ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Διαχείριση ηλεκτρονικών αποβλήτων. Η κατάσταση στην Ελλάδα.»

Ντόνος Γεώργιος

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΓΙΔΑΡΑΚΟΣ Ε. (επιβλέπων Καθηγητής)

ΓΚΕΚΑΣ Β.

ΟΙΚΟΝΟΜΟΠΟΥΛΟΣ Α.

Χανιά, Φλεβάρης 2005

«Το αποτέλεσμα μιας πορείας δεν είναι ένα ώριμο φρούτο που περιμένει κανείς να ωριμάσει για να το φάει αλλά αλλάζει ανάλογα με την πορεία του καθενός μας μέσα στο κάθε χώρο και τον κατάλληλο χρόνο. Γι' αυτό θέλω να ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου όλους εκείνους που στάθηκαν πλάι μου και πορευτήκαμε μαζί τα τελευταία χρόνια. Συμπορευτήκαμε πλάι – πλάι όλα τα φοιτητικά μας χρόνια με τις χαρές και τις λύπες μας, τα προβλήματα και την ανεμελιά μας, τα γλέντια και τις στεναχώριες μας και η συμβολή τους ήταν καθοριστική στην διαμόρφωση του χαρακτήρα μου και στην εξέλιξη της ζωής μου. Το αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας είναι εκτός από δικό μου δημιούργημα και δικό τους. Το μόνο που μπορώ να τους υποσχεθώ είναι ότι οι δρόμοι μας που μπορεί να μοιάζουν ότι αποκλίνουν στο άμεσο μέλλον, κάποια στιγμή, και να είναι σίγουροι ότι θα έρθει αυτή η στιγμή, θα ξαναβρεθούμε κάτω από άλλες συνθήκες και η κοινή πορεία και ιστορία μας, που άρχισε το 1998, θα συνεχιστεί για πολλά χρόνια ακόμη.»

Θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον καθηγητή μου κ. Γιδαράκο για την δημιουργική συνεργασία μας και τους καθηγητές κ. Οικονομόπουλο και κ. Γκέκα που δεχτήκανε να είναι μέλη της εξεταστικής μου επιτροπής.

Τους φίλους μου Κυριάκο, Κωστή, Χρυσούλα, Κατερίνα, Παντελή, Κώστα, Πέτρο και όσους ίσως ξεχνώ, για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράστασή τους κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Τέλος, δεν πρέπει να παραλείψω τους γονείς μου Πέτρο και Ευστρατία και την αδερφή μου Ελευθερία για όσα μου έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια.

Περιεχόμενα

Περίληψη – Abstract.....1
1. Εισαγωγή.....3
1.1 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας.....3
1.2. Απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών – Γενικά.....3
2. Ισχύουσα νομοθεσία για τα ΑΗΗΕ.....6
2.1. Η θέση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ΑΗΗΕ.....6
2.1.1. Γενικά.....6
2.1.2. Ειδικά για τα ΕΗΗΕ.....6
2.1.3. Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ΑΗΗΕ.....7
2.1.3.1. Οδηγία 2002/96/ΕΚ.....8
2.1.3.2. Οδηγία 2002/95/ΕΚ.....10
2.2. Το θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα για τα ΑΗΗΕ.....10
3. Διαχείριση των ΑΗΗΕ σήμερα.....12
3.1. Γενικά.....12
3.2. Επεξεργασία ΑΗΗΕ.....13
3.2.1. Αποτέφρωση ΑΗΗΕ.....13
3.2.2. Υγειονομική ταφή των ΑΗΗΕ.....14
3.2.3. Ανακύκλωση των ΑΗΗΕ.....15
4. Περιγραφή ποιοτικής ανάλυσης και επιδράσεις των επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον.....17
4.1. Περιγραφή ποιοτικής ανάλυσης.....17
4.1.1. Γενικά.....17
4.1.2.Επικίνδυνες ουσίες στα ΕΗΗΕ.....17
4.2. Επιδράσεις των επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.....18
4.2.1. Γενικά.....18
4.2.2. Μόλυβδος.....19
4.2.2. Κάδμιο.....20
4.2.3. Υδράργυρος.....21
4.2.4. Εξασθενές Χρώμιο.....21

4.2.5. Πολυβινυλλοχλωρίδιο (PVC).....22
4.2.6. Βρωμιούχα επιβραδυντικά φλόγας.....22
4.3 «Έμμεση» επιβάρυνση του περιβάλλοντος.....23
5. Περιγραφή ποσοτικής ανάλυσης.....25
5.1. Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων.....25
5.2. Εκτίμηση ποσότητας των διαφόρων συστατικών σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή.....36
6. Συλλογή αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού...40
6.1. Γενικά.....40
6.2. Η κατάσταση στα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....43
6.3. Το σύστημα συλλογής ΑΗΗΕ στη Ταϊβάν.....48
7. Επεξεργασία και ανακύκλωση των ΑΗΗΕ.....51
7.1. Γενικά περί ανακύκλωσης ΑΗΗΕ.....51
7.1.1. Επαναπώληση.....55
7.1.2. Επισκευή, αναπαλαίωση, επανακατασκευή.....55
7.1.3. Ανάκτηση κατασκευαστικών τμημάτων συσκευής.....56
7.1.4. Ανακύκλωση υλικών.....56
7.1.5. Αποτέφρωση και υγειονομική ταφή.....57
7.2. Συσκευές διαχωρισμού.....57
7.2.1. Γενικά.....57
7.2.2. Συσκευές μείωσης όγκου.....58
7.2.3. Συσκευές διαχωρισμού.....58
7.3. Επεξεργασία οθονών Η/Υ.....60
7.3.1. Γενικά.....60
7.3.2. Αφαίρεση των φωσφορικών επικαλύψεων και «καθαρισμός» του γυαλιού.....64
7.3.3. Ανακύκλωση οθονών με Λυχνίες Καθοδικών Ακτίνων.....66
7.4. Ανάκτηση μετάλλων από τα ΑΗΗΕ.....68
7.4.1. Γενικά.....68
7.4.2. Ανάκτηση μετάλλων από τις πλακέτες.....69
8. Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού στην Ελλάδα.....76

8.1. Περιγραφή υπάρχουσας κατάστασης στην Ελλάδα.....76
8.2. Προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης των ΑΗΗΕ για την Ελλάδα.....80
8.2.1. Σύστημα Συλλογής.....80
8.2.2. Σύστημα επεξεργασίας.....83
8.2.3. Οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος διαχείρισης.....90
9. Βιβλιογραφία.....95
Παραρτήματα
Παράρτημα Ι : Οδηγία 2002/95/ΕΚ και 2002/96/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης
Παράρτημα ΙΙ : Νόμος 2939/2001 και Προεδρικό Διάταγμα 117/2004

Λίστα πινάκων

Πίνακας 4.1: Απαιτήσεις για την παραγωγή ενός μικροτσίπ 2 γραμμαρίων.....24
Πίνακας 5.1 : Ποσότητα αποβλήτων από τα ψυγεία (σε tn).....26
Πίνακας 5.2 : Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων από τα ψυγεία (σε tn).....27
Πίνακας 5.3 : Ποσότητα αποβλήτων από τις τηλεοράσεις (σε tn).....28
Πίνακας 5.4 : Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων από τα ψυγεία (σε tn).....28
Πίνακας 5.5 : Ποσότητα αποβλήτων από τα φωτοτυπικά μηχανήματα (σε tn).....29
Πίνακας 5.6 : Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων από τα φωτοτυπικά μηχανήματα (σε tn).....29
Πίνακας 5.7 : Ποσότητα αποβλήτων από τις μικρές οικιακές συσκευές (σε tn).....30
Πίνακας 5.8 : Ποσότητα αποβλήτων από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές (σε tn).....30
Πίνακας 5.9 : Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές (σε tn).....31
Πίνακας 5.10 : Αριθμός ηλεκτρονικών υπολογιστών που αποσύρονται στην Ελλάδα.....32
Πίνακας 5.11 : Εκτίμηση αριθμού ηλεκτρονικών υπολογιστών που αποσύρονται στην Ελλάδα.....32

Πίνακας 5.12 : Ποσότητα αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών (σε tn).....33
Πίνακας 5.13 : Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών (σε tn).....34
Πίνακας 5.14 : Σύνθεση ενός επιτραπέζιου Η/Υ βάρους ~30 kg.....38
Πίνακας 6.1 : Πιλοτικά προγράμματα στην ΕΕ και ποσότητα αποβλήτων που συλλέχθηκαν.....47
Πίνακας 7.1 : Συστατικές ουσίες που υπάρχουν σε μια οθόνη καθοδικών ακτίνων.....63
Πίνακας 7.2 : Οι % κατά βάρος συγκεντρώσεις διαφόρων οξειδίων στο γυαλί μιας οθόνης καθοδικών ακτίνων.....66
Πίνακας 7.3 : Μέταλλα σε πλακέτες Η/Υ.....70
Πίνακας 7.4 : Σύσταση πλακετών.....71
Πίνακας 7.5 : Ποσοστά ανάκτησης μετάλλων από τις πλακέτες.....75
Πίνακας 8.1 : Χρήση οικιακού ηλεκτρονικού υπολογιστή στο σπίτι σε σχέση με τον πληθυσμό (%).....77
Πίνακας 8.2 : Ποσοστό ανακύκλωσης των διαφόρων ουσιών σε ένα Η/Υ βάρους ~30 kg.....85
Πίνακας 8.3 : Ποσότητα αποβλήτων από Η/Υ σε tn, διαφορά σε tn σε σχέση με το προηγούμενο έτος και ποσοστό της διαφοράς αυτής.....86
Πίνακας 8.4 : Ποσότητα σε tn των διαφόρων ουσιών στα απόβλητα από Η/Υ για το 2005 και το 2010.....87
Πίνακας 8.5 : Ποσότητα σε tn των διαφόρων ουσιών που θα μπορούσε να ανακτηθεί από απόβλητα Η/Υ για το 2005.....88
Πίνακας 8.6 : Ποσότητα σε tn των διαφόρων ουσιών που θα μπορούσε να ανακτηθεί από απόβλητα Η/Υ για το 2010.....89
Πίνακας 8.7 : Σύνολο εσόδων και εξόδων που προκύπτουν από την επεξεργασία ενός τόνου αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών στο Ηνωμένο Βασίλειο.....92
Πίνακας 8.8 : Σύνολο εσόδων και εξόδων που προκύπτουν από την επεξεργασία ενός τόνου αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών στην Ελλάδα.....92

Πίνακας 8.7 : Συνολικό όφελος από την επεξεργασία των αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών στην Ελλάδα για το έτος 2005 και το έτος 2010.....93

Λίστα σχημάτων

Σχήμα 5.1 : Σχηματική απόδοση της ποσότητα των αποβλήτων που προέρχονται από τους Η/Υ για τα έτη 1990-1999 και εκτίμηση της ποσότητας αυτής για τα έτη 2000 – 2010.....31
Σχήμα 5.2 : Αριθμός Η/Υ που αποσύρονται στην Ελλάδα για τα έτη 1990 – 1999 και εκτίμηση του αριθμού αυτού για τα έτη 2000 – 2010.....33
Σχήμα 5.3 : Σχηματική απόδοση ποσότητας των ΑΗΗΕ στην Ελλάδα για τα έτη 1990 – 1999 και εκτίμηση της ποσότητας αυτής για τα έτη 2000 – 2010.....34
Σχήμα 5.4 : Αγορά υπολογιστών.....35
Σχήμα 5.5 : Θεωρητική παραγωγή αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών...36
Σχήμα 5.6 : Σύνθεση ενός επιτραπέζιου Η/Υ βάρους ~30 kg.....39
Σχήμα 6.1 : Σχηματική αναπαράσταση των τρόπων συλλογής ΑΗΗΕ.....42
Σχήμα 6.2 : Δίκτυο φορέων και μεταξύ τους σχέσεις σε ένα σύστημα ολοκληρωμένης διαχειρίσεις των ΑΗΗΕ στη Σουηδία.....46
Σχήμα 6.3 : Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος συλλογής ΑΗΗΕ στην Ταϊβάν.....50
Σχήμα 7.1 : Παραγωγή.....52
Σχήμα 7.2 : Ανακύκλωση.....52
Σχήμα 7.3 : Κύκλος ζωής ενός Η/Υ.....54
Σχήμα 7.4 : Σχηματική αναπαράσταση της μεθόδου wet-scubbing.....65
Σχήμα 7.5 : Σχηματική αναπαράσταση μιας πλακέτας με τις δύο τεχνολογίες που συναντώνται.....72
Σχήμα 7.6 : Σχηματική αναπαράσταση της ανάκτησης του χαλκού από απόβλητα πλακετών και καλωδίων.....73

Σχήμα 7.7 : Διαχωρισμός πολύτιμων μετάλλων.....74
Σχήμα 8.1 : Ρυθμοί ανάπτυξης της ελληνικής αγοράς και της Ε.Ε. 15.....76
Σχήμα 8.2 : Διάγραμμα χρήσης οικιακού ηλεκτρονικού υπολογιστή στο σπίτι σε σχέση με τον πληθυσμό (%).....77
Σχήμα 8.3 : Σχηματική παράσταση του συστήματος συλλογής στην Ελλάδα. (όπου Π: πώληση).....83

Λίστα εικόνων

Εικόνα 3.1 : Ανεξέλεγκτη απόθεση ΑΗΗΕ.....12
Εικόνα 3.2 : Ανεξέλεγκτη απόθεση ΑΗΗΕ.....13
Εικόνα 3.3 : Αποτέφρωση ΑΗΗΕ σε ανοιχτό χώρο.....14
Εικόνα 3.4 : Αποτέφρωση ΑΗΗΕ σε ανοιχτό χώρο.....14
Εικόνα 6.1 : Χώρος συλλογής ΑΗΗΕ.....40
Εικόνα 6.2 : Χώρος συλλογής ΑΗΗΕ.....41
Εικόνα 7.1 : Οθόνη στο στάδιο της αποσυναρμολόγησης.....60
Εικόνα 7.2 : Δομή μιας οθόνης καθοδικών ακτίνων με σύστημα πηνίων.....61
Εικόνα 7.3 : Δομή μιας οθόνης καθοδικών ακτίνων με σύστημα πυκνωτών...62
Εικόνα 7.4 : Ποσότητα καλωδίων για επεξεργασία που αποσπάστηκε από ΑΗΗΕ.....69
Εικόνα 7.5 : Πλακέτες για επεξεργασία που αποσπάστηκαν από ΑΗΗΕ.....70
Εικόνα 8.1 : Σύστημα επεξεργασίας στην Ιρλανδία.....79

Αρκτικόλεξα

ΕΗΗΕ.....Είδη Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού
ΑΗΗΕ.....Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού
ΕΚ.....Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
ΕΕ.....Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΟΚ..... Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα
ΠΟΥ.....Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
Η/Υ.....Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

ΛΚΑ.....Λυχνίες Καθοδικών Ακτίνων

WEEE.....Waste of Electrical and Electronic Equipment

PBB.....Πολυβρωμοδιφαινύλιο

PBDE.....Πολυβρωμοδιφαινυλαιθέρας

PBDD.....Πολυβρωμοδιβενζοδιοξίνη

PBDF.....Πολυβρωμοδιβενζοφουράνιο

PCB.....Πολυχλωροδιφαινύλιο

CFC.....Χλωροφθοράνθρακας

PVC.....Πολυβινυλοχλωρίδιο

EEA.....European Environment Agency

EPA.....Environmental Protection Agency

SCMF.....Scrap Computer Management Foundation

EOL.....End - Of – Life

CRT.....Cathode Ray Tubes

Περίληψη

Στην διπλωματική αυτή εργασία αναπτύσσεται το θέμα της διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων και η κατάσταση που εμφανίζεται να ισχύει στην Ελλάδα. Τα ηλεκτρονικά απόβλητα παρουσιάζουν μεγάλη αύξηση της ποσότητάς τους σε παγκόσμιο επίπεδο. Στον ελληνικό χώρο είναι ένα θέμα που άρχισε να απασχολεί την κεντρική εξουσία αλλά και την αγορά μετά από την έκδοση της οδηγίας 2002/95/ΕΚ και της οδηγίας 2002/96/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου. Αρχικά παρουσιάζεται μια ποιοτική ανάλυση, των επικίνδυνων ουσιών, που περιέχονται σε αυτά, και οδήγησαν την Ε.Ε. να τα χαρακτηρίσει ως τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα καθώς και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Σ' όλο το φάσμα της εργασίας δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στα απόβλητα από ηλεκτρονικούς υπολογιστές καθώς είναι οι συσκευές με την μεγαλύτερη συγκέντρωση ηλεκτρονικού υλικού και έχουν ραγδαία αύξηση, καθώς μειώνεται συνεχώς ο χρόνος του κύκλου ζωής τους. Στην συνέχεια γίνεται μια παράθεση των ποσοτικών εκείνων στοιχείων για την παραγωγή των ΑΗΗΕ στην Ελλάδα. Η επεξεργασία των ΑΗΗΕ έχει δύο κυρίως στόχους : πρώτον την μείωση των αποβλήτων που οδηγούνται για αποτέφρωση και υγειονομική ταφή, και δεύτερον την μεγαλύτερη δυνατή ανάκτηση υλικών προς επαναχρησιμοποίηση. Τέλος, γίνεται μια πρόταση για την λειτουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης που θα μπορούσε να λειτουργήσει στον ελληνικό χώρο και να είναι αποτελεσματικό και οικονομικά βιώσιμο.

Λέξεις κλειδιά : Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού, ΑΗΗΕ, Διαχείριση, Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές, Ελλάδα.

Abstract

In the present dissertation is developed the subject of the administration of the electronic waste and the existing situation in Greece. The amount of electronic waste has been dramatically increased globally. The interest in administrating them in Greece has started after the issue of the E.U. guideline 2002/95/EK and the E.U. guideline 2002/96/EK. At first, there is a quality analysis, of the hazardous substances, which are included in the electronic waste that led the E.U to label them as toxic and dangerous, as their consequences in the environment and the human health. In the specter of the dissertation the computer's and the devices' with the most concentrated electronic material, are specially mentioned, as the circle of life is decreasing constantly. Continuously, is taking place an indication of the quantitative elements for the produce of the electric and electronic equipment in Greece. Their elaboration aims to the decrease of their waste which are going to be incinerated or landfilled and the possibly larger recovery of the substances so as to be reused. Finally, there is a proposal for the function of a complete administration system, which could work in Greece, be effective and financially possible.

Key words: Electrical and Electronic Equipment Waste, WEEE, Administration, Computers, Greece.

1. Εισαγωγή

1.1. Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την ανάπτυξη του θέματος της διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων και η κατάσταση όπως αυτή εμφανίζεται στην ελληνική επικράτεια. Η ανάπτυξη του θέματος περιλαμβάνει τόσο την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση όσο και τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες επεξεργασίας των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Επίσης, αναλύονται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία αλλά και οι κίνδυνοι που κρύβονται από την έλλειψη επεξεργασίας τους και την απόθεσή τους στους χώρους υγειονομικής ταφής ή την καύση τους.

1.2. Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού – Γενικά

Τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζεται ραγδαία αύξηση της χρήσης ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών που έχουν στόχο την βελτίωση του βιοτικού μας επιπέδου. Αρχικά, ο μεγάλος αριθμός των ηλεκτρικών συσκευών προοριζόταν για οικιακή χρήση και ήταν κυρίως οικιακές συσκευές. Τα τελευταία είκοσι χρόνια όμως με την ανάπτυξη της πληροφορικής και την διάδοση των ηλεκτρονικών υπολογιστών η εφαρμογή τους έχει επεκταθεί σε όλους σχεδόν τους τομείς της ζωής. Πλέον, η τεχνολογία με την μορφή των ηλεκτρονικών συσκευών έχει κατακλύσει όλους τους χώρους εργασίας, διασκέδασης και επικοινωνίας. Οι εταιρίες παρασκευής ηλεκτρονικών συσκευών καθημερινά παρουσιάζουν νέα και καινοτόμα μοντέλα απαντώντας στις ανάγκες ή δημιουργώντας νέες ανάγκες της κοινωνίας με αποτέλεσμα να αυξάνεται ραγδαία ο αριθμός των συσκευών που χρησιμοποιούνται από τους πολίτες. Η προώθηση όμως νέων μοντέλων συνεπάγεται και την αντίστοιχη απόσυρση των παλιότερων που αντικαθιστούν. Έτσι δημιουργείται μια

διαρκώς αυξανόμενη μάζα αποβλήτων, που αυτή την στιγμή παγκοσμίως έχει την μεγαλύτερη ποσοστική αύξηση σε σχέση με όλα τα άλλα απόβλητα. Η πρόοδος της επιστήμης σε αυτό τον τομέα έχει ως αποτέλεσμα πολλές φορές την απόσυρση των συσκευών πριν συμπληρώσουν τον κύκλο ζωής τους, συνήθως και αρκετά νωρίτερα, απλά και μόνο επειδή κυκλοφορούν νέα, πιο πλήρη και καινοτόμα μοντέλα της ίδιας συσκευής. Ενδεικτικά, αναφέρουμε ότι η πρώτη χρήση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή όταν έκαναν την εμφάνισή του την δεκαετία του 1960 κατά μέσο όρο διαρκούσε 10 έτη ενώ σήμερα υπολογίζεται κατά μέσο όρο στα 4,3 έτη ενώ στις περιπτώσεις των πλέον καινοτόμων συσκευών ο χρόνος αυτός είναι μικρότερος και από τα 2 έτη. Στην παρούσα εργασία ως χρόνο χρήσης ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή θεωρείται, η συνηθέστερη τιμή που συναντάται στις διάφορες εργασίες για τα απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών, των πέντε (5) χρόνων.

Η αύξηση αυτή των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών (ΑΗΗΕ) προκαλεί προβληματισμό. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης η παραγωγή των ΑΗΗΕ κατά το έτος 1998 ανήλθε σε 6 εκατομμύρια τόνους (ποσοστό 4% της κατηγορίας των αστικών αποβλήτων) ενώ υπολογίζεται αύξηση 3% - 5% κάθε χρόνο, γεγονός που σημαίνει αύξηση των ΑΗΗΕ 16% - 25% κάθε πενταετία και διπλασιασμό της ποσότητάς τους εντός δωδεκαετίας. Από την εκτίμηση αυτή προκύπτει ότι η αύξηση παραγωγής των ΑΗΗΕ είναι περίπου 3 φορές υψηλότερη από την αντίστοιχη μέση αύξηση των αστικών αποβλήτων. Συνυπολογίζοντας και τον μεγάλο αριθμό επικίνδυνων ουσιών που περιέχονται σε αυτά είναι εύκολο να κατανοηθεί η μεγάλη σημασία που έχει η επεξεργασία και σωστή και ολοκληρωμένη διαχείριση που πρέπει να γίνεται στα ΑΗΗΕ με στόχο την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται χρήσιμο και απαραίτητο να παρατεθούν κάποιοι ορισμοί όπως αυτοί δόθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση στην Οδηγία 2002/96/ΕC της 27^{ης} Ιανουαρίου 2003 για τα ΑΗΗΕ. Έτσι ως «είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού νοούνται τα είδη εξοπλισμού που η ορθή

λειτουργία τους εξαρτάται από ηλεκτρικά ρεύματα ή ηλεκτρομαγνητικά πεδία και τα είδη εξοπλισμού για την παραγωγή, μεταφορά και μέτρηση ανάλογων ρευμάτων και πεδίων τα οποία ως εκ του σχεδιασμού τους προορίζονται για χρήση υπό τάση που δεν υπερβαίνει τα 1000 Volt εναλλασσόμενου ρεύματος και τα 1500 Volt συνεχούς ρεύματος». Ως απορρίμματα νοούνται αυτά που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες και παράγονται σε χώρους διαβίωσης, εργασίας, παραγωγής ψυχαγωγίας και αστικού περιβάλλοντος γενικώς, τα οποία είναι εγκαταλελειμμένα ή πρόκειται να εγκαταλειφθούν. Τα ΑΗΗΕ χαρακτηρίζονται ως : α) αστικά (αφού παράγονται από τους αστικούς ιστούς και προέρχονται από οικίες, γραφεία, ιδρύματα κ.α.), β) ειδικά (αφού προέρχονται και από άλλες πηγές π.χ. αυτοκίνητα) και γ) τοξικά (αφού περιέχουν βαρέα μέταλλα). Η ρύπανση που προκαλείται λόγω της διαχείρισης των ΑΗΗΕ είναι διασυνοριακού χαρακτήρα. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για την ρύπανση του αέρα και του νερού συνέπεια της αποτέφρωσης, της υγειονομικής ταφής ή της εσφαλμένης ανακύκλωσης των αποβλήτων αυτών.(Commission, 2000)

2. Ισχύουσα νομοθεσία για τα ΑΗΗΕ

2.1. Η θέση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ΑΗΗΕ

2.1.1. Γενικά

Σύμφωνα με το άρθρο 174 της συνθήκης ίδρυσης της Ευρωπαϊκής Κοινότητας ορίζεται πως η κοινοτική πολιτική για το περιβάλλον πρέπει να αποσκοπεί στην υψηλού επιπέδου προστασία λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλότητα των παρατηρούμενων καταστάσεων στις επιμέρους περιφέρειες της Κοινότητας. Η πολιτική αυτή πρέπει να βασίζεται σε τρεις αρχές : της ανάληψης προληπτικής δράσης, της αντιμετώπισης στην πηγή κάθε περιβαλλοντικής ζημιάς και της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει».

2.1.2. Ειδικά για τα ΕΗΗΕ

Για τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού η Ευρωπαϊκή Ένωση δίνει μεγάλη βαρύτητα στην πολιτική της για την διαχείρισή τους στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Η εξάπλωση των ΕΗΗΕ είναι τόσο μεγάλη που η μόνη δίοδος ελέγχου των αποβλήτων τους είναι μέσα από τις εταιρίες κατασκευής και εμπορίου των ειδών στα διάφορα κράτη – μέλη. Επιπλέον οι παραγωγοί είναι αυτοί που σχεδιάζουν το προϊόν και ως εκ τούτου καθορίζουν τις προδιαγραφές και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του και είναι οι μόνοι που έχουν την δυνατότητα να βελτιώσουν την κατάσταση αυτή. Οι παραγωγοί έχουν την δυνατότητα να αναπτύξουν διαφορετικό σχεδιασμό για τα προϊόντα τους και να επηρεάσουν την διάρκεια ζωής τους, συμβάλλοντας έτσι στην μείωση της ποσότητας των αποβλήτων καθώς και στην καλύτερη δυνατή ανάκτηση και διάθεση. Έτσι στην προκειμένη περίπτωση η αρχή αυτή

εντοπίζεται κυρίως στην ευθύνη του παραγωγού. Ως παραγωγός ορίζεται οποιοσδήποτε κατασκευάζει και πωλεί είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού με το σήμα του, ανεξάρτητα της τεχνικής πωλήσεων, συμπεριλαμβανομένων των πωλήσεων εξ αποστάσεως και των ηλεκτρονικών πωλήσεων, οποιοσδήποτε επαναπωλεί με το σήμα του ανάλογα είδη παραγόμενα από άλλους προμηθευτές και οποιοσδήποτε εισάγει επαγγελματικά ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά είδη σε ένα κράτος μέλος.

Όμως στην υπάρχουσα κατάσταση δημιουργείται το πρόβλημα της χρηματοδότησης της έρευνας και το επιπλέον κόστος που προκύπτει από την επεξεργασία των ΑΗΗΕ για τους παραγωγούς. Έτσι έχει αποφασιστεί να δοθούν τα απαραίτητα κίνητρα, οικονομικής φύσεως που θα επιτρέπουν την διατήρηση του ρυθμού ανάπτυξης της αγοράς των ΕΗΗΕ, στους παραγωγούς. Γεγονός που δεν θα οδηγήσει τον καταναλωτή να επωμιστεί το κόστος αυτό και για να μην υπάρξει ύφεση της εμπορευματικής κίνησης, δηλαδή να μην σταματήσουν την λειτουργία τους τα εργοστάσια παραγωγής στην Ευρώπη με άμεση αύξηση της ανεργίας, και μεταφορά τους σε χώρες που δεν θεσμοθετούν την ευθύνη του παραγωγού, ή και την μείωση της διακίνησης των προϊόντων νέας τεχνολογίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, προς όφελος νέων αγορών στην Ασία και αλλού. Επί του παρόντος όμως δεν υφίστανται τέτοια κίνητρα και οι παραγωγοί ελάχιστα ενδιαφέρονται για την διαχείριση των αποβλήτων, ιδιαίτερα για την ανακύκλωση, κατά το στάδιο του σχεδιασμού, με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνονται τα επιθυμητά ποσοστά ανάκτησης και ανακύκλωσης. Για τον λόγο αυτό δίνεται στους παραγωγούς μια περίοδος προσαρμογής δεκαπέντε ετών και η εφαρμογή της οδηγίας από τα κράτη – μέλη τους δίνει την δυνατότητα μιας μικρής αύξησης της τιμής των προϊόντων για την κάλυψη των δαπανών από τους παραγωγούς.

2.1.3. Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ΑΗΗΕ

Σύμφωνα με το παραπάνω πολιτικό σκεπτικό το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει εκδώσει δύο οδηγίες προς τα

κράτη – μέλη, την 2002/96 «Σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού», με την τροποποίηση από την οδηγία 2003/108 και τη 2002/95 «Σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών στα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού».

2.1.3.1. Οδηγία 2002/96/ΕΚ

Στόχος της οδηγίας αυτής είναι η πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και επιπλέον η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση και άλλες μορφές ανάκτησης με στόχο την μείωση της διάθεσης των αποβλήτων. Ταυτόχρονα επιδιώκεται η βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων όλων των φορέων που εμπλέκονται. (Άρθρο 1)

Τα κράτη – μέλη πρέπει να ενθαρρύνουν τις όποιες αλλαγές στον σχεδιασμό και την παραγωγή με στόχο την ευκολότερη αποσυναρμολόγηση και κυρίως την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των ΑΗΗΕ. (Άρθρο 4)

Στην οδηγία αυτή ορίζεται ότι τα κράτη – μέλη πρέπει να εξασφαλίσουν την λειτουργία φορέων υπεύθυνων για την συλλογή των ΑΗΗΕ και την δημιουργία εγκεκριμένων εγκαταστάσεων επεξεργασίας, έτσι ώστε να είναι δυνατόν, το αργότερο την 31^{η} Δεκεμβρίου 2006, η συλλογή των ΑΗΗΕ να ανέρχεται τουλάχιστον σε τέσσερα (4) kg ανά κάτοικο κατά μέσο όρο ανά έτος. Τελικός υποχρεωτικός στόχος ορίζεται η 31^{η} Δεκεμβρίου 2008, λόγω της τεχνικής και οικονομικής πείρας των κρατών – μελών.(Άρθρο 5)

Τα κράτη – μέλη είναι υποχρεωμένα να πάρουν όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε οι παραγωγοί να δημιουργήσουν συστήματα επεξεργασίας των ΑΗΗΕ. Οι παραγωγοί ή οι εταιρίες που δρουν για λογαριασμό τους θα πρέπει να χρησιμοποιούν τις βέλτιστες τεχνικές επεξεργασίας, αξιοποίησης και ανακύκλωσης. Επεξεργασία που θα περιλαμβάνει την απομάκρυνση όλων των υγρών και την επιλεκτική επεξεργασία, εφόσον αυτή δεν παρεμποδίζει την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση κατασκευαστικών στοιχείων ή

ολόκληρων των συσκευών. Τα κράτη – μέλη μεριμνούν για την χορήγηση άδειας λειτουργίας για τις εταιρίες αυτές, μετά από επιθεώρηση που θα διενεργείται τουλάχιστον μία φορά τον χρόνο.(Άρθρο 6)

Τα κράτη – μέλη πρέπει να μεριμνήσουν ώστε μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2006 να επιτυγχάνονται οι ακόλουθοι στόχοι :

- ⇨ Για τα ΑΗΗΕ από τις «μεγάλες οικιακές συσκευές» και τις «συσκευές αυτόματης διανομής», η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των κατασκευαστικών τους στοιχείων, των υλικών και των ουσιών τους πρέπει να φτάσει το 75% τουλάχιστον του μέσου βάρους ανά συσκευή, και ο βαθμός αξιοποίησης τουλάχιστον το 80% του μέσου βάρους ανά συσκευή.

- ⇨ Για τα ΑΗΗΕ από τους «εξοπλισμούς πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών» και των «καταναλωτικών ειδών», η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των κατασκευαστικών τους στοιχείων, των υλικών και των ουσιών τους πρέπει να φτάσει το 65% τουλάχιστον του μέσου βάρους ανά συσκευή, ενώ ο βαθμός αξιοποίησης τουλάχιστον το 75% του μέσου βάρους ανά συσκευή.

- ⇨ Για τα ΑΗΗΕ από τις «μικρές οικιακές συσκευές», τα «φωτιστικά είδη», τα «ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία», τα «παιχνίδια και τους εξοπλισμούς ψυχαγωγίας και αθλητισμού» και τα «όργανα παρακολούθησης και ελέγχου», η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των κατασκευαστικών τους στοιχείων, των υλικών και των ουσιών τους πρέπει να φτάσει το 50% τουλάχιστον του μέσου βάρους ανά συσκευή, ενώ ο βαθμός αξιοποίησης τουλάχιστον το 70% του μέσου βάρους ανά συσκευή.

(Άρθρο 7)

2.1.3.2. Οδηγία 2002/95/ΕΚ

Στόχος της οδηγίας αυτής είναι η σύγκλιση των νομοθεσιών των κρατών – μελών σχετικά με τους περιορισμούς της χρήσης των επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και η συμβολή στην περιβαλλοντικώς ορθή ανάπτυξη και διάθεση των αποβλήτων τους. (Άρθρο 1)

Τα κράτη – μέλη είναι υποχρεωμένα να εξασφαλίσουν ότι από 1η Ιουλίου 2006 ο νέος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός που θα διατίθεται στην αγορά δεν θα περιέχει μόλυβδο, υδράργυρο, κάδμιο, εξασθενές χρώμιο, PBB και PBDE. (Άρθρο 4)

Οι παραπάνω οδηγίες 2002/95/ΕΚ και 2002/96/ΕΚ περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι της παρούσης εργασίας.

2.2. Το θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα για τα ΑΗΗΕ

Η ελληνική νομοθεσία εφαρμόζει σήμερα πλήρως τις κοινοτικές οδηγίες και καθορίζει σαφώς τους κανόνες που διέπουν την επεξεργασία των αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Βασίζεται δε και υιοθετεί τις βασικές αρχές που καθορίζουν την ευρωπαϊκή πολιτική για τα ΑΗΗΕ.

Ο πρώτος νόμος που θεσπίστηκε και ανέφερε για τα ΑΗΗΕ ήταν ο Νόμος 2939/2001 (ΦΕΚ 179/6-8-2001) «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων – Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.)». Ο νόμος αυτός στο άρθρο 2 (παρ 4) συμπεριέλαβε τα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στα «άλλα προϊόντα» και όριζε τον Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π. ως «υπεύθυνο να εκπονεί και να εφαρμόζει προγράμματα εναλλακτικής διαχείρισης για τα άλλα προϊόντα, που περιλαμβάνουν κατευθυντήριες γραμμές και μέτρα πρόληψης των ζημιογόνων για το

περιβάλλον δράσεων.» (Άρθρο 15) Τέλος δίνονται οι γενικές κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τους όρους με την εναλλακτική διαχείριση των άλλων προϊόντων.

Το Προεδρικό Διάταγμα 117/2004 (ΦΕΚ 82/5-3-2004) με τίτλο «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» του Συμβουλίου της 27ης Ιανουαρίου 2003» είναι το διάταγμα που εφαρμόζει τις δύο οδηγίες της Ε.Ε. για τα ΑΗΗΕ. Σε αυτό το διάταγμα καλύπτονται όλες οι καταληκτικές ημερομηνίες που έθεσε το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο με τις παραπάνω Οδηγίες, καθώς επίσης καθορίζονται με κάθε λεπτομέρεια και οι κανόνες που πρέπει να εφαρμόσουν οι εταιρίες που ορίζονται ως παραγωγοί, και οι εταιρίες που δραστηριοποιούνται με την συλλογή και επεξεργασία των ΑΗΗΕ. Τέλος, αναφέρεται ότι « η παρακολούθηση και ο έλεγχος εφαρμογής των προγραμμάτων εναλλακτικής διαχείρισης των εν λόγω αποβλήτων, καθώς και η αναθεώρησή τους, γίνεται από τον Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π. σύμφωνα με το άρθρο 15 του Νόμου 2939/2001.» (Άρθρο 5)

Ο Νόμος 2939/2001 και το Προεδρικό Διάταγμα 117/2004 περιλαμβάνονται στο Παράρτημα ΙΙ της παρούσης εργασίας.

3. Διαχείριση των ΑΗΗΕ σήμερα

3.1. Γενικά

Η σημερινή διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων δεν αντιμετωπίζει τους περιβαλλοντικούς κινδύνους που σχετίζονται με αυτό το είδος των αποβλήτων. Σήμερα πάνω από το 90 % των αποβλήτων αυτών υφίσταται αποτέφρωση, υγειονομική ταφή ή ανακύκλωση χωρίς όμως να υπάρχει οποιαδήποτε προεπεξεργασία. Η παρούσα εφαρμοζόμενη πολιτική διαχείρισης έχει σοβαρά προβλήματα και πολλές επιπτώσεις στο περιβάλλον, καθώς μαζί με τα απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών που δεν έχουν υποστεί οποιαδήποτε προεργασία, τον δρόμο για την αποτέφρωση, την υγειονομική ταφή και την ανακύκλωση ακολουθούν και όλες οι τοξικές και επικίνδυνες ουσίες που εμπεριέχονται σε αυτά με σοβαρές πιθανότητες έκλυσής τους στο περιβάλλον με τις συνέπειες που αναφέραμε παραπάνω.



Εικόνα 3.1 : Ανεξέλεγκτη απόθεση ΑΗΗΕ.
(Πηγή : Basel Action Network)



Εικόνα 3.2 : Ανεξέλεγκτη απόθεση ΑΗΗΕ.
(Πηγή : Basel Action Network)

3.2. Επεξεργασία ΑΗΗΕ

3.2.1. Αποτέφρωση ΑΗΗΕ

Η αποτέφρωση είναι σήμερα μια από τις βασικότερες μεθόδους επεξεργασίας των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών που εφαρμόζονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η ύπαρξη όμως στα ΑΗΗΕ ουσιών με πολύ διαφορετικές ιδιότητες και πολύ σημαντική επιβάρυνση τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και στο περιβάλλον αποδεικνύει ότι οι επιπτώσεις από την αποτέφρωση των ΑΗΗΕ είναι πολλαπλές. Ο χαλκός για παράδειγμα ενδέχεται να προκαλέσει έκλυση επικίνδυνων διοξινών και η αποτέφρωση σε χαμηλή θερμοκρασία των βρωμιούχων επιβραδυντικών φλόγας να προκαλέσουν τη δημιουργία ιδιαίτερα τοξικών πολυβρωμοδιβενζοδιοξινών (PBDD) και πολυβρωμοδιβενζοφουρανίων (PBDF). Η παρουσία σοβαρών ποσοτήτων πλαστικών στα ΑΗΗΕ δημιουργεί πρόσθετους κινδύνους καθώς έχει αποδειχθεί ότι τα πλαστικά δεν προσφέρονται για αποτέφρωση λόγω του επικίνδυνου χαρακτήρα των καυσαερίων που παράγονται. Τέλος, η αποτέφρωση των ΑΗΗΕ ευθύνεται για

το μεγαλύτερο μέρος της ποσότητας των βαρέων μετάλλων στα παραγόμενα καυσαέρια, στη σκωρία ή τα κατάλοιπα στους ηθμούς.



Εικόνα 3.3 : Αποτέφρωση ΑΗΗΕ σε ανοιχτό χώρο.
(Πηγή : Basel Action Network)



Εικόνα 3.4 : Αποτέφρωση ΑΗΗΕ σε ανοιχτό χώρο.
(Πηγή : Basel Action Network)

3.2.2. Υγειονομική ταφή των ΑΗΗΕ

Η ύπαρξη πολλών διαφορετικών ουσιών στα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι η κύρια αιτία που κάνει την υγειονομική ταφή μη επεξεργασμένων αποβλήτων να έχει πολλαπλές αρνητικές επιπτώσεις στο

περιβάλλον. Η επιβάρυνση στο περιβάλλον θα ήταν κατά πολύ μειωμένη, έως και εκμηδενισμένη, στην περίπτωση όπου ο χώρος διάθεσης θα ήταν απόλυτα στεγανός και ελεγχόμενος. Δυστυχώς όμως, κανένας χώρος υγειονομικής ταφής, ακόμα και αυτοί με επικίνδυνα απόβλητα, δεν παραμένει εντελώς υδατοστεγής για όλη την διάρκεια της ζωής του με αποτέλεσμα να είναι πρακτικά αδύνατο να αποφευχθεί έστω και μικρή έκπλυση χημικών ουσιών. Σαφέστατα η επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μέγιστη όταν τα απόβλητα αποθέτονται σε μη ελεγχόμενους χώρους, όπως συμβαίνει κατά κύριο λόγο στην Ελλάδα.

Ο κύριος κίνδυνος έγκειται στο γεγονός της απόπλυσης και της εξαέρωσης των τοξικών και επικίνδυνων ουσιών που βρίσκονται μέσα στα ΑΗΗΕ. Με την απόπλυση των επικίνδυνων ουσιών είναι πολύ πιθανό να μολυνθεί ο υπόγειος υδροφορέας με σημαντικές επιπτώσεις και για την ανθρώπινη υγεία. Η ύπαρξη ουσιών που είναι πολύ εύκολο να εξαερωθούν δημιουργούν πρόσθετους κινδύνους με την διάδοσή τους στον αέρα. Σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής που δεν ελέγχεται ο κίνδυνος ανεξέλεγκτης πυρκαγιάς είναι πολύ μεγάλος με αποτέλεσμα την έκλυση στην ατμόσφαιρα σημαντικών ποσοτήτων ουσιών ή ενώσεών τους με ιδιαίτερα τοξικές ιδιότητες. Λαμβάνοντας υπόψη και το γεγονός ότι οι περισσότεροι χώροι υγειονομικής ταφής βρίσκονται σχετικά κοντά σε αστικά κέντρα με αυξημένη συγκέντρωση πληθυσμού είναι εύκολο να κατανοήσει κάποιος τις σοβαρές επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία.

3.2.3. Ανακύκλωση των ΑΗΗΕ

Η ανακύκλωση των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών είναι η κατ' εξοχή περιβαλλοντική επεξεργασία. Στόχος τόσο της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και των διάφορων φορέων ανά τον κόσμο είναι η διεύρυνση της ποσότητας των ΑΗΗΕ που ανακυκλώνεται. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει σε καμία περίπτωση ότι δεν υπάρχουν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον αν τα όποια απόβλητα δεν δεχθούν την κατάλληλη επεξεργασία. Το πιο βασικό στάδιο για

την σωστή ανακύκλωση είναι η προεπεξεργασία των αποβλήτων. Αυτό το στάδιο σήμερα δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένο με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ανακύκλωση ενός μεγάλου ποσοστού. Ο σωστός και ο κατά δύναμη μεγαλύτερου ποσοστού αρχικός διαχωρισμός των διαφόρων τμημάτων εξασφαλίζει καλύτερη ανακύκλωση, λιγότερα απόβλητα και μικρότερο κίνδυνο στα νέα προϊόντα να υπάρχουν ανεπιθύμητες ουσίες που είναι δυνατόν να δημιουργήσουν νέα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Γενικά, η υφιστάμενη κατάσταση στην επεξεργασία και διαχείριση των ΑΗΗΕ χαρακτηρίζεται από την έλλειψη κατάλληλης προεπεξεργασίας τους. Αυτό οδηγεί στην ανακύκλωση μικρού ποσοστού των αποβλήτων και στην ύπαρξη πολλαπλών κινδύνων για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία με όποιον άλλο τρόπο και αν διατεθούν. Επομένως, ο πρωταρχικός στόχος μας πρέπει να είναι ο σωστός διαχωρισμός και η δημιουργία κατάλληλων συστημάτων επεξεργασίας με την ανάπτυξη νέων τεχνικών. Σε αυτό τον τομέα πολύ σημαντική είναι και η συνδρομή των κατασκευαστικών εταιριών. Με αυτό τον τρόπο θα είναι δυνατή η πιο ολοκληρωμένη επεξεργασία των ΑΗΗΕ και η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

4. Περιγραφή ποιοτικής ανάλυσης και επιδράσεις των επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον

4.1. Περιγραφή ποιοτικής ανάλυσης

4.1.1. Γενικά

Πριν γίνει μια εκτενής αναφορά στα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται από την έλλειψη ολοκληρωμένης διαχείρισης των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών θεωρείται απαραίτητο να γίνει περιγραφή των ουσιών που υπάρχουν σε αυτά. Στα ΑΗΗΕ γενικότερα και στα απόβλητα από ηλεκτρονικούς υπολογιστές ειδικότερα υπάρχει μια πληθώρα ουσιών που έχουν χαρακτηριστεί ως επικίνδυνες για το περιβάλλον και την δημόσια υγεία από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (ΠΟΥ).

4.1.2.Επικίνδυνες ουσίες στα ΕΗΗΕ

Για να γίνει μια εκτενής ανάλυση των επιπτώσεων που έχουν οι διάφορες ουσίες στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία θα πρέπει πρώτα να γίνει η ταυτοποίησή τους και να αναλυθούν τα σημεία που συναντώνται στις διάφορες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές.

Ο **μόλυβδος (Pb)** βρίσκεται σε ποσοστό άνω του 90% σε μπαταρίες και ένα μικρότερο ποσοστό σε λάμπες φωτισμού και φθορισμού, ενώ με την μορφή του **οξειδίου του μολύβδου (PbO)** υπάρχει στα διάφορα γυαλιά, με πάνω από 80% στις καθοδικές λυχνίες, καθώς και στις λάμπες φωτισμού και φθορισμού. Το **κάδμιο (Cd)** χρησιμοποιείται σε ποσοστό άνω του 90% στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και στο γυαλί των καθοδικών λυχνιών. Ο

υδράργυρος (Hg) σε ποσοστό μεγαλύτερο του 90% υπάρχει στις μπαταρίες, σε διάφορους αισθητήρες και διακόπτες. Η κυριότερη χρήση του **εξασθενούς χρωμίου (Cr^{VI})** είναι στα ψυκτικά συστήματα των ψυγείων, ως αντιδιαβρωτικό, ενώ στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές χρησιμοποιείται ως σκληρυντικό στο μίγμα του καλύμματος. Το 90% των **PCB (πολυχλωροδιφαινύλια)** το συναντάμε στους πυκνωτές. Πάνω από το 80% των **βρωμιούχων επιβραδυντικών φλόγας (πέντε-, οκτα- και δεκα-BDE)** χρησιμοποιούνται στις πλακέτες, στα καλώδια και στα πλαστικά καλύμματα των ηλεκτρονικών υπολογιστών, ενώ ένα μικρό ποσοστό τους χρησιμοποιείται στις τηλεοράσεις και τις μικρές οικιακές συσκευές. Ο **χαλκός (Cu)**, τέλος χρησιμοποιείται στα καλώδια και στις διάφορες ενώσεις ενώ έχει διαπιστωθεί ότι ένα ποσοστό της τάξης του 40% του χαλκού στους χώρους επεξεργασίας αποβλήτων προέρχεται από μικρά απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών. Τέλος, υπάρχει και ένας αριθμός άλλων στοιχείων στα ΕΗΗΕ αλλά η ποσότητά τους είναι πολύ μικρή και υπάρχουν μόνο ως συστατικά κραμάτων στα οποία προσδίδουν διάφορες ιδιότητες.

4.2. Επιδράσεις των επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία

4.2.1. Γενικά

Γενικά, η οικολογική επιβάρυνση από την ελλιπή επεξεργασία των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών είναι άθροισμα πολλών παραμέτρων. Καταρχήν, εξαρτάται από τη συσκευή και την διάδοσή της στην ευρωπαϊκή αγορά. Είναι προφανές ότι όλες οι συσκευές δεν περιέχουν τις ίδιες επικίνδυνες ουσίες αλλά και δεν υπάρχει η ίδια ποσότητα αποβλήτων για όλες τις συσκευές. Έτσι η επιβάρυνση του περιβάλλοντος και οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία είναι μεγαλύτεροι όσο αυξάνεται ο όγκος των συσκευών που περιέχουν περισσότερες επικίνδυνες ουσίες. Εξετάζοντας το θέμα από την

πλευρά των συστατικών στοιχειών παρατηρούμε ότι εξαρτάται και μάλιστα αναλογικά και από την ποσότητα της κάθε επικίνδυνης ουσίας στην συσκευή. Τέλος, επηρεάζεται και από τον χρόνο που χρειάζεται η κάθε συσκευή για να ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής της, καθώς όσο μικρότερος είναι ο χρόνος αυτός τόσο μεγαλύτερη ποσότητα συσκευών απαιτείται για την αντικατάστασηh των παλαιών και άρα τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των αποβλήτων.

Τα προβλήματα που προκαλούνται από τις διάφορες ουσίες των ΕΗΗΕ έχουν άμεση εξάρτηση με την τοξικότητα της κάθε μιας αλλά και από την ποσότητα που απελευθερώνεται όταν δεν υπάρχει επαρκής επεξεργασία των αποβλήτων. Από τις μελέτες που έχουν ήδη γίνει διαπιστώθηκε ότι τα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού περιέχουν αρκετές ουσίες που έχουν χαρακτηριστεί ως επικίνδυνες από την Ε.Ε. και την ΠΟΥ. Στις ουσίες αυτές συμπεριλαμβάνονται βαρέα μέταλλα, όπως μόλυβδος, κάδμιο, υδράργυρος, το εξασθενές χρώμιο και αλογονομένες ενώσεις, όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) και δύο τύποι βρωμιούχων επιβραδυντικών φλόγας, το πολυβρωμοδιφαινύλιο (PBB) και ο πολυβρωμοδιφαινυλαιθέρας (PBDE).

4.2.2. Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος έχει χαρακτηριστεί βάση της οδηγίας του Συμβουλίου 67/548/ΕΟΚ ως συστατικό επιβλαβές όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης καθώς υπάρχει κίνδυνος αθροιστικών επιδράσεων. Ο μόλυβδος αποτελεί συσσωρευόμενο δηλητήριο, μπορεί να προκαλέσει βλάβες τόσο στο κεντρικό όσο και στο περιφερειακό νευρικό σύστημα του ανθρώπου ενώ έχουν παρατηρηθεί επιπτώσεις και στο ενδοκρινικό σύστημα, στο κυκλοφορικό και τα νεφρά. Επιπλέον ενδέχεται να έχει και καρκινογόνο δράση στον άνθρωπο σύμφωνα με σχετικές ενδείξεις σε πειραματόζωα. Από την Π.Ο.Υ. έχει καθοριστεί ως «προσωρινή ανεκτή εβδομαδιαία δόση» τα 25 μg/kg σωματικού βάρους, τόσο για τα παιδιά όσο και για τους ενήλικες. Οι

κύριες πηγές πρόσληψης στον άνθρωπο είναι τα τρόφιμα, το έδαφος και η σκόνη. Ο μόλυβδος εισέρχεται στα τρόφιμα κυρίως λόγω της ατμοσφαιρικής κατακάθισης στα φυτά και στην συνέχεια εισέρχεται στην τροφική αλυσίδα.

Ο μόλυβδος συσσωρεύεται στο περιβάλλον και έχει οξείες και χρόνιες επιδράσεις τόσο στα φυτά όσο και στα ζώα και τους μικροοργανισμούς. Ενώ ο μόλυβδος δεν συσσωρεύεται σημαντικά στα ψάρια παρουσιάζει όμως υψηλές συγκεντρώσεις σε ορισμένα οστρακοειδή.

4.2.2. Κάδμιο (Cd)

Το κάδμιο έχει χαρακτηριστεί βάση της οδηγίας του Συμβουλίου 67/548/ΕΟΚ ως συστατικό τοξικό όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης, καθώς υπάρχει κίνδυνος αθροιστικών και μόνιμων επιδράσεων. Το κάδμιο βιοσυσσωρεύεται στον ανθρώπινο οργανισμό και κυρίως στα νεφρά, στα οστά και στο αίμα, ενισχύοντας έτσι την τοξικότητά του. Το κάδμιο έχει καταχωρηθεί στις καρκινογόνες για τον άνθρωπο ουσίες καθώς είναι δυνατόν να προκαλέσει καρκίνο του ύπατος, των πνευμόνων και του προστάτη. Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας έχει καθορίσει ως την «προσωρινή ανεκτή εβδομαδιαία δόση» την τιμή των 7 μg/kg σωματικού βάρους. Ο άνθρωπος εκτίθεται στο κάδμιο μέσω της κατανάλωσης μολυσμένων τροφίμων και της εισπνοής σωματιδίων καδμίου. Έτσι οι κάτοικοι εκβιομηχανισμένων χωρών παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα πρόσληψης καδμίου με αποτέλεσμα να εμφανίζονται νεφρική δυσλειτουργία, αυξητικές διαταραχές, σκελετικές βλάβες και αναπαραγωγικές ανεπάρκειες.

Το κάδμιο παρουσιάζει οξεία και χρόνια τοξικότητα στα χερσαία και στα υδρόβια φυτά, με αποτέλεσμα να προκαλεί αναιμία, διαταραχές της αναπαραγωγικότητας, διεύρυνση των αρθρώσεων, πτωχό τρίχωμα, αυξητικές διαταραχές και βλάβες στο ήπαρ και τα νεφρά.

4.2.3. Υδράργυρος (Hg)

Ο υδράργυρος έχει χαρακτηριστεί βάση της οδηγίας του Συμβουλίου 67/548/ΕΟΚ ως συστατικό βλαβερό όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης ή επαφής με το δέρμα, καθώς υπάρχει κίνδυνος αθροιστικών επιδράσεων. Ο υδράργυρος προσβάλλει τον εγκέφαλο του ανθρώπου και κυρίως τα τμήματα εκείνα που ελέγχουν την όραση, τον συντονισμό και την ισορροπία. Ο μεθυλιωμένος υδράργυρος μεταφέρεται από τις έγκυες γυναίκες στο έμβρυο, με αποτέλεσμα να κινδυνεύει να γεννηθεί το παιδί με βλάβες στον εγκέφαλο και να παρουσιάσει διανοητική καθυστέρηση. Η Π.Ο.Υ. έχει καθορίσει ως «προσωρινή ανεκτή ημερήσια δόση» τη τιμή των 5 μg/kg ενώ από αυτή την ποσότητα ο μεθυλιωμένος υδράργυρος δεν είναι δυνατόν να υπερβαίνει τα 3,3 μg/kg.

Ο υδράργυρος έχει την ικανότητα να συσσωρεύεται σε οργανισμούς μέσω της τροφικής αλυσίδας και τα ζώα είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένα σε υδραργυρική δηλητηρίαση, ενώ ο κίνδυνος για τα πτηνά είναι ιδιαίτερα μεγάλος. Τα πτηνά που τρέφονται σε υδάτινα περιβάλλοντα εκτίθενται σε κρίσιμα φορτία υδραργύρου και στην υδραργυρική δηλητηρίαση οφείλεται και το γεγονός ότι πολλά είδη πτηνών απειλούνται με εξαφάνιση.

4.2.4. Εξασθενές Χρώμιο (Cr^{VI})

Το χρώμιο VI έχει χαρακτηριστεί βάση οδηγίας του Συμβουλίου της Ε.Ε. ως συστατικό καρκινογόνο όταν εισπνέεται και επειδή διαχέεται εύκολα από τις κυτταρικές μεμβράνες έχει τοξικές επιπτώσεις στα κύτταρα, καθώς προκαλεί έντονες αλλεργικές αντιδράσεις σε αυτούς που θα εκτεθούν.

Κατά την αποτέφρωση αποβλήτων που περιέχουν εξασθενές χρώμιο, αυτό εξαερώνεται γρήγορα και εντοπίζεται κυρίως στην αερομεταφερόμενη τέφρα όπου είναι ευδιάλυτο. Για αυτό τον λόγο οι επιστήμονες έχουν απαγορεύσει

την αποτέφρωση αποβλήτων που περιέχουν εξασθενές χρώμιο. Αν τα απόβλητα αυτά αποτεθούν σε ειδικούς χώρους υγειονομικής ταφής τότε υπάρχει κίνδυνος να εκπλυθεί από αυτούς σε περίπτωση που δεν υπάρχει επαρκής στεγανοποίηση.

4.2.5. Πολυβινυλλοχλωρίδιο (PVC)

Τα πλαστικά τμήματα των ΕΗΗΕ, που αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της συνολικής ποσότητάς τους, περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό PVC. Σήμερα, υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις πλέον ότι κατά την αποτέφρωση πλαστικών, που περιέχουν PVC, αυτό ευθύνεται για την τοξικότητα των αερίων που εκλύονται. Επίσης, οι απώλειες πλαστικοποιητών κατά την υγειονομική ταφή τους δημιουργεί ενδείξεις αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον.

4.2.6. Βρωμιούχα επιβραδυντικά φλόγας

Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται ως επιβραδυντικά φλόγας είναι κυρίως το πολυβρωμωδιφαινύλιο (PBB) και ο πολυβρωμωδιφαινυλαιθέρας (PBDE) και δεν έχουν ταξινομηθεί βάση της οδηγίας του Συμβουλίου 67/548/ΕΟΚ. Η ένωση PBDE παρουσιάζει επιπτώσεις κυρίως στο ήπαρ και στην θυρεοειδή ορμόνη και μπορεί να δράσει και ως ενδοκρινικός διαταράκτης. Παρουσιάζει μεγάλη διάδοση στο περιβάλλον και μεταφέρεται στο αίμα των ανθρώπων και το μητρικό γάλα. Η ένωση PBB έχει μεγάλη τοξικότητα και οι επιδράσεις της μοιάζουν με αυτές των χλωριωμένων διοξινών και των πολυχλωριωμένων διφαινυλίων. Ο άνθρωπος εκτίθεται σε αυτές κυρίως μέσω των τροφίμων.

Είναι ενώσεις δυσαποδόμητες, βιοσυσσωρευτικές και τοξικές στα υδάτινα περιβάλλοντα. Από την παρουσία τους σε σχετικά απομακρυσμένους οργανισμούς υποδηλώνεται η ευρεία γεωγραφική τους εξάπλωση. Οι κύριοι οδοί απελευθέρωσής τους στο περιβάλλον είναι από σημειακές πηγές, που

χρησιμοποιούν τέτοιες ουσίες και από χώρους υγειονομικής ταφής. Από την στιγμή που θα απελευθερωθούν στο περιβάλλον είναι σχεδόν άμεση η είσοδός τους στην τροφική αλυσίδα και όπου συγκεντρώνονται και μεταφέρονται στους διάφορους οργανισμούς.

4.3 «Έμμεση» επιβάρυνση του περιβάλλοντος

Στις παραπάνω παραγράφους αναλύθηκε η επίδραση που έχουν διάφορες ουσίες στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Η επιβάρυνση από τους παράγοντες αυτούς είναι «άμεση» καθώς είναι συνέπεια της διάθεσης των αποβλήτων χωρίς επεξεργασία στο περιβάλλον. Με τον όρο «έμμεση» ορίζεται, στην παρούσα εργασία, η επιβάρυνση που δέχεται το περιβάλλον από ουσίες που δεν αποτελούν τμήμα των συσκευών αλλά έχουν σχέση με την παραγωγή τους.

Ως «έμμεση» επιβάρυνση μπορεί να αναφερθεί η μείωση των πρώτων υλών, η ενέργεια που απαιτείται για την εξόρυξή τους, η ενέργεια που απαιτείται για την κατασκευή και την μεταφορά των συσκευών. Θα αναφερθεί ως παράδειγμα ότι για την παραγωγή ενός μικροτσίπ 2 γραμμαρίων απαιτούνται 1.600 γραμμάρια ορυκτών καυσίμων, 72 γραμμάρια χημικών ουσιών, 32.000 γραμμάρια νερού και 700 γραμμάρια συστατικών αερίων (κυρίως αζώτου).

Πίνακας 4.1: Απαιτήσεις για την παραγωγή ενός μικροτσίπ 2 γραμμαρίων.
(Πηγή : Περιοδικό «Ανακύκλωση» τεύχος 47)

Απαιτήσεις		**Ποσότητα (σε g)**
Ορυκτά καύσιμα		1600
Χημικές ουσίες		72
Νερό		32000
Συστατικά αέρια		700

Όταν η αντικατάσταση των διαφόρων συσκευών ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού γίνεται πριν αυτές ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους είναι φυσικό να υπάρχει ακόμη μεγαλύτερη σπατάλη τόσο πρώτων υλών όσο και ενέργειας. Η πρόωρη αντικατάσταση συσκευών συμβαίνει κατά κόρο σήμερα σε όλα σχεδόν τα είδη της τεχνολογίας και των τηλεπικοινωνιών με διαρκή αύξηση της ποσότητας των αποβλήτων και του ρυθμού αντικατάστασής τους.

5. Περιγραφή ποσοτικής ανάλυσης

5.1. Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων

Η ποσοτική ανάλυση περιλαμβάνει εκτιμήσεις και υπολογισμούς για την ποσότητα των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών, οι οποίες έχοντας ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους αποσύρονται και θεωρούνται απόβλητα. Για να επιτευχθεί ο υπολογισμός των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών δοκιμάστηκαν πολλοί τρόποι αλλά οι περισσότεροι ήταν ανεπιτυχείς λόγω ελλείψεως στοιχείων.

Επειδή το παρόν θέμα βρίσκεται την περίοδο αυτή και πολύ περισσότερο στο μέλλον σε ανάπτυξη, ενώ υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία γενικότερα με την επεξεργασία αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την ποσότητά τους τόσο σε ευρωπαϊκό επίπεδο πολύ δε περισσότερο για τον ελλαδικό χώρο. Αρχικά, έγινε μια προσπάθεια υπολογισμού της ποσότητας των αποβλήτων από τον αριθμό των πωλήσεων με στοιχεία από τις κεντρικές εταιρίες διάθεσης ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών στην ελληνική αγορά. Λόγω έλλειψης συνεργασίας με τις εταιρίες αυτές έγιναν αποτυχημένες δυστυχώς προσπάθειες υπολογισμού των πωλήσεων από φορείς και οργανώσεις που υπάρχουν στην Ελλάδα και πιθανότατα να ήταν σε θέση να διαθέσουν αυτά τα στοιχεία. Σχετικά με την εφαρμοσιμότητα αυτού του πλάνου θεωρείται απαραίτητο να αναφερθεί ότι η αγορά πληροφορικής στην Ελλάδα ελέγχεται από 12 μεγάλες εταιρίες (περίπου το 71%) και από αρκετές μικρότερες εταιρίες (το υπόλοιπο 29%). Έτσι είναι προφανές ότι με στοιχεία από τις μεγάλες εταιρίες με χρήση στατιστικής θα ήταν δυνατόν να εξαχθούν αρκετά ασφαλή συμπεράσματα.

Τελικά, από μια εργασία που έγινε για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης από την Ευρωπαϊκή Εταιρία Περιβάλλοντος έχει καταστεί δυνατό να βρεθούν

τα απαραίτητα στοιχεία, που ήταν αναγκαία για τον υπολογισμό της ποσότητας των ΑΗΗΕ για την ελληνική επικράτεια. Η εργασία χωρίζει την ποσότητα των αποβλήτων σε πέντε (5) μεγάλες κατηγορίες : τα ψυγεία, τις τηλεοράσεις, τα φωτοτυπικά μηχανήματα, τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τις μικρές οικιακές συσκευές. Για κάθε παραπάνω κατηγορία δίνονται τιμές της ποσότητας για κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα έτη 1990-1999. Από τις τιμές αυτές υπολογίζεται μία συνάρτηση λαμβάνοντας υπόψη την τεχνολογική πρόοδο και την αγορά της κάθε χώρας έτσι ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας προσεγγιστικής τιμής για τα έτη 2000-2010. Έτσι για την Ελλάδα διαμορφώνονται οι πίνακες που παρουσιάζονται στην συνέχεια. Πρέπει να επισημανθεί επίσης ότι για το έτος 1990 δεν υπάρχουν στοιχεία για όλες τις παραπάνω 5 κατηγορίες με αποτέλεσμα να φαίνεται η συνολική ποσότητα των αποβλήτων να είναι πολύ μικρή. Επίσης πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι για την εκτίμηση της συνολικής ποσότητας των ΑΗΗΕ που πραγματοποιείται για τα έτη μετά το 2000 δεν λαμβάνεται υπόψη η ποσότητα των αποβλήτων των μικρών οικιακών συσκευών.

Πίνακας 5.1 : Ποσότητα αποβλήτων από τα ψυγεία (σε tn).
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

		Ψυγεία
1991		12985
1992		13369
1993		13436
1994		13776
1995		13934
1996		14178
1997		14919
1998		16203
1999		15151

Πίνακας 5.2 : Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων από τα ψυγεία (σε tn).
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

		Ψυγεία
2000		15928
2001		16271
2002		16613
2003		16955
2004		17298
2005		17640
2006		17982
2007		18325
2008		18667
2009		19009
2010		19352

Η ποσότητα των αποβλήτων που προέρχονται από τις συσκευές της τηλεόρασης δίνεται στους παρακάτω πίνακες. Παρατηρείται όμως ότι μετά το έτος 2002 η ποσότητα των αποβλήτων έχει αρνητική τιμή, γεγονός που δείχνει σαφέστατα λανθασμένη εκτίμηση αλλά εμφανίζεται γιατί στις πραγματικές τιμές βλέπουμε ότι έχουν φθίνουσα πορεία η ποσότητα των αποβλήτων και η ευθεία που σχηματίζεται γραφικά για να είναι δυνατή η εκτίμηση μετά το έτος 2002 περνά σε αρνητικές τιμές.

Πίνακας 5.3 : Ποσότητα αποβλήτων από τις τηλεοράσεις (σε tn).
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

		Τηλεοράσεις
1991		5660
1992		5064
1993		4520
1994		4056
1995		3628
1996		3017
1997		2184
1998		3010
1999		598

Πίνακας 5.4 : Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων από τα ψυγεία (σε tn).
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

		Τηλεοράσεις
2000		849
2001		314
2002		-221
2003		-757
2004		-1292
2005		-1827
2006		-2363
2007		-2898
2008		-3434
2009		-3969
2010		-4504

Για την ποσότητα των αποβλήτων που προέρχονται από τα φωτοτυπικά μηχανήματα λόγω έλλειψης στοιχείων είναι δυνατός ο υπολογισμός της μόνο για τα έτη 1994-1999 και εκτίμησή της για τα έτη 2000-2003.

Πίνακας 5.5 : Ποσότητα αποβλήτων από τα φωτοτυπικά μηχανήματα (σε tn).
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

		Φωτοτυπικά Μηχ.
1994		2000
1995		2000
1996		2000
1997		2127
1998		1860
1999		1624

Πίνακας 5.6 : Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων από τα φωτοτυπικά μηχανήματα (σε tn).
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

		Φωτοτυπικά Μηχ.
2000		1522
2001		1304
2002		1357
2003		1414

Παρακάτω δίνονται οι τιμές της ποσότητας των αποβλήτων που προέρχονται από τις μικρές οικιακές συσκευές. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει για αυτή την κατηγορία ΑΗΗΕ δεν έχουμε τιμές της εκτίμησης της ποσότητάς τους για τα έτη 2000-2010, αλλά όπως φαίνεται η ποσότητά τους σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες ΑΗΗΕ είναι πολύ μικρή και δεν επηρεάζει σημαντικά την τελική εκτίμηση της συνολικής ποσότητας.

Πίνακας 5.7 : Ποσότητα αποβλήτων από τις μικρές οικιακές συσκευές (σε tn).
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

		Μικρές οικιακές συσκευές
1990		40
1991		36
1992		48
1993		47
1994		44
1995		42
1996		49
1997		49
1998		47
1999		49

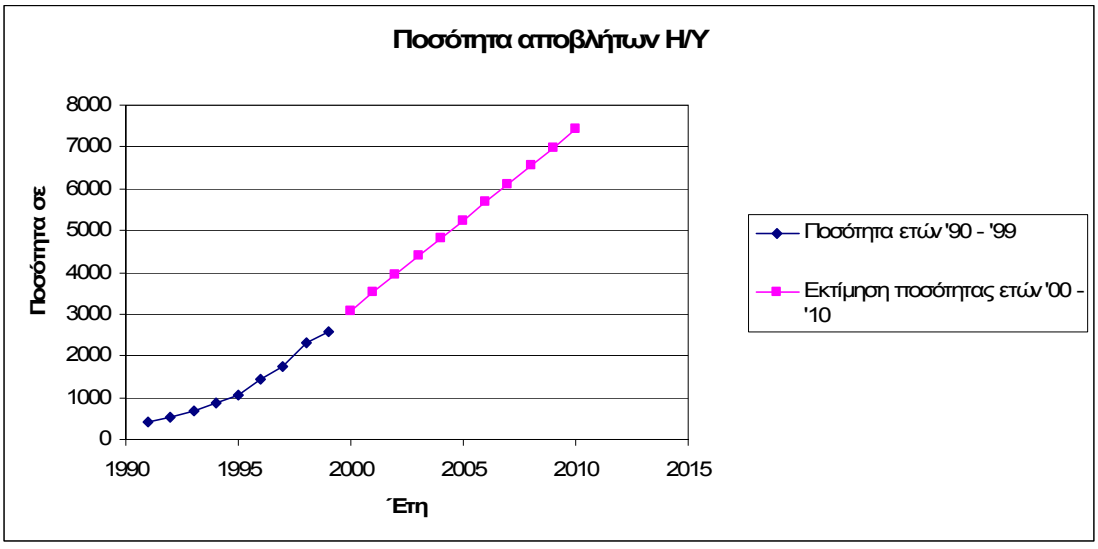
Τέλος, αφήσαμε την κατηγορία ΑΗΗΕ που θα αποτελεί και τον αντικειμενικό στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας και δεν είναι άλλη από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Οι τιμές των ετών 1990-1992 που δεν υπάρχουν στοιχεία υπολογίστηκαν λαμβάνοντας υπόψη την εκθετική αύξηση βάση των στοιχείων των μετέπειτα ετών.

Πίνακας 5.8 : Ποσότητα αποβλήτων από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές (σε tn).
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

		Η/Υ
1991		427
1992		536
1993		689
1994		887
1995		1058
1996		1452
1997		1727
1998		2331
1999		2594

Πίνακας 5.9 : Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές (σε tn). (Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

		H/Y
2000		3084
2001		3517
2002		3951
2003		4384
2004		4818
2005		5251
2006		5685
2007		6118
2008		6551
2009		6985
2010		7418



Σχήμα 5.1 : Σχηματική απόδοση της ποσότητα των αποβλήτων που προέρχονται από τους Η/Υ για τα έτη 1990-1999 και εκτίμηση της ποσότητας αυτής για τα έτη 2000 – 2010.

Από την βιβλιογραφία βρίσκουμε ότι το μέσο βάρος ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι 29,6 kg, τιμή που έχει διασταυρωθεί σε περισσότερες από μία εργασίες. Διαιρώντας τις τιμές της ποσότητας των αποβλήτων για τα έτη

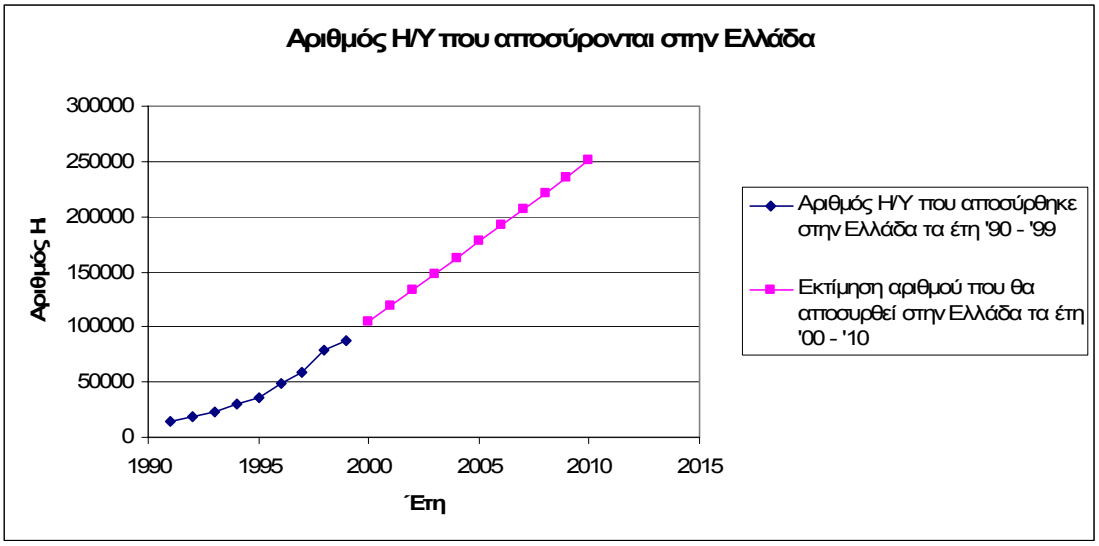
1990-2010 με το μέσο βάρος ενός Η/Υ υπολογίζεται ο αριθμός των μηχανημάτων Η/Υ που συμπληρώνουν τον κύκλο ζωής τους και αποσύρονται.

Πίνακας 5.10 : Αριθμός ηλεκτρονικών υπολογιστών που αποσύρονται στην Ελλάδα.
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

	Αριθ. Η/Υ
1991	14426
1992	18108
1993	23277
1994	29966
1995	35743
1996	49054
1997	58345
1998	78750
1999	87635

Πίνακας 5.11 : Εκτίμηση αριθμού ηλεκτρονικών υπολογιστών που αποσύρονται στην Ελλάδα.
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

	Αριθ. Η/Υ
2000	104189
2001	118818
2002	133480
2003	148108
2004	162770
2005	177399
2006	192061
2007	206689
2008	221318
2009	235980
2010	250608



Σχήμα 5.2 : Αριθμός Η/Υ που αποσύρονται στην Ελλάδα για τα έτη 1990 – 1999 και εκτίμηση του αριθμού αυτού για τα έτη 2000 – 2010.

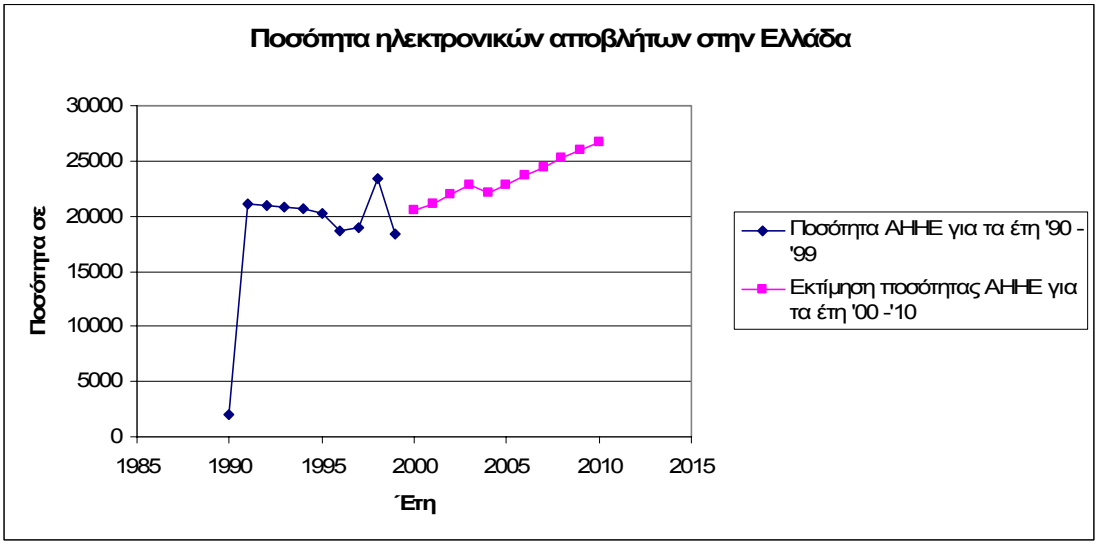
Η συνολική ποσότητα των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών για τα έτη 1990-1999 παρουσιάζεται παρακάτω και αναφέρεται σε όλες τις παραπάνω κατηγορίες.

Πίνακας 5.12 : Ποσότητα αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών (σε tn).
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

		Ελλάδα
1990		2040
1991		21108
1992		21017
1993		20818
1994		20623
1995		20286
1996		18696
1997		18879
1998		23451
1999		18432

Πίνακας 5.13 : Εκτίμηση ποσότητας αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών (σε tn). (Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

		Ελλάδα
2000		20534
2001		21092
2002		21921
2003		22754
2004		22115
2005		22891
2006		23667
2007		24442
2008		25218
2009		25994
2010		26770

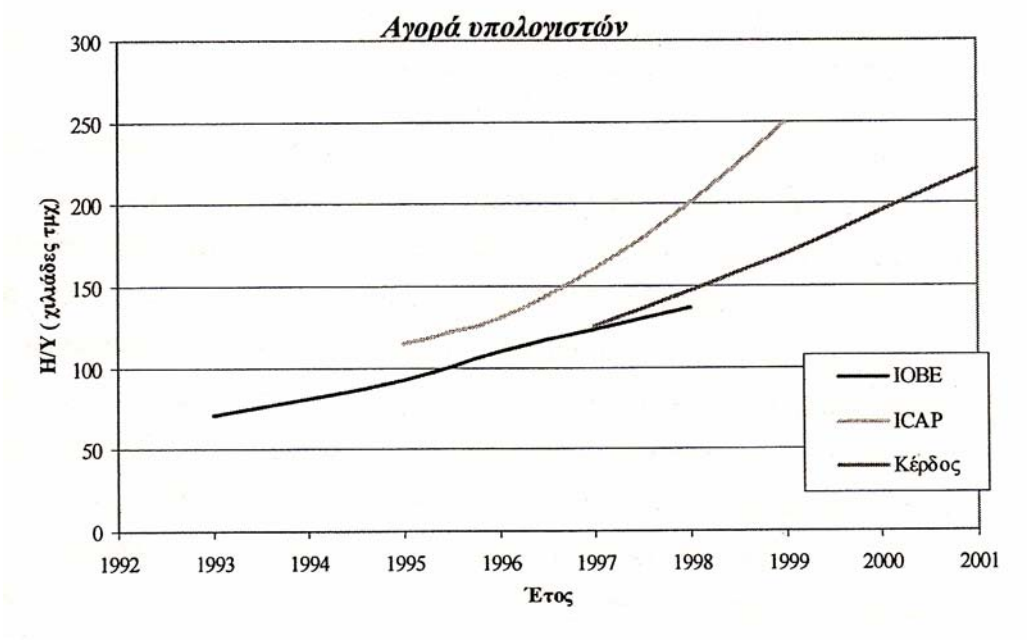


Σχήμα 5.3 : Σχηματική απόδοση ποσότητας των ΑΗΗΕ στην Ελλάδα για τα έτη 1990 – 1999 και εκτίμηση της ποσότητας αυτής για τα έτη 2000 – 2010.

Η ποσότητα των αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού για το έτος 1990 είναι κατά προσέγγιση λόγω έλλειψης στοιχείων. Στην συνέχεια για τα έτη 1991 μέχρι το 1999 παρατηρείται μια σταθερή μείωση της

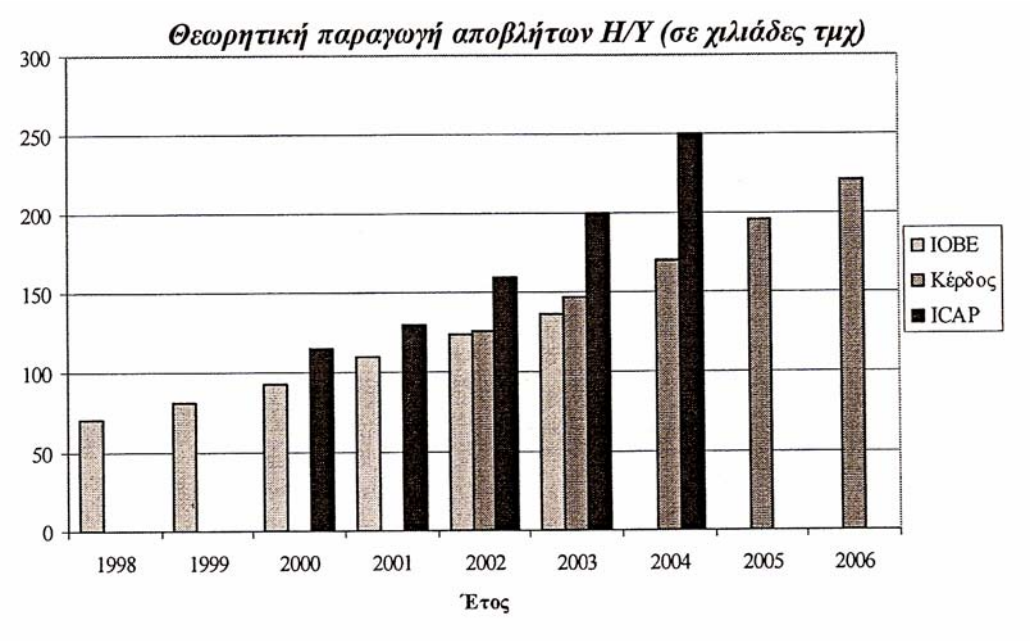
ποσότητας των ΑΗΗΕ με εξαίρεση το έτος 1998 όπου εμφανίζεται μια αύξηση της τάξης των 5000 tn. Για τα έτη μετά το 2000 η ποσότητα έχει υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψιν παράγοντες της αγοράς και της αύξησης της κατανάλωσης προϊόντων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, της διαρκούς αντικατάστασης των υπαρχόντων με πιο σύγχρονα, και παρατηρείται μια σταθερή αύξηση της ποσότητας των αποβλήτων.

Σε αυτό το σημείο καλό θα ήταν να αναφερθεί η εκτίμηση για την ποσότητα των ηλεκτρονικών υπολογιστών που αγοράζονται στην ελληνική επικράτεια όπως αυτή δίνεται από τρεις διαφορετικές πηγές.



Σχήμα 5.4 : Αγορά υπολογιστών.
(Πηγή : Διαχείριση ΑΗΗΕ, Τεχνικό Εγχειρίδιο,
Καραγιαννίδης, Παπαδόπουλος, Περδικούλης, Θεσ/νίκη 2003)

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ξανά ότι ο χρόνος που ορίζεται ως διάρκεια ζωής ενός Η/Υ είναι τα πέντε (5) χρόνια σαν μέσος όρος αν και στο μέλλον εκτιμάται ότι ο χρόνος αυτός είναι πιθανό να πέσει και στα δύο (2) χρόνια. Βάση της παραπάνω παραδοχής προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 5.5 : Θεωρητική παραγωγή αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών.
(Πηγή : Διαχείριση ΑΗΗΕ, Τεχνικό Εγχειρίδιο,
Καραγιαννίδης, Παπαδόπουλος, Περδικούλης, Θεσ/νίκη 2003)

Από το σχήμα 5.5 παρατηρείται μια σχετικά μεγάλη απόκλιση στις μετρήσεις των τριών πηγών. Το μόνο ασφαλές συμπέρασμα από τις μετρήσεις αυτές είναι η ραγδαία αύξηση της ποσότητας των ηλεκτρονικών υπολογιστών, αν και από κάθε πηγή δίνεται διαφορετικός ρυθμός αύξησης. Επίσης παρατηρείται μια σχετική ταύτιση των τιμών της ΙΟΒΕ με τις τιμές που υπολογίστηκαν στην εργασία αυτή με βάση την εργασία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

5.2. Εκτίμηση ποσότητας των διαφόρων συστατικών σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή

Λόγω της πληθώρας των συσκευών που υπάγονται στην κατηγορία των ΕΗΗΕ δεν είναι δυνατόν να αναλυθούν στα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας όλα τα είδη. Έτσι η παρούσα διπλωματική αυτή εργασία ασχολείται με το τμήμα των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

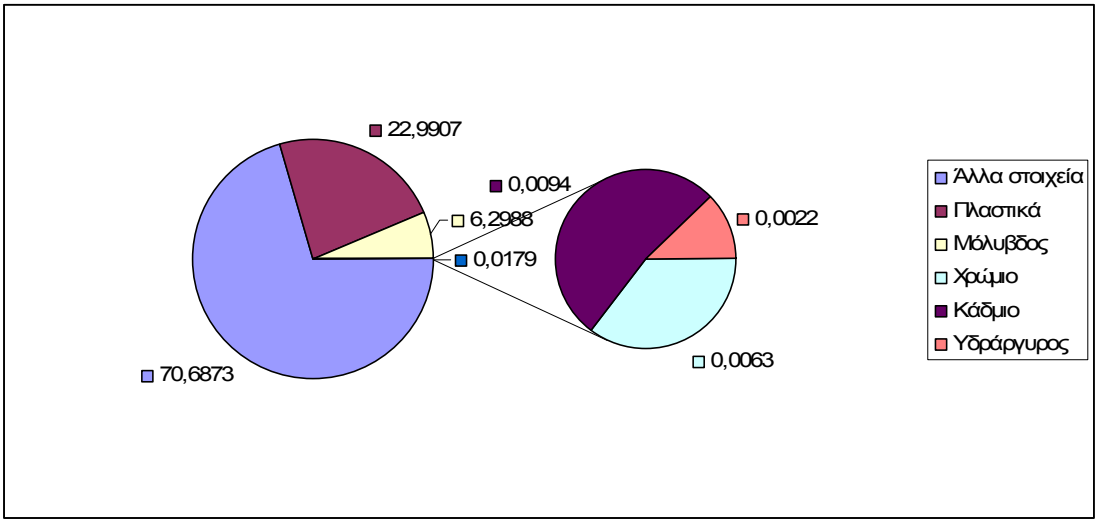
Σε πολλές εργασίες που έγιναν από διάφορους επιστήμονες ανά τον κόσμο βρέθηκαν αρκετά στοιχεία για τις ουσίες που περιέχονται σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή, αλλά στις περισσότερες από αυτές δεν παρέχονταν στοιχεία για την ποσότητα των ουσιών αυτών. Η μεγάλη πληθώρα των εργασιών αυτών περιορίζεται, επίσης, σε ποσοτική ανάλυση τμημάτων μόνο ενός Η/Υ, όπως η οθόνη ή οι λυχνίες καθοδικών ακτίνων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα παρακινδυνευμένη η εκτίμηση της ποσότητας των διαφόρων ουσιών για ένα ολόκληρο ηλεκτρονικό υπολογιστή. Μετά από ιδιαίτερα χρονοβόρα αναζήτηση κατέστει δυνατό να βρεθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας που να παρέχει την καλύτερη δυνατή προσέγγιση. Στον πίνακα 5.14 που φαίνεται στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται η σύνθεση ενός επιτραπέζιου ηλεκτρονικού υπολογιστή που βασίζεται σε έναν τυπικό Η/Υ βάρους περίπου 30 kg. Παρατηρούμε ότι το βάρος αυτό ταιριάζει και με το θεωρητικό βάρος ενός υπολογιστή που έχουμε θεωρήσει σε προηγούμενη παράγραφο γεγονός που πιστοποιεί ως ένα βαθμό την ορθότητα των υπολογισμών.

Πίνακας 5.14 : Σύνθεση ενός επιτραπέζιου Η/Υ βάρους ~30 kg.

(Πηγή : Διαχείριση ΑΗΗΕ, Τεχνικό Εγχειρίδιο,

Καραγιαννίδης, Παπαδόπουλος, Περδικούλης, Θεσ/νίκη 2003)

Όνομα	Περιεχόμενο (% βάρους)	Βάρος υλικών στο Η/Υ (kg)
Πλαστικά	22,9907	6,26
Μόλυβδος	6,2988	1,72
Αλουμίνιο	14,1723	3,9
Γερμάνιο	0,0016	<0,1
Γάλλιο	0,0013	<0,1
Σίδηρος	20,4712	5,6
Κασσίτερος	1,0078	0,3
Χαλκός	6,9287	1,9
Βάριο	0,0315	<0,1
Νικέλιο	0,8503	0,23
Ψευδάργυρος	2,2046	0,6
Ταντάλιο	0,0157	<0,1
Ίνδιο	0,0016	<0,1
Βανάδιο	0,0002	<0,1
Τέρβιο	0	0
Βηρύλλιο	0,0157	<0,1
Χρυσός	0,0016	<0,1
Ευρώπιο	0,0002	<0,1
Τιτάνιο	0,0157	<0,1
Ρουθένιο	0,0016	<0,1
Κοβάλτιο	0,0157	<0,1
Παλλάδιο	0,0003	<0,1
Μαγγάνιο	0,0315	<0,1
Άργυρος	0,0189	<0,1
Αντιμόνιο	0,0094	<0,1
Βισμούθιο	0,0063	<0,1
Χρώμιο	0,0063	<0,1
Κάδμιο	0,0094	<0,1
Σελήνιο	0,0016	0,00043
Νιόβιο	0,0002	<0,1
Υττέρβιο	0,0002	<0,1
Ρόδιο	0	
Λευκόχρυσος	0	
Υδράργυρος	0,0022	<0,1
Αρσενικό	0,0013	<0,1
Διοξ. Του Πυριτίου	24,8803	6,8



Σχήμα 5.6 : Σύνθεση ενός επιτραπέζιου Η/Υ βάρους ~30 kg.

6. Συλλογή αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

6.1. Γενικά

Το βασικό πρώτο βήμα που πρέπει να γίνει για την περιβαλλοντικά ορθή διαχείριση των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι η σωστή συλλογή τους. Στην παρούσα χρονική στιγμή σε ένα τμήμα μόνο των χωρών - μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπάρχει δίκτυο συλλογής των ΑΗΗΕ και σε αυτές όχι πάντα εθνικό. Στην συνέχεια θα αναλυθεί το τι συμβαίνει στην Ευρώπη, όπως επίσης και τι συμβαίνει στην Ταϊβάν, μια χώρα με μεγάλη παραγωγή ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών, άρα και ΑΗΗΕ.



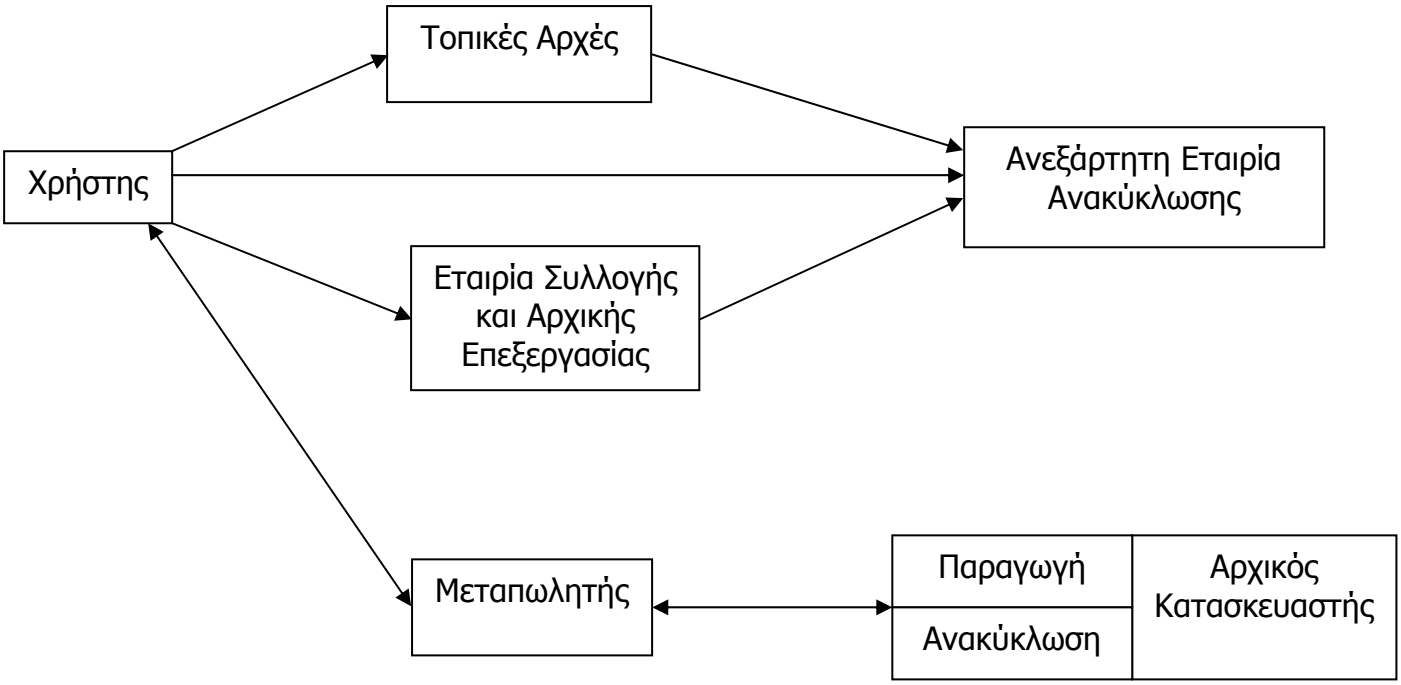
Εικόνα 6.1 : Χώρος συλλογής ΑΗΗΕ.

(Πηγή : Chester County Health Department)



Εικόνα 6.2 : Χώρος συλλογής ΑΗΗΕ.
(Πηγή : Chester County Health Department)

Γενικά, η συλλογή των ΑΗΗΕ επιβαρύνει αρκετά το κόστος της διαδικασίας και βασικό μέλημα των εταιριών είναι η μείωση του κόστους της. Επίσης, από περιβαλλοντικής οπτικής γωνίας στόχος είναι η μείωση των μεταφορών για την συλλογή των ΑΗΗΕ. Υπάρχουν, τέσσερις βασικοί τρόποι συλλογής, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.1.



Σχήμα 6.1 : Σχηματική αναπαράσταση των τρόπων συλλογής ΑΗΗΕ.
(Πηγή : http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/2277/)

Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε την πιο απλή διαδικασία όπου ο χρήστης μεταφέρει ο ίδιος τις συσκευές που θέλει να αποσύρει στην εταιρία ανακύκλωσης, με διαδικασία που είναι η πλέον συμφέρουσα αλλά όχι και διαδεδομένη γιατί ο κάθε χρήστης έχει πάντα μικρή ποσότητα αποβλήτων με αποτέλεσμα να προτιμά άλλους τρόπους διάθεσης. Ένας από τους τρόπους αυτούς είναι η συλλογή των ΑΗΗΕ από εταιρία αρχικής επεξεργασίας και η προώθησή τους μετά στην εταιρία ανακύκλωσης. Βέβαια, το κόστος αυτή την φορά ανεβαίνει αρκετά καθώς πρέπει να καλύπτει και τις δύο εταιρίες. Οι εταιρίες ανακύκλωσης καλούνται να πληρώσουν αρκετά μεγάλο ποσό για συσκευές που έχουν αποσυρθεί, αλλά και οι εταιρίες αρχικής επεξεργασίας λαμβάνουν τόσο μικρό κέρδος, ώστε να απουσιάζει το κίνητρο και από τις δύο πλευρές. Μία άλλη διαδικασία είναι η πρωτογενής συλλογή από τις τοπικές αρχές και η προώθηση από αυτές προς τις εταιρίες ανακύκλωσης. Αυτή η διαδικασία είναι η πλέον βολική για τους χρήστες αλλά επειδή η ηλικία των συσκευών είναι πολύ μεγάλη δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για της

εταιρίες ανακύκλωσης και δεν μπορούν να αξιοποιηθούν οι ίδιες ή τα κατασκευαστικά κομμάτια τους.

Τέλος, οι συσκευές που αποσύρονται μπορεί να παραδίδονται στις εταιρίες κατασκευής. Αυτή η διαδικασία έχει πολλά πλεονεκτήματα. Καταρχάς, υπάρχει ολοκληρωμένο δίκτυο διανομέων της κάθε εταιρίας που μπορεί να αποτελέσει και δίκτυο συλλογής των συσκευών της κάθε εταιρίας. Το σύστημα της επεξεργασίας γνωρίζει όλη την τεχνογνωσία που χρησιμοποιήθηκε κατά την κατασκευή των διαφόρων συσκευών και είναι εύκολη η επαναχρησιμοποίηση των τμημάτων αυτών σε νέα προϊόντα. Βέβαια, η απουσία αμοιβής προς τους χρήστες για την παράδοση των συσκευών αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα.

6.2. Η κατάσταση στα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Λόγω των περιβαλλοντικών προβλημάτων που σχετίζονται με τα ΑΗΗΕ, κάποια κράτη – μέλη άρχισαν ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1990 να διατυπώνουν εθνικά νομοσχέδια για την συλλογή της ποσότητας των ΑΗΗΕ που παράγονται στα εθνικά τους σύνορα.

Η παρούσα κατάσταση ανά κράτος – μέλος παρουσιάζεται παρακάτω. Έτσι αναλυτικότερα :

- Αυστρία : Από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 υπάρχει νομοθεσία για την επιστροφή ή ανάκτηση των λαμπτήρων και των λευκών ειδών, με επιβάρυνση στην τιμή των νέων προϊόντων. Λόγω όμως του ανταγωνισμού, τα καταστήματα λιανικής διάθεσης λευκών ειδών (ψυγείο, κουζίνα, πλυντήριο κλπ) καθιέρωσαν εισφορά κατά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής των προϊόντων τους και μείωσαν αντίστοιχα την τιμή τους.

- Βέλγιο : Ο κανονισμός που καλύπτει τα φαιά και τα λευκά είδη στην Φλαμανδική περιφέρεια του Βελγίου εγκρίθηκε το 1998. Οι κατασκευαστές, οι εισαγωγείς, οι φορείς διανομής και λιανικής διάθεσης υποχρεώνονται να δέχονται επιστροφές δωρεάν κάθε λευκού και φαιού είδους και κάθε είδους εξοπλισμού που σχετίζεται με την τεχνολογία της πληροφορίας. Οι στόχοι ανακύκλωσης για τα σιδηρούχα και τα μη – σιδηρούχα μέταλλα καθώς και τα πλαστικά περιλαμβάνονται στον κανονισμό αυτό.
  (European Commission 2000)

- Γαλλία : Η πρώτη συμφωνία για την ανάκτηση και ανακύκλωση των ΑΗΗΕ υπογράφηκε τον Οκτώβριο του 2000, από την Ένωση Δήμων, το Σύνδεσμο Βιομηχανικών και Εμπορικών Επιχειρήσεων Μηχανολογικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού και το Σύνδεσμο Επιχειρήσεων Ηλεκτρικού, Ηλεκτρονικού και Τηλεπικοινωνιακού Εξοπλισμού.
  (European Commission 2000)

- Γερμανία : Σχέδιο διατάγματος προβλέπει την ευθύνη των τοπικών κοινοτήτων σε ό,τι αφορά τη συλλογή των ΑΗΗΕ και την ευθύνη των παραγωγών σε ό,τι αφορά την επεξεργασία, ανάκτηση και διάθεση των αποβλήτων αυτών. Παράλληλα, σύμφωνα με ισχύουσα νομοθεσία απαγορεύεται η εισαγωγή κάθε είδους αποβλήτων από τρίτες χώρες.
  (European Commission 2000)

- Δανία : Σύμφωνα με σχετικό διάταγμα, από τον Ιανουάριο του 1999 οι τοπικές αρχές στην Δανία είναι αρμόδιες για την συλλογή και την ανάκτηση των φαιών και των λευκών ειδών, των ειδών εξοπλισμού που σχετίζονται με την τεχνολογία της πληροφορίας και της τηλεπικοινωνίας, τα είδη εξοπλισμού ιατρικής και εργαστηριακής χρήσης καθώς και τα υπόλοιπα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Προκειμένου να χρηματοδοτηθεί το σχήμα αυτό, οι τελικοί

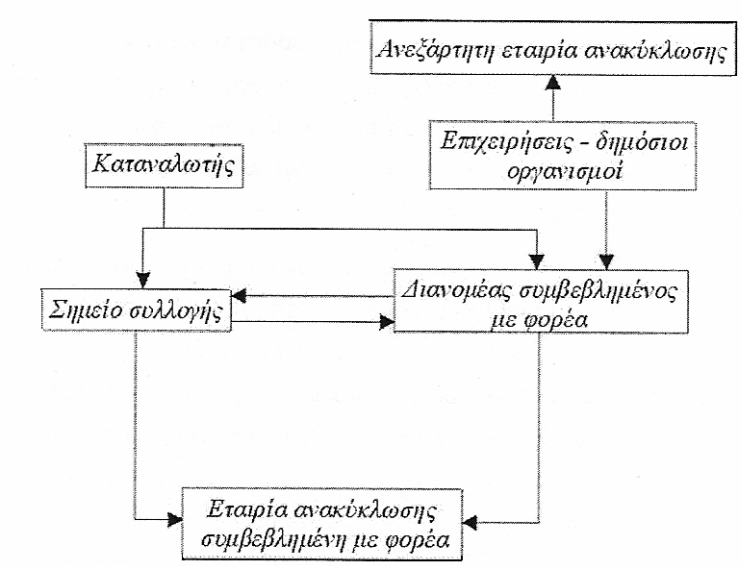
χρήστες επιβαρύνονται μέσω των τοπικών φόρων ή της συλλογής ειδικών εισφορών.
(European Commission 2000)

- Ιταλία : Ιταλικό διάταγμα για την διαχείριση των αποβλήτων τον Δεκέμβριο του 1997 προβλέπει υποχρεώσεις επιστροφής και ανάκτησης για πολλά αγαθά οικιακής χρήσης, όπως τα λευκά είδη, οι τηλεοράσεις και ορισμένα είδη εξοπλισμού που σχετίζονται με την τεχνολογία της πληροφορίας. Βάση συμφωνιών με τους αντίστοιχους βιομηχανικούς κλάδους θα συγκροτηθεί σε εθνικό επίπεδο, δίκτυο κέντρων συλλογής και εγκαταστάσεων ανάκτησης. Οι τελικοί χρήστες έχουν υποχρέωση να παραδίδουν τα ΑΗΗΕ σε εξουσιοδοτημένους αντιπροσώπους ή σε δημόσιους ή ιδιωτικούς οργανισμούς διαχείρισης αποβλήτων.
(European Commission 2000)

- Ολλανδία : Από την 1η Ιουνίου 1998 έχει τεθεί σε ισχύ ο κανονισμός που καθιερώνει κανόνες επιστροφής και επεξεργασίας για τα λευκά και φαιά είδη μετά από την χρήση τους. Σύμφωνα με τις διατάξεις, οι καταναλωτές έχουν την δυνατότητα να επιστρέψουν τα ΑΗΗΕ χωρίς επιβάρυνση στον προμηθευτή ή τις τοπικές αρχές. Στη συνέχεια, οι κατασκευαστές και οι εισαγωγείς έχουν την υποχρέωση να μεριμνήσουν για την επεξεργασία τους ενώ απαγορεύεται η υγειονομική ταφή ή αποτέφρωσή τους. Επίσης απαγορεύεται η χρήση του καδμίου σε χρωστικές ουσίες, χρώματα, σταθεροποιητές και επιχρίσματα. Από το 1998, έχει αρχίσει η σταδιακή εξάλειψη των προϊόντων που περιέχουν υδράργυρο.
(European Commission 2000)

- Σουηδία : Τον Απρίλιο του 2000, ενεκρίθη το διάταγμα για τα ΑΗΗΕ, σύμφωνα με το οποίο επιτρέπεται στους καταναλωτές να τα επιστρέψουν στους φορείς λιανικής διάθεσης ή τα δημοτικά σημεία συλλογής. Το κόστος της ανακύκλωσης επιβαρύνει είτε τις τοπικές

κοινότητες είτε τους κατασκευαστές. Δεν επιτρέπεται η υγειονομική ταφή, η αποτέφρωση ή ο τεμαχισμός των ΑΗΗΕ χωρίς να προηγηθεί κατάλληλη επεξεργασία από πιστοποιημένο φορέα. Παράλληλα, έχουν αναληφθεί πρωτοβουλίες για την σταδιακή εξάλειψη της χρήσης του μολύβδου σε πολλά προϊόντα συμπεριλαμβανομένων των καλωδίων, των συγκολλητικών κραμάτων, των λαμπτήρων και των λυχνιών καθοδικών ακτίνων και έχει προταθεί η απαγόρευση των PBDE και PBB. (European Commission 2000)



Σχήμα 6.2 : Δίκτυο φορέων και μεταξύ τους σχέσεις σε ένα σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης των ΑΗΗΕ στη Σουηδία.

(Πηγή : Διαχείριση ΑΗΗΕ, Τεχνικό Εγχειρίδιο,
Καραγιαννίδης, Παπαδόπουλος, Περδικούλης, Θεσ/νίκη 2003)

Πίνακας 6.1 : Πιλοτικά προγράμματα στην ΕΕ και ποσότητα αποβλήτων που συλλέχθηκαν.
(Πηγή : Περιοδικό «Ανακύκλωση», τεύχος 40)

Περιοχή πιλοτικού προγράμματος	Χώρα	Ποσότητα ΑΗΗΕ (kg/κάτοικο *έτος)
		ΑΗΗΕ οικιακής χρήσης
Weiz	Αυστρία	3,00
Bregenz	Αυστρία	4,50
Klingau	Ελβετία	5,10
		Μεγάλα ΑΗΗΕ οικιακής χρήσης
Eidhoven	Ολλανδία	0,90
Rhone Alpes	Γαλλία	3,20
Bregenz	Αυστρία	1,80
Weiz	Αυστρία	2,10
Eidhoven	Ολλανδία	0,43
Weiz	Αυστρία	0,42
Rhone Alpes	Γαλλία	0,46

Στις παραπάνω αναφορές για κράτη – μέλη γίνεται μια παρουσίαση κυρίως των νομοθετικών ρυθμίσεων που έχει θεσπίσει κάθε χώρα ξεχωριστά και όχι στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Είναι προφανές το γεγονός ότι την θεσμοθέτηση νόμων ακολουθούν και διαδικασίες δημιουργίας συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας των ΑΗΗΕ, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.1 που παρουσιάζει το δίκτυο συλλογής και επεξεργασίας των ΑΗΗΕ στη Σουηδία. Κρίθηκε σκόπιμο να αναφερθούν οι παραπάνω περιπτώσεις σε αυτό το τμήμα, και όχι σε προηγούμενο κεφάλαιο που αναλύθηκε η ευρωπαϊκή και ελληνική πολιτική και νομοθεσία για τα ΑΗΗΕ για δύο κυρίως λόγους. Αρχικά, για να τονιστεί το γεγονός ότι χώρες, που έχουν τεχνολογική ανάπτυξη μεγαλύτερη της Ελλάδας, καθώς επίσης και με ιδιαίτερα ανεπτυγμένη την οικολογική ευαισθησία τόσο του πληθυσμού όσο και των κυβερνήσεών τους, τις έχει απασχολήσει το ζήτημα των ΑΗΗΕ πριν από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Και δεύτερο, για να δοθεί έμφαση ότι η κατάλληλη νομοθεσία προηγήθηκε αρκετά χρόνια της δημιουργίας των συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας.

6.3. Το σύστημα συλλογής ΑΗΗΕ στη Ταϊβάν.

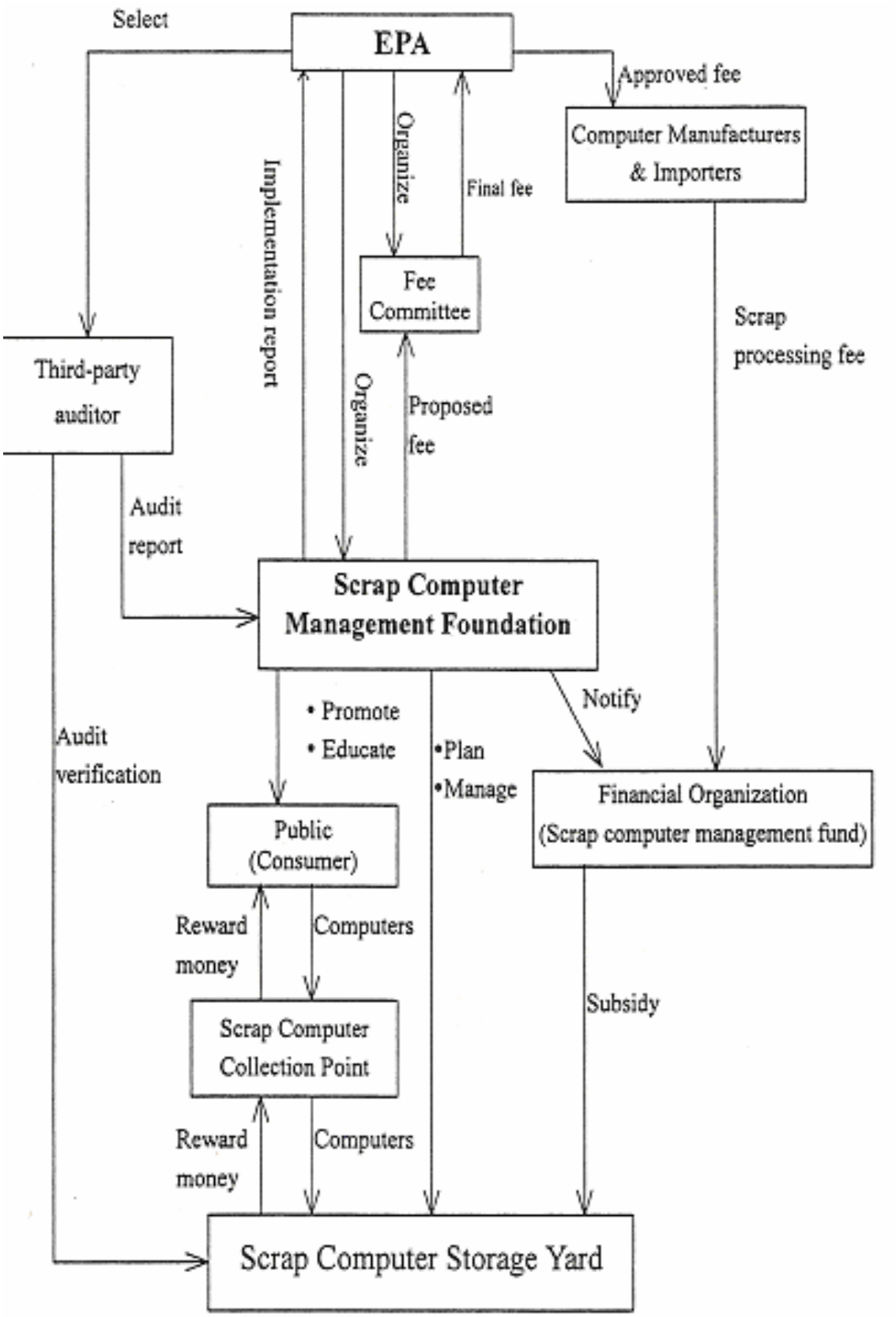
Η Ταϊβάν είναι μία από τις χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή κατασκευαστικών στοιχείων αλλά και συσκευών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Έτσι, είναι εύκολο να κατανοηθεί ότι η παραγωγή σε ΑΗΗΕ είναι πολύ μεγάλη, είτε ολόκληρων συσκευών είτε υλικών. Μετά από την παραπάνω διαπίστωση, αποφασίστηκε ότι πρέπει να δημιουργηθεί ένα δίκτυο συλλογής και επεξεργασίας των αποβλήτων αυτών για την μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος και την διαφύλαξη της υγείας των κατοίκων. Μετά από μελέτες που έγιναν καθορίστηκε η πολιτική διαχείρισης των ΑΗΗΕ, με στόχο την ελαχιστοποίηση της ταφής και της αποτέφρωσης και την μεγιστοποίηση της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσή τους.

Το 1998 ιδρύθηκε από την EPA το SCMF (Scrap Computer Management Foundation), που ορίστηκε υπεύθυνο για την διαχείριση των ΑΗΗΕ, με βάση την αρχή της ευθύνης του παραγωγού. Το SCMF είχε ως υποχρέωσή του τον καθορισμό της τιμής για την διακίνηση των παλιών υπολογιστών προς το σύστημα διαχείρισης αλλά και μέσα σε αυτό, τον καθορισμό των υπευθύνων παραγωγών και εισαγωγέων ηλεκτρονικών υπολογιστών, την οργάνωση του συστήματος συλλογής, την επιλογή ή κατασκευή των διαφόρων εγκαταστάσεων αποθήκευσης και επεξεργασίας, την επίβλεψη ενός ανεξάρτητου φορέα που αναλαμβάνει τον έλεγχο της λειτουργίας του συστήματος και τέλος την χρηματοδότηση ερευνητικών προγραμμάτων με στόχο την βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συστήματος και της επεξεργασίας των ΑΗΗΕ.

Επειδή δεν έχει καθοριστεί ένα σύστημα επεξεργασίας των ΑΗΗΕ ακόμη, το SCMF ελέγχει και λειτουργεί στην παρούσα φάση μόνο το σύστημα συλλογής. Τα ΑΗΗΕ που συλλέγονται φυλάσσονται σε μεγάλες αποθήκες μέχρι να είναι σε θέση να προωθηθούν προς επεξεργασία. Το δίκτυο συλλογής έχει τρία κυρίως επίπεδα. Στο πρώτο οι καταναλωτές και οι διάφορες εταιρίες λαμβάνουν αμοιβή για την παράδοση των ΑΗΗΕ σε επιλεγμένα σημεία

συλλογής, διάσπαρτα σε όλη την χώρα. Από εκεί μεταφέρονται σε επίπεδο περιφέρειας με αμοιβή που καλύπτει την αρχική αμοιβή και τα έξοδα μεταφοράς. Και τέλος μεταπωλούνται στις κεντρικές αποθήκες του SCMF όπου αποθηκεύονται. Οι διάφορες τιμές υπάρχουν ώστε να δίνεται το κίνητρο στους καταναλωτές να επιστρέφουν τις όποιες ποσότητες ΑΗΗΕ διαθέτουν και για να μπορεί να εξασφαλιστεί η οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος.

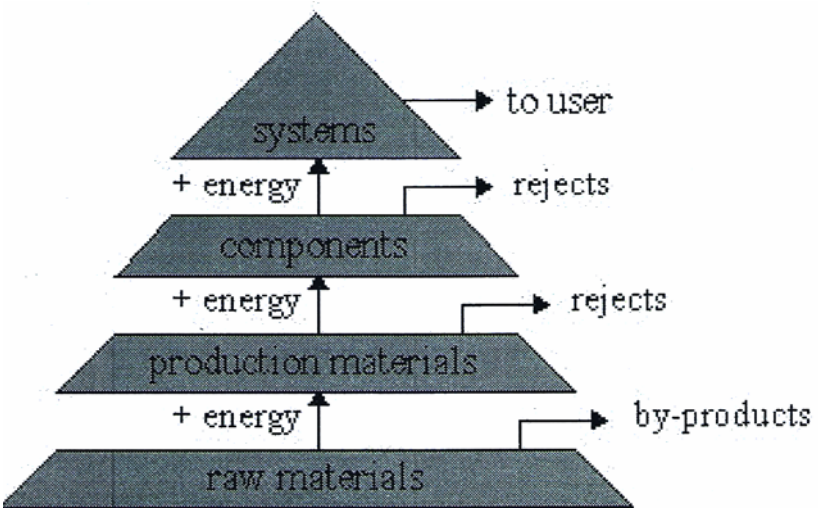
Σχήμα 6.3 : Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος συλλογής ΑΗΗΕ στην Ταϊβάν.
(Πηγή : Management of Scrap Computer Recycling in Taiwan,
Ching – Hwa Lee, Ssu – Li Chang, King – Min Wang, Lih – Chyi Wen, 2000.)



7. Επεξεργασία και ανακύκλωση των ΑΗΗΕ

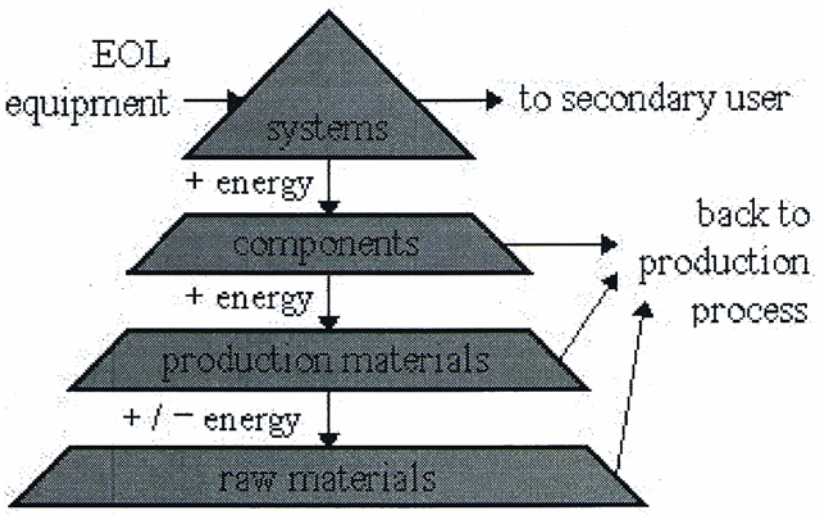
7.1. Γενικά περί ανακύκλωσης ΑΗΗΕ

Η ανακύκλωση θεωρητικά στοχεύει στην επαναφορά προϊόντων που έχουν κλείσει τον κύκλο ζωής τους (end-of-life (EOL) products), αλλά και των παραπροϊόντων της διαδικασίας παραγωγής, πίσω σε κάποιο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Στο σχήμα 7.1 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία που ακολουθείται για την κατασκευή μιας συσκευής, ενώ το σχήμα 7.2 δείχνει την πορεία που ακολουθείται για την ανακύκλωση των προϊόντων. Εύκολα παρατηρείται ότι η μια διαδικασία είναι ακριβώς αντίστροφη της άλλης. Πρέπει να τονιστεί με αυτό τον τρόπο ότι κατά την ανακύκλωση μιας συσκευής η κάθε βαθμίδα της κλίμακας αποτελεί πηγή ουσιών για την χαμηλότερη. Αναλυτικότερα οι συσκευές αποτελούν πηγή νέων κατασκευαστικών στοιχείων, τα κατασκευαστικά στοιχεία πηγή υλικών παραγωγής και αυτά πηγή πρώτων υλών. Σε κάθε βαθμίδα όσα κρίνονται κατάλληλα επανέρχονται στην διαδικασία παραγωγής νέων συσκευών ενώ τα υπόλοιπα κατεβαίνουν ακόμη μια βαθμίδα όπου πάλι εκεί υπάρχει νέα διαλογή. Βέβαια οι συσκευές όταν επιστρέφονται, πριν οδηγηθούν στην διαδικασία της ανακύκλωσης διαλέγονται και ένα μέρος από αυτές μεταπωλούνται. Ουσιαστικά όμως τότε υπάρχει επαναχρησιμοποίηση και επιμήκυνση του χρόνου ζωής των συσκευών και όχι ανακύκλωση.



Σχήμα 7.1 : Παραγωγή.

(Πηγή : http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/2277/)



Σχήμα 7.2 : Ανακύκλωση.

(Πηγή : http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/2277/)

Μια επισήμανση που πρέπει να γίνει είναι ο διαχωρισμός δύο διαδικασιών, που στο εξωτερικό ονομάζονται closed – loop και open – loop. Στην πρώτη, τμήματα που αφαιρούνται από μια συσκευή κατά την διάρκεια της ανακύκλωσης χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της ίδιας συσκευής, ενώ στη δεύτερη για την παραγωγή διαφορετικής συσκευής. Η επισήμανση αυτή γίνεται γιατί παρακάτω θα αναφερθούν δυνατότητες χρησιμοποίησης για την

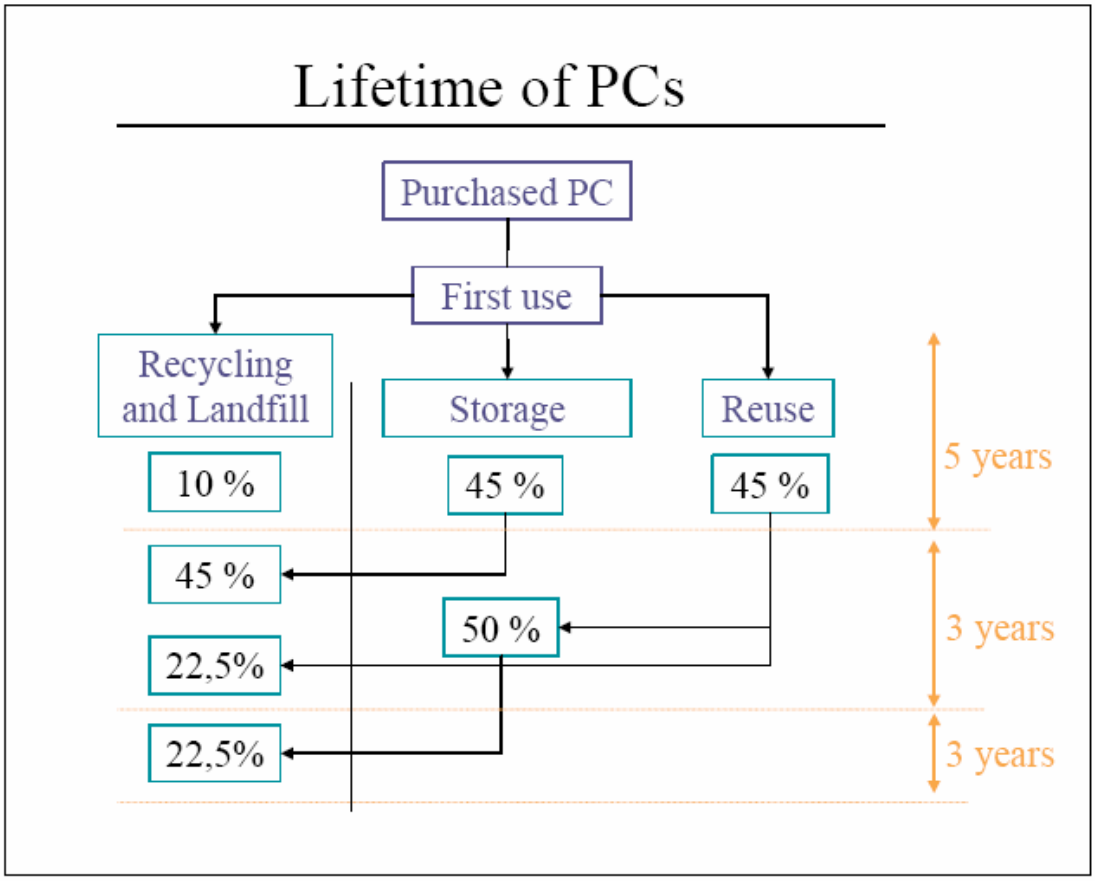
παραγωγή αντικειμένων που δεν έχουν σχέση με τα ΑΗΗΕ από τμήματα που προήλθαν από αυτά, όπως πχ. την κατασκευή υαλότουβλων από το γυαλί της οθόνης. Επιπλέον πρέπει να τονιστεί και η σημαντική διαφορά κατανάλωσης ενέργειας ανάμεσα στις δύο διαδικασίες με σαφώς πολύ μεγαλύτερη την δεύτερη.

Το θέμα της κατανάλωσης ενέργειας είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι καθώς περιορίζεται έτσι η επιβάρυνση του περιβάλλοντος και υπάρχουν μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη για την εταιρία που κάνει την ανακύκλωση. Για αυτό τον λόγο οι εταιρίες ανακύκλωσης, κατασκευαστές τμημάτων συσκευών αλλά και διάφοροι οργανισμοί έχουν δημιουργήσει την λεγόμενη «ιεραρχία ανακύκλωσης», όπου παρουσιάζονται τα διάφορα στάδια με σειρά και κέρδους οικονομικού και όφελους περιβαλλοντικού. Η σειρά είναι:

1. **Επαναπώληση (με οποιαδήποτε τροποποίηση).**
2. **Επισκευή, αναπαλαίωση, επανακατασκευή.**
3. **Ανάκτηση κατασκευαστικών τμημάτων συσκευής.**
4. **Ανακύκλωση υλικών.**
5. **Αποτέφρωση (με ενεργειακό όφελος).**
6. **Υγειονομική ταφή.**

Όλες οι παραπάνω επιλογές με την σειρά που παρουσιάζονται αποτελούν στην ουσία την διαδικασία της ανακύκλωσης. Δηλαδή εξετάζεται κάθε συσκευή αν μπορεί να αξιοποιηθεί σε κάθε στάδιο με την σειρά και αν δεν είναι αυτό δυνατό τότε εξετάζεται το επόμενο. Στο στάδιο που θα είναι δυνατή η χρησιμοποίηση της συσκευής τότε αξιοποιείται και προσφέρει το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος. Είναι σαφές ότι η πιο διαδεδομένη επιλογή στην Ελλάδα είναι αυτή της ταφής, όχι πάντοτε υγειονομικής, και όπως παρουσιάστηκε παραπάνω είναι και η χειρότερη επιλογή. Βέβαια, στην διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω στο στάδιο της ταφής μπορεί να φτάσει ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνολικού βάρους, ενώ σήμερα στην Ελλάδα στον χώρο της ταφής φτάνει ολόκληρη η συσκευή.

Στο σημείο αυτό κρίνεται χρήσιμο να δοθεί το παρακάτω σχήμα που παρουσιάζει τον κύκλο ζωής ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή και κυρίως τον χρόνο ζωής του.



Σχήμα 7.3 : Κύκλος ζωής ενός Η/Υ.
(Πηγή : Waste from electrical and electronic equipment, quantities, dangerous substances and treatment methods, EEA, January 2003)

Παρατηρείται ότι η αρχική χρήση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή διαρκεί περίπου πέντε (5) χρόνια και μετά από αυτά ένα μεγάλο ποσοστό της τάξης του 45% επαναχρησιμοποιείται για περίπου τρία (3) χρόνια ακόμη. Η συνολική ποσότητα των αποβλήτων έχει επεξεργαστεί, ανακυκλωθεί ή έχει οδηγηθεί στην υγειονομική ταφή, μετά από έντεκα (11) χρόνια από την αρχική κυκλοφορία της συσκευής.

7.1.1. Επαναπώληση

Σε πολλές περιπτώσεις μία συσκευή που δεν είναι χρήσιμη για τον ιδιοκτήτη της μπορεί να καλύψει τις ανάγκες κάποιων άλλων. Σε αυτές τις περιπτώσεις η επαναπώληση του εξοπλισμού μπορεί να γίνει και χωρίς οποιαδήποτε τροποποίηση. Υπάρχουν στην αγορά, και του εξωτερικού αλλά και την εγχώρια, αρκετές επιχειρήσεις που ειδικεύονται στο εμπόριο μεταχειρισμένων συσκευών. Το βασικό πρόβλημα όμως αυτών των επιχειρήσεων είναι η συνεχής βελτίωση της απόδοσης των νέων συσκευών, κυρίως των συσκευών που έχουν σχέση με ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τηλεπικοινωνίες, με αποτέλεσμα να μειώνεται συνεχώς η τιμή των συσκευών. Προφανώς έτσι μειώνεται ακόμη περισσότερο και η τιμή των μεταχειρισμένων ειδών, καθιστώντας δύσκολη την οικονομική άνθηση ή και την επιβίωση τέτοιων εταιριών.

7.1.2. Επισκευή, αναπαλαίωση, επανακατασκευή

Η επισκευή και η αναπαλαίωση των συσκευών διαφέρει σημαντικά από την απλή επαναπώληση καθώς περιλαμβάνει κάποιας μορφής τροποποίηση σε σχέση με το αρχικό προϊόν. Κατά τις δύο αυτές διαδικασίες, η εταιρία που αναλαμβάνει την εκτέλεσή τους, επεμβαίνει και διορθώνει χαλασμένα τμήματα ή αναβαθμίζει κάποια άλλα. Με αυτό τον τρόπο αυξάνει την αξιοπιστία της συσκευής, αυξάνοντας και την τιμής της, αλλά στην αγορά μεταχειρισμένων αυτή η διαφορά δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Επειδή πολλές φορές είναι εξαιρετικά δύσκολο να βρεθούν τα απαραίτητα ανταλλακτικά στο εμπόριο είναι απαραίτητη η συνεργασία των εταιριών ανακύκλωσης με τους κατασκευαστές. Οι δεύτεροι συχνά αντιμετωπίζουν με καχυποψία τέτοιου είδους συνεργασίες, καθώς είναι βέβαιο ότι αν κερδίσουν μεγάλο μέρος της αγοράς οι μεταχειρισμένες συσκευές χάνουν οι ίδιοι μέρος των κερδών τους. Έτσι παρατηρείται το φαινόμενο οι ίδιοι κατασκευαστές να ανακυκλώνουν τα

προϊόντα τους ώστε να ελέγχουν την αγορά, και να χρησιμοποιούν τις συσκευές που επιστρέφονται ως ανταλλακτικά για νέες.

Το ίδιο συμβαίνει και με την επανακατασκευή των συσκευών μόνο που εδώ οι αρχικοί κατασκευαστές είναι σχεδόν οι μόνοι που κάνουν αυτή την διαδικασία. Βέβαια, υπάρχουν αρκετά πλεονεκτήματα από αυτή την ενέργεια των εταιριών καθώς οι αρχικοί κατασκευαστές είναι αυτοί που γνωρίζουν, καλύτερα από τον καθένα, τα κατασκευαστικά στοιχεία μιας συσκευής, τους προμηθευτές με αποτέλεσμα να μπορούν να κάνουν πιο ολοκληρωμένη εργασία αλλά και έχουν σαφώς μικρότερο όγκο συσκευών να διαχειριστούν.

7.1.3. Ανάκτηση κατασκευαστικών τμημάτων συσκευής

Μια ηλεκτρονική συσκευή, η οποία δεν πληρεί τις προϋποθέσεις ώστε δεν είναι δυνατόν να ανακυκλωθεί, περιέχει στοιχεία που μπορούν να αφαιρεθούν και είτε να χρησιμοποιηθούν σε νέα παραγωγική διαδικασία είτε να χρησιμεύσουν ως ανταλλακτικά. Τέτοια στοιχεία σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή μπορεί να είναι ο σκληρός δίσκος, πλακέτες κυκλωμάτων αλλά και μικρότερα κομμάτια όπως βίδες, βάσεις για την τοποθέτηση πλακετών και ηλεκτρικά στοιχεία πλακετών όπως αντιστάσεις, διακόπτες και πυκνωτές. Η αποσυναρμολόγηση αυτών των τμημάτων γίνεται κυρίως χειρονακτικά και με την χρήση βασικών εργαλείων.

7.1.4. Ανακύκλωση υλικών

Χαμηλότερα στην ιεραρχία της ανακύκλωσης είναι η ανακύκλωση των επιμέρους υλικών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν υλικά όπως πολυμερή, μέταλλα και γυαλί.
Για τα πολυμερή χρησιμοποιούνται κυρίως δύο διαδικασίες επεξεργασίας, στην περίπτωση βέβαια που δεν είναι δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθούν. Η πρώτη είναι η χημική ανακύκλωση, όπου τα πολυμερή διασπώνται με χημικές

διεργασίες σε μικρότερα οργανικά μόρια που αξιοποιούνται στην πετροχημική βιομηχανία ή στην βιομηχανία πλαστικών. Η δεύτερη διεργασία είναι η αποτέφρωση, κυρίως επειδή τα πολυμερή έχουν μεγάλη θερμαντική αξία.

Για τα μέταλλα και το γυαλί θα γίνει σε επόμενη παράγραφο εκτενής αναφορά.

7.1.5. Αποτέφρωση και υγειονομική ταφή

Η αποτέφρωση και η υγειονομική ταφή είναι η τελευταία επιλογή για την επεξεργασία των ΑΗΗΕ. Έχουν την μικρότερη δυνατή οικονομική απόδοση σ' αυτόν που επεξεργάζεται τα ΑΗΗΕ αλλά και την μεγαλύτερη επιβάρυνση στο περιβάλλον. Το μοναδικό όφελος από την αποτέφρωση είναι η ενέργεια που αξιοποιείται. Γι' αυτό τον λόγο στόχος είναι να φτάνει στο στάδιο αυτό η μικρότερη δυνατή ποσότητα αποβλήτων, γεγονός που σημαίνει βέβαια την ύπαρξη της μεγαλύτερης ανακυκλώσιμης ποσότητας.

7.2. Συσκευές διαχωρισμού

7.2.1. Γενικά

Όπως έχει ήδη αναφερθεί για να είναι πιο πλήρης η επεξεργασία των ΑΗΗΕ και για να είναι δυνατός ο καλύτερος διαχωρισμός των στοιχείων που τα αποτελούν χρησιμοποιούνται μια σειρά από συσκευές που στόχο έχουν αρχικά να μειώσουν των όγκο των αποβλήτων και στην συνέχεια να κάνουν ένα πρώτο διαχωρισμό. Οι παρακάτω συσκευές είναι μερικές από αυτές που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο.

7.2.2. Συσκευές μείωσης όγκου

i. **Τεμαχιστής Ι :** Αποτελείται από μια σειρά σφυριών που περιστρέφονται γύρω από ένα άξονα. Στην συνέχεια και αφού έχει τεμαχιστεί η συσκευή τα κομμάτια συγκεντρώνονται και μεταφέρονται στο επόμενο στάδιο για τον διαχωρισμό τους.

ii. **Τεμαχιστής ΙΙ :** Αποτελείται από δύο δίσκους που περιστρέφονται γύρω από δύο άξονες με διαφορετική φορά. Αυτό το μηχάνημα είναι κατάλληλο για τα ελαστικά στοιχεία των ηλεκτρονικών αποβλήτων.

iii. **Κρυοσκοπική μέθοδος** : Χρησιμοποιώντας υγρό άζωτο παγώνουν τα διάφορα κομμάτια της προς επεξεργασία συσκευής. Έτσι ο τεμαχισμός είναι ευκολότερος και πιο ολοκληρωτικός με αποτέλεσμα να είναι ιδανικότερος και ο διαχωρισμός τους. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι όλη η διαδικασία στη συνέχεια γίνεται χωρίς την χρήση νερού ή καύσης και έτσι αποφεύγονται η δημιουργία υγρών αποβλήτων ή επικίνδυνων αερίων.

7.2.3. Συσκευές διαχωρισμού

i. Κόσκινο : Η χρήση κόσκινου διαχωρίζει τα διάφορα κομμάτια ανάλογα με τις διαστάσεις τους. Χρησιμοποιώντας μια σειρά από κόσκινα διαφορετικών διαμετρημάτων είναι εφικτός ο διαχωρισμός των κομματιών σε βαθμό ανάλογο με τον αριθμό των κόσκινων που χρησιμοποιήθηκαν.

ii. Διαχωριστής αέρα : Ο διαχωριστής αέρα εφαρμόζεται σε στερεά κομμάτια και αυτό συμβαίνει γιατί ένα ρεύμα ορισμένης έντασης είναι

ικανό να παρασύρει κομμάτια ορισμένης πυκνότητας, σχήματος και διαστάσεων. Έτσι με την κατάλληλη επιλογή εντάσεως ρεύματος είναι δυνατός ο ικανοποιητικός διαχωρισμός τους.

iii. Κυκλώνας αέρα : Οι κυκλώνες αέρα χρησιμοποιούνται κυρίως για την απομάκρυνση σκόνης από τον αέρα. Μπορούν να διαχωρίσουν σωματίδια, λόγω της κεντρομόλου δύναμης, ανάλογα με την πυκνότητά τους και τις διαστάσεις τους.

iv. Τεχνική Επίπλευσης – Βύθισης : Με αυτή την μέθοδο διαχωρίζονται στερεά σωματίδια με βάση την διαφορετική τους πυκνότητα. Σε αυτή την περίπτωση τα στερεά σωματίδια βυθίζονται σε υγρό με πυκνότητα η τιμή της οποίας βρίσκεται ανάμεσα στις τιμές των πυκνοτήτων των στερεών που θέλουμε να διαχωρίσουμε. Έτσι τα βαρύτερα πηγαίνουν στον πάτο του δοχείου ενώ τα ελαφρύτερα επιπλέουν στην επιφάνεια.

v. Υδροκυκλώνας : Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό στερεών κομματιών από ένα υγρό, βασισμένη στις διαφορές πυκνότητας και διαστάσεων εξαιτίας των κεντρομόλων δυνάμεων που αναπτύσσονται καθώς τα κομμάτια περιστρέφονται. Συχνά αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται και για την απομάκρυνση της μόλυνσης που υπάρχει στα υγρά.

vi. Συσκευές διαχωρισμού σιδηρούχων υλικών που χρησιμοποιούν :

- **Μαγνητικές μέθοδοι :** Τα κομμάτια που πρέπει να διαχωριστούν περνούν μέσα από ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο απομακρύνει όλα τα κομμάτια εκείνα που έλκονται από τους μαγνήτες.

- **Υψηλού βαθμού μαγνητικός διαχωρισμός :** Με την μέθοδο αυτή διαχωρίζονται τα παραμαγνητικά υλικά από τα μη μαγνητικά με την δίοδο του μίγματος μέσα από ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο.

- **Ηλεκτροστατική μέθοδος :** Με την μέθοδο αυτή διαχωρίζονται στερεά σωματίδια βάση της διαφοράς έλξης και της απώθησης διαφορετικώς φορτισμένων τμημάτων όταν αυτά βρίσκονται μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο.

7.3. Επεξεργασία οθονών Η/Υ

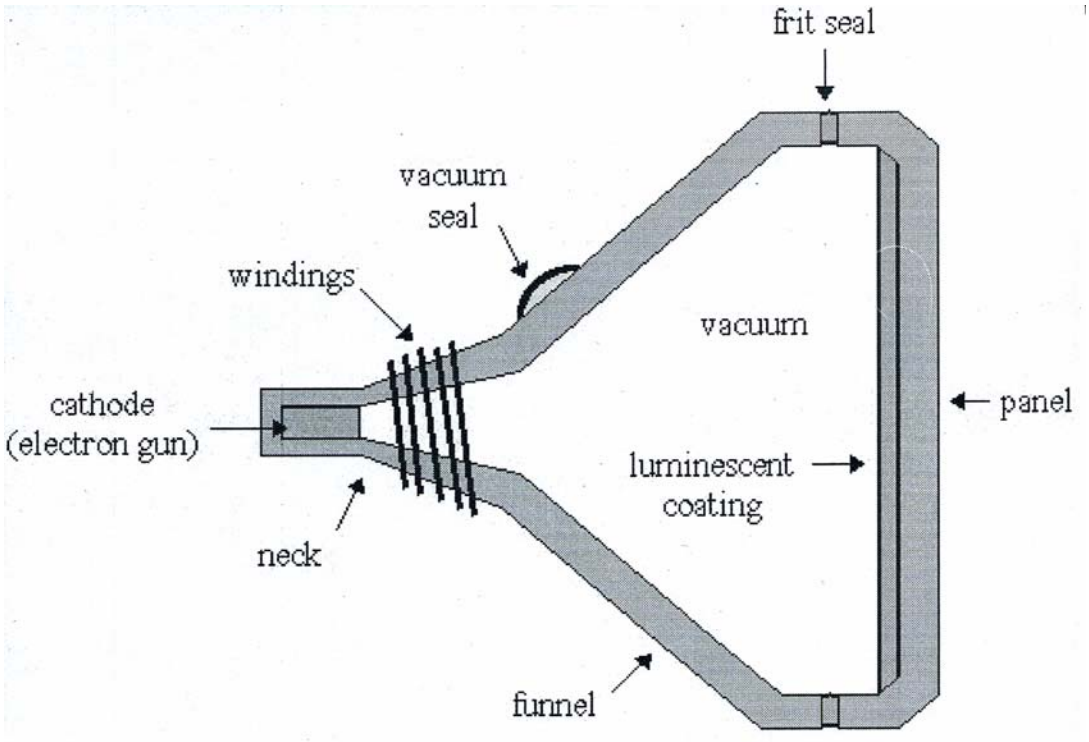
7.3.1. Γενικά

Μία τυπική οθόνη υπολογιστή αποτελείται από πλαστικό περίβλημα, το σύστημα λυχνίων καθοδικών ακτίνων, καλώδια, μέταλλα και ελαστικά. Το μεγαλύτερο τμήμα της οθόνης ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή αποτελεί το σύστημα λυχνιών καθοδικών ακτίνων (ΛΚΑ ή CRT : Cathode Ray Tubes). Οι ΛΚΑ μπορούν να θεωρηθούν ως επικίνδυνο απόβλητο εξαιτίας της μεγάλης σύστασής τους σε μόλυβδο.

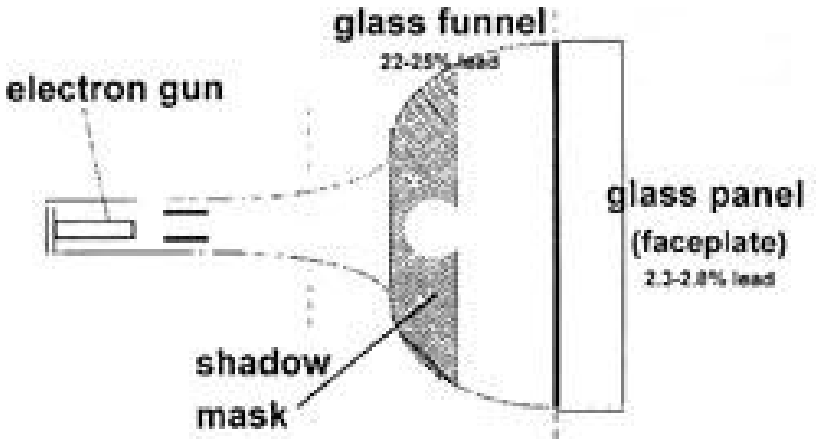


Εικόνα 7.1 : Οθόνη στο στάδιο της αποσυναρμολόγησης.
(Πηγή : Massachusetts Electronics Recycling Program)

Μια οθόνη καθοδικών ακτίνων μπορεί να χωριστεί σε τρία τμήματα : τον εκτοξευτή ηλεκτρονίων (electron gun), το εμπρόσθιο τμήμα του γυαλιού (panel glass) και το οπίσθιο τμήμα του γυαλιού (funnel glass). Στην εσωτερική επιφάνεια του μπροστινού τμήματος του γυαλιού έχουν εφαρμοστεί λεπτά στρώματα επικάλυψης που περιέχουν διάφορα μίγματα του φωσφόρου. Τέλος, μπροστά από τον εκτοξευτή ηλεκτρονίων υπάρχει ένα σύστημα πηνίων (windings) το οποίο είναι υπεύθυνο για την αλλαγή πορείας των ηλεκτρονίων αν και σε άλλες περιπτώσεις αντί για πηνία υπάρχει σύστημα πυκνωτών. (Εικόνα 7.2 και 7.3)



Εικόνα 7.2 : Δομή μιας οθόνης καθοδικών ακτίνων με σύστημα πηνίων.
(Πηγή : http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/2277/)



Εικόνα 7.3 : Δομή μιας οθόνης καθοδικών ακτίνων με σύστημα πυκνωτών.
(Πηγή : Cathode Ray Tube Recycling, Menad N. 1999.)

Από τα κατασκευαστικά στοιχεία ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή αυτό που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι οι οθόνες, με λυχνίες καθοδικών ακτίνων (ΛΚΑ ή CRT Cathode Ray Tubes). Επειδή η επεξεργασία των οθονών ΛΚΑ είναι ιδιαίτερα δύσκολη, χρονοβόρα και με μικρή απόδοση κέρδους για τις εταιρίες, οι καταναλωτές καλούνται να πληρώσουν το κόστος. Μια ενδεικτική τιμή που βρέθηκε σε αγορά στο διαδίκτυο στις ΗΠΑ ήταν 70$/tn.

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

- Πρώτον, οι δυσκολίες που παρουσιάζονται κατά την αποσυναρμολόγηση. Οι ΛΚΑ περιέχουν ένα κενό αέρος (vacuum) το οποίο υπάρχει κίνδυνος να εκραγεί αν δεν χειριστεί κατάλληλα, απαιτούνται ιδιαίτερες προφυλάξεις κατά την επεξεργασία τους για να μην προκληθούν τραυματισμοί σε περίπτωση που αυτό σπάσει και τέλος λόγω του μολύβδου που περιέχουν, έχουν χαρακτηριστεί ως τοξικα απόβλητα και δεν είναι εύκολη η διασυνοριακή μεταφορά τους.

- Δεύτερον, οι οθόνες καθοδικών ακτίνων επαναχρησιμοποιούνται και αναβαθμίζονται δύσκολα. Το κενό αέρος της λυχνίας, οι στρώσεις φωσφόρου στο εσωτερικό τμήμα του γυαλιού (luminescent coatings)

και ο εκτοξευτής ηλεκτρονίων (electron gun) εκφυλίζονται με την χρήση και για να αναβαθμιστεί η οθόνη θα πρέπει να αντικατασταθούν. Η διαδικασία έχει αρκετά υψηλό κόστος και συμφέρει οικονομικά να γίνει μόνο για οθόνες μεγάλης αξίας, που βρίσκονται σε ιατρικό εξοπλισμό και ραντάρ.

- Τέλος, η μεγάλη ποικιλία των ουσιών που υπάρχουν σε μια οθόνη καθοδικών ακτίνων. Στο εμπρόσθιο τμήμα του γυαλιού υπάρχουν κυρίως οξείδιο του Βαρίου (BaO). Στο οπίσθιο τμήμα του γυαλιού και στον «λαιμό» της οθόνης υπάρχει κυρίως οξείδιο του μολύβδου (PbO). Ο σκελετός της οθόνης έχει οξείδια του μολύβδου, του ψευδαργύρου, του βορίου, του βαρίου και του πυριτίου. Και τέλος στα πηνία υπάρχει κατά κύριο λόγο χαλκός.

Πίνακας 7.1 : Συστατικές ουσίες που υπάρχουν σε μια οθόνη καθοδικών ακτίνων.
(Πηγή : http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/2277/)

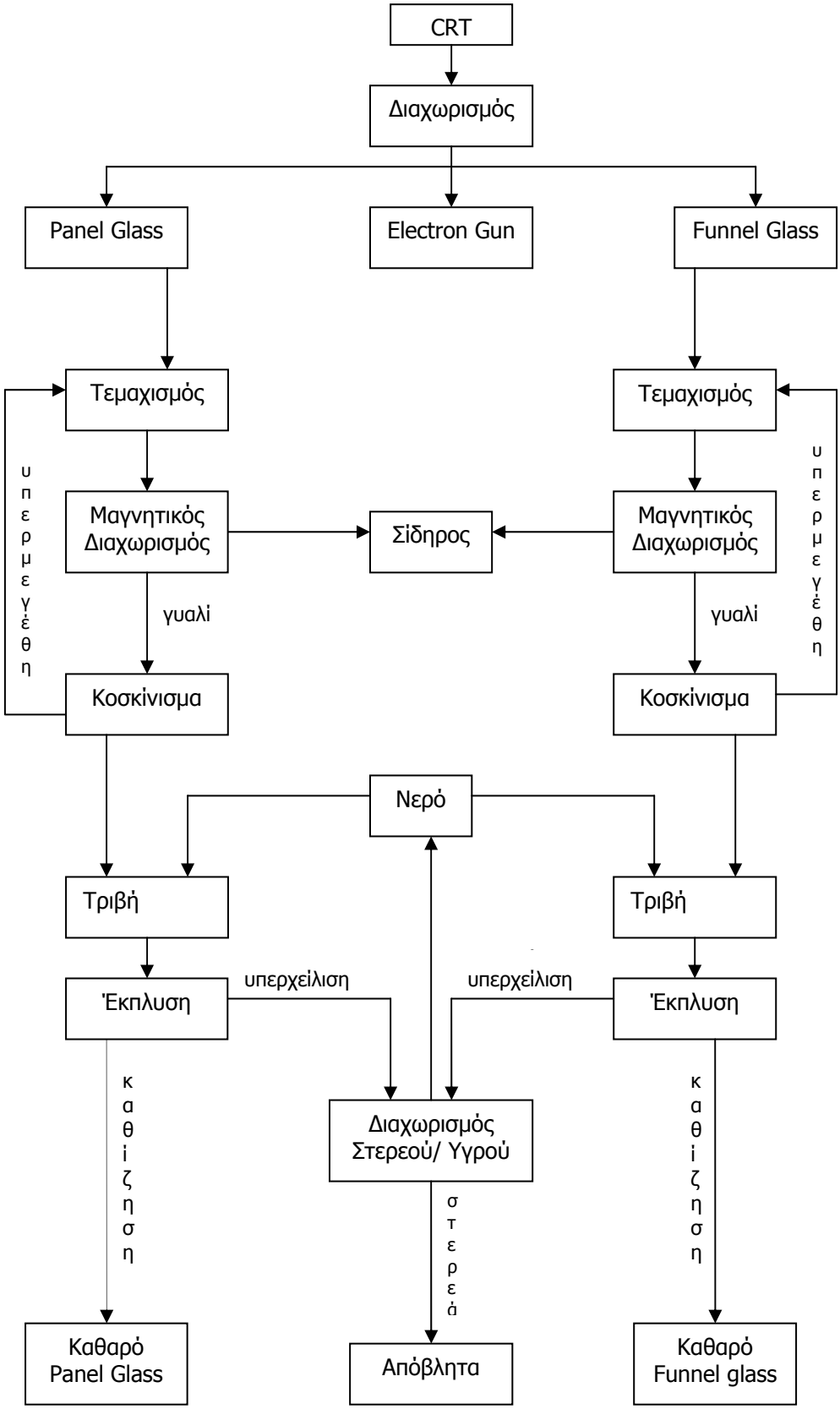
Τμήματα		Συστατικές Ουσίες
Panel		BaO
Funnel, Neck		PbO
Coating		Ενώσεις του P
Frit (glass solder)		PbO, ZnO , BaO ,SiO_2
Windings		Cu

Το πιο εύκολα ανακυκλώσιμο τμήμα των ΛΚΑ είναι τα πηνία, τα οποία μπορούν να αφαιρεθούν σχετικά εύκολα και στην συνέχεια να επεξεργαστούν ώστε να αποσπαστεί ο χαλκός σε καθαρή μορφή. Οι επικαλύψεις του μπροστινού τμήματος του γυαλιού, που έχουν διάφορες ενώσεις και προσμίξεις του φωσφόρου, είναι δυνατό να εκπλυθούν, η διαδικασία θα περιγραφεί σε επόμενη παράγραφο, αλλά δεν έχουν αναφερθεί επόμενες χρήσεις τους. Αν και το γυαλί αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα ανακυκλώσιμα είδη, το γυαλί της οθόνης έχει πολλούς περιορισμούς στην

επαναχρησιμοποίησή του λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων που περιέχει και το κάνει ακατάλληλο για πολλές χρήσεις.

7.3.2. Αφαίρεση των φωσφορικών επικαλύψεων και «καθαρισμός» του γυαλιού

Για τον καθαρισμό του panel και του funnel glass,η μέθοδος με το καλύτερο αποτέλεσμα είναι η wet-scrubbing. Σ' αυτήν, αφού τεμαχιστεί το γυαλί των ΛΚΑ με κάποια συσκευή τεμαχισμού σε κομμάτια (με διαστάσεις της τάξης >10 mm) το μείγμα τοποθετείται σε δοχείο με νερό. Στην συνέχεια μέσα στο δοχείο εισάγονται κομμάτια αλουμινίου και αναδεύεται το περιεχόμενο δυνατά για αρκετό χρονικό διάστημα (περίπου 4 h). Η προσθήκη κομματιών αλουμινίου γίνεται για την αύξηση του επιπέδου καθαρισμού. Ο χρόνος της ανάδευσης καθορίζεται ανάλογα με τον επιθυμητό βαθμό καθαρότητας. Η σχηματική απεικόνιση της μεθόδου φαίνεται στο σχήμα 7.4.



Σχήμα 7.4 : Σχηματική αναπαράσταση της μεθόδου wet-scubbing.

(Πηγή : Recycle of Scrap Cathode Ray Tubes,

CHING-HWA-LEE and CHI-SHIUNG-HIS, 2002)

7.3.3. Ανακύκλωση οθονών με Λυχνίες Καθοδικών Ακτίνων

Η ανακύκλωση των οθονών είναι, όπως έχει ήδη αναφερθεί, μια εξαιρετικά επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία. Ο κυριότερος λόγος είναι η ύπαρξη βαρέων μετάλλων στο γυαλί της και ο περιορισμός που αυτό συνεπάγεται στις χρήσεις του «άχρηστου» γυαλιού. Στον πίνακα 7.2. που ακολουθεί παρουσιάζεται η επί τις εκατό κατά βάρος συγκέντρωση των διαφόρων μετάλλων στα εκάστοτε τμήματα γυαλιού μιας οθόνης. Η μεγάλη απόκλιση που παρουσιάζεται σε διάφορες συγκεντρώσεις έχει σχέση με την εταιρία κατασκευής και με το μέγεθος της οθόνης. Στον πίνακα παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες δυνατές αποκλίσεις.

Πίνακας 7.2 : Οι % κατά βάρος συγκεντρώσεις διαφόρων οξειδίων στο γυαλί μιας οθόνης καθοδικών ακτίνων. (Πηγή : Materials recovery from Waste Cathode Ray Tubes, ICER, 2004)

%	Panel glass			Funnel glass		
Οξείδιο	Ελαχ.	Μεγ.	Διαφορά	Ελαχ.	Μεγ.	Διαφορά
SiO_2	58,9	65,4	6,6	51,2	63,5	12,3
Al_2O_3	1,2	3,7	2,5	1,1	5	3,9
Na_2O	6,2	9,8	3,7	5,3	8,1	2,8
K_2O	6	9	3	7,2	10,3	3,2
Li_2O	0	0,5	0,5	-	-	-
F	0	0,8	0,8	-	-	-
BaO	1,9	14,2	12,3	0	3	3
SrO	0	11,6	11,6	0,2	0,7	0,5
CaO	0	4,6	4,6	1,6	4,5	2,9
MgO	0	2	2	0,9	3	2,1
As_2O_3	0	0,3	0,3	0	0,2	0,2
Sb_2O_3	0,2	0,7	0,5	0	0,4	0,3
TiO_2	0	0,6	0,6	-	-	-
CeO_2	0	0,6	0,6	-	-	-
PbO	0	3,3	3,3	11,6	24,6	13
ZrO_2	0	3,5	3,5	0,2	0,2	0
ZnO	0	0,7	0,7	-	-	-
Fe_2O_3	0	0,1	0	-	-	-

Λόγω της μεγάλης ποικιλίας ουσιών που υπάρχουν είτε ως προσμίξεις είτε ως επικαλύψεις το γυαλί των λυχνιών καθοδικών ακτίνων δεν είναι δυνατόν να έχει πολλές εφαρμογές μετά την ανακύκλωση. Η πιο συνηθισμένη είναι η προώθησή του στην παραγωγική διαδικασία της κατασκευής νέων λυχνιών. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει πρώτα να διαχωριστούν τα δύο κύρια τμήματά του καθώς στο ένα υπάρχουν προσμίξεις οξειδίου του βαρίου και στο άλλο προσμίξεις οξειδίου του μολύβδου, στο panel και στο funnel glass αντίστοιχα. Κατά τον διαχωρισμό δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να μείνουν τμήματα του ενός στο άλλο γιατί θα υπάρξουν δυσλειτουργίες στην νέα οθόνη που θα παραχθεί.

Κατά την παραγωγική διαδικασία οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται είναι άμμος από ορυκτό διοξείδιο του πυριτίου, ανθρακικό νάτριο, ανθρακικό βάριο και ανθρακικό στρόντιο. Επειδή η άμμος είναι το μεγαλύτερο σε ποσότητα συστατικό πρέπει να είναι πολύ υψηλής καθαρότητας. Επίσης χρησιμοποιούνται και οξείδια του αργιλίου, του καλίου, του μαγνησίου, του ψευδαργύρου, του ζιρκονίου και οξείδια είτε του βαρίου και στροντίου είτε του μολύβδου, ανάλογα αν παράγεται panel ή funnel glass αντιστοίχως. Όλες οι πρώτες ύλες θερμαίνονται, λιώνουν και το ρευστό και ομογενές μίγμα χύνεται σε κατάλληλες φόρμες για την παραγωγή των διαφόρων τμημάτων. Τα τμημάτα των οθονών που έχουν αφαιρεθεί κατά το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας των αποβλήτων θα πρέπει να επεξεργαστούν ώστε να αφαιρεθούν όλες οι πιθανές προσμίξεις και εφόσον έχουν σχεδόν ίδια συγκέντρωση των συστατικών στοιχείων του γυαλιού τους τότε να προστεθούν στο μίγμα που έχει δημιουργηθεί κατά την παραγωγή νέων οθονών.

Επειδή όμως οι οθόνες από διαφορετικές εταιρίες έχουν κατά κανόνα και διαφορετική συγκέντρωση των πρωτογενών στοιχείων, υπάρχουν δύο πιθανές εκδοχές επεξεργασίας. Πρώτη είναι η περίπτωση η κάθε εταιρία να αναγνωρίζει ποιες οθόνες έχουν ίδια περίπου αναλογία στα συστατικά στοιχεία οπότε και μπορεί να τις επαναφέρει στην παραγωγική διαδικασία και τις άλλες

να τις απορρίπτει ή να τις προωθεί σε άλλες εταιρίες. Και δεύτερη περίπτωση είναι να λιώνει όλες τις οθόνες που της διοχετεύονται χωρίς προεπιλογή και μετά το λιώσιμο να δημιουργείται ένα νέο μίγμα με άλλα ποσοστά συγκεντρώσεων που θα αξιοποιηθεί για την παραγωγή γυαλιού των νέων οθονών.

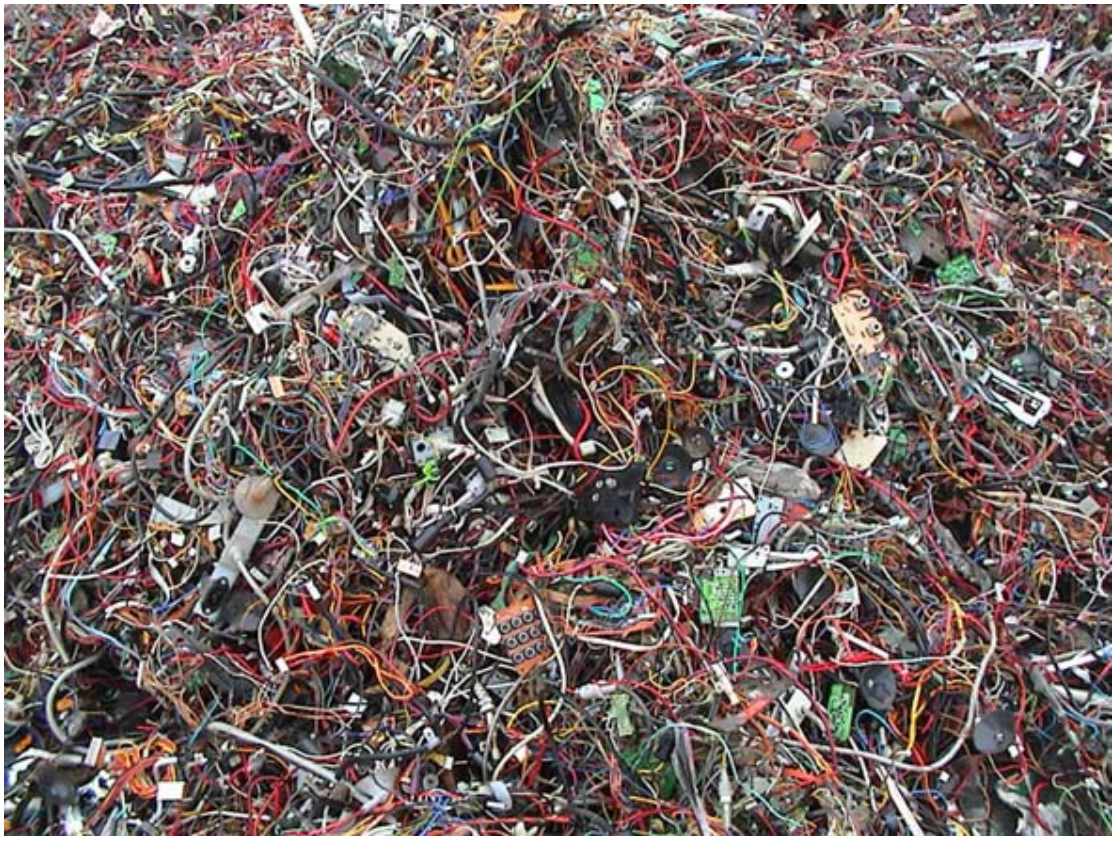
7.4. Ανάκτηση μετάλλων από τα ΑΗΗΕ

7.4.1. Γενικά

Τα μέταλλα είναι τα μόνα υλικά που υπάρχουν σε συσκευές ΕΗΗΕ για τα οποία υπήρχαν ήδη τρόποι ανακύκλωσης με μεγάλη απόδοση. Υπολογίζεται ότι σήμερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 50% του αλουμινίου, το 50% του χαλκού, το 60% του μολύβδου και το 41% του ψευδαργύρου που καταναλώνεται προέρχεται από την ανακύκλωση των μετάλλων. Αν και τα μέταλλα διαβρώνονται, είναι σχετικά εύκολο να απομονώνονται σε καθαρή μορφή από τα οξείδια ή τα μείγματά τους.

Τα μέταλλα χρησιμοποιούνται είτε ως αγωγοί ή ημιαγωγοί είτε ως κατασκευαστικά τμήματα και για αυτό τον λόγο χρησιμοποιούνται πολλά είδη μετάλλων. Ο χαλκός είναι από τα μέταλλα που χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα τμήματα μιας συσκευής ΕΗΗΕ. Υπάρχει στα καλώδια, στα πηνία, στους μετασχηματιστές και στις πλακέτες. Με τον όρο κατασκευαστικά τμήματα ορίζονται κομμάτια που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή και στήριξη των εξαρτημάτων σε μία συσκευή, όπως το πλαίσιο στήριξης, το εξωτερικό κάλυμμα, μηχανικά τμήματα, βίδες κα. Σ’ αυτά τα τμήματα συναντώνται κυρίως το ατσάλι και το αλουμίνιο και σε μικρότερο βαθμό το μαγνήσιο, συχνά σε μίγματα με νικέλιο και χρώμιο. Τέλος, κάποια τμήματα είναι από ψευδάργυρο για να έχουν μεγαλύτερη αντοχή στην διάβρωση. Επειδή η εμπορική τους αξία είναι μικρή και τα μέταλλα αυτά έχουν και άλλες εφαρμογές συχνά αφαιρούνται από τα ΑΗΗΕ και τοποθετούνται για ανάκτηση

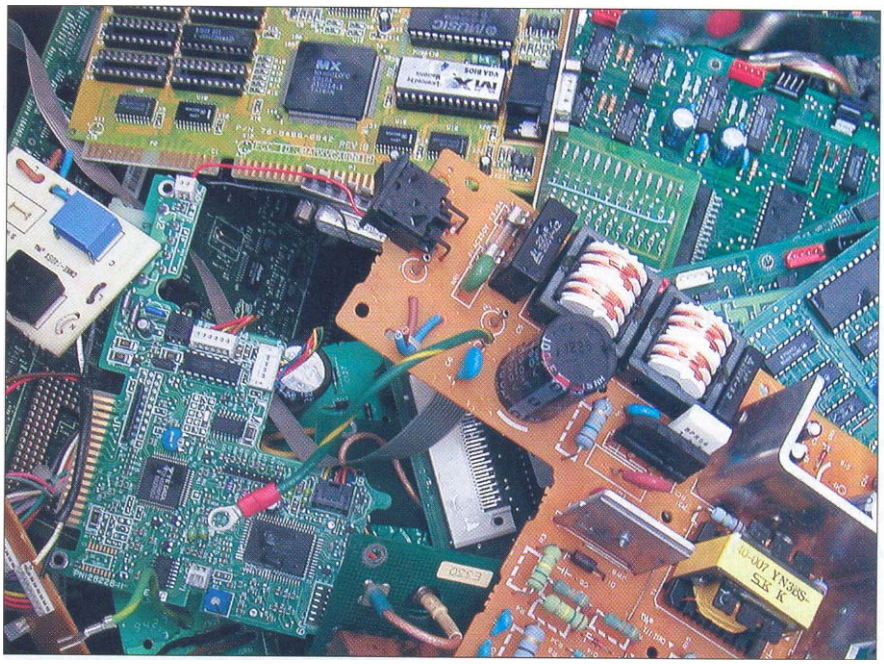
μαζί με τα τμήματα που προέρχονται από τις άλλες εφαρμογές τους, εφόσον η επεξεργασία τους είναι συχνά οικονομικά βιώσιμη όταν υπάρχει πολύ μεγάλη διαθέσιμη ποσότητα.



Εικόνα 7.4 : Ποσότητα καλωδίων για επεξεργασία που αποσπάστηκε από ΑΗΗΕ.
(Πηγή : Basel Action Network)

7.4.2. Ανάκτηση μετάλλων από τις πλακέτες

Οι πλακέτες περιέχουν μια μεγάλη ποικιλία μετάλλων, ώστε να χρησιμοποιούνται από το καθένα ιδιαίτερες ιδιότητες που έχει. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο πίνακες με το είδος των μετάλλων και τις συγκεντρώσεις τους. Πρέπει να επισημανθούν, σ' αυτό το σημείο, δυο παρατηρήσεις. Πρώτον, το γεγονός ότι η συγκέντρωση των μετάλλων στις πλακέτες δεν έχει σταθερές τιμές καθώς εξαρτάται από την χρήση της πλακέτας και δεύτερον, ότι στους δύο πίνακες που ακολουθούν κατά την μετατροπή της συγκέντρωσης στην ίδια μονάδα εμφανίζονται παραπλήσιες τιμές.



Εικόνα 7.5 : Πλακέτες για επεξεργασία που αποσπάστηκαν από ΑΗΗΕ.
(Πηγή : Περιοδικό Ανακύκλωση, τεύχος 47)

Πίνακας 7.3 : Μέταλλα σε πλακέτες Η/Υ.
(Πηγή : http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/2277/)

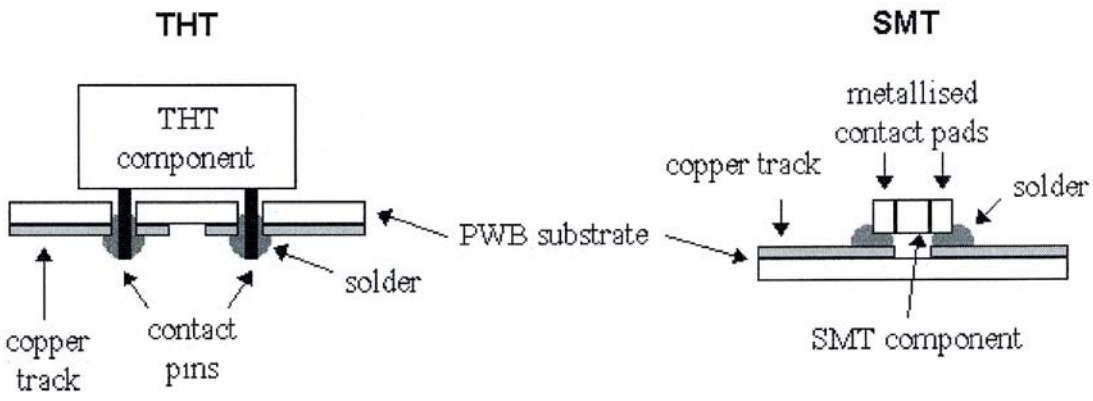
Μέταλλο	Αναλογία (ppm)	Συγκέντρωση % κ.β.
Cu	143000	0,143
Fe	45000	0,045
Al	28000	0,028
Pb	22000	0,022
Sn	20000	0,02
Ni	11000	0,011
Sb	4500	0,0045
Zn	4000	0,004
Ag	639	6,390E-04
Au	566	5,660E-04
Cd	395	3,950E-04
Ta	192	1,920E-04
Pd	124	1,240E-04
Pt	37	3,700E-05

Πίνακας 7.4 : Σύσταση πλακετών.

(Πηγή : Περιοδικό «Ανακύκλωση» τεύχος 47)

Σύσταση Πλακετών	Συγκέντρωση σε kg/tn
Πλαστικό	273,00
Χαλκός	140,00
Σίδηρος	41,00
Βρώμιο	26,00
Μόλυβδος	25,00
Κασσίτερος	20,00
Νικέλιο	18,00
Αντιμόνιο	10,00
Ψευδάργυρος	4,00
Άργυρος	0,45
Χρυσός	0,45
Κάδμιο	0,36
Ταντάλιο	0,17
Μολυβδένιο	0,14
Βηρύλλιο	0,08
Κοβάλτιο	0,08
Δημήτριο	0,05
Λευκόχρυσος	0,03
Λανθάνιο	0,03
Υδράργυρος	0,01

Βασικά μέταλλα όπως ο σίδηρος και το νικέλιο βρίσκονται σχεδόν σε όλες τις πλακέτες. Καθώς επίσης και ο χαλκός, αφού χρησιμοποιείται για τις ηλεκτρικές συνδέσεις (PWB tracks) των τμημάτων πάνω στις πλακέτες. Οι βάσεις των συνδέσεων (solder) είναι συνήθως από κράμα μολύβδου και κασσίτερου. Λόγω όμως της τοξικότητας του μολύβδου συχνά χρησιμοποιούνται κράματα κασσίτερου με άλλα μέταλλα όπως αντιμόνιο, βισμούθιο, χαλκό, ίνδιο, άργυρο ή ψευδάργυρο. Το σχήμα 7.5 που ακολουθεί είναι μια σχηματική παράσταση της επιφάνειας μιας πλακέτας με τις δύο τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να φανούν τα σημεία που συναντώνται τα διάφορα μέταλλα.

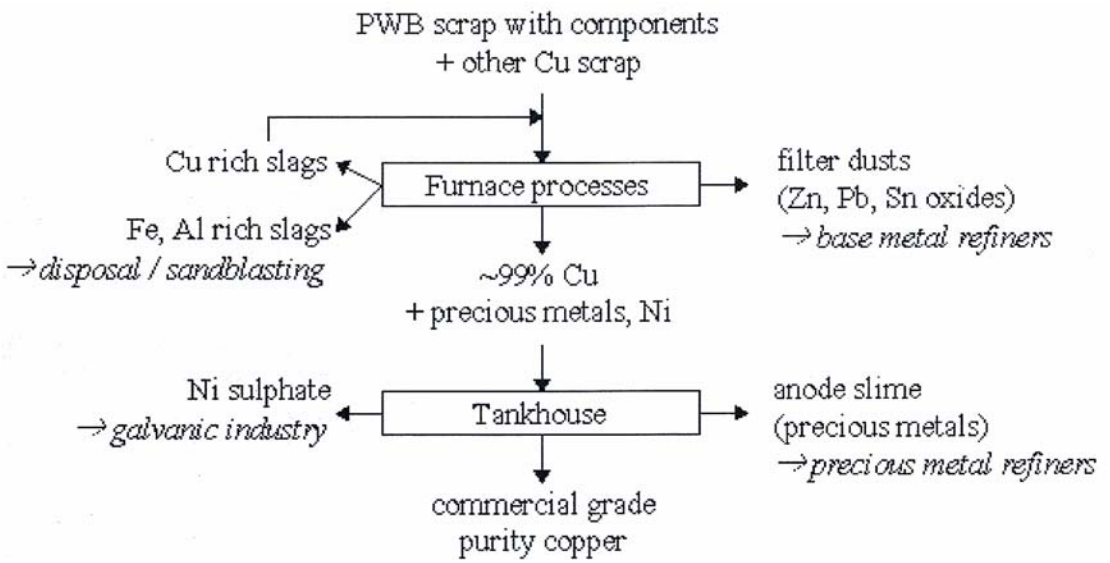


Σχήμα 7.5 : Σχηματική αναπαράσταση μιας πλακέτας με τις δύο τεχνολογίες που συναντώνται.
(Πηγή : http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/2277/)

Στους πυκνωτές, τις αντιστάσεις και τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, που προσαρμόζονται στις πλακέτες, υπάρχει πληθώρα μετάλλων όπως το ταντάλιο στους πυκνωτές, ο υδράργυρος στους διακόπτες κ.α. Τέλος, υπάρχει και αξιοσημείωτη ποσότητα πολύτιμων μετάλλων, όπως ο χρυσός, το ασήμι, ο λευκόχρυσος και το παλλάδιο.

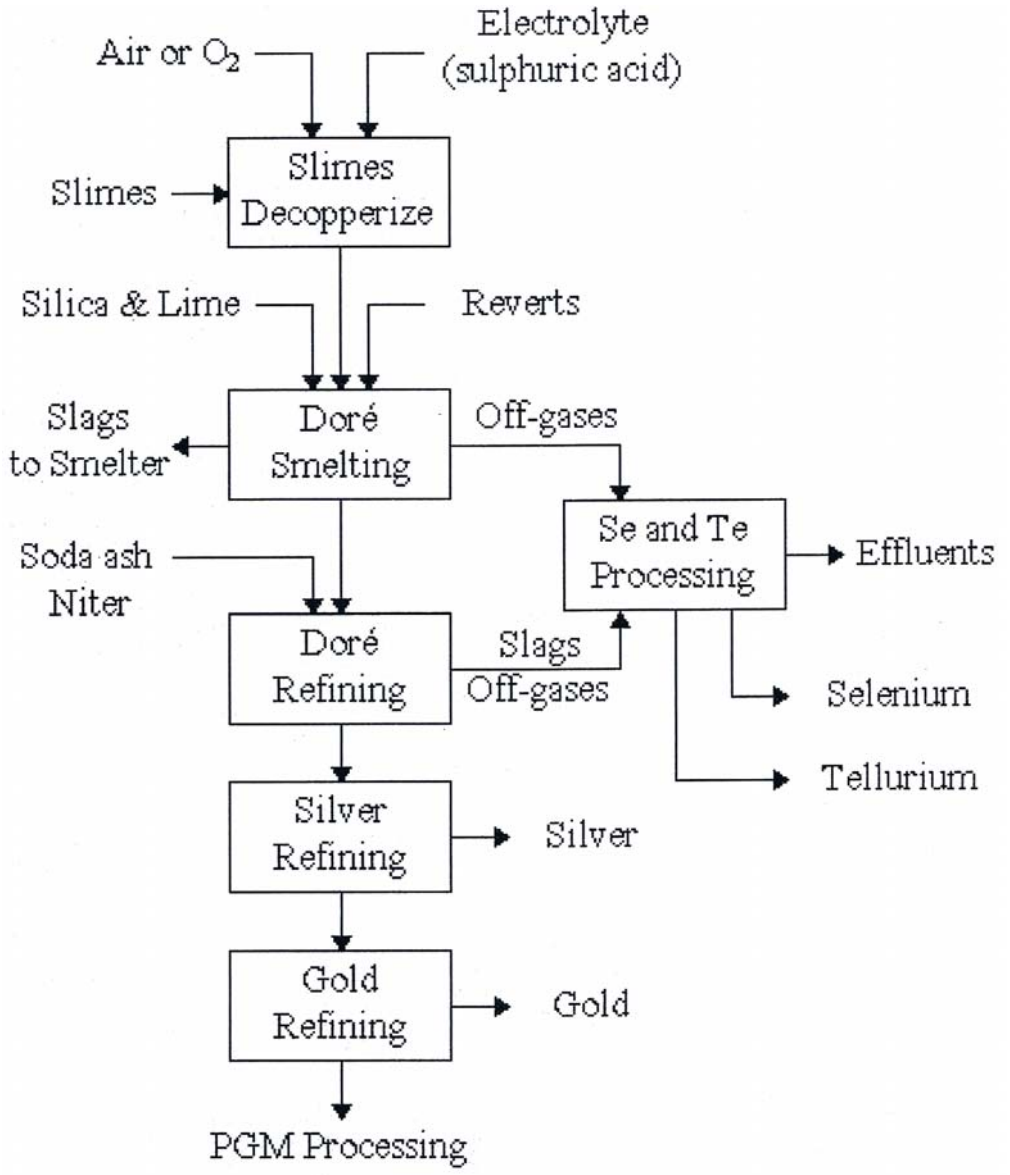
Τις περισσότερες φορές στόχος της επεξεργασίας των πλακετών μιας ηλεκτρικής ή ηλεκτρονικής συσκευής είναι η ανάκτηση της ποσότητας των πολύτιμων μετάλλων που υπάρχουν σ' αυτές, καθώς αυτά είναι που προσδίδουν την οικονομική αξία στα απόβλητα αυτά και εξασφαλίζουν την βιωσιμότητα του εγχειρήματος στο άμεσο μέλλον.

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος ανάκτησης των μετάλλων είναι με την χρήση καμινιού που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση του χαλκού. Σε αυτή την μέθοδο θερμαίνονται οι προς επεξεργασία πλακέτες μαζί με άλλα απόβλητα που περιέχουν χαλκό όπως πχ τα καλώδια. Τα υπόλοιπα στοιχεία αφαιρούνται κατά την διαδικασία με την μορφή οξειδίων ή ιλύος, και μπορούν να επεξεργαστούν στη συνέχεια για την ανάκτηση των συστατικών στοιχείων τους με άλλες μεταλλουργικές τεχνικές. Στο σχήμα 7.6 που ακολουθεί φαίνεται σχηματικά το πρώτο στάδιο της διαδικασίας.



Σχήμα 7.6 : Σχηματική αναπαράσταση της ανάκτησης του χαλκού από απόβλητα πλακετών και καλωδίων. (Πηγή : http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/2277/)

Όπως φαίνεται και στο σχήμα, με μια σειρά πυρομεταλλουργικών διεργασιών ανάκτησης, όπου το κύριο προϊόν είναι ένα μίγμα χαλκού 99% καθαρότητας, νικελίου και πολύτιμων μετάλλων. Ως παραπροϊόντα της διεργασίας είναι υπολείμματα της καύσης πλούσια σε σίδηρο και αργίλιο, που είτε οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής είτε χρησιμοποιούνται ως συστατικά για αμμοβολή, υπολείμματα της καύσης πλούσια σε χαλκό που επανατοποθετούνται για ανάκτηση και σκόνη από τα φίλτρα πλούσια σε ψευδάργυρο, μόλυβδο και κασσίτερο που οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία. Το κράμα του χαλκού με τα πολύτιμα μέταλλα και το νικέλιο επεξεργάζεται στην συνέχεια με την ηλεκτρολυτική μέθοδο. Το κράμα του χαλκού χρησιμοποιείται ως ηλεκτρόδιο ανόδου και βυθίζεται σε διάλυμα θειικού οξέος. Με την παροχή ρεύματος τα ιόντα του χαλκού μεταφέρονται στην κάθοδο, τα πολύτιμα μέταλλα παραμένουν αδιάλυτα στην άνοδο (anode slimes) και το νικέλιο, ως παραπροϊόν της διεργασίας, μετατρέπεται σε θειικό νικέλιο, που χρησιμοποιείται σε βιομηχανία επιμεταλλώσεων. Από την κάθοδο λαμβάνεται υψηλής καθαρότητας χαλκός που διατίθεται στο εμπόριο ενώ το μίγμα των μετάλλων οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία που περιγράφεται παρακάτω.



Σχήμα 7.7 : Διαχωρισμός πολύτιμων μετάλλων.
(Πηγή : http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/2277/)

Το μίγμα των πολύτιμων μετάλλων που παρέμειναν αδιάλυτα στην άνοδο, θερμαίνεται για την παραγωγή του μετάλλου dore, που είναι ένα μίγμα χρυσού, αργύρου, σελήνιου, τελλούριου και λευκόχρυσου. Στην συνέχεια με κατάλληλες διεργασίες είναι δυνατό να διαχωριστούν τα μέταλλα μεταξύ τους. Στον παρακάτω πίνακα 7.5 φαίνονται τα τελικά ποσοστά ανάκτησης των μετάλλων από την παραπάνω διαδικασία.

Πίνακας 7.5 : Ποσοστά ανάκτησης μετάλλων από τις πλακέτες.
(Πηγή : http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/2277/)

		Ποσοστό Ανάκτησης
Πολύτιμα Μέταλλα	Au	98
	Ag	90
	Pd	90
	Pt	90
Βασικά Μέταλλα	Cu	99
	Ni	85
	Pb	85
	Sn	80
	Zn	85

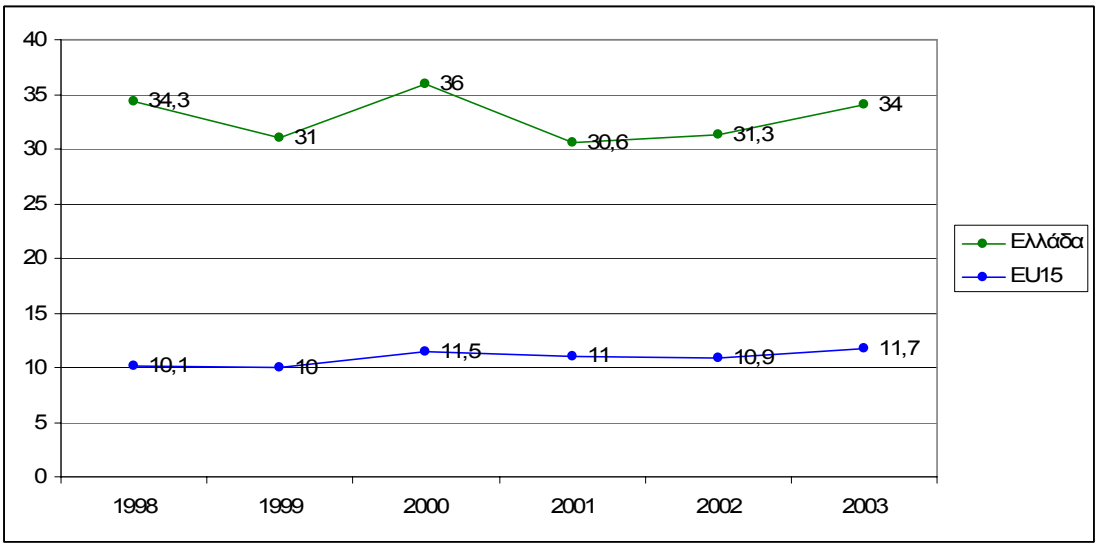
Από τον πίνακα εύκολα παρατηρείται ότι απουσιάζει το ποσοστό ανάκτησης του σιδήρου και του αργιλίου, παρόλο που και τα δύο είναι σε αφθονία στις πλακέτες. Από την περιγραφή της διαδικασίας ανάκτησης φαίνεται ότι τα δύο αυτά μέταλλα αποτελούν παραπροϊόντα από το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας και διοχετεύονται είτε για ταφή είτε για συστατικό αμμοβολής. Η αδυναμία ανάκτησης αυτών των μετάλλων θεωρείται και μειονέκτημα της μεθόδου. Γι' αυτό το λόγο έχει συζητηθεί στο παρελθόν η ενδεχόμενη απαλοιφή τους από τις πλακέτες καθώς τότε θα υπήρχε πρόσθετο όφελος από την μείωση της ενέργειας κατά το πρώτο στάδιο της διεργασίας που περιγράφηκε.

8. Σύστημα Διαχείρισης ΑΗΗΕ στην Ελλάδα

8.1. Περιγραφή υπάρχουσας κατάστασης στην Ελλάδα

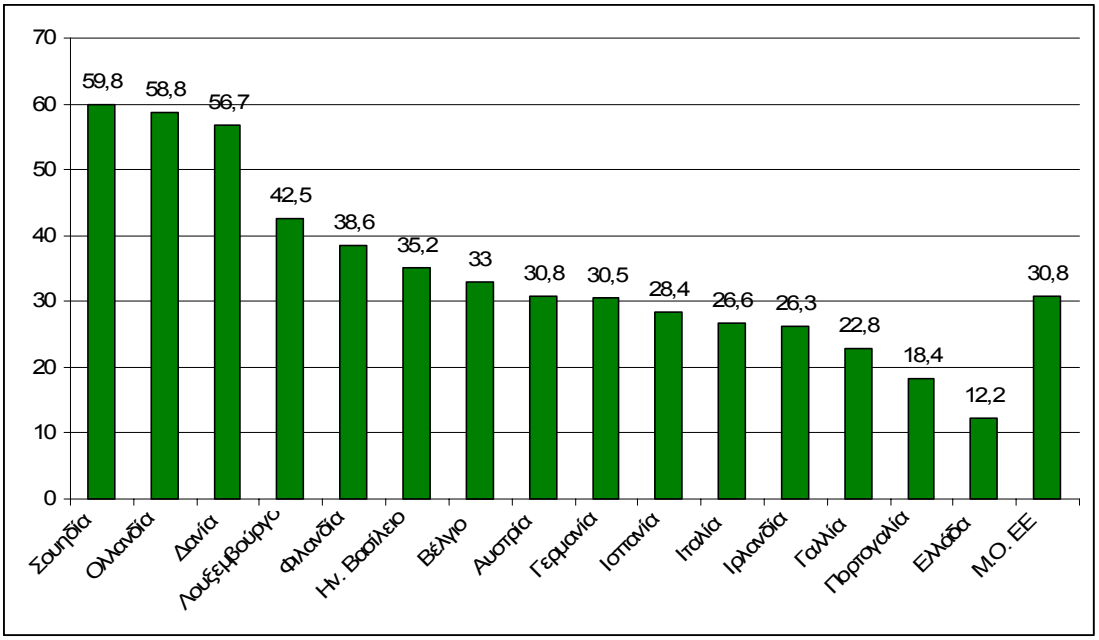
Η Ελλάδα είναι μια χώρα η οποία παρουσίασε στο παρελθόν ιδιαίτερη καθυστέρηση στην τεχνολογική ανάπτυξη. Τα τελευταία χρόνια όμως οι ρυθμοί ανάπτυξης που παρουσιάζει σε αυτό τον τομέα είναι αρκετά υψηλοί ώστε να έχει αποκτήσει τα χαρακτηριστικά που έχουν χώρες τεχνολογικά προηγμένες. Το σχήμα 8.1 που ακολουθεί δείχνει τον ρυθμό ανάπτυξης της ελληνικής αγοράς προϊόντων πληροφορίας σε σχέση με τον αντίστοιχο μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 15.

Σχήμα 8.1 : Ρυθμοί ανάπτυξης της ελληνικής αγοράς και της Ε.Ε. 15.
(Πηγή : Περιοδικό «Ανακύκλωση» τεύχος 47)



Πίνακας 8.1 : Χρήση οικιακού ηλεκτρονικού υπολογιστή στο σπίτι σε σχέση με τον πληθυσμό (%).
(Πηγή : Διαχείριση ΑΗΗΕ, Τεχνικό Εγχειρίδιο,
Καραγιαννίδης, Παπαδόπουλος, Περδικούλης, Θεσ/νίκη 2003)

Χώρα	%
Σουηδία	59,8
Ολλανδία	58,8
Δανία	56,7
Λουξεμβούργο	42,5
Φιλανδία	38,6
Ην. Βασίλειο	35,2
Βέλγιο	33
Αυστρία	30,8
Γερμανία	30,5
Ισπανία	28,4
Ιταλία	26,6
Ιρλανδία	26,3
Γαλλία	22,8
Πορτογαλία	18,4
Ελλάδα	12,2
Μ.Ο. ΕΕ	30,8



Σχήμα 8.2 : Διάγραμμα χρήσης οικιακού ηλεκτρονικού υπολογιστή στο σπίτι σε σχέση με τον πληθυσμό (%).

Το γεγονός αυτό έχει σαφώς αντίκτυπο και στην ποσότητα των αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών που παράγονται. Όπως ήδη παρουσιάστηκε σε προηγούμενη παράγραφο (κεφ 5, πίνακες 5.8 και 5.9 και εικόνα 5.1) η παραγωγή των αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει σταθερά ανοδική πορεία από το 1990 μέχρι το 2000 και εκτιμάται ότι θα συνεχίζεται και τα επόμενα χρόνια. Επίσης η διάδοση της πληροφορικής σε δημόσιους οργανισμούς και σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης είναι ένας από τους παράγοντες που συνέβαλαν στην αύξηση των πωλήσεων Η/Υ τα προηγούμενα χρόνια και των αποβλήτων στα αμέσως επόμενα.

Στην Ελλάδα σήμερα δεν υπάρχει οργανωμένο σύστημα συλλογής και επεξεργασίας των αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών. Βέβαια υπάρχουν εταιρίες που συλλέγουν ηλεκτρονικούς υπολογιστές με στόχο την επισκευή και μεταπώλησή τους αλλά οι προσπάθειες αυτές είναι μεμονωμένες, μικρής εμβέλειας και μη ολοκληρωμένες καθώς αναφέρονταν μόνο σε ικανούς προς επανακυκλοφορία ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Μια πρώτη προσπάθεια που έγινε ήταν από την «Οικολογική Εταιρία Ανακύκλωσης», στα πλαίσια της υλοποίησης του προγράμματος «Life – Environment : Βιώσιμη Διαχείριση Ηλεκτρονικών Αποβλήτων στην Ελλάδα», που στόχο είχε να συμβάλλει στην προετοιμασία της χώρας για την εφαρμογή της ευρωπαϊκής και εθνικής νομοθεσίας. Βέβαια, ούτε αυτή η απόπειρα είχε μεγάλη εμβέλεια αλλά ήταν πιο ολοκληρωμένη και αναφερόταν σε όλο το φάσμα των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Σαφώς το πρόγραμμα είχε ως στόχο την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων και στατιστικών στοιχείων για την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ και όχι την ολοκληρωμένη διαχείριση τους.

Το Προεδρικό Διάταγμα 117/2004, καθορίζει, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενη παράγραφο (κεφ 2, παρ 2.2), τους κανόνες και τις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθούνται σήμερα στην αγορά σε σχέση με τα ΑΗΗΕ, σε απόλυτη συμφωνία με τις κοινοτικές οδηγίες 2002/95/ΕΚ και 2002/96/ΕΚ.



Εικόνα 8.1 : Σύστημα επεξεργασίας στην Ιρλανδία.

1. Συλλογή των ΑΗΗΕ, **2.** Ζύγιση των αποβλήτων για τον καθορισμό της τιμής επεξεργασίας, **3.** Εξέταση των συσκευών εάν λειτουργούν, επισκευή και προώθηση τους στην αγορά, **4.** Αυτές που δεν λειτουργούν, αποσυναρμολογούνται και εξετάζονται τα διάφορα τμήματά τους, **5.** Αυτά που λειτουργούν προωθούνται για πώληση στην αγορά μεταχειρισμένων ειδών, **6.** Όσα δεν επισκευάζονται προωθούνται σε ειδικευμένες εταιρίες ανακύκλωσης για την ανάκτηση των πολύτιμων και άλλων μετάλλων, **7.** Οθόνες που δεν λειτουργούν στέλνονται σε εξειδικευμένη εταιρεία ανακύκλωσης για επεξεργασία, **8.** Τσιπ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αφαιρούνται από τις πλακέτες, **9.** Οι άχρηστες πια πλακέτες στέλνονται σε εξειδικευμένη εταιρία ανακύκλωσης για ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων, **10.** Συσκευασίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξανά πωλούνται στην αγορά μεταχειρισμένων χαρτοκιβωτίων, **11.** Αυτές που δεν μπορούν να αξιοποιηθούν συσκευάζονται και στέλνονται σε εταιρεία ανακύκλωσης χαρτιού, **12.** Τα υπόλοιπα υλικά συσκευασίας τεμαχίζονται και προωθούνται σε εξειδικευμένη εταιρεία για την παραγωγή άλλων προϊόντων.

(Πηγή : Electronic Recycling – Dublin, Ireland)

8.2. Προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης των ΑΗΗΕ για την Ελλάδα

8.2.1. Σύστημα Συλλογής

Η Ελλάδα έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει ένα δίκτυο συλλογής ΑΗΗΕ βάση των πραγματικών αναγκών της κοινωνίας. Επειδή δεν υπήρχε τέτοιο δίκτυο όλα αυτά τα χρόνια, θα πρέπει στην παρούσα φάση οργάνωσης να υπολογιστούν παράμετροι με βάση τα πραγματικά δεδομένα. Έτσι πρέπει πριν από τον σχεδιασμό του συστήματος να γίνει διεξοδική μελέτη ώστε η όλη προσπάθεια να έχει μακροχρόνιο σχεδιασμό.

Μια παράμετρος που πρέπει να εξεταστεί είναι η κατανομή του πληθυσμού και οι τάσεις εσωτερικής μετακίνησής του σε όλη την επικράτεια της χώρας. Ένας δεύτερος παράγοντας είναι η τεχνολογική ανάπτυξη της εκάστοτε περιοχής και η συγκέντρωση ηλεκτρονικών υπολογιστών ή άλλων συσκευών ΕΗΗΕ, γιατί είναι πιθανό η ποσότητα των αποβλήτων να μην είναι σε αναλογία με τον πληθυσμό της περιοχής, λόγω της ύπαρξης χώρων με μεγάλη συγκέντρωση ηλεκτρονικών υπολογιστών όπως τα πανεπιστήμια. Επιπλέον πρέπει να ληφθούν υπόψη και ιδιαίτερα γεωγραφικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά, όπως π.χ. ορεινοί όγκοι, νησιά, όπου οι μεταφορές των ΑΗΗΕ από αυτές τις περιοχές δεν είναι πάντα συμφέρουσες οικονομικά. Τέλος, πρέπει να συνυπολογιστεί η προοπτική ανάπτυξης της κάθε περιοχής για τον πιο ολοκληρωμένο μακρόπνοο σχεδιασμό.

Ο στόχος όλων των παραπάνω παραμέτρων είναι να μπορέσει το αποτέλεσμα του σχεδιασμού να εξασφαλίζει την οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος. Έτσι θα πρέπει να βρεθεί η χρυσή τομή της ικανοποίησης των προϋποθέσεων. Βέβαια οι παραπάνω παράγοντες δεν είναι όλοι που πρέπει να διερευνηθούν αλλά οι κυριότεροι. Επιπλέον στα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας δεν είναι δυνατό να εξεταστούν και να επεξεργαστούν όλα τα σημεία προς

διερεύνηση γιατί είναι απαραίτητα στοιχεία και δεδομένα που είναι αντικείμενο μακροχρόνιας έρευνας. Γι' αυτό το λόγο η πρόταση που παρουσιάζεται παρακάτω λαμβάνει υπόψη κατά προσέγγιση τα ιδιαίτερα δεδομένα και θα βασίζεται σε προσέγγιση της κατανομής του πληθυσμού.

Για να επιτευχθεί ο στόχος της μεγαλύτερης δυνατής συλλογής ΑΗΗΕ πρέπει το δίκτυο συλλογής να έχει την μεγαλύτερη δυνατή εμβέλεια. Σημαντικό παράγοντα παίζει και η ευαισθητοποίηση της κοινωνίας με ενημέρωση από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς. Μόνο με την συνεργασία των καταναλωτών και χρηστών είναι δυνατό να υπάρξουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Τους οργανισμούς και τους υπόλοιπους φορείς του δημοσίου είναι θέμα της εκάστοτε κυβέρνησης να τους ωθήσει στην παράδοση των ΑΗΗΕ προς επεξεργασία στους κατάλληλους φορείς. Η συνδρομή των τοπικών αυτοδιοικήσεων είναι ιδιαίτερα σημαντική και ο βαθμός της ενεργοποίησης των μηχανισμών της θα κρίνει και το τελικό αποτέλεσμα. Η συλλογή των ΑΗΗΕ σε επίπεδο δήμων είναι δυνατόν να γίνει με δύο τρόπους. Πρώτον, με την ύπαρξη κατάλληλων κάδων συλλογής σε πολλά σημεία διάσπαρτα σε όλη την επικράτεια του κάθε δήμου, ώστε η μεταφορά των ΑΗΗΕ από τους κατοίκους να είναι εύκολη υπόθεση, και στη συνέχεια να συλλέγεται το περιεχόμενο των κάδων με ευθύνη της δημοτικής αρχής. Ο δεύτερος τρόπος είναι η διάθεση αποθηκευτικού χώρου για την συγκέντρωση των ΑΗΗΕ και την λειτουργία ανοιχτής γραμμής επικοινωνίας ώστε όχημα του δήμου να παραλαμβάνει τις όποιες ποσότητες ΑΗΗΕ από τους κατοίκους και να τις μεταφέρει στην κεντρική δημοτική αποθήκη. Βέβαια μπορεί να γίνει και συνδυασμός των δύο για βέλτιστα αποτελέσματα.

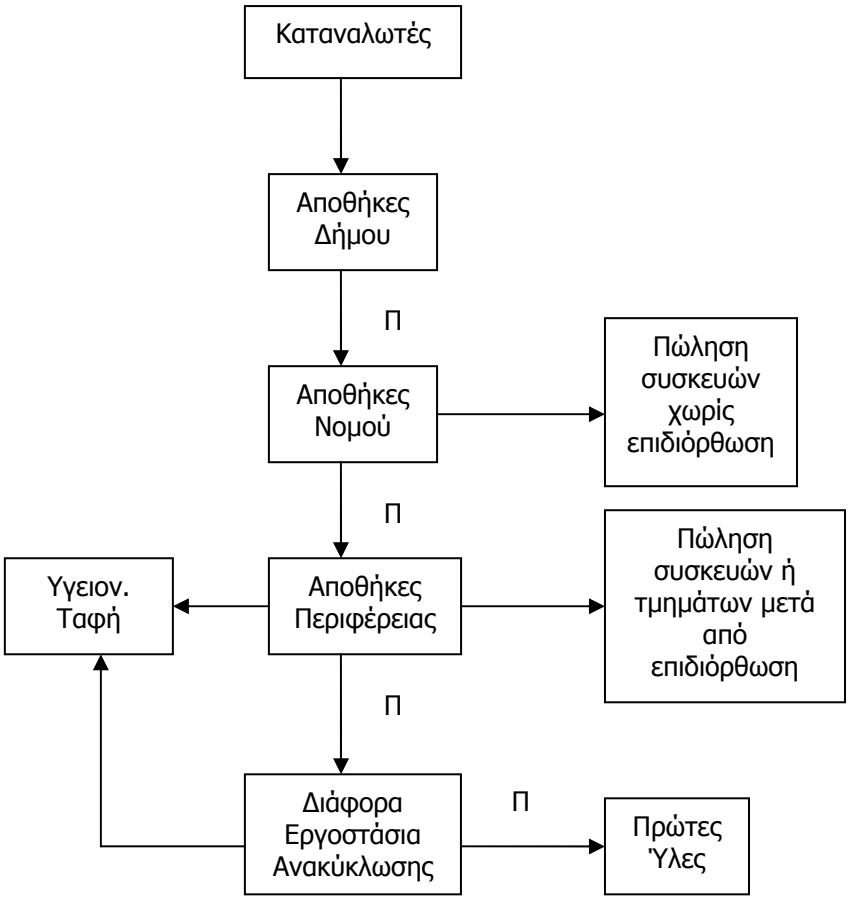
Από την πρώτη συλλογή των ΑΗΗΕ σε επίπεδο δήμων ακολουθεί η μεταφορά τους σε χώρους αποθήκευσης σε επίπεδο νομού. Αυτό το στάδιο είναι απαραίτητο για να μπορέσει να γίνεται η μεταφορά εύκολα και γρήγορα. Αυτό συνεπάγεται μικρότερες μετακινήσεις και επομένως μικρότερο κόστος. Μετά την μεταφορά τους μπορεί να γίνεται μια πρώτη διαλογή των αποβλήτων σε αυτά που μπορούν να επαναπωληθούν και σε αυτά που δεν είναι αυτό εφικτό.

Αυτά που είναι προς πώληση θα καταγράφονται και θα πωλούνται σε ιδιώτες, κοινωφελή ή φιλανθρωπικά ιδρύματα, προσφέροντας έσοδα για την βιωσιμότητα του συστήματος.

Αυτά που δεν μπορούν να πωληθούν μεταφέρονται σε φορέα επεξεργασίας, σε επίπεδο περιφέρειας ενδεχομένως. Σ' αυτό το στάδιο θα γίνεται ο αρχικός διαχωρισμός και επιλογή των τμημάτων που είναι σε θέση να επαναχρησιμοποιηθούν είτε όπως είναι είτε μετά από επισκευή. Τα τμήματα αυτά καταγράφονται και διοχετεύονται στην αγορά. Τα υπόλοιπα αφού διαχωριστούν σε στοιχειώδη τμήματα, θα προωθούνται για την τελική επεξεργασία προς τα αντίστοιχα εργοστάσια είτε στην Ελλάδα είτε στο εξωτερικό.

Πρέπει να τονιστεί σ' αυτό το σημείο ότι όπου αναφέρθηκε παραπάνω ο όρος δήμος, νομαρχία και περιφέρεια δεν θεωρείται απαραίτητο ότι όλες οι εργασίες γίνονται υπό την αιγίδα τους αλλά είναι χωροταξικός προσδιορισμός. Σαφώς και την αρχική συλλογή από τους καταναλωτές μπορεί να την εκτελεί ιδιωτικός φορέας, σαφώς την ευθύνη της αποθήκευσης, της μεταφοράς και της πρώτης επιλογής μπορεί να την έχει ιδιωτική εταιρία και σαφώς τον τελικό διαχωρισμό και την προώθηση προς επεξεργασία μπορεί να την κάνει ιδιωτική επιχείρηση. Αλλά, κρίνεται ότι αυτή την στιγμή το πληρέστερο και πιο εκτεταμένο δίκτυο συλλογής αποβλήτων λειτουργεί υπό την καθοδήγηση των δημοτικών και νομαρχιακών επιχειρήσεων και γι' αυτό το λόγο αναπτύχθηκε η πρόταση κατ' αυτό τον τρόπο. Επίσης, το κράτος είναι αυτό που μπορεί να χρηματοδοτήσει και να υποστηρίξει την έρευνα στο στάδιο του σχεδιασμού του συστήματος.

Σχήμα 8.3 : Σχηματική παράσταση του συστήματος συλλογής στην Ελλάδα. (όπου Π: πώληση)



8.2.2. Σύστημα επεξεργασίας

Τα υλικά που υπάρχουν σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες (κλάσεις) που παρουσιάζονται παρακάτω. Οι κλάσεις αυτές είναι :

- Υλικά που δεν είναι απαραίτητα για την λειτουργία (κλάση 1) : Στα υλικά της κλάσης 1 περιλαμβάνεται ο μόλυβδος στα καλύμματα των επεξεργαστών. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας, οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν θήκες με περισσότερο πλαστικό καθώς και άλλα μέταλλα αντί του μολύβδου.

- Υλικά απαραίτητα για την λειτουργία και ακριβά να αντικατασταθούν (κλάση 2) : Τα υλικά κλάσης 2 περιλαμβάνουν το PSP στους πυκνωτές, το κάδμιο στις μπαταρίες, το καλάι με μόλυβδο στις πλακέτες και τον υδράργυρο στις μπαταρίες και στους διακόπτες. Στον τομέα αυτό έχει γίνει πρόοδος μέσω της μείωσης των ποσοτήτων των υλικών αυτών. Το κάδμιο και ο υδράργυρος χρησιμοποιούνται ακόμη στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες των υπολογιστών, αλλά σε μικρές ποσότητες. Η τεχνολογία νικελίου – καδμίου (Ni – Cd) είναι η πιο διαδεδομένη στη βιομηχανία των μπαταριών, παρόλο που υπάρχουν και άλλες επιλογές όπως είναι νικελίου – υδριδίου μετάλλου (Ni – MH). Το καλάι μολύβδου χρησιμοποιείται ακόμη στις πλακέτες αλλά και πάλι σε μικρότερες ποσότητες.

- Υλικά απαραίτητα αλλά που δεν μπορούν να αντικατασταθούν εύκολα (κλάση 3) : Στα υλικά της κλάσης 3 ανήκει ο φώσφορος στις οθόνες, ο χαλκός στα καλώδια και το πυρίτιο και το αρσενικό στα ολοκληρωμένα κυκλώματα. Στην περίπτωση των υλικών αυτών έχει γίνει ελάχιστη πρόοδος στο σχεδιασμό εκτός από την μείωση των ποσοτήτων τους.

(Πηγή : Διαχείριση ΑΗΗΕ, Τεχνικό Εγχειρίδιο,
Καραγιαννίδης, Παπαδόπουλος, Περδικούλης,
Θεσ/νίκη 2003)

Τα μέταλλα σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της αξίας κατά το στάδιο της επεξεργασίας του. Έτσι η τακτική των εταιριών κατασκευής για μείωση της χρήσης των μετάλλων και αντίστοιχη αύξηση των πλαστικών κάνει την οικονομική βιωσιμότητα ενός μικρού σε απορρόφηση ΑΗΗΕ συστήματος επεξεργασίας.

Η αναφορά αυτή έχει ως στόχο να δείξει ότι οι ουσίες που υπάρχουν σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή δεν είναι πάντα εύκολο και προσοδοφόρο ούτε για τις εταιρίες κατασκευής αλλά ούτε και για τις εταιρίες επεξεργασίας. Σε προηγούμενο κεφάλαιο (κεφ 7, παρ 7.3 και 7.4) αναλύθηκαν οι τεχνολογίες

που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του γυαλιού της οθόνη και την ανάκτηση των μετάλλων από τις πλακέτες. Είναι προφανές ότι υπάρχει κάποια ποσότητα αποβλήτων τα οποία δεν είναι δυνατόν να διαχωριστούν και οδηγούνται στην υγειονομική ταφή. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι ουσίες εκείνες που είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν, το ποσοστό που μπορεί να ανακυκλωθεί και το ποσοστό κατά βάρος που έχουν σε ένα υπολογιστή βάρους περίπου 30 kg.

Πίνακας 8.2 : Ποσοστό ανακύκλωσης των διαφόρων ουσιών σε ένα Η/Υ βάρους ~30 kg.
(Πηγή : Διαχείριση ΑΗΗΕ, Τεχνικό Εγχειρίδιο,
Καραγιαννίδης, Παπαδόπουλος Περδικούλης Θεσ/νίκη 2003)

Όνομα	Περιεχ % βάρους	Απόδοση ανακύκλωσης
Πλαστικά	22,9907	20%
Μόλυβδος	6,2988	5%
Αλουμίνιο	14,1723	80%
Σίδηρος	20,4712	80%
Κασσίτερος	1,0078	70%
Χαλκός	6,9287	90%
Νικέλιο	0,8503	80%
Ψευδάργυρος	2,2046	60%
Ίνδιο	0,0016	60%
Χρυσός	0,0016	99%
Ρουθένιο	0,0016	80%
Κοβάλτιο	0,0157	85%
Παλλάδιο	0,0003	95%
Άργυρος	0,0189	98%
Σελήνιο	0,0016	70%

Παρατηρείται ότι οι τιμές του ποσοστού ανακύκλωσης που παρουσιάζονται στο παραπάνω πίνακα είναι διαφορετικές από αυτές που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (κεφ 7, πίνακας 7.5). Αυτές οι τιμές του ποσοστού ανακύκλωσης που δεν αναιρούν τις προηγούμενες, καθώς εκείνες αναφέρονταν στα μέταλλα που ανακτώνται από τις πλακέτες, ενώ αυτές στις ουσίες στο σύνολο του υπολογιστή.

Σε προηγούμενο κεφάλαιο (κεφ. 5) αναφέρεται ότι για την ποσότητα των αποβλήτων από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές για τα έτη 2000 – 2010 γίνεται εκτίμηση της τιμής τους. Οι υπολογισμοί για το έτος 2005 γίνονται βάση αυτής της τιμής. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η εκτίμηση της ποσότητας των αποβλήτων από το 2000 ως το 2010 καθώς και η αύξηση των αποβλήτων σε ποσότητα σε tn καθώς και το ποσοστό αυτής της αύξησης.

Πίνακας 8.3 : Ποσότητα αποβλήτων από Η/Υ σε tn, διαφορά σε tn σε σχέση με το προηγούμενο έτος και ποσοστό της διαφοράς αυτής.

Έτη	Απόβλητα Η/Υ	Διαφορά (σε tn)	% διαφορά
2000	3084		
2001	3517	433	14,04%
2002	3951	434	12,34%
2003	4384	433	10,96%
2004	4818	434	9,90%
2005	5251	433	8,99%
2006	5685	434	8,27%
2007	6118	433	7,62%
2008	6551	433	7,08%
2009	6985	434	6,62%
2010	7418	433	6,20%

Από την επί τις εκατό κατά βάρος περιεκτικότητα ενός υπολογιστή στις παραπάνω ουσίες και γνωρίζοντας την ποσότητα των αποβλήτων από ηλεκτρονικούς υπολογιστές στην Ελλάδα μπορούμε να υπολογίσουμε το βάρος της κάθε ουσίας για το σύνολο των αποβλήτων. Παρακάτω θα γίνει επεξεργασία των στοιχείων για το 2005 και το 2010, ώστε οι τιμές που θα υπολογιστούν να αφορούν την εκτίμηση της σημερινής κατάστασης αλλά και σε προοπτική πενταετίας.

Πίνακας 8.4 : Ποσότητα σε tn των διαφόρων ουσιών στα απόβλητα από Η/Υ για το 2005 και το 2010.

Όνομα	% κ.β. Συγκέντρωση	Ποσότητα αποβλήτων για το 2005 5251 tn και για το 2010 7418 tn	2005	2010
Πλαστικά	22,9907		1207,242	1705,450
Μόλυβδος	6,2988		330,750	467,245
Αλουμίνιο	14,1723		744,187	1051,301
Σίδηρος	20,4712		1074,943	1518,554
Κασσίτερος	1,0078		52,920	74,759
Χαλκός	6,9287		363,826	513,971
Νικέλιο	0,8503		44,649	63,075
Ψευδάργυρος	2,2046		115,764	163,537
Ίνδιο	0,0016		0,084	0,119
Χρυσός	0,0016		0,084	0,119
Ρουθένιο	0,0016		0,084	0,119
Κοβάλτιο	0,0157		0,824	1,165
Παλλάδιο	0,0003		0,016	0,022
Άργυρος	0,0189		0,992	1,402
Σελήνιο	0,0016		0,084	0,119
		Σύνολο	3936,449	5560,956

Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνεται, βάση του ποσοστού που μπορεί να ανακυκλωθεί από την κάθε ουσία, η ποσότητά της που είναι δυνατόν να ανακτηθεί σε tn για το 2005 και το 2010 ξεχωριστά.

Πίνακας 8.5 : Ποσότητα σε tn των διαφόρων ουσιών που θα μπορούσε να ανακτηθεί από απόβλητα Η/Υ για το 2005.

Όνομα	2005	% Ανακύκλωσης	Ποσότητα που θα μπορούσε να ανακτηθεί
Πλαστικά	1207,242	20%	241,448
Μόλυβδος	330,750	5%	16,537
Αλουμίνιο	744,187	80%	595,350
Σίδηρος	1074,943	80%	859,954
Κασσίτερος	52,920	70%	37,044
Χαλκός	363,826	90%	327,443
Νικέλιο	44,649	80%	35,719
Ψευδάργυρος	115,764	60%	69,458
Ίνδιο	0,084	60%	0,050
Χρυσός	0,084	99%	0,083
Ρουθένιο	0,084	80%	0,067
Κοβάλτιο	0,824	85%	0,701
Παλλάδιο	0,016	95%	0,015
Άργυρος	0,992	98%	0,973
Σελήνιο	0,084	70%	0,059
		Σύνολο	2184,903

Όπως φαίνεται από τους παραπάνω πίνακες από τους 5251 tn αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών, που εκτιμάται ότι θα παραχθούν το 2005 στην Ελλάδα, θα μπορούσαν να ανακυκλωθούν οι 2185 tn περίπου.

Πίνακας 8.6 : Ποσότητα σε tn των διαφόρων ουσιών που θα μπορούσε να ανακτηθεί από απόβλητα Η/Υ για το 2010.

Όνομα	2010	% Ανακύκλωσης	Ποσότητα που θα μπορούσε να ανακτηθεί
Πλαστικά	1705,450	20%	341,090
Μόλυβδος	467,245	5%	23,362
Αλουμίνιο	1051,301	80%	841,041
Σίδηρος	1518,554	80%	1214,843
Κασσίτερος	74,759	70%	52,331
Χαλκός	513,971	90%	462,574
Νικέλιο	63,075	80%	50,460
Ψευδάργυρος	163,537	60%	98,122
Ίνδιο	0,119	60%	0,071
Χρυσός	0,119	99%	0,118
Ρουθένιο	0,119	80%	0,095
Κοβάλτιο	1,165	85%	0,990
Παλλάδιο	0,022	95%	0,021
Άργυρος	1,402	98%	1,374
Σελήνιο	0,119	70%	0,083
		Σύνολο	3086,575

Οπότε στην περίπτωση που λειτουργούσε ένα εργοστάσιο ανακύκλωσης ΑΗΗΕ από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές θα κατέληγαν 2185 τόνοι λιγότεροι στους χώρους υγειονομικής ταφής για το 2005, ενώ η αντίστοιχη ποσότητα για το 2010 θα είναι 3086,5 τόνοι. Είναι προφανές ότι αν αυτό εφαρμοζόταν για όλα τα είδη πόσο μικρότερη ποσότητα θα κατέληγε για ταφή και τι ποσότητα μετάλλων κυρίως θα μπορούσε να αξιοποιηθεί όταν ενδεικτικά αναφέρεται ότι το 2005 θα υπήρχε ανάκτηση 83 kg χρυσού και ενώ το 2010 θα έφτανε αυτή να είναι 118 kg.

Πρέπει να τονίσουμε όμως ότι η επεξεργασία των ΑΗΗΕ είναι αρκετά ακριβή διαδικασία και είναι οικονομικά συμφέρουσα μόνο στην περίπτωση που είναι μεγάλες οι ποσότητες των αποβλήτων. Η παραγωγή της Ελλάδας σε ΑΗΗΕ δεν είναι μεγάλη και η λειτουργία παραπάνω του ενός εργοστασίων για την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ θεωρείται να μην είναι βιώσιμη.

8.2.3. Οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος διαχείρισης

Εκτός από το όφελος της κοινωνίας από την επεξεργασία των αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στον τομέα του περιβάλλοντος και της προστασίας του, πρέπει ένα τέτοιο σύστημα διαχείρισης να μπορεί να είναι και οικονομικά βιώσιμο.

Ένα θέμα αποτελεί ο ορισμός ενός οικονομικά βιώσιμου συστήματος. Γενικά, για να μπορεί να είναι μια επιχείρηση οικονομικά βιώσιμη πρέπει να μπορεί να καλύπτει από τα έσοδά της τα έξοδά της και να μπορεί να έχει κέρδος, ώστε να κάνει νέες επενδύσεις και να αναπτύσσεται. Βέβαια, στην συγκεκριμένη περίπτωση πρέπει να είναι οικονομικά βιώσιμος ο φορέας που θα δραστηριοποιείται στη συλλογή, ο φορέας που δραστηριοποιείται στην επεξεργασία και ο φορέας που δραστηριοποιείται στη μεταφορά των ΑΗΗΕ. Και σαφώς ως φορέας δεν εννοείται μόνο το δημόσιο αλλά και οι ιδιωτικές επιχειρήσεις.

Αυτό δημιουργεί την ανάγκη ύπαρξης ενός εποπτικού μηχανισμού που προφανώς θα είναι υπόλογο στο ίδιο το κράτος. Ο εποπτικός αυτός μηχανισμός πρέπει καταρχάς να καθορίσει τους φορείς που θα έχουν την τεχνογνωσία και το κεφάλαιο να λειτουργήσουν ένα τέτοιο σύστημα διαχείρισης. Έτσι θα αναλυθεί παρακάτω πως είναι δυνατό να λειτουργήσει και να είναι οικονομικά βιώσιμο όλο το σύστημα διαχείρισης όπως αυτό περιγράφηκε παραπάνω.

Ο εποπτικός αυτός μηχανισμός θα καθορίζει και τις τιμές διακίνησης των αποβλήτων. Δηλαδή, αν οι καταναλωτές θα πληρώνουν, αν θα πληρώνονται ή θα παραδίδουν δωρεάν τις συσκευές τους, που βάση νόμου είναι υποχρεωμένοι, στον φορέα συλλογής σε επίπεδο δήμου. Στην συνέχεια, ο φορέας συλλογής σε επίπεδο νομού θα αγοράζει τα ΑΗΗΕ από τον προηγούμενο, σε τιμή που θα καθορίζεται από τον εποπτικό μηχανισμό, αλλά

να υπολογίζει τα έξοδα συλλογής του προηγούμενου και μεταφοράς. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η οικονομική ευρωστία του πρώτου. Επίσης, θα είναι σε θέση να πουλά τις συσκευές που λειτουργούν για την αύξηση των εσόδων του. Ακολούθως, ο φορέας που επεξεργάζεται σε πρώτο βαθμό τα ΑΗΗΕ, σε επίπεδο περιφέρειας θα αγοράζει από τον προηγούμενο την ποσότητα που πρέπει σε τιμή που θα καθορίζεται επίσης από τον εποπτικό μηχανισμό και θα περιέχει και τα έξοδα μεταφοράς, για να εξασφαλίζεται έτσι η ευρωστία του προηγούμενου. Σε αυτό το στάδιο θα επιδιορθώνονται όλες οι συσκευές που μπορούν και θα εισέρχονται στο εμπόριο μεταχειρισμένων ειδών. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να πωλούνται και τμήματα συσκευών ως ανταλλακτικά, φυσικά με στόχο την αύξηση των εσόδων του φορέα αυτού. Τέλος, το εργοστάσιο ανακύκλωσης του εκάστοτε τμήματος συσκευής, θα αγοράζει το τμήμα που το ενδιαφέρει, σε τιμή που δεν θα καθορίζεται όμως από τον εποπτικό μηχανισμό, καθώς το εργοστάσιο μπορεί να μην εδρεύει στην Ελλάδα. Τα τμήματα που δεν είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν θα καταλήγουν στους χώρους υγειονομικής ταφής. Το εργοστάσιο ανακύκλωσης θα προμηθεύει την αγορά με την ποσότητα της κάθε ουσίας που ανέκτησε και την υπόλοιπη ποσότητα θα την προωθεί στους χώρους υγειονομικής ταφής. Ο παραπάνω τρόπος, είναι ένας, ο οποίος θα μπορούσε να εξασφαλίσει οικονομική βιωσιμότητα στο σύστημα διαχείρισης.

Ο υπολογισμός του κόστους επεξεργασίας των αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών καθώς και το όφελος από την επαναπροώθηση συσκευών στην αγορά και το όφελος από την ανάκτηση των μετάλλων κυρίως, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την οικονομική βιωσιμότητα του εγχειρήματος. Από τις τιμές που ισχύουν στο Ηνωμένο Βασίλειο, υπολογίζοντας και το κόστος συλλογής των αποβλήτων προκύπτει τελικά όφελος της τάξης των 814€ / tn αποβλήτων που επεξεργάζονται. Για τον υπολογισμό της τιμής αυτής λαμβάνονται υπόψη τα έξοδα συλλογής, αποσυναρμολόγησης, επεξεργασίας υπολογίζοντας στις τιμές αυτές και τις αμοιβές των εργαζομένων. Για τον υπολογισμό των εσόδων χρησιμοποιούνται οι τιμές για την διάθεση των ανακτημένων ποσοτήτων

μετάλλων και οι τιμές συσκευών που οδηγούνται στην αγορά μεταχειρισμένων ειδών.

Πίνακας 8.7 : Σύνολο εσόδων και εξόδων που προκύπτουν από την επεξεργασία ενός τόνου αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών στο Ηνωμένο Βασίλειο.
(Πηγή : Environmental Life Cycle Assessment and Financial Life Cycle Analysis of the WEEE Directive and its implications for the UK, PricewaterhouseCoopers, 2002.)

Έξοδα	€
Συλλογής	135,12
Αρχική Κατεργασία	213,57
Επεξεργασία	2754,61
Σύνολο Εξόδων	3103,30
Έσοδα	
Έσοδα διάθεσης	3916,90
Σύνολο	813,60

Οι τιμές που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι αυτές που ισχύουν στο Ηνωμένο Βασίλειο και υπολογίστηκαν με βάση την οδηγία της Ε.Ε. για την επεξεργασία των αποβλήτων. Στην Ελλάδα οι τιμές αυτές πιστεύεται ότι δεν είναι δυνατόν να ισχύουν σε καμία περίπτωση, λόγω των σημαντικών διαφορών στις οικονομίες των δύο χωρών. Επειδή δεν υπάρχουν τα στοιχεία για τον υπολογισμό των αντίστοιχων τιμών για την Ελλάδα ο υπολογισμός γίνεται κατά προσέγγιση και με βάση το 80% των τιμών που ισχύουν στο Ηνωμένο Βασίλειο. Έτσι κάνοντας την αναγωγή για την ποσότητα των αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών στην Ελλάδα προκύπτουν οι τιμές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 8.8 : Σύνολο εσόδων και εξόδων που προκύπτουν από την επεξεργασία ενός τόνου αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών στην Ελλάδα.

Έξοδα	€
Συλλογής	108,09
Αρχική Κατεργασία	170,86
Επεξεργασία	2203,69
Σύνολο Εξόδων	2482,64
Έσοδα	
Έσοδα διάθεσης	3133,52*
Σύνολο	650,88

* Η τιμή των εσόδων διάθεσης από την επεξεργασία των ηλεκτρονικών υπολογιστών στην Ελλάδα υπολογίζονται και αυτά με βάση το 80% της τιμής των εσόδων για το Ηνωμένο Βασίλειο αλλά πιστεύεται ότι στην πραγματικότητα θα είναι μεγαλύτερη. Έτσι, το υπολογιζόμενο όφελος από την διαχείριση θα είναι πάνω από την τιμή των 651€.

Το συνολικό όφελος από την επεξεργασία και διάθεση της ποσότητας των αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών στην Ελλάδα για το έτος 2005 και το έτος 2010 παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 8.7 : Συνολικό όφελος από την επεξεργασία των αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών στην Ελλάδα για το έτος 2005 και το έτος 2010.

	Η/Υ	Όφελος
2005	5251	3.417.771 €
2010	7418	4.828.228 €

Με βάση τις τιμές κέρδους που μπορεί να έχει ένα σύστημα διαχείρισης αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών, είναι προφανές ότι είναι οικονομικά βιώσιμο και επικερδές ώστε η δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος στην Ελλάδα θα μπορούσε να είναι μια πραγματικότητα.

Για τις υπόλοιπες κατηγορίες των ηλεκτρονικών αποβλήτων, των οποίων οι ποσότητες ανέρχονται στην Ελλάδα τους 17640 tn για το 2005 και τους 19352 tn το 2010, το κόστος της επεξεργασίας τους είναι υψηλότερο από το οικονομικό όφελος που προκύπτει και το ισοζύγιο είναι αρνητικό. Η πρώτη εκτίμηση είναι η μη δημιουργία συστήματος επεξεργασίας για αυτά τα απόβλητα. Σε αυτή την περίπτωση στο συνολικό κόστος προστίθεται και το κόστος μεταφοράς τους σε μια χώρα του εξωτερικού που να μπορεί να τα επεξεργαστεί. Από μια πρώτη έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε εταιρίες διεθνών μεταφορών της Ελλάδας προκύπτει ότι το κόστος μεταφοράς των ΑΗΗΕ στην Γερμανία, για παράδειγμα, είναι της τάξης των 100€ / tn, συνολικό επιπλέον κόστος 1.764.000€ για το 2005. Η διπλωματική αυτή εργασία εστιάζει στα απόβλητα ηλεκτρονικών υπολογιστών και δεν θα ήταν δυνατόν να εξεταστούν όλες οι κατηγορίες των ΑΗΗΕ. Σαφώς όμως, μια ενδεχόμενη αδυναμία υποστήριξης εργοστασίου ανακύκλωσης του συνόλου των ΑΗΗΕ δεν επιτρέπεται σε καμία περίπτωση να καθυστερήσει και την ανάπτυξη του συστήματος συλλογής τους.

Στις περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν ήδη δημιουργηθεί συστήματα επεξεργασίας των ΑΗΗΕ. Η ύπαρξη μεγαλύτερων ποσοτήτων αποβλήτων σε συνδυασμό με την πρόοδο της τεχνολογίας στις χώρες αυτές, τις έφερε αντιμέτωπες με την ανάγκη διαχείρισής τους αρκετά χρόνια νωρίτερα από την Ελλάδα. Πλέον, μετά από τις οδηγίες της Ε.Ε. για τα ΑΗΗΕ, έχουν ωριμάσει οι συνθήκες για την δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος διαχείρισης και στην Ελλάδα καθώς η συμβολή του στην προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας είναι ιδιαίτερα σημαντική.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Οι σελίδες στο Διαδίκτυο είναι αυτές όπως εμφανίζονταν μέχρι την παράδοση της παρούσης εργασίας.

1. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Αριθμός φύλλου 179 / 6 – 08 – 2001, Νόμος 2939, σχετικά με *«Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείρηση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων – Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρησης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.)».*

2. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Αριθμός φύλλου 82 / 5 – 3 – 2004, Προεδρικό Διάταγμα 117, σχετικά με *«Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείρηση 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» του Συμβουλίου της 27ης Ιανουαρίου 2003»*.

3. Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, COM (2000) 347 τελικό *«Αιτιολογική έκθεση για τις Προτάσεις Οδηγίας 2000/0158 (COD) «Σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού» και της 2000/0159 «Σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών στα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού»*.

4. Οδηγία 2002/95/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Ιανουαρίου 2003, *«Σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης*

ορισμένων επικίνδυνων ουσιών στα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού». 13 Φεβρουαρίου 2003

5. Οδηγία 2002/96/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Ιανουαρίου 2003, *«Σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού»*. 13 Φεβρουαρίου 2003

6. Καραγιαννίδης Α., Παπαδόπουλος Α., Περδικούλης Γ., *Διαχείριση αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, Τεχνικό Εγχειρίδιο,* Μάρτιος 2003.

7. Οικολογική Εταιρία Ανακύκλωσης, *Περιοδικό «Ανακύκλωση», τεύχος 40, Οκτώβριος – Νοέμβριος – Δεκέμβριος 2001*.

8. Οικολογική Εταιρία Ανακύκλωσης, *Περιοδικό «Ανακύκλωση», τεύχος 47, Ιούλιος – Αύγουστος – Σεπτέμβριος 2004*.

9. European Environment Agency, *Waste from electrical and electronic equipment (WEEE), quantities, dangerous substances and treatment methods,* January 2003.

10. Ching – Hwa Lee, Chi – Shiung Hsi, *Recycle of Scrap Cathode Ray Tubes,* 2002.

11. Ching – Hwa Lee, Ssu – Li Chang, King – Min Wang, Lih – Chyi Wen, *Management of Scrap Computer Recycling in Taiwan,* 2000.

12. Ad de Ron, Kiril Penev, *Disassembly and recycling of electronic consumer products : an overview,* 1995.

13. Menad N., *Cathode Ray Tube Recycling,* 1999.

14. Sodhi S. Mandir, Reimer Bryan, *Models for recycling electronics end – of – life products,* 2001.

15. PricewaterhouseCoopers, *Environmental Life Cycle Assessment and Financial Life Cycle Analysis of the WEEE Directive and its implications for the UK,* February 2002.

16. ICER (Industry Council for Electronics Recycle), *Materials recovery from Waste Cathode Ray Tubes (CRT's),* March 2004.

17. Mid – Atlantic Consortium of Recycling and Economic Development Officials, *End – of – Life Computer and Electronics Recovery, Policy options for the Mid – Atlentic States, 2nd Edition,* March 2000.

18. HOBI International, Inc. – Electronics Recycling,
Available URL : http://www.hobi.com/recycle.html

19. American Retroworks – "eReduse, eReuse, eRecycle",
Available URL : http://www.retroworks.com/

20. EEA – European Environment Agency,
Available URL : http://www.eea.eu.int/

21. Fujitsu Siemens Computers,
Available URL : http://www.fujitsu-siemens.com/

22. Οικολογική Εταιρία Ανακύκλωσης,
Available URL : http://ecorec.gr

23. Electronics Recycling, Eric Volk,
Available URL : http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/2277/
Last updated : March 1999.

24. EUR – Lex – Νομοθεσία – Ισχύουσα,
Available URL :
http://europa.eu.int/eur-lex/el/lif/reg/el_register_15103030.html

25. Massachusetts Electronics Recycling Program,
Available URL : http://www.retroworks.com

26. Electronic Recycling – Dublin, Ireland
Available URL : http://www.electronic-recycling.ie/index.html

27. Chester County Health Department
Available URL : http://dsf.chesco.org/health/site/default.asp

28. Basel Action Network
Available URL : http://www.ban.org