.α., 2004)

Βάθος αποσυναρμολόγησης μεγαλύτερο από το βέλτιστο απαιτεί υπερβολική εργασία αποσυναρμολόγησης και κατά συνέπεια έχει ως αποτελέσματα μικρότερο όφελος. Βάθος αποσυναρμολόγησης μικρότερο από το βέλτιστο απαιτεί λιγότερη εργασία αποσυναρμολόγησης, αλλά ταυτόχρονα ανακτάται μικρότερο ποσό συστατικών και υλικών με αξία. Για τις μονάδες που περιέχουν επικίνδυνα υλικά το βάθος αποσυναρμολόγησης ορίζεται από τη νομοθεσία η οποία απαιτεί την απομάκρυνση όλων των επικινδύνων κατασκευαστικών στοιχείων και υλικών (Oralić κ.α., 2010). Το οικονομικό όφελος μιας εγκατάστασης ανακύκλωσης και ανακατασκευής μειώνεται όταν η εταιρία ανακύκλωσης βρίσκεται αντιμέτωπη με την αποσυναρμολόγηση ενός ετερογενούς ρεύματος ΑΗΗΕ που παρουσιάζει μεταβλητές, όπως η προσβασιμότητα, η κατάσταση των προϊόντων, το μέρος που είναι τοποθετημένα τα κρίσιμα τμήματα του προϊόντος κτλ. Συνεπώς συνιστάται στις εταιρίες ανακύκλωσης η διερεύνηση της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης για ορισμένους μόνο τύπους ΗΗΕ (Hundal, 2000). Οι διαδικασίες αποσυναρμολόγησης στη βιομηχανία μέχρι σήμερα δείχνουν ότι δεν υπάρχει επαρκώς συστηματικό σχέδιο εφαρμογής της στρατηγικής της αποσυναρμολόγησης (Feldmann κ.α., 1999).

Κατά κανόνα η γεωμετρία των εξαρτημάτων των προϊόντων δεν επηρεάζει την ποιότητα του ανακυκλωμένου υλικού (εκτός από τα στοιχεία που πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν και τα εξαρτήματα που περιέχουν επικίνδυνα υλικά). Ως εκ τούτου - ως μια άλλη διαφορά με την συναρμολόγηση - η παραγωγή των συμβατών κλασμάτων μπορεί να γίνει και από την (ημι-)καταστροφική αποσυναρμολόγηση. Ένα τυπικό πρόβλημα της αποσυναρμολόγησης είναι ότι τα περιβλήματα των προϊόντων πρέπει να ανοιχτούν για να αποσπαστούν τα τμήματα με αξία ή τα επικίνδυνα μέρη. Μια συνήθης τεχνολογία συναρμολόγησης των περιβλημάτων του ΗΗΕ είναι τα ελατήρια, τα οποία όμως είναι πολύ δύσκολο να απελευθερωθούν επειδή είναι δυσπρόσιτα ή επειδή πρέπει να απελευθερωθούν πάρα πολλά ελατήρια ταυτόχρονα. Η άλλη τυπική τεχνολογία για τη συναρμολόγηση των περιβλημάτων είναι η χρήση βιδών, που όμως για να απελευθερωθούν συνήθως απαιτείται πολύ χρόνος και γι' αυτό είναι κοστοβόρες. Με την επιλεκτική καταστροφή των περιβλημάτων ή των συνδέσεων η προσβασιμότητα στα επικίνδυνα υλικά ή τα υλικά με αξία μπορεί να εκτελείται πολύ πιο αποτελεσματικά. Στη βιομηχανία ως επί το πλείστον χρησιμοποιούνται για την καταστροφική

αποσυναρμολόγηση συμβατικά εργαλεία, όπως το σφυρί ή ο λοστός. Αυτό συχνά οδηγεί στην ακούσια καταστροφή και άλλων εξαρτημάτων. Έτσι, υπάρχει ανάγκη για αποτελεσματικά εργαλεία (ημι-) καταστροφικής αποσυναρμολόγησης προκειμένου να περιοριστεί η ζημιά στα κατασκευαστικά στοιχεία (Feldmann κ.α., 1999).

Γενικά διακρίνονται οι παρακάτω κατηγορίες διαδικασιών αποσυναρμολόγησης (Μπιλάλης, 2011):

α) μη καταστροφική-διαδικασία, όπου δεν υπάρχουν φθορές στα επιμέρους τμήματα και που χωρίζεται στις εξής περιπτώσεις:

- Ανάστροφες διαδικασίες που μπορούν να επιτευχθούν με ευκολία και προς τις δύο κατευθύνσεις (πχ. βίδωμα-ξεβίδωμα).
- Ημι-ανάστροφες διαδικασίες (πχ. σφήνες που μπαίνουν εύκολα και βγαίνουν πιο δύσκολα).
- Ημι-καταστροφικές διαδικασίες (πχ. καταστροφή συνδέσμων όπου παραμορφώνονται ή κόβονται ή σπάνε) χωρίς να υπάρχει ζημιά στα επιμέρους τμήματα που ενώνει.

β) καταστροφική διαδικασία (πχ. τεμαχισμός).

Υπάρχουν δύο βασικές έννοιες στη διαδικασία αποσυναρμολόγησης: η πρώτη αναφέρεται στο προϊόν και η δεύτερη στη διαδικασία ως προς το προϊόν και ως προς τη διαδικασία. Ο όρος Disassembly Sequencing αναφέρεται στη σειρά των εργασιών κατά την αποσυναρμολόγηση, ενώ ο όρος Disassembly Planning αναφέρεται στη σχεδίαση της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης. Η εύρεση της βέλτιστης σειράς εργασιών κατά την αποσυναρμολόγηση είναι ένα από τα πλέον σημαντικά προβλήματα που χρειάζεται να αντιμετωπιστούν. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διάφορες κατηγορίες μεθόδων, όπως (Μπιλάλης, 2011):

- α) Ευρετικές μέθοδοι. Χρησιμοποιούν κανόνες συνήθως σε αλγοριθμική μορφή που με συστηματικό τρόπο καταλήγουν σε «καλές» λύσεις. Είναι γρήγορες μέθοδοι μεν αλλά δεν εφαρμόζονται με επιτυχία σε προϊόντα όπου δεν μπορούν να τεθούν κανόνες από την αρχή.
- β) Μεταευρετικές μέθοδοι. Περιλαμβάνουν τεχνικές μοντελοποίησης και αναζήτησης που δεν οδηγούν άμεσα στο βέλτιστο αποτέλεσμα, αλλά χρησιμοποιώντας ασαφείς ιδιότητες υπάρχει σύγκλιση σε κάποιο αποτέλεσμα με έναν μη-προβλεπόμενο τρόπο. Υπάρχουν πολλές μεταευρετικές μέθοδοι όπως η ασαφής λογική, οι γενετικοί αλγόριθμοι, οι αποικίες μυρμηγκιών, οι προσομοιώσεις κ.α. Μειονεκτήματα αυτών των μεθόδων είναι η χρήση ειδικευμένων λογισμικών πακέτων και οι μεγάλοι χρόνοι επεξεργασίας, αλλά και η εύρεση και υποβέλτιστων λύσεων που δεν είναι γνωστό πόσο απέχουν από τη βέλτιστη λύση. Τα πλεονεκτήματα είναι ότι μπορούν να χειριστούν πολύπλοκα προβλήματα τόσο στη δομή όσο και στο μέγεθός τους και ότι μπορούν να ληφθούν και υποβέλτιστες λύσεις που ικανοποιούν τους υπάρχοντες περιορισμούς.
- γ) Ακριβείς μέθοδοι. Περιλαμβάνουν αλγόριθμους αναζήτησης που είτε διασχίζουν όλες τις πιθανές λύσεις συστηματικά, είτε συγκλίνουν σε μια βέλτιστη λύση χωρίς να εξετάσουν πρώτα όλες τις πιθανές λύσεις. Συνήθως εφαρμόζονται απλοί αλγόριθμοι (πχ. γραμμικοί) ή αλγόριθμοι που αποκλείουν σε πρώτη φάση συγκεκριμένες περιοχές πιθανών λύσεων για παραπέρα αναζήτηση. Τέτοιοι αλγόριθμοι εφαρμόζονται σε προβλήματα ακέραιου προγραμματισμού καθώς και σε προβλήματα δυαδικού ακέραιου προγραμματισμού. Μειονεκτήματα των μεθόδων αυτών είναι ότι δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε όλες τις περιπτώσεις και ότι οι δυσκολίες αυξάνονται στις περιπτώσεις προβλημάτων μη-γραμμικού προγραμματισμού. Τα βασικά πλεονεκτήματα που έχουν είναι ότι προσφέρουν αναλυτική παρουσίαση του προβλήματος, η μοντελοποίηση είναι σχετικά απλή, η δομή του προβλήματος μπορεί να τροποποιηθεί εύκολα, η ανάλυση ευαισθησίας των παραμέτρων του μοντέλου είναι εύκολη, οι απαιτούμενοι υπολογισμοί μπορούν να γίνουν μέσω γνωστού λογισμικού, η

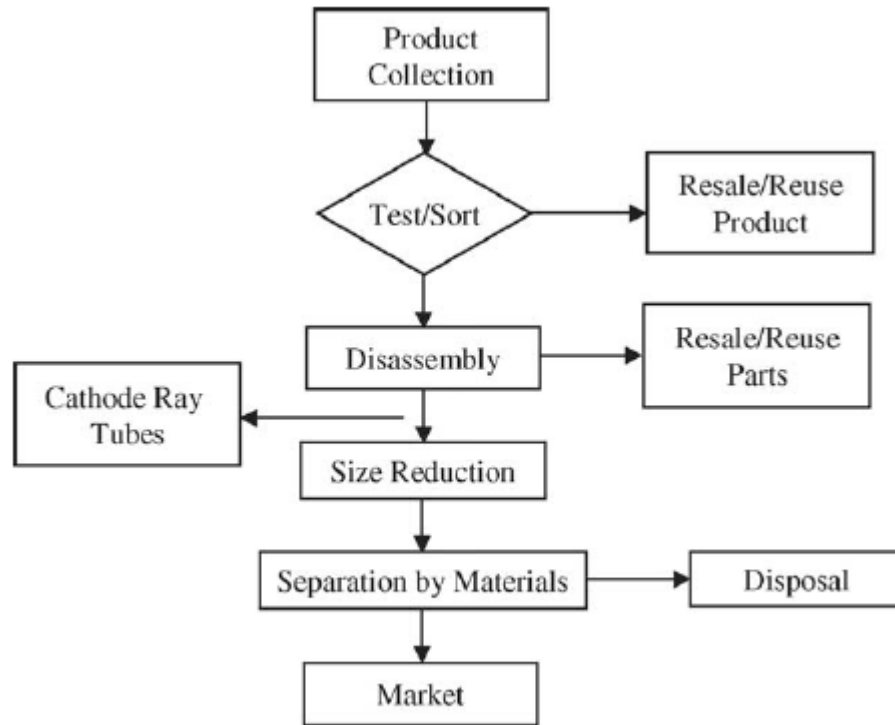
απαιτούμενη μνήμη του H/Y, εφόσον υπάρχει, μπορεί να λύσει μεγάλα προβλήματα, είναι πιθανή η προσαρμοστική σχεδίαση, η σύγκλιση και η διαφάνεια και η ακρίβεια.

- δ) Petri Nets. Πρόκειται για ένα ευέλικτο εργαλείο μοντελοποίησης για την προσομοίωση διάφορων διαδικασιών συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης που χρησιμοποιούνται από πολλούς μετά τη δεκαετία του '80.

Υπάρχουν δύο τύποι αποσυναρμολόγησης: η χειρονακτική και η αυτόματη. Η χειρονακτική αποσυναρμολόγηση έχει αποδειχθεί πιο αποτελεσματική μέθοδος. Η αυτοματοποιημένη αποσυναρμολόγηση βασίζεται σε αισθητήρες και αλγόριθμους για την επεξεργασία εικόνας, αρπάγες για τη διακίνηση των προϊόντων, ενώ περιλαμβάνει και κάποιο εργαλείο λήψης αποφάσεων για τον προγραμματισμό των εργασιών αποσυναρμολόγησης καθώς και ρομποτικά εργαλεία για την αποσυναρμολόγηση (Williams, 2006). Από τεχνική άποψη, οι δύο κύριοι περιορισμοί για την ευρεία αποτελεσματικότητα της αυτοματοποιημένης αποσυναρμολόγησης είναι α) η μεγάλη ποικιλία των προϊόντων που συλλέγονται και β) ο δυσμενής αρχικός σχεδιασμός των προϊόντων, με την έννοια ότι η αποσυναρμολόγηση ως επιλογή δε λαμβάνεται ακόμη ευρέως υπόψη κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού. Τα ΑΗΗΕ παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ως προς το είδος, τα χαρακτηριστικά, τα υλικά που τα συνιστούν, τον όγκο που καταλαμβάνουν, το βάρος τους κτλ. Π.χ. κυμαίνονται σε βάρος από 0,1 κιλά έως 2.000 κιλά. Όσον αφορά το χαμηλό ποσοστό αυτοματοποίησης και το υψηλό εργατικό κόστος στις εταιρείες αποσυναρμολόγησης, είναι αναγκαία η ανάπτυξη νέων μέτρων ώστε να αυξηθεί η αποδοτικότητα των διαδικασιών αποσυναρμολόγησης. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα στρέφεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτουν τα ρομπότ που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα συστήματα και εστιάζονται σε χαρακτηριστικά όπως η αυτόματη αναγνώριση από τεχνητό σύστημα όρασης. Παρόλα αυτά οι περιορισμοί στις δυνατότητες της αυτοματοποίησης εξακολουθούν να υπάρχουν και η άρση τους αποτελεί πρόκληση. Οι κύριοι στόχοι της αυτοματοποιημένης αποσυναρμολόγησης είναι α) να μειωθεί το κόστος της αποσυναρμολόγησης και να βελτιστοποιηθούν οι διαδικασίες

ανακύκλωσης και β) να δημιουργηθεί πιο ανθρώπινο εργασιακό περιβάλλον στα εργοστάσια αποσυναρμολόγησης (Knoth, 2001).

Η διαδικασία της αποσυναρμολόγησης συνήθως αρχίζει με την ανύψωση και τη μεταφορά του προϊόντος ή του εξαρτήματος που πρέπει να αποσυναρμολογηθεί από το στάδιο της διαλογής στον πάγκο εργασίας. Κυρίως χρησιμοποιούνται συμβατικά πνευματικά (χρησιμοποιούν πεπιεσμένο αέρα) ή ηλεκτρικά εργαλεία όπως η σμίλη, τα κατασβίδια κ.λπ.. Τα αποσυναρμολογημένα τμήματα τοποθετούνται επιλεκτικά πάνω σε μεταφορική ταινία ή σε κάδους. Οι κάδοι εφόσον γεμίσουν μεταφέρονται στην περιοχή διαλογής από το χειριστή τους. Εάν ο χειριστής δεν ταξινομήσει τα στοιχεία στο τμήμα αποσυναρμολόγησης, ειδικά εκπαιδευμένοι χειριστές εκτελούν το διαχωρισμό των αποσυναρμολογημένων τμημάτων στην αίθουσα διαλογής και ταξινόμησης, μετά από οπτικό έλεγχο. Πρωτίστως αφαιρούνται άθικτα τα τμήματα που παρουσιάζουν αξία και τα επικίνδυνα εξαρτήματα και επιθεωρούνται οπτικά για πιθανή επαναχρησιμοποίηση (τέτοια τμήματα είναι τα μικροσίπ, η μνήμη, οι σκληροί δίσκοι, κλπ). Το δευτερεύον ρεύμα εξόδου περιέχει ανέπαφα τμήματα των προϊόντων όπως πλαστικά και χαλύβδινα περιβλήματα, πλακέτες τυπωμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και επικίνδυνα απόβλητα, όπως μπαταρίες και πυκνωτές. Για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο η εργασία αποσυναρμολόγησης είναι χειρωνακτική, αλλά είναι επιθυμητό εφόσον είναι δυνατόν να είναι τουλάχιστον μηχανοποιημένη. Η εργασία αποσυναρμολόγησης γίνεται πριν από τον τεμαχισμό, προκειμένου α) να αφαιρεθούν τα συστατικά που περιέχουν επικίνδυνα υλικά, β) να καταστραφούν ή να ανακτηθούν επιλεκτικά τμήματα, γ) να μειωθεί η ρύπανση κατάντη των εργασιών μείωσης όγκου (τεμαχισμού) και διαχωρισμού και δ) να εξαχθούν συστατικά ή μέταλλα με εμπορική αξία. Στο παρακάτω σχήμα 4.4 παρουσιάζεται ένα απλοποιημένο διάγραμμα ροής για την ανακύκλωση ενός ηλεκτρονικού προϊόντος και φαίνεται ο βασικός ρόλος της αποσυναρμολόγησης στη συνολική διαδικασία (Πηγή: Opalić κ.α., 2010).



Σχήμα 4.4. Απλοποιημένο διάγραμμα ροής για την ανακύκλωση ενός ηλεκτρονικού προϊόντος (Πηγή: Kang και Schoenung, 2005).

Οι επικίνδυνες ουσίες πρέπει να απομακρύνονται και να αποθηκεύονται ή να υποβάλλονται σε επεξεργασία με ασφάλεια, ενώ τα συστατικά και τα υλικά με αξία πρέπει να αποσπώνται για επαναχρησιμοποίηση ή να κατευθύνονται σε αποτελεσματικές διαδικασίες ανάκτησης. Αυτό περιλαμβάνει την αφαίρεση μπαταριών, πυκνωτών κ.λπ. πριν από την περαιτέρω (μηχανική) προεπεξεργασία. Οι μπαταρίες από τις συσκευές στέλνονται σε ειδικές εγκαταστάσεις για την ανάκτηση του κοβαλτίου, του νικελίου και του χαλκού. Για τα προϊόντα που περιέχουν ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος (ozone depleting substances, ODS), όπως τα ψυγεία και τα κλιματιστικά, το στάδιο της συλλογής τους είναι ζωτικής σημασίας για την προεπεξεργασία καθώς τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται (CFC ή HCFC σε παλαιότερα μοντέλα) πρέπει να αφαιρούνται προσεκτικά για την αποφυγή της εκπομπής τους στο περιβάλλον. Στις συσκευές που περιέχουν οθόνες CRT (καθοδικού σωλήνα) π.χ. οθόνες H/Y και τηλεοράσεις, συνήθως αφαιρούνται επίσης και οι επιστρώσεις του γυαλιού του πάνελ πριν από την τελική τους επεξεργασία. Οι οθόνες LCD, που φωτίζονται από το πίσω μέρος τους με λαμπτήρες

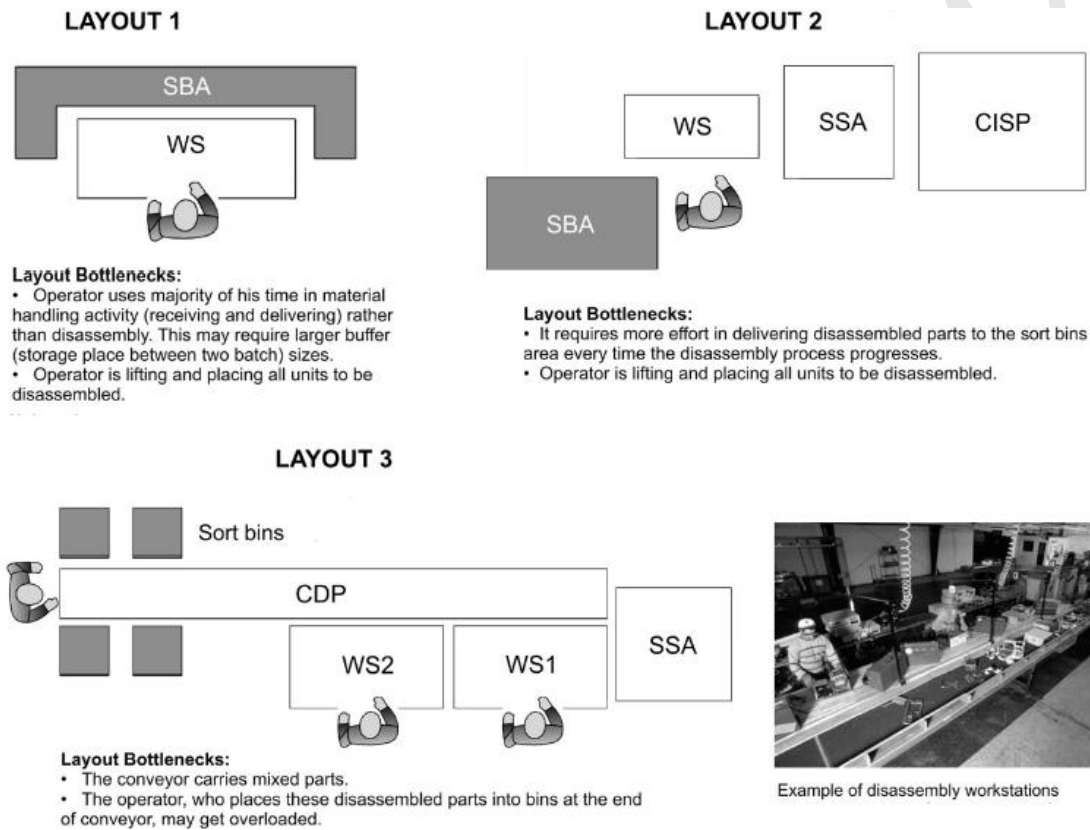
εκκένωσης αερίων που περιέχουν υδράργυρο, χρειάζονται ειδική επεξεργασία καθώς ο φωτισμός αυτός της οθόνης θα πρέπει να αφαιρείται προσεκτικά πριν από την περαιτέρω επεξεργασία. Τα τυπωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα σε εξοπλισμό πληροφορικής και τηλεοράσεις περιέχουν το μεγαλύτερο μέρος των πολύτιμων και ειδικών μετάλλων όπως και μολύβδου (στις κολλήσεις) και επιβραδυντικών φλόγας που περιέχουν ρητίνες. Η αφαίρεση των τυπωμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων από τον εξοπλισμό τηλεπικοινωνιών και τεχνολογιών πληροφορικής πριν από τη μηχανική επεξεργασία (τεμαχισμός κτλ.) συμβάλλει στην ανάκτηση πολύτιμων και ειδικών μετάλλων, ενώ δεδομένου ότι συνήθως γίνεται χειρονακτικά, προσφέρει οικονομικά πλεονεκτήματα, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες με σχετικά χαμηλό κόστος εργασίας. Η εντατική μηχανική προ-επεξεργασία όπως ο τεμαχισμός και η αυτοματοποιημένη διαλογή για να αφαιρεθούν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα συνήθως αποφεύγονται, επειδή παρ' όλη τη σύγχρονη τεχνολογία παρατηρούνται σημαντικές απώλειες των πολύτιμων και των ειδικών μετάλλων. Μία ενδιάμεση προσέγγιση για την εξάλειψη των επικίνδυνων ουσιών και την ανάκτηση των συστατικών με αξία είναι μια πολύ χονδροειδής σύνθλιψη που μπορεί να ελευθερώσει τα στοιχεία (κύκλωμα πλακέτες, μπαταρίες κ.α.) στο σύνολό τους, ακολουθούμενη από την αφαίρεση των στοιχείων με το χέρι. Θα πρέπει να σημειωθεί η ότι προ-επεξεργασία των ηλεκτρονικών αποβλήτων δεν είναι πάντα απαραίτητη και αυτό είναι ένα παράδειγμα επιλογής (ημι-καταστροφικής) αποσυναρμολόγησης που αναφέρθηκε σε προγενέστερη παράγραφο. Μικρές και πολύπλοκες ηλεκτρονικές συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα, MP3 players κ.α. μπορεί (μετά από την αφαίρεση της μπαταρίας) να αντιμετωπίζονται άμεσα με τελική επεξεργασία για την ανάκτηση των μετάλλων (UNEP - StEP, 2009).

Μετά την απομάκρυνση των επικίνδυνων και των άλλων στοιχείων που περιγράφονται ανωτέρω, ο ΗΗΕ (κυρίως εξοπλισμός πληροφορικής και συσκευές ψύξης, τηλεοράσεις κτλ. διαχωρίζεται περαιτέρω σε ρεύματα υλικών εξόδου χειρονακτικά ή με μηχανικό τεμαχισμό και (αυτοματοποιημένες) τεχνικές διαλογής. Τα κλάσματα που προκύπτουν είναι συνήθως σίδηρος, αλουμίνιο, χαλκός, πλαστικό κλπ. Είναι υψίστης σημασίας οι εκροές που προκύπτουν να πληρούν τις απαιτήσεις ποιότητας των υλικών εισόδου στις τελικές επεξεργασίες. Η αναντιστοιχία μεταξύ αυτών μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία δυσκολιών ή μη-ανακυκλώσιμων κλασμάτων. Γνωστά παραδείγματα είναι τα

όρια της περιεκτικότητας σε χαλκό στα κλάσματα που προορίζονται για ανακύκλωση σιδήρου ή χάλυβα και τα όρια για την περιεκτικότητα σε σίδηρο, νικέλιο και χρώμιο στα κλάσματα αλουμινίου. Επιπλέον, μια αναντιστοιχία της ποιότητας μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια των πόρων. Το αλουμίνιο δεν μπορεί να ανακτηθεί κατά τη διάρκεια της τελικής επεξεργασίας όταν αναμειγνύεται με κλάσμα σιδήρου ή χάλυβα ή κλάσμα ενός τυπωμένου κυκλώματος, ο σίδηρος ή χάλυβας δεν ανακτώνται κατά την ανακύκλωση αλουμινίου και ο χαλκός και τα πολύτιμα μέταλλα δεν ανακτώνται κατά τη διάρκεια της ανακύκλωσης σιδήρου ή χάλυβα. Η πρόκληση είναι να καθοριστούν οι σωστές προτεραιότητες και να βρεθεί μια ισορροπία στην ανάκτηση των μετάλλων που να λαμβάνει υπόψη τις οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αντί να γίνεται προσπάθεια απλώς να μεγιστοποιηθεί το ποσοστό ανάκτησης, ανεξάρτητα από τις ουσίες που εμπλέκονται. Επίσης κολλήματα δημιουργεί η αντιστοιχία στις φυσικές πτυχές των υλικών, όπως το μέγεθος των σωματιδίων. Τυπικό σφάλμα αποτελεί η πρακτική να επιδιώκεται τεμαχισμένο υλικό αποβλήτων HHE, ενώ τα χυτήρια μπορούν εύκολα να χειριστούν μη τεμαχισμένο υλικό (UNEP - StEP, 2009).

Η τελική ανάκτηση μετάλλων από τα κλάσματα εξόδου μετά την προ-επεξεργασία λαμβάνει χώρα σε τρεις κύριους προορισμούς. Τα σιδηρούχα κλάσματα κατευθύνονται στα εργοστάσια χάλυβα για την ανάκτηση του σιδήρου, κλάσματα αλουμινίου κατευθύνονται στα χυτήρια αλουμινίου, ενώ τα κλάσματα του χαλκού και του μολύβδου, τα τυπωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα και άλλα πολύτιμα μέταλλα κατευθύνονται σε χυτήρια μετάλλου, όπου ανακτώνται τα πολύτιμα μέταλλα, ο χαλκός και άλλα μη σιδηρούχα μέταλλα, ενώ απομονώνονται οι επικίνδυνες ουσίες. Τόσο χυτήρια σιδηρούχων όσο και μη σιδηρούχων υλικών πρέπει να έχουν τελευταίας τεχνολογίας συστήματα κατακράτησης καυσαερίων για την αντιμετώπιση των οργανικών συστατικών που υπάρχουν σε αυτά από τα στρώματα μπογιάς και τα πλαστικά σωματίδια ή τις ρητίνες που περιέχουν επιβραδυντικά φλόγας. Κατά τη διάρκεια της τήξης σχηματίζονται πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), μπορεί να εμφανιστούν διοξίνες και ο σχηματισμός και οι εκπομπές τους πρέπει να προληφθούν. Οι διεργασίες της ανακύκλωσης θα αναπτυχθούν εκτενέστερα στις επόμενες ενότητες του παρόντος κεφαλαίου.

Σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις ανακατασκευής μπορούν να βρεθούν διάφορες διατάξεις γραμμών αποσυναρμολόγησης, που όμως μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις βασικές διαφορετικές διαμορφώσεις όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5.



Σχήμα 4.5. Οι τρεις διαφορετικές συνθέσεις των υφιστάμενων διατάξεων αποσυναρμολόγησης (Πηγή: Oralić κ.α., 2010).

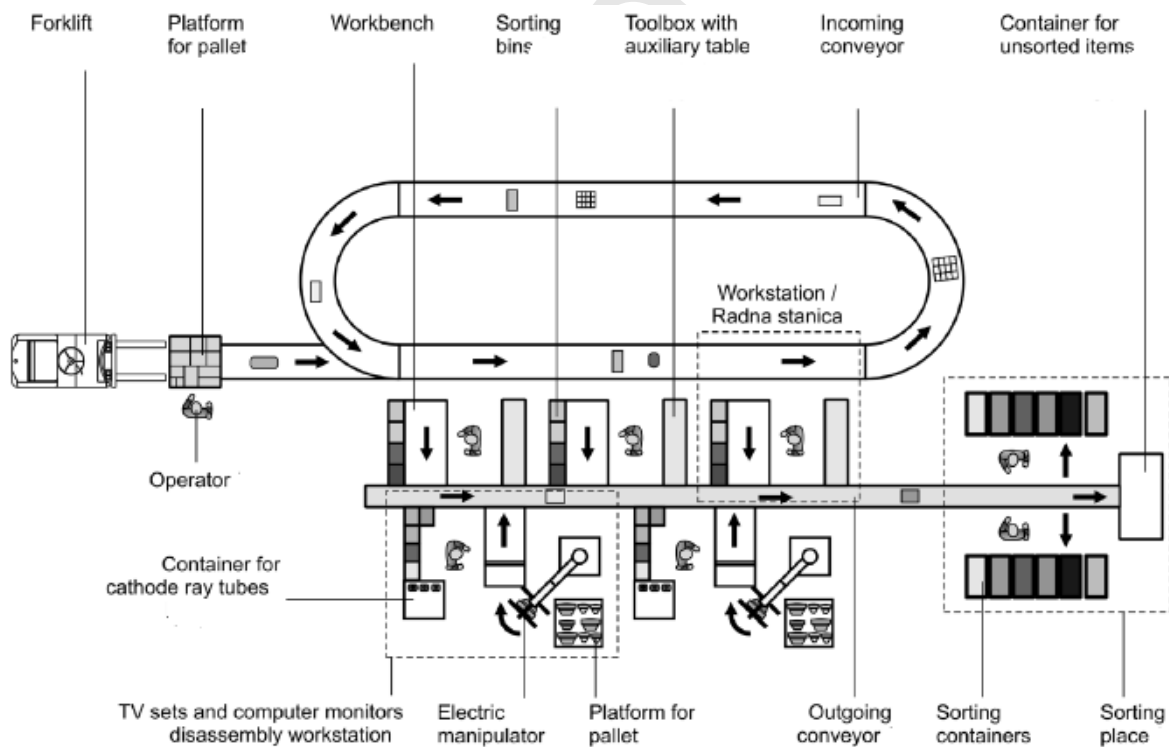
Στην πρώτη περίπτωση, μετά την παραλαβή των EOL προϊόντων, ο χειριστής τα αποσυναρμολογεί σε ένα πάγκο εργασίας και βάζει τα αποσυναρμολογημένα τμήματα σε αντίστοιχους κάδους γύρω από τον πάγκο. Αυτοί οι σταθμοί εργασίας συνήθως ακολουθούν τη μέθοδο λειτουργίας 'παράλληλης παρτίδας', που σημαίνει ότι ο κάθε χειριστής λαμβάνει μια παρτίδα ανεξάρτητα από τους άλλους. Έπειτα αποσυναρμολογεί τη μονάδα και αφού γεμίσουν οι κάδοι τους μεταφέρει στην περιοχή συλλογής / αποστολής. Το βασικό πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση είναι ότι ο χειριστής ξοδεύει τον περισσότερο χρόνο του στις δραστηριότητες χειρισμού του υλικού (παραλαβή και παράδοση), καθώς και στις δραστηριότητες ανύψωσης και τοποθέτησης των προϊόντων προκειμένου να

αποσυναρμολογηθούν και όχι στην αποσυναρμολόγηση. Στην περίπτωση του δεύτερου τύπου διαμόρφωσης τα προϊόντα φτάνουν στην περιοχή της διαλογής μέσω μεταφορικής ταινίας. Ακολουθεί η διαλογή και η προγραμματισμένη αποσυναρμολόγηση των EOL προϊόντων, σε αντίθεση με την πρώτη διάταξη, όπου τα προϊόντα αποσυναρμολογούνται χωρίς προηγούμενη διαλογή. Ο χειριστής λαμβάνει τα προϊόντα που προέρχονται από τη διαλογή και αφού προχωρήσει στην αποσυναρμολόγηση τους, παραδίδει τα αποσυναρμολογημένα τμήματα στους κάδους διαλογής των απορριμμάτων. Αυτή είναι επίσης μια παράλληλη λειτουργία, αλλά εμπλέκεται μόνο ένας χειριστής. Ο χρόνος χειρισμού υλικών είναι λιγότερος ότι από την πρώτη διαμόρφωση, επειδή τα προϊόντα φτάνουν πιο κοντά στο σταθμό εργασίας για την αποσυναρμολόγηση. Το βασικό πρόβλημα είναι ότι αυτή η διαμόρφωση απαιτεί περισσότερη προσπάθεια στην παράδοση των αποσυναρμολογημένων τμημάτων στις περιοχές των κάδων διαλογής κάθε φορά που η διαδικασία αποσυναρμολόγησης βρίσκεται σε εξέλιξη. Επίσης ο χειριστής είναι ο υπεύθυνος για την ανύψωση και τοποθέτηση όλων των μονάδων που πρόκειται να αποσυναρμολογηθούν. Η τρίτη διαμόρφωση είναι παρόμοια με τη δεύτερη εκτός από την προσθήκη μιας μεταφορικής ταινίας για τα αποσυναρμολογημένα τμήματα. Ο χειριστής αποσυναρμολογεί τις μονάδες σε ένα σταθμό εργασίας που βρίσκεται τοποθετημένος κοντά στη μεταφορική ταινία. Κάθε κομμάτι που αποσυναρμολογείται τοποθετείται στη μεταφορική ταινία. Ένας ειδικευμένος χειριστής στη συνέχεια χωρίζει τα αποσυναρμολογημένα τμήματα σε διαφορετικούς κάδους στο τέλος της ταινίας. Αυτή η διάταξη μειώνει τη διαδικασία της ανύψωσης και παράλληλα μειώνει το κόστος με την αύξηση του πραγματικού χρόνου αποσυναρμολόγησης μέσα από την εισαγωγή στη γραμμή του ιμάντα μεταφοράς των αποσυναρμολογημένων τμημάτων. Το πρόβλημα είναι ότι η μεταφορική ταινία φέρει μικτά τμήματα στη θέση διαλογής και ο χειριστής που τοποθετεί αυτά τα αποσυναρμολογημένα τμήματα σε κάδους στο τέλος της ταινίας, έχει να χειριστεί πολλά διαφορετικά προϊόντα και είναι πιθανό να κάνει λάθος μετά από πολλές ώρες εργασίας (Opalić κ.α., 2004), (Opalić κ.α., 2010).

Μια γραμμή αποσυναρμολόγησης για ΗΗΕ παρουσιάζεται στο σχήμα 4.6. Πριν από την αποσυναρμολόγηση ο ΗΗΕ είναι ταξινομημένος σε χώρους συλλογής. Οι μονάδες που θεωρούνται ότι έχουν ελάχιστη αξία (ρολόγια, οικιακά τηλέφωνα κλπ.) αποστέλλονται σε

αυτόματο τεμαχιστή για μηχανικό διαχωρισμό. Οι μονάδες που έχουν πιθανή αξία αποστέλλονται για δοκιμές προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν ή να αναμορφωθούν για επαναπώληση. Οι μονάδες που επιστρέφονται από τον έλεγχο, επειδή δεν τον περνούν, ταξινομούνται κατά είδος και αποστέλλονται σε εγκαταστάσεις αποσυναρμολόγησης με τον υπόλοιπο εξοπλισμό. Η διάταξη χωρίζεται σε δύο ξεχωριστές εν μέρει γραμμές αποσυναρμολόγησης (μοιράζονται μια εξερχόμενη μεταφορική ταινία για αποσυναρμολογημένα τμήματα και μια θέση διαλογής). Η πρώτη γραμμή ακολουθεί τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης της τρίτης διάταξης διαμόρφωσης του σχήματος 4.5 και είναι σχεδιασμένη για αποσυναρμολόγηση ΗΗΕ που ζυγίζει από 0,1 έως 25 κιλά (τηλέφωνα, φορητοί ή επιτραπέζιοι υπολογιστές, ηλεκτρικές σκούπες, φούρνοι μικροκυμάτων, οθόνες κλπ). Η δεύτερη γραμμή ακολουθεί τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης της πρώτης διάταξης διαμόρφωσης του σχήματος 4.5 και είναι σχεδιασμένη για αποσυναρμολόγηση τηλεοράσεων και οθόνων υπολογιστών. Η διαδικασία της αποσυναρμολόγησης στη πρώτη γραμμή αποσυναρμολόγησης ξεκινά με ένα περονοφόρο που μεταφέρει τα ταξινομημένα αντικείμενα σε μια παλέτα από την αποβάθρα παραλαβής σε μια μεταφορική ταινία κλειστού βρόχου. Η παλέτα τοποθετείται στην πλατφόρμα εκφόρτωσης που είναι στο ίδιο επίπεδο με το μεταφορέα. Στη συνέχεια όλα τα προϊόντα εκφορτώνονται από ένα χειριστή από την παλέτα πάνω στη μεταφορική ταινία πλάτους 80 εκατοστών και κλειστού βρόχου και μεταφέρονται στις θέσεις εργασίας που βρίσκονται κοντά στον ιμάντα μεταφοράς. Προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα με τα εργαλεία, ο χειριστής στη θέση εργασίας επιλέγει αντικείμενο παρόμοιο με το προηγούμενο αποσυναρμολογημένο αντικείμενο από τη μεταφορική ταινία κλειστού βρόχου. Τα αντικείμενα εκφορτώνονται στον πάγκο εργασίας και αρχίζει η αποσυναρμολόγηση τους. Όλες οι εργασίες αποσυναρμολόγησης εκτελούνται χειρονακτικά. Τα εργαλεία που δεν χρησιμοποιούνται αποθηκεύονται στην εργαλειοθήκη ή στο βοηθητικό πάγκο εργασίας. Μετά την αποσυναρμολόγηση, τα μεγαλύτερα τμήματα που εντοπίζονται εύκολα όπως οι πλαστικές και ατσάλινες θήκες τοποθετούνται απευθείας στην εξερχόμενη μεταφορική ταινία πλάτους 60 cm. Τα μικρότερα τμήματα ταξινομούνται στο σταθμό εργασίας σε κατάλληλους κάδους. Οι κάδοι διαλογής απορριμμάτων έχουν διαφορετικά χρώματα και κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα τύπο αποσυναρμολογημένου εξαρτήματος. Οι πλήρεις κάδοι διαλογής τοποθετούνται στην απερχόμενη μεταφορική

ταινία και μαζί με τα μεγαλύτερα εξαρτήματα μεταφέρονται στη θέση διαλογής. Ο χειριστής στο χώρο της διαλογής κοντά στο τέλος της μεταφορικής ταινίας ταξινομεί τα αποσυναρμολογημένα εξαρτήματα στους κατάλληλους κάδους. Στη δεύτερη γραμμή αποσυναρμολόγησης, η διαδικασία αποσυναρμολόγησης ξεκινά επίσης με τη μεταφορά τηλεοράσεων και οθόνων από περνοφόρο όχημα από την αποβάθρα στην πλατφόρμα εκφόρτωσης. Τα μικρότερα αντικείμενα ανυψώνονται χειρονακτικά και μεταφέρονται στον πάγκο εργασίας από το χειριστή, ενώ ο ηλεκτρικός βραχίονας δίπλα στο πάγκο χρησιμοποιείται για την ανύψωση βαρύτερων αντικειμένων. Ο πάγκος είναι εξοπλισμένος με ειδικό μηχανισμό που επιτρέπει την περιστροφή της μονάδας παρέχοντας ευκολότερη πρόσβαση στο πίσω μέρος της οθόνης. Στο παράρτημα Α περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία ανακύκλωσης ανά κατηγορία συσκευών ΗΗΕ.



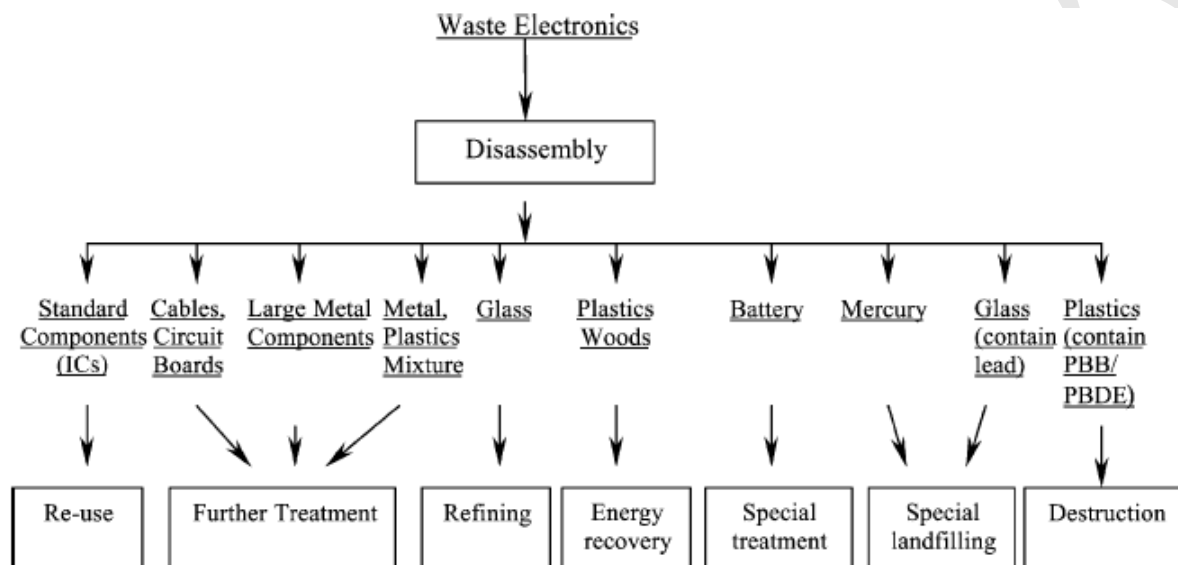
Σχήμα 4.6. Γραμμή αποσυναρμολόγησης (Πηγή: Oralić κ.α., 2010).

Η παλαιά μέθοδος διαχείρισης των ΑΗΗΕ είναι η αποτέφρωση των αποβλήτων ως προεπεξεργασία της υγειονομικής ταφής. Όπως όμως αναφέρθηκε εκτενώς στο

προηγούμενο κεφάλαιο αυτή η στρατηγική είναι η πιο δαπανηρή και οι διεργασίες αποσυναρμολόγησης και ανακύκλωσης είναι οικονομικά, αλλά και περιβαλλοντικά πιο βιώσιμες. Οι παραγωγοί προϊόντων που επιθυμούν να εισέλθουν ή να επιμένουν στις αγορές της Ευρώπης πρέπει να εξετάσουν την αποτελεσματική αποσυναρμολόγηση και την ανακύκλωση ως στρατηγικές του αρχικού σχεδιασμού των προϊόντων τους. Δεδομένου ότι η ευθύνη των EOL προϊόντων ανατίθεται σε αυτούς, οι επιχειρήσεις πρέπει να αναπτύξουν αποτελεσματικές στρατηγικές αποσυναρμολόγησης και ανακύκλωσης.

4.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΗΗΕ

Οι υφιστάμενες διαδικασίες για την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ επικεντρώνονται κατά κύριο λόγο, στο διαχωρισμό των σιδηρούχων μετάλλων, των μη σιδηρούχων μετάλλων και των πολύτιμων μετάλλων (Williams, 2006). Το σχήμα 4.5 απεικονίζει μια τυπική διαδικασία ανακύκλωσης των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Τα εισερχόμενα ηλεκτρονικά προϊόντα ταξινομούνται σε ομάδες προϊόντων ή μεταφέρονται απευθείας σε άλλο φορέα ανακύκλωσης. Επίσης τα EOL ηλεκτρονικά προϊόντα μεταφέρονται, εφόσον είναι ακόμη σε καλή λειτουργική κατάσταση ή υπερβαίνουν την ικανότητα, τις δυνατότητες ή την άδεια λειτουργίας της εταιρίας ανακύκλωσης. Τα EOL προϊόντα που γίνονται αποδεκτά για επεξεργασία ταξινομούνται και οργανώνονται για την αποσυναρμολόγηση (Gramatyka κ.α., 2007).



Σχήμα 4.7. Η τυπική διαδικασία ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ (Πηγή: Cui και Forsberg, 2003).

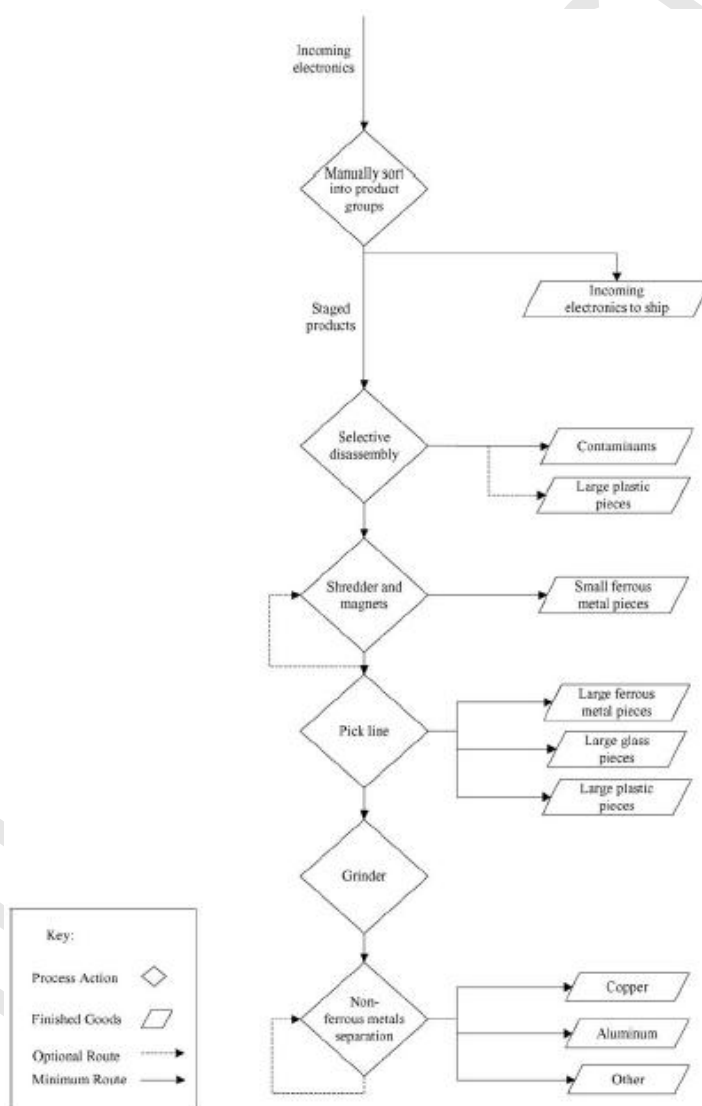
Γενικά εφαρμόζονται οι ακόλουθες μέθοδοι για την επεξεργασία των ΑΗΗΕ (Antrekowitsch κ.α., 2006):

1. Μηχανικός διαχωρισμός,
2. Θερμική επεξεργασία,
3. Υδρομεταλλουργική επεξεργασία,
4. Ηλεκτροχημική επεξεργασία.

Στις πυρομεταλλουργικές διεργασίες (θερμική επεξεργασία), το παραγόμενο μέταλλο εξάγεται στην μορφή τήγματος σε θερμοκρασίες πολύ υψηλότερες από την θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ στις υδρομεταλλουργικές διεργασίες, το παραγόμενο μέταλλο ανακτάται από υδατικά διαλύματα σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες που δεν ξεπερνούν τους 300 °C. Η μεταλλουργία σιδηρούχων χρησιμοποιεί γενικά πυρομεταλλουργικές μεθόδους, ενώ η μεταλλουργία μη σιδηρούχων μετάλλων χρησιμοποιεί πυρομεταλλουργικές, υδρομεταλλουργικές ή μεικτές (πυρομεταλλουργικές – υδρομεταλλουργικές) διεργασίες.

4.2.1 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ

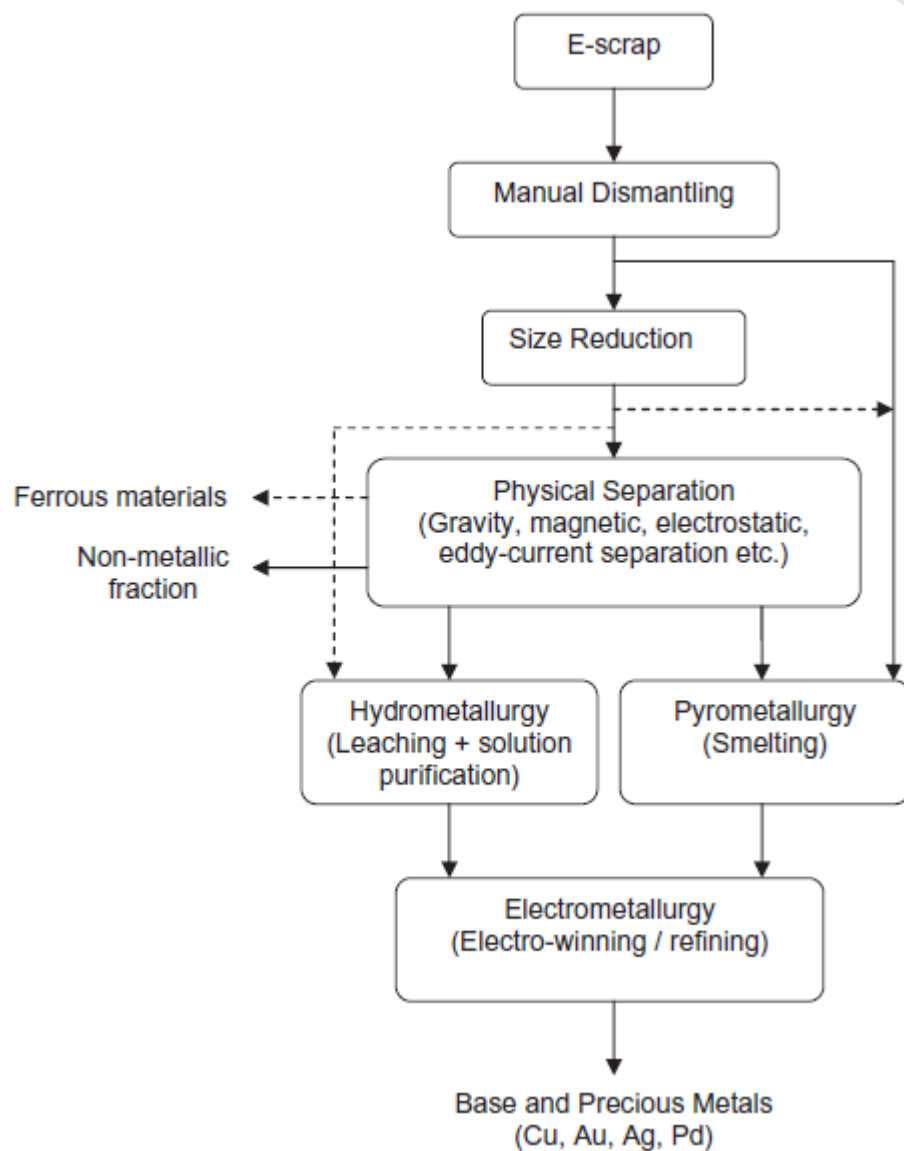
Στο σχήμα 4.8 παρουσιάζεται ένα τυπικό παράδειγμα της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης ΗΗΕ για την ανακύκλωση μετάλλων. Μετά την αποσυναρμολόγηση όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.8 τα προϊόντα υφίστανται μείωση μεγέθους περνώντας από τον τεμαχιστή (ή καταστροφέα, shredder) τουλάχιστον μία φορά.



Σχήμα 4.8. Τυπικό παράδειγμα διαδικασίας αποσυναρμολόγησης ΗΗΕ για την ανακύκλωση μετάλλων (Πηγή: Williams, 2006).

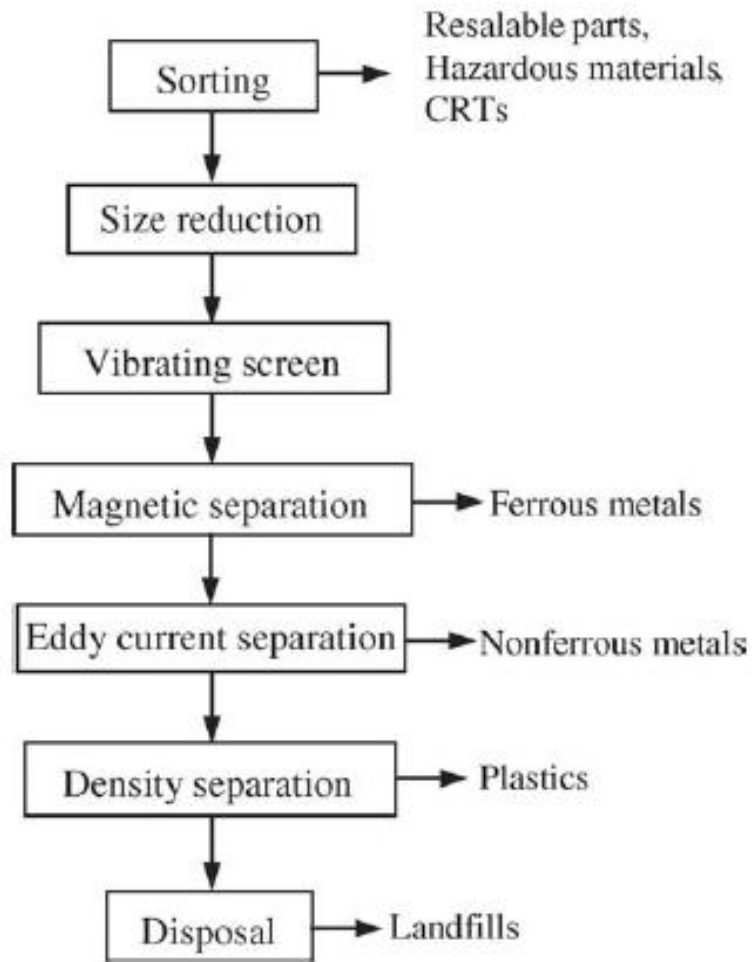
Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας αποτελεί ο διαχωρισμός των EOL εξαρτημάτων και συσκευών σε διάφορα κλάσματα, όπως μέταλλα (σίδηρος, χαλκός, αλουμίνιο κ.λπ.), πλαστικά, κεραμικά, χαρτί, ξύλο και σε συσκευές, όπως πυκνωτές, μπαταρίες, καθοδικοί σωλήνες, τυπωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα κλπ. Αυτά τα κλάσματα μπορούν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία. Τα πλαστικά απορρίπτονται λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε αλογόνο και τα μεταλλικά κλάσματα προχωρούν σε περαιτέρω επεξεργασία σε διαφορετικές μεταλλουργικές διεργασίες. Τα τυπωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα συχνά προκαλούν προβλήματα σε αυτή τη διαδικασία επειδή τα μεταλλικά και τα μη μεταλλικά στοιχεία είναι στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους σε υψηλό βαθμό (Antrekowitsch κ.α., 2006). Μετά από τη διαλογή (συνήθως με το χέρι) και την απομάκρυνση των ρυπογόνων εξαρτημάτων (διακόπτες υδραργύρου, πυκνωτές που περιέχουν PCP κ.λπ.), το υλικό υφίσταται ένα πρώτο βήμα για τη μείωση του μεγέθους. Ο διαχωρισμός των υλικών μπορεί να είναι μαγνητικός, ηλεκτροστατικός ή να βασίζεται σε χαρακτηριστικά όπως η πυκνότητα, η οπτική ή άλλα. Συνήθως χρησιμοποιείται μια σειρά από μαγνήτες για την αφαίρεση σιδηρούχων μετάλλων από μεταφορικές ταινίες, ενώ η χρήση των μόνιμων μαγνητών αντί των παραδοσιακών ηλεκτρομαγνητών μπορεί να μειώσει σημαντικά κατανάλωση ενέργειας (Williams, 2006). Η επανεπεξεργασία, δηλαδή πολλαπλά περάσματα από τον τεμαχιστή και από τους μαγνήτες, αυξάνει το βαθμό ανάκτησης των σιδηρούχων μετάλλων. Μετά την απομάκρυνση των σιδηρούχων μετάλλων, τα θραύσματα των απορριμμάτων μεταφέρονται αργά ώστε να αφαιρεθούν από τους εργαζόμενους μεγάλα κομμάτια ορισμένων υλικών όπως το γυαλί ή το πλαστικό. Οι μύλοι (grinders) και τα κόσκινα (screens) ξεχωρίζουν τα κομμάτια ανάλογα με το μέγεθος και συχνά προηγούνται των διεργασιών διαχωρισμού των μη σιδηρούχων μετάλλων οι οποίες γίνονται με επαγωγικό διαχωρισμό (eddy current) ή με βάση ηλεκτροστατικά φαινόμενα, τον αέρα, την επίπλευση - βύθιση ή φυγοκεντρισμό (Gramatyka κ.α., 2007). Η μείωση του μεγέθους επίσης περιλαμβάνει περαιτέρω διαδικασίες τεμαχισμού, τρόχισμα, φρεζάρισμα ή άλεση με σφύρα. Οι διαδικασίες αυτές συνδέονται συνήθως μεταξύ τους με μεταφορικές ταινίες. Το εύρος της χρήσης των παραπάνω συσκευών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σύνθεση των αποβλήτων (Antrekowitsch κ.α., 2006). Τα κλάσματα που λαμβάνονται εμπλουτίζονται με ορισμένες ουσίες και προχωρούν για περαιτέρω

επεξεργασία με άλλες μεθόδους επεξεργασίας, όπως η πυρομεταλλουργία ή η υδρομεταλλουργία όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο σχήμα 4.9.

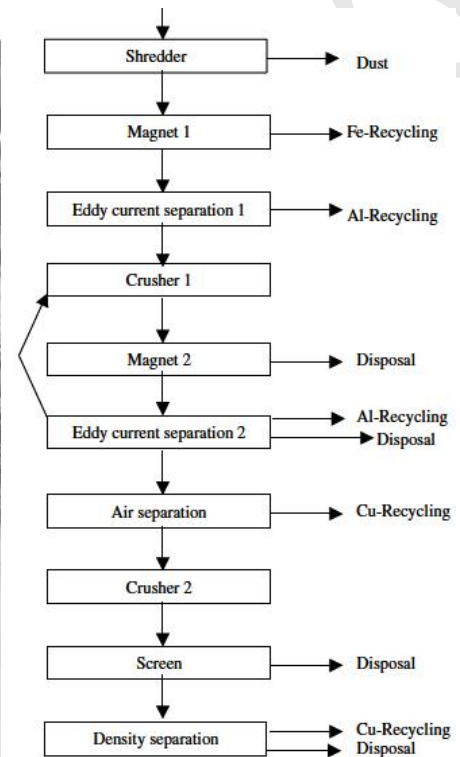


Σχήμα 4.9. Διάγραμμα ροής με τις πιθανές επιλογές για τη διαδικασία ανάκτησης των μετάλλων από τα ΑΗΗΕ (Πηγή: Yazici και Devenci, 2009).

Η διαδικασία που αναπτύχθηκε παραπάνω παρουσιάζεται επίσης στα σχήματα 4.10 και 4.11.



Σχήμα 4.10. Απλοποιημένα στάδια της διαδικασίας ανάκτησης υλικών σε μια μονάδα ανάκτησης υλικών. (Πηγή: Kang και Schoenung, 2005).



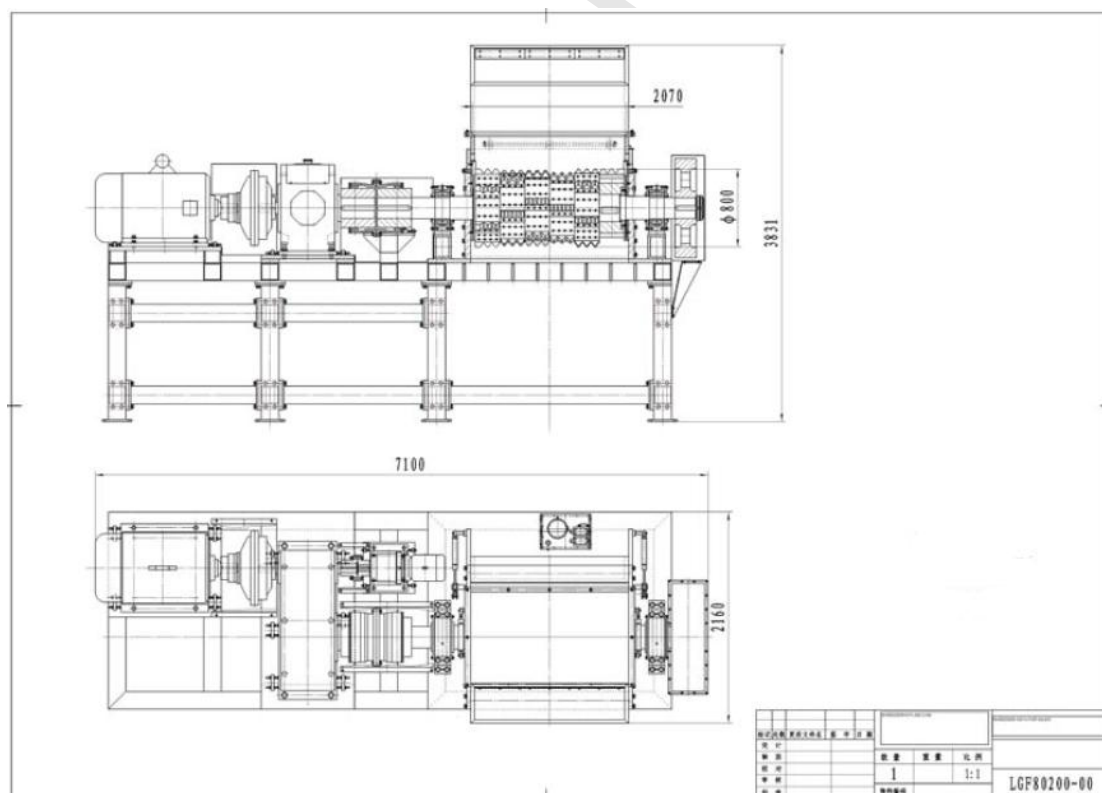
Σχήμα 4.11. Εικόνα μαζικής ανακύκλωσης και το αντίστοιχο διάγραμμα ροής (Πηγή: Spengler κ.α., 2003).

Παρακάτω θα γίνει προσπάθεια να αναπτυχθούν όλα τα στάδια του μηχανικού διαχωρισμού.

Ο σκοπός του τεμαχισμού είναι α) η απελευθέρωση του υλικού για να καταστεί δυνατός ο διαχωρισμός που ακολουθεί και β) η συμπύκνωση του όγκου του υλικού ώστε να μειωθεί το κόστος μεταφοράς, που συνήθως λαμβάνει χώρα από την εταιρία ανακύκλωσης προς το χυτήριο. Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά ενός τεμαχιστή που πρέπει να αναλύονται για κάθε εφαρμογή είναι η ισχύς και το μέγεθος του, το πλάτος και το σχήμα κοπής και ο αριθμός και ο προσανατολισμός των αγκιστριών ανά κόφτη (Zhang και Forssberg, 1998). Στις εικόνες 4.1, 4.2 και 4.3 παρουσιάζεται ένας τυπικός τεμαχιστής που χρησιμοποιείται στην ανακύκλωση ΗΗΕ.



Εικόνα 4.1. Τεμαχιστής (Πηγή: <http://www.globalrecyclingequipment.com/>)



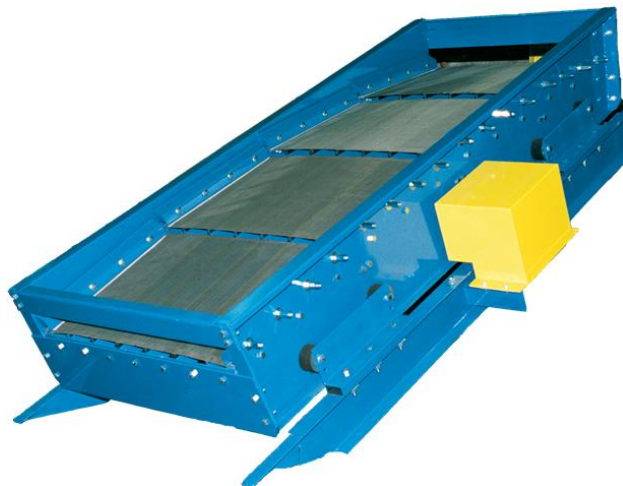
Εικόνα 4.2. Μηχανολογικό σχέδιο τεμαχιστή
(Πηγή: <http://www.globalrecyclingequipment.com/>)



Εικόνα 4.3. Τεμαχιστές στη γραμμή παραγωγής σε σειρά για επανεπεξεργασία των κλασμάτων (Πηγή: <http://www.globalrecyclingequipment.com/>).

Η επεξεργασία διαλογής ή κοσκίνισμα (Screening) χρησιμοποιείται κυρίως για να προετοιμάσει ενιαίο μέγεθος υλικών που πρόκειται να εισέλθουν στις επόμενες μηχανολογικές διαδικασίες, αλλά και για να καθαρίσει το περιεχόμενο των μετάλλων. Το κοσκίνισμα είναι απαραίτητο, διότι το μέγεθος και το σχήμα των σωματιδίων των μετάλλων παρουσιάζει διαφορετικές ιδιότητες από αυτές των πλαστικών και των κεραμικών. Η κύρια μέθοδος διαλογής (κοσκινίσματος) που χρησιμοποιείται στην ανάκτηση μετάλλων βασίζεται στο περιστρεφόμενο κόσκινο (Trommel) και χρησιμοποιείται ευρέως τόσο στα απόβλητα αυτοκινήτων όσο και στην επεξεργασία αστικών στερεών αποβλήτων. Αυτή η μονάδα διαθέτει υψηλή αντοχή στο 'στόμωμα', πράγμα που είναι σημαντικό λόγω των διαφορετικών σχημάτων και μεγεθών των σωματιδίων που ανακύπτουν από τα απόβλητα. Το δονητικό κοσκίνισμα (Vibratory Screening) χρησιμοποιείται επίσης ευρέως, ιδίως για την ανάκτηση μη σιδηρούχων υλικών,

αλλά το πρόβλημα του ‘στομώματος’ είναι υπαρκτό (Wilson κ.α., 1994). Στις παρακάτω εικόνες 4.4 και 4.5 παρουσιάζονται δυο μονάδες διαλογής.



Εικόνα 4.4. Μονάδα διαλογής (Πηγή: <http://www.jhequipment.com/VBSscreen.htm>)



Εικόνα 4.5. Φορητή βαρέως τύπου, οριζόντια μονάδα διαλογής με μεταφορική ταινία τροφοδοσίας της εταιρίας Deister Machine Company, Inc.

(Πηγή:<http://www.deistermachine.com/about-us/news/new-deister-premium-portable-horizontal-screening-plant-with-feed-conveyor/>).

Ο διαχωρισμός των υλικών, όπως αναφέρθηκε ήδη, συνήθως βασίζεται σε μαγνητικά ή ηλεκτροστατικά χαρακτηριστικά, την πυκνότητα, την οπτική ή άλλα χαρακτηριστικά. Συνήθως, για το διαχωρισμό των υλικών χρησιμοποιείται μια σειρά από μαγνήτες ώστε να αφαιρεθούν τα σιδηρούχα μέταλλα από το υλικό που τυπικά κινείται σε μεταφορικές ταινίες. Μετά την απομάκρυνση των σιδηρούχων μετάλλων, τα κλάσματα μεταφέρονται αργά με ταινιόδρομο ώστε οι εργαζόμενοι να προβούν στην αφαίρεση μεγάλων κομματιών από υλικά όπως το γυαλί ή τα πλαστικά. Οι μαγνητικοί διαχωριστές, κυρίως οι χαμηλής έντασης διαχωριστές τύμπανου, χρησιμοποιούνται ευρέως για την ανάκτηση των σιδηρομαγνητικών μετάλλων από μη σιδηρούχα μέταλλα και άλλα μη μαγνητικά απόβλητα. Κατά την τελευταία δεκαετία, υπήρξε μεγάλη πρόοδος στο σχεδιασμό και τη λειτουργία μαγνητικών διαχωριστών υψηλής έντασης, κυρίως ως αποτέλεσμα της εισαγωγής μόνιμων μαγνητών από σπάνια κράματα οι οποίοι είναι σε θέση να προσφέρουν πολύ υψηλές εντάσεις πεδίων και κλίσεις μεταφοράς. Η χρήση μαγνητικών διαχωριστών υψηλής έντασης καθιστά δυνατόν να διαχωριστούν κράματα χαλκού κατευθείαν από τα απόβλητα (Cui και Forssberg, 2003). Στις εικόνες 4.6 και 4.7 παρουσιάζονται δυο τυπικοί μαγνητικοί διαχωριστές.



Εικόνα 4.6. Μαγνητικός διαχωριστής τύμπανου

(Πηγή: <http://www.cnldmachine.com/Magnetic%20-Separator.html>).



Εικόνα 4.7. Μαγνητικός διαχωριστής με μεταφορική ταινία

(Πηγή: http://www.remfg.com/magnetic_separation.php).

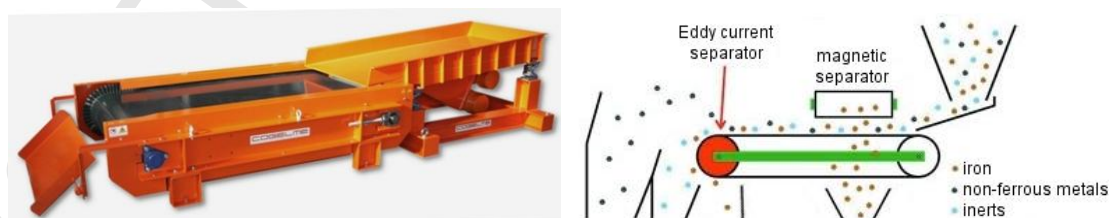
Ο διαχωρισμός με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα χρησιμοποιείται για να διαχωρίζει υλικά διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (αντίστασης). Υπάρχουν τρεις χαρακτηριστικές τεχνικές διαχωρισμού με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα: α) ο επαγωγικός διαχωρισμός (Eddy current), β) ο ηλεκτροστατικός διαχωρισμός (corona electrostatic separation) και γ) ο τριβοηλεκτρικός διαχωρισμός (triboelectric separation). Κατά την τελευταία δεκαετία, μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις στον κλάδο της ανακύκλωσης ήταν η εισαγωγή του επαγωγικού διαχωρισμού (που χρησιμοποιεί δινορρεύματα). Ο ηλεκτροστατικός διαχωρισμός τύπου ρότορα, χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό αποβλήτων σε αγώγιμα και σε μη αγώγιμα κλάσματα. Η ακραία διαφορά στην ηλεκτρική αγωγιμότητα (ειδική ηλεκτρική αντίσταση) μεταξύ των μεταλλικών και των μη μεταλλικών κλασμάτων αποτελεί εξαιρετική προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή του ηλεκτροστατικού διαχωρισμού στην ανακύκλωση των αποβλήτων. Μέχρι σήμερα, ο ηλεκτροστατικός διαχωρισμός έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως για την ανάκτηση χαλκού ή αλουμινίου από κομμένα ηλεκτρικά καλώδια και σύρματα και για την ανάκτηση χαλκού και πολύτιμων μετάλλων από κλάσματα τυπωμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Ο τριβοηλεκτρικός διαχωρισμός καθιστά δυνατή την διαλογή των πλαστικών ανάλογα με τις

διαφορές των ηλεκτρικών τους ιδιοτήτων. Η έρευνα έχει δείξει πολλά προφανή πλεονεκτήματα του για την επεξεργασία των πλαστικών αποβλήτων, όπως η ανεξαρτησία της μορφής των κόκκων, η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και η υψηλή απόδοση. Με επαγωγικό διαχωρισμό (Eddy current) συνήθως διαχωρίζονται τα μη μεταλλικά υλικά από τα μη σιδηρούχα μείγματα μετάλλων. Οι διαχωριστές αυτοί χρησιμοποιούνται για σωματίδια που κυμαίνονται από 4 έως 100 mm και διαθέτουν δυναμικότητα επεξεργασίας 18-30 τόνους/ώρα (Williams, 2006). Στις εικόνες 4.8, 4.9 και στο σχήμα 4.12 παρουσιάζονται παραδείγματα επαγωγικού διαχωριστή (Eddy current).



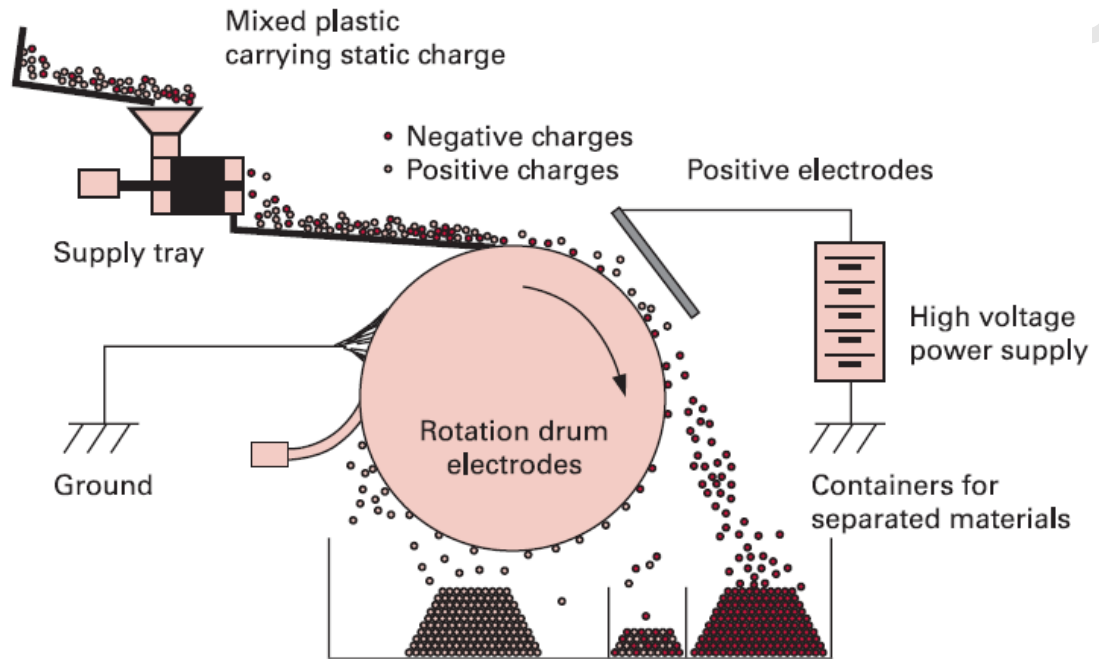
Εικόνα 4.8. Επαγωγικός διαχωριστής (Eddy current)

(Πηγή: <http://www.directindustry.com/prod/bakker-magnetics/eddy-current-separators-ecs-14185-463059.html>)



Εικόνα 4.9. α) Επαγωγικός διαχωριστής (Eddy current) για το διαχωρισμό μη σιδηρούχων μετάλλων και β) ο τρόπος λειτουργίας αυτού

(Πηγή: <http://www.cogelme.com/eng/e-eddy-current-metal-separator-pictures.htm>).



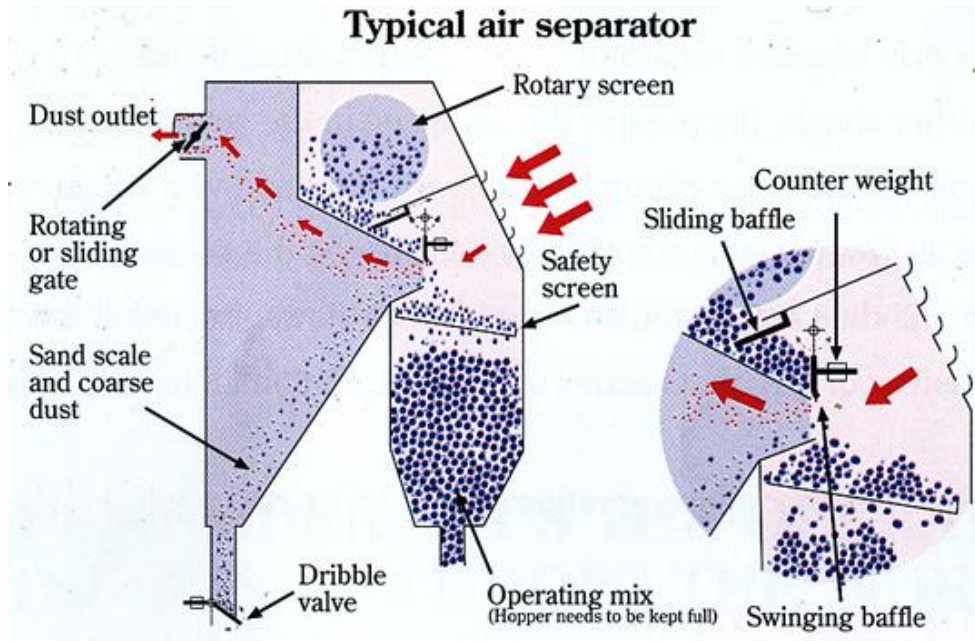
Σχήμα 4.12. Ο τρόπος λειτουργίας του επαγωγικού διαχωρισμού (Eddy current) (Πηγή: DTI, 2006)

Ένας σύγχρονος επαγωγικός διαχωριστής με ενιαίο μόνιμο μαγνήτη μονού δίσκου, μπορεί να διαχωρίσει τουλάχιστον το 92% των σωματιδίων χαλκού με διαστάσεις 2 - 4 mm από μείγματα χαλκού/μολύβδου. Οι επαγωγικοί διαχωριστές είναι εφικτό να προσαρμόζονται ώστε να διαχωρίζουν συγκεκριμένα μη σιδηρούχα μέταλλα όπως το αλουμίνιο ή ο χαλκός. Για την περαιτέρω βελτίωση της ποιότητας των διαδικασιών επαγωγικού διαχωρισμού πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το μέγεθος, το σχήμα και τα υλικά των σωματιδίων στο ρεύμα εισαγωγής ώστε να προσδιορίζονται οι παράμετροι λειτουργίας, όπως η ταχύτητα μεταφοράς, η ταχύτητα του τύμπανου, η θέση του διαιρέτη (splitter) και η γωνιακή θέση των μαγνητικών κυλίνδρων (Zhang και Forssberg, 1998).

Οι τεχνικές διαχωρισμού σχήματος έχουν αναπτυχθεί κυρίως για τον έλεγχο των ιδιοτήτων των σωματιδίων στον κλάδο της κονιομεταλλουργίας (powder industry). Οι αρχές που διέπουν αυτή τη διαδικασία κάνουν χρήση των διαφορών των φυσικών ιδιοτήτων ανάμεσα στα σωματίδια διαφορετικών υλικών και πιο συγκεκριμένα των

διαφορών α) στην ταχύτητα των σωματιδίων κατά μήκος κεκλιμένης συμπαγούς πλάκας, β) στο χρόνο που απαιτείται για να περάσουν τα σωματίδια μέσα από ένα άνοιγμα, γ) στη συνεκτική δύναμη του κάθε σωματιδίου και δ) στην ταχύτητα που αναπτύσσει το σωματίδιο μέσα σε ένα υγρό. Ο διαχωρισμός σχήματος με κεκλιμένη πλάκα και κόσκινα είναι η κύρια μέθοδος που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ανακύκλωσης. Μια μεταφορική ταινία με κλίση και μια πλάκα δόνησης επίσης με κλίση χρησιμοποιούνται ως διαχωριστικό του σχήματος των σωματιδίων χαλκού για την ανάκτηση του από τα απόβλητα ηλεκτρικών καλωδίων, τα τυπωμένα κυκλώματα και τα απόβλητα τηλεοράσεων και προσωπικών υπολογιστών στην Ιαπωνία (Wilson κ.α., 1994).

Τέλος χρησιμοποιούνται πολλές διαφορετικές μέθοδοι για το διαχωρισμό των βαρύτερων υλικών από τα ελαφρύτερα. Η βάση του διαχωρισμού αυτού του τύπου είναι η διαφορά στην πυκνότητα των συστατικών. Οι διαδικασίες διαχωρισμού με βάση την πυκνότητα έχουν βρει ευρεία εφαρμογή στο διαχωρισμό ανάμεσα σε μεταλλικά και μη μεταλλικά υλικά. Κατά κύριο λόγο για το διαχωρισμό υλικών διαφορετικού ειδικού βάρους χρησιμοποιείται η δύναμη της βαρύτητας. Για το σκοπό αυτό βεβαίως εκτός από τη βαρύτητα χρησιμοποιούνται και άλλες δυνάμεις, π.χ. η αντίσταση στην κίνηση μέσα σε ένα υγρό, όπως το νερό ή ο αέρας. Η κίνηση ενός σωματιδίου μέσα σε ένα ρευστό δεν εξαρτάται μόνο από την πυκνότητα του, αλλά και από το μέγεθός και το σχήμα του, έχοντας ως αποτέλεσμα τα μεγάλα σωματίδια να επηρεάζονται περισσότερο από ό, τι τα μικρότερα. Στην πράξη, απαιτείται στενός έλεγχος του μεγέθους των υλικών που εισέρχονται στη διαδικασία για να μειωθεί η επίδραση του μεγέθους και να καταστεί η σχετική κίνηση των σωματιδίων εξαρτώμενη αποκλειστικά από τη βαρύτητα. Ένα παράδειγμα διαχωρισμού με βάση την πυκνότητα αποτελεί και ο αεροδιαχωρισμός που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 4.13 και εικόνα 4.10.



Σχήμα 4.13. Ο τρόπος λειτουργίας του αεροδιαχωρισμού

(Πηγή: <http://www.granowski.com.au/Equipment/Abrasive-Cleaning-and-Recycling.aspx>).



Εικόνα 4.10. Αεροδιαχωριστής

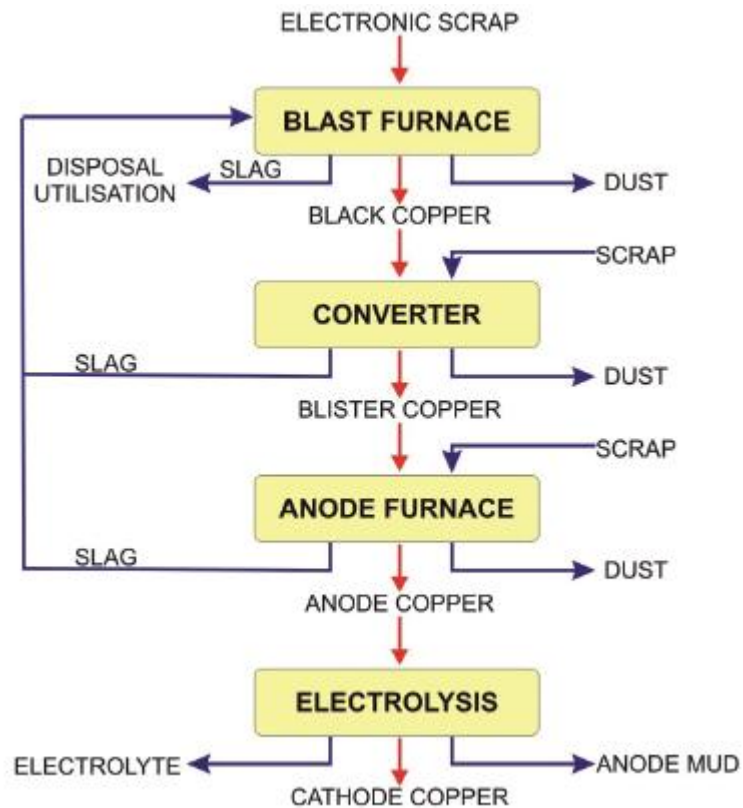
(Πηγή: <http://www.actionconveyors.com/index.php/dense-out-vibratory-air-separator.html/>).

Ενώ οι διαδικασίες διαχωρισμού των σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων είναι ανεπτυγμένες, δε συμβαίνει το ίδιο για το γυαλί και τα πλαστικά. Για την ανακύκλωση από γυαλί σε γυαλί στην περίπτωση των καθοδικών σωλήνων, οι ρυπογόνοι παράγοντες θα πρέπει να αφαιρούνται. Επιπλέον διαφορετικά μέρη αυτού πρέπει να διαχωρίζονται χειρονακτικά λόγω των διαφορετικών συγκεντρώσεων μολύβδου στο καθένα. Η απομάκρυνση των ρύπων από τα πλαστικά είναι απαραίτητη για την ανακύκλωση από πλαστικό σε πλαστικό και γι' αυτό το σκοπό μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτοματοποιημένες μέθοδοι διαχωρισμού με βάση την πυκνότητα, όπως ο επαγωγικός διαχωρισμός, ο διαχωρισμός με αέρα, με επίπλευση - βύθιση ή με φυγόκεντρη δύναμη. Ωστόσο, ο διαχωρισμός συγκεκριμένων πλαστικών από ένα τεμαχισμένο μείγμα πλαστικών βάση των φυσικών ιδιοτήτων είναι περιορισμένος λόγω της ομοιότητας στην πυκνότητα μεταξύ των πλαστικών. Η αυτόματη αναγνώριση και οι τεχνικές ταξινόμησης για τα πλαστικά περιλαμβάνουν θερμογραφία με υπέρυθρο λέιζερ, φασματοσκοπία κοντά στο υπέρυθρο φάσμα (near infrared, NIR), φασματοσκοπία στο μέσο του υπέρυθρου φάσματος (mid infrared, MIR), φασματοσκοπία Raman, υδρο-κυκλώνες (hydrocyclone), ηλεκτροστατικό διαχωρισμό και περιστροφική αποκόλληση. Πειραματικές μελέτες έχουν δείξει ότι η φασματοσκοπία Raman παρέχει καλύτερα αποτελέσματα από ότι η NIR και η MIR φασματοσκοπία, ενώ χειρίζεται ευρύτερη ποικιλία σχημάτων και χρωμάτων. Εφόσον μπορούν να προσδιοριστούν διάφορα πλαστικά με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας Raman με ποσοστό αναγνώρισης 10 μέρη/s, η συγκεκριμένη μέθοδος παρουσιάζεται πολλά υποσχόμενη για ταυτοποίηση σε πρώτο χρόνο (Williams, 2006).

4.2.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Οι πυρομεταλλουργικές διαδικασίες περιλαμβάνουν την καύση (αποτέφρωση), τη χύτευση σε κάμινο βολταϊκού τόξου πλάσματος ή υψικάμινο, τη διεργασία για την απομάκρυνση της σκωρίας ή drossing (διαδικασία για την απομάκρυνση στερεών εναποθέσεων οξειδίων στην επιφάνεια του λιωμένου μετάλλου), την πυροσυσσωμάτωση, την τήξη και τις αντιδράσεις στην αέρια φάση σε υψηλές θερμοκρασίες (Sum, 1991). Η αποτέφρωση είναι ένας συνηθισμένος τρόπος διαχωρισμού του πλαστικού υλικού και των

άλλων οργανικών ενώσεων ώστε να προκύψει περαιτέρω συγκέντρωση των μετάλλων. Τα θραύσματα (ως προϊόντα της μηχανικής επεξεργασίας) καίγονται σε κλίβανο ή σε 'μπάνιο τίγματος' για να αφαιρεθούν τα πλαστικά, αφήνοντας το τιγμένο μεταλλικό υπόλειμμα. Το πλαστικό καίγεται και τα πυρίμαχα οξείδια σχηματίζουν σκωρία. Στις διαδικασίες χύτευσης χρησιμοποιείται μεταλλικός συλλέκτης από χαλκό ή μόλυβδο. Επίσης μπορεί να σχηματιστούν κράματα με χύτευση των συμπυκνωμάτων του αργού μετάλλου. Η επεξεργασία υπολειμμάτων προϊόντων που περιέχουν ασήμι και χρυσό λαμβάνει χώρα σε χυτήριο χαλκού, αλλά το ασήμι καθώς και άλλα ευγενή μέταλλα απαιτούν παραμονή για μεγάλο χρονικό διάστημα στη διαδικασία. Η πλειοψηφία του δευτερογενούς χαλκού και ένα κύριο μέρος των ηλεκτρονικών απορριμμάτων επεξεργάζονται πυρομεταλλουργικά σε χυτήριο δευτερογενούς χαλκού, το οποίο περιλαμβάνει στάδια όπως τη μείωση και τη χύτευση του υλικού, την παραγωγή ακατέργαστου χαλκού στο μεταλλάκτη, τη διήθηση, τον ηλεκτρολυτικό καθαρισμό και την επεξεργασία της σκωρίας που συγκεντρώνεται στην άνοδο. Σε ένα σύγχρονο χυτήριο δευτερογενούς χαλκού, ανακυκλώνονται πολλά διαφορετικά είδη υλικών που περιέχουν χαλκό (Gramatyka κ.α., 2007). Το σχήμα 4.14 απεικονίζει την τυπική διαδικασία ανακύκλωσης των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που περιέχουν χαλκό.

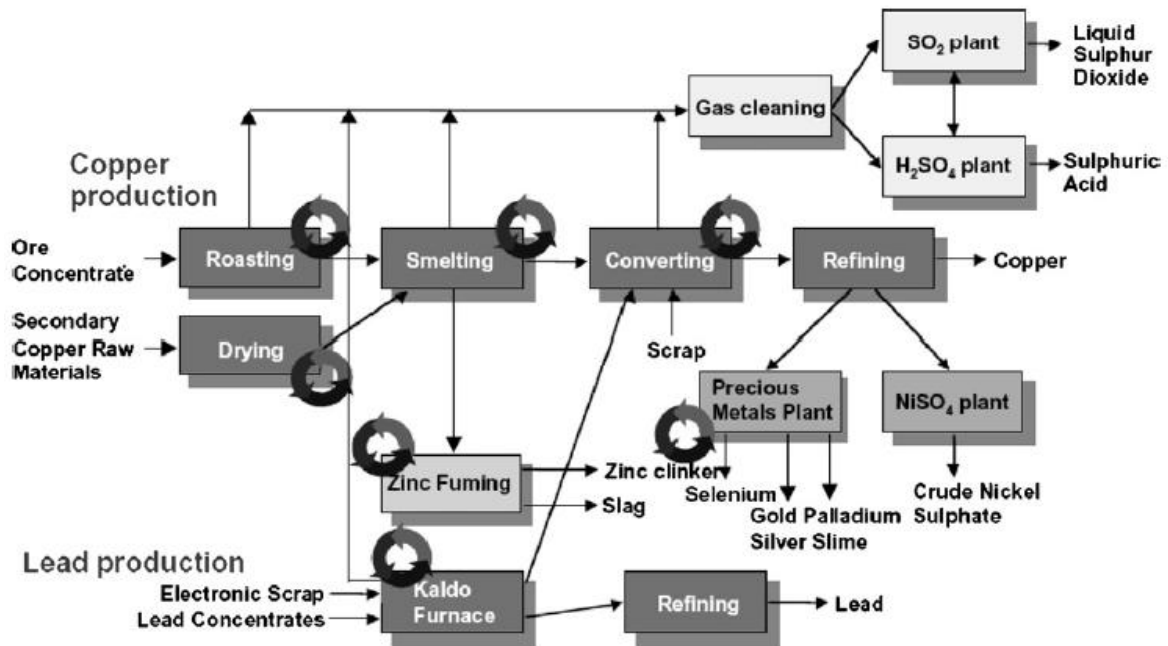


Σχήμα 4.14. Η διαδικασία ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ που περιέχουν χαλκό (Πηγή: Antrekowitsch κ.α., 2006).

Εκτός από χαλκό τα ΑΗΗΕ περιέχουν νικέλιο, μόλυβδο, κασσίτερο, ψευδάργυρο, σίδηρο, αρσενικό, αντιμόνιο και πολύτιμα μέταλλα, μεταξύ πολλών άλλων. Τα υλικά (π.χ. ηλεκτρονικά απόβλητα) τροφοδοτούν τη διαδικασία σε διάφορα στάδια ανάλογα με την καθαρότητα και τη φυσική τους κατάσταση. Η σύνθεση της ανόδου και η ποιότητα της σκόνης και της σκωρίας κυμαίνεται σημαντικά λόγω της ανομοιογένειας των εισροών. Αυτό συμβαίνει επίσης και στην περίπτωση της σκωρίας που συγκεντρώνεται στην άνοδο και η οποία προκύπτει από ηλεκτρόλυση. Μια άλλη δυνατότητα για την ανάκτηση βασικών και ευγενών μετάλλων από τα ΑΗΗΕ προσφέρει η ανάκτηση μέσω διαδικασιών τήξης μολύβδου (Gramatyka κ.α., 2007). Η πυρόλυση είναι η διαδικασία όπου το υλικό θερμαίνεται σε ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου. Σε ορισμένες θερμοκρασίες τα οργανικά κλάσματα (πλαστικό, καουτσούκ, χαρτί, ξύλο κλπ.) αποσυντίθενται και σχηματίζουν πτητικές ουσίες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη χημική βιομηχανία ή για την

εξορυγμένος χαλκός ως επί το πλείστον). Τα υλικά που εισέρχονται στην αντιδραστήρα βυθίζονται σε 'μπάνιο' λιωμένου μετάλλου (1.250 °C), το οποίο αναδεύεται από μίγμα υπερπληρωμένου αέρα (μέχρι 39% οξυγόνο). Το ενεργειακό κόστος μειώνεται με την καύση των πλαστικών και άλλων εύφλεκτων υλικών που λειτουργούν τα ίδια ως καύσιμα. Το αποτέλεσμα της βεβιασμένης οξειδωσης μετατρέπει τις προσμίξεις συμπεριλαμβανομένου του σιδήρου, του μολύβδου και του ψευδαργύρου σε οξειδία που εμφανίζονται ως διοξείδιο του πυριτίου στη σκωρία. Η σκωρία ψύχεται και κονιοποιείται για να ανακτηθούν τα μέταλλα πριν από τη διάθεση. Η μεταλλίνη χαλκού που περιέχει μέταλλα με μεγάλη εμπορική αξία απομακρύνεται και μεταφέρεται στους μεταλλάκτες. Μετά την αναβάθμιση στους μεταλλάκτες, ο υγρός χαλκός διυλίζεται σε κλίβανους ανόδου με καθαρότητα 99,1%. Το υπόλοιπο 0,9% περιλαμβάνει πολύτιμα μέταλλα, συμπεριλαμβανοντας χρυσό, ασήμι, πλατίνα και παλλάδιο, μαζί με άλλα ανακτήσιμα μέταλλα, όπως το σελήνιο, το τελλούριο και το νικέλιο. Στη συνέχεια, με ηλεκτρόλυση της ανόδου ανακτώνται τα παραπάνω εμπορεύσιμα μέταλλα.

Μια άλλη εφαρμογή πυρομεταλλουργικής διαδικασίας για την ανάκτηση μετάλλων από τα απόβλητα του ΗΗΕ εφαρμόζεται από την εταιρία Boliden στο χυτήριο Ronnskar στη Σουηδία (<http://www.mining-technology.com/projects/garpenberg/garpenberg5.html>) και παρουσιάζεται στο σχήμα. 4.16.

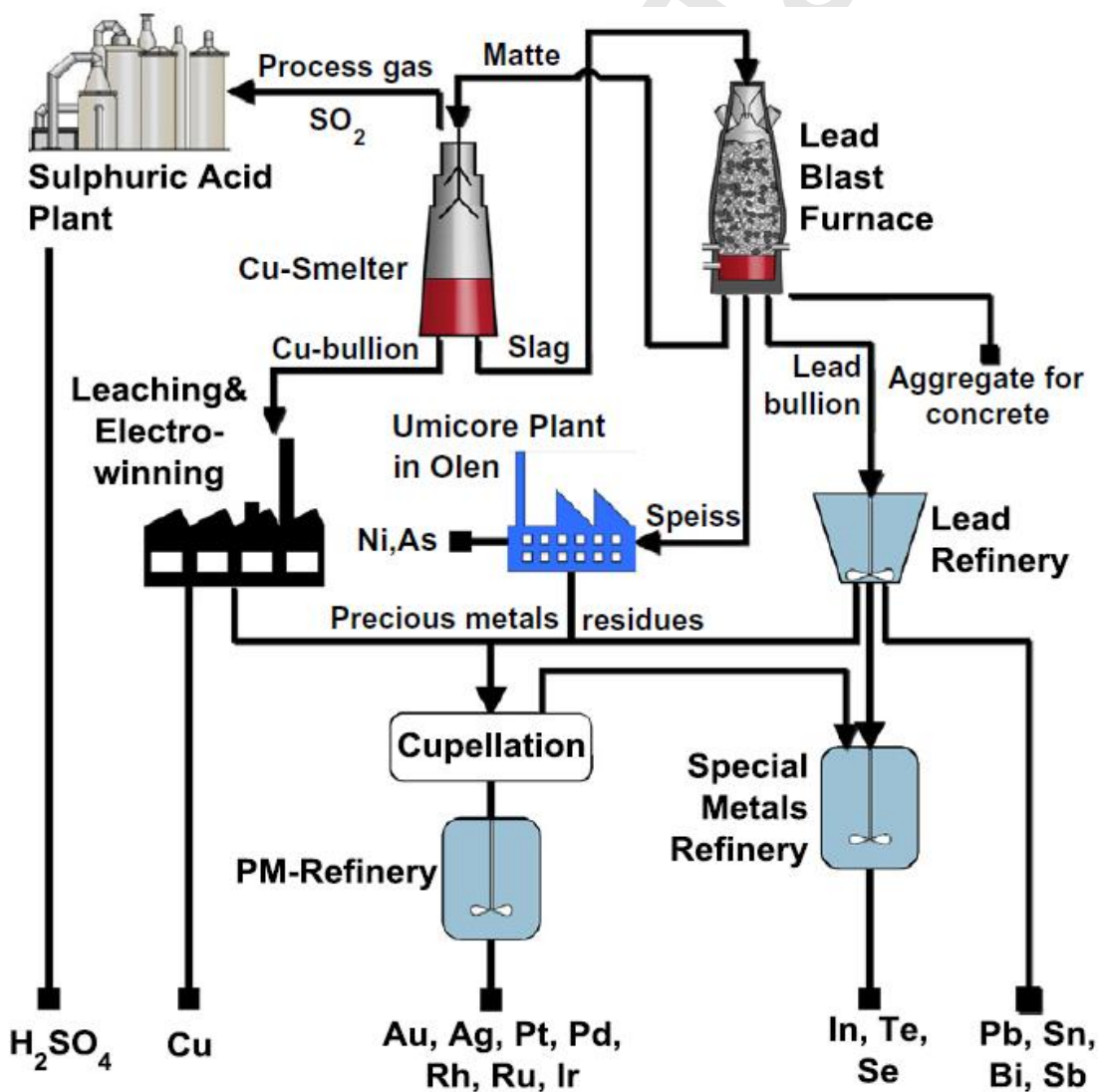


Σχήμα 4.16. Σχηματικό διάγραμμα των διεργασιών του χυτηρίου στο Ronnskar της Σουηδία (Πηγή: Cui και Zhang, 2008).

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, τα υπολείμματα μπορούν να τροφοδοτούν τη διαδικασία σε διάφορα στάδια ανάλογα με το βαθμό καθαρότητας τους. Κλάσματα που περιέχουν υψηλή συγκέντρωση χαλκού τροφοδοτούνται άμεσα στο μεταλλάκτη, ενώ τα χαμηλής ποιότητας ηλεκτρονικά απόβλητα τροφοδοτούνται στον κλίβανο Kaldo για τον οποίο υπάρχει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Αναφέρεται ότι 100.000 τόνοι απόβλητων περιλαμβάνοντας και τα ΑΗΗΕ τροφοδοτούνται στον κλίβανο Kaldo κάθε χρόνο. Στον κλίβανο Kaldo εισέρχονται αναμειγμένα υλικά ΑΗΗΕ. Το απαραίτητο για την καύση O_2 εισέρχεται στον καυστήρα πετρελαίου-οξυγόνου από ειδικό ακροφύσιο. Τα καυσαέρια υποβάλλονται σε μετάκαυση (δηλαδή πρόσθετη καύση) με αέρα περίπου στους $1.200\text{ }^\circ\text{C}$ σε ένα πρότυπο σύστημα για τη διοχέτευση των καυσαερίων όπου ανακτάται η θερμική ενέργεια μέσω ενός δικτύου ατμού. Ο κλίβανος Kaldo παράγει μικτό κράμα χαλκού που αποστέλλεται στον μεταλλάκτη χαλκού για την ανάκτηση των μετάλλων (Cu, Ag, Au, Pd, Ni, Se, και Zn) και οι κόκκοι - σκόνη (που περιέχουν Pb, Sb, Cd) αποστέλλονται σε άλλες διεργασίες για την ανάκτηση των μετάλλων. Πρέπει βέβαια να αναφερθεί ότι απουσιάζει

από τις δημοσιεύσεις λεπτομερή αναφορά σχετικά με περιβαλλοντικά θέματα, όπως οι αέρια και υδάτινες εκπομπές του χυτηρίου (Cui και Zhang, 2008).

Τα τελευταία χρόνια η Umicore (<http://www.umicore.com/en/>) δημοσίευσε τη διαδικασία δύλισης πολύτιμων μετάλλων στο Hoboken του Βέλγιου, η οποία εστιάζεται κυρίως στην ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων από το ΑΗΗΕ (βλ. σχήμα 4.17).

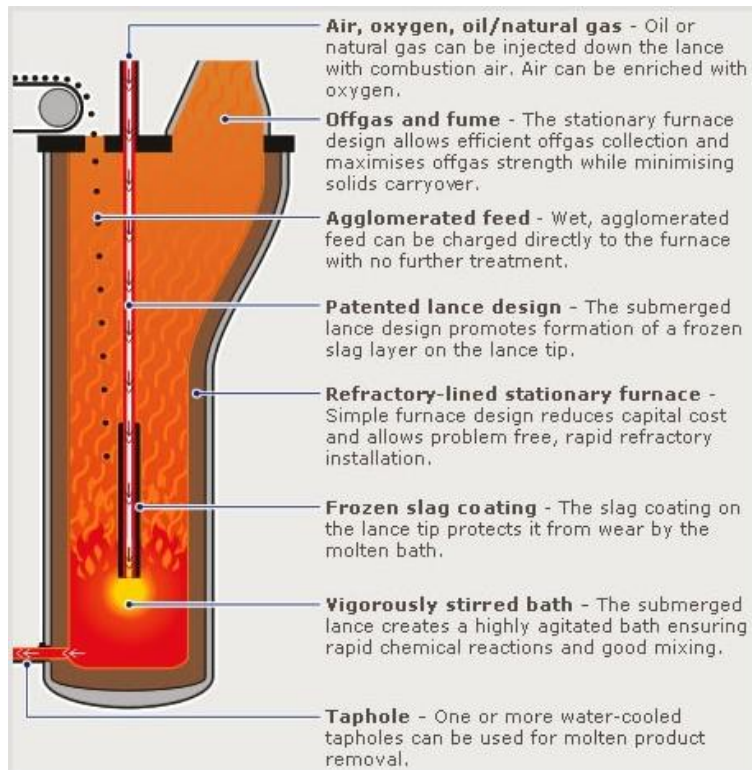


Σχήμα 4.17. Διάγραμμα ροής των διεργασιών χυτηρίου και δωλιστηρίου της Umicore στο Hoboken (Πηγή: Yazici και Devenci, 2009).

Η μονάδα επεξεργάζεται 250.000 τόνους διαφορετικών αποβλήτων ετησίως, από τις οποίες τα ΑΗΗΕ καλύπτουν έως το 10%. Το πρώτο βήμα των διεργασιών για την ανάκτηση πολύτιμων μετάλλων είναι η σύντηξη με τη χρήση του κλιβάνου IsaSmelt ο οποίος παρουσιάζεται στην εικόνα 4.11 και του οποίου η λειτουργία παρουσιάζεται στα σχήματα 4.18 και 4.19.

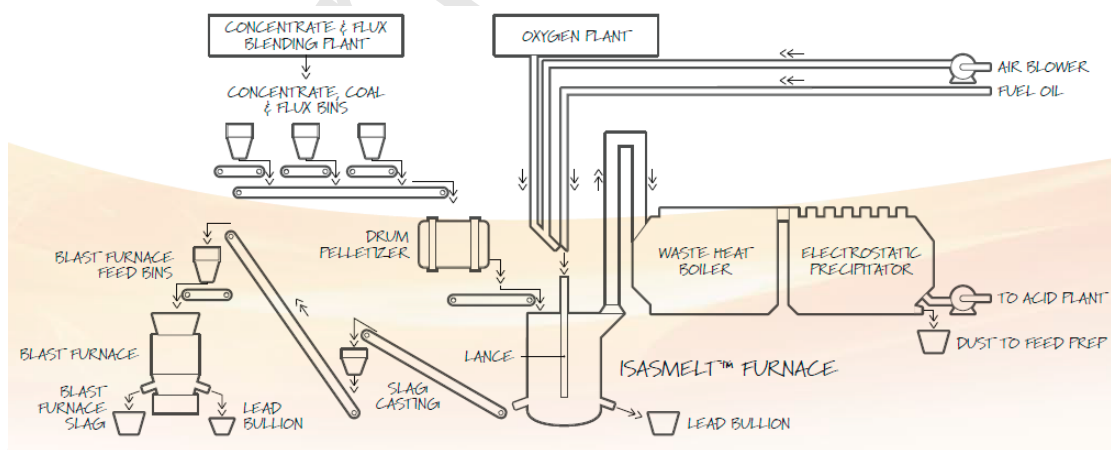


Εικόνα 4.11. Ο κλιβανός IsaSmelt της Umicore (Πηγή: Hagelüken, 2006).



Σχήμα 4.18. Ο κλιβανός IsaSmelt

(Πηγή: <http://www.isasmelt.com/EN/technology/Pages/Technology.aspx>).

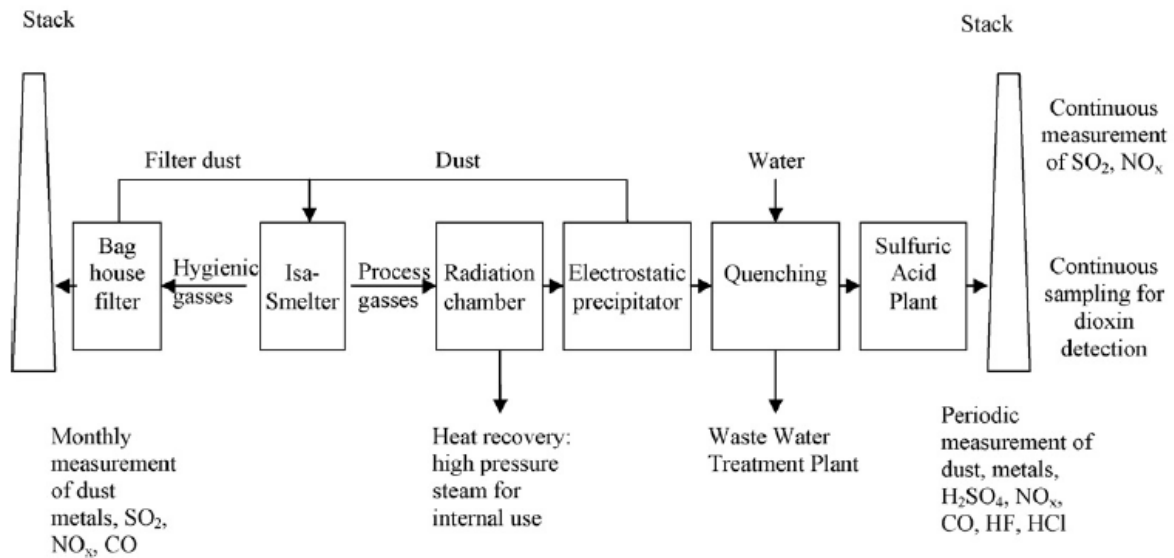


Σχήμα 4.19. Η λειτουργία του κλιβανού IsaSmelt

(Πηγή: <http://www.isasmelt.com/EN/technology/Pages/Technology.aspx>).

Τα πλαστικά ή οι άλλες οργανικές ουσίες που περιέχονται στα εισερχόμενα υλικά αντικαθιστούν εν μέρει τη χρήση του οπτάνθρακα (coke) ως πηγή ενέργειας. Το χυτήριο διαχωρίζει τα πολύτιμα μέταλλα σε ένα μίγμα κυρίως χαλκού και όλα τα άλλα μέταλλα συγκεντρώνονται σε ίλυδα μόλυβδου, η οποία υφίσταται περαιτέρω επεξεργασία στις λειτουργίες για τα κοινά μέταλλα (Base Metals Operations, BMO). Στο εργοστάσιο της Umicore, το διάγραμμα ροής των διεργασιών είναι εξαιρετικά πολύπλοκο και συμπεριλαμβάνει πυρομεταλλουργικές, υδρομεταλλουργικές, και ηλεκτροχημικές διαδικασίες και τεχνολογία, για την ανάκτηση βασικών και πολύτιμων μετάλλων, καθώς και ειδικών μετάλλων.

Στη διαδικασία IsaSmelt της Umicore είναι εγκατεστημένο σύστημα ελέγχου εκπομπών που παρουσιάζεται σχηματικά στο σχήμα 4.20. Τα αέρια των διεργασιών ψύχονται με ταυτόχρονη ανάκτηση ενέργειας και καθαρίζονται με τεχνικές, όπως σακόφιλτρα, ηλεκτροστατικά φίλτρα και οι πλυντρίδες (βούρτσες καθαρισμού). Το θείο μετατρέπεται σε SO_2 , το οποίο μετατρέπεται σε θειικό οξύ σε συγκεκριμένη μονάδα. Τα SO_2 και NO_x των καμινάδων παρακολουθούνται συνεχώς με άμεση απεικόνιση της μετρούμενης τιμής σε δωμάτια ελέγχου (control rooms), έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα άμεσης αντίδρασης. Οι εκπομπές διαλυτών ελαττώνονται μέσω εντατικού καταιονισμού (ψεκασμού) χρησιμοποιώντας είτε σταθερά συστήματα καταιονισμού ή φορητά ακροφύσια έκχυσης. Οι εκπομπές από την εγκατάσταση εμφανίζονται χαμηλότερες από τα ευρωπαϊκά όρια (Cui και Zhang, 2008).



Σχήμα 4.20. Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος ελέγχου των εκπομπών σε εγκατάσταση με κλίβανο IsaSmelt (Πηγή: Cui και Zhang, 2008).

4.2.3 ΥΔΡΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

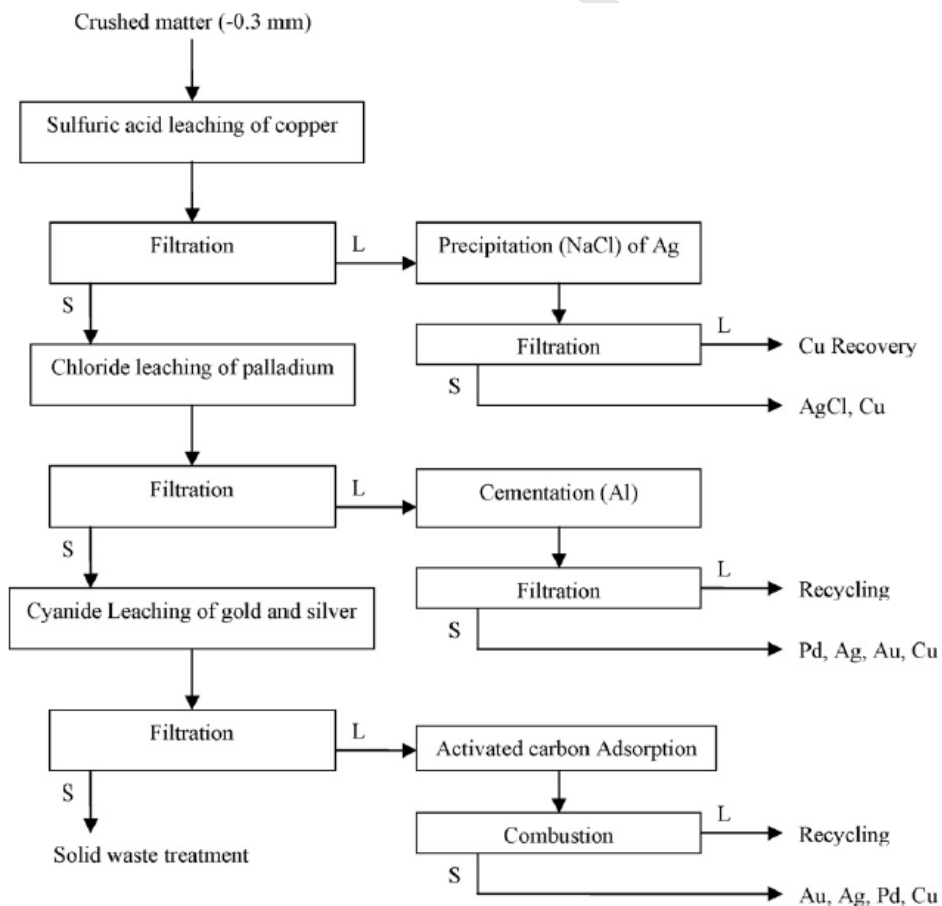
Τα πολύτιμα μέταλλα που περιέχονται στον ΗΗΕ είναι αυτά που προσδίδουν τη μεγαλύτερη αξία στα ΑΗΗΕ. Από οικονομική άποψη, η ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων από τα ηλεκτρονικά απόβλητα είναι η πιο ελκυστική επιλογή. Στις δύο τελευταίες δεκαετίες, η πιο ενεργή περιοχή έρευνας για την ανάκτηση των μετάλλων από τα ΑΗΗΕ έχει εστιαστεί στην ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων με υδρομεταλλουργικές τεχνικές. Οι υδρομεταλλουργική μέθοδος συγκρινόμενη με την πυρομεταλλουργική επεξεργασία, είναι πιο ακριβής, πιο προβλέψιμη και ελέγχεται πιο εύκολα. Σε σύγκριση με πυρομεταλλουργική επεξεργασία, οι υδρομεταλλουργικές διεργασίες απαιτούν σχετικά χαμηλό κόστος κεφαλαίου, παρουσιάζουν μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (π.χ. δεν εκπέμπουν επικίνδυνα αέρια και σκόνη) και υψηλό βαθμό ανάκτησης μετάλλου όντας κατάλληλες για εφαρμογές μικρής κλίμακας (Yazici και Deveci, 2009). Στην υδρομεταλλουργική επεξεργασία το κύριο στάδιο είναι όξινη ή καυστική έκπλυση των στερεών υλικών. Δηλαδή τα βασικά στάδια στην υδρομεταλλουργική επεξεργασία αποτελούνται από μια σειρά διηθήσεων των στερεών υλικών με οξέα ή καυστικές ουσίες.

Αυτή η διαδικασία απαιτεί συνήθως μικρό μέγεθος κόκκου για την αύξηση της απόδοσης του μετάλλου. Στη συνέχεια τα διαλύματα που προκύπτουν υποβάλλονται σε διαχωρισμό και διαδικασίες καθαρισμού όπως καθίζηση, εκχύλιση με διαλύτη, η ιζηματοποίηση, η προσρόφηση, η διήθηση, η απόσταξη και η ανταλλαγή ιόντων για την απομόνωση και τη συγκέντρωση των μετάλλων που ενδιαφέρουν. Έπειτα τα διαλύματα υπόκεινται ηλεκτρολυτική διαδικασία, χημική αναγωγή ή κρυστάλλωση για την ανάκτηση των μετάλλων. Οι διαλύτες έκπλυσης είναι κυρίως οι H_2SO_4 και H_2O_2 , HNO_3 , $NaOH$, HCl κλπ. (Gramatyka κ.α., 2007), (Cui και Zhang, 2008).

Η έκπλυση είναι η διαδικασία της εξόρυξης ενός διαλυτού συστατικού από ένα στερεό, μέσω ενός διαλύτη και αποτελεί το κύριο στάδιο σε μια υδρομεταλλουργική διαδικασία. Οι πιο κοινές ουσίες έκπλυσης που χρησιμοποιούνται στην ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων περιλαμβάνουν το κυανίου, τα αλογόνα, τη θειουρία κ.α. Το κυάνιο έχει χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία εξόρυξης χρυσού για περισσότερο από έναν αιώνα. Μια σειρά περιβαλλοντικών ατυχημάτων σε διάφορα ορυχεία χρυσού είχε ως αποτέλεσμα τη σοβαρή μόλυνση των ποταμών και των υπόγειων υδάτων στις αντίστοιχες περιοχές και έχει προκαλέσει ανησυχία για τη χρήση του κυανίου ως αντιδραστήριο έκπλυσης. Αρκετά υποκατάστατα έχουν προταθεί, αλλά γενικά, οι μη κυανιούχες ενώσεις όπως η θειουρία θεωρούνται ως τα πλέον ρεαλιστικά υποκατάστατα. Η χρήση των αλογόνων (φθόριο, χλώριο, βρώμιο, ιώδιο) για την διάλυση χρυσού προηγείται ημερολογιακά της κυανίωσης. Με την εξαίρεση του φθορίου, όλα τα αλογόνα έχουν ελεγχθεί ή και χρησιμοποιηθεί για την εξόρυξη χρυσού. Ωστόσο, από τα αλογόνα, μόνο το χλώριο και οι χλωριούχες ενώσεις έχουν εφαρμοστεί βιομηχανικά σε μεγάλη κλίμακα. Ωστόσο, η απόπλυση με χλώριο είναι πιο δύσκολο να εφαρμοστεί από το κυάνιο για δύο βασικούς λόγους: α) απαιτείται εξοπλισμός από ειδικό ανοξείδωτο χάλυβα και επένδυση από καουτσούκ για τις εξαιρετικά διαβρωτικές και οξειδωτικές συνθήκες που αναπτύσσονται και β) το αέριο χλώριο είναι εξαιρετικά δηλητηριώδες και πρέπει να ελέγχεται για να αποφεύγονται κίνδυνοι για την υγεία. Η έρευνα σχετικά με τη χρήση της θειουρίας την έχει καταστήσει πολλά υποσχόμενη. Η ευρεία όμως εμπορική εφαρμογή της έχει παρεμποδιστεί από τρεις παράγοντες α) είναι πιο ακριβή από το κυάνιο, β) η κατανάλωση της κατά την επεξεργασία

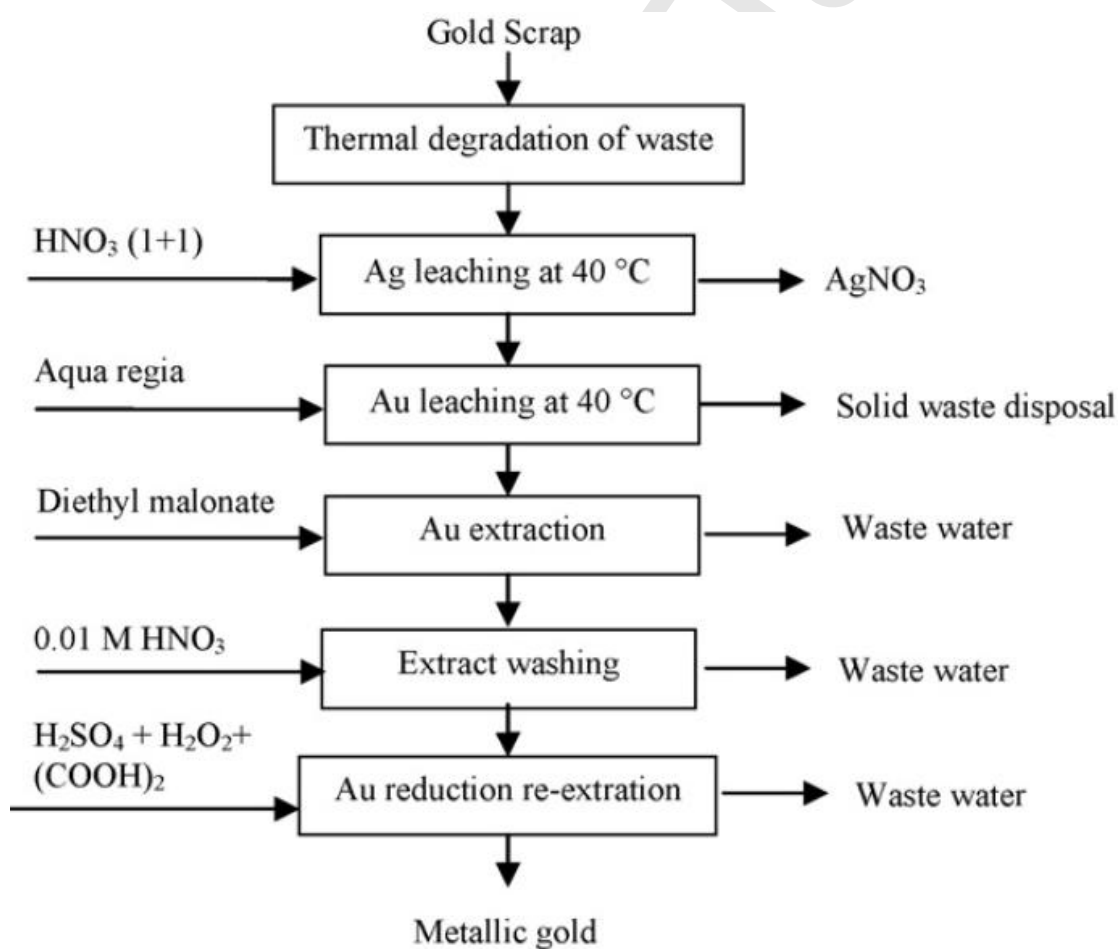
είναι υψηλή επειδή οξειδώνονται εύκολα και γ) απαιτείται περισσότερη ανάπτυξη της μεθόδου.

Από το 1970 και μέχρι τις αρχές και τα μέσα της δεκαετίας του 1980, η επικρατούσα μέθοδος της ανακύκλωσης των ηλεκτρονικών απορριμμάτων ήταν η χύτευση σε συνδυασμό με χυτήρια δευτερογενούς χαλκού ή μολύβδου. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, η τάση έχει μετατοπιστεί προς την υδρομεταλλουργική επεξεργασία. Από τότε πλήθος εφαρμογών έχει πραγματοποιηθεί. Ενδεικτικά παρουσιάζεται στο σχήμα 4.21 μια τέτοια διαδικασία.



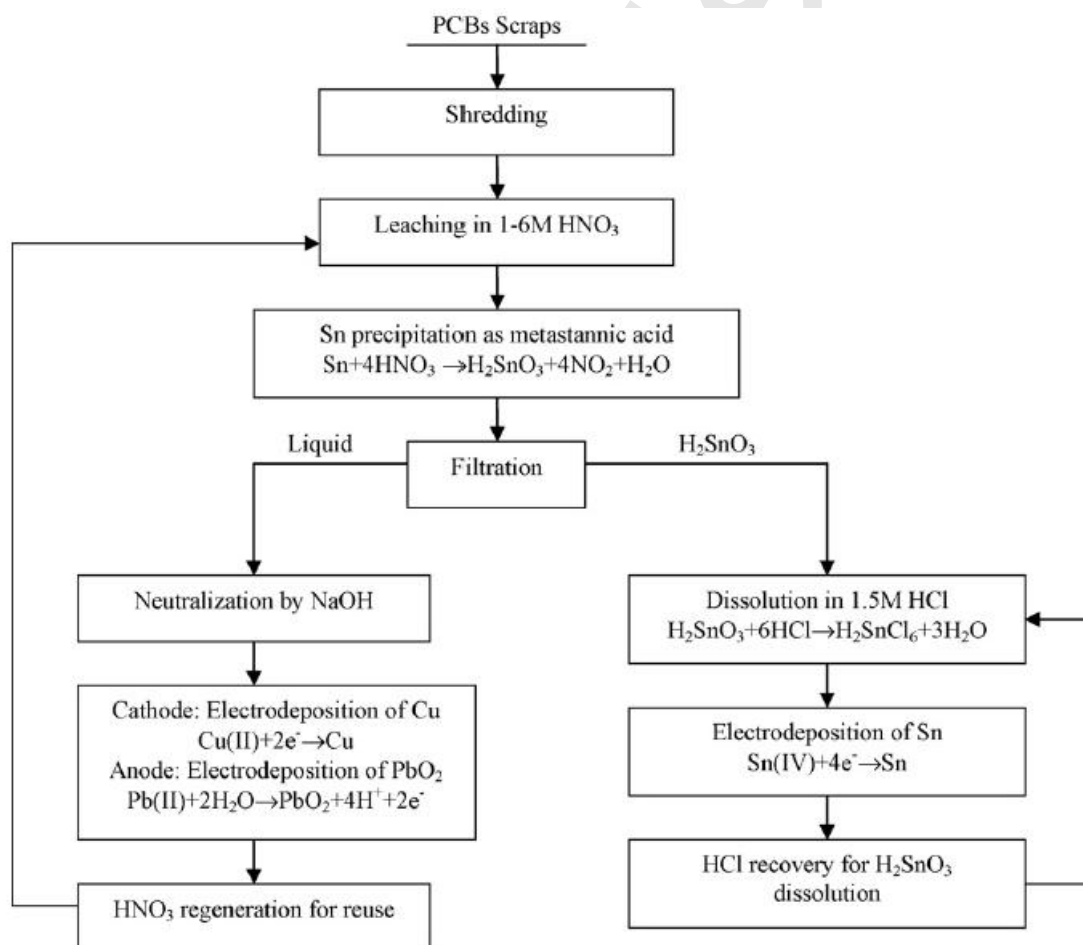
Σχήμα 4.21. Διάγραμμα ροής για την ανάκτηση πολύτιμων μετάλλων από ΑΗΗΕ (Πηγή: Cui και Zhang, 2008).

Μια ακόμη διαδικασία υδρομεταλλουργικής επεξεργασίας για την ανάκτηση χρυσού από τα στερεά απόβλητα που παράγονται στον τομέα του ΗΗΕ φαίνεται στο σχήμα. 4.22. Η υδρομεταλλουργική διαδικασία αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα: α) απανθράκωση σε χαμηλή θερμοκρασία και θέρμανση των αποβλήτων, β) έκπλυση με διάλυμα νιτρικού οξέως για την ανάκτηση ασημιού και άλλων μετάλλων, γ) έκπλυση με νιτρο-υδροχλωρικό οξύ (regia aqua), δ) επιλεκτική εκχύλιση του χρυσού με διαιθυλικό μηλόνιο (διαίθυλος εστέρας του μηλονικού οξέως, diethyl malonate ή DEM), ε) διαχωρισμό του μεταλλικού χρυσού από την οργανική φάση.



Σχήμα 4.22. Διάγραμμα υδρομεταλλουργικής διαδικασία για την ανάκτηση χρυσού (Au) (Πηγή: Cui και Zhang, 2008).

Η ανάκτηση μετάλλων, συμπεριλαμβανομένων των χαλκού, μολύβδου και κασσίτερου από κλάσματα τυπωμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων με έκπλυση και ηλεκτροχημική επεξεργασία παρουσιάζεται στο σχήμα 4.23. Πριν την επεξεργασία η μείωση του μεγέθους των κλασμάτων των PCB είναι απαραίτητη και οφείλεται στο γεγονός ότι οι πολυστρωματικές πλακέτες περιορίζουν την πρόσβαση του διαλύματος στα εσωτερικά στρώματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αποτελεσματική ανάκτηση τόσο του χαλκού όσο και του μολύβδου εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το pH.



Σχήμα 4.23. Διάγραμμα ροής για την υδρομεταλλουργική ανάκτηση μετάλλων από ΑΗΗΕ (Πηγή: Cui και Zhang, 2008).

4.2.4 ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

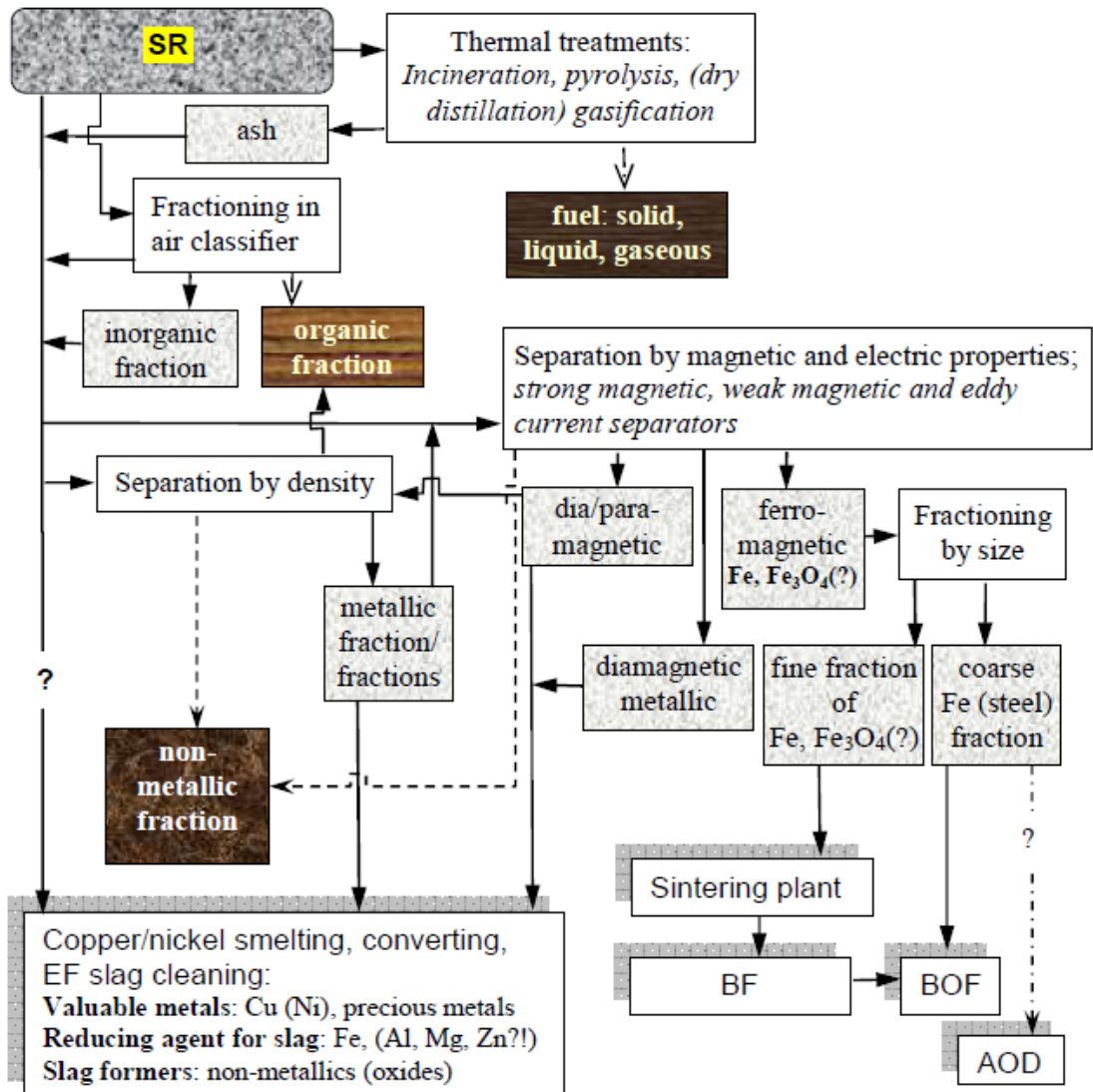
Οι περισσότερες από τις μεθόδους ηλεκτροχημικής επεξεργασίας είναι συνήθως στάδια διύλισης που πραγματοποιούνται σε υδατικούς ηλεκτρολύτες, συχνά σε τήγματα αλάτων. Στη βιβλιογραφία μπορούν να βρεθούν πολύ λίγες διαδικασίες οι οποίες να χρησιμοποιούν κοκκοποιημένα θραύσματα άμεσα για ηλεκτρόλυση. Παραδείγματα είναι η ιωδιούχος ηλεκτρόλυση, όπου ένα υδατικό διάλυμα KI / KOH χρησιμοποιείται για να ανακτηθεί χρυσός, ασήμι και παλλάδιο από επιμεταλλωμένα ή επικαλυμμένα μεταλλικά απόβλητα. Μια άλλη διαδικασία είναι η διεργασία Fe (Fe-Process) όπου τα απόβλητα με βάση το χαλκό διυλίζονται σε διάλυμα θειικού οξέος παρουσία τρισθενούς σιδήρου. Το διάλυμα διύλισης αναγεννάται ηλεκτρολυτικά (Gramatyka κ.α., 2007), (Sum, 1991).

4.2.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΗΗΕ

Συμπερασματικά όλες οι προαναφερόμενες μέθοδοι έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Χρησιμοποιώντας το μηχανικό διαχωρισμό υπάρχει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλές συσκευές προκειμένου να αποκτηθούν διάφορα κλάσματα, όπως σίδηρος, μη σιδηρούχα μέταλλα και ελαφρά κλάσματα (π.χ. πλαστικά). Τα μειονεκτήματα σε αυτήν την περίπτωση είναι η έντονη δημιουργία θορύβου και σκόνης. Όσον αφορά τη θερμική επεξεργασία, τα στάδια της ανακύκλωσης που θα ακολουθηθούν εξαρτώνται από το υλικό και λόγω των υψηλών συνεκτικών δυνάμεων παρουσιάζεται αύξηση της θερμοκρασίας και αέριες εκπομπές (διοξίνες, φουράνια, κλπ.) που προκαλούνται από την πυρόλυση και άλλες αντιδράσεις. Τα κλάσματα που λαμβάνονται πρέπει να υποβάλλονται σε περαιτέρω διαδικασίες ή να απορρίπτονται, όπως γίνεται με τα κλάσματα πλαστικού. Στην περίπτωση της θερμικής επεξεργασίας υπάρχουν διαθέσιμες υφιστάμενες εγκαταστάσεις και μπορεί να επιτευχθεί υψηλή καθαρότητα των μετάλλων. Συχνά υπάρχει η δυνατότητα ανάκτησης περισσότερων από ένα μέταλλα, π.χ. σε μια μονάδα ανάκτησης χαλκού ανακτάται επίσης ως προϊόν νικέλιο, καθώς και ευγενή μέταλλα. Τα σύνθετα υλικά δεν αποτελούν κανένα πρόβλημα

επειδή καταστρέφονται κατά τη διαδικασία της τήξης. Τα μειονεκτήματα είναι τα αέρια απόβλητα και η σκόνη των καυσαερίων. Η περιεκτικότητα σε αλογόνο μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα σχηματισμού διοξινών και πρέπει να προσαρμοστεί σύστημα κατακράτησης των αέριων που εξέρχονται. Τα ευγενή μέταλλα απαιτούν παραμονή για μεγάλο χρονικό διάστημα στη μεταλλουργική διαδικασία και λαμβάνονται στο τέλος αυτής. Ο εμπλουτισμός των μετάλλων είναι αναγκαίος, διότι η αύξηση σε οξειδία αυξάνει επίσης το περιεχόμενο σκωρίας που με τη σειρά του αυξάνει περαιτέρω τις απώλειες μετάλλου. Τα λιγότερο ευγενή μέταλλα (π.χ. αλουμίνιο) δεν μπορούν να ανακτηθούν με αυτή μέθοδο, καθώς το αλουμίνιο π.χ. επηρεάζει τις ιδιότητες της σκωρίας με μη επιθυμητό τρόπο στις περισσότερες περιπτώσεις. Οι υδρομεταλλουργικές μέθοδοι επίσης οδηγούν σε υψηλή καθαρότητα μετάλλων με τη δυνατότητα επιλεκτικής έκπλυσης των μετάλλων σε διάφορα στάδια χρησιμοποιώντας διαφορετικούς διαλύτες. Μειονεκτήματα αποτελούν ο μεγάλος όγκος των διαλλειμάτων έκπλυσης και επιπλέον οι διαλύτες μπορεί να είναι διαβρωτικοί και τοξικοί ενώ πρόβλημα είναι επίσης το υψηλό ποσό των λυμάτων. (Gramatyka κ.α., 2007).

Λόγω της οδηγίας για τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (οδηγία ΑΗΗΕ) και της οδηγίας για τον περιορισμό των επικίνδυνων ουσιών (RoHS), η σημασία της ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ έχει γίνει πιο επιτακτική στην Ευρώπη. Σήμερα, η πιο κοινή διαδικασία για την ανακύκλωση των ηλεκτρονικών απορριμμάτων είναι η πυρομεταλλουργική επεξεργασία. Αλλά η επεξεργασία των ΑΗΗΕ, ιδίως των προϊόντων που διαθέτουν υλικά υψηλής επικινδυνότητας ή μεγάλες ποσότητες πλαστικών, χρειάζεται πάντα συνδυασμό από διαφορετικά στάδια, όπως μηχανικές, θερμικές και υδρομεταλλουργικές διεργασίες, ενώ πρέπει να εξετάζονται σε κάθε περίπτωση και οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί. Στο σχήμα 4.24 παρουσιάζονται σχηματικά οι εναλλακτικές διαδρομές για την ανακύκλωση των υπολειμμάτων τεμαχισμού (shredding residues, SR) με συνδυασμό από διαφορετικά διεργασίες όπως θερμικές, μηχανικές και μαγνητικές (Jalkanen, 2006).



Σχήμα 4.24. Εναλλακτικές λύσεις ανακύκλωσης υπολειμμάτων τεμαχισμού (shredding residues, SR) συμπεριλαμβανομένων των θερμικών, μηχανικών και μαγνητικών διαδικασιών (Πηγή: Jalkanen, 2006).

Όμως το κόστος της δειγματοληψίας και της ανάλυσης των βασικών και των πολύτιμων μετάλλων στα απόβλητα είναι αρκετά υψηλό και συχνά είναι υψηλότερο από το κέρδος της επεξεργασίας αυτής καθαυτής. Επιπλέον η ποσότητα και η σύνθεση των αποβλήτων αλλάζει συνεχώς και συνεπώς και η αξία τους στην αγορά, ενώ πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί σχετικά με την επεξεργασία και τη διάθεση των απορριμμάτων (για παράδειγμα η αφαίρεση των διακοπών υδραργύρου και

των πυκνωτών). Οι μεγάλες μεταλλουργικές μονάδες, π.χ. τα χυτήρια χαλκού ή μολύβδου, μπορεί σήμερα να είναι σε θέση να χειρίζονται υψηλό ποσό ΑΗΗΕ, αλλά λόγω της φθίνουσας ποιότητας και της μεγαλύτερης ποσότητας των πλαστικών, αυτό θα είναι πιο δύσκολο στο μέλλον (Gramatyka κ.α., 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

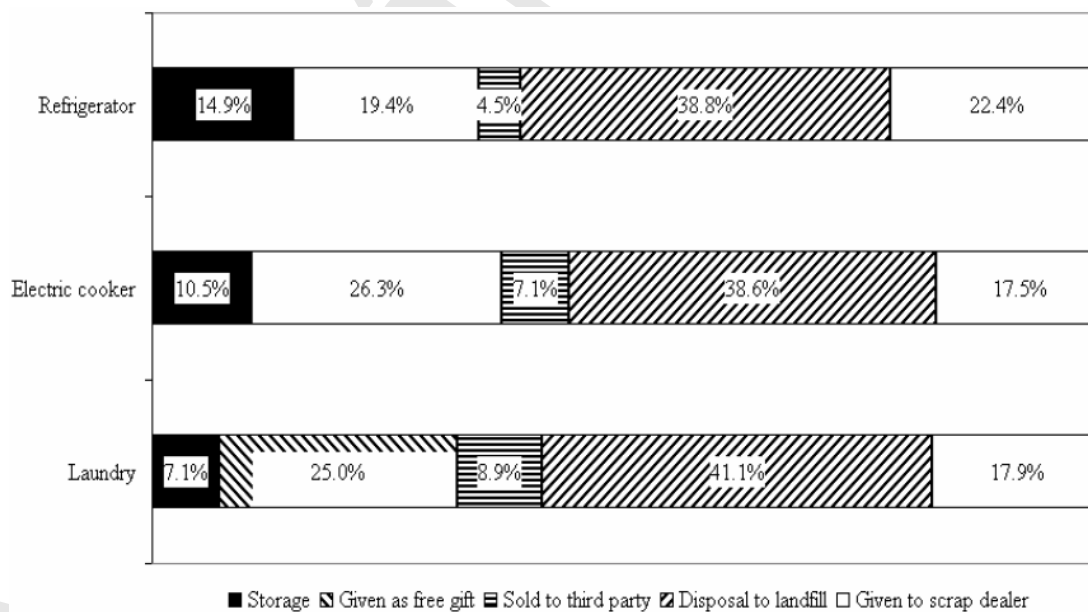
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΗΗΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

5.1 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η Κοινοτική αλλά και η Ελληνική νομοθεσία θεωρούν τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) ως απόβλητα προτεραιότητας, λόγω της επικινδυνότητάς τους, της υψηλής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλούν και της ταχύτατης αύξησης του όγκου παραγωγής τους. Οι ποσότητες ΑΗΗΕ στην Ε.Ε. των 15 κρατών μελών αυξάνονται με ρυθμό 16-28% κάθε 5 χρόνια, που είναι τρεις φορές πιο γρήγορα από τα αστικά στερεά απόβλητα. Η μέση ετήσια παραγωγή ΑΗΗΕ εγχώριας προέλευσης στην Ελλάδα για την περίοδο 2003-2006 ήταν περίπου 170.000-175.000 τόνοι, που αντιπροσωπεύουν περίπου το 3,8% του συνόλου των οικιακών στερεών αποβλήτων. Επιπλέον, έχει υπολογιστεί ότι το 90% των ΑΗΗΕ για το ίδιο χρονικό διάστημα ήταν αναμεμιγμένο με άλλα αστικά στερεά απόβλητα ή είχε ανακυκλωθεί με άλλα υλικά, χωρίς προ-επεξεργασία (Καραγιαννίδης κ.α., 2005). Σήμερα εκτιμάται ότι η ετήσια παραγωγή ΑΗΗΕ στη χώρα μας υπερβαίνει τις 200.000 τόνους που ισοδυναμούν περίπου σε 19 κιλά/κάτοικο ετησίως (Δαγκαλίδης, 2011).

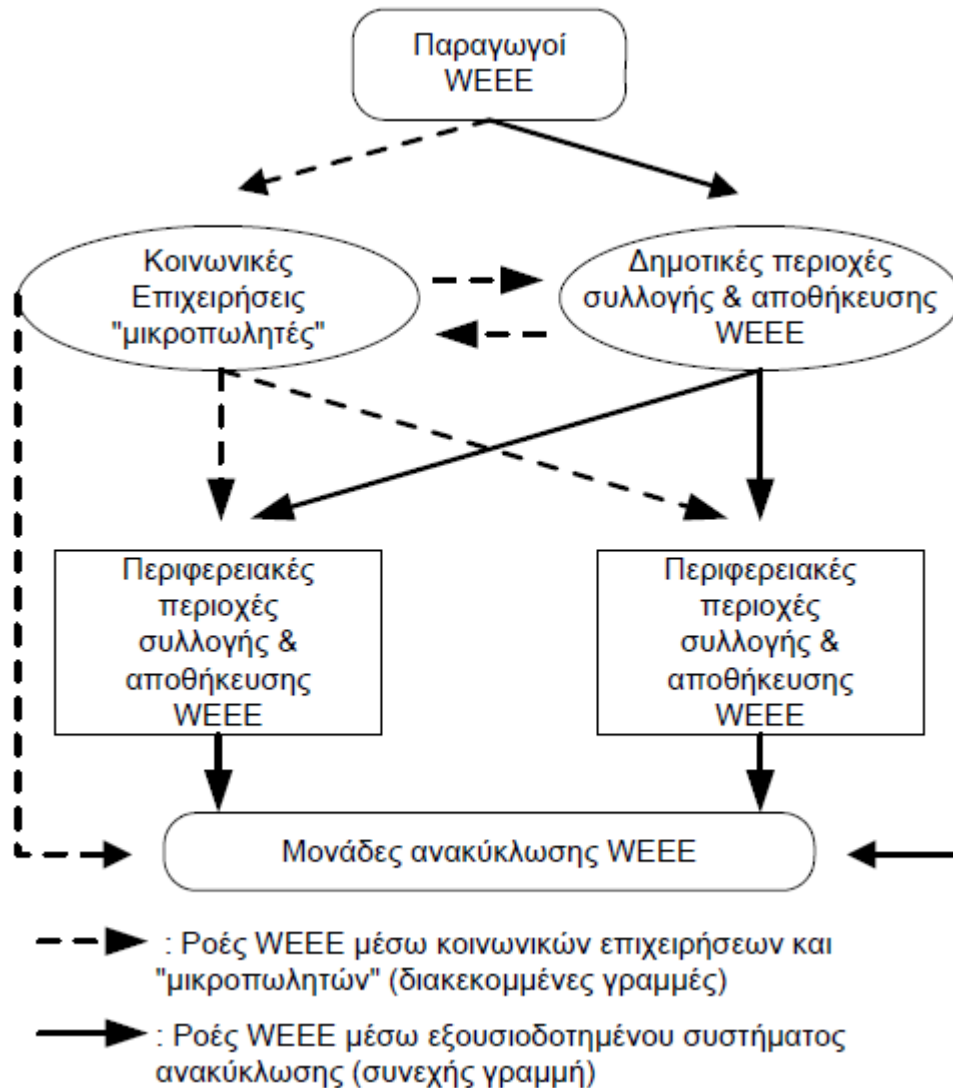
Στον Ελλαδικό χώρο πρόσφατα έγινε έρευνα για τα χαρακτηριστικά των ΑΗΗΕ και η ανάλυση έδειξε ότι η διάρκεια ζωής όλων των νέων συσκευών ΗΗΕ παρουσίασε σταδιακή μείωση (εκτός από τα ψυγεία, η διάρκεια ζωής των οποίων βρέθηκε παραδόξως να αυξάνει). Στη συγκεκριμένη έρευνα οι οικιακές συσκευές χωρίστηκαν ως εξής: α) μεγάλες (ψυγεία, καταψύκτες, πλυντήρια ρούχων, στεγνωτήρια, ηλεκτρικές κουζίνες, φούρνοι μικροκυμάτων, ηλεκτρικές θερμάστρες), β) μικρές (ηλεκτρικές σκούπες, ηλεκτρικά σίδερα, πιστολάκια για τα μαλλιά), γ) εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών (επιτραπέζιοι Η/Υ, φορητοί Η/Υ, εκτυπωτές, τηλέφωνα) και δ)

τηλεοπτικός εξοπλισμός ευρείας κατανάλωσης (ραδιόφωνα, τηλεοράσεις, βίντεο, DVD). Όσον αφορά στην ομάδα Α, στο τέλος του κύκλου ζωής τους, το 40% των συσκευών διατίθενται για ταφή, το 30% χαρίζονται ή πωλούνται σε τρίτους, το 20% αποθηκεύονται και το 10% δίνονται σε εμπόρους scrap. Για την ομάδα Β, το ποσοστό διάθεσης βρέθηκε έως και 80%. Όσον αφορά στην ομάδα Γ, το ποσοστό των υπολογιστών και των κινητών τηλεφώνων που διατίθενται στο τέλος του κύκλου ζωής τους είναι λίγο πάνω από 20%, με σημαντικό ποσοστό (~ 40%) να χαρίζονται ή να μεταπωλούνται από τους καταναλωτές για επαναχρησιμοποίηση και άλλο ένα 40% να αποθηκεύονται από τους ιδιοκτήτες. Αντίθετα, αν και εντός της ίδιας κατηγορίας (Γ), τα EOL ενσύρματα και ασύρματα τηλέφωνα, παρουσίασαν ποσοστό προς διάθεση γύρω στο 50%. Τέλος, μικρό ποσοστό EOL συσκευών της ομάδας Δ αναφέρθηκε προς διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής (~ 35%), πράγμα που δείχνει ότι και αυτά δεν απορρίπτονται εύκολα ως απόβλητα στο τέλος της ζωής τους από τους ιδιοκτήτες τους (όπως συμβαίνει με τα κινητά τηλέφωνα και υπολογιστές) (Karagiannidis κ.α., 2003; Karagiannidis κ.α., 2005; Poullos κ.α., 2006). Στο σχήμα 5.1 παρουσιάζονται τα ποσοστά των τρόπων απόρριψης τριών μεγάλων οικιακών συσκευών στην Ελλάδα.



Σχήμα 5.1. Ποσοστά τρόπων απόρριψης μεγάλων οικιακών συσκευών στην Ελλάδα (Πηγή: Poullos κ.α., 2006), (Karagiannidis κ.α., 2003).

Τα τελευταία χρόνια η χώρα μας σημείωσε σημαντική πρόοδο στον τομέα της ανακύκλωσης ΑΗΗΕ, κυρίως μετά τη δημιουργία (το 2004) του πανελλήνιας εμβέλειας εναλλακτικού συστήματος, το οποίο διαχειρίζεται η Ανακύκλωση Συσκευών ΑΕ. Η πορεία της ανακύκλωσης ΑΗΗΕ ήταν θεαματική και αρκετά επιτυχής αφού ήδη από το 2008 υπερκάλυψε τον στόχο που είχε τεθεί από την Ε.Ε. για τη χώρα μας για τα οικιακά ΑΗΗΕ (Δαγκαλίδης, 2011). Το σύστημα συνέλλεξε 0,1 Kt περίπου για το 2005 που ήταν και ο πρώτος χρόνος λειτουργίας του, 31,5 kt για το 2007, 47 Kt για το 2008, 63,5 Kt για το 2009, 51 kt για το 2010 και 42,5 kt για το 2011, υπερκαλύπτοντας από το 2008 κι έπειτα (εκτός από το 2011) τον εθνικό στόχο όπως αυτός καθορίζεται από την Ευρωπαϊκή και την Ελληνική νομοθεσία. Ο στόχος αυτός περιλαμβάνει τη χωριστή συλλογή τουλάχιστον 4 kg/κάτοικο/έτος ηλεκτρονικών αποβλήτων οικιακής προέλευσης, δηλαδή για την Ελλάδα συνολικά 44 Kt/έτος, όπως θα αναφερθεί εκτενέστερα στην επόμενη ενότητα. Όμως ακόμη και σήμερα οι οικιακές συσκευές διατίθενται με μη ελεγχόμενο τρόπο, με συνέπεια τη συλλογή τους από μικροπωλητές (πλανόδιοι συλλέκτες) και την προώθησή τους σε μονάδες ανάκτησης μετάλλων και κραμάτων (βλ. Σχήμα 5.2) (Γκαϊντατζής κ.α., 2009).



Σχήμα 5.2. Διάγραμμα ροής διαδικασιών στο εν λειτουργία σύστημα διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων στην Ελλάδα (Πηγή: Παραοικονομου κ.α., 2009), (Γκαϊντατζής κ.α., 2009).

Το διάγραμμα ροής της λειτουργίας του επίσημου εναλλακτικού συστήματος διαχείρισης (Ο.Τ.Α. και Ανακύκλωση Συσκευών ΑΕ.) φαίνεται στο δεξιό κλάδο του παραπάνω σχήματος 5.2. Παρά την πλήρη λειτουργία αυτού, οι οικιακές συσκευές εξακολουθούν να απορρίπτονται κατά τρόπο ανεξέλεγκτο. Ως αποτέλεσμα οι μικροπωλητές έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν και να πωλούν οικιακά ΑΗΗΕ σε εταιρείες που παράγουν κράματα μετάλλων (συμπαγείς γραμμές στο σχήμα 5.2). Επίσης


στο σχήμα 5.2 (αριστερός κλάδος - διακεκομμένες γραμμές), φαίνεται συμβολή των μικροπωλητών στο επίσημο Ελληνικό σύστημα της ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ (αλλά και η προτεινόμενη λειτουργία τους από τους συγγραφείς της μελέτης) (Παραοικονομου κ.α., 2009). Για τη σύγχρονη πραγματικότητα στην Ελλάδα είναι πρόκληση η ενσωμάτωση της άτυπης ανακύκλωσης (μικροπωλητές, όπως πλανόδιοι συλλέκτες και ρακοσυλλέκτες παλαιών συσκευών) στο επίσημο σύστημα ΑΗΗΕ (ΕΕΔΣΑ, <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=65>). Η άτυπη ανακύκλωση, όπως θα αναπτυχθεί στην επόμενη παράγραφο, είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με τη συμβολή των Κοινωνικών Επιχειρήσεων (και όχι από μεμονωμένους πλανόδιους συλλέκτες) και αποτελεί ζητούμενο για τις αρχές να αναγνωρίσουν τα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από αυτήν (Γκαϊντατζής κ.α., 2009).

Όσον αφορά τις κοινωνικές επιχειρήσεις δεν υπάρχει καθολικά αποδεκτός ορισμός τους. Οι κοινωνικές επιχειρήσεις είναι μέρος του τομέα της κοινωνικής οικονομίας και το βασικό χαρακτηριστικό που τις διακρίνει είναι ο κοινωνικός σκοπός τους σε συνδυασμό με την επιχειρηματικότητα. Εστιάζουν στις δραστηριότητές τους και επανεπενδύουν τα οικονομικά πλεονάσματα τους έτσι ώστε να επιτευχθούν οι κοινωνικοί στόχοι που εξυπηρετούν είτε τα συμφέροντα των μελών τους ή το ενδιαφέρον μιας ευρύτερης κοινωνικής ομάδας. Η εμφάνιση τους αποτελεί την τελευταία εξέλιξη στην κοινωνική οικονομία και ξεκίνησε το δέκατο ένατο αιώνα ενσωματώνοντας διάφορες μορφές οργανώσεων, όπως συνεταιρισμοί, κοινότητες και ενώσεις αμοιβαίου οφέλους κ.α. Στην Ευρώπη, ο όρος κοινωνική οικονομία προσδιορίζεται ως ένας τρίτος τομέας (με πρώτο και δεύτερο τις επιχειρήσεις του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα αντίστοιχα) και αποτελείται κυρίως από οργανώσεις μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα (Παραοικονομου κ.α., 2009)

Ο όρος ‘άτυπος τομέας ανακύκλωσης’ (‘informal recycling sector’) αναφέρεται στις δραστηριότητες ανακύκλωσης των αποβλήτων από ρακοσυλλέκτες και πλανόδιους συλλέκτες αποβλήτων (μικροπωλητές). Στην Ελλάδα η άτυπη ανακύκλωση (γνωστή και ως ‘γκρίζα ανακύκλωση’) εξακολουθεί να διενεργείται από διακριτές (‘περιθωριοποιημένες’) κοινωνικές ομάδες, συνήθως από αθίγγανους, η κύρια δραστηριότητα των οποίων είναι η

απομάκρυνση ή η συλλογή των αποβλήτων. Υπάρχουν παραδείγματα και σε άλλες χώρες όπου άνθρωποι από διακριτές κοινωνικές ομάδες ή άτομα που ανήκουν σε μειονότητες (όπως οι αθίγγανοι, οι μετανάστες της υπαίθρου, οι μετανάστες και οι θρησκευτικές μειονότητες) λειτουργούν, επίσης, ως φορείς της άτυπης ανακύκλωσης. Ο άτυπος τομέας της ανακύκλωσης έχει αναπτυχθεί στην Ινδία, στην Κίνα, στην Αίγυπτο και σε χώρες της Λατινικής Αμερικής (Μεξικό, Κολομβία, κ.ά.). Παρά τις κοινωνικές, πολιτικές και πολιτισμικές διαφορές μεταξύ των χωρών αυτών και της Ελλάδας, ο τρόπος λειτουργίας της άτυπης ανακύκλωσης είναι παρόμοιος και ουσιαστικά η ιεραρχία της διαδικασίας είναι η ίδια. Στην Ελλάδα η ιεραρχία αυτή αποτελείται από δύο επίπεδα, ανάλογα με το ποιος πραγματοποιεί τη συλλογή των υλικών. Οι αθίγγανοι και μια μερίδα, παρανόμων κυρίως, μεταναστών συλλέγουν απορρίμματα ΗΗΕ και ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές συνήθως από τους δρόμους, καταλαμβάνοντας τη χαμηλότερη θέση της ιεραρχίας και κερδίζοντας πολύ μικρές αμοιβές. Στο δεύτερο επίπεδο βρίσκονται οι ενδιάμεσοι έμποροι, οι οποίοι θα μπορούσαν να είναι έμποροι μεταχειρισμένων προϊόντων ('δεύτερο χέρι') και έμποροι ή μικρές επιχειρήσεις scrap, οι οποίοι αγοράζουν τα υλικά από τους αθίγγανους και τους μετανάστες και πωλούν τις δευτερογενείς 'πρώτες' ύλες είτε στις αντίστοιχες δημοτικές αρχές, είτε στο επίσημο εναλλακτικό σύστημα διαχείρισης αποβλήτων (Ανακύκλωση Συσκευών ΑΕ.) (Πηγή: Karagiannidis κ.α., 2008α). Η παραπάνω ιεραρχία της διαδικασίας παρουσιάζεται στον πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1. Η ιεραρχία του άτυπου τομέα ανακύκλωσης (Πηγή: Karagiannidis κ.α., 2008α).

Highest	Manufacturing industries
	Scrap and secondary raw material brokers, wholesalers and other processors
	Craftsmen, middlemen
	Recycling SEs and scavenger co-operatives
	Family type units involved in waste collection or scavenging/picking
	Lowest

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η φτώχεια και οι επικίνδυνες συνθήκες εργασίας, οι αναπτυσσόμενες χώρες που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, έχουν προσπαθήσει να οργανώσουν τους μεμονωμένους συλλέκτες αποβλήτων σε συνεταιρισμούς. Ο σχηματισμός των συνεταιρισμών αυτών είναι ευκαιρία για τους μεμονωμένους συλλέκτες αποβλήτων να επιτύχουν ένα υψηλότερο εισόδημα παρακάμπτοντας τους ενδιάμεσους εμπόρους. Επιπλέον, με το σχηματισμό των συνεταιρισμών αυτών, η θέση των μεμονωμένων συλλεκτών στην αλυσίδα παραγωγής έχει βελτιωθεί, όπως και οι συνθήκες εργασίας και ζωής τους. Σήμερα το πιο δυναμικό συνεταιριστικό κίνημα αυτού του τύπου βρίσκεται στην Κολομβία και υποστηρίζεται από το Fundación Social, μια μη κυβερνητική οργάνωση η οποία βοηθά στο σχηματισμό συνεταιρισμών από το 1986. Στην περίπτωση της Ελλάδας, η σύσταση κοινωνικών επιχειρήσεων μπορεί να είναι μια ελκυστική λύση για τη μείωση τόσο της ανεργίας, όσο και της κοινωνικής περιθωριοποίησης των αθίγγανων και μερίδας των μεταναστών, ενώ ταυτόχρονα είναι εφικτό να παρέχονται με αυτόν τον τρόπο αποτελεσματικές υπηρεσίες διαχείρισης ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών αποβλήτων. Όσον αφορά τα άτομα με ειδικές ανάγκες που συχνά αντιμετωπίζουν επίσης την ανεργία και την κοινωνική απομόνωση, η οργάνωση σε κοινωνικές επιχειρήσεις είναι μια ευκαιρία για απασχόληση που τους επιτρέπει να γίνουν παραγωγικά μέλη της κοινωνίας. Επί του παρόντος, δύο επιτυχείς εφαρμογές κοινωνικών επιχειρήσεων στην Ελλάδα βρίσκονται στη Μυτιλήνη, όπου

άνθρωποι με αναπηρίες συμμετέχουν σε κοινωνική επιχείρηση ανακύκλωσης και στον Τύρναβο όπου στελεχώνεται από Έλληνες αθίγγανους (αν και η πρώτη δεν αφορά ΑΗΗΕ) (Karagiannidis κ.α., 2008α), (Karagiannidis κ.α., 2008β) και φαίνονται στην εικόνα 5.1.



Εικόνα 5.1. Οι τοποθεσίες των κοινωνικών επιχειρήσεων στην Ελλάδα (Πηγή: Παραοικονομου κ.α., 2009).

5.2 ΦΟΡΕΙΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

Η εταιρεία Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. αποτελεί τον υπεύθυνο φορέα για την οργάνωση και τη λειτουργία του Συλλογικού Συστήματος Εναλλακτικής Διαχείρισης των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού στην Ελλάδα. Αντικείμενο της εταιρείας είναι η εναλλακτική διαχείριση αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού

εξοπλισμού, δηλαδή η συλλογή, η μεταφορά, η προσωρινή αποθήκευση, ο διαχωρισμός, η επεξεργασία, η ανάκτηση ενέργειας και η αξιοποίηση των ΑΗΗΕ και των κατασκευαστικών τους στοιχείων με τελικό στόχο την επαναδιοχέτευσή τους στο ρεύμα της αγοράς. Η εταιρεία συστήθηκε το 2004 (Απόφαση του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ με αριθμό 105134/10.06.2004 - ΦΕΚ 905B/17.06.2004) και αποτελεί το πρώτο και μοναδικό μέχρι στιγμής αδειοδοτημένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ στην Ελλάδα. Η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε είναι εταιρία μη επενδυτικού χαρακτήρα και μη επιδίωξης κερδών και έχει χαρακτήρα οργανωτικό και ελεγκτικό. Στην ουσία έχει χαρακτήρα εκχώρησης Δημόσιας Υπηρεσίας και λειτουργεί μέσα στο πλαίσιο των οδηγιών της Κοινότητας, οι οποίες έχουν μεταφερθεί στο Ελληνικό Δίκαιο. Βασικός μέτοχος της εταιρείας Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. είναι, με ποσοστό 99,9%, η εταιρεία συμμετοχών «Ανακύκλωση Συσκευών Συμμετοχική Α.Ε.» (Holding), η οποία περιλαμβάνει στο μετοχικό της κεφάλαιο με ίσα μερίδια, τις μεγαλύτερες εταιρείες όλων των κλάδων των ΗΗΕ: BSH Οικιακές Συσκευές ΑΒΕ, Άλφα Γκρίσιν ΑΕΕ, Γ.Ε. Δημητρίου ΑΕΒΕ, Osram ΑΕΕ, Γουίρπουλ Ελλάς ΑΕΒΕ, FG Europe ΑΒΕ, Φίλιπς Ελλάς ΑΕΒΕ, Havel's Sylvania ΑΕΕΕ, Siemens ΑΕ. Η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. είναι πιστοποιημένη κατά ISO 9001:2008 και είναι πιστοποιημένη κατά ISO 14001:2004.

Ο αριθμός των εργαζομένων της εταιρείας το 2010 ήταν 30 και κατανέμεται στις εξής διευθύνσεις: Logistics, Τεχνική, Οικονομική, Τοπικής Αυτοδιοίκησης και Επικοινωνίας. Η συνολική δραστηριότητα της ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ απασχολεί περίπου 1.100 εργαζομένους όλων των ειδικοτήτων και ειδικότερα (Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010):

- Κέντρα επεξεργασίας: 350 εργαζόμενοι
- Δίκτυο συλλογής μέσω εμπόρων scrap (170 εταιρίες): 550 εργαζόμενοι
- Μεταφορείς: 200 εργαζόμενοι
- Σε αυτούς μπορεί να προστεθεί το δίκτυο των πλανόδιων συλλογέων, μια ευαίσθητη κοινωνικά ομάδα ενταγμένη στο Σύστημα, που υπολογίζεται περίπου σε 10.000 εργαζόμενους ανά την επικράτεια

Η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. έχει ως πρωταρχική επιδίωξη την επίτευξη των Εθνικών Στόχων, έτσι όπως αυτοί καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή και την Ελληνική νομοθεσία, καθώς και τον αποτελεσματικό έλεγχο του κόστους της Εναλλακτικής Διαχείρισης των ΑΗΗΕ. Οι εθνικοί στόχοι περιλαμβάνουν τη χωριστή συλλογή τουλάχιστον 4 kg ΑΗΗΕ οικιακής προέλευσης κατά μέσο όρο ανά κάτοικο και ανά έτος και συγκεκριμένα ποσοστά ως προς το βαθμό αξιοποίησης καθώς και επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ, που κυμαίνονται από 50% έως 80%, κατ' ελάχιστον, του μέσου βάρους ανά συσκευή (ανάλογα με την κατηγορία του εξοπλισμού). Δηλαδή εκτός από τον ποσοτικό στόχο συλλογής, έχουν θεσπιστεί και ποσοτικοί στόχοι αξιοποίησης για κάθε κατηγορία ΑΗΗΕ. Οι στόχοι αυτοί απεικονίζονται στον Πίνακα 5.2 που ακολουθεί. Η συμμετοχή στην Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. εξασφαλίζει στις επιχειρήσεις που παράγουν, εισάγουν και μεταπωλούν ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, την απαλλαγή τους από την εκπλήρωση των υποχρεώσεων σχετικά με την Εναλλακτική Διαχείριση των Α.Η.Η.Ε. που τους επιβάλλει ο Νόμος 2939/2001 και το Προεδρικό Διάταγμα 117/2004, εγκεκριμένο από το ΥΠΕΧΩΔΕ.

Πίνακας 5.2. Οι ποσοτικοί στόχοι αξιοποίησης για κάθε κατηγορία ΑΗΗΕ (Πηγή: ΕΕΔΣΑ, <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=65>).

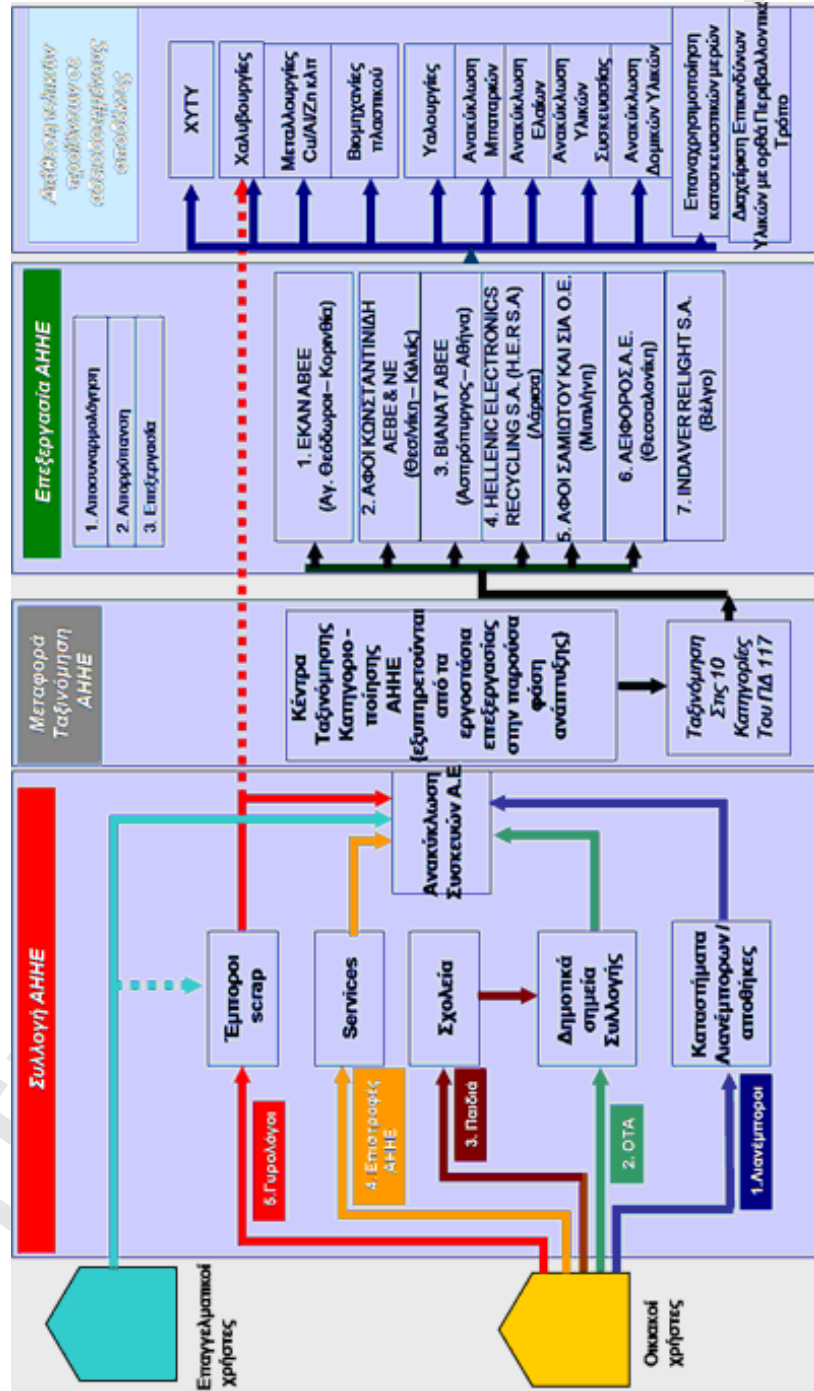
Κατηγορίες ΑΗΗΕ	Ανακύκλωση (μέσο βάρος / συσκευή)	Αξιοποίηση (μέσο βάρος / συσκευή)
Μεγάλες οικιακές συσκευές	75%	80%
Συσκευές αυτόματης διανομής	75%	80%
Εξοπλισμός πληροφορικής τηλεπικοινωνιών και	65%	75%
Καταναλωτικά είδη	65%	75%
Μικρές οικιακές	50%	70%

συσκευές		
Φωτιστικά είδη	50%	70%
Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία	50%	70%
Παιχνίδια, εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού	50%	70%
Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου	50%	70%
Λαμπτήρες εκκενώσεως αερίου	80%	

Οι άξονες δράσης της Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. είναι οι παρακάτω:

- Η ενημέρωση των υπόχρεων παραγωγών για τις συμβατικές τους υποχρεώσεις και τη διαδικασία προσχώρησής τους στο συλλογικό σύστημα.
- Η δημιουργία των απαιτούμενων υποδομών για τη συλλογή και την επεξεργασία των ΑΗΗΕ, όπως:
 - Δίκτυο συλλογής ΑΗΗΕ σε Πανελλαδικό επίπεδο. Το δίκτυο αναπτύσσεται μέσω δημοτικών σημείων και καταστημάτων, στα οποία τοποθετούνται δωρεάν κάδοι ανακύκλωσης ηλεκτρικών συσκευών ή/και container για προσωρινή αποθήκευση των αποβλήτων. Σήμερα καλύπτεται μέσω του δικτύου αυτού το 90% του ελληνικού πληθυσμού.
 - Δίκτυο μεταφοράς και προσωρινής αποθήκευσης ΑΗΗΕ. Είναι συμβεβλημένες με την εταιρία 26 αδειοδοτημένες εταιρείες μεταφοράς ΑΗΗΕ.
 - Μονάδες επεξεργασίας ΑΗΗΕ. Η εταιρία συνεργάζεται με 9 μονάδες επεξεργασίας ΑΗΗΕ, που βρίσκονται σε κομβικά σημεία ανά την Ελλάδα.
- Η επικοινωνία σε συνεχή βάση με τους πολίτες.

Στο παρακάτω σχήμα 5.3 παρουσιάζεται η παρούσα κατάσταση της ροής των ΑΗΗΕ στην Ελλάδα.



Σχήμα 5.3. Η ροή των ΑΗΗΕ στην Ελλάδα (παρούσα κατάσταση) (Πηγή: <http://www.electrocycle.gr/>).

Η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. συνεργάζεται με 26 Εταιρείες Μεταφορών, διαθέτει 6 Κέντρα Ταξινόμησης και 3 Κέντρα Προσωρινής Αποθήκευσης και 9 μονάδες επεξεργασίας που βρίσκονται σε λειτουργία

Οι άξονες δράσης της Ανακύκλωσης Συσκευών αναπτύσσονται παρακάτω.

Συμβεβλημένοι παραγωγοί

Το σύστημα έως και το τέλος του 2010 είχε υπογράψει σύμβαση συνεργασίας με 1022 επιχειρήσεις που παράγουν, εισάγουν και μεταπωλούν ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό (βλ. σχήμα 5.4).



Σχήμα 5.4. Συμβάσεις Προσχώρησης (Πηγή: Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).

Δίκτυο συλλογής

Μέχρι το 2011 είχε αναπτυχθεί δίκτυο συλλογής 8.500 σημείων σε όλη την Ελληνική επικράτεια. Συγκεκριμένα, ο εξοπλισμός αποκομιδής (αριθμός των container και κάδων)

στα κύρια σημεία συλλογής παρουσιάζονται παρακάτω (<http://www.electrocycle.gr/>: Λιτσαρδάκης, 2009):

- 235 containers σε Δήμους (38 m³)
- 55 containers σε καταστήματα διακίνησης ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (38m³)
- 1655 δίτροχους πλαστικούς κάδους (240 lt) σε φυλασσόμενα δημοτικά σημεία
- 566 σημεία συλλογής λαμπτήρων σε καταστήματα διακίνησης ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού
- 1474 δίτροχους πλαστικούς κάδους (240 lt) σε σχολεία
- 742 κάδους PLEXI GLASS σε καταστήματα διακίνησης ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού
- 198 container (38 m³) σε εταιρείες εμπορίας μετάλλων

Στις παρακάτω εικόνες 5.2, 5.3 και 5.4 παρουσιάζονται χαρακτηριστικά μέσα συλλογής ΑΗΗΕ στην Ελλάδα.



Εικόνα 5.2. Μέσα συλλογής ΑΗΗΕ - container (Πηγή: Λιτσαρδάκης, 2009).

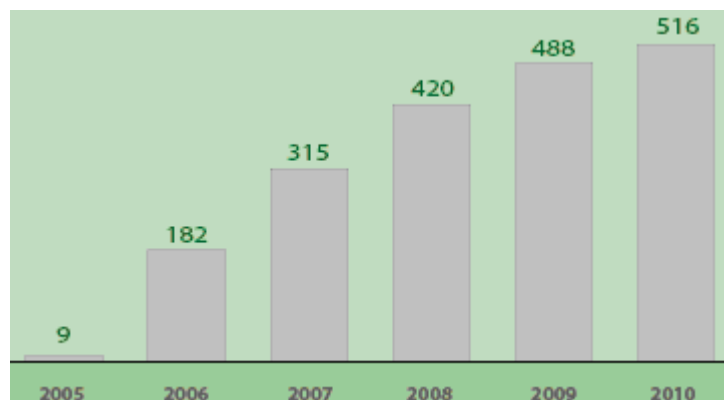


Εικόνα 5.3. Μέσα συλλογής ΑΗΗΕ - κάδοι συλλογής λαμπτήρων & φωτιστικών (Πηγή: Λιτσαρδάκης, 2009).



Εικόνα 5.4. Μέσα συλλογής ΑΗΗΕ - κάδος συλλογής μικρών συσκευών (δημοτικά σημεία συλλογής και σχολεία) (Πηγή: Λιτσαρδάκης, 2009).

Η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. έχει συμβληθεί με 516 Δήμους σε όλη την επικράτεια και με αυτόν τον τρόπο έχει πετύχει πληθυσμιακή κάλυψη της τάξης των 8.300.000 κατοίκων (βλ. σχήμα 5.5 και εικόνα 5.5).



Σχήμα 5.5. Αριθμός συμβεβλημένων δήμων (Πηγή: Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).



Εικόνα 5.5. Οι συνεργαζόμενοι δήμοι με την Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. σε όλη την επικράτεια (Πηγή: Λιτσαρδάκης, 2009)

Συνεργαζόμενοι μεταφορείς

Η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. συνεργάζεται με 26 Εταιρείες Μεταφορών που καλύπτουν όλη τη χώρα.

Κέντρα ταξινόμησης και προσωρινής αποθήκευσης

Έξι (6) Κέντρα Ταξινόμησης

- ΕΚΑΝ ΑΒΕΕ
- ΒΙΑΝΑΤ ΑΒΕΕ
- ΑΦΟΙ ΣΑΜΙΩΤΟΥ ΚΑΙ ΣΙΑ ΕΠΕ
- ΑΦΟΙ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗ ΑΕΒΕ & ΝΕ
- ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΕ
- ΗΕΡ S.A.

Τρία (3) Κέντρα Προσωρινής Αποθήκευσης

- ΑΦΟΙ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗ ΑΕΒΕ & ΝΕ
- ΤΡΙΑΣ ΕCΟ Α.Ε.
- CΡΕΤΑ ΕCΟ Α.Ε.

Μονάδες επεξεργασίας

Οι μονάδες που είναι ήδη σε λειτουργία είναι οι εξής:

1. ΕΚΑΝ (Κόρινθος)

Επεξεργάζονται όλες οι κατηγορίες ΑΗΗΕ συν κινητή μονάδα ψυγείων της SEG.

Η μονάδα επεξεργασίας του Ελληνικού Κέντρου Ανακύκλωσης (ΕΚΑΝ), που βρίσκεται στους Αγίους Θεοδώρους είναι από τις μεγαλύτερες και συντελεί σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια προσέγγισης των ποσοτικών στόχων αξιοποίησης και ανακύκλωσης. Η δυναμικότητα της μηχανικής διαλογής του εργοστασίου είναι 6 τόνοι την ώρα και σε πλήρη λειτουργία μπορεί να επεξεργάζεται 15.000 έως 20.000 τόνους το χρόνο. Έχει τη δυνατότητα να ανακυκλώνει οποιαδήποτε ηλεκτρική και ηλεκτρονική συσκευή όπως Η/Υ, εκτυπωτές και άλλα περιφερειακά υπολογιστών, ψυγεία, κουζίνες και άλλες συσκευές εστίασης, τηλεοράσεις κ.λπ. (Αντωνόπουλος κ.α., 2007: ΕΕΔΣΑ, <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=65>).



Εικόνα 5.6. Μηχανολογικός εξοπλισμός της μονάδας επεξεργασίας ΑΗΗΕ (ΕΚΑΝ) (Αντωνόπουλος κ.α., 2007).

2. Η.Φ.Ρ. (Κόρινθος)

Επεξεργάζονται ψυγεία με σταθερή μονάδα γερμανικής τεχνολογίας.

3. Κωνσταντινίδης (Νεοχωρούδα)

Επεξεργασία μεγάλων λευκών συσκευών. Διαθέτει τεμαχιστή (Shredder) μεγάλης υποδύναμης

4. Κωνσταντινίδης (Κιλκίς)

Διαθέτει σταθερή μονάδα ψυγείων - κλιματιστικών και μεγάλων λευκών συσκευών.

5. Αειφόρος (Σίνδος, Θεσ/νίκη)

Διαθέτει Shredder μεγάλης υποδύναμης

6. Η.Ε.Ρ. (Λάρισα)

Επαναχρησιμοποίηση εξαρτημάτων ηλεκτρονικού εξοπλισμού και ανακύκλωση ηλεκτρονικών συσκευών.

7. BIANAT (Ασπρόπυργος)

Επεξεργάζονται όλες οι κατηγορίες πλην ψυγείων – κλιματιστικών.

8. Αφοί Σαμιώτου (Μυτιλήνη)

Επεξεργάζονται όλες οι κατηγορίες πλην ψυγείων – κλιματιστικών.

9. ANTYMET (Ασπρόπυργος)

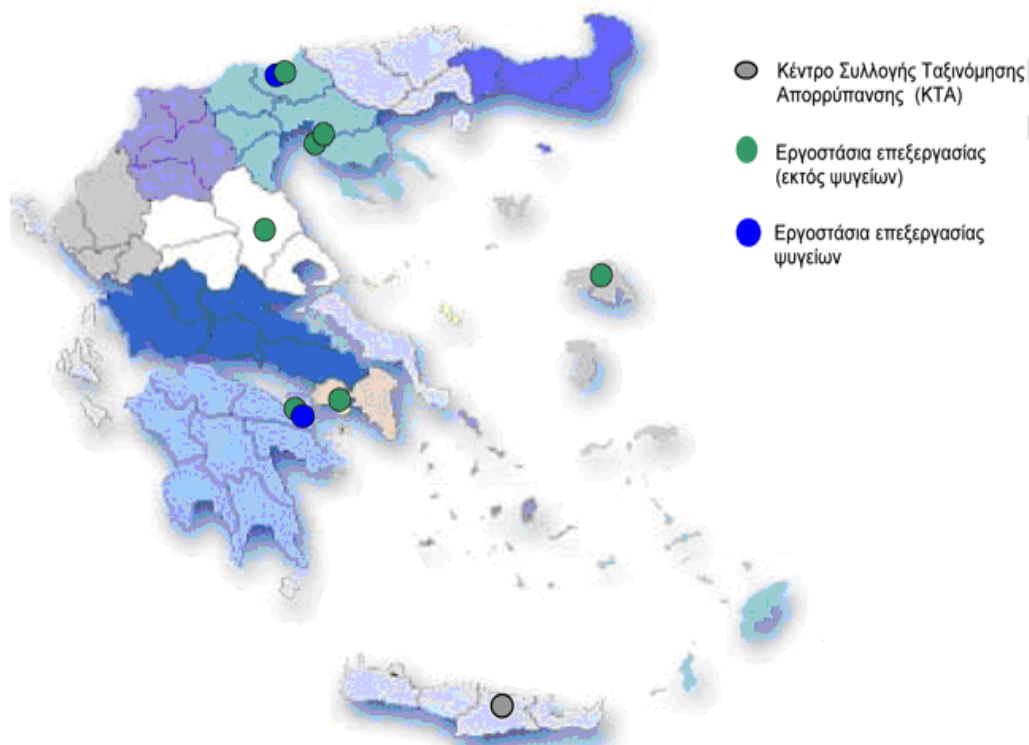
Γίνεται επεξεργασία λευκών συσκευών.

Οι παραπάνω μονάδες επεξεργασίας παρουσιάζονται εποπτικά στις εικόνες 5.7 και 5.8.



1. ΕΚΑΝ (ΚΟΡΙΝΘΟΣ)
2. Η.Φ.Ρ. (ΚΟΡΙΝΘΟΣ)
3. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ (ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ)
4. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ (ΚΙΛΚΙΣ)
5. ΑΕΙΦΟΡΟΣ (ΣΙΝΔΟΣ)
6. ΗΕΡC (ΛΑΡΙΣΑ)
7. ΒΙΑΝΑΤ (ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ)
8. ΑΦΟΙ ΣΑΜΙΩΤΟΥ (ΜΥΤΙΛΗΝΗ)

Εικόνα 5.7. Οι μονάδες επεξεργασίας ΑΗΗΕ σε όλη την επικράτεια (Πηγή: Λιτσαρδάκης, 2009)



			Συνεργαζόμενες Μονάδες επεξεργασίας
ΕΚΑΝ	Επεξεργασία όλων των κατηγοριών εκτός ψυγείων - λαμπτήρων (υπάρχει δυνατότητα απορρύπανσης STEP1 ψυγείων)	Αγ. Θεόδωροι Κορινθίας	●
ΗΦΡ	Σταθερή μονάδα ψυγείων	Αγ. Θεόδωροι Κορινθίας	●
ΑΕΙΦΟΡΟΣ Α.Ε		Θεσσαλονίκη	●
ΛΦΟΙ ΚΩΝ/ΔΗ	Car Shredder	Θεσσαλονίκη	●
ΑΦΟΙ ΚΩΝ/ΔΗ	Σταθερή μονάδα ψυγείων + επεξεργασία ηλεκτρονικών	Άστρος Κιλκίς	● ●
ΗΕΡ (Κατηγορ.3,4,9)	Επεξεργασία ΑΗΗΕ -Έλεγχος επαναχρησιμοποίησης μερών (εξειδίκευση πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων)	Λάρισα	●
ΒΙΑΝΑΤΤ	Επεξεργασία όλων των κατηγοριών εκτός ψυκτικών μηχανισμών - λαμπτήρων	Αττική	●
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΙΓΑΙΟΥ	Επεξεργασία όλων των κατηγοριών εκτός ψυγείων	Μυτιλήνη	●
ΕΔΙΣΑΚ		Ηράκλειο Κρήτης	●

Εικόνα 5.8. Οι μονάδες επεξεργασίας ΑΗΗΕ σε όλη την επικράτεια (Πηγή: <http://www.electrocycle.gr/>)

Η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. είναι ο κύριος φορέας ανακύκλωσης λαμπτήρων στην Ελλάδα. Από το 2009 όμως και έπειτα, το συλλογικό σύστημα Φωτοκύκλωση Α.Ε. αποτελεί επίσης αδειοδοτημένο Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Αποβλήτων Φωτιστικών και Λαμπτήρων στην Ελλάδα και έχει εγκριθεί από το ΥΠΕΚΑ αρ. οικ. 116764 (ΦΕΚ 317B/20/2/2009). Στο εγκεκριμένο Συλλογικό Σύστημα συμμετέχουν σήμερα 138 επιχειρήσεις λαμπτήρων – φωτιστικών και ο στόχος είναι να ενταχθούν όλοι οι υπόχρεοι σύμφωνα με το νόμο. Η πρωτοβουλία αυτή βασίζεται στις σχετικές οδηγίες της Ε.Ε. και στο Π.Δ.117/04 του Εθνικού Δικαίου και το Ν. 2939/01 που προβλέπει την υποχρέωση συμμετοχής σε Συλλογικό Σύστημα Διαχείρισης αποβλήτων όλων των εισαγωγέων παραγωγών φωτιστικών – λαμπτήρων, για τα απόβλητα των προϊόντων τους. Στόχος της Φωτοκύκλωσης Α.Ε. είναι η ευαισθητοποίηση του καταναλωτή ώστε να μην απορρίπτει τους λαμπτήρες – φωτιστικά στο ρεύμα των υπολοίπων αστικών αποβλήτων και να δίνεται η δυνατότητα μέσα από τα πολλά σημεία συλλογής (κάδους) να ανακυκλώνονται οι οικιακοί λαμπτήρες – φωτιστικά. Παράλληλα να συνεισφέρει στην Εθνική Ανακύκλωση και την προστασία του περιβάλλοντος στο γενικό πλαίσιο που καθορίζεται από την Ελληνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Με τη Φωτοκύκλωση Α.Ε. οι λαμπτήρες και τα φωτιστικά μπορούν να ανακυκλωθούν συστηματικά έως και 98%. Η εταιρία διαθέτει ένα εκτεταμένο δίκτυο συλλογής που διαρκώς εμπλουτίζεται (συνεργασίες μέσα στο τρέχον έτος με την Αγροτική Τράπεζα της Ελλάδος, με τα πολυκαταστήματα LEROY MERLIN στην Αττική, Θεσσαλονίκη και Λάρισα) (<http://www.fotokiklosi.gr/>).

Στο σημείο αυτό θα γίνει αναφορά στην ανακύκλωση των ηλεκτρικών λαμπτήρων, δεδομένου ότι είναι η μόνη κατηγορία ΑΗΗΕ που δεν υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίας τους στη χώρα μας. Μετά τη συλλογή τους, τα απόβλητα των λαμπτήρων μεταφέρονται σε ειδικά αδειοδοτημένους χώρους προσωρινής αποθήκευσης ΑΗΗΕ από μεταφορείς που, σύμφωνα με το Προεδρικό Διάταγμα 117/2004, διαθέτουν την άδεια συλλογής-μεταφοράς ΑΗΗΕ και είναι εγγεγραμμένοι σε σχετικό Μητρώο που τηρείται στην αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος του ΥΠΕΧΩΔΕ. Στη συνέχεια γίνεται διασυνοριακή μεταφορά αυτών, αφού όπως ήδη αναφέρθηκε δεν υπάρχει εργοστάσιο επεξεργασίας αποβλήτων λαμπτήρων στην Ελλάδα. Η μεταφορά γίνεται με τη βοήθεια ειδικά αδειοδοτημένης εταιρείας για τη

διασυνοριακή μεταφορά επικινδύνων αποβλήτων προς εγκαταστάσεις του εξωτερικού (Βέλγιο, Γερμανία) οι οποίες διαθέτουν έγκριση περιβαλλοντικών όρων και άδεια διαχείρισης ΑΗΗΕ από τις αρμόδιες αρχές της χώρας τους, καθώς και πιστοποιημένα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης, προκειμένου να γίνει η επεξεργασία των αποβλήτων λαμπτήρων (<http://www.electrocycle.gr/>).

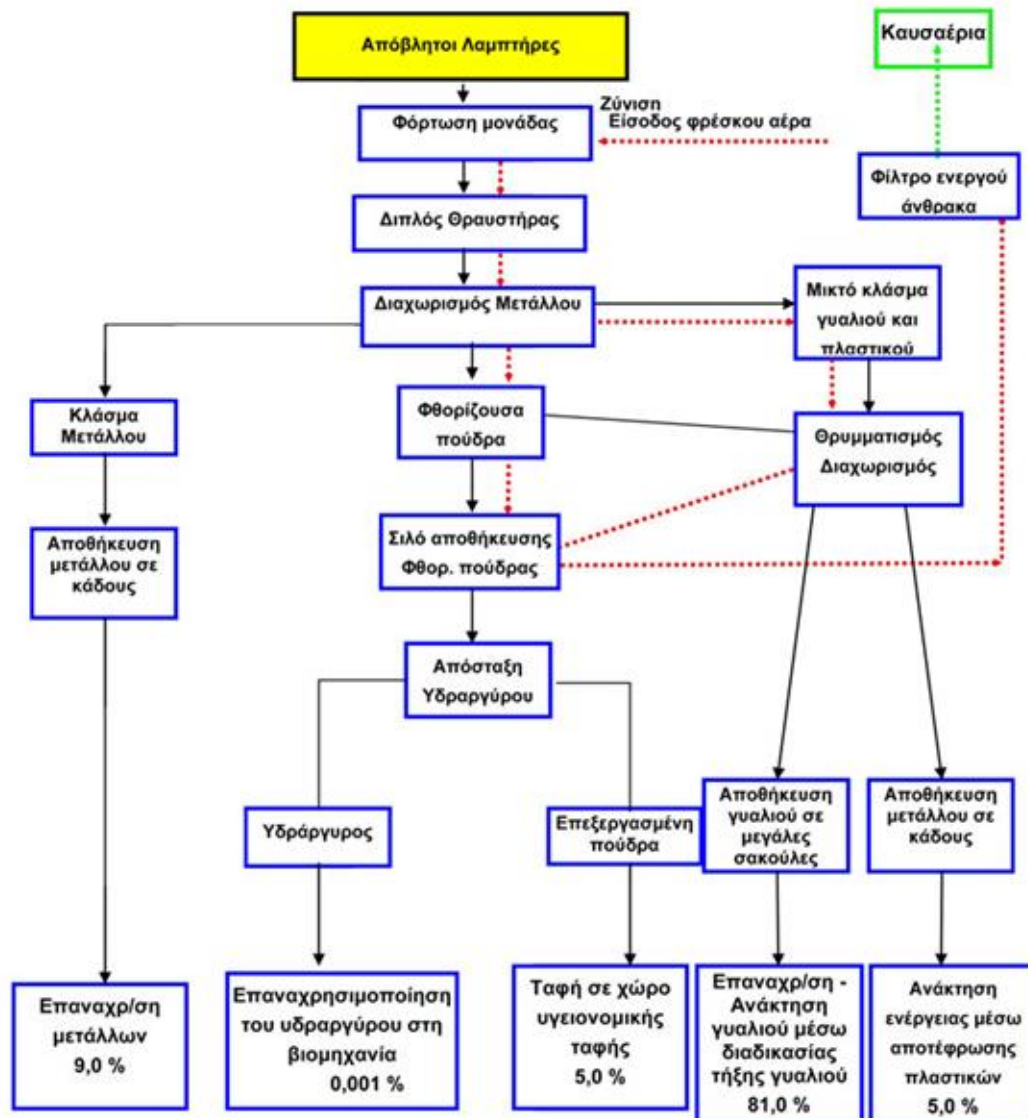
Τα υλικά που προκύπτουν από την επεξεργασία των λαμπτήρων είναι:

- Γυαλί. Η ποσότητα γυαλιού χρησιμοποιείται για την κατασκευή καινούργιων λαμπτήρων. Το ανακυκλωμένο γυαλί μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις υαλοποιίες αντί της άμμου με αποτέλεσμα τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, καθώς το ανακυκλωμένο γυαλί ρευστοποιείται πιο εύκολα από την άμμο, αλλά και την εξόρυξη λιγότερων φυσικών πρώτων υλών.
- Μέταλλα. Ανακυκλώνονται πλήρως στη βιομηχανία μετάλλων.
- Υδράργυρος. Ανακτάται και καθαρίζεται πλήρως. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται ξανά.
- Σκόνες φθορισμού. Εξουδετερώνονται και στη συνέχεια θάβονται σε ειδικούς χώρους υγειονομικής ταφής, χωρίς επιβάρυνση για το περιβάλλον.

Υπάρχουν δυο ειδών διαδικασίες επεξεργασίας που μπορεί να ακολουθήσει η εταιρία ανακύκλωσης: α) η μέθοδος κοπής άκρων/ώθησης αέρα (end-cut/air-push) και β) η μέθοδος κοπής/κοσκινίσματος (cut-sieve) (<http://www.electrocycle.gr/>).

Η μέθοδος κοπής άκρων/ώθησης αέρα (βλ. σχήμα 5.6) εφαρμόζεται στους ευθύγραμμους λαμπτήρες φθορισμού. Κατά την είσοδο των αποβλήτων στην γραμμή επεξεργασίας, ένας ανιχνευτής διαπιστώνει την ποσότητα της φθορίζουσας πούδρας που περιέχουν και καταγράφει τα τεχνικά στοιχεία της πούδρας σε υπολογιστή. Στη συνέχεια, κόβονται τα άκρα των λαμπτήρων και μέσω της εισόδου φρέσκου αέρα, υπό πίεση, αφαιρείται από τον γυάλινο σωλήνα η πούδρα που περιέχει υδράργυρο και προωθείται στη διαδικασία απόσταξης στους 600 °C. Τα άκρα των λαμπτήρων προωθούνται σε

διαδικασία κοπής/κοσκινίσματος. Το κενό γυαλί περνάει από ανιχνευτή μετάλλου, θρυμματίζεται και αποθηκεύεται σε μεγάλους σάκους, έτσι ώστε να είναι εύκολη η αποθήκευσή του και η μεταφορά του.

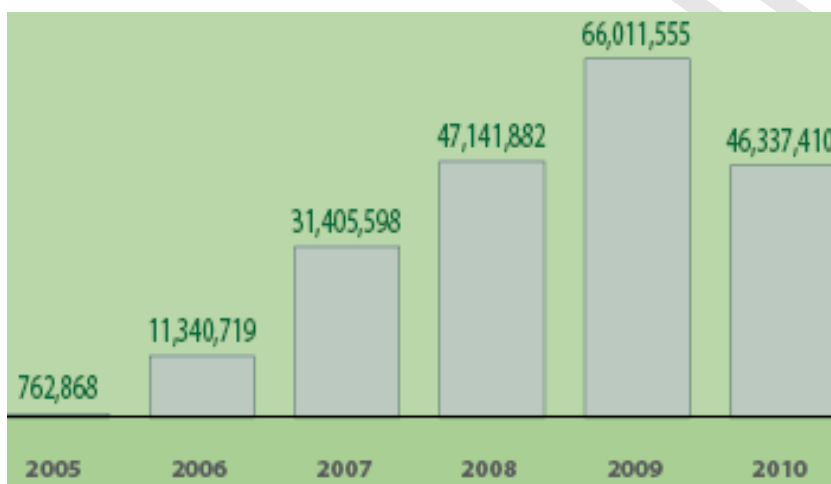


Σχήμα 5.6. Η μέθοδος κοπής άκρων/ώθησης αέρα (end-cut/air-push)

(Πηγή:http://electrocycle.gr/site/index.php?option=com_content&view=article&id=206&Itemid=136).

Σύνολο Συλλογής

Η ανακύκλωση των ΑΗΗΕ τα τελευταία χρόνια παρουσίασε εντυπωσιακά ανοδική πορεία, η οποία όμως εμφάνισε πτωτική τάση από το 2010 και έπειτα όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα 5.7.

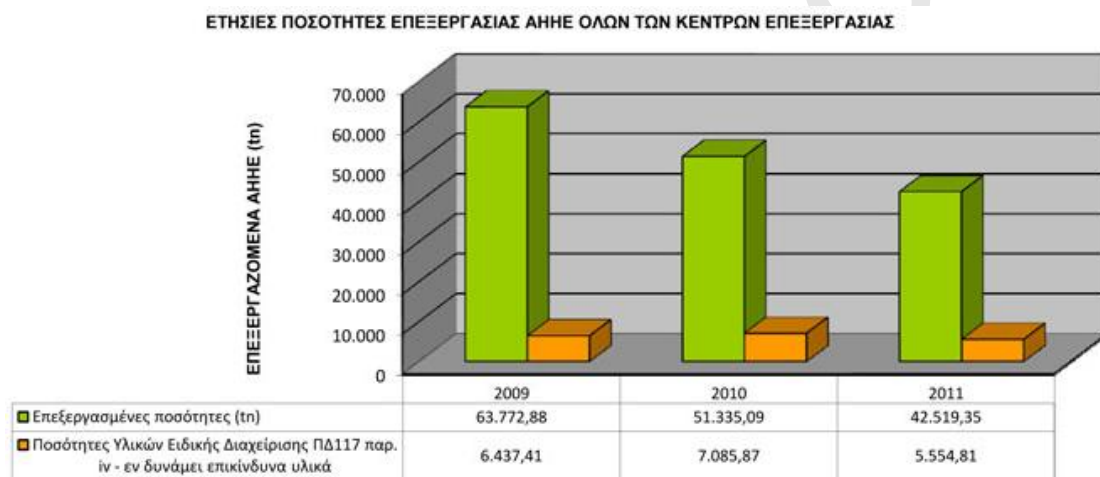


Σχήμα 5.7. Σύνολο Συλλογής (σε κιλά) (Πηγή: Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).

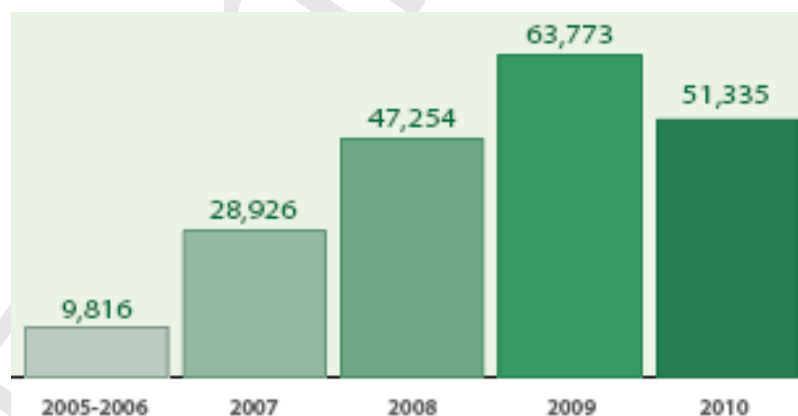
Κατά την εταιρία η έντονα πτωτική τάση οφείλεται στη δύσκολη οικονομική συγκυρία, που έχει πλήξει και την αγορά των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών, με αποτέλεσμα την πτώση του ρυθμού αντικατάστασης παλαιότερων συσκευών. Καθοριστικός επιβραδυντικός παράγοντας στο έργο της είναι το γεγονός ότι το κερδοσκοπικό καθεστώς συλλογής μέσω εμπόρων scrap και η παράνομη διακίνηση των σιδηρούχων ΑΗΗΕ προς τις χαλυβουργίες, αυξάνει σημαντικά το κόστος διαχείρισης των αποβλήτων και κατά συνέπεια εμποδίζει την ανάπτυξη της ανακύκλωσης στο μέγιστο δυνατό βαθμό (Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010: Βορηά, 2012).

Ποσότητες επεξεργασίας

Μέσα στο 2011 έγινε επεξεργασία σε 42.519 τόνων ΑΗΗΕ. Στα σχήματα 5.8 και 5.9 φαίνονται οι ποσότητες επεξεργασίας.



Σχήμα 5.8. Ανακυκλωθέν βάρος ΑΗΗΕ (Πηγή: <http://www.electrocycle.gr/>).

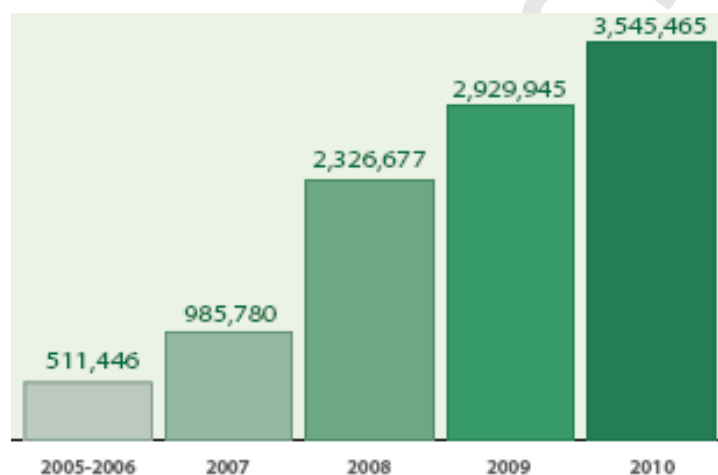


Σχήμα 5.9. Ανακυκλωθέν βάρος ΑΗΗΕ (Πηγή: Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).

Παρότι μέσα στο 2010-2011 τα επεξεργασμένα τεμάχια αυξήθηκαν (βλ. σχήμα 5.10), το τονάζ της επεξεργασίας έπεσε κατά πολύ και σε αντιστοιχία με τη συλλογή. Κατά την

εταιρία αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι καταναλωτικές συσκευές, καθώς και οι λάμπες που έχουν κατά πολύ μικρότερο μέσο βάρος, απέσπασαν μερίδιο συλλογής από τις λευκές συσκευές (Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).

Στο παρακάτω σχήμα 5.10 και τον πίνακα 5.3, παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα της επεξεργασίας σε τεμάχια.

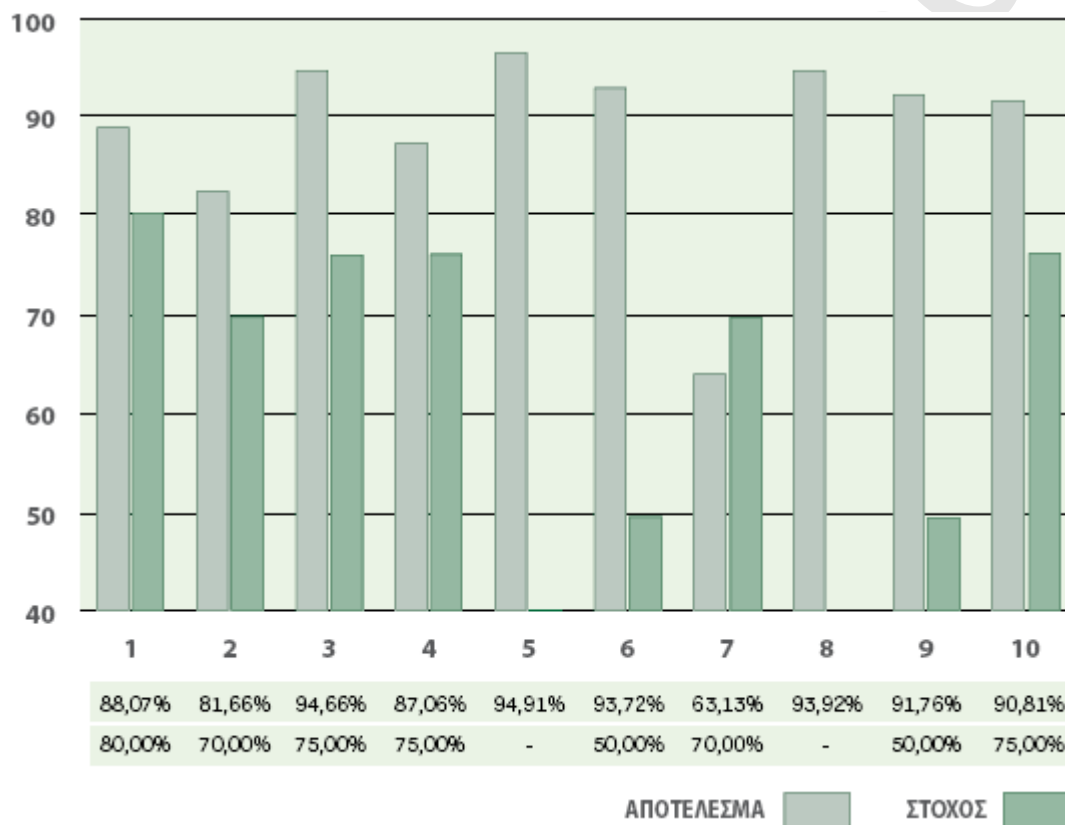


Σχήμα 5.10. Ανακυκλωθέντα τεμάχια ΑΗΗΕ 2005-2010 (Πηγή: Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).

Πίνακας 5.3. Ανακυκλωθέντα τεμάχια ΑΗΗΕ 2005-2011, ανά κατηγορία (Πηγή: <http://www.electrocycle.gr/>).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΗΗΕ	ΣΥΝΟΛΟ ΓΜΚ ΑΝΑΚΥΚΛΩΘΕΝΤΩΝ ΑΗΗΕ 2005 - 2011	ΣΥΝΟΛΟ ΓΜΚ ΑΝΑΚΥΚΛΩΘΕΝΤΩΝ ΑΗΗΕ 2011	ΣΥΝΟΛΟ ΓΜΚ ΑΝΑΚΥΚΛΩΘΕΝΤΩΝ ΑΗΗΕ 2010	ΣΥΝΟΛΟ ΓΜΚ ΑΝΑΚΥΚΛΩΘΕΝΤΩΝ ΑΗΗΕ 2009	ΣΥΝΟΛΟ ΓΜΚ ΑΝΑΚΥΚΛΩΘΕΝΤΩΝ ΑΗΗΕ 2005 - 2008
Ψυγεία	947.901	165.736	175.837	240.709	365.619
Κλιματιστικά	353.898	24.024	103.477	208.051	18.346
Λευκές συσκευές	2.422.846	311.985	419.435	677.662	1.013.764
Μικρές οικιακές συσκευές	2.810.670	913.446	834.176	509.834	553.214
Οθόνες	756.583	172.539	203.808	163.819	216.927
Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών	2.474.496	540.863	673.647	575.644	694.343
Τηλεφώνες	1.271.546	313.703	339.959	301.447	316.438
Καταναλωτικά είδη	491.940	107.870	207.848	77.244	98.978
Φωτιστικά είδη	138.317	35.017	28.758	31.795	47.747
Λαμπτήρες	1.277.202	477.315	470.940	80.625	198.122
Ηλεκτρονικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (εξαρτήματα των μεγάλων κλιμακας σταθμών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας)	95.219	15.842	11.127	22.438	45.812
Παιγούνια και εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού	117.585	14.086	72.403	25.013	6.083
Κατασκευασμένα προϊόντα (εξαρτημάτων των εξοπλισμών και μοτοσικλετών)	255.353	2.545	7.033	2.424	243.950
Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου	32.372	13.351	5.112	3.959	9.950
Συσκευές αυτοματισμού	23.764	5.448	3.424	9.082	5.811
ΣΥΝΟΛΟ	13.419.693	3.113.771	3.552.074	2.929.945	3.873.903

Επίσης στο παρακάτω σχήμα 5.11 παρουσιάζονται οι συντελεστές αξιοποίησης ανά κατηγορία ΑΗΗΕ.



Σχήμα 5.11. Οι συντελεστές αξιοποίησης ανά κατηγορία ΑΗΗΕ (Πηγή: Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).

Οι συντελεστές αξιοποίησης ανά κατηγορία ΑΗΗΕ βρίσκονται όλα τα χρόνια υψηλότερα σε σχέση με τους εθνικούς στόχους. Ο μικρός συντελεστής αξιοποίησης της κατηγορίας 7 οφείλεται στη μεγάλη συμμετοχή παιχνιδιομηχανών, που παρουσιάζουν εξαιρετικά χαμηλό ποσοστό ανακύκλωσης (Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).

Αναλυτικά ο μέσος συντελεστής αξιοποίησης για κάθε έτος, παρουσιάζεται στον πίνακα 5.4. Ο μεσοσταθμικός συντελεστής επεξεργασίας, για όλες τις κατηγορίες ΑΗΗΕ, έχει φτάσει σήμερα το 82,62% .

Πίνακας 5.4. Δείκτες Επεξεργασίας ΑΗΗΕ περιόδου 2005 - 2011 (Πηγή: <http://www.electrocycle.gr/>).

ΕΤΗ	Εισερχόμενα (tn)	Αξιοποιούμενα υλικά (tn)	Μη αξιοποιούμενα υλικά (συνολική ταρτά) (tn)	Υλικά προς επαναχρησιμοποίηση (tn)	Υλικά προς ανάκτηση ενέργειας (tn)	Μέσος Συντελεστής Ανακύκλωσης (%)	Μέσος Συντελεστής Αξιοποίησης (%)
2005-2006	9.816,22	9.364,21	452,00	0	0	95,40%	95,40%
2007	28.926,08	24.230,00	4.696,08	0	0	83,77%	83,77%
2008	47.253,97	39.039,18	8.214,79	0	0	82,62%	82,62%
2009	63.772,88	55.815,39	7.957,49	0	0	87,52%	87,52%
2010	51.335,09	45.469,68	5.865,41	0	0	88,57%	88,57%
2011	42.519,35	38.310,29	4.209,06	0	0	90,10%	90,10%
Σύνολο	343.623,59	312.228,75	31.394,84	0	0	87,11%	87,11%

Ανακτημένα υλικά ανά κατηγορία

Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.5, το σιδηρούχο κλάσμα που προέρχεται από τη μηχανική επεξεργασία των ΑΗΗΕ είναι το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων κλασμάτων (45,5%). Ανάλογα με την κατηγορία προϊόντων που διαχειρίζονται επικρατούν συγκεκριμένα είδη παραγόμενων κλασμάτων. Οι μεγάλες οικιακές συσκευές (κατηγορία 1) είναι η κατηγορία με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε σίδηρο (58,3%) και ακολουθούν τα όργανα παρακολούθησης κι ελέγχου (κατηγορία 9) με ποσοστό παραγόμενου σιδήρου 53,3%. Από τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα (κατηγορία 8) προκύπτουν κυρίως μέταλλα (σίδηρος 34,4% και άλλα μέταλλα 35%), ενώ από τις λάμπες (κατηγορία 5) προκύπτει κυρίως γυαλί (51,6%). Τα Υλικά Ειδικής Διαχείρισης και τα υπολείμματα, που στον παρακάτω πίνακα 5.5 περιλαμβάνονται κατά το μεγαλύτερο μέρος στα λοιπά κατέχουν το 13,8% και το 11,43% αντίστοιχα της μηχανικής επεξεργασίας.

Πίνακας 5.5. Ανάλυση παραγόμενων υλικών ανά κατηγορία – 2010 (Πηγή: Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΗΗΕ	ΣΙΔΗΡΟΥΧΟ ΚΛΑΣΜΑ (tn)	ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΟ ΚΛΑΣΜΑ (tn)	ΓΥΑΛΙ (tn)	ΠΛΑΣΤΙΚΟ (tn)	Η/Μ ΜΕΡΗ (tn)	ΛΟΙΠΑ (tn)	ΣΥΝΟΛΟ
1	58,3%	5,1%	0,6%	7,0%	12,5%	16,6%	100%
2	25,7%	6,8%	0,8%	29,8%	11,7%	25,3%	100%
3	33,2%	3,8%	12,8%	18,0%	11,4%	20,8%	100%
4	13,1%	1,4%	36,6%	13,0%	3,8%	32,0%	100%
5	17,3%	15,9%	51,6%	3,9%	2,3%	8,9%	100%
6	30,6%	11,9%	-	5,4%	40,0%	12,2%	100%
7	19,7%	1,8%	11,3%	13,5%	1,3%	52,5%	100%
8	34,4%	35,0%	0,0%	4,0%	13,8%	12,7%	100%
9	53,3%	0,9%	0,0%	24,5%	8,3%	13,1%	100%
10	44,5%	3,6%	0,1%	11,5%	39,8%	10,5%	100%
Ανάλυση παραγόμενων υλικών στο σύνολο	45,5%	4,5%	8,3%	10,6%	10,9%	20,1%	100%

Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.6, μέταλλα σιδηρούχα και μη, πλαστικό και ηλεκτρομηχανικά μέρη (που προέχονται από την αποσυναρμολόγηση) ανακτώνται κυρίως από τις μεγάλες οικιακές συσκευές (κατηγορία 1) με συμμετοχή 80,9%, 72,2%, 41,5% και 72,2% αντίστοιχα. Το γυαλί προκύπτει κυρίως (69,5%) από την απορρύπανση των οθονών υπολογιστών και των τηλεοράσεων (κατηγορία 4).

Πίνακας 5.6. Ποσοστά παραγόμενων υλικών στο σύνολο της διαχείρισης – 2010 (Πηγή: Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΗΘΕ	ΣΙΔΗΡΟΥΧΟ ΚΛΑΣΜΑ (tn)	ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΟ ΚΛΑΣΜΑ (tn)	ΓΥΑΛΙ (tn)	ΠΛΑΣΤΙΚΟ (tn)	Η/Μ ΜΕΡΗ (tn)	ΛΟΙΠΑ (tn)
1	80,9%	72,2%	4,2%	41,5%	72,2%	51,9%
2	2,4%	6,4%	0,4%	11,8%	4,5%	5,3%
3	11,2%	13,0%	23,7%	26,1%	16,1%	15,9%
4	4,5%	4,8%	69,5%	19,2%	5,5%	25,0%
5	0,1%	0,9%	1,5%	0,1%	0,1%	0,1%
6	0,1%	0,3%	-	0,1%	0,5%	0,1%
7	0,2%	0,2%	0,7%	0,7%	0,1%	1,4%
8	0,2%	2,1%	0,0%	0,1%	0,3%	0,2%
9	0,1%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,1%
10	0,3%	0,2%	0,0%	0,3%	0,7%	0,1%
ΣΥΝΟΛΟ	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Οικονομικά στοιχεία

Η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. είναι εταιρία μη επενδυτικού χαρακτήρα και μη επιδίωξης κερδών. Οι οικονομικοί πόροι για την αξιοποίηση των αποβλήτων ΗΗΕ προέρχονται από τις εισφορές των συμβεβλημένων στο Σύστημα παραγωγών. Οι εισφορές που καταβάλλουν οι παραγωγοί καθορίζονται βάσει μηνιαίων δηλώσεων πωληθέντων ποσοτήτων ανά είδος συσκευής. Το ποσό που καταβάλλουν οι παραγωγοί καθορίζεται από κατάλογο χρηματικών εισφορών, που είναι εγκεκριμένος από το ΥΠΕΚΑ (σλ. Σχήμα 5.12).



Σχήμα 5.12. Εισφορές (σε εκατοντάδες χιλιάδες ευρώ) (Πηγή: Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).

Η μείωση εσόδων κατά 20% το 2010 σε σχέση με το 2009 οφείλεται κυρίως σε τρεις λόγους:

- τη δύσκολη οικονομική συγκυρία που περιορίζει την καταναλωτική ζήτηση των οικιακών συσκευών
- την ύπαρξη πολλών παραγωγών που δεν έχουν συμβληθεί με το σύστημα (free-riders) για τους οποίους το σύστημα έχει ζητήσει τη βοήθεια του Υπουργείου
- τη μεγάλη αύξηση του ηλεκτρονικού εμπορίου

Τα δύο τελευταία χρόνια, οι ζημιές λόγω των μειωμένων εισφορών καλύπτονται από το αποθεματικό προηγούμενων ετών, ώστε το Σύστημα να είναι σε θέση να συνεχίσει

απρόσκοπτα το έργο της ανακύκλωσης. Το αποθεματικό της εταιρίας στο τέλος του 2010 ανήλθε σε 29,000,000 ευρώ. Η αύξηση των εξόδων το 2009 σε σχέση με το 2008 οφείλεται στο πρόγραμμα απόσυρσης και ανακύκλωσης παλαιών κλιματιστικών του ΥΠΕΚΑ, το οποίο ανέλαβε η εταιρεία (Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., 2010).

Στον πίνακα 5.7 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι αριθμοδείκτες των επιμέρους υποκλάδων διαχείρισης αποβλήτων, από σχετική μελέτη της τράπεζας Πειραιώς το 2009. Ο υποκλάδος της ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ (όπως και αυτός της ανακύκλωσης ελαστικών) σε αντίθεση με τους υπόλοιπους δεν παρουσίασαν ικανοποιητική κερδοφορία και ικανότητα κάλυψης χρηματοοικονομικών δαπανών. Είναι χαρακτηριστικό ότι το Περιθώριο Καθαρού Κέρδους για την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ από 25,7% το 2007, παρουσιάζεται 7,1% το 2008 και μόλις 3,9% το 2009.

Πίνακας 5.7. Σύγκριση αριθμοδεικτών ανά κατηγορία διαχείρισης αποβλήτων (Δαγκαλίδης, 2011).

	Αποδοτικότητα ΙΚ			Κάλυψη Χρημ/κών Δαπανών		
	2007	2008	2009	2007	2007	2009
Συλλογή & Επεξεργασία ΣΑ	8,7%	-2,3%	2,1%	0,48	0,62	0,54
Ανακύκλωση μετάλλων	6,4%	5,0%	8,5%	5,95	4,44	3,17
Ανακύκλωση απορριμμάτων	49,2%	36,8%	23,1%	8,36	5,65	3,90
Ανακύκλωση αυτοκινήτων	50,0%	14,0%	7,5%	3,58	1,65	1,55
Ανακύκλωση ελαστικού	-2,5%	-6,5%	-3,6%	-0,04	-0,74	-0,38
Ανακύκλωση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών	40,4%	11,1%	-4,9%	33,89	8,20	-2,11
Ανακύκλωση μπαταριών	56,1%	0,6%	-2,3%	4,88	1,05	0,87
Ανακύκλωση πλαστικών	12,5%	9,7%	10,9%	20,03	15,67	26,74
Ανακύκλωση χαρτιού	284,6%	109,4%	142,9%	21,21	14,05	16,77
	Περιθώριο Μικτού Κέρδους			Απασχ.Κεφάλ./Καθ. Πάγια		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Συλλογή & Επεξεργασία ΣΑ	22,9%	17,4%	14,7%	2,23	1,75	2,07
Ανακύκλωση μετάλλων	17,8%	14,4%	14,7%	1,03	1,38	2,07
Ανακύκλωση απορριμμάτων	18,8%	23,7%	24,9%	1,25	1,19	1,16
Ανακύκλωση αυτοκινήτων	13,9%	11,7%	13,0%	0,95	1,94	1,81
Ανακύκλωση ελαστικού	27,0%	23,3%	20,5%	1,07	1,05	0,90
Ανακύκλωση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών	33,0%	17,5%	10,7%	5,25	3,73	3,11
Ανακύκλωση μπαταριών	18,8%	11,0%	15,2%	1,42	1,43	1,69
Ανακύκλωση πλαστικών	22,2%	20,3%	23,2%	1,60	1,63	1,65
Ανακύκλωση χαρτιού	49,3%	28,1%	29,8%	1,76	1,90	1,42
	Περιθώριο Καθαρού Κέρδους			Κυκλ.Ταχύτητα Απαιτήσεων		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Συλλογή & Επεξεργασία ΣΑ	8,9%	-2,0%	1,8%	180	160	166
Ανακύκλωση μετάλλων	8,2%	5,8%	1,8%	79	67	166
Ανακύκλωση απορριμμάτων	9,1%	10,8%	8,7%	82	113	144
Ανακύκλωση αυτοκινήτων	5,0%	1,8%	1,8%	56	63	91
Ανακύκλωση ελαστικού	-14,9%	-31,9%	-21,5%	416	239	139
Ανακύκλωση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών	25,7%	7,1%	-3,9%	93	103	126
Ανακύκλωση μπαταριών	9,7%	0,2%	-0,6%	35	45	29
Ανακύκλωση πλαστικών	9,9%	8,1%	10,2%	152	164	178
Ανακύκλωση χαρτιού	34,1%	19,0%	18,5%	259	101	118
	Σχέση Ξένων/Ίδια Κεφάλαια			Γενική Ρευστότητα		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Συλλογή & Επεξεργασία ΣΑ	0,48	0,62	0,54	2,22	1,71	2,06
Ανακύκλωση μετάλλων	3,71	2,48	0,54	1,01	1,19	2,06
Ανακύκλωση απορριμμάτων	2,34	1,97	2,22	1,10	1,11	1,06
Ανακύκλωση αυτοκινήτων	4,15	3,72	3,59	0,98	1,70	1,55
Ανακύκλωση ελαστικού	0,74	0,75	0,81	1,25	1,11	0,75
Ανακύκλωση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών	0,42	0,64	0,79	3,16	2,76	2,13
Ανακύκλωση μπαταριών	2,40	3,30	3,86	1,31	1,32	1,63
Ανακύκλωση πλαστικών	0,67	0,58	0,50	1,84	2,16	2,35
Ανακύκλωση χαρτιού	6,74	1,51	2,61	1,11	1,16	1,02

5.3 ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΗΜΕΡΑ

Η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. έχει κάνει μέχρι σήμερα σημαντικά βήματα. Σταθμός στην πορεία της εταιρίας υπήρξε το 2008, που ήταν η χρονιά κατά την οποία η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. ξεπέρασε τους εθνικούς στόχους των 44.000 τόνων, έχοντας συλλέξει 47.000 τόνους ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών αποβλήτων. Μέσα στο 2009, η συλλογή παρουσίασε εντυπωσιακή αύξηση με 66.000 τόνους, που αφού συγκεντρώθηκαν, ανακυκλώθηκαν στις μονάδες επεξεργασίας με τις οποίες η εταιρία συνεργάζεται στην Ελλάδα. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι από τεχνικής άποψης οι μονάδες επεξεργασίας ΑΗΗΕ στην Ελλάδα έχουν τη δυνατότητα διαχείρισης πολύ μεγαλύτερων ποσοτήτων αποβλήτων από αυτές που έως σήμερα διαχειρίζονται. Αυτό σημαίνει ότι πρακτικά μπορούν να διαχειριστούν στο υφιστάμενο πλαίσιο μεγαλύτερες ποσότητες ΑΗΗΕ χωρίς τεχνικά προβλήματα. Τα προβλήματα που προκύπτουν εντοπίζονται κατά μείζονα λόγο στη διαδικασία της συλλογής των αποβλήτων. Η οικονομική συγκυρία επέφερε μέσα στο 2010 και το 2011 πτώση στον κλάδο των λευκών συσκευών με συνέπεια τη σημαντική μείωση του συνολικού βάρους των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που συλλέχθηκαν. Το 2011 έκλεισε με συλλογή 42.000 τόνων ΑΗΗΕ. Το τρέχον έτος (2012) συνεχίζονται οι χαμηλοί ρυθμοί ανακύκλωσης ΑΗΗΕ, εφόσον τα νοικοκυριά δεν έχουν την αγοραστική δύναμη να αντικαταστήσουν τις παλιές οικοσυσκευές τους. Επιπλέον, παρόλο που έχει πραγματοποιηθεί σημαντική προσπάθεια για την ευαισθητοποίηση του καταναλωτικού κοινού πάνω στο θέμα, απαιτείται περαιτέρω προσπάθεια ώστε να γίνει συνείδηση η απόρριψη των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών εντός του επίσημου εναλλακτικού συστήματος διαχείρισης ΑΗΗΕ. Επιπρόσθετα, τροχοπέδη για την ανακύκλωση των παλιών συσκευών αποτελεί η κακή οικονομική κατάσταση των δήμων, με αποτέλεσμα να δείχνουν μεγαλύτερη απροθυμία εξυπηρέτησης των δημοτών που ενδιαφέρονται να ανακυκλώσουν τις παλιές ογκώδεις συσκευές τους (Βορηά , 2012).

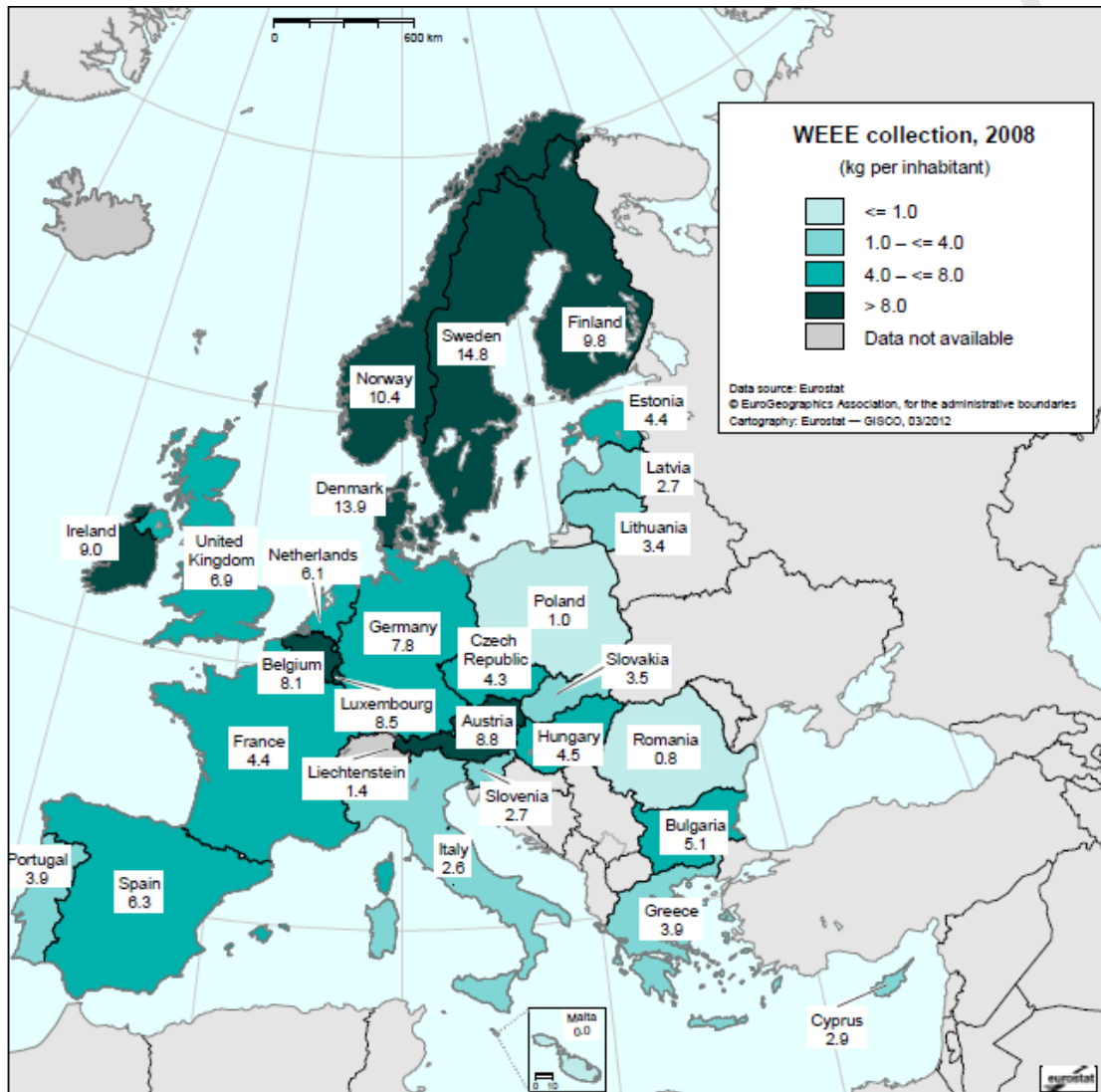
Η αδυναμία των περισσότερων δήμων να εξυπηρετούν τους δημότες - όσον αφορά στην ασφαλή περισυλλογή των ογκωδών ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών προς ανακύκλωση - διευκολύνει την ανεξέλεγκτη δράση των πλανόδιων συλλεκτών (αθίγγανοι και παράνομοι μετανάστες), φαινόμενο που έχει λάβει ιδιαίτερα μεγάλες διαστάσεις μέσα στο έτος. Αποδέκτες της συλλογής αυτής είναι οι έμποροι παλαιών μετάλλων (έμποροι σκραπ). Οι περισσότεροι έμποροι παλαιών μετάλλων μεταπωλούν τις συσκευές που παίρνουν από τους γυρολόγους σε βιομηχανίες μετάλλων. Είτε τις προωθούν ολόκληρες, όπου καταλήγουν να καίγονται, είτε προωθούν μόνο τα αξιοποιήσιμα υλικά τους, αφού πρώτα τις ‘κανιβαλίσουν’ και πετάξουν στη φύση ότι δεν είναι επικερδές. Έτσι επιβαρύνεται σημαντικά το περιβάλλον με τοξικές ουσίες λόγω της καύσης των επιβλαβών στοιχείων που περιέχονται στις συσκευές ή της διάβρωσής των συσκευών από τη μη ελεγχόμενη απόρριψη τους, μαζί με όλα τα βλαβερά για το περιβάλλον υλικά που περιέχουν. Αυτός ο άναρχος τρόπος συλλογής βλάπτει ανεπανόρθωτα το περιβάλλον, αλλά και ανεβάζει σημαντικά το κόστος της ανακύκλωσης. Αυτό γιατί η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε., ο επίσημος φορέας της ανακύκλωσης αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, υποχρεούται να αγοράζει από τους εμπόρους σκραπ μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικών συσκευών σε πολύ υψηλές τιμές. Με αυτό τον τρόπο τα απόβλητα αυτά ξαναπαίρνουν στο θεσμικό δίκτυο διαχείρισής, ώστε να γίνει η σωστή περιβαλλοντικά διαχείρισή τους (Βορηά , 2012).

Καθίσταται φανερό από τα παραπάνω ότι η παράνομη διακίνηση των ΑΗΗΕ εκτός από μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα και δυσλειτουργία στο επίσημο εναλλακτικό σύστημα διαχείρισης ΑΗΗΕ, προκαλεί ταυτόχρονα και οικονομικά προβλήματα, καθώς δεν εισπράττονται οι αναλογούντες φόροι από τη συλλογή και την επεξεργασία των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που συλλέγονται. Ένα πρώτο βήμα για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού αποτελεί ο εντατικός έλεγχος των εταιριών σκραπ από τις αρμόδιες αρχές τόσο ως προς τις απαραίτητες άδειες που οφείλουν να έχουν, όσο και ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους. Περαιτέρω έχει αναδειχθεί έντονα η ανάγκη θεσμοθέτησης νέων μέτρων από το αρμόδιο Υπουργείο ώστε να περιοριστεί κατά το δυνατό το φαινόμενο αυτό. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι το επίσημο εναλλακτικό σύστημα διαχείρισης δεν μπορεί να παρέμβει σε επίπεδο απόδοσης ποινών ή

ελέγχου των εταιριών σκραπ. Μια μακροπρόθεσμή και οριστική λύση στο φαινόμενο θα μπορούσε να αποτελέσει η σύσταση κοινωνικών επιχειρήσεων γύρω από τις όποιες θα οργανώνονταν ο 'άτυπος τομέας ανακύκλωσης' και θα ενσωματώνονταν, λειτουργώντας οργανωμένα μέσα στο πλαίσιο του επίσημου εναλλακτικού συστήματος διαχείρισης, όπως αναφέρθηκε εκτενώς στην ενότητα 5.1 του παρόντος κεφαλαίου.

5.4 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Εκτιμάται ότι η παραγωγή των ΑΗΗΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 κρατών μελών κυμαίνεται μεταξύ 8,3 και 9,1 εκατομμύριων τόνων ετησίως (Huisman κ.α., 2008). Ο αριθμός των προϊόντων ΗΗΕ που διατίθενται στην αγορά εκτιμάται ότι είναι περίπου 15% υψηλότερος από ό, τι τα ΑΗΗΕ που καταγράφονται, συμπεριλαμβανομένου του μη-οικιακού εξοπλισμού. Ο μέσος όρος της κατά κεφαλήν ποσότητας των ΑΗΗΕ που συλλέχθηκαν το 2008 στην Ε.Ε. των 27 κρατών μελών ήταν 5,3 κιλά, ωστόσο, το ποσοστό συλλογής ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό σε όλη την Ευρώπη (βλ. σχήμα 5.13) και ενώ ορισμένα κράτη μέλη έχουν επιτύχει τον στόχο, για κάποια άλλα (ιδιαίτερα ορισμένα από τα νέα κράτη μέλη) η επίτευξη αυτού του στόχου αποτελεί ακόμη πρόκληση.



Σχήμα 5.13. Τα ποσοστά συλλογής ΑΗΗΕ σε όλη την Ευρώπη (Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή - Eurostat, 2008)

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/wastestreams/weee>

Ένας λόγος για αυτήν τη διαφορά είναι το γεγονός ότι ορισμένα κράτη μέλη έχουν ήδη εφαρμόσει εθνικούς κανονισμούς για τα ΑΗΗΕ πριν από την εφαρμογή της ευρωπαϊκής οδηγίας ΑΗΗΕ. Στην Αυστρία για παράδειγμα, έχει τεθεί σε λειτουργία ένα σύστημα για την ανακύκλωση των συσκευών ψύξης ήδη από το 1993 και στο Βέλγιο υπάρχει σύστημα για τη συμμόρφωση του παραγωγού από το 2001. Από την άλλη μεριά η Βουλγαρία και το Ηνωμένο Βασίλειο εφάρμοσαν εθνική νομοθεσία για τα ΑΗΗΕ μόλις το

2006 (Cahill et al., 2011). Παρά το γεγονός ότι το συνολικό ποσοστό της συλλογής των ΑΗΗΕ στην Ε.Ε. αγγίζει το 68% και φαίνεται να είναι πολύ υψηλό, μόνο το 26% των ΑΗΗΕ αναφέρεται ότι αντιμετωπίζεται δόκιμα από την άποψη της ανακύκλωσης και της ανάκτησης. Η τυπική σύνθεση των ΑΗΗΕ που συλλέγονται σε όλη την Ευρώπη αποτελείται κατά το ήμισυ περίπου από μεγάλες οικιακές συσκευές (49%), ακολουθούμενη από τηλεοπτικό εξοπλισμό ευρείας κατανάλωσης (21%), εξοπλισμό πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών (16%), μικρές οικιακές συσκευές (7%), ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (4%), ενώ οι κατηγορίες 7, 8, 9 και 10 συμβάλλουν λιγότερο από το 1%. Το ποσοστό αυτό δείχνει ότι είναι πολύ σπάνια η επιστροφή των συσκευών οι οποίες ζυγίζουν λιγότερο από 1 kg, ενώ είναι πολύ συνηθέστερη η συλλογή για ανακύκλωση βαρύτερων συσκευών (Huisman et al., 2008).

5.5 ΕΠΙΚΕΙΜΕΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το Κοινοβούλιο βρίσκονται στη διαδικασία αναδιατύπωσης της οδηγίας της Ε.Ε. για τα ΑΗΗΕ. Στις 16 Δεκεμβρίου του 2008 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπέβαλε στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και στο Συμβούλιο την πρόταση για αναδιατύπωση της οδηγίας σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Η αναδιατυπωμένη οδηγία θέτει το φιλόδοξο στόχο της συλλογής ΑΗΗΕ που συλλέγονται σε μια δεδομένη χρονιά βάρους ίσο με το 65% του μέσου βάρους ΗΗΕ που έχει διατεθεί στην αγορά την προηγούμενη τριετία. Το πλεονέκτημα της αναδιατυπωμένης οδηγίας είναι ότι ο παλιός στόχος των 4 kg κατ' αποκοπή για κάθε χώρα, έχει αντικατασταθεί με ένα ποσοστό - στόχο και επομένως μια πολύ πιο άμεση σχέση με τις πραγματικές συνθήκες. Ωστόσο, οι στόχοι της συλλογής του 45% των ΑΗΗΕ το 2013 και του 65% των ΑΗΗΕ το 2016, σημαίνει στην πράξη ότι με τόσο στενό χρονικό ορίζοντα η συμμόρφωση των κρατών μελών είναι ακόμα πολύ αβέβαιη. Το 2008 διατέθηκαν στην αγορά 12 εκατομμύρια τόνοι ΗΗΕ και τα ΑΗΗΕ που αντιστοιχούσαν σε αυτούς ήταν 9,5 εκατομμύρια τόνοι. Επίσημως συλλέχθηκαν και επεξεργαστήκαν γύρω στους 3,2 εκατομμύρια τόνους, που είναι το 30% έως 35% σε σύγκριση με τον ΗΗΕ που διατέθηκε στην αγορά την ίδια χρονική περίοδο. Στον

παρακάτω πίνακα 5.8 παρουσιάζεται η κατάσταση και η εκτίμηση για τα επόμενα χρόνια (Huisman, 2010).

Πίνακας 5.8. Η αύξηση των ΑΗΗΕ για την περίοδο 2005-2014 στην ΕΕ των 27 κρατών μελών (Πηγή: Huisman, 2010).

WEEE Arising 2005-2014			
Year	Total (ktons)	Year	Total (ktons)
2005	8458	2010	9451
2006	8873	2011	9661
2007	9254	2012	9922
2008	9472	2013	10205
2009	9319	2014	10492

Στον παρακάτω πίνακα 5.9 φαίνεται ότι για την ΕΕ των 27+2 κρατών μελών, κατά μέσο όρο το 2013 με στόχο συλλογής το 45% των ΑΗΗΕ ο στόχος αυτός είναι περίπου 15% παραπάνω από τη συλλογή των ΑΗΗΕ κατά το 2008. Προκύπτει ότι σε σύγκριση με το 2008, πρέπει να συλλεγούν 50% περισσότερα ΑΗΗΕ το 2013 και πάνω από 100% επιπλέον ΑΗΗΕ πρέπει να συλλεγούν έως το 2016.

Πίνακας 5.9. Η αύξηση των ΑΗΗΕ για την περίοδο 2005-2014 στην ΕΕ των 27 κρατών μελών (Πηγή: Huisman, 2010).

2008 WEEE Collection% EU27+2	Current status 2008		2013	2016
Treatment Category	% of EEE POM same year	% of EEE POM 3yrs	Target 3 yrs	Target 3 yrs
Cooling and freezing	30.5%	32.4%		
Screens*	22.5%	27.4%		
Gas Discharge Lamps	26.0%	27.6%	45%	65%
Large Household Appliances	30.3%	32.1%		
Small Domestic Appliances	26.5%	28.1%		

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση του παλαιού στόχου των 4 kg ανά κάτοικο και ανά κράτος, με το προτεινόμενο όριο των 45% - 65% του στόχου, εάν αυτό αναρθεί σε κλά ανά κάτοικο και ανά κράτος μέλος της Ε.Ε. Αυτή η αναγωγή παρουσιάζεται στον

πίνακα 5.10 και δείχνει ότι ο στόχος των 4 kg ανά κάτοικο για την Ελλάδα γίνεται 11,3 kg το 2013 και 17,1 kg το 2016.

Πίνακας 5.10. Οι συνέπειες του στόχου συλλογής του 45% και του 65% των ΑΗΗΕ σε kg/κάτοικο για κάθε χώρα της Ε.Ε. των 27 κρατών μελών (Πηγή: Huisman, 2010).

WEEE/head (kg/ inh)	2013	2016		2013	2016
Country	45% target of 3 yrs POM	65% target of 3 yrs POM	Country	45% target of 3 yrs POM	65% target of 3 yrs POM
Austria	12.7	18.9	Lithuania	7.0	11.4
Belgium	12.2	18.4	Luxembourg*	24.7	38.7
Bulgaria	5.5	9.2	Malta	9.6	14.8
Cyprus	11.2	17.1	Netherlands	12.7	18.9
Czech Republic	10.0	15.8	Norway	13.4	19.0
Denmark	12.4	18.7	Poland	8.1	13.1
Estonia	7.7	12.4	Portugal	9.0	13.8
Finland	12.1	18.3	Romania	5.7	9.9
France	11.9	18.0	Slovak Republic	9.4	15.1
Germany	12.0	18.2	Slovenia	11.0	17.2
Greece	11.3	17.1	Spain	10.9	16.5
Hungary	8.1	13.1	Sweden	12.3	18.7
Ireland	12.6	18.8	Switzerland	13.1	19.3
Italy	10.9	16.4	United Kingdom	12.2	18.5
Latvia	6.3	10.4	Average	10.9	16.7

Όσον αφορά το στόχο της χωριστής συλλογής, η πλειοψηφία των αντιπροσωπιών επερώτησε το 2010 την πρόταση να τεθεί στόχος για τη χωριστή συλλογή ΑΗΗΕ στο 65% (σύνολο βάρους ΑΗΗΕ που συλλέγονται σε μια δεδομένη χρονιά ως ποσοστό του μέσου βάρους ΗΗΕ που έχει διατεθεί στην αγορά την προηγούμενη τριετία), προς επίτευξη σε ετήσια βάση, αρχής γενομένης από το 2016 και η Προεδρία εισήγαγε, ως συμβιβαστική λύση, βαθμιαία προσέγγιση στη χωριστή συλλογή ΑΗΗΕ: ο στόχος του 45% θα επιτευχθεί μέσα σε 4 χρόνια από το έτος έναρξης ισχύος και ο στόχος του 65% θα επιτευχθεί μέσα σε 6 χρόνια από το έτος έναρξης ισχύος. Η πλειοψηφία των αντιπροσωπιών υποστηρίζει αυτή την προσέγγιση, ενώ αρκετές αντιπροσωπίες εξακολουθούν να θεωρούν ότι απαιτείται περισσότερο διάστημα για να επιτευχθεί ο στόχος του 65% (Συμβούλιο της Ε.Ε., 2010).

Επίσης στα πλαίσια της υφιστάμενης διαβούλευσης υπάρχει πρόταση κάθε κράτος μέλος να μεριμνά ώστε από το 2016 να συλλέγεται κατ' ελάχιστο το 85% των ΑΗΗΕ που παράγονται στην επικράτεια του. Ενώ έχουν γεννηθεί και οι παρακάτω προβληματισμοί: α) δεν μπορεί να αναλάβουν οι παραγωγοί την ευθύνη για τις προσπάθειες να επιτευχθεί υψηλό ποσοστό συλλογής, δεδομένου ότι δεν έχουν καμιά επιρροή στους άλλους παράγοντες της συλλογής ΑΗΗΕ και εφόσον ο παραγωγός δεν είναι νομικό πρόσωπο που μπορεί να επιτύχει συνολικό στόχο συλλογής, β) το ποσοστό συλλογής θα πρέπει να καθορίζεται με βάση την ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων και όχι το 'άσχετο' στοιχείο του αριθμού νέων συσκευών και γ) πρέπει να ληφθεί κατάλληλα υπόψη ο κύκλος ζωής των προϊόντων στα κράτη μέλη και η οδηγία να λαμβάνει συνεπώς υπόψη τις μη κορεσμένες αγορές και τις συσκευές με μακρά διάρκεια ζωής (φωτοβολταϊκές μονάδες) (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2012). Ο τελευταίος προβληματισμός παραμένει ένα βασικό ερώτημα, δηλαδή με πιο τρόπο οι επικείμενες νομικές υποχρεώσεις θα λάβουν υπόψη τις επιμέρους ιδιαιτερότητες κάθε χώρας, καθώς και τις σε μεγάλο βαθμό διαφορετικές συνθέσεις του ΗΗΕ και των ΑΗΗΕ που οφείλονται στη διαφορετική διάρκεια ζωής των προϊόντων και στις διαφορές στην καταναλωτική συμπεριφορά σε κάθε χώρα. Για τις περισσότερες χώρες, δεν υπάρχουν αξιόπιστα στοιχεία διαθέσιμα προς το παρόν (Huisman, 2010).

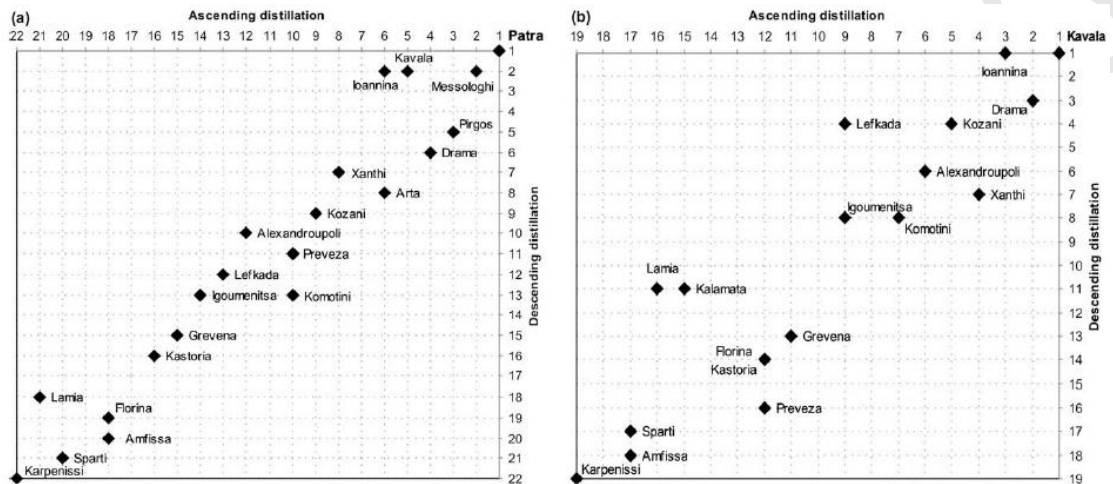
Όσον αφορά στη χώρα μας, ένα σημαντικό βήμα ως προς την κατεύθυνση της συστηματοποίησης της διαχείρισης των ΑΗΗΕ αποτελεί η προσπάθεια κατάρτισης του Μητρώου Παραγωγών Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (σύμφωνα με το Π.Δ. 117/2004 του ΥΠΕΧΩΔΕ) στο οποίο καταγράφονται όλες οι επιχειρήσεις που έχουν συμβληθεί με εγκεκριμένα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί η μελέτη περίπτωσης στην Ελλάδα για τη δημιουργία συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων για τη βέλτιστη θέση εγκαταστάσεων

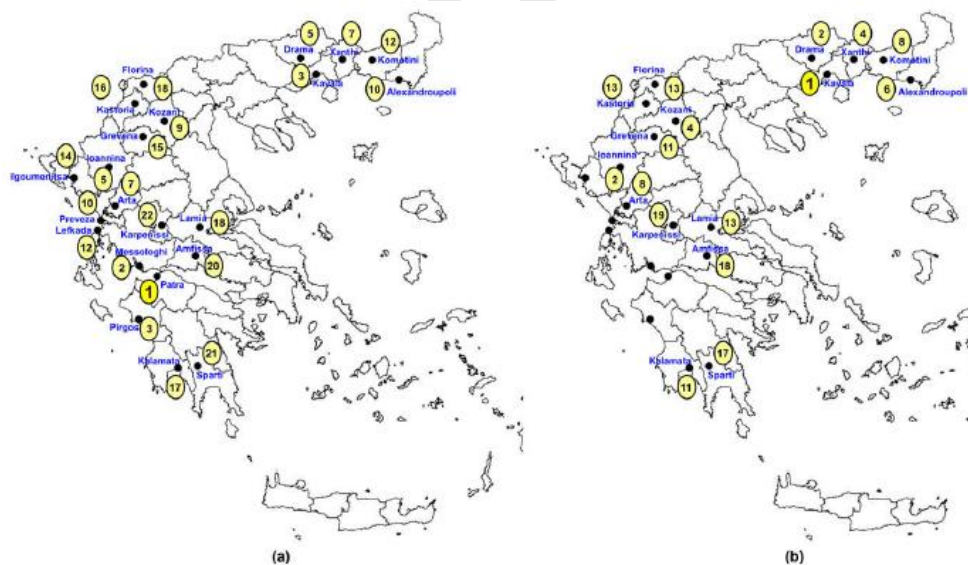
επεξεργασίας αποβλήτων των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών (Achillas κ.α., 2010). Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται στις εικόνες 5.9, 5.10 και 5.11.



Εικόνα 5.9. Εναλλακτικές τοποθεσίες για την ανάπτυξη Μονάδων Επεξεργασίας και Ανακύκλωσης ΑΗΗΕ στην Ελλάδα (Πηγή: Achillas κ.α., 2010).



Εικόνα 5.10. Αύξουσα και φθίνουσα σειρά της βέλτιστης θέσης για την ανάπτυξη α) πρώτης και β) δεύτερης Μονάδας Επεξεργασίας και Ανακύκλωσης ΑΗΗΕ στην Ελλάδα (Πηγή: Achilles κ.α., 2010).



Εικόνα 5.11. Τοποθεσίες κατάταξης για την ανάπτυξη της α) πρώτης και β) δεύτερης Μονάδας Επεξεργασίας και Ανακύκλωσης ΑΗΗΕ στην Ελλάδα (Πηγή: Achilles κ.α., 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επεξεργασία των ΑΗΗΣ μετά το τέλος ζωής τους και έγινε προσπάθεια να αποτυπωθεί η Ελληνική Αγορά. Σε γενικές γραμμές η διαχείριση των ΑΗΗΣ έχει ως στόχους: α) την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας από τις ρυπογόνες ουσίες που αυτά περιέχουν και β) την ανάκτηση των πολύτιμων πρώτων υλών που επίσης περιέχονται σε αυτά. Τα οφέλη δηλαδή από τη επεξεργασία των ΑΗΗΣ είναι τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά.

Τα μέταλλα που προέρχονται από ανακύκλωση των ΑΗΗΕ διατίθενται μόνο σε περιορισμένες ποσότητες σήμερα. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (αποτύπωμα) της πρωτογενούς παραγωγής των “ειδικών” ή πολύτιμων μετάλλων αυτών είναι σημαντικές, κυρίως γιατί εξορύσσονται από κοιτάσματα στα οποία η συγκέντρωση αυτών των μετάλλων είναι χαμηλή. Για την εξόρυξη χρησιμοποιούνται σημαντικές εκτάσεις γης, κατά τη διαδικασία δημιουργούνται απόβλητα SO₂, ενώ η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές CO₂ είναι μεγάλες. Η ανάκτηση των παραπάνω μετάλλων μέσω εξελιγμένων διεργασιών ανακύκλωσης δημιουργεί μόνο ένα κλάσμα από αυτές τις εκπομπές CO₂, χρησιμοποιείται σημαντικά λιγότερη ενέργεια από αυτή που απαιτείται για την πρωτογενή παραγωγή και επίσης έχει σημαντικά οφέλη σε σύγκριση με την εξόρυξη από την άποψη της χρήσης γης και επικίνδυνων αποβλήτων.

Οι ουσίες που περιέχονται στις συσκευές του ΗΗΕ επίσης έχουν συχνά επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η ανεξέλεγκτη απόρριψη των ΑΗΗΕ ή η ακατάλληλη διαχείριση/ανακύκλωση τους δημιουργεί σημαντικά επικίνδυνες εκπομπές, με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε από τις επικίνδυνες ουσίες που περιέχονται σε ΑΗΗΕ (π.χ. μόλυβδος, υδράργυρος, αρσενικό, πολυχλωριωμένα διφαινύλια, φθοριούχα ψυκτικά υγρά κ.λπ.), είτε από τα επικίνδυνα

προϊόντα αντιδράσεων των ουσιών αυτών ως αποτέλεσμα του ακατάλληλου χειρισμού τους (π.χ. διοξίνες ή φουράνια που σχηματίζονται από αποτέφρωση/ακατάλληλη τήξη των πλαστικών που περιέχουν αλογονούχα επιβραδυντικά φλόγας), είτε τέλος από τις επικίνδυνες ουσίες ή τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται κατά την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ (π.χ. οι κυανιούχες ουσίες έκπλυσης, ο υδράργυρος για αμαλγάμωση του χρυσού) και απελευθερώνονται λόγω των ακατάλληλων χειρισμών και διαδικασιών.

Δεδομένης της διαρκώς αυξανόμενης παραγωγής ΑΗΗΕ και προκειμένου μειωθεί ο όγκος αυτών που απορρίπτονται στο περιβάλλον, από την παρούσα εργασία εξάχθηκε το συμπέρασμα ότι οι σχεδιαστές πρέπει να εφαρμόσουν ‘σχεδιασμό κλειστού βρόχου’, ώστε τα ρεύματα των απορριμμάτων να επαναδιοχετεύονται στην εφοδιαστική αλυσίδα για να γίνουν νέα ρεύματα πρώτων υλών ή κατασκευαστικών στοιχείων. Από τις δύο μακροπρόθεσμες προοπτικές για την ανακύκλωση των αποβλήτων υλικών η επαναχρησιμοποίηση (κλειστός βρόχος) κρίνεται προτιμητέα σε σχέση με την ανακύκλωση (ανοικτός βρόχος). Η επαναχρησιμοποίηση, η ανάκτηση δηλαδή των προϊόντων ή των εξαρτημάτων τους, αποτελεί προτεραιότητα γιατί η παραγωγή νέων προϊόντων επιφέρει περισσότερο καταστροφικές συνέπειες στο περιβάλλον και στις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας από ότι η επαναχρησιμοποίησή τους. Κατά συνέπεια, περιβαλλοντικά η επέκταση της ζωής των προϊόντων καθίσταται ως κεντρικός στόχος διαχείρισης των ΑΗΗΕ. Η ανακύκλωση ανοικτού βρόχου που αποτελεί την ανάκτηση πρώτων υλών από ένα αντικείμενο που έχει απορριφθεί, είναι μία από τις βασικότερες εναλλακτικές επιλογές των ΑΗΗΕ στο τέλος της ζωής τους, καθώς η επαναχρησιμοποίηση συχνά είναι δύσκολη για πολλούς λόγους, με κυριότερο από αυτούς την ταχύτητα της εξέλιξης της τεχνολογίας.

Από τις πέντε βασικές στρατηγικές διαχείρισης του ΗΗΕ που έχει φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής του, όσον αφορά το περιβαλλοντικό όφελος, η επισκευή είναι σαφώς καλύτερη επιλογή από την ανακατασκευή και την επιδιόρθωση, γιατί κατά τη διαδικασία απαιτείται λιγότερη ενέργεια και διατηρείται σχεδόν όλο το υλικό. Ωστόσο, το εμπόδιο της συμπεριφοράς του καταναλωτή (και η απαίτηση των κατασκευαστών για μελλοντικές νέες πωλήσεις) είναι τεράστιο δεδομένου ότι οι νέες πωλήσεις προϊόντων σήμερα στηρίζονται

στην απαξίωση των παλαιότερων. Ωστόσο, μια πρόταση είναι τα ΑΗΗΕ να ανακατασκευάζονται έτσι ώστε τα προϊόντα της δεύτερης ζωής να είναι σύγχρονα ως προς την τάση της αγοράς, διαθέτοντας βελτιωμένη αισθητική και λειτουργίες που θα τα καθιστούσαν επιθυμητά από τους καταναλωτές.

Μετά την επισκευή ακολουθεί σε σειρά σημαντικότητα ως προς το περιβαλλοντικό όφελος η ανακατασκευή, η οποία οδηγεί σε χαμηλότερα επίπεδα αποβλήτων και απαιτεί λιγότερη ενέργεια σε σχέση με την ανακύκλωση που έπεται. Όταν στο τέλος του κύκλου ζωής τους τα προϊόντων φθάνουν στο εργοστάσιο ανακατασκευής, ο κατασκευαστής είναι αναγκαίο να αποσυναρμολογήσει το προϊόν. Αυτή είναι μια δύσκολη και δαπανηρή διαδικασία και ένα βασικό εμπόδιο στην οικονομική και αποτελεσματική υλοποίηση της ανακατασκευής. Οι προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται για την άρση αυτού του εμποδίου ποικίλουν και συμπεριλαμβάνουν την τυποποίηση μερών και εξαρτημάτων, μεθόδους αντίστροφης συναρμολόγησης και το σπονδυλωτό / με πλατφόρμες σχεδιασμό. Η τελευταία και χειρότερη εναλλακτική είναι η διάθεση των αποβλήτων σε χώρους ταφής που γενικά θα πρέπει να αποφεύγεται.

Δεδομένης της διαρκώς αυξανόμενης παραγωγής ΑΗΗΕ, ο έντονος προβληματισμός γύρω από την ευθύνη της διαχείρισης των ΑΗΗΕ έχει εκφραστεί και στη νομοθεσία μέσα από τη διευρυμένη ευθύνη του παραγωγού. Με την εισαγωγή της εν λόγω νομοθεσίας, οι κατασκευαστές είναι πλέον υπεύθυνοι για τα προϊόντα τους μέσα στον κύκλο ζωής αυτών, αλλά και μετά το τέλος του. Ως αποτέλεσμα το ενδιαφέρον των εταιριών για την επισκευή, την επιδιόρθωση ή την ανακατασκευή των προϊόντων αρχίζει να αυξάνεται, επειδή τα πιθανά κέρδη από την επεξεργασία των ΑΗΗΕ αποδίδουν μεγαλύτερη 'προστιθέμενη αξία' με την ανακύκλωση. Υπάρχουν επίσης, τα πρόσθετα κοινωνικά οφέλη από την παροχή επικερδούς απασχόλησης εργατικού δυναμικού

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αναδείχθηκε η σημαντικότητα της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας (ειδικότερα στην περίπτωση των ΑΗΗΕ που διαθέτουν υψηλή αξία μεταπώλησης) ως προς την κατεύθυνση της ελαχιστοποίησης της χρήσης επικίνδυνων

υλικών, της μεγιστοποίησης των ανακυκλωμένων υλικών σε σχέση με αυτά που εξορύσσονται από το υπέδαφος, της μείωσης των ποσοτήτων που διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής, την ελαχιστοποίηση του συνεπαγόμενου κόστους και τη μεγιστοποίηση του κέρδους που μπορεί να προκύψει από το σωστά σχεδιασμένο χειρισμό των προϊόντων που βρίσκονται στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Ταυτόχρονα μέσα από τις διαδικασίες της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί προληπτικά και να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες των εταιρειών από κρατικές οικονομικές απαιτήσεις ή ρυθμίσεις και να βελτιωθεί η εταιρική εικόνα. Ως συμπέρασμα προκύπτει ότι η αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα, στις μέρες μας γίνεται πλέον αντιληπτή από τους οργανισμούς ως 'ανάκτηση των επενδύσεων', αντί για μια απλή ελαχιστοποίηση του κόστους της διαχείρισης των αποβλήτων.

Λόγω της οδηγίας για τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (οδηγία ΑΗΗΕ) και της οδηγίας για τον περιορισμό των επικίνδυνων ουσιών (RoHS), η σημασία της ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ έχει γίνει επιτακτική στην Ευρώπη. Στα πλαίσια της εργασίας εξετάστηκαν οι μέθοδοι για την επεξεργασία των ΑΗΗΕ που χρησιμοποιούνται σήμερα. Ο μηχανικός διαχωρισμός παρουσιάζει το σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης απλών συσκευών προκειμένου να αποκτηθούν διάφορα κλάσματα, ενώ τα μειονεκτήματα σε αυτήν την περίπτωση είναι η έντονη δημιουργία θορύβου και σκόνης. Όσον αφορά τη θερμική επεξεργασία παρουσιάζονται αέριες εκπομπές που προκαλούνται από την πυρόλυση και άλλες αντιδράσεις, ενώ τα κλάσματα που λαμβάνονται πρέπει να υποβάλλονται σε περαιτέρω διαδικασίες ή να απορρίπτονται. Βασικά μειονεκτήματα είναι τα αέρια απόβλητα και η σκόνη των καυσαερίων. Μεγάλο πλεονέκτημα όμως αποτελεί το γεγονός ότι υπάρχουν διαθέσιμες υφιστάμενες εγκαταστάσεις, ότι μπορεί να επιτευχθεί υψηλή καθαρότητα των μετάλλων και ότι υπάρχει η δυνατότητα ανάκτησης περισσότερων από ένα μέταλλα. Οι υδρομεταλλουργικές μέθοδοι επίσης οδηγούν σε υψηλή καθαρότητα μετάλλων, αλλά μειονεκτήματα αποτελούν ο μεγάλος όγκος των διαλλειμάτων έκπλυσης, ότι οι διαλύτες μπορεί να είναι διαβρωτικοί και τοξικοί, ενώ πρόβλημα είναι επίσης το υψηλό ποσό των λυμάτων. Η επεξεργασία των ΑΗΗΕ όμως, ιδίως των προϊόντων που διαθέτουν υλικά υψηλής επικινδυνότητας ή μεγάλες ποσότητες πλαστικών, χρειάζεται

πάντα συνδυασμό από διαφορετικές μεθόδους, όπως μηχανικές, θερμικές και υδρομεταλλουργικές διεργασίες.

Εκτός όμως από τις μεθόδους επεξεργασίας ΑΗΗΕ παγκοσμίως, έγινε προσπάθεια απεικόνισης της πραγματικότητας στη χώρα μας. Τα τελευταία χρόνια η Ελλάδα σημείωσε σημαντική πρόοδο στον τομέα της ανακύκλωσης ΑΗΗΕ, κυρίως μέσα από τη δημιουργία του πανελλήνιας εμβέλειας εναλλακτικού συστήματος που διαχειρίζεται η εταιρία Ανακύκλωση Συσκευών ΑΕ. Η πορεία της ανακύκλωσης ήταν επιτυχής αφού ήδη από το 2008 υπερκαλύφθηκε ο στόχος που είχε θέσει η Ε.Ε. για τη χώρα μας. Η δύσκολη οικονομική συγκυρία επέφερε μέσα στο 2010 και το 2011 πτώση στον κλάδο των λευκών συσκευών με συνέπεια τη σημαντική μείωση του συνολικού βάρους των ΑΗΗΕ που συλλέχθηκαν, ενώ το τρέχον έτος (2012) συνεχίζονται οι χαμηλοί ρυθμοί ανακύκλωσης ΑΗΗΕ, εφόσον τα νοικοκυριά δεν έχουν την αγοραστική δύναμη να αντικαταστήσουν τις παλιές οικοσυσκευές τους. Καθοριστικός επιβραδυντικός παράγοντας είναι το γεγονός ότι το κερδοσκοπικό καθεστώς συλλογής μέσω εμπόρων scrap και η παράνομη διακίνηση των σιδηρούχων ΑΗΗΕ προς τις χαλυβουργίες, αυξάνει σημαντικά το κόστος διαχείρισης των αποβλήτων και κατά συνέπεια εμποδίζει την ανάπτυξη της ανακύκλωσης στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Αξίζει να σημειωθεί ότι παρόλο που μέσα στο 2010-2011 τα επεξεργασμένα τεμάχια ΑΗΗΕ αυξήθηκαν, το τonaί της επεξεργασίας μειώθηκε κατά πολύ και σε αντιστοιχία με τη συλλογή. Κατά την εταιρία αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι καταναλωτικές συσκευές, καθώς και οι λαμπτήρες που έχουν κατά πολύ μικρότερο μέσο βάρος, απέσπασαν μερίδιο συλλογής από τις λευκές συσκευές. Τέλος οι συντελεστές αξιοποίησης ανά κατηγορία ΑΗΗΕ βρίσκονται όλα τα χρόνια υψηλότερα σε σχέση με τους εθνικούς στόχους. Μόνο στην κατηγορία 7 παρατηρείται μικρός συντελεστής αξιοποίησης που οφείλεται στη μεγάλη συμμετοχή παιχνιδομηχανών, που παρουσιάζουν εξαιρετικά χαμηλό ποσοστό ανακύκλωσης. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι στη χώρα μας υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίας όλων των κατηγοριών ΑΗΗΕ, εκτός από ηλεκτρικούς λαμπτήρες. Μετά τη

συλλογή τους, τα απόβλητα των λαμπτήρων μεταφέρονται διασυννοριακά προς εγκαταστάσεις του εξωτερικού.

Όσον αφορά τα ΑΗΗΕ που επεξεργάζονται σε εγκαταστάσεις στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων κλασμάτων είναι το σιδηρούχο κλάσμα (45,5%) που προέρχεται από τη μηχανική επεξεργασία των ΑΗΗΕ. Ανάλογα με την κατηγορία προϊόντων που διαχειρίζονται επικρατούν συγκεκριμένα είδη παραγόμενων κλασμάτων. Οι μεγάλες οικιακές συσκευές (κατηγορία 1) είναι η κατηγορία με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε σίδηρο (58,3%). Από τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα (κατηγορία 8) προκύπτουν κυρίως μέταλλα (σίδηρος 34,4% και άλλα μέταλλα 35%), ενώ από τις λάμπες (κατηγορία 5) προκύπτει κυρίως γυαλί (51,6%). Μέταλλα (σιδηρούχα και μη), πλαστικό και ηλεκτρομηχανικά μέρη (που προέχονται από την αποσυναρμολόγηση) ανακτώνται κυρίως από τις μεγάλες οικιακές συσκευές (κατηγορία 1) με συμμετοχή 80,9%, 72,2%, 41,5% και 72,2% αντίστοιχα. Το γυαλί προκύπτει κυρίως (69,5%) από την απορρύπανση των οθονών υπολογιστών και των τηλεοράσεων (κατηγορία 4).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το Κοινοβούλιο βρίσκονται στη διαδικασία αναδιατύπωσης της οδηγίας της Ε.Ε. για τα ΑΗΗΕ. Η αναδιατυπωμένη οδηγία θέτει στόχο της συλλογής ΑΗΗΕ που συλλέγονται σε μια δεδομένη χρονιά βάρους ίσο με το 65% του μέσου βάρους ΗΗΕ που έχει διατεθεί στην αγορά την προηγούμενη τριετία. Η εκτίμηση είναι ότι θα αυξηθούν σημαντικά οι ποσότητες που θα πρέπει η χώρα μας να διαχειριστεί ώστε να εναρμονιστεί με το νέο θεσμικό πλαίσιο για τα επόμενα χρόνια. Έχει υπολογιστεί ότι ο στόχος των 4 kg ανά κάτοικο για την Ελλάδα γίνεται 11,3 kg το 2013 και 17,1 kg το 2016. Από τεχνικής άποψης οι μονάδες επεξεργασίας ΑΗΗΕ στην Ελλάδα έχουν τη δυνατότητα διαχείρισης πολύ μεγαλύτερων ποσοτήτων αποβλήτων από αυτές που έως σήμερα διαχειρίζονται. Αυτό σημαίνει ότι πρακτικά μπορούν να διαχειριστούν στο υφιστάμενο πλαίσιο μεγαλύτερες ποσότητες ΑΗΗΕ χωρίς τεχνικά προβλήματα και να ανταπεξέλθουν στις πιθανές νέες απαιτήσεις της ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Τα προβλήματα που προκύπτουν εντοπίζονται κατά μείζονα λόγο στη διαδικασία της συλλογής των αποβλήτων.

Επιπλέον, παρόλο που έχει πραγματοποιηθεί σημαντική προσπάθεια για την ευαισθητοποίηση του καταναλωτικού κοινού πάνω στο θέμα, απαιτείται περαιτέρω προσπάθεια ώστε να γίνει συνείδηση η απόρριψη των ΗΗΣ εντός του επίσημου εναλλακτικού συστήματος διαχείρισης ΑΗΗΕ. Επιπρόσθετα, τροχοπέδη για την ανακύκλωση των παλιών συσκευών αποτελεί η κακή οικονομική κατάσταση των δήμων, με αποτέλεσμα να δείχνουν μεγαλύτερη απροθυμία εξυπηρέτησης των δημοτών που ενδιαφέρονται να ανακυκλώσουν τις παλιές ογκώδεις συσκευές τους.

Παρά την πλήρη λειτουργία του επίσημου εναλλακτικού συστήματος διαχείρισης, οι οικιακές συσκευές εξακολουθούν να απορρίπτονται κατά τρόπο ανεξέλεγκτο. Σε συνδυασμό με την αδυναμία των περισσότερων δήμων να εξυπηρετούν τους δημότες - όσον αφορά στην ασφαλή περισυλλογή των ογκωδών ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών προς ανακύκλωση - διευκολύνεται η ανεξέλεγκτη δράση των πλανόδιων συλλεκτών (αθίγγανοι και παράνομοι μετανάστες), φαινόμενο που έχει λάβει ιδιαίτερα μεγάλες διαστάσεις το τελευταίο έτος. Οι αποδέκτες της συλλογής αυτής είναι οι έμποροι παλαιών μετάλλων (έμποροι σκραπ) που μεταπωλούν τις συσκευές σε βιομηχανίες μετάλλων, επιβαρύνοντας σημαντικά το περιβάλλον με τοξικές ουσίες λόγω της καύσης των επιβλαβών στοιχείων που περιέχονται στις συσκευές ή της διάβρωσής των συσκευών από τη μη ελεγχόμενη απόρριψη τους, μαζί με όλα τα βλαβερά για το περιβάλλον υλικά που περιέχουν. Αυτός ο άναρχος τρόπος συλλογής εκτός από την ανεπανόρθωτη ρύπανση του περιβάλλοντος αυξάνει σημαντικά το κόστος της ανακύκλωσης, γιατί ο επίσημος φορέας αγοράζει από τους εμπόρους σκραπ μεγάλες ποσότητες ΗΗΣ σε υψηλές τιμές προκειμένου τα απόβλητα αυτά να ξαναμπούν στο θεσμικό δίκτυο διαχείρισής, ώστε να γίνει δόκιμη διαχείρισή τους. Καθίσταται φανερό ότι η παράνομη διακίνηση των ΑΗΗΕ προκαλεί περαιτέρω και οικονομικά προβλήματα, εφόσον δεν εισπράττονται οι αναλογούντες φόροι. Απαιτείται ο εντατικός έλεγχος των εταιριών σκραπ από τις αρμόδιες αρχές τόσο ως προς τις απαραίτητες άδειες όσο και ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους, ενώ έχει αναδειχθεί έντονα η ανάγκη θεσμοθέτησης νέων μέτρων από το αρμόδιο Υπουργείο ώστε να περιοριστεί κατά το δυνατό το φαινόμενο αυτό. Είναι σαφές ότι για να

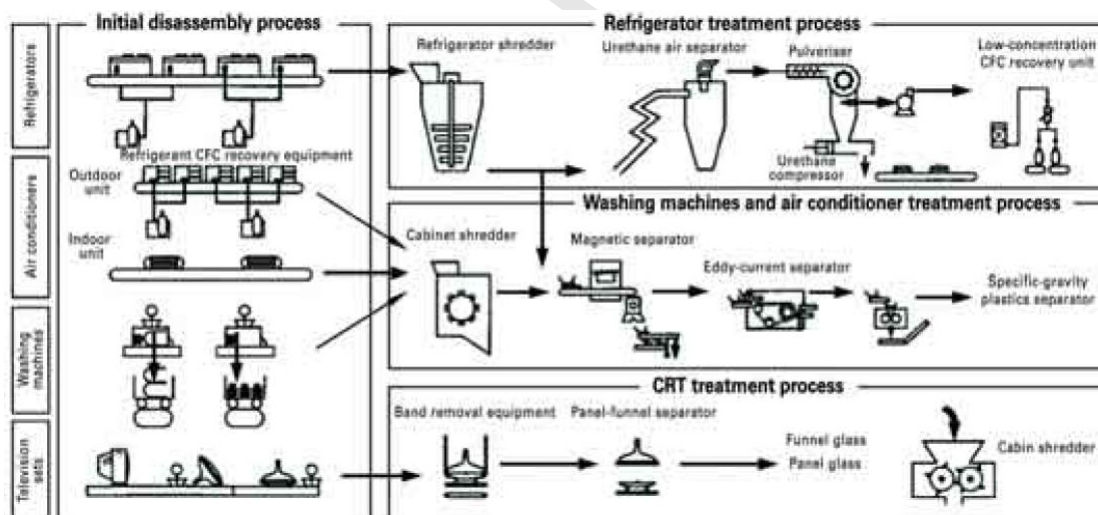
αντιμετωπιστεί αυτή η κατάσταση είναι απαραίτητη η οικονομική ενίσχυση των εμπλεκομένων Ο.Τ.Α., η προσπάθεια ευαισθητοποίησης των καταναλωτών, αλλά και η οργάνωση του 'άτυπου τομέα ανακύκλωσης' σε κοινωνικές επιχειρήσεις που θα λειτουργούν οργανωμένα μέσα στο πλαίσιο του επίσημου εναλλακτικού συστήματος διαχείρισης.

Από όλα τα ανωτέρω συνάγεται ότι η ορθή επεξεργασία των ΑΗΗΣ αποτελεί μέρος της βιώσιμης ανάπτυξης, δεδομένου ότι συμβάλλει στην καλλίτερη δυνατή αξιοποίηση των πόρων και έχει ως στόχο οι καταναλωτές να χρησιμοποιούν και να επαναχρησιμοποιούν αποδοτικά και αποτελεσματικά ολόκληρη την ενσωματωμένη αξία ενός προϊόντος. Με αυτό τον τρόπο συμβάλλει σημαντικά στο στόχο της αειφόρου ανάπτυξης και αποτελεί οδηγό για ένα πιο οικολογικά ευαίσθητο πρότυπο ανάπτυξης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΥΣΚΕΥΩΝ

Για την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ έχει προταθεί μια σειρά από μεθοδολογίες, όμως ενώ κάθε ομάδα προϊόντων έχει τα δικά της χαρακτηριστικά, ταυτόχρονα μοιράζεται χαρακτηριστικά και με άλλες ομάδες. Συνακόλουθα η διαδικασία της ανακύκλωσης κάθε ομάδας συσκευών είναι διαφορετική από τις άλλες ομάδες, αλλά ταυτόχρονα μοιράζεται κάποιες κοινές διεργασίες. Μια βασική ιδέα που αναπτύχθηκε στην Ιαπωνία και υφίσταται σήμερα στην πλειοψηφία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας συνδυάζει τη χειρονακτική απορρύπανση ή προ-επεξεργασία με τις τεχνολογίες τεμαχισμού και το διαχωρισμού. Στο σύστημα που αναπτύχθηκε (βλ. σχήμα Α.1) θεωρείται πιθανή η μελλοντική ένταξη και άλλων γραμμών προϊόντων, όπως του εξοπλισμού γραφείου, των αυτόματων πωλητών κ.α.



Σχήμα Α.1. Απεικόνιση ενός από τα πρώτα βασικά σχήματα επεξεργασίας στην Ιαπωνία (Πηγή: DTI, 2006).

Στις επόμενες ενότητες θα περιγράψουν αναλυτικά οι διαδικασίες ανακύκλωσης για ενδεικτικές κατηγορίες συσκευών ΗΗΕ. Τα στοιχεία για τα επόμενες ενότητες πάρθηκαν

από το πρόγραμμα της Ε.Ε., Life-3rd Countries 2004-2006, ‘Ανάπτυξη βέλτιστων συστημάτων διαχείρισης των αποβλήτων υψηλής προτεραιότητας στην Κύπρο’ που εκπονήθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος της Κύπρου και τη Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης & Τεχνολογίας της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΚ, 2006). Κάθε άλλο στοιχείο αναφέρεται.

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΕΩΝ

Αρχικά λαμβάνει χώρα συγκέντρωση των απορριπτόμενων τηλεοράσεων σε συγκεκριμένα σημεία και οι συσκευές τοποθετούνται σε διάταξη σειράς.



Εικόνα Α.1. Συγκέντρωση των απορριπτόμενων τηλεοράσεων.

Έπειτα, οι τηλεοράσεις ζυγίζονται, αποκόπτεται το ηλεκτρικό καλώδιο και ξεκινάει η διαδικασία αποσυναρμολόγησής τους, η οποία γίνεται χειρωνακτικά. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά, με τη χρήση κατασαβιδιών απομακρύνονται οι βίδες έτσι, ώστε να αφαιρεθεί το πίσω κάλυμμα της τηλεόρασης. Στη συνέχεια, απομακρύνονται τα ηχεία, ο πίνακας ελέγχου (control board) και ο ζυγός εκτροπής (deflection yolk), τα οποία συγκεντρώνονται σε σωρούς. Σημειώνεται ότι ο πίνακας ελέγχου αποτελείται από ηλεκτρονικά εξαρτήματα τα οποία είναι κατασκευασμένα από διάφορα υλικά όπως μέταλλα, ρητίνες και υλικά συγκόλλησης από μόλυβδο.



Εικόνα Α.2. Διαδικασία αποσυναρμολόγησής

Στη συνέχεια, τεμαχίζεται το εξάρτημα ηλεκτρονίων (electron gun) με ειδικό πριόνι.



Εικόνα Α.3. Τεμαχισμός εξαρτήματος ηλεκτρονίων (electron gun)

Μετά την απομάκρυνση του κιβωτίου (cabinet) της τηλεόρασης με τη χρήση ειδικού εργαλείου, εμφανίζεται στο πίσω μέρος ο καθοδικός σωλήνας ακτινών (cathode ray tube). Το κιβώτιο, όπως ακριβώς και το κάλυμμα, συνθλίβεται σε μικρότερα κομμάτια και ταξινομείται σε διαφορετικούς τύπους πλαστικών. Στο σύνολο τους, όλα αυτά τα υλικά ανακυκλώνονται ως πρώτες ύλες για πλαστικά ή χρησιμοποιούνται ως καύσιμο.



Εικόνα Α.4. Εξαγωγή καθοδικού σωλήνα ακτινών (cathode ray tube).

Το σημείο στο οποίο το γυαλί της οθόνης (panel glass) και το γυαλί του καθοδικού σωλήνα (funnel glass) έρχονται σε επαφή, πάνω στην περίμετρο του καθοδικού σωλήνα ακτινών καλύπτεται από μία ζώνη ενίσχυσης από χάλυβα (reinforced band). Η ζώνη αυτή αφαιρείται από τον καθοδικό σωλήνα με τη βοήθεια ειδικού εργαλείου. Στη διαδικασία ανακύκλωσης, αυτό το εργαλείο θερμαίνει ταχύτατα τη ζώνη ενίσχυσης, ώστε να εκταθεί, στη συνέχεια τη συμπιέζει και απομακρύνει τη ζώνη αυτόματα.



Εικόνα Α.5. Αποσυναρμολόγησή καθοδικού σωλήνα ακτινών 1^ο βήμα

Με την απομάκρυνση της ζώνης ενίσχυσης, στο σημείο σύνδεσης παραμένουν ταινίες συγκόλλησης και κόλλα. Για την απομάκρυνση αυτών των υλικών χρησιμοποιείται ειδική ηλεκτρική βούρτσα. Τα υλικά αυτά συγκεντρώνονται χειρωνακτικά με ειδική συσκευή. Αφού προηγηθούν όλα τα παραπάνω, ξεκινάει η αποσυναρμολόγηση του καθοδικού σωλήνα ακτινών (Cathode ray tube – CRT), με διαχωρισμό του γυαλιού της οθόνης από το γυαλί του καθοδικού σωλήνα. Τα δύο τμήματα γυαλιού τα οποία διαχωρίζονται οδηγούνται προς περαιτέρω διαχείριση.



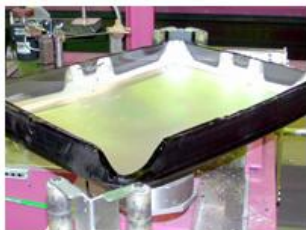
Εικόνα Α.6. Αποσυναρμολόγησή καθοδικού σωλήνα ακτινών 2^ο βήμα.

Μετά το διαχωρισμό αυτό, εμφανίζεται το εξάρτημα ανάκλασης (shadow mask), το οποίο είναι από χάλυβα. Αφού αφαιρεθεί, οδηγείται σε γραμμή ανακύκλωσης για απορρίμματα από χάλυβα για περαιτέρω διαχείριση. Έτσι ολοκληρώνεται η αποσυναρμολόγηση του CRT.



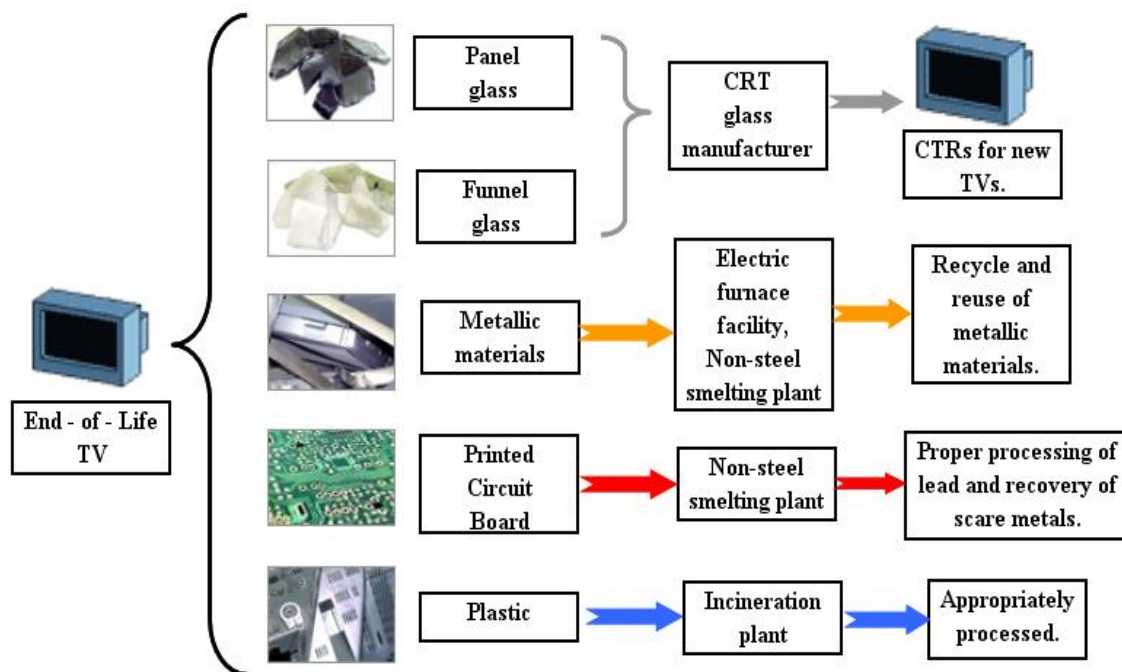
Εικόνα Α.7. Αποσυναρμολόγησή καθοδικού σωλήνα ακτινών 3^ο βήμα.

Το εσωτερικό του γυαλιού της οθόνης είναι καλυμμένο με υλικό φθορισμού και επιστρώσεις αργιλίου που είναι συνδεδεμένες με αυτό. Αν το γυαλί αυτό ανακυκλωνόταν ως έχει, τότε το ανακτημένο υλικό θα περιείχε πολλές ακαθαρσίες. Γι' αυτό το λόγο, οι επιστρώσεις αργιλίου και τα άλλα υλικά απομακρύνονται με τη βοήθεια βούρτσας και οι προσμίξεις απομακρύνονται με ειδική συσκευή.



Εικόνα Α.8. Απομάκρυνση επιστρώσεων αργιλίου από το εσωτερικό του γυαλιού της οθόνης .

Στο σχήμα Α.2 που ακολουθεί περιγράφονται αναλυτικά τα υλικά που ανακτώνται από τις συσκευές τηλεοράσεων.



Σχήμα Α.2. Συνοπτική παρουσίαση ανακτήσιμων υλικών από μια τηλεόραση

Γενικά, τα πολυμερή υλικά που περιέχονται στον ΑΗΗΕ περιέχουν κυρίως εποξειδικές ρητίνες (epoxy resins) και στυρένιο. Επίσης, συχνά περιέχουν βρωμιούχες αρωματικές ενώσεις. Τη δεκαετία του 1980 για τη μείωση της ευφλεξιμότητας των υλικών αυτών, χρησιμοποιούνταν σε ευρεία κλίμακα αλογονωμένοι επιβραδυντές φλόγας. Για πολλές ροές αποβλήτων, οι διαδικασίες ανακύκλωσης εμποδίζονται από την παρουσία βρωμιούχων επιβραδυντών φλόγας (Brominated Flame Retardants - BFRs). Για παράδειγμα, η χρήση ανακυκλωμένου ABS (ακρυονιτρίλιο – βουταδιένιο – στυρένιο) ως μίγμα με PC (polycarbonate) δεν είναι εφικτή, επειδή το BFR προκαλεί τον αποπολυμερισμό του PC, με αποτέλεσμα την κακή ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

Η ανάκτηση οργανικών ουσιών ή πολύτιμων μετάλλων από ρεύματα αποβλήτων που περιέχουν BFRs μπορεί να επιτευχθεί μερικώς με μηχανικές μεθόδους, ωστόσο είναι γνωστό ότι για τα ρεύματα ΑΗΗΕ οι θερμικές επεξεργασίες είναι γενικά πιο αποτελεσματικές. Επίσης, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον στη βιομηχανία βρωμίου για ανάκτηση βρωμίου από ροές αποβλήτων που περιέχουν BFRs με χρήση θερμικής

επεξεργασίας. Η θερμική επεξεργασία των ΑΗΗΕ διευκολύνει την ανάκτηση του βρωμίου, μονομερών και άλλων χημικών ουσιών, καθώς επίσης και πολύτιμων μετάλλων, αλλά παρουσιάζει το μειονέκτημα της πιθανής παραγωγής τοξικών αλογονωμένων διβενζοδιοξινών (super – toxic halogenated dibenzodioxins) και διβενζοφουρανών (dibenzofurans). Τα απόβλητα των ΑΗΗΕ δεν είναι κατάλληλα για χρήση σε κλιβάνους χυτηρίων (blast furnace) εξαιτίας της ποσότητας των αλογόνων, των μετάλλων και των αδρανών υλικών που περιέχουν. Αντιθέτως, μπορούν να υποβληθούν σε θερμική επεξεργασία σε βιομηχανίες τσιμέντων ως υποκατάστατο του συμβατικού καυσίμου.

Η δεύτερη ομάδα πιθανών σεναρίων διαχείρισης οθονών που έχουν αποσυρθεί από την αγορά είναι η εξής:

- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά και θερμική επεξεργασία υπολείμματος.
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, μεταφορά υλικών στο εξωτερικό και θερμική επεξεργασία υπολείμματος.

Τέλος, η τρίτη ομάδα πιθανών σεναρίων διαχείρισης οθονών που έχουν αποσυρθεί από την αγορά είναι η εξής:

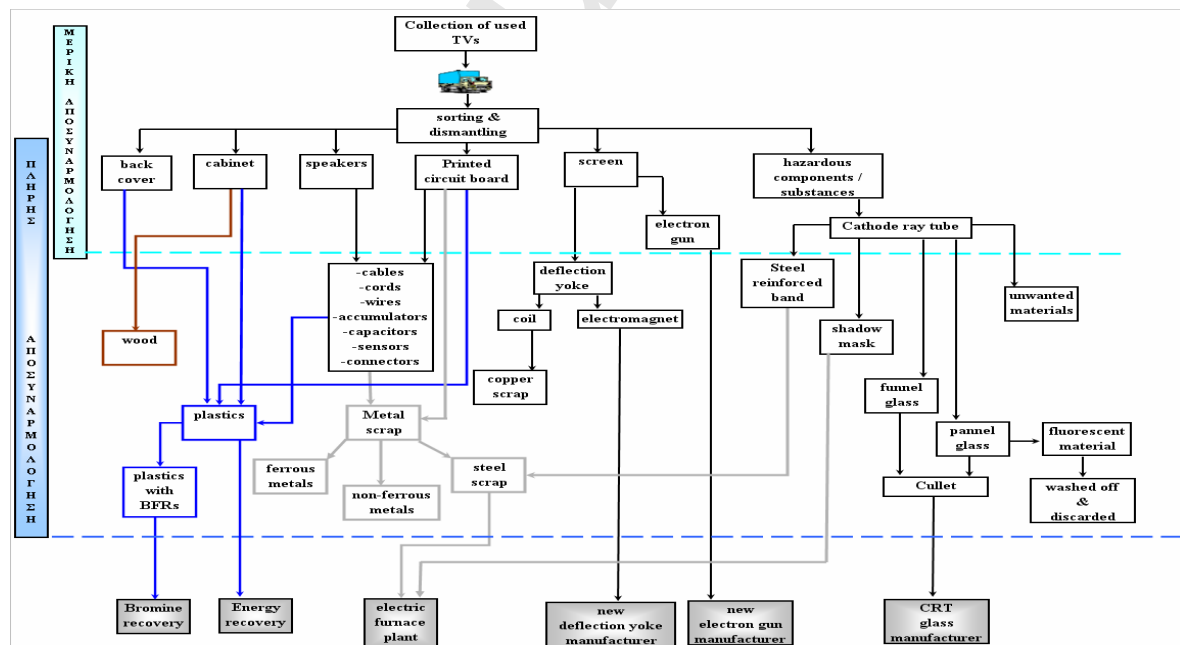
- Μερική αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά.
- Μερική αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά και θερμική επεξεργασία υπολείμματος.
- Μερική αποσυναρμολόγηση και μεταφορά υλικών στο εξωτερικό.
- Μερική αποσυναρμολόγηση, μεταφορά υλικών στο εξωτερικό και θερμική επεξεργασία υπολείμματος.

Προκειμένου να αποφασιστεί εάν θα λάβει χώρα μερική ή πλήρης αποσυναρμολόγηση των συσκευών, το κριτήριο είναι το βάρος, το μέγεθος και η ευκολία απόσπασης των διαφόρων τμημάτων από το κύριο σώμα της συσκευής. Η μερική αποσυναρμολόγηση εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που δεν υφίσταται η απαραίτητη υλικοτεχνική υποδομή και τεχνολογία για εφαρμογή πλήρους αποσυναρμολόγησης ή κρίνεται ασύμφορη και μη οικονομικά

βιώσιμη η εφαρμογή της τελευταίας. Η μερική αποσυναρμολόγηση γίνεται χειρωνακτικά, με μηχανικά μέσα (αυτοματοποιημένα) ή και με συνδυασμό των δύο πρακτικών.

Τονίζεται, επίσης, ότι στην μερική αποσυναρμολόγηση (όπως συμβαίνει και στην πλήρη αποσυναρμολόγηση) είναι απαραίτητο πριν από την αποσυναρμολόγηση και τον τεμαχισμό των τμημάτων της συσκευής, όλα τα συστατικά και οι ουσίες οι οποίες περιέχονται σε συγκεκριμένα τμήματα και τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν προβλήματα στη δημόσια υγεία και το περιβάλλον πρέπει να απομακρύνονται. Τα εξαρτήματα αυτά είναι: Πίνακες ηλεκτρικών κυκλωμάτων (Printed circuit boards - (PCBs), Καθοδικοί σωλήνες ακτινών (Cathode ray tubes -CRTs), μπαταρίες κ.α. Οι επικίνδυνες ουσίες οι οποίες περιέχονται στα παραπάνω εξαρτήματα είναι βαρέα μέταλλα, όπως υδράργυρος, μόλυβδος, κάδμιο και χρώμιο, αλογονωμένες ουσίες, όπως χλωροφθοράνθρακες (CFCs), πολυχλωριωμένα βιφαινύλια (PCBs), πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) και βρωμιούχοι επιβραδυντές φλόγας (BFRs).

Στο σχήμα Α.3 που ακολουθεί παρουσιάζεται η διαδικασία μερικής και πλήρους αποσυναρμολόγησης μιας τηλεόρασης.



Σχήμα Α.3. Διαδικασία μερικής και πλήρους αποσυναρμολόγησης μιας τηλεόρασης.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα, από την ανακύκλωση των καθοδικών λυχνιών για την παραγωγή νέων είναι:

- Τα ανακυκλώσιμα θραύσματα αντικαθιστούν πρώτες ύλες με το ίδιο ή και χαμηλότερο κόστος.
- Βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων λυχνιών.

Από την άλλη μεριά τα μειονεκτήματα είναι τα εξής:

- Δυσκολία ταυτοποίησης της σύστασης του γυαλιού των λυχνιών.
- Υψηλό κόστος διαλογής και διαχωρισμού του πλαισίου από το χωνί.
- Υψηλό κόστος της απαιτούμενης υποδομής.

Η δυσκολία στην επεξεργασία μιας οθόνης CRT έγκειται κυρίως σε τρεις παράγοντες:

1. οι δυσκολίες που παρουσιάζονται κατά την αποσυναρμολόγηση.
2. οι οθόνες καθοδικών ακτινών επαναχρησιμοποιούνται και αναβαθμίζονται δύσκολα.
3. η μεγάλη ποικιλία των ουσιών που υπάρχουν σε μια οθόνη καθοδικών ακτινών.

Από τα πιο εύκολα ανακυκλώσιμα τμήματα των CRT είναι τα πηνία, ενώ το γυαλί της οθόνης έχει πολλούς περιορισμούς στην επαναχρησιμοποίηση του λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων που περιέχει και το κάνει ακατάλληλο για πολλές χρήσεις. Οι τεχνικές δυσκολίες που υπάρχουν δυσκολεύουν την πλήρη αυτοματοποίηση των μεθόδων που ακολουθούνται οπότε απαιτείται ανθρώπινη ανάμειξη (Μπιλάλης, 2011).

Στην κατεύθυνση της μεγιστοποίησης του βαθμού αυτοματοποίησης της αποσυναρμολόγησης και της ελαχιστοποίησης των αρνητικών επιπτώσεων μπορεί να βοηθήσει:

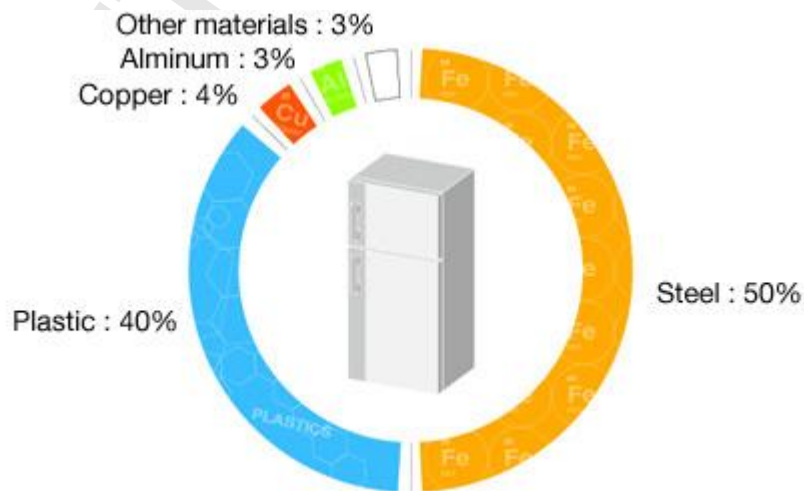
- Η κατάλληλη αρχική σχεδίαση των προϊόντων (χρήση κατάλληλων επιμέρους τμημάτων, χρήση κατάλληλων υλικών, κ.α.)

- Η κατάλληλη εκπαίδευση
- Η παροχή μέσων προστασίας στο προσωπικό που εμπλέκεται άμεσα ή έμμεσα στη συγκεκριμένη διαδικασία.

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΨΥΓΕΙΩΝ

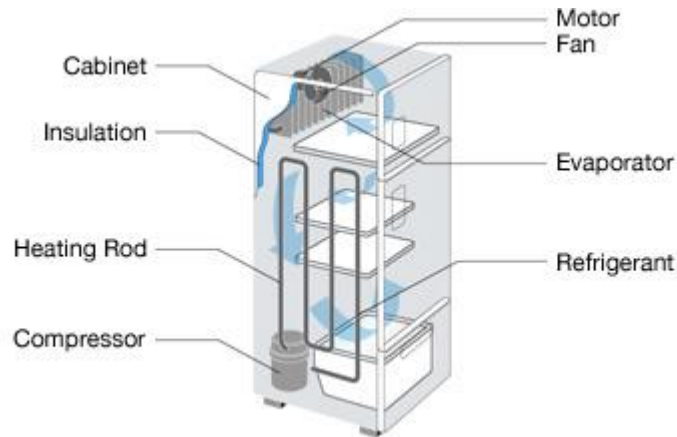
Η αλυσίδα της ανακύκλωσης για τις συσκευές κλιματιστικών και ψυγείων αρχίζει με τη φάση συλλογής κατά την οποία προκύπτει ένα κρίσιμο περιβαλλοντικό ζήτημα. Είναι πολύ σημαντική η αποφυγή της καταστροφής του ψυκτικού κυκλώματος κατά τη μεταφορά και το χειρισμό, ώστε να αποτραπούν οι απώλειες του ψυκτικού μέσου που συνήθως αποτελείται από ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος (ozone depleting substances – ODS, κυρίως CFC και HCFC) και παρουσιάζουν πολύ μεγάλο Δυναμικό Παγκόσμιας Υπερθέρμανσης (Global Warming Potential – GWP) (βλ. κεφάλαιο 1, ενότητα 1.5) ιδιαίτερα για τις παλαιότερες συσκευές.

Στο σχήμα Α.4 απεικονίζεται η % κατά βάρος σύσταση των υλικών από τα οποία αποτελείται ένα ψυγείο.



Σχήμα Α.4. Τυπική σύσταση υλικών ενός ψυγείου.

Επιπλέον, στο σχήμα Α.5, παρουσιάζονται τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται ένα ψυγείο.



Σχήμα Α.5. Κύρια μέρη ενός ψυγείου.

Πιο συγκεκριμένα:



Συμπιεστής - Compressor: Ο συμπιεστής, που καλύπτεται με ένα παχύ στρώμα χάλυβα, αποτελείται από πολλά εξαρτήματα συμπεριλαμβανομένων των κινητήρων από χάλυβα και ενός πύργου χαλκού. Ο κύριος ρόλος του είναι να συμπιέζει την ψυκτική ουσία έως ότου υγροποιηθεί.



Μόνωση - Insulation: Ο αφρός ουρεθάνης χρησιμοποιείται για να μονώσει το ψυγείο, για να αποτρέψει το δροσερό αέρα να βγαίνει από το εσωτερικό του και το ζεστό αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον να εισέρχεται σε αυτό. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανακύκλωσης, απομακρύνονται οι φθοράνθρακες (fluorocarbons) που περιέχονται μέσα στον αφρό από ουρεθάνη.



Εξαμιστήρας - Evaporator: Μετατρέπει την ψυκτική ουσία από την αέρια στην υγρή μορφή, επιτυγχάνοντας έτσι την επιθυμητή ψύξη της, λόγω της θερμότητας εξάτμισης. Περιέχει χάλυβα και αργίλιο, τα οποία μπορούν να ανακυκλωθούν.



Κινητήρας - Motor: Ο κινητήρας παρέχει την ενέργεια για την κίνηση του ανεμιστήρα. Περιέχει υλικά όπως χάλυβας, χαλκός και πλαστικά τα οποία μπορούν να ανακυκλωθούν.



Ανεμιστήρας - Fan: Ο ανεμιστήρας αποτελείται από πλαστικό ABS και χρησιμοποιείται για να παρέχει κρύο αέρα στο εσωτερικό του ψυγείου.



Περίβλημα - Cabinet: Αποτελείται από φύλλα χάλυβα με ένα εξωτερικό επίστρωμα βαφής.



Θερμαινόμενη ράβδος - Heating Rod: Η θερμότητα που παράγεται από την ψυκτική ουσία όταν μετατρέπεται από αέριο σε υγρό απελευθερώνεται μέσω της ράβδου. Αποτελείται από χάλυβα και χαλκό, υλικά τα οποία μπορούν να ανακυκλωθούν.

Τα συστήματα διαχείρισης που εξετάζονται αναφορικά με τα ψυγεία ακολουθούν την ίδια προσέγγιση με αυτή που εφαρμόζεται για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Η πρώτη ομάδα πιθανών σεναρίων διαχείρισης:

- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση των υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση των υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και υποδομών
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και μεταφορά των υλικών στο εξωτερικό

- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά και θερμική επεξεργασία υπολείμματος με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, μεταφορά υλικών στο εξωτερικό και θερμική επεξεργασία υπολείμματος

Η δεύτερη ομάδα πιθανών σεναρίων διαχείρισης:

- Μερική αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
- Μερική αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Μερική αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών
- Μερική αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Μερική αποσυναρμολόγηση και μεταφορά υλικών στο εξωτερικό
- Μερική αποσυναρμολόγηση, μεταφορά υλικών στο εξωτερικό και θερμική επεξεργασία υπολείμματος

Επιπλέον, εξετάζεται και η πρακτική επισκευής ψυγείων.

Στη συνέχεια, δίδεται αναλυτική περιγραφή μίας γραμμής ανακύκλωσης ψυγείων. Σε πρώτο στάδιο, κόβεται το ηλεκτρικό σκοινί, αφαιρούνται οι μαγνήτες και οι δίσκοι. Το πολυπροπυλένιο (PP) και το πολυστυρένιο (PS) που αφαιρούνται σε αυτό το στάδιο μεταφέρονται, συνθλίβονται και μετατρέπονται σε δευτερογενή υλικά για την παραγωγή νέων προϊόντων.



Εικόνα Α.9. Αποσυναρμολόγησή ψυγείων 1^ο στάδιο.

Στη συνέχεια, απομακρύνονται οι φθοράνθρακες που χρησιμοποιούνται ως ψυκτικό, όπως επίσης και το λάδι που βρίσκεται μέσα στο συμπιεστή του ψυγείου και οδηγούνται προς περαιτέρω διαχείριση. Σε αντίθεση με τους συμπιεστές των συστημάτων κλιματισμού (air – conditions) που συνθλιβονται, ο συμπιεστής του ψυγείου αφαιρείται χειρωνακτικά, κόβεται σε επιμέρους τμήματα και αποσυναρμολογείται.



Εικόνα Α.10. Απομακρύνονται ψυκτικού υγρού.

Ακολούθως, το εναπομένον τμήμα του ψυγείου υπόκειται σε διαδικασίες σύνθλιψης και τεμαχισμού.



Εικόνα Α.11. Διαδικασία σύνθλιψης.

Σημειώνεται ότι οι φθοράνθρακες δεν χρησιμοποιούνται μόνο ως ψυκτικά, αλλά και ως μέσο εμφύσησης (blowing agent) για τον αφρό από ουρεθάνη που τοποθετείται στα

ψυγεία ως υλικό μόνωσης. Για την αποφυγή διαφυγής των φθορανθράκων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης τα στάδια σύνθλιψης και διαχωρισμού ενδείκνυται να λαμβάνουν χώρα σε σφραγισμένο χώρο. Στη διαδικασία του διαχωρισμού, αρχικά, ένας μαγνήτης απομακρύνει όλα τα υλικά από χάλυβα και έπειτα, ο αφρός μικρού βάρους από ουρεθάνη αφαιρείται με τη χρήση αέρα, συνθλίβεται περαιτέρω και συμπιέζεται σε κυλινδρικούς δίσκους.



Εικόνα Α.12. Διαχωρισμός χάλυβα και αφρού από ουρεθάνη.

Μετά την απομάκρυνση του χάλυβα και της ουρεθάνης, τα υπόλοιπα υλικά υπόκεινται σε μηχανική δόνηση και γίνεται διαχωρισμός τους με βάση τη διαφορά στο ειδικό τους βάρος (βαρύ και ελαφρύ κλάσμα). Το βαρύ κλάσμα αποτελείται κυρίως από μίγματα μετάλλων, όπως αργιλίου και χαλκού.



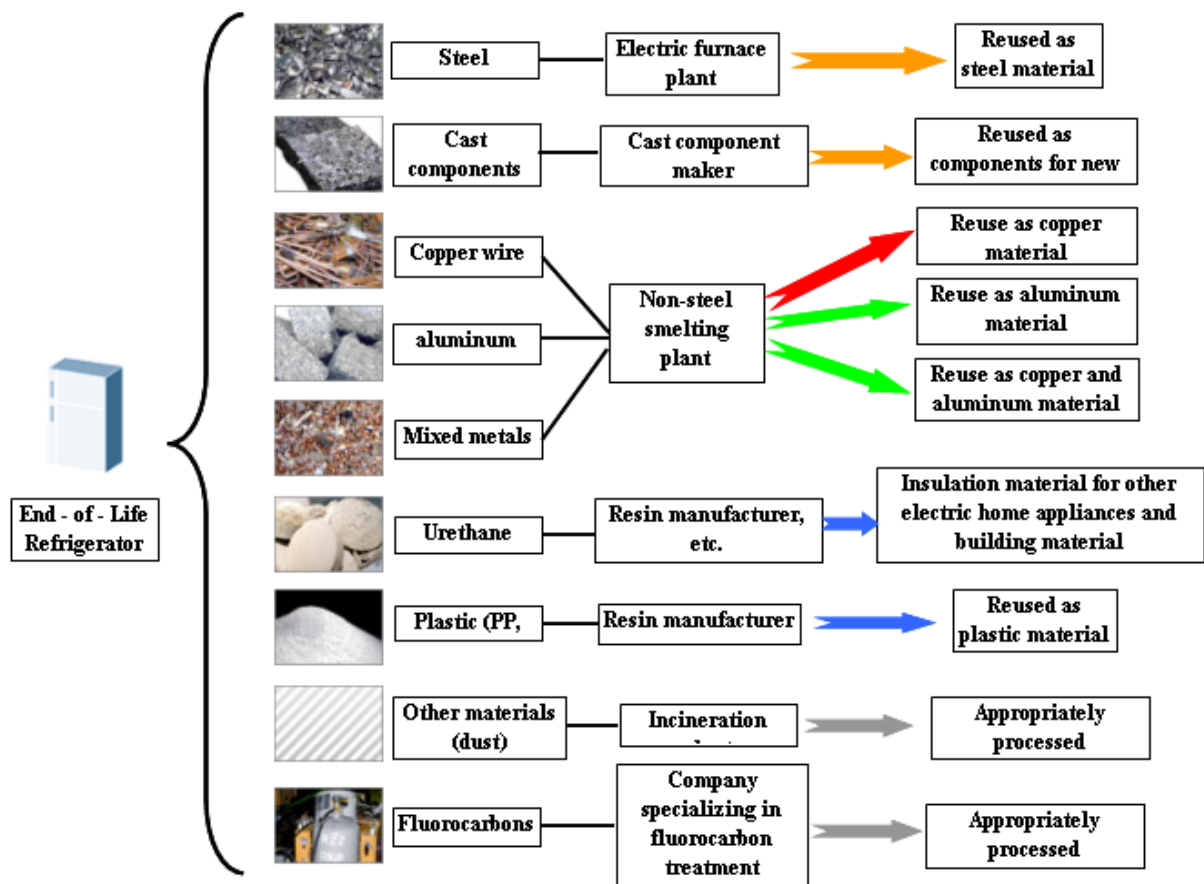
Εικόνα Α.13. Διαχωρισμός των υπόλοιπων υλικών.

Όλα τα αφαιρούμενα υλικά, όπως ο χάλυβας, τα μίγματα μετάλλων (χαλκός και αργίλιο), ο αφρός ουρεθάνης και οι κόκκοι πλαστικών (PP και PS) απομακρύνονται ξεχωριστά από τη μηχανή σύνθλιψης. Μετά την απομάκρυνσή τους, πακετάρονται σε ξεχωριστούς σάκους και προωθούνται στην αγορά.

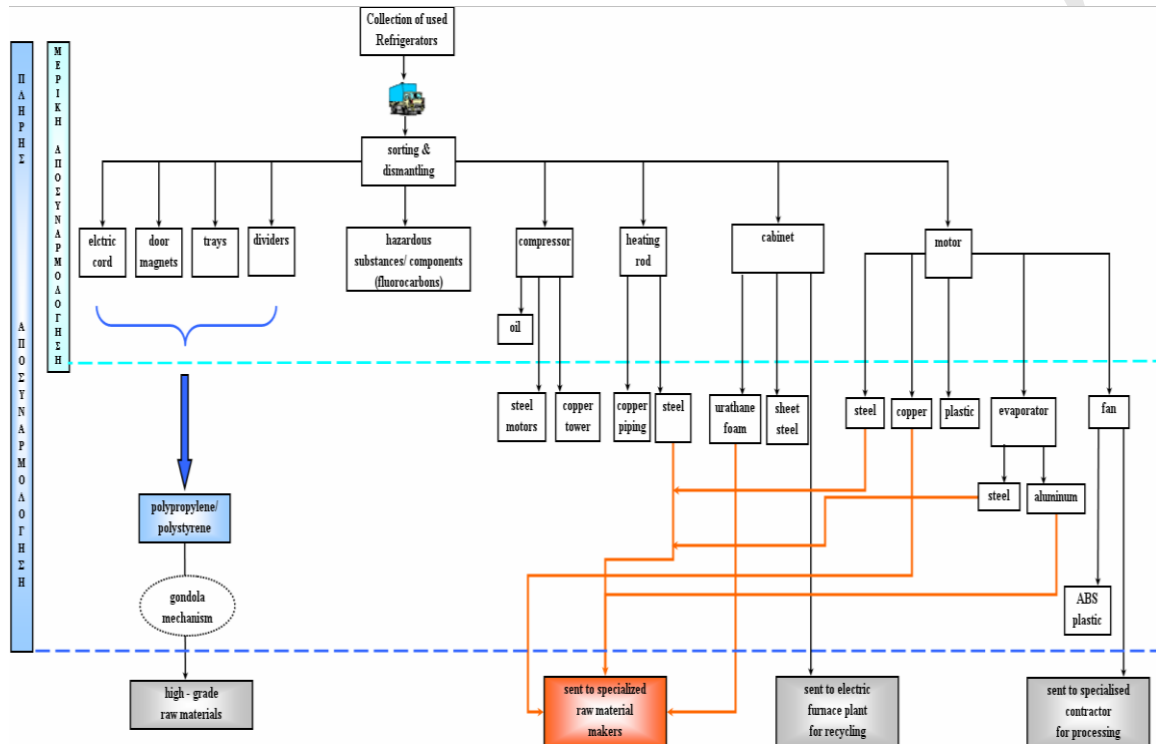


Εικόνα Α.14. Ταξινόμηση ανακτημένων υλικών.

Στο σχήμα Α.6 περιγράφονται αναλυτικά τα υλικά που ανακτώνται από τα ψυγεία, ενώ στο σχήμα Α.7 παρουσιάζονται αναλυτικά οι διαδικασίες μερικής και πλήρους αποσυναρμολόγησης των ψυγείων.

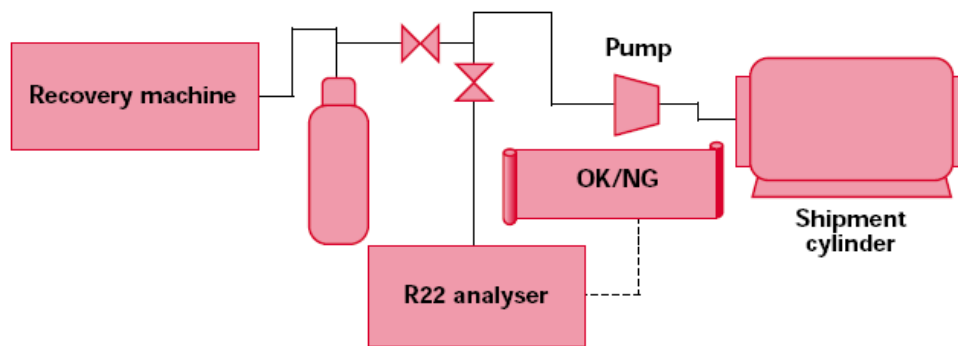


Σχήμα Α.6. Υλικά που ανακτώνται από τα ψυγεία



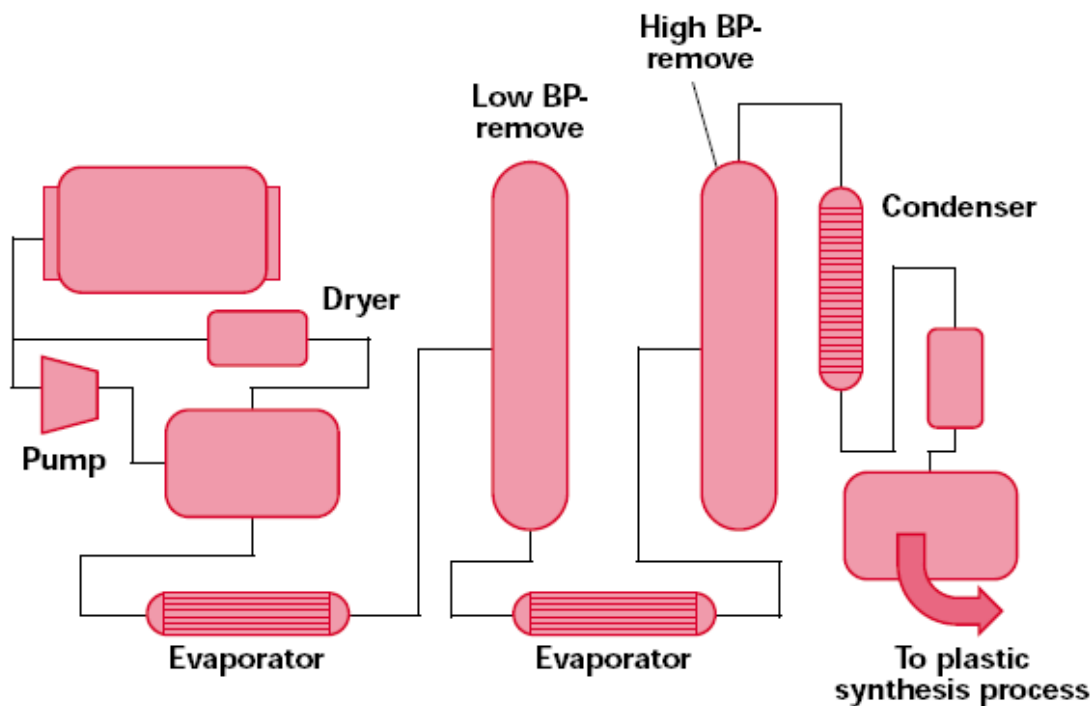
Σχήμα Α.7. Διαδικασίες μερικής και πλήρους αποσυναρμολόγησης των ψυγείων.

Μια από τις πιο προηγμένες μονάδες ανάκτησης ψυκτικού μέσου σε συνδυασμό με την ανάκτηση των πλαστικών υλικών λειτουργεί από την εταιρία Mitsubishi Electric Corporation στην Ιαπωνία υπό την ονομασία Hyper Cycle Systems. Η Mitsubishi Electric υποστηρίζει δύο κοινά εργοστάσια (JVs) στην Ιαπωνία, στη Higashihama και στο Κιότο. Όσον αφορά τη διαδικασία ανάκτησης του ψυκτικού μέσου, παρουσιάζεται η λειτουργία της μονάδας ανάκτησης του φρέον R22, στο σχήμα Α.8.



Σχήμα Α.8. Η διαδικασία ανάκτησης του ψυκτικού μέσου στο εργοστάσιο Higashihama (Πηγή: DTI, 2006).

Η συνεργάτιδα εταιρία Asahi Glass, έχει βελτίωσε περαιτέρω τη διαδικασία, ώστε το ανακτημένο ψυκτικό μέσο να ανακυκλώνεται σε καθαρό προϊόν που χρησιμοποιείται σε εργοστάσιο πλαστικών όπως παρουσιάζεται στο σχήμα Α.9.



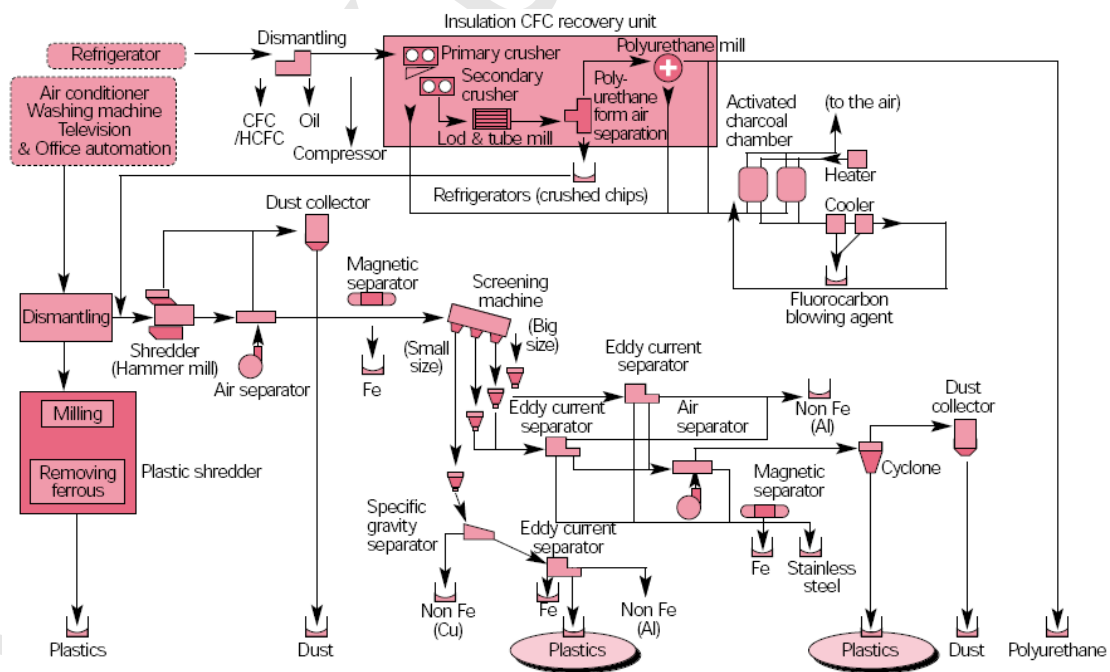
Σχήμα Α.9. Η επεξεργασία του ανακτημένου ψυκτικού μέσου σε καθαρό προϊόν (Πηγή: DTI, 2006).

Το εργοστάσιο πλαστικών στο οποίο καταλήγει το νέο καθαρό προϊόν (στο οποίο έχει μετατραπεί το ανακτημένο ψυκτικό μέσο) παράγουν πλαστικά υλικά τύπου Teflon που χρησιμοποιούνται για την επικάλυψη προϊόντων της Mitsubishi, όπως φαίνεται στην εικόνα Α.15.



Εικόνα Α.15. Φθοριούχα πλαστικά κατασκευασμένα από ανακυκλωμένο R22 (Πηγή: DTI, 2006).

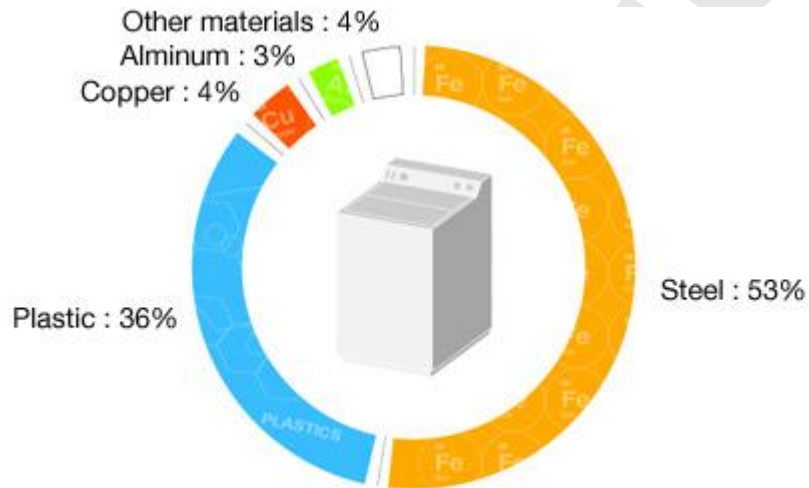
Το Hyper Cycle Systems αποτελεί μια πολύ ολοκληρωμένη διαδικασία που συνολικά παρουσιάζεται στο μοντέλο του σχήματος Α.10. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Mitsubishi ακολουθεί τη φιλοσοφία ‘σχεδιασμός για το περιβάλλον’ που αποτελεί δέσμευση για το νέο σχεδιασμό των προϊόντων της. Ένα παράδειγμα της πολιτικής αυτής είναι το γεγονός ότι η μονάδα επανεπεξεργασίας διαθέτει στέγη καλυμμένη με φωτοβολταϊκά στοιχεία (PV) που παράγουν ένα σημαντικό ποσό της η ενέργειας που καταναλώνει η μονάδα, ήδη από το 2005.



Σχήμα Α.10. Το διάγραμμα ροής των διεργασιών του εργοστασίου της Higashihama (

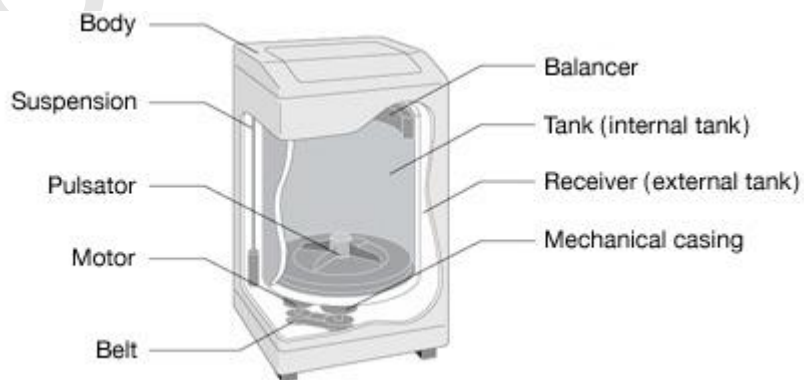
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΥΝΤΗΡΙΩΝ

Στο παρακάτω σχήματος A.11 απεικονίζεται η % κατά βάρος σύσταση των υλικών από τα οποία αποτελείται ένα πλυντήριο.



Σχήμα A.11. Το διάγραμμα ροής των διεργασιών του εργοστασίου της Higashihama

Επιπλέον, στο σχήματος A.12 παρουσιάζονται τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται ένα πλυντήριο.



Σχήμα A.12. Κύρια μέρη ενός πλυντηρίου

Τα συστήματα διαχείρισης που εξετάζονται αναφορικά με τα πλυντήρια ακολουθούν την ίδια προσέγγιση με αυτήν που εφαρμόζεται για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των ψυγείων.

Η πρώτη ομάδα πιθανών σεναρίων διαχείρισης:

- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση των υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση των υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και υποδομών
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και μεταφορά των υλικών στο εξωτερικό
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά και θερμική επεξεργασία υπολείμματος με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, μεταφορά υλικών στο εξωτερικό και θερμική επεξεργασία υπολείμματος

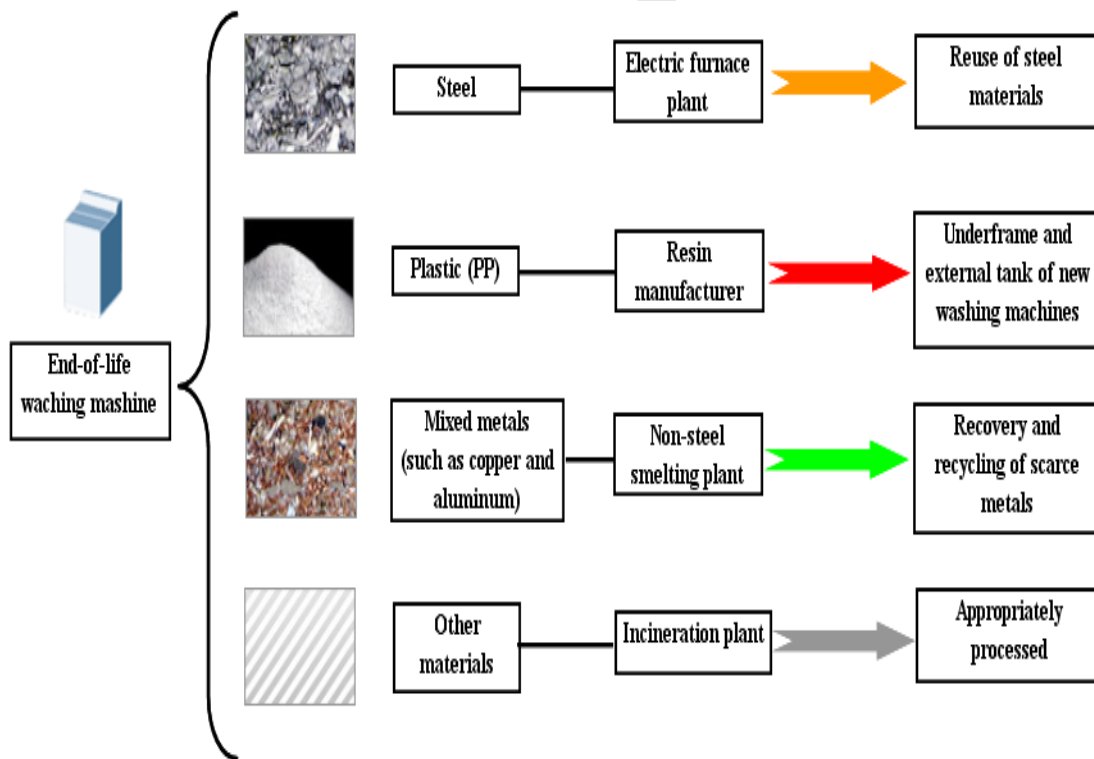
Η δεύτερη ομάδα πιθανών σεναρίων διαχείρισης:

- Μερική αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
- Μερική αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Μερική αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών
- Μερική αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Μερική αποσυναρμολόγηση και μεταφορά υλικών στο εξωτερικό

- Μερική αποσυναρμολόγηση, μεταφορά υλικών στο εξωτερικό και θερμική επεξεργασία υπολείμματος

Επιπλέον, εξετάζεται και η πρακτική επισκευής πλυντηρίων.

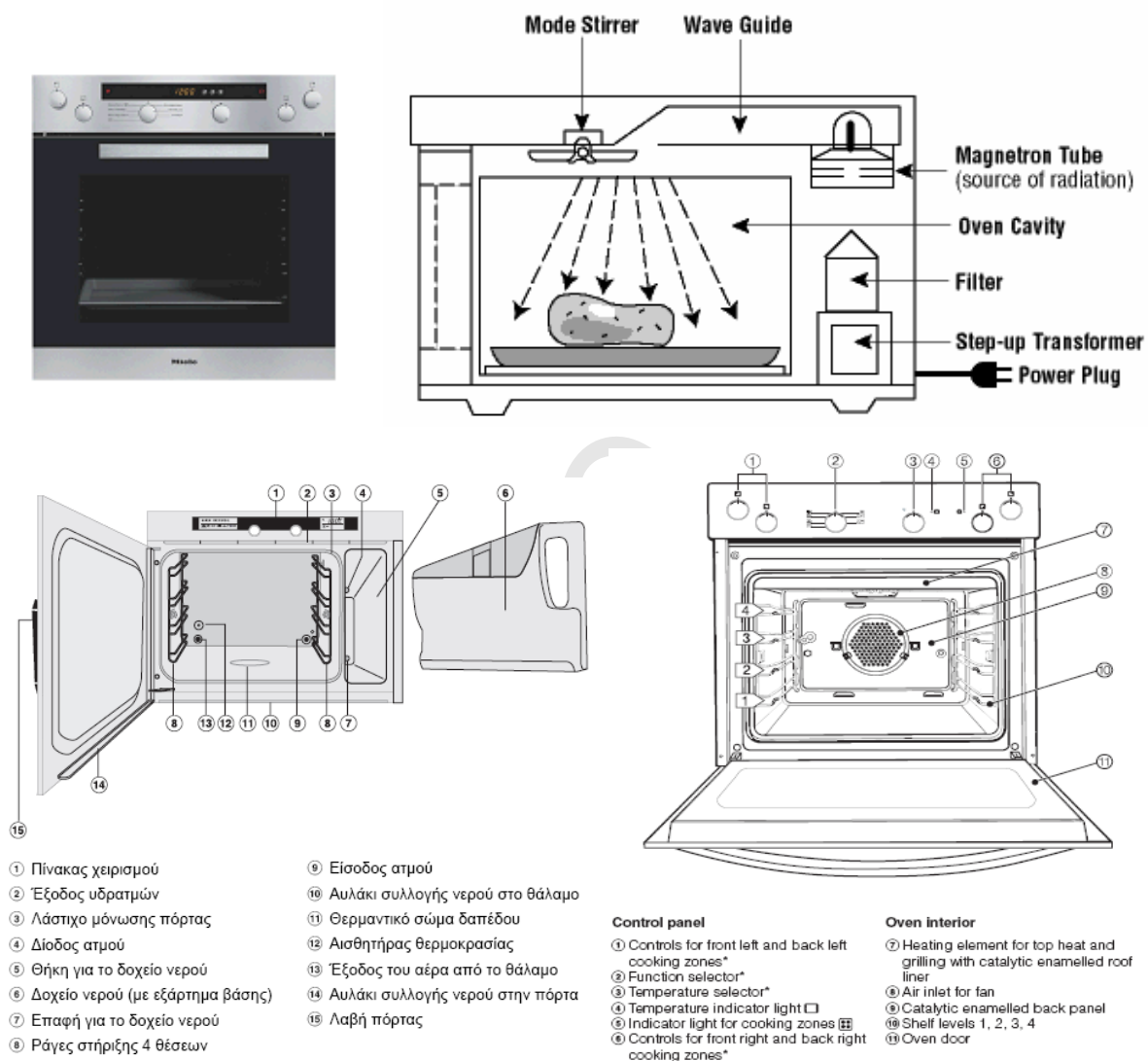
Η πορεία πλήρους αποσυναρμολόγησης ενός πλυντηρίου είναι ανάλογη με αυτές των ΑΗΗΕ που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στο σχήμα Α.13 που ακολουθεί περιγράφονται αναλυτικά τα υλικά που ανακτώνται από τα πλυντήρια.



Σχήμα Α.13. Υλικά που ανακτώνται από τα πλυντήρια

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΦΟΥΡΝΩΝ (ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ)

Ένας τυπικός φούρνος και ένας φούρνος μικροκυμάτων καθώς και τα βασικά μέρη τους παρουσιάζονται στο σχήμα Α.14 που ακολουθεί.



Σχήμα Α.14. Βασικά μέρη ενός φούρνου

Τα συστήματα διαχείρισης που εξετάζονται αναφορικά με τους φούρνους ακολουθούν την ίδια προσέγγιση με αυτήν που εφαρμόζεται για τη διαχείριση των άλλων ΑΗΗΕ και είναι τα εξής:

Η πρώτη ομάδα πιθανών σεναρίων διαχείρισης:

- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση των υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση των υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και υποδομών
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και μεταφορά των υλικών στο εξωτερικό
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά και θερμική επεξεργασία υπολείμματος με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, μεταφορά υλικών στο εξωτερικό και θερμική επεξεργασία υπολείμματος

Η δεύτερη ομάδα πιθανών σεναρίων διαχείρισης:

- Μερική αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
- Μερική αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Μερική αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών
- Μερική αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Μερική αποσυναρμολόγηση και μεταφορά υλικών στο εξωτερικό
- Μερική αποσυναρμολόγηση, μεταφορά υλικών στο εξωτερικό και θερμική επεξεργασία υπολείμματος

Επιπλέον, εξετάζεται και η πρακτική επισκευής φούρνων.

Τονίζεται ακόμη ότι η πορεία πλήρους αποσυναρμολόγησης ενός φούρνου είναι ανάλογη με αυτήν των ΑΗΗΕ που αναφέρθηκαν παραπάνω.

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τα συστήματα διαχείρισης που εξετάζονται αναφορικά με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές ακολουθούν την ίδια προσέγγιση με αυτή που εφαρμόζεται για τη διαχείριση των τηλεοράσεων.

Η πρώτη ομάδα πιθανών σεναρίων διαχείρισης:

- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση των υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση των υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και υποδομών
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και μεταφορά των υλικών στο εξωτερικό
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά και θερμική επεξεργασία υπολείμματος με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση, μεταφορά υλικών στο εξωτερικό και θερμική επεξεργασία υπολείμματος

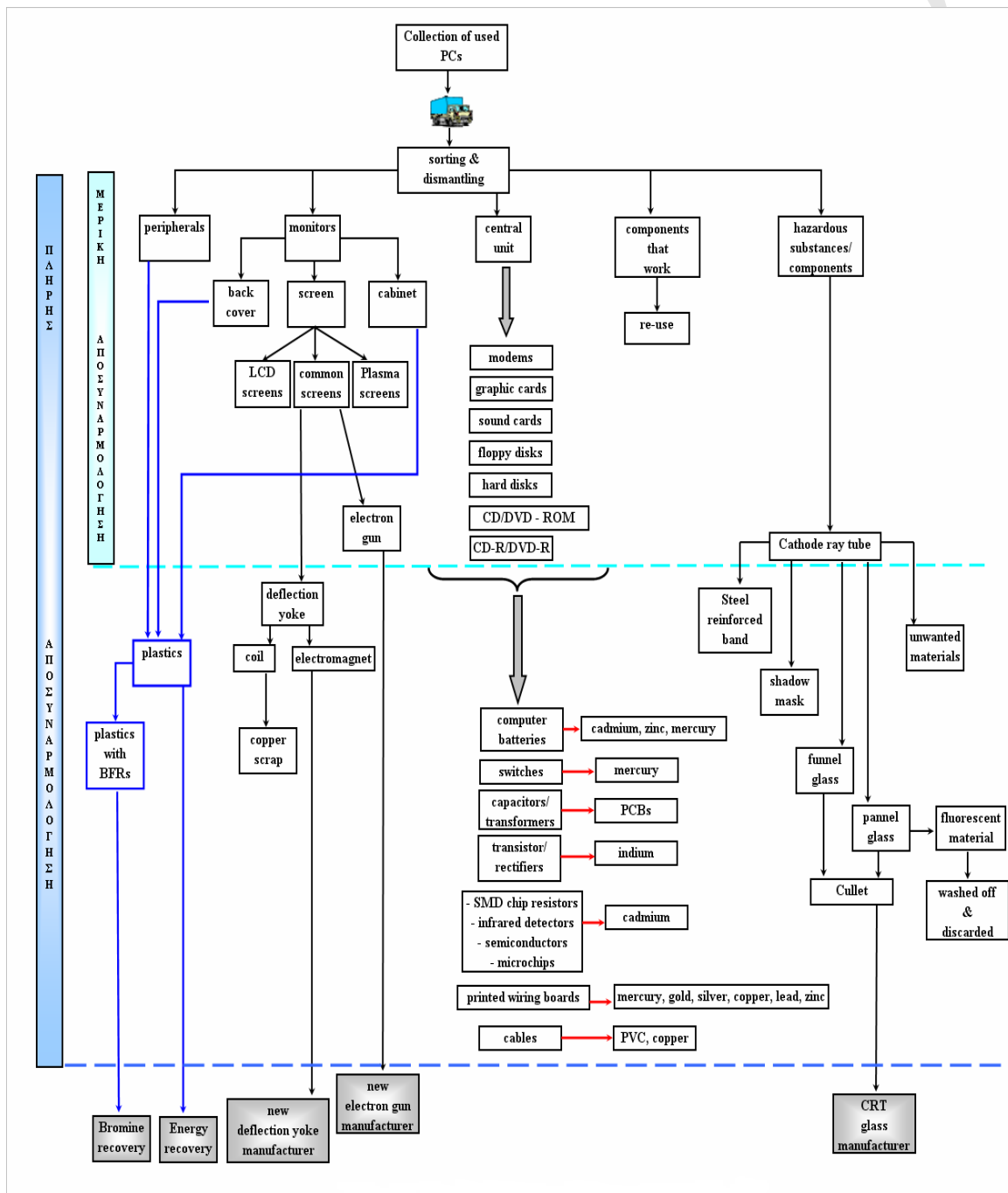
Η δεύτερη ομάδα πιθανών σεναρίων διαχείρισης:

- Μερική αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση

- Μερική αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με βάση την υφιστάμενη κατάσταση και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Μερική αποσυναρμολόγηση και απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών
- Μερική αποσυναρμολόγηση, απορρόφηση υλικών στην εγχώρια αγορά με την προοπτική ανάπτυξης κατάλληλων τεχνολογιών και θερμική επεξεργασία υπολείμματος
- Μερική αποσυναρμολόγηση και μεταφορά υλικών στο εξωτερικό
- Μερική αποσυναρμολόγηση, μεταφορά υλικών στο εξωτερικό και θερμική επεξεργασία υπολείμματος

Επιπλέον, εξετάζεται και η πρακτική επισκευής ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Στο σχήμα Α.15 που ακολουθεί παρουσιάζεται η διαδικασία μερικής και πλήρους αποσυναρμολόγησης ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή.



Σχήμα Α.15. Διαδικασία μερικής και πλήρους αποσυναρμολόγησης ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Επιπλέον, στον πίνακα Α.1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα υλικά που χρησιμοποιούνται στους υπολογιστές γραφείου και η αποδοτικότητα των υφιστάμενων διαδικασιών ανακύκλωσης.

Πίνακας Α.1: Υλικά και αποδοτικότητα των διαδικασιών ανακύκλωσης υπολογιστών.

NAME	Content (% of total weight)	Weight of material (lbs.)	Recycling Efficiency (current recyclability)	Use/Location
Plastics*	22.9907	13.8	20%	Includes organics and oxides (other than silica)
Lead	6.2988	3.8	5%	Metal joining, radiation shield/CRT, PWB
Aluminum	14.1723	8.5	80%	Structural, conductivity/housing, CRT, PWB, connectors
Germanium	0.0016	< 0.1	0%	Semiconductor/PWB
Gallium	0.0013	< 0.1	0%	Semiconductor/PWB
Iron	20.4712	12.3	80%	Structural, magnetivity/(steel) housing, CRT, PWB
Tin	1.0078	0.6	70%	Metal joining/PWB, CRT
Copper	6.9287	4.2	90%	Conductivity/CRT, PWB, connectors
Barium	0.0315	< 0.1	0%	Vacuum tube/CRT
Nickel	0.8503	0.51	80%	Structural, magnetivity/(steel) housing, CRT, PWB
Zinc	2.2046	1.32	60%	Battery, phosphor emitter/PWB, CRT
Tantalum	0.0157	< 0.1	0%	Capacitors/PWB, power supply
Indium	0.0016	< 0.1	60%	Transistor, rectifiers/PWB
Vanadium	0.0002	< 0.1	0%	Red phosphor emitter/CRT
Terbium	< 0	< 0	0%	Green phosphor activator, dopant/CRT, PWB
Beryllium	0.0157	< 0.1	0%	Thermal conductivity/PWB, connectors
Gold	0.0016	< 0.1	99%	Connectivity, conductivity/PWB, connectors
Europium	0.0002	< 0.1	0%	Phosphor activator/PWB
Titanium	0.0157	< 0.1	0%	Pigment, alloying agent/(aluminum) housing
Ruthenium	0.0016	< 0.1	80%	Resistive circuit/PWB
Cobalt	0.0157	< 0.1	85%	Structural, magnetivity/(steel) housing, CRT, PWB
Palladium	0.0003	< 0.1	95%	Connectivity, conductivity/PWB, connectors
Manganese	0.0315	< 0.1	0%	structural, magnetivity/(steel) housing, CRT, PWB
Silver	0.0189	< 0.1	98%	Conductivity/PWB, connectors
Antimony	0.0094	< 0.1	0%	Diodes/housing, PWB, CRT
Bismuth	0.0063	< 0.1	0%	Wetting agent in thick film/PWB
Chromium	0.0063	< 0.1	0%	Decorative, hardener/(steel) housing
Cadmium	0.0094	< 0.1	0%	Battery, blue-green phosphor emitter/housing, PWB, CRT
Selenium	0.0016	0.00096	70%	Rectifiers/PWB
Niobium	0.0002	< 0.1	0%	Welding alloy/housing
Yttrium	0.0002	< 0.1	0%	Red phosphor emitter/CRT
Rhodium	< 0	< 0	50%	Thick film conductor/PWB
Platinum	< 0	< 0	95%	Thick film conductor/PWB
Mercury	0.0022	< 0.1	0%	Batteries, switches/housing, PWB
Arsenic	0.0013	< 0.1	0%	Doping agents in transistors/PWB
Silica	24.8803	15	0%	Glass, solid state devices/CRT,PWB

Sources: Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC), 1996.
Electronics Industry Environmental Roadmap. Austin TX (MCC).

* Plastics contain polybrominated flame retardants, and hundreds of additives and stabilizers not listed separately.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Achillas, Ch., Ch. Vlachokostas, N. Moussiopoulos και G. Banias (2010) 'Decision support system for the optimal location of electrical and electronic waste treatment plants: A case study in Greece', *Waste Management* 30 (2010) 870–879

AEA Technology (2006) 'WEEE & Hazardous Waste: Part 2, A report produced for DEFRA', Oxfordshire

AEA Technology (2004) 'WEEE & Hazardous Waste, A report produced for DEFRA', Oxfordshire

Antrekowitsch, H., M. Potesser, W. Spruzina, F. Prior (2006) 'Metallurgical recycling of electronic scrap', *Proceedings of EPD Congress, 2006*, 899-908.

APME (2003) 'Plastics — Insight into Consumption and Recovery in Western Europe 2000', Association of Plastics Manufacturer in Europe, International Copper Study Group

Bras, B. και M.W. McIntosh (1999) 'Product, process and organizational design for remanufacture – an overview of research', *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol 15 (1999), pp 167-178

Biddle, D. (2000) 'End-of-Life Computer and Electronics Recovery. Policy Options for the Mid-Atlantic States', 2nd Edition, Prepared for: Mid-Atlantic Consortium of Recycling and Economic Development Officials, Center for Solid Waste Research, March 2000

Billatos, B. και N. Basally (1998) 'Green technology and design for the environment', Taylor & Francis, Washington, DC, p 3–90

Cahill, R., S. M. Grimes και D. C. Wilson (2011) 'Review article: Extended producer responsibility for packaging wastes and WEEE - A comparison of implementation and the role of local authorities across Europe', *Waste Management and Research*, 29(5), 455-479.

Chick, A. και P. Micklethwaite (2002) 'Obstacles to UK Architects and Designers Specifying Recycled Products and Materials', Design History Society Conference, Aberystwyth

Cooper, T. (2002) 'Attached to this World? Waste and “the most materialistic of the great religions”', Consumption, Christianity and Creation Seminar, Centre for Sustainable Consumption, Sheffield Hallam, University, Sheffield, 5 July 2002.

Cui, J. και E. Forssberg (2003) 'Mechanical recycling of WEEE', *Journal of Hazardous Materials*, B99 (2003) 243-263.

Cui, J. και Lifeng Zhang (2008) 'Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review', Journal of Hazardous Materials, 158 (2008) 228–256.

DARP (2003) 'Environmental: WEEE Remarket Final Report', DARP (Devon Appliance Recycling project)

DTI Global Watch Missions (2006) 'Waste electrical and electronic equipment (WEEE): innovating novel recovery and recycling technologies in Japan', Global watch mission report, First published in January 2006 by Pera on behalf of the Department of Trade and Industry, September 2005

EEA (2003) 'Waste from electrical and electronic equipment (WEEE) – quantities, dangerous substances and treatment methods', European Environment Agency, Copenhagen, Denmark, 2003

Empa (2006) 'The ewaste guide. Facts and Figures. Hazardous Substances', St. Gallen, Switzerland, August 2006

EPA (1999) 'Analysis of five community consumer/residential collections: end-of-life electronic and electrical equipment', EPA, Washington, DC

ETC/RWM, (2003) European Topic Centre on Resource and Waste Management (Topic Centre of the European Environment Agency) part of the European Environment Information and Observation Network (EIONET)

European Commission (2006) 'Development of best management systems for high priority waste streams in Cyprus', Life-3rd Countries 2004-2006, The Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment (MANRE), Cyprus & National Technical University of Athens-School of Chemical Engineering (NTUA), Greece

European Commission (2006) 'Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration', Integrated Pollution Prevention and Control, August 2006

European Council (2000) 'Proposal on Waste Electrical and Electronic Equipment', European Community, Brussels

Fairlie, S. (1992) 'Long Distance, Short Life: Why big business favours recycling', The Ecologist, Vol 22, No. 6, pp276-283

Fleischmann, M. (2001) "Quantitative Models for Reverse Logistics", Springer verlag, Berlin.

GFMS (2007) "Platinum and palladium survey 2007", London

Gramatyka, P., R. Nowosielski και P. Sakiewicz (2007) 'Recycling of waste electrical and electronic equipment', *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, volume 20, issues 1-2, January-February 2007.

Gray, C., και M. Charter (2006) 'Remanufacturing and Product Design', *Designing for the 7th Generation*, The Centre for Sustainable Design, University College for the Creative Arts, Farnham, UK

Hagelüken, C. and C.E.M. Meskers (2008) 'Mining our computers - opportunities and challenges to recover scarce and valuable metals from End-of-Life electronic devices', In: H. Reichl, N.F. Nissen, J. Müller and O. Deubzer (eds): *Electronics Goes Green 2008+*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, pp. 623-628

Hagelüken, C. (2006) 'Recycling of Electronic Scrap at Umicore's Integrated Metals Smelter and Refinery', *World of Metallurgy – ERZMETALL* 59 (2006) No. 3

Huisman, J. (2010) 'WEEE recast: from 4kg to 65%: the compliance consequences', *UNU Expert Opinion on the EU European Parliament Draft Report on the WEEE Directive with updates of the 2007 Review study and estimated kilograms per head 2013/2016 for all EU27+2 countries*, United Nations University, Bonn, Germany

Huisman, J., F. Magalini, R. Kuehr και C. Maurer (2008) 'Review of directive 2002/96 on waste electrical and electronic equipment (WEEE)', *Final Report*, United Nations University, Bonn, Germany

Huisman, J. and F. Magalini (2007) 'Where are WEEE now? Lessons from WEEE: Will EPR work for the US?', *Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on Electronics & the Environment, Conference, Record*, pp. 149–154.

Hou, Y. και H. Zhang (2005) 'Performance analysis on a complex remanufacturing system', *Asia-Pacific Journal of Operational Research* 2005, 22(3), pp. 327- 347

Hundal, M. (2000) 'Design for Recycling and Remanufacturing', *International Design Conference - Design 2000*, Dubrovnik, 2000.

Ijomah, W. (2002) 'A model-based definition of the generic remanufacturing business process', *Doctoral thesis*, University of Plymouth, UK

International Copper Study Group (2003) 'ICSG Information Circular Waste Electric and Electronic Equipment (WEEE)'

ISWA (2002) "Energy from waste - State of the art report - Jan 2002", ISWA

Jacobs (1991) 'The Green economy: environment, sustainable development and the politics of the future', London: Pluto Press, 1991, pp 110-116

Jalkanen, H. (2006) 'on the direct recycling of automotive shredder residue and electronic scrap in metallurgical industry', *Acta Metallurgica Slovaca*, 12, 2006, (160 - 166) 160

Johnson Matthey (2008) 'Platinum 2008', London

Jofre, S. και T. Morioka (2005) "Waste management of electric and electronic equipment: comparative analysis of end-of-life strategies", *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 7:24–32.

Kang, H.Y. και Julie M. Schoenung (2005) 'Electronic waste recycling: A review of U.S. infrastructure and technology options', *Resources, Conservation and Recycling* 45 (2005) 368–400

Karagiannidis A., Perkoulidis G., Papadopoulos A., Moussiopoulos N., Tsatsarelis T., (2005) 'Characteristics of wastes from electric and electronic equipment in Greece: Results of a field survey', *Waste Management and Research* /, 23, pp. 381–388.

Karagiannidis A., A. Papadopoulos, N. Moussiopoulos, G. Perkoulidis, T. Tsatsarelis and A. Michalopoulos (2003) 'Characteristics of wastes from Electric and Electronic Equipment in Greece: Results of a field survey', *Proc. of the 8th Int. Conf. on Environmental Science and Technology (CEST)*, (ed. T.D. Lekkas), Myrina, Lemnos, Greece, 8-10 September, pp. 353-360.

Karagiannidis, A., Tchobanoglous G., Antonopoulos I., Kontogianni S., Tsatsarelis Th., Kungolos A., Aravossis K., Samaras P. και Papaoikonomou K. (2008α) 'Past, present and future role of informal solid waste recycling: A case study on Roma people in Tirnavos, Greece', *Proceedings of the waste – The Social Context*, 11-15 May 2008, Edmonton, Alberta, Canada

Kang, H.Y. και J.M. Schoenung (2005) 'Electronic waste recycling: A review of U.S. Infrastructure and technology options', *Resources, Conservation and Recycling*, 45, pp. 368-400

Karagiannidis A., Antonopoulos I., Theodoseli M., Andreadelli V., Chlibos P., Bilitewski B. και Aravossis K. (2008β) 'Involvement of people with disabilities in hand-sorting, reuse and recycling of different solid waste fractions: A case study on waste paper and WEEE for the Hellenic island of Lesbos', *Proceedings of the waste – The Social Context*, 11-15 May 2008, Edmonton, Alberta, Canada

Katsamaki, A., Bilalis Nicholaos, Antoniadis Aristomenis, Maravelakis Emmanuel (2005) 'Implementation of Reverse Logistics in the Determination and Formulation of Product End-of-Life Strategies', 4th International Conference New Horizons in Industry and Education, Corfu

Kerr, W. και C. Ryan (2001) 'Eco-efficiency gains from remanufacturing. A case study of photocopier remanufacturing at Fuji Xerox Australia', *Journal of Cleaner Production*, Vol. 9, pp 75-81, 2001

King, A.M., W. Ijomah και C.A. McMahon (2004) “Reducing end-of-life waste: repair, recondition remanufacture or recycle?” In: Proceedings of the ASME Conference. Salt Lake City, USA.

Knoth, R., M. Hoffmann, B. Kopacek, P. Kopacek και C. Lembacher (2001α) ‘Intelligent disassembly of electronic equipment with a flexible semi-automatic disassembly cell’, Courtesy of Austrian Society for Systems Engineering and Automation

Knoth, R., M. Hoffmann, B. Kopacek, P. Kopacek (2001β) ‘Intelligent Disassembly of Electr(on)ic Equipment’, International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, pp. 557, 2nd International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign'01), 2001.

Kopicki, R., Berg, M.J., Legg, L., Dasappa, V. and Maggioni, C. (1993) “Reuse and Recycling – Reverse Logistics Opportunities”, Council of Logistics Management, Oak Brook, IL, USA, 320 p

Lindahl, M., E. Sundin, και J. Östlin (2006) ‘Environmental issues within the remanufacturing industry’, Proceedings of LCE 2006, 13th CIRP International Conference in Life Cycle Engineering, pp. 447-452

Lund, R. (1985) ‘Remanufacturing: The experience of the United States and implications for developing countries’, UNDP Project Management Report No 2, World Bank Technical Paper No 31, pp 24-34

Nnorom, I.C. και O. Osibanjo (2010) ‘Overview of Prospects in Adopting Remanufacturing of End-of-Life Electronic Products in the Developing Countries’, International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 1, No. 3.

Nnorom, IC και O. Osibanjo (2008) ‘Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries’, Resources, Conservation and Recycling, 52:843-858

O’Connell, M., Colin Fitzpatrick και Stewart Hickey (2010) ‘Investigating Reuse of B2C WEEE In Ireland’, IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST).

OECD (2001) “Extended producer responsibility: a guidance manual for governments”, Paris.

OECD (2009) “OECD Environmental Outlook to 2030”, Organisation for Economic Cooperation and Development

OES (2008) ‘Final Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE) Program Plan’, Ontario Electronic Stewardship

Ogilvie, SM (1992) 'A review of the environmental impact of recycling', Warren Spring Laboratory, Stevenage UK

Ongondo, F.O. και Ian D. Williams (2011) 'Are WEEE in Control? Rethinking Strategies for Managing Waste Electrical and Electronic Equipment', Integrated Waste Management - Volume II, Editor Sunil Kumar

Opalić, M., Milan Kljajin και Krešimir Vučković (2010) 'Disassembly Layout in WEEE Recycling Process', *Strojarstvo*, 52 (1) 51-58 (2010)

Opalić, M., Milan Kljajin και Nenad Panic (2004) 'Consumer electronics disassembly line layout', *Polimeri*, 25 (2004)1-2: 20-22

Papaoikonomou, K., S. Kipouros, A. Kungolos, L. Somakos, K. Aravossis, I. Antonopoulos και A. Karagiannidis (2009) 'Marginalised social groups in contemporary weee management within social enterprises investments: A study in Greece', *Waste Management* 29 (2009), pp.1754-1759.

Poulios, K, Perkoulidis G, Karagiannidis A και Papachristou E. (2006) 'Weee processing: perspectives of material recovery through disassembly in Greece', In PROTECTION 2006: (Jul 2006)

Puckett, J, S. Westervelt, R Gutierrez και Y Takamiya (2005) 'The Digital Dump, Exporting Re-use and Abuse to Africa', The Basel Action Network, A Project of Earth Economics, media release version, Nigeria

Puckett, J., L. Byster, S. Westervelt, R. Gutierrez, S. Davis, A. Hussain και M. Dutta (2003) 'Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia', Basel Action Network and Silicon Valley Toxics Coalition.

Puckett J, Smith T. (2002) 'Exporting harm: the high-tech trashing of Asia', The Basel Action Network. Seattle: Silicon Valley Toxics Coalition.

Ravi, V., R. Shanker και M.K. Tiwari (2005) 'Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach', *Computer and Industrial Engineering* 2005, 48, pp. 327-356.

Reuter M.A., U.M.J. Boin, A. van Schaik, E. Verhoef, K. Heiskanen, Y. Yang και G. Georgalli (2005) "The metrics of material and metal ecology", Amsterdam: Elsevier.

Ritchey, J., F. Mahmoodi, M. Frascatore και A. Zander (2001) 'Assessing the technical and economic feasibility of remanufacturing: environmental issues', Proceedings of the twelfth Annual Conference of the Production and Operations Management Society POM-2001, March 30 - April 2 2001, Orlando FL

Robinson, B. (2009) "E-waste: An assessment of global production and environmental impacts", *Science of the Total Environment*.

Rogers, D. S., S. Ronald και Tibben Lembke (1998) ‘Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices’, University of Nevada, Reno Center for Logistics Management

Rose, C., A. Stevels και K. Ishii (2002) “Method for Formulating Product End-of-Life Strategies for Electronics Industry”, *Journal of Electronics Manufacturing*, Vol. 11 Iss 2, pp.185-197,

Rose, C. (2000) ‘Design for environment: a method for formulating product end-of-life strategies’, PhD Thesis, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, p 19–144

Rose, C., K. Beiter και K. Ishii (1999) ‘Determining of end-of-life strategies as a part of product definition’, *IEEE International Symposium for Electronics and the Environment*, Danvers, MA

Rosemann, B., R. Brünning και B. Enderle (2008) ‘WEEE: Recommendations on ReUse for the Concerned Parties – The Guideline VDI 2343’, *Proceedings Electronics Goes Green 2008, Merging Technology and Sustainable Development*, Berlin, 2008.

Sasaki, Y., και D.E. Williams (2003) ‘Energy Analysis of End-of-life Options for Personal Computers: Resell, Upgrade, Recycle’, *United Nations University*. Tokyo, Japan, 0-7803-7743

Sasikumar, P. και G. Kannan (2008) ‘Issues in reverse supply chains, part I: end-of-life product recovery and inventory management – an overview’, *International Journal of Sustainable Engineering*, Volume 1, Issue 3, 2008

Shinkuma, T. και N.T.M. Huong (2009) ‘The flow of E-waste material in the Asian region and a reconsideration of international trade policies on E-waste’, *Environ. Impact Assess. Rev.*, 29: 25-31.

Spengler, T., Martin Ploog και Marcus Schroter (2003) ‘Integrated planning of acquisition, disassembly and bulk recycling: a case study on electronic scrap recovery’, *OR Spectrum* (2003) 25: 413–442

Scottish Environmental Protection Agency (2002) “Guidance on the Recovery and Disposal of Controlled Substances Contained in Refrigerators and Freezers”, Bristol

Sinha, D. (2004) “The management of electronic waste: a comparative study on India and Switzerland”, St. Gallen, University of St. Gallen, Master Thesis.

Soderstrom U. Boliden (2004) “Alte Handys und PCs sind wertvolle Kupferminen”

Sum, E.Y.L. (1991) ‘The recovery of metals from electronic scrap’, *Journal of Metallurgy*, 43 (1991) 53-61

Toffel, M. (2004) 'Strategic Management of Product Recovery', California Management Review, Vol. 46, No. 2, pp. 120-141.

TWG Comments (2003) 'TWG Comments on Draft 1 of Waste Incineration BREF'.

TWG Comments (2004) 'TWG Comments on Draft 2 on Waste Incineration BREF'.

UBA (2001) 'Draft of a German Report for the creation of a BREF - document waste Incineration', Umweltbundesamt

Umeda, Y., H. Tsukaguchi και Y. Li. 'Reverse logistics system for recycling: efficient collection of electrical appliances', Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. Vol. 4, Oct. 2003.

UNEP, StEP (2009) 'Recycling – From e-waste to Resources', Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies, United Nations Environment Programme & United Nations University, France

UNEP (2007) 'E-waste Volume I: Inventory Assessment Manual', International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga, 2007

UNEP, StEP (2005) 'Solving the e-waste problem: a synthetic approach', Draft Project Document, 2005

US Geological Survey (2007) 'Minerals Commodities Summary 2007', Washington, USA

Villalba, G. (2002) 'A proposal to quantify the recyclability of materials', Resources, Conservation and Recycling, Vol. 37, Issue 1, 2002, pp 39-53

White, A., M. Stoughton και L. Feng (1999) 'Servicizing: the quiet transition to extended product responsibility', Tellus Institute, USA

Wasswa, J. και M. Schluep (2008) "e-Waste Assessment in Uganda", Kampala: Uganda Cleaner Production Centre and Empa

Widmer, R., H. Oswald-Krapf, D. Sinha-Khetriwal, M. Schnellmann και H. Boni (2005) "Global perspectives on e-waste", Environ Impact Assess Rev. 25, pp. 436–458.

Wilkinson, S., Noel Duffy, Matt Crowe και Kirsty Nolan (2001) 'Waste from Electrical & Electronic Equipment.', Environmental Protection Agency, 2001

Williams, J.A.S. (2006) 'A review of electronics demanufacturing processes', Resources, Conservation and Recycling, 47, 195-208

Wilson, R.J., T.J. Veasey και D.M. (1994) 'Squires, Application of mineral processing techniques for the recovery of metal from post-consumer wastes', Minerals Engineering 7 (1994) 975–984.

Xerox (2003) 'Environment, Health & Safety Progress Report 2003', Xerox
www.xerox.com

Yazici, E.Y., Deveci, H., Alp, I., Akcil, A. και Yazici R. (2010) 'Characterisation of Computer Printed Circuit Boards for Hazardous Properties and Beneficiation Studies', Int. Mineral Processing Congress, vol. XXV, IMPC 2010, 6–10 September, Brisbane, Australia, pp. 4009–4015.

Zhang, S. και E. Forssberg (1998) 'Optimization of electrodynamic separation for metals recovery from electronic scrap', Resources, Conservation and Recycling, 1998,22:143–62.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. (2010) 'Η πορεία μας μέχρι σήμερα και τα επόμενα βήματα', Αθήνα, 2010

Αντωνόπουλος, Γ., Α. Καραγιαννίδης και Α. Σκορδάς (2007) "Αποτύπωση του ελληνικού συλλογικού εναλλακτικού συστήματος διαχείρισης ΑΗΗΕ", Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
(http://aix.meng.auth.gr/pruwe/web/diafora_files/paper_dresdi_weee_final.doc)

Βορηά, Ν. (2012) προσωπική επικοινωνία, Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε.

Com (2000) 347 τελικό, Πρόταση οδηγίας του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου «σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού»

Γκαϊντατζής, Γ., Κομνηνός Αγγελάκογλου και Δέσποινα Ακτσόγλου (2009) "Ηλεκτρονικά Απόβλητα – Περιβαλλοντικά Προβλήματα και Υφιστάμενη Διαχείριση", 1ο Ελληνοκινεζικό φόρουμ για το περιβάλλον, ΤΕΕ, 3-4/12/2009, Αθήνα

Δαγκαλίδης, Α., (2011) 'Κλαδική μελέτη 14. Διαχείριση στερεών αποβλήτων', Τράπεζα Πειραιώς, Μονάδα οικονομικής ανάλυσης και αγορών, Αθήνα, Φεβρουάριος 2011

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2012) 'Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Σύσταση για τη δεύτερη ανάγνωση. Τροπολογίες 001-080 για τη Θέση του Συμβουλίου (07906/2/2011 – C7-0250/2011 – 2008/0241(COD))' Επιτροπή Περιβάλλοντος, Δημόσιας Υγείας και Ασφάλειας των Τροφίμων, 13.1.2012

Λιτσαρδάκης, Μ. (2009) 'Ανακύκλωση Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού', Τμήμα Αυτοδιοίκησης, Ημερίδα νομαρχιακής αυτοδιοίκησης Άρτας, Άρτα, 2 Δεκεμβρίου 2009

Μπιλάλης, Ν., (2011) 'Ειδικά Θέματα Σχεδιομελέτης με Η/Υ (Αποσυναρμολόγηση προϊόντων)', Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Πανεπιστημιακές σημειώσεις.

Οδηγία 2002/96/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Ιανουαρίου 2003, σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).

Οδηγία 2002/95/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Ιανουαρίου 2003, σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2010) 'Πρόταση οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) - (Αναδιατύπωση) - Έκθεση προόδου', Αναθεωρημένο σημείωμα της γενικής γραμματείας προς το συμβούλιο, Βρυξέλλες, 10 Δεκεμβρίου 2010

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

UMICORE Precious Metal Refining, <http://www.unicore.com/en/>, τελευταία επίσκεψη: 10/04/2012

Boliden <http://www.boliden.com/>, τελευταία επίσκεψη: 28/04/2012

WEEE Recycling AS <http://www.weee.no/>, τελευταία επίσκεψη: 28/04/2012

TES-AMM Europe Ltd (πρώην Citiraya) <http://www.tes-amm.com/>, τελευταία επίσκεψη: 28/04/2012

NERC (1999), Recycling and the Environment: Facts about recycling in New York, Northeast Recycling Council, August 1999, http://www.nerc.org/projects/completed_projects.html, τελευταία επίσκεψη: 28/04/2012

Xerox, <http://www.xerox.com/>, τελευταία επίσκεψη: 28/04/2012

http://www.norandarecycling.com/commodity_pro.html#smelting, τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.mining-technology.com/projects/garpenberg/garpenberg5.html>, τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.globalrecyclingequipment.com/>, τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.jhequipment.com/VBSscreen.htm>, τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.deistermachine.com/about-us/news/new-deister-premium-portable-horizontal-screening-plant-with-feed-conveyor/>, τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.cnldmachine.com/Magnetic%20-Separator.html>,
τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

http://www.remfg.com/magnetic_separation.php, τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.directindustry.com/prod/bakker-magnetics/eddy-current-separators-ecs-14185-463059.html>, τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.cogelme.com/eng/e-eddy-current-metal-separator-pictures.htm>,
τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.cogelme.com/eng/e-eddy-current-metal-separator-pictures.htm>,
τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.granowski.com.au/Equipment/Abrasive-Cleaning-and-Recycling.aspx>,
τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.actionconveyors.com/index.php/dense-out-vibratory-air-separator.html/>,
τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.unicore.com/en/>, τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

<http://www.isasmelt.com/EN/technology/Pages/Technology.aspx>,
τελευταία επίσκεψη: 12/05/2012

Ευρωπαϊκή Επιτροπή - Eurostat, 2008

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/wastestreams/weee>
http://www.cewep.eu/information/data/graphs/m_449, τελευταία επίσκεψη: 31/05/2012

Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. <http://www.electrocycle.gr/>, τελευταία επίσκεψη: 31/05/2012

Φωτοκύκλωση Α.Ε. <http://www.fotokiklosi.gr/>, τελευταία επίσκεψη: 31/05/2012

ΕΕΔΣΑ <http://www.eedsa.gr/>, τελευταία επίσκεψη: 31/05/2012