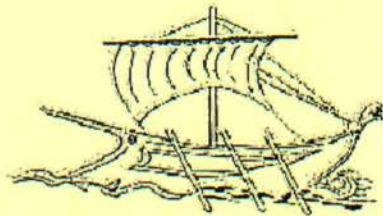


H17
S45



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ



26

**ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

TSHANGA KANUMPETSHI MARTIN

Εισηγητής: ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΣΙΝΙΟΡΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2011

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	2
1. Εισαγωγή.....	3
2. Χαρακτηριστικά των ΑΗΗΣ*.....	5
2.1. Επικίνδυνες ουσίες και συστατικά.....	5
2.2. Σύνθεση υλικών.....	5
2.3. Φυσικά χαρακτηριστικά των ΑΗΗΣ.....	5
2.3.1. Μαγνητικές ευαισθησίες, πυκνότητα και ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	6
2.3.2. Ιδιότητες μεγέθους μορίων, μορφής και απελευθέρωσης.....	8
3. Αποσύνθεση των ΑΗΗΣ.....	11
3.1. Προγραμματισμός διαδικασίας αποσύνθεσης.....	11
3.2. Καινοτομίες των εργαλείων αποσύνθεσης.....	12
3.3. Αποσύνθεση στην πράξη.....	13
4. Μηχανική/φυσική διαδικασία ανακύκλωσης.....	17
4.1. Διαλογή.....	17
4.2. Χωρισμός μορφής.....	17
4.3. Μαγνητικός χωρισμός.....	18
4.4. Ηλεκτρικός χωρισμός από αγωγιμότητα.....	19
4.5. Χωρισμός βασισμένος στη πυκνότητα.....	20
5. Μηχανική διαδικασία ανακύκλωσης για τα λεπτά μόρια.....	22
5.1. Νέες αναπτύξεις του ECS για τα μικρά μόρια.....	22
5.2. Ηλεκτροστατικός χωρισμός από κορώνα.....	25
5.3. Σπασμωδική κίνηση.....	26
6. Λίγα λόγια για ανακύκλωση των ΑΗΗΣ στην Ελλάδα.....	28
6.1. Είδη αποβλήτων για ανακύκλωση.....	28
6.2. Απόσυρση παλιών οικιακών ηλεκτρικών συσκευών.....	39
6.3. Πρόγραμμα απόσυρσης παλιών κλιματιστικών.....	40
6.4. Εναλλακτική διαχείριση των ΑΗΗΣ.....	41
7. Παγκόσμια συμφωνία για ανακύκλωση κινητών τηλεφώνων.....	43
8. Συμπεράσματα.....	45
Βιβλιογραφία.....	46

*Απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων

Πρόλογος

Η παραγωγή του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι μια από τις ταχύτερες αναπτύξεις. Αυτή η ανάπτυξη έχει οδηγήσει σε μια αύξηση των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων. Λαμβάνοντας υπόψη τα περιβαλλοντικά προβλήματα που περιλαμβάνονται στη διαχείριση αυτών των συστημάτων, πολλές χώρες και οργανώσεις έχουν συντάξει την εθνική νομοθεσία για να βελτιώσουν τις ανακυκλώσεις και άλλες μορφές επαναχρησιμοποίησης, ανάκτησης τέτοιων αποβλήτων ώστε να μειωθεί η διάθεσή τους. Η ανακύκλωση των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων είναι ένα σημαντικό θέμα όχι μόνο στο σημείο της επεξεργασίας αποβλήτων, αλλά και στην αποκατάσταση των πολύτιμων υλικών.

Τα απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων είναι διαφορετικά και σύνθετα, από άποψη διαδικασίες κατασκευής υλικών και συστατικών, καθώς επίσης και τα αρχικά του εξοπλισμού. Ο χαρακτηρισμός αυτού του είδους αποβλήτων είναι ύψιστης σημασίας για την ανάπτυξη ενός οικονομικώς αποδοτικού και φιλικού προς το περιβάλλον συστήματος ανακύκλωσης. Σε αυτήν την πτυχιακή εργασία, οι φυσικές ιδιότητες των μορίων των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων παρουσιάζονται. Η εκλεκτική αποσύνθεση, απευθυνόμενη στην επιλογή των επικίνδυνων ή και των πολύτιμων συστατικών, είναι μια αναπόφευκτη διαδικασία στην πρακτική της ανακύκλωσης αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων. Ο προγραμματισμός της διαδικασίας αποσύνθεσης και η καινοτομία των εγκαταστάσεων αποσύνθεσης είναι οι περισσότεροι ενεργοί ερευνητικοί τομείς. Η μηχανική και φυσική επεξεργασία, με βάση το χαρακτηρισμό των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων, παρέχει εναλλακτικά μέσα τα πολύτιμα υλικά. Οι μηχανικές διαδικασίες, όπως η διαλογή, η μορφή χωρισμού, ο μαγνητικός χωρισμός, ο χωρισμός με ρεύμα του Eddy, ο ηλεκτροστατικός χωρισμός, και η σπασμωδική κίνηση έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην βιομηχανία ανακύκλωσης.

Για το μέγιστο χωρισμό των υλικών, τα απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων πρέπει να τεμαχιστούν στα μικρά, ακόμα και λεπτά μόρια, γενικά κάτω από 5 ή 10 mm. Επομένως, μια συζήτηση των μηχανικών διαδικασιών χωρισμού για τα λεπτά μόρια τονίζεται σε αυτήν την εργασία.

Ο καταναλωτικός ηλεκτρονικός εξοπλισμός (καφετιά αγαθά), όπως τηλεοράσεις, τηλεοπτικά όργανα καταγραφής, είναι οι πιο κοινά. Είναι πολύ δαπανηρό για να εκτελεστεί η χειρωνακτική αποσυναρμολόγηση εκείνων των προϊόντων, εξαιτίας του γεγονότος ότι περιέχουν τα πολύ χαμηλής βαθμίδας πολύτιμα μέταλλα και το χαλκό. Αναμένεται ότι μια μηχανική διαδικασία ανακύκλωσης θα αναπτυχθεί για την αναβάθμιση των απορριμμάτων με χαμηλή περιεκτικότητα των μετάλλων.

1. Εισαγωγή

Η παραγωγή του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού αυξάνεται παγκοσμίως. Και η τεχνολογική καινοτομία και η επέκταση αγοράς συνεχίζουν να επιταχύνουν την αντικατάσταση του εξοπλισμού που οδηγεί σε μια σημαντική αύξηση των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων. Στη δυτική Ευρώπη, έξι εκατομμύρια τόνοι αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων παρήχθησαν το 1998, το ποσό αυτό αναμένεται να αυξηθεί κατά τουλάχιστον 3-5% το χρόνο¹. Στις ΗΠΑ, μια πρόσφατη μελέτη πρόβλεψε ότι πάνω από 315 εκατομμύρια υπολογιστές θα ήταν στο τέλος της ζωής τους μέχρι το έτος 2004².

Λόγω του επικίνδυνου υλικού περιεχομένου τους, τα απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων μπορεί να προκαλέσουν τα περιβαλλοντικά προβλήματα κατά τη διάρκεια της φάσης διαχείρισης αποβλήτων εάν δεν επεξεργάζεται εκ των προτέρων κατάλληλα. Πολλές χώρες έχουν τη νομοθεσία για να βελτιώσουν τις ανακυκλώσεις και άλλες μορφές επαναχρησιμοποίησης, ανάκτησης τέτοιων αποβλήτων ώστε να μειωθεί η διάθεση^{1,2}.

Η ανακύκλωση αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων είναι ένα σημαντικό θέμα όχι μόνο στο σημείο της επεξεργασίας αποβλήτων αλλά και στην πετυχημένη αποκατάσταση των πολύτιμων υλικών τους. Η αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος έχει προσδιορίσει επτά σημαντικά οφέλη όταν χρησιμοποιούνται τα απορρίμματα του σιδήρου και του χάλυβα αντί των παρθένων υλικών. Η χρήση ανακυκλωμένων υλικών αντί των παρθένων υλικών αποτελεί στη σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (όπως φαίνεται στους πίνακες 1 και 2)³.

Πίνακας 1. Οφέλη στη χρήση απορρίμματος σιδήρου και χάλυβα

Οφέλη	%
Αποταμίευση ενέργειας	74
Αποταμίευση παρθένων υλικών	90
Μείωση ατμοσφαιρικής ρύπανσης	86
Μείωση χρήσης ύδατος	40
Μείωση σε ρύπανση υδάτων	76
Μείωση των αποβλήτων μεταλλείας	97
Μείωση παραγόμενων καταναλωτικών αποβλήτων	105

Πίνακας 2. Αποταμίευση ενέργειας ανακυκλωμένων υλικών πέρα από τα παρθένα υλικά

Υλικά	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Αλουμίνιο	95
Χαλκός	85
Σίδηρος και Χάλυβας	74
Μόλυβδος	65
Ψευδάργυρος	60
Χαρτί	64
Πλαστικό	>80

Στις ημέρες μας, η ανακύκλωση αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων μπορεί να διαιρεθεί ευρέως σε τρία σημαντικά στάδια:

- Αποσύνδεση (αποσυναρμολόγηση): η εκλεκτική αποσύνθεση, με στόχο την επιλογή των επικίνδυνων και πολύτιμων συστατικών, είναι μια αναπόφευκτη διαδικασία.
- Αναβάθμιση: επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τη μηχανική ή τη φυσική επεξεργασία ή/και τη μεταλλουργική επεξεργασία για να αναβαθμιστούν τα επιθυμητά υλικά, δηλαδή προετοιμάζοντας τα υλικά για τη διαδικασία καθαρισμού.
- Καθαρισμός: στο τελευταίο στάδιο, τα ανακτημένα υλικά επιστρέφουν στον κύκλο ζωής τους.

Ο καταναλωτικός ηλεκτρονικός εξοπλισμός (καφετιά αγαθά), όπως οι τηλεοράσεις, ραδιόφωνα, και βίντεο εγγραφής, είναι πιο κοινός. Εντούτοις, είναι πολύ δαπανηρό για να εκτελεστεί η χειρωνακτική αποσυναρμολόγηση εκείνων των προϊόντων, εξαιτίας του γεγονότος ότι περιέχουν τα πολύ χαμηλής βαθμίδας πολύτιμα μέταλλα και το χαλκό. Μια μηχανική διαδικασία θα είναι πολύ σημαντική για την ανακύκλωση αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων επειδή μπορεί να παράγει την πλήρη υλική αποκατάσταση συμπεριλαμβανομένων των πλαστικών. Αναμένεται ότι μια μηχανική διαδικασία ανακύκλωσης θα αναπτυχθεί για την αναβάθμιση των απορριμμάτων με χαμηλή περιεκτικότητα των μετάλλων.

2. Χαρακτηριστικά αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων

Το απόβλητο ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων είναι ανομοιογενής και σύνθετο από την άποψη των υλικών και των συστατικών. Προκειμένου να αναπτυχθεί ένα οικονομικώς αποδοτικό και φιλικό προς το περιβάλλον σύστημα ανακύκλωσης, είναι σημαντικό να προσδιοριστούν και να ποσολογηθούν τα πολύτιμα υλικά και οι επικίνδυνες ουσίες, και να προαγάγει, για να καταλάβουμε τα φυσικά χαρακτηριστικά αυτού του είδους αποβλήτων.

2.1. Επικίνδυνες ουσίες και συστατικά

Τα απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό συστατικών των διαφόρων μεγεθών και μορφών, μερικά από αυτά περιέχουν τα επικίνδυνα συστατικά που χρειάζονται να αφαιρεθούν για τη χωριστή επεξεργασία. Σημαντικές κατηγορίες επικίνδυνων υλικών και συστατικών αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν επιλεκτικά παρουσιάζονται στον πίνακα 3¹.

2.2. Σύνθεση υλικών

Ο ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός αποβλήτων είναι ένα σύνθετο υλικό που περιέχει τα διάφορα μέρη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση των Πλαστικών Κατασκευών (ΕΕΠΚ) δημοσίευσε τους αριθμούς για την κατανάλωση υλικών στον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό στη δυτική Ευρώπη το 1995 (πίνακας 4)⁵. Γενικά, το απόρριμμα του πίνακα τυπωμένων κυκλωμάτων περιέχει τα μέταλλα περίπου 40%, τα πλαστικά 30%, και 30% η κεραμική^{4,6-9}.

Η κύρια οικονομική κινητήρια δύναμη για την ανακύκλωση του ηλεκτρονικού απορρίμματος είναι η ανάκαμψη των πολύτιμων μετάλλων. Εντούτοις, το περιεχόμενο των πολύτιμων μετάλλων σε απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων είναι σταθερά μειωμένο^{6,10,11}.

2.3. Φυσικά χαρακτηριστικά αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων

Το απόβλητο ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων, που είναι ένα μίγμα διαφόρων υλικών, μπορεί να θεωρηθεί ως πόρος των μετάλλων, όπως ο χαλκός, το αλουμίνιο και ο χρυσός, επίσης και τα πλαστικά. Ο αποτελεσματικός χωρισμός αυτών των υλικών βασίζεται στις διαφορές στα φυσικά χαρακτηριστικά τους και είναι το κλειδί για την ανάπτυξη ενός μηχανικού συστήματος ανακύκλωσης.

Πίνακας 3. Σημαντικά επικίνδυνα συστατικά σε αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων

Υλικά και συστατικά	Περιγραφή
Μπαταρίες	Το βαρύ μέταλλο όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος και το κάδμιο είναι παρόντες σε μπαταρίες.
Σωλήνες ακτίνων καθόδων (CRT)	Ο μόλυβδος στο κωνικό γυαλί και το επίστρωμα φθορισμού καλύπτουν το εσωτερικό του γυαλιού

Συστατικά με υδράργυρο, όπως διακόπτες	Ο υδράργυρος χρησιμοποιείται σε θερμοστάτες, αισθητήρες, ηλεκτρονόμοι, και διακόπτες. Χρησιμοποιείται επίσης στο ιατρικό εξοπλισμό, στην μετάδοση δεδομένων, στις τηλεπικοινωνίες και στα κινητά τηλέφωνα.
Απόβλητα αμιάντων	Τα απόβλητα αμιάντων πρέπει να επεξεργαστούν επιλεκτικά
Κασέτες τονωτικού, υγρό και τονωτικό χρώματος	Το τονωτικό και οι κασέτες τονωτικού πρέπει να αφαιρεθούν από οποιαδήποτε συλλεκτικά ΑΗΗΣ ξεχωριστά.
Τυπωμένοι πίνακες κυκλωμάτων	Στους τυπωμένους πίνακες κυκλωμάτων, το κάδμιο εμφανίζεται σε ορισμένα συστατικά όπως οι αντιστάσεις chip SMD, οι υπέρυθροι ανιχνευτές και οι ημιαγωγοί
Πολυχλωριωμένο διφαινύλιο (PCB) που περιέχει τους πυκνωτές	Το πολυχλωριωμένο διφαινύλιο (PCB) που περιέχει στους πυκνωτές πρέπει να αφαιρεθεί για την ασφαλή καταστροφή
Υγρές επιδείξεις κρυστάλλου (LCD)	Το LCD με επιφάνεια μεγαλύτερη από 100 cm ² πρέπει να αφαιρεθεί από τα ΑΗΗΣ.
Πλαστικά που περιέχουν τους αλογονημένους καθυστερούντες φλόγες	Κατά τη διάρκεια της καύσης των αλογονημένων πλαστικών, οι καθυστερούντες φλόγες μπορούν να παράγουν τοξικά συστατικά
Εξοπλισμός που περιέχει CRC HCFC ή HFC	Το CRC, το HCFC ή το HFC παρόν στον αφρό και το κύκλωμα κατάψυξης πρέπει να εξαχθεί κατάλληλα και να καταστραφεί ή να ανακυκλωθεί
Λαμπτήρες εκφόρτισης αερίου	Ο υδράργυρος πρέπει να αφαιρεθεί

Πίνακας 4. Κύρια υλικά που βρίσκονται σε ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα

Υλικά	%
Σιδηρούχος	38
Μη σιδηρούχος	28
πλαστικά	19
Γυαλί	4
Ξύλο	1
Άλλα	10

2.3.1. Μαγνητικές ευαισθησίες, πυκνότητα και ηλεκτρική αγωγιμότητα

Οι μαγνητικές ευαισθησίες, η πυκνότητα, και η ηλεκτρική αγωγιμότητα μερικών υλικών στον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό δίνονται στους πίνακες 5,6,7 ^{7,12,13,14}.

Πίνακας 5. Μαγνητικές ευαισθησίες των κραμάτων χαλκού που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα (βάση στοιχείων: ένταση μαγνητικών πεδίων, 325 kA/m)

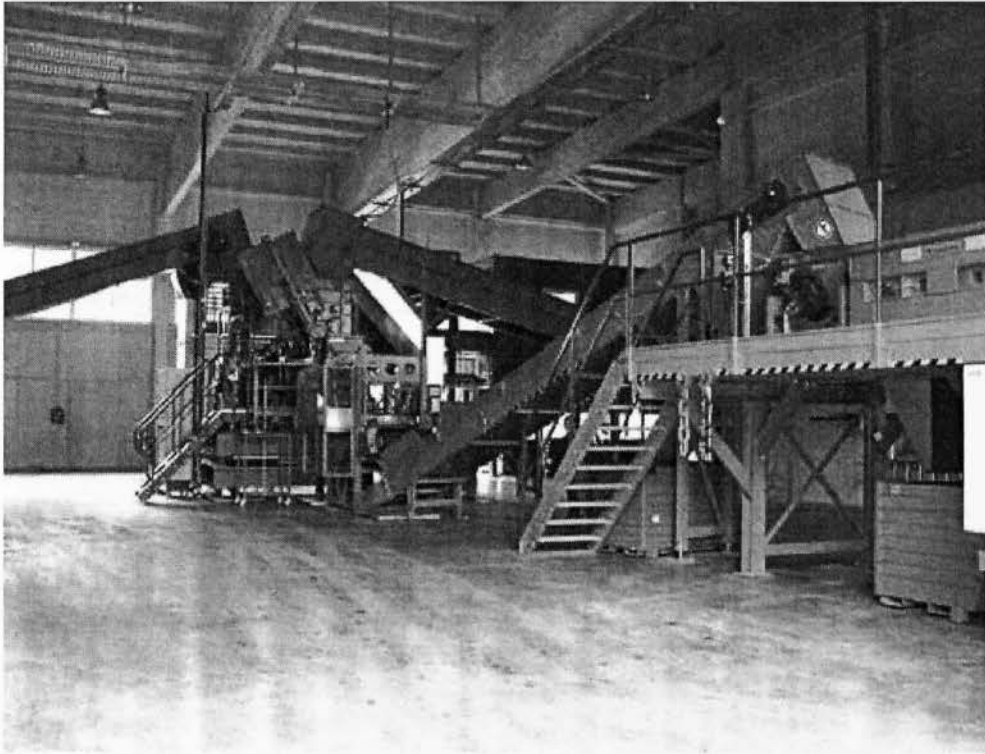
Materials	Fe content (%)	Mass susceptibility, χ ($\times 10^{-7} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$)
Aluminum-multi-compound	2-4	6.5-11.5
Manganese-multi-compound	1.5-3	0.7-2.4
Special brass	0.7-1.2	1.3-5.8
Brass (Fe-free)	<0.2	<0.1
Tin and lead bronze	<0.2	<0.1

Πίνακας 6. Μαγνητική ευαισθησία, πυκνότητα και ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα

Materials	density, ρ ($\times 10^3 \text{kg m}^{-3}$)	Electric conductivity, σ ($\times 10^6 \text{m}^{-1} \Omega^{-1}$)
Copper	8.93	59.0
Cu-Zn alloy (Ms 58)	8.4	1.9
Aluminum	2.70	35.0
Magnesium	1.74	23.0
Silver	10.49	68.0
Zinc	6.92	17.4
Gold	19.32	41.0
Brass (Fe-free)	8.40	15.0-26.0
Nickel	8.90	12.5
Tin	7.29	8.8
Lead	11.34	5.0
Alloy steel	7.7	0.7

Πίνακας 7. Ειδική αντίσταση όγκου και συγκεκριμένη πυκνότητα των πλαστικών που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα

Πλαστικά	Ειδική αντίσταση όγκου, Ωm	συγκεκριμένη βαρύτητα ($\times 10^3 \text{kg m}^{-3}$)
Polyvinyl chloride(PVC)	10^9 - 2×10^{12}	1,16 - 1,38
Polyethylene(PE)	10^{14}	0,91 - 0,96
Acrylonitrile butadienestyrene(ABS)	10^{14}	1,04
Polystyrene(PS)	10^{14}	1,04
Polypropylene(PP)	10^{15}	0,9
Nylon and polyamide(PA)	10^{12}	1,14
polyesters(PET and PBT)	1 - $1,4 \times 10^{13}$	1,31 - 1,39
Polycarbonates(PC)	$8,2 \times 10^{14}$	1,22
Elastomer(neoprene, SBR, silicone)	10^9 - 10^{15}	0,85 - 1,25

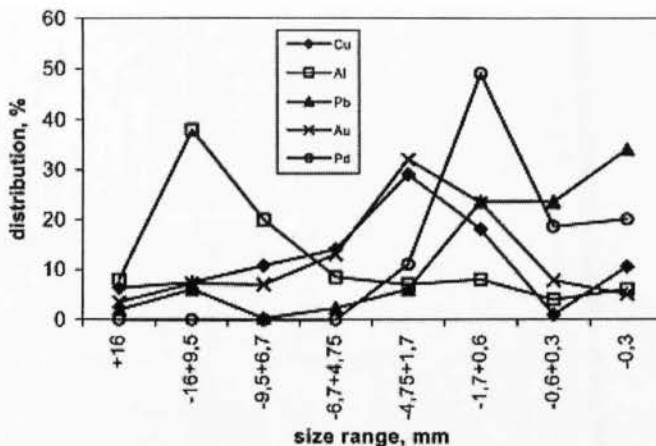


Ταινία μεταφοράς λεπτών μορίων

2.3.2. Ιδιότητες μεγέθους μορίων, μορφής και απελευθέρωσης

Ο βαθμός μεγέθους μορίων, μορφής και απελευθέρωσης παίζει κρίσιμο ρόλο στις μηχανικές διαδικασίες ανακύκλωσης. Σχεδόν όλες οι μηχανικές διαδικασίες ανακύκλωσης έχουν μια ορισμένη αποτελεσματική σειρά μεγέθους. Ο χαρακτηρισμός του απορριμμάτος προσωπικών ηλεκτρικών υπολογιστών και των απορριμμάτων τυπωμένων πινάκων κυκλωμάτων παρουσιάζει ότι τα κύρια μέταλλα παρόντα είναι στο -5mm και για το απόρριμμα υπολογιστών και για το απόρριμμα τυπωμένων πινάκων κυκλωμάτων, και παρουσιάζουν άριστη απελευθέρωση (περίπου 99%)⁶. Επιπλέον, οι βιομηχανικές δοκιμές έδειξαν ότι μετά από τον τεμαχισμό δύο σταδίων, η απελευθέρωση του μέρους των 5mm είναι μεταξύ 96.5 και 99.5%¹⁵.

Το Σχ. 1 παρουσιάζει διανομή μετάλλων ως λειτουργία της σειράς μεγέθους για το απόρριμμα υπολογιστή⁶. Σε αυτό το σχήμα μπορούμε να δούμε ότι το αλουμίνιο διανέμεται κυρίως στα χονδροειδή μέρη ($+6.7\text{ mm}$), αλλά τα άλλα μέταλλα διανέμονται κυρίως στα λεπτά μέρη (-5mm). Το να ξέρουμε τις ιδιότητες μεγέθους μορίων είναι σημαντικό για την επιλογή μιας αποτελεσματικής τεχνικής χωρισμού. Επιπλέον, είναι κοινό να αναβαθμιστεί η περιεκτικότητα σε μέταλλα με μια διαλογή διαδικασία.



Σχ. 1. Διανομή μετάλλων ως λειτουργία της σειράς μεγέθους για το απόρριμμα υπολογιστή

Είναι γνωστό ότι οι διαφοροποιημένες μορφές μορίων έχουν μια σημαντική επίδραση στην υλική επεξεργασία, δηλαδή και στον τεμαχισμό και στον χωρισμό. Αφ' ετέρου, οι διαφορές στη μορφή μορίων έχουν χρησιμοποιηθεί στην τεχνική ταξινόμησης μορφής.

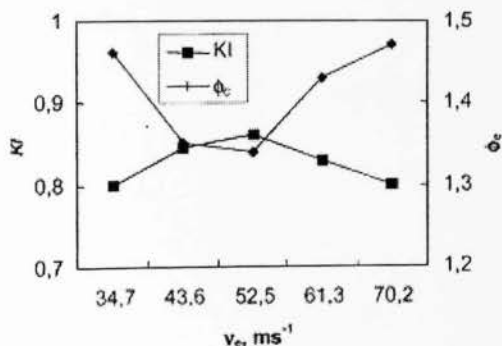
Το σχήμα 2 μας παρουσιάζει την κανονική επίδραση της ταχύτητας του περιφερειακού σφυριού σε anisometry KI και το παράγοντα διαστημικού γεμίσματος ϕ_c του αλεσμένου πιάτου χαλκού ($d_s=1$ mm). Το KI και το ϕ_c καθορίστηκαν από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$KI = \frac{A}{B} (\leq 1) \quad (1)$$

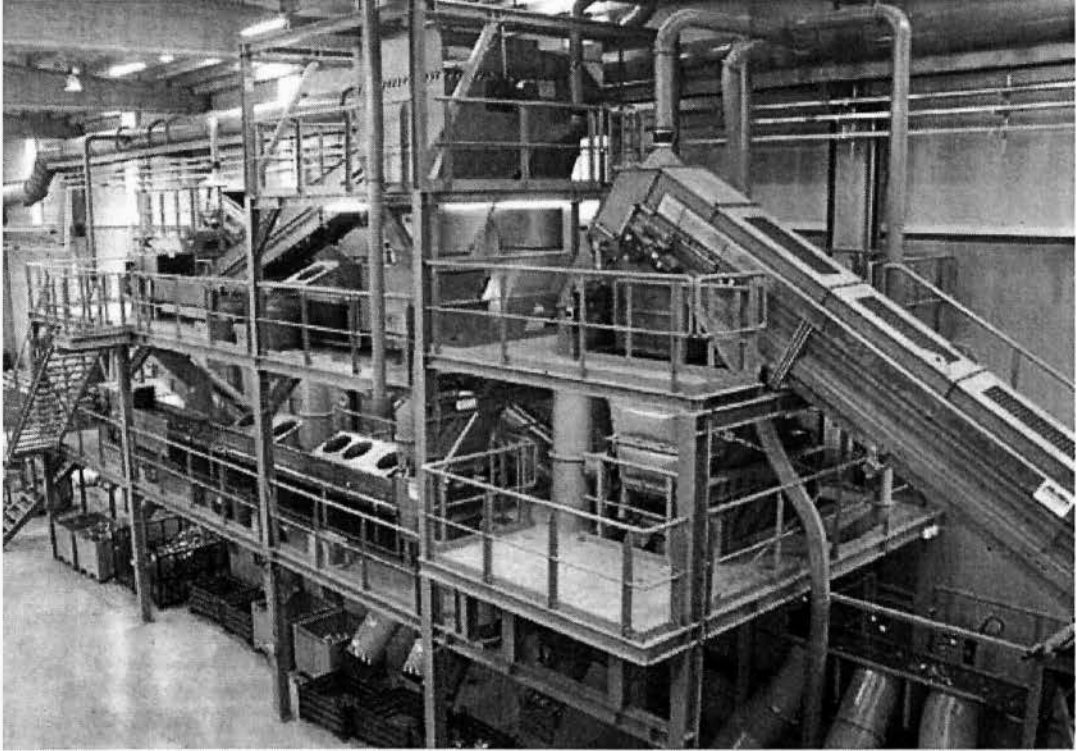
$$\phi_c = \frac{\pi D^2}{4s} \quad (2)$$

όπου το A και το B είναι οι σύντομοι και μακροχρόνιοι κύριοι άξονες μιας έλλειψης της αδράνειας ισοδύναμης με την προβολή μορίων, το D η μέγιστη διάμετρος στην προβολή μορίων, και το S η προβαλλόμενη περιοχή του μορίου.

Στο σχήμα 2, είναι προφανές ότι η περιφερειακή ταχύτητα σφυριών επηρεάζει τη μορφή μορίων του αλεσμένου χαλκού. Συγχρόνως, τα αποτελέσματα των όρων άλεσης στην αποδοτικότητα χωρισμού μεταξύ των τμημάτων χαλκού και μη-χαλκού του απορρίμματος PCB που χρησιμοποιούν ένα κεκλιμένο δονημένο πιάτο μελετήθηκαν επίσης.



Σχ. 2. Anisometry KI και το παράγοντα διαστημικού γεμίσματος ϕ_c του αλεσμένου πιάτου χαλκού.



Εξαγωγή πλαστικών των ΛΗΗΕ προς επαναχρησιμοποίηση

3. Αποσύνθεση αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων

Η αποσύνθεση είναι μια συστηματική προσέγγιση που επιτρέπει στην αφαίρεση ενός συστατικού ή ενός μέρους, ή μιας ομάδας μερών ή ένα συγκρότημα από ένα προϊόν (δηλαδή μερική αποσύνθεση) ή χωρίζοντας ένα προϊόν σε όλα τα μέρη του (δηλαδή πλήρης αποσύνθεση) για έναν δεδομένο σκοπό ¹⁷.

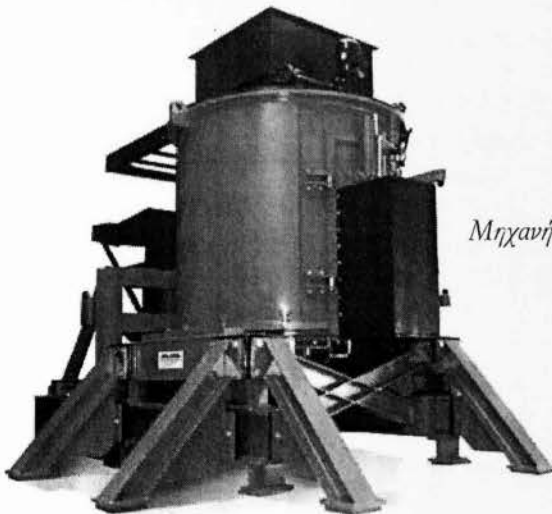
Οι τομείς της αποσύνθεσης που ακολουθούνται από τους ερευνητές στρέφονται στον προγραμματισμό διαδικασίας αποσύνθεσης και την καινοτομία των εγκαταστάσεων αποσύνθεσης.

3.1. Προγραμματισμός διαδικασίας αποσύνθεσης

Ο στόχος του προγραμματισμού διαδικασίας αποσύνθεσης είναι να αναπτυχθούν, οι διαδικασίες και τα εργαλεία λογισμικού για τις στρατηγικές αποσύνθεσης και τα συστήματα αποσύνθεσης ¹⁸. Οι ακόλουθες φάσεις για την ανάπτυξη ενός σχεδίου διαδικασίας αποσύνθεσης έχουν προταθεί ¹⁷⁻²³:

- Ανάλυση εισαγωγή και παραγωγή προϊόντων: Σε αυτήν την φάση, επαναχρησιμοποιήσιμα, πολύτιμα και επικίνδυνα συστατικά και τα υλικά καθορίζονται. Μετά από την προκαταρκτική ανάλυση δαπανών, η βέλτιστη αποσύνθεση προσδιορίζεται.
- Ανάλυση συναρμολογήσεων: Στη δεύτερη φάση, τα ενωμένα στοιχεία, η συστατική ιεραρχία και οι προηγούμενες συναρμολογήσεις αναλύονται.
- Ανάλυση ζητημάτων αβεβαιότητας: Η αβεβαιότητα της αποσύνθεσης προέρχεται από τα ελαττωματικά μέρη ή τις ενώσεις του εισερχομένου προϊόντος, στην αναβάθμιση ή στην υποβίβαση του προϊόντος κατά τη διάρκεια της καταναλωτικής χρήσης, και στη ζημία αποσύνθεσης.
- Προσδιορισμός της στρατηγικής αποσυναρμολόγησης: Στη τελική φάση, αποφασίζεται να χρησιμοποιηθεί τη καταστρεπτική ή μη καταστρεπτική αποσύνθεση.

Η έρευνα για τον προγραμματισμό της διαδικασίας αποσύνθεσης είναι μια ενεργός περιοχή στην τελευταία δεκαετία. Εκατοντάδες έγγραφα έχουν γραφτεί για αυτό το θέμα. Μια λεπτομερής έρευνα για την αποσύνθεση παρουσιάστηκε από τον Gungor και τον Gupta ¹⁹.

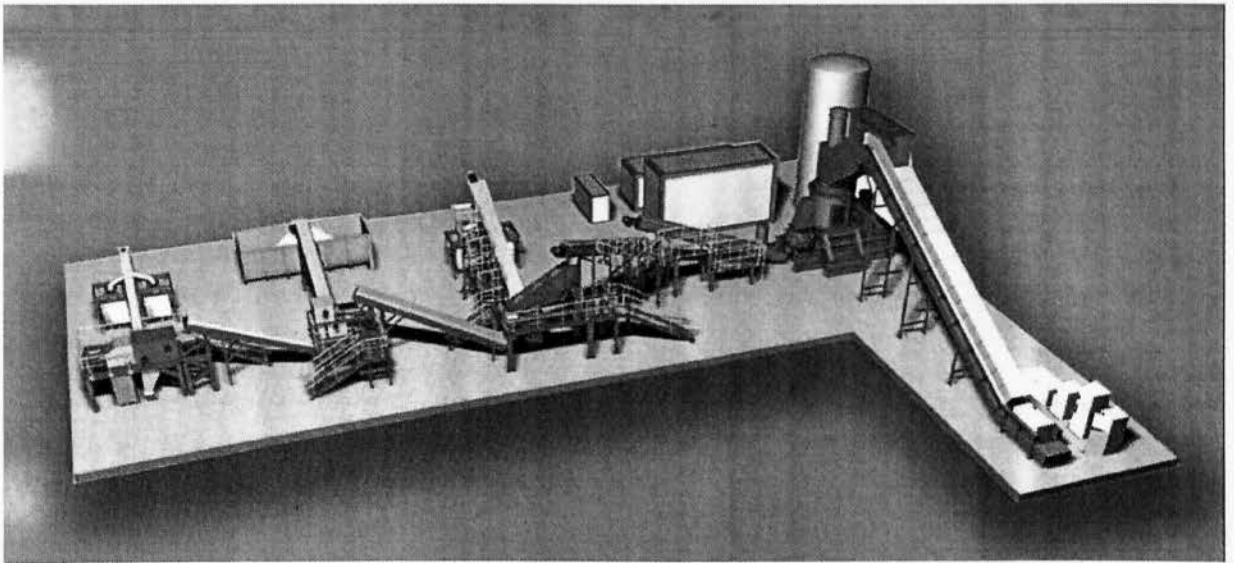


Μηχανή αποσυναρμολόγησης υλικών

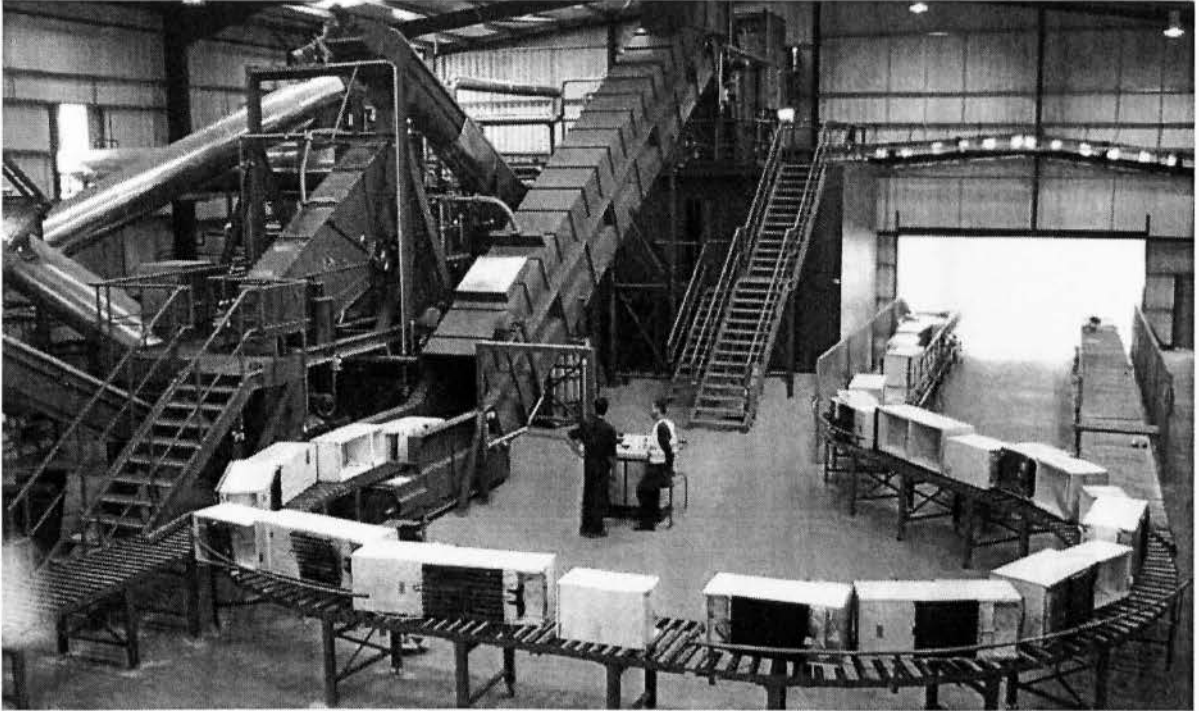
3.2. Καινοτομίες των εργαλείων αποσύνθεσης

Εκτός από την παραγωγή ενός καλού σχεδίου διαδικασίας αποσύνθεσης, η εφαρμογή της αποσύνθεσης χρειάζεται τα ιδιαίτερα αποδοτικά και εύκαμπτα εργαλεία. Διάφορα κατοχυρωμένα εργαλεία ευρεσιτεχνίας αποσύνθεσης τονίστηκαν από τον Feldmann ²⁴.

Η ελκυστικότερη έρευνα για τη διαδικασία αποσύνθεσης είναι η χρήση των ρομπότ. Η αυτοματοποιημένη συναρμολόγηση του ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι πολύ προχωρημένη. Δυστυχώς, η πλήρης (ή ημι-πλήρης) εφαρμογή της αυτόματης αποσύνδεσης για την ανακύκλωση του ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι μια πλήρης απογοήτευση. Στις ημέρες μας, υπάρχουν μόνο μερικά πειραματικά προγράμματα για την αυτοματοποιημένη αποσύνδεση των πληκτρολογίων, των οργάνων ελέγχου και του τυπωμένου πίνακα κυκλωμάτων, και δεν υπάρχει αυτοματοποιημένη ή ημι-αυτοματοποιημένη λύση για τον ίδιο τον ηλεκτρονικό υπολογιστή ^{25,26}.



Τρισδιάστατη περιγραφή ενός υποθετικού εργοστασίου επεξεργασίας ψυγείων



Μηχανή τεμαχισμού ψυγείων

3.3. Αποσύνθεση στην πράξη

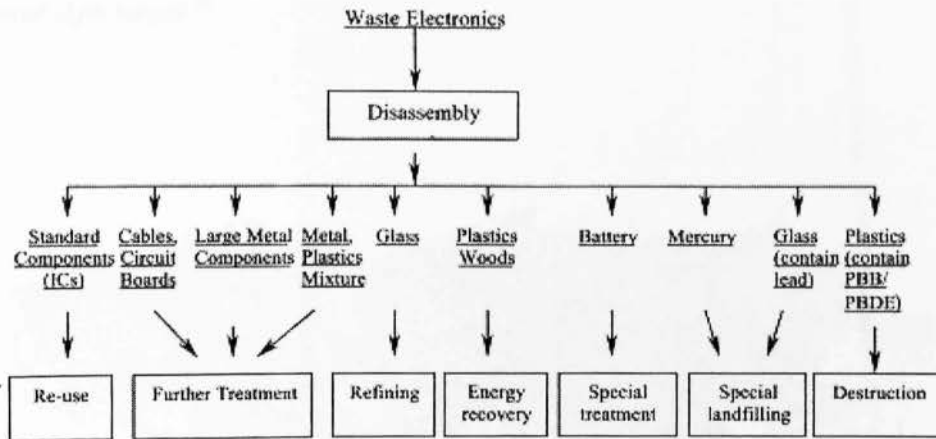
Στην πράξη της ανακύκλωσης του αποβλήτου ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού συστήματος, η εκλεκτική αποσύνθεση (αποσυναρμολόγηση) είναι μια αναπόφευκτη διαδικασία αφού:

- η επαναχρησιμοποίηση των συστατικών έχει τη πρώτη προτεραιότητα,
- η αποσυναρμολόγηση των επικίνδυνων συστατικών είναι ουσιαστική,
- είναι επίσης κοινό να αποσυναρμολογηθούν τα ιδιαίτερα πολύτιμα συστατικά και τα αρίστης ποιότητας υλικά όπως οι τυπωμένοι πίνακες κυκλωμάτων, τα καλώδια, και τα πλαστικά προκειμένου να απλοποιηθεί η επόμενη αποκατάσταση των υλικών.

Περισσότερες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης χρησιμοποιούν τη χειρωνακτική αποσυναρμολόγηση. Η **Ragn-Sells Elektronikåtervinning AB** στη Σουηδία είναι μια χαρακτηριστική λειτουργία ηλεκτρονικής ανακύκλωσης. Το σχήμα 3 επεξηγεί την τρέχουσα διαδικασία αποσύνδεσης που χρησιμοποιούν ²⁷. Ποικίλα αργαλείων περιλαμβάνονται στη διαδικασία αποσυναρμολόγησης για τα επικίνδυνα συστατικά και την αποκατάσταση των επαναχρησιμοποιήσιμων ή πολύτιμων συστατικών και των υλικών.



Φόρτωση ΑΗΗΕ για τεμαχισμό

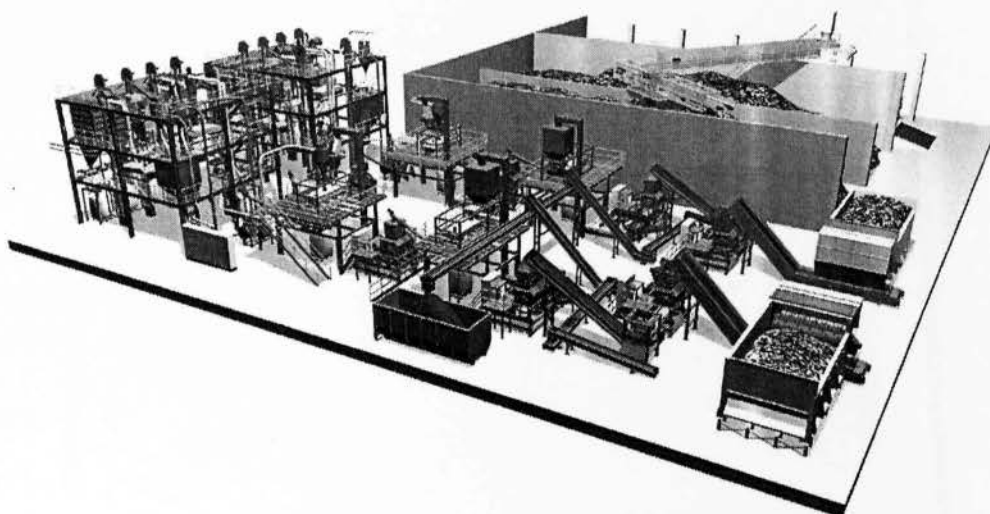


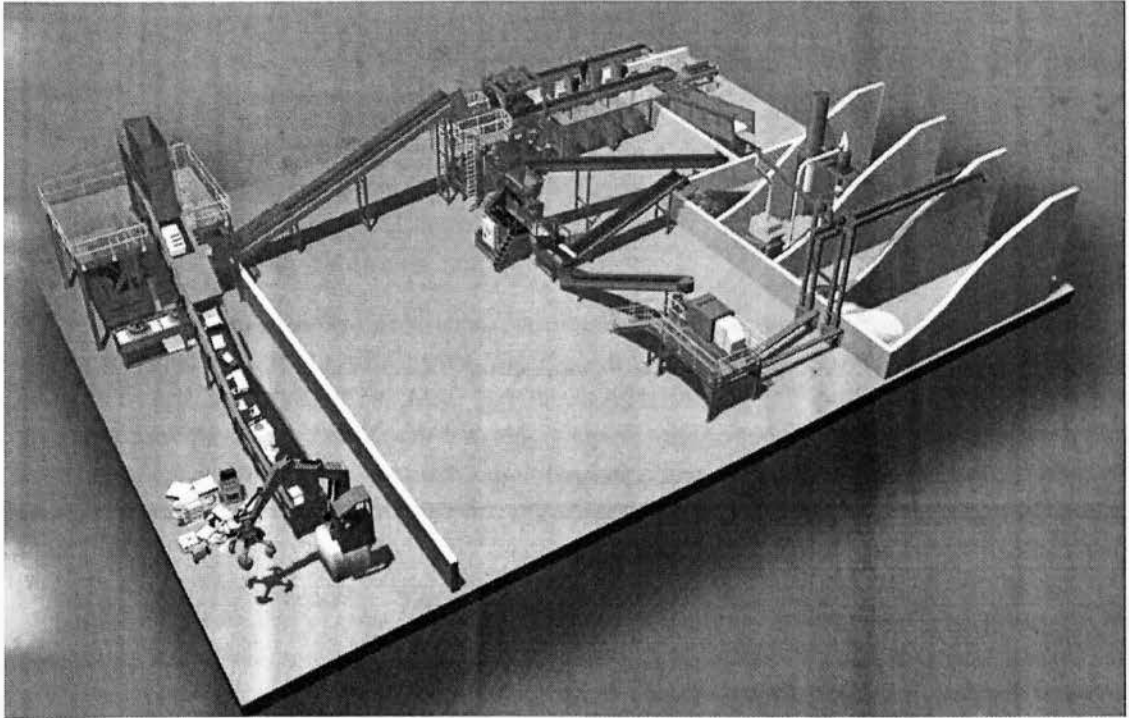
Μια μελέτη των πιθανών μελλοντικών τεχνολογιών αποσύνθεσης και ανακύκλωσης για την ηλεκτρονική και η αυτοκίνητη βιομηχανία πραγματοποιήθηκαν από τον Boks και τον Tempelman ανάμεσα στο Νοέμβριο του 1996 και το Μάρτιο του 1997²⁸. Τα αποτελέσματα απεικονίζουν τις απόψεις μιας επιτροπής περίπου 70 ειδικών που επιλέγονται εκ των προτέρων από τους συντάκτες. Σχετικά με την τεχνική δυνατότητα πραγματοποίησης της πλήρους αποσύνθεσης αυτοματοποίησης (90-100%) του ηλεκτρονικού εξοπλισμού, το 65% των μελών της ομάδας σκέφτηκε ότι μια σημαντική ανακάλυψη στην αυτοματοποιημένη αποσύνθεση θα εμφανιστεί μέχρι το 2010 και το 57% της επιτροπής σκέφτηκε ότι θα είναι στη Γερμανία, ενώ μόνο το 35% των γερμανικών μελών της ομάδας συμφωνούν. Επιπλέον, το 32% της επιτροπής σκέφτηκε ότι η πλήρης αυτόματη αποσύνδεση και των καφετιών αγαθών (π.χ. τηλεοράσεις, ακουστικός και τηλεοπτικός εξοπλισμός) και άσπρα αγαθά (π.χ. ψυγεία, πλυντήρια) δεν θα είναι οικονομικά

ελκυστική μέχρι το 2020. Κατά την άποψή τους, τα κύρια εμπόδια που αποτρέπουν την αυτόματη αποσύνθεση από το να γίνει μια εμπορικά επιτυχής δραστηριότητα είναι:

- πάρα πολλοί διαφορετικοί τύποι προϊόντων,
- το ποσό προϊόντων του ίδιου τύπου είναι μικροί,
- γενικό αποσύνθεση-μη φιλικό σχέδιο προϊόντων,
- γενικές διοικητικές μέριμνες και
- παραλλαγές προβλημάτων σε αντάλλαγμα στα επιστρεφόμενα ποσά προϊόντων που αποσυνδέθηκαν.

Ευτυχώς, η έρευνα στον τομέα του σχεδίου προϊόντων για την αποσύνθεση έχει κερδίσει την ορμή στην προηγούμενη δεκαετία. Μια καλή ιδέα είναι αυτό-αποσύνθεση που ονομάζεται ενεργή αποσύνθεση χρησιμοποιώντας τα έξυπνα υλικά ²⁹. Ο Chiodo εξέθεσε την εφαρμογή της πολυμερούς τεχνολογίας μορφής μνήμης στην ενεργή αποσύνθεση των συγχρόνων κινητών τηλεφώνων. Το έξυπνο υλικό της σύνθεσης πολυουρεθάνιου (PU) χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα. Αυτή η μέθοδος παρέχει ένα πιθανό σενάριο αποσυναρμολόγησης για την αφαίρεση όλων των συστατικών εάν αυτό το υλικό επρόκειτο να αναπτυχθεί για την συναρμολόγηση εξωτερικών συστατικών. Η έρευνα στη χρησιμοποίηση ενεργής αποσύνθεσης χρησιμοποιώντας τα έξυπνα υλικά σε άλλα μικρά ηλεκτρονικά έχει γίνει επίσης για να χειριστούν μονάδες όπως τηλέφωνα, κινητά τηλέφωνα, κάμερες, φορτιστές μπαταριών, κασέτες φωτοτυπικών μηχανημάτων, οθόνες CRT, περιβλήματα υπολογιστών, ποντίκια, πληκτρολόγια, μηχανές παιχνιδιών και στερεοφωνικοί εξοπλισμοί ²⁹.





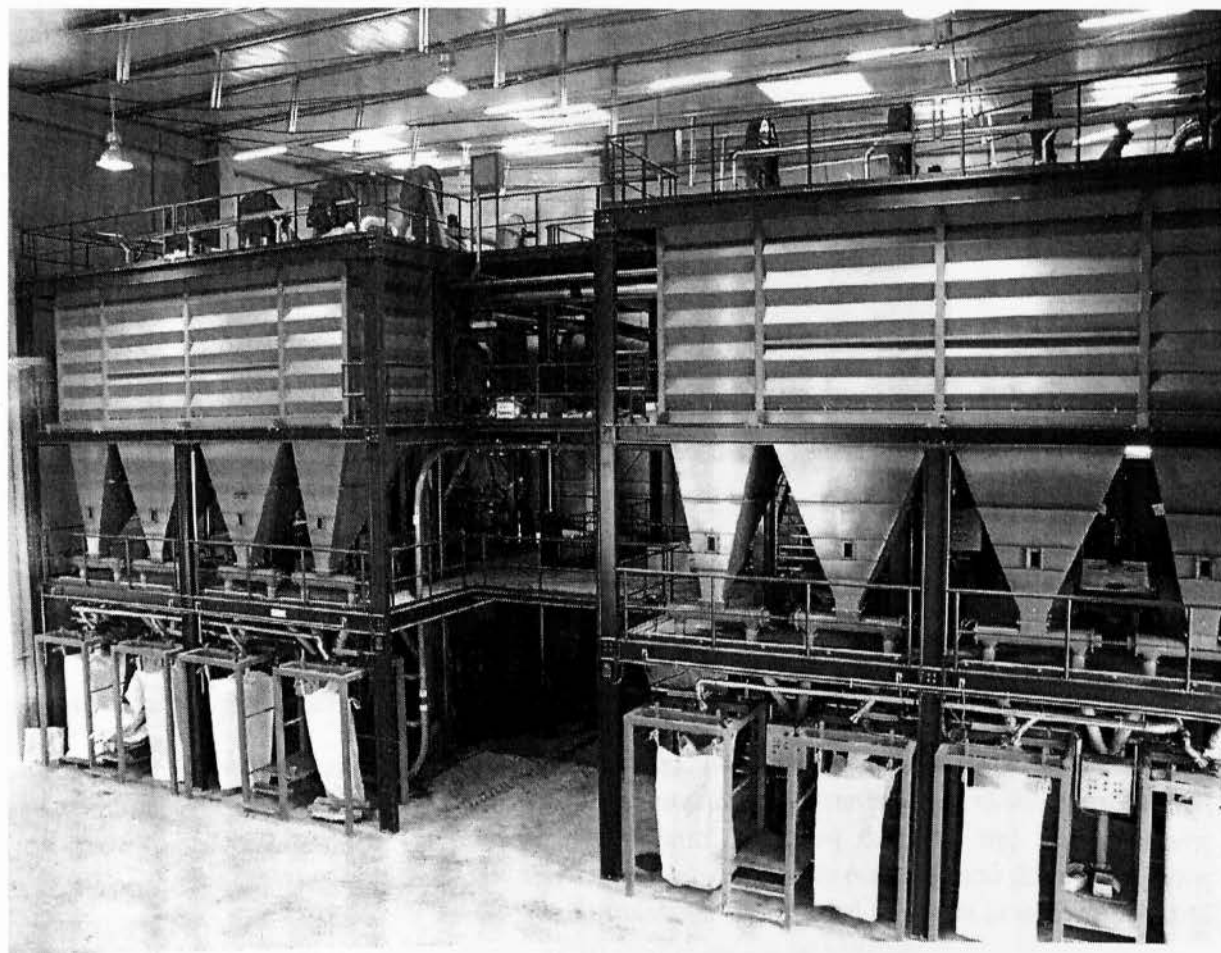
Τρισδιάστατες περιγραφές υποθετικών εργοστασίων

4. Μηχανική/φυσική διαδικασία ανακύκλωσης

4.1. Διαλογή

Η διαλογή δεν έχει χρησιμοποιηθεί μόνο για να προετοιμαστεί μια ομοιόμορφα ταξινομημένη σε ορισμένη μηχανική διαδικασία, αλλά και στη βελτίωση περιεχόμενου μετάλλων. Η διαλογή είναι απαραίτητη επειδή οι ιδιότητες μεγέθους και μορφής μορίων των μετάλλων είναι διαφορετικοί από αυτές των πλαστικών και της κεραμικής.

Η αρχική μέθοδος στην αποκατάσταση μετάλλων χρησιμοποιεί την περιστρεφόμενη οθόνη, μια μονάδα που χρησιμοποιείται ευρέως και στο απόρριμμα αυτοκινήτου και στη δημοτική επεξεργασία στερεών αποβλήτων. Αυτή η μονάδα έχει μια υψηλή αντίσταση στην τύφλωση, η οποία είναι σημαντική με τη διαφορετική σειρά μορφών και μεγεθών μορίων που αντιμετωπίζονται στα απόβλητα. Η δονητική διαλογή επίσης συνήθως χρησιμοποιείται, και ιδιαίτερα επί των μη σιδηρούχων τόπων αποκατάστασης, αλλά η τύφλωση από καλώδια είναι ένα χαρακτηρισμένο πρόβλημα³⁰.



Μηχανή αποκατάστασης ελαστικών των ΛΗΗΕ

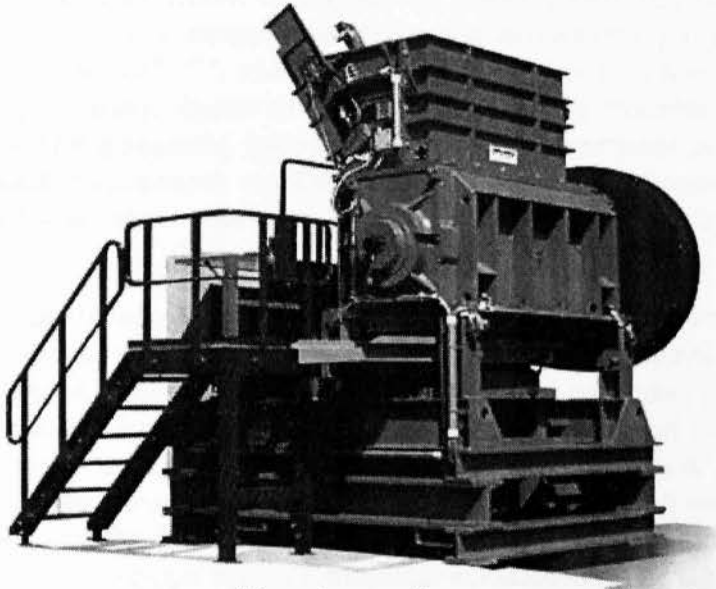
4.2. Χωρισμός μορφής

Οι τεχνικές χωρισμού μορφής έχουν αναπτυχθεί κυρίως για να ελέγξουν τις ιδιότητες των μορίων στη βιομηχανία σκονών³¹⁻³⁴. Οι μέθοδοι χωρισμού ταξινομήθηκαν σε τέσσερις ομάδες

από τον Furuuchi ³¹. Οι αρχές που κρύβονται κάτω από αυτήν την διαδικασία χρησιμοποιούν τα ακόλουθα:

- η ταχύτητα μορίων σε έναν κλιμένο στερεό τοίχο,
- ο χρόνος που παίρνουν τα μόρια για να περάσουν στο άνοιγμα ενός πλέγματος,
- η συνεκτική δύναμη του μορίου σε έναν στερεό τοίχο, και
- η εγκαθιστάμενη ταχύτητα μορίων σε ένα υγρό.

Ο χωρισμός μορφής από το κλιμένο πιάτο και τα κόσκινα είναι η πιο βασική μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί στην βιομηχανία ανακύκλωσης ^{17,35}. Ένας κεκλιμένος μεταφορέας και ένα κεκλιμένο δομένο πιάτο χρησιμοποιήθηκαν ως διαχωριστές μορίων για να ανακτήσουν το χαλκό από τα ηλεκτρικά απόβλητα καλωδίων ³⁵, τα απορρίμματα τυπωμένων πινάκων κυκλωμάτων ¹⁷, τη τηλεόραση και τα απόβλητα υπολογιστών στην Ιαπωνία ³⁶.



Μηχανή κοκκοποίησης

4.3. Μαγνητικός χωρισμός

Οι μαγνητικοί διαχωριστές, και ιδιαίτερα, διαχωριστές τυμπάνων χαμηλής έντασης χρησιμοποιούνται ευρέως για την αποκατάσταση των σιδηρομαγνητικών μετάλλων από τα μη σιδηρούχα μέταλλα και άλλα μη μαγνητικά απόβλητα. Κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας, υπήρχε μεγάλο πρόοδο στο σχέδιο και στη λειτουργία του διαχωρισμού μεγάλης έντασης των μόνιμων μαγνητών κραμάτων, κυρίως ως αποτέλεσμα η εισαγωγή σπάνιων μόνιμων μαγνητών κραμάτων ικανοί να παρέχουν πολύ υψηλό τομέα δυνάμεων και τις κλίσεων.

Στον πίνακα 5, μπορούμε να δούμε ότι η χρήση των διαχωριστών μεγάλων εντάσεων αποτελεί σε πιθανό χωρισμό των κραμάτων χαλκού από τη μήτρα αποβλήτων. Ένας έντονος μαγνητικός χωρισμός είναι επιτεύξιμος τουλάχιστον για τις ακόλουθες τρεις ομάδες κραμάτων ¹⁴:

- κράματα χαλκού με τη σχετικά υψηλή μαζική ευαισθησία

- κράματα χαλκού με τη μέση μαζική ευαισθησία
- κράματα χαλκού με τη χαμηλή μαζική ευαισθησία ή/και τη διαμαγνητική υλική συμπεριφορά.

4.4. Ηλεκτρικός χωρισμός από αγωγιμότητα

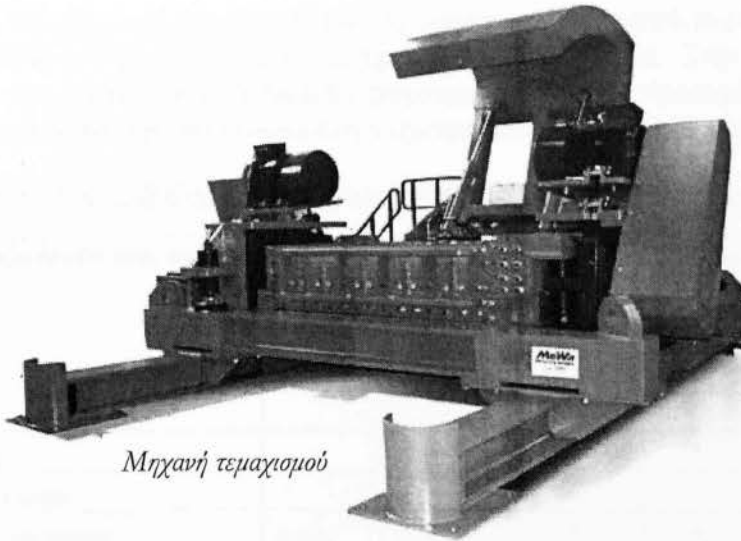
Ο ηλεκτρικός χωρισμός από αγωγιμότητα χωρίζει τα υλικά της διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ή της διαφορετικής ειδικής αντίστασης) (πίνακες 6 - 7). Όπως φαίνεται στον πίνακα 8, υπάρχουν τρεις χαρακτηριστικές τεχνικές ηλεκτρικού χωρισμού από αγωγιμότητα:

- χωρισμός από το ρεύμα Eddy,
- χωρισμός από ηλεκτροστατικό corona, και
- τούρμπο-ηλεκτρικός χωρισμός³⁷⁻⁴¹.

Στην προηγούμενη δεκαετία, μια από τις σημαντικότερες εξελίξεις στην βιομηχανία ανακύκλωσης ήταν η εισαγωγή των ρευμάτων διαχωριστών του Eddy, η οποία βασιζόταν στη χρήση των σπανίων μονίμων μαγνητών. Οι διαχωριστές αναπτύχθηκαν αρχικά για να ανακτήσουν τα μη σιδηρούχα μέταλλα από το τεμαχισμένο απόρριμμα αυτοκινήτου για την επεξεργασία των δημοτικών στερεών αποβλήτων^{30,42-44}, αλλά τώρα ευρέως χρησιμοποιούνται για άλλους λόγους συμπεριλαμβανομένης της ρίψης άμμου χυτηρίων, του πολυεστέρα τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET), του ηλεκτρονικού απορρίμματος, θραύσματα γυαλιού και καταστροφένων εγγράφων⁴⁵⁻⁵⁰. Στις ημέρες μας, τα ρεύματα διαχωρισμού του Eddy σχεδόν αποκλειστικά χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση αποβλήτων όπου ταιριάζουν ιδιαίτερα στο χειρισμό των σχετικά χονδροειδών μεγέθους τροφών.

Ο ηλεκτροστατικός διαχωριστής rotor-type, ο οποίος χρησιμοποιεί την φορτισμένη κορώνα, χρησιμοποιείται στις χωριστές πρώτων υλών στα αγωγή και μη αγωγή μέρη. Η ακραία διαφορά στην ηλεκτρική αγωγιμότητα ή τη συγκεκριμένη ηλεκτρική αντίσταση μεταξύ των μετάλλων και των αμέταλλων παρέχει έναν άριστο όρο για την επιτυχή εφαρμογή ενός ηλεκτροστατικού χωρισμού κορώνας στην ανακύκλωση των αποβλήτων. Μέχρι σήμερα, ο ηλεκτροστατικός χωρισμός έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως για την αποκατάσταση του χαλκού ή του αλουμινίου από τα τεμαχισμένα ηλεκτρικά καλώδια^{37, 38, 51-54}, πιο συγκεκριμένα την αποκατάσταση του χαλκού και τα πολύτιμα μέταλλα από το απόρριμμα πίνακα τυπωμένων κυκλωμάτων^{37-39,55}.

Ο χωρισμός Triboelectric είναι δυνατός να ταξινομήσει τα πλαστικά ανάλογα με τη διαφορά στις ηλεκτρικές ιδιότητές τους (πίνακας 7). Για την επεξεργασία των αποβλήτων πλαστικών, η έρευνα έχει παρουσιάσει πολλά προφανή πλεονεκτήματα του ηλεκτροστατικού χωρισμού triboelectric, όπως η ανεξαρτησία της μορφής μορίων, της μικρής κατανάλωσης ενέργειας, και της μεγάλης απόδοσης⁴¹.



Μηχανή τεμαχισμού

Πίνακας 8. Μηχανικές διαδικασίες χωρισμού βασισμένες στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των υλικών

Processes	Separation criteria	Principles of separation	Sorting task	workable particle size ranges
Eddy current separation	Electric conductivity and density	Repulsive forces exerted in the electricly conductive particles due to the interaction between the alternative magnetic field and the Eddy currents induces by the magnetic field (Lorentz force)	Non-ferrous metal/non-metal separation	>5 mm
Corona electrostatic separation	Electric conductivity	Corona charge and differentiated discharge lead to different charges of particles and this to action of different forces (particularly, image forces)	Metal/non-metal separation	0,1-5 mm(10 mm for laminar particles)
Tricoelectric separation	Dielectric constant	Tribo-charge with different charges (+ or -) of the component cause different force directions	Separation of plastics(non-conductors)	<5 (10) mm

4.5. Χωρισμός βασισμένη στην πυκνότητα

Διαφορετικές μέθοδοι υιοθετούνται για χωρισμό βαρύτερων υλικών από ελαφρύτερων. Η διαφορά στην πυκνότητα των συστατικών είναι η βάση του χωρισμού. Ο πίνακας 9 δείχνει ότι η διαδικασία χωρισμού βασισμένη στη πυκνότητα έχει βρει τη διαδεδομένη εφαρμογή στο χωρισμό αμέταλλων και μετάλλων ⁵⁶.

Η συγκέντρωση βαρύτητας χωρίζει τα υλικά της διαφορετικής συγκεκριμένης πυκνότητας από τη σχετική μετακίνησή τους σε απάντηση στη δύναμη της βαρύτητας μιας ή περισσότερων άλλων δυνάμεων, η τελευταία συχνά είναι η αντίσταση στην κίνηση που προσφέρεται από ένα ρευστό, όπως το νερό ή ο αέρας ⁵⁷. Η κίνηση ενός μορίου σε ένα ρευστό

εξαρτάται όχι μόνο από την πυκνότητα του μορίου, αλλά και από το μέγεθος και τη μορφή της, τα μεγάλα μόρια επηρεάζονται περισσότερο από τα μικρότερα. Στην πράξη, ο στενός έλεγχος μεγέθους των τροφών στις διαδικασίες βαρύτητας απαιτείται προκειμένου να μειωθεί η επίδραση μεγέθους και να κατασταθεί εξαρτημένη η σχετική κίνηση της συγκεκριμένης πυκνότητας μορίων.

Πίνακας 9. Χρήσιμες διαδικασίες χωρισμού πυκνότητας για το χωρισμό αμέταλλων και μετάλλων

Density separation process	Workable piece size (mm)	Utilized for following sorting tasks					
		Plastic waste	Aluminium scrap	Lead battery scrap	Cable scrap	Electronic scrap	Light steel scrap
Sink-float separation							
In liquids		•		•	•		•
In heavy media							
Gravity separator	5-150		•	•		•	•
Hydrocyclone	<50						•
In aerosuspensions							
In aero-chutes	0,7-3				•		
In fluidized bed trough separators	0,7-5				•		
Sorting by jigging							
Hydraulic jigs	2-20						•
Pneumatic jigs	<3				•		
Sorting in chutes and tables							
Aero-chutes	0,6-2				•		
Aero-tables	<4				•		
Up-stream separation							
Up-stream hydraulic separation	5-150	•		•			•
Up-stream pneumatic separation	<300				•		

5. Μηχανική διαδικασία ανακύκλωσης για τα λεπτά μόρια

Ο αριθμός αποβλήτων που περιέχουν τα λεπτά μόρια μετάλλων προβλέπεται να αυξηθεί ουσιαστικά στο κοντινό μέλλον⁵⁹, λόγω:

- πιο αυστηρής νομοθεσίας,
- δαπανηρότερης υγειονομικής ταφής για τον μέταλλο-περιορισμό των αποβλήτων,
- συνεχόμενης αυξανόμενης παραγωγής των διαφοροποιημένων αποβλήτων, ιδιαίτερα από αύξηση φορητών ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων, και
- συνεχώς αναπτυσσόμενης περιβαλλοντικής συνειδητοποίησης.

Προβλέπεται ότι μια οικονομική και τεχνικά βιώσιμη τεχνολογία χωρισμού για να ανακτήσει τα λεπτά μόρια από τα απόβλητα θα είναι στη μεγάλη απαίτηση στο κοντινό μέλλον.

5.1. Νέες αναπτύξεις του ECS για τα μικρά μόρια

Οι περιστρεφόμενοι διαχωριστές από το ρεύμα Eddy έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε διάφορα μη σιδηρούχα μέταλλα που ταξινομούν και οι διαδικασίες αποκατάστασης, πιο κοινές είναι η ταξινόμηση των μη σιδηρούχων μετάλλων από το τεμαχισμένο απόρριμμα αυτοκινήτου και τα δημοτικά στερεά απόβλητα^{42, 58,60}. Εντούτοις, στην ανακύκλωση αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού συστήματος, η χρήση του παραδοσιακού διαχωριστή από το ρεύμα Eddy είναι περιορισμένη, λόγω του μεγέθους της τροφής που απαιτείται. Τα μόρια μεγαλύτερα από 5mm στο μέγεθος ή ακόμη και 10mm απαιτούνται⁶¹.

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει κάποια ανάπτυξη των διαδικασιών χωρισμού με ρεύμα του Eddy που σχεδιάζονται για χωρισμό μικρών μορίων^{44, 59-64}. Η κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του τομέα διαχωριστών και των αγώγιμων μορίων είναι ουσιαστική να αποτελέσει τη θεωρητική βάση για αυτό το νέο σχέδιο.

Πριν από τη δεκαετία του '90, η εντατική θεωρητική εργασία εκτελέστηκε από τον Schlömann^{65,66} και Van Der Valk^{56,67,68}. Ένα θεωρητικό πρότυπο αναπτύχθηκε για να υπολογίσει το μέγεθος των δυνάμεων που ασκήθηκαν στα μικρά διαμορφωμένα μόρια στα μαγνητικά πεδία με τις περιοδικές παραλλαγές. Οι διαχωριστές που περιλαμβάνονται στη μελέτη ήταν διαχωριστής ρεύματος Faucault κεκλιμένων ραμπών (RECS), κάθετος διαχωριστής ρεύματος Faucault (VECS), και ο διαχωριστής περιστρεφόμενου δίσκου (RDS). Αυτό το πρότυπο έχει χρησιμοποιηθεί για να σχεδιάσει τους διαχωριστές με τις διαφορετικές διανομές τομέων και τις μηχανικές κατασκευές. Η ισχύς αυτού του προτύπου εξετάστηκε από τις μετρήσεις εκτροπής σε ένα VECS και από τις μετρήσεις δύναμης σε δύο διαφορετικά πρωτότυπα RDS. Οι μετρήσεις εκτροπής πραγματοποιήθηκαν με τα μόρια χαλκού που εξήχθησαν από τα τραυματισμένα καλώδια. Αυτά τα μόρια είναι κομμάτια του καλωδίου με τις διαμέτρους μεταξύ 0.2 και 4mm και με τα μήκη κύριως μεταξύ 3 και 10mm. Τα μεγέθη μορίων από τη διαλογή και τον υπολογισμό αντιστοιχούν το ένα με το άλλο, δεδομένου ότι η σειρά μεγέθους δεν υπερβαίνει τα 3mm.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, η θεωρητική εργασία έγινε από τον Fletcher και από άλλους συνεργάτες του^{63, 69-72}. Σε αυτές τις μελέτες, τρία είδη θεωρητικών προτύπων χρησιμοποιήθηκαν για να αντιπροσωπεύσουν το σχεδιάγραμμα του μαγνητικού πεδίου στο όριο ενός ενιαίου διαχωριστή με ρεύμα του Eddy. Στο πρώτο πρότυπο, το σχεδιάγραμμα μαγνητικών πεδίων στο όριο του ECS αντιπροσωπεύθηκε από ένα εξιδανικευμένο ενιαίο βήμα τομέων του

ύψους ΔB_z , το οποίο είναι ίσο με την αλλαγή πυκνότητας ροής μεταξύ του σημείου της μέτρησης στοιχείων ταχύτητας και του σημείου όπου η μέγιστη πυκνότητα ροής επιτυγχάνεται αρχικά. Αυτό το πρότυπο είναι ικανοποιητικό για τους μεγάλους αγωγούς με το μέσο u_y (ταχύτητα του μορίου στην κατεύθυνση Y του άξονα). Στο δεύτερο πρότυπο, ένας τομέας πολλαπλών βημάτων που ακολουθεί το μετρημένο σχεδιάγραμμα χρησιμοποιήθηκε για την αντιπροσώπευση του μαγνητικού πεδίου του ECS. Αυτό το πρότυπο παρουσιάστηκε στο έγγραφο⁷¹. Το τελευταίο πρότυπο αναπτύχθηκε για τα μικρά μόρια. Μια ενιαία γραμμική κεκλιμένη ράμπα αύξησης χρησιμοποιήθηκε ως θεωρητική αντιπροσώπευση του σχεδιαγράμματος του μαγνητικού πεδίου στο όριο ενός ECS. Ο Fletcher συζήτησε τους περιορισμούς του ενιαίου ορίου ECS για τα μικρά μόρια⁶³. Ένα θεωρητικό πρότυπο αναπτύχθηκε και εξετάστηκε χρησιμοποιώντας το πάνω μέρος του πάγκου ενός ενιαίου ορίου ECS. Δύο μεγέθη ελασμάτων δίσκων αλουμινίου με $5.1\text{mm} \times 2\text{mm}$ και $10.2\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ χρησιμοποιήθηκαν στη δοκιμή. Τα αποτελέσματα αυτού του προτύπου ήταν εύλογα σύμφωνα με την πειραματική παρατήρηση.

Μια σημαντική εργασία που περιλαμβάνει τον χωρισμό των μικρών μορίων που χρησιμοποιούν τη μέθοδο ECS εκτελέστηκε από τον Rem και τους συναδέλφους^{59-62, 73, 74}. Ένα πρότυπο αναπτύχθηκε για τα μικρά και μεσαία μεγέθους μόρια και στους συμμετρικούς και ασυμμετρικούς τομείς με τη μεταχείριση των μορίων ως μαγνητικά δίπολα. Η θεωρία επεκτάθηκε στο έγγραφο του Rem⁶⁰ για έναν διαχωριστή περιστροφικών τυμπάνων και τον διαχωριστή κάθετο ρεύμα του Eddy. Ο Zhang και οι συνάδελφοί του⁶¹ παρουσίασαν τα αποτελέσματα της έρευνάς τους για τη διαχωριστικότητα των διαφόρων υλικών μικρότερων από 5mm χρησιμοποιώντας έναν περιστρεφόμενο τύπο ECS. Η μελέτη δείχνει ότι το μαγνητικό τύμπανο πρέπει να περιστραφεί προς τα πίσω για την ταξινόμηση των μικρών μορίων μη σιδηρούχων μετάλλων. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το φαινόμενο αυτό προκύπτει από τον ανταγωνισμό μεταξύ της επαπτόμενης δύναμης του ρεύματος του Eddy και της δύναμης της τριβής, δύναμη αυξημένη από την ηλεκτρομαγνητική ροπή.

Με βάση την ανάλυση των μηχανισμών χωρισμού, οι προτάσεις υποβλήθηκαν για να βελτιώσουν την επιλεκτικότητα χωρισμού των μικρών μορίων. Διάφορες νέες έννοιες σχεδίου του ECS τονίστηκαν από τον Rem και τους συναδέλφους του⁵⁹. Το ξανασχεδιασμένο κάθετο ECS (VECS), το πρωτότυπο TNO ECS και ένα υγρό ECS (WECS) τύπου εργαστηρίου χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνά τους. Το νέο VECS ξανασχεδιάστηκε βασισμένο σε αυτό που αναπτύχθηκε από τον Van Der Valk⁶⁸. Σε αυτήν την μελέτη, οι μαγνήτες ήταν ισχυρότεροι από αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν νωρίτερα. Τα αποτελέσματα χωρισμού των δυαδικών μιγμάτων από το VECS παρουσιάστηκαν στο άρθρο.

Το πρωτότυπο που σχεδιάζεται από την ολλανδική οργάνωση (TNO για την εφαρμοσμένη επιστημονική έρευνα) συνδυάζει ένα μικρό πλάτος πόλων περίπου 20 χιλιοστών με ένα στενό χάσμα μεταξύ της επιφάνειας μαγνητών και της τροφής, και μια υψηλή ταχύτητα στροφών μέχρι 4000 στροφές ανά λεπτό. Η θεωρητική ανάλυση έδειξε ότι η επαπτόμενη δύναμη του ρεύματος Eddy του TNO ECS είναι έξι φορές αυτή του περιστροφικού τυμπάνου ECS. Η ιδέα ενός υγρού ECS προέρχεται από τη μετατροπή των αποτελεσμάτων της ηλεκτρομαγνητικής ροπής σε μια επίδραση χωρισμού. Είναι γνωστό ότι ένα περιστρεφόμενο μόριο που κινείται μέσω ενός ρευστού ασκεί μια κάθετη δύναμη και στην κατεύθυνση κίνησής του και στον άξονα της περιστροφής. Αυτή είναι η επίδραση του μαγνήτη. Τα πειραματικά αποτελέσματα του WECS έχουν παρουσιάσει μεγάλη ελπίδα. Μια κρίσιμη σύγκριση των τεσσάρων τύπων ECS δόθηκε από τον Rem και τους συναδέλφους του⁵⁹ (πίνακας 10).

Πίνακας 10. Κρίσιμη σύγκριση του ECS με τις διάφορες έννοιες σχεδίου για τα μικρά μόρια

Design concept	Throughput	Separation selectivity	Operating difficulty (sensitivity to the magnetic)	Maintenance	Number of non-ferrous products at one step	Investment cost for 1 t/h	Final results
Dry							
Rotating drum type	++	+	0	0	0	0	+++
VECS	0	0	-	+	-	-	-
TNO ECS	+	++	-	-	0	+	++
Wet							
Rotating drum WECS	+	+++	+	-	+	-	++++

Σημειώστε ότι «0», «-», και «+» δείχνουν τη βάζση, αρνητικός και θετικός, αντίστοιχα.

Ο Norrgran⁴⁴ συζήτησε την εφαρμογή ενός ECS περιστρεφόμενου τυμπάνου Eriez στη μείωση των λεπτών μεγέθους μετάλλων, όπως οι σκουριές αλουμινίου, οι άμμοι χυτηρίων ορείχαλκου, και το ηλεκτρονικό απόρριμμα. Οι χαρακτηριστικές εφαρμογές πελατών που έχουν οδηγήσει στους αποτελεσματικούς χωρισμούς δίνονται στο άρθρό του στον πίνακα 11.

Πίνακας 11. Χαρακτηριστικές εφαρμογές του τρέχοντος διαχωριστή του Eddy στη βιομηχανία επεξεργασίας αποβλήτων

Sample description	Feed rate, tph ^a	Weight percent of feed (%)		
		Magnetics	Conductor	Non-conductor
Aluminum cans and PET bottles	1	-	49	51
Shredded PET bottles and aluminum	1	-	2	98
Mixed aluminum and PVC	1	-	33	67
Auto scrap (unscreened)	3	60	33	7
Autoscrap(7× 1/2in.)	3	30	35	35
Auto scrap (-1/2 in.)	3	27	24	49
Mixed ferrous and non-ferrous scrap (-	3	53	43	4
RDF bottom ash (3 × 5/8 in.)	6	3	3	94
RDF bottom ash (-5/8 in.)	3	10	3	87
Glass cullet with aluminum caps	3	1	9	90
Glass cullet (crushed light bulbs)	1	4	14	82
Electronic scrap, coarse	2	5	48	47
Electronic scrap, fine	1	67	14	19
Mixed Fe, Al, Zn	4	10	55	35
Mixed Fe, Al, Cu, Pb, Zn	6	28	30	42
Brass foundry casting sand	3	-	12	88
Aluminum foundry casting sand	6	-	5	95
High grade aluminum slag	3	7	81	12
Low grade aluminum slags	1	2	5	93
Aluminum dross and cryolite	4	-	26	74

Ένας περιστρεφόμενος διαχωριστής από κάθετο ρεύμα του Eddy, με σκοπό να αυξήσει την αποδοτικότητα χωρισμού και να μειώσει το κόστος του εξοπλισμού χωρισμού, προτάθηκε από τον Schlett⁶⁴. Στο διαχωριστή, το μαγνητικό τύμπανο με τους μόνιμους μαγνήτες NeFeB οδηγήθηκε από μια ηλεκτρική μηχανή συνεχούς ρεύματος που τοποθετήθηκε κάτω από το μαγνητικό τύμπανο. Ένα μίγμα καλωδίου χαλκού και πλαστικών μορίων με τη μέση διάμετρο 4mm και το μήκος 5mm χρησιμοποιήθηκε για να μιμηθεί τα ηλεκτρονικά απόβλητα σε ένα εργαστηριακό πείραμα.

5.2. Ηλεκτροστατικός χωρισμός από κορώννα

Ο ηλεκτροστατικός χωρισμός από κορώννα είναι μια σημαντική τεχνική κατάλληλη για τα λεπτά μόρια με τη σειρά μεγέθους 0.1-5mm³⁷⁻³⁹. Αυτή η διαδικασία έχει ερευνηθεί εκτενώς στη βιομηχανία επεξεργασίας μεταλλευμάτων. Υπάρχουν επίσης μερικές εφαρμογές στην ανακύκλωση των απορριμμάτων καλωδίων. Η χρησιμοποίηση των ηλεκτροστατικών διαχωριστών από κορώννα στην υλική αποκατάσταση των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων για σκοπό ανακύκλωσης είναι μόνο για το στάδιο προετοιμασίας. Μερικές βιομηχανικές εφαρμογές για το διαχωριστή τυμπάνου από κορώννα παρουσιάζονται στον πίνακα 12⁷⁵.

Πίνακας 12. *Εφαρμογές του διαχωριστή τυμπάνων κορώννας στη βιομηχανία επεξεργασίας αποβλήτων*

Materials	Waste origin	Liberation Method	Particle size	Achievable grades of products	Remarks
Cu	Cable scrap	Cutting mill	0.5/5mm	Cu 90–99%	
PVC/PE				Plastics up to 99%	
Al	Skeleton waste	Cutting mill	6/12mm	Al up to 100%	
PS				PS 99%	
Al	Compound materials	Cryogenic grinding	50/500 ~m	Al 95%	
Plastics				Plastics 95%	
Cu	Bare PC boards	Hammer mill	0.2/2mm	Cu 99%	
Epoxy resin				Resin 99.5%	
PE	Car tanks	Cutting mill	3/5mm	PE 95%	Separation of
EOVH				EVOH90%	non-conductor

Στον ηλεκτροστατικό χωρισμό από κορώννα, το σύστημα ηλεκτροδίων, η ταχύτητα στροφών, η περιεκτικότητα υγρασίας, και το μέγεθος μορίων έχουν τη μέγιστη επίδραση στον καθορισμό των αποτελεσμάτων χωρισμού. Οι θεμελιώδεις και πρακτικές επιτυχίες σχετικά με το σχέδιο του νέου συστήματος ηλεκτροδίων έχουν ερευνηθεί και αναπτυχθεί από τον Iuga^{51-53,76}. Μια πειραματική μελέτη πραγματοποιήθηκε στην επιρροή της υλικής επιφανειακής υγρασίας στον ηλεκτροστατικό χωρισμό μόνωσης-μετάλλων⁵⁴.

Συγκρίνοντας τις προηγούμενες διαδικασίες με τις βιομηχανικές διαδικασίες επεξεργασίας ορυκτών, κάποια διαπιστώνει ότι τα μεγαλύτερα ελευθερωμένα μόρια με 5-8mm αντιμετωπίζονται συνήθως στην ανακύκλωση των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων, αν και καλούνται γενικά λεπτά μόρια. Στον ηλεκτροστατικό χωρισμό, τα χονδροειδή μόρια συλλέγουν τις μικρές συγκεκριμένες δαπάνες και ως εκ τούτου μικρές ηλεκτρικές δυνάμεις, ενώ έχοντας τις σχετικά μεγάλες φυγοκεντρικές δυνάμεις. Η βελτιστοποίηση του συστήματος ηλεκτροδίων, που ενισχύει την τάση ηλεκτροδίων, και χαμηλώνει την ταχύτητα στροφών μπορεί να μεγιστοποιήσει την εμμονή των μορίων των μονωτών.

Ένα από τα πλεονεκτήματα του ηλεκτροστατικού χωρισμού στην ανακύκλωση καλωδίων είναι να ληφθεί ένα προϊόν χωρίς μέταλλο. Εντούτοις, σε μερικές περιπτώσεις, η συγκεκριμένη αντίσταση ορισμένων τύπων των εύκαμπτων PVC και λάστιχων που χρησιμοποιούνται για να κάνουν τα καλώδια μειώνεται κάτω από $4 \times 10^{10} \Omega\text{m}$. Ως εκ τούτου, ο

ηλεκτροστατικός χωρισμός από κορώνα είναι δύσκολος επειδή ο σταθερός χρόνος εκφόρτωσης για τους μονωτές μπορεί να μειωθεί κάτω από $1s^{37}$.

5.3. Σπασμωδική κίνηση

Η σπασμωδική κίνηση, μια από τις παλαιότερες μεθόδους συγκεντρώσεων βαρύτητας, χρησιμοποιείται ευρέως στην βιομηχανική επεξεργασία ορυκτών για να συγκεντρώσει τα σχετικά χονδροειδή υλικά. Εάν η τροφή αρκετά ομοιόμορφα ταξινομείται (π.χ. 3-10mm), δεν είναι δύσκολο να επιτευχθεί ο καλός χωρισμός μιας στενής σειράς συγκεκριμένης πυκνότητας στα μεταλλεύματα στην τροφή⁵⁷.

Κατά συνέπεια, η διαδικασία σπασμωδικής κίνησης παρέχει μια καλή λύση για τα ταξινομημένα μικρά κομμάτια των μετάλλων σε σχέση με το χωρισμό από πυκνότητα. Τα πλεονεκτήματα της υγρής σπασμωδικής κίνησης είναι η ευρωστία, η υψηλή ικανότητα ανά επιφανειακής μονάδας, οι χαμηλές λειτουργικές δαπάνες και η καταλληλότητά της για να επεξεργαστούν τα μικρά μόρια μεγάλων ποσών. Σύμφωνα με τον De Jong και τον Dalmijn⁷⁷, στην επεξεργασία του απορρίμματος αυτοκινήτου, το μη σιδηρούχο μέρος των 4-16mm μπορεί να χωριστεί με την υγρή σπασμωδική κίνηση. Το ελαφρύ προϊόν αποτελείται κυρίως από το αλουμίνιο, το γυαλί, και την πέτρα, και το βαρύ προϊόν αποτελείται από τα μέταλλα, όπως ο χαλκός, ο μόλυβδος, ο ορείχαλκος, και το ανοξείδωτο κ.λπ. Ένα ανακυκλώσιμο ενδιάμεσο μέρος, που προστίθεται συνεχώς στην τροφοδοσία της σπασμωδικής κίνησης εισήχθη στην επί της οθόνης σπασμωδικής κίνησης. Σε αυτήν την μελέτη, οι αρχές της σπασμωδικής κίνησης και του ενδιάμεσου στρώματος συζητούνται πρώτα. Κατόπιν οι βέλτιστες ιδιότητες της ενδιάμεσης διανομής στρώματος και μετάλλων στη σπασμωδική κίνηση περιγράφονται.

Μια από τις σημαντικές εφαρμογές της σπασμωδικής κίνησης στην βιομηχανική ανακύκλωση είναι ο χωρισμός των ελαφριών και των βαριών προϊόντων στην ανακύκλωση των ερειπίων κατεδάφισης. Η υγρή σπασμωδική κίνηση επιτρέπει την επιτυχή ποιότητα ανακύκλωσης των βαρέων προϊόν. Οι δοκιμαστικές εγκαταστάσεις πραγματοποιήθηκαν στο Groot B.V., μια γερμανική επιχείρηση στο Heilo (Ολλανδία). Η δοκιμή είχε ως σκοπό να μειωθεί η περιεκτικότητα ελαφρύ προϊόντος ανακύκλωσης τουλάχιστον σε μέγιστο βάρος 0.1% ⁷⁸. Η σπασμωδική κίνηση δονητών χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η υγρή επεξεργασία των κατεστραμμένων ερειπίων με σπασμωδική κίνηση δονητών επιτρέπει μια ποιότητα προϊόντος που δεν είναι πιθανή να επιτευχθεί με τους ταξινομητές αερίου.

Πριν από τη δεκαετία του '90, αυτή η διαδικασία χρησιμοποιήθηκε επίσης για την ταξινόμηση των μη σιδηρούχων μετάλλων που συγκεντρώθηκαν στην ελαφριά επεξεργασία απορρίμματος του χάλυβα (υδραυλική σπασμωδική κίνηση) και του απορρίμματος καλωδίων (πνευματική σπασμωδική κίνηση). Πρόσφατα, ο Schmelzer⁷⁹ συζήτησε το χωρισμό των μιγμάτων μη σιδηρούχων μετάλλων με τα μόρια μεγέθους 4-10mm και 0.5-4mm, χρησιμοποιώντας ασυνεχές σπασμωδική κίνηση με σωλήνα σε σχήμα U. Ο πίνακας 13 παρουσιάζει τα αποτελέσματα του χωρισμού.

Η σημαντική ετερογένεια και η υψηλή πολυπλοκότητα των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων δυσκολεύει την λειτουργία μίας διαδικασίας σπασμωδικής κίνησης. Τα περίπλοκα κομμάτια απορρίμματος, ιδιαίτερα υλικά σε μορφή καλωδίων εμποδίζουν τη διαδικασία χωρισμού αρκετά και μπορούν να αποτρέψουν έναν χωρισμό στα αποτυχία ⁵⁶.

Πίνακας 13. Η μαζική αποκατάσταση και η σύνθεση πυκνότητας των ελαφριών και βαριών μερών προϊόντων jig επεξεργάζονται τη μεταχείριση των μινμάτων μη σιδηρούχων μετάλλων

Size fraction (mm)	Product Recovery (%)		Density distribution of products (g/cm ³)				
			<2.4	2.4-2.7	2.7-3.0	3.0-3.3	>3.3
10-4	Light	75.3	48.4	51.6	-	-	-
	Heavy	24.7	-	-	0.2	0.9	98.9
4-0.5	Light	76.7	42.1	56.1	1.8	-	-97.9
	Heavy	13.3	-	-	1.0	1.1	

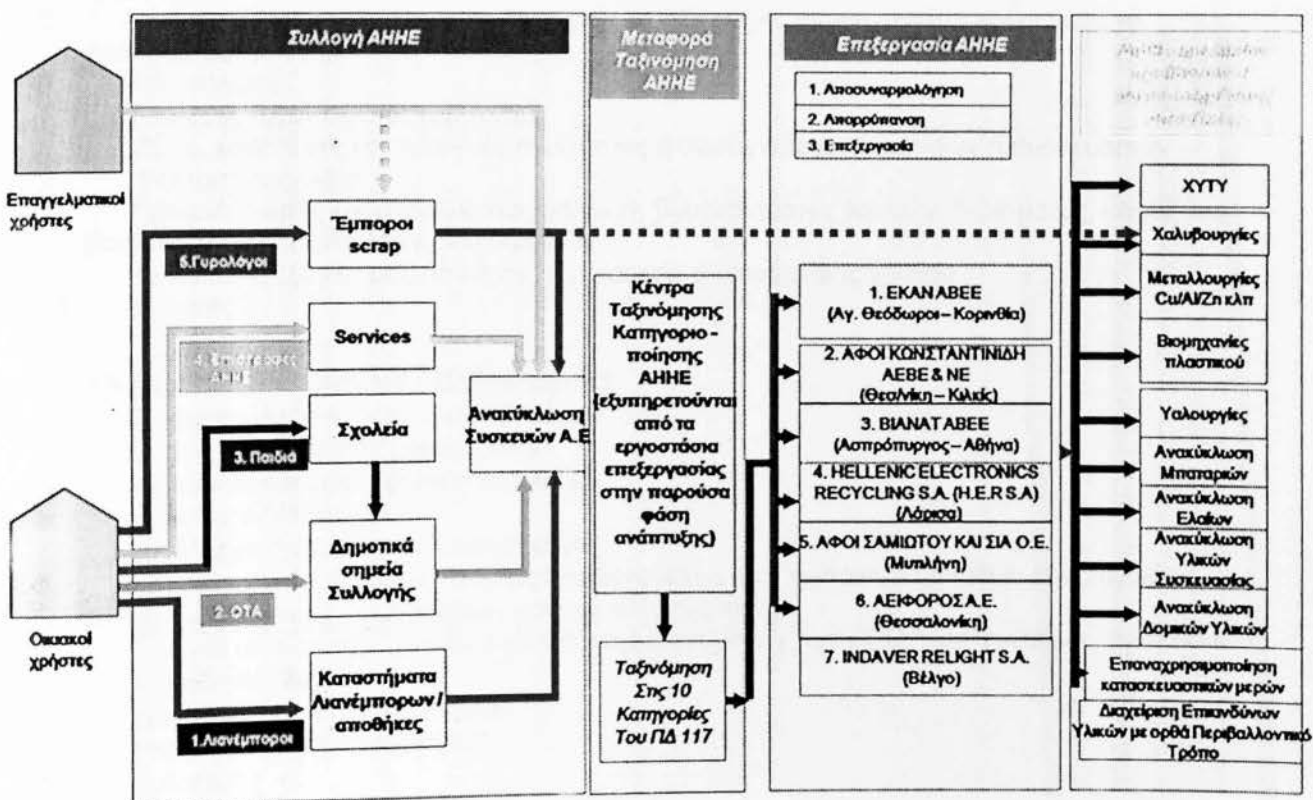
6. Λίγα λόγια για ανακύκλωση των ΑΗΗΣ στην Ελλάδα

Ο κάθε Δήμος θέλοντας να συμβάλει όσο το δυνατόν περισσότερο στην προστασία του περιβάλλοντος συμμετέχει, διαθέτοντας ειδικό κοντέινερ στην ανακύκλωση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών σε συνεργασία με την εταιρεία ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ Α.Ε. που αποτελεί τον υπεύθυνο φορέα για την οργάνωση και τη λειτουργία του Συλλογικού Συστήματος Εναλλακτικής Διαχείρισης των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (Α.Η.Η.Ε.) στην Ελλάδα.

6.1. Είδη αποβλήτων για ανακύκλωση

Όλες οι ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές μπορούν να ανακυκλωθούν! Οι κατηγορίες των προϊόντων που μπορούν να διαχειριστούν είναι οι μεγάλες οικιακές συσκευές, μικρές οικιακές συσκευές, εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών, καταναλωτικά είδη, φωτιστικά είδη, ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (εξαιρουμένων των μεγάλης κλίμακας σταθερών βιομηχανικών εργαλείων), παιχνίδια και εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού, ιατροτεχνολογικά προϊόντα (εξαιρουμένων των εμφυτεύσιμων και μολυσμένων), όργανα παρακολούθησης και ελέγχου και συσκευές αυτόματης διανομής.

Αναλυτικά όλες οι κατηγορίες παραθέτονται παρακάτω:



Ροή ΑΗΗΣ στην Ελλάδα (παρούσα κατάσταση)

Μεγάλες οικιακές συσκευές

1. Μεγάλες συσκευές ψύξης
2. Ψυγεία
3. Καταψύκτες

4. Άλλες μεγάλες συσκευές χρησιμοποιούμενες για ψύξη, διατήρηση και αποθήκευση τροφίμων
5. Πλυντήρια ρούχων
6. Στεγνωτήρια ρούχων
7. Πλυντήρια πιάτων
8. Συσκευές μαγειρικής
9. Ηλεκτρικές κουζίνες
10. Ηλεκτρικά μάτια
11. Φούρνοι μικροκυμάτων
12. Άλλες μεγάλες συσκευές χρησιμοποιούμενες για μαγείρεμα και άλλες επεξεργασίες τροφίμων
13. Ηλεκτρικές θερμάστρες
14. Ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα (ηλεκτρικά καλοριφέρ)
15. Άλλες μεγάλες συσκευές χρησιμοποιούμενες για θέρμανση χώρων, κρεβατιών, καθισμάτων
16. Ηλεκτρικοί ανεμιστήρες
17. Συσκευές κλιματισμού
18. Άλλα είδη εξοπλισμού αερισμού, απαγωγής αερίων και κλιματισμού

Μικρές οικιακές συσκευές

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

Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών

1. Συγκεντρωτική επεξεργασία δεδομένων :
2. Μεγάλοι υπολογιστές (mainframes)
3. Μεσαίοι υπολογιστές (mini computers)
4. Μονάδες εκτύπωσης
5. Συστήματα προσωπικών υπολογιστών :
6. Προσωπικοί υπολογιστές (συμπεριλαμβανομένων των κεντρικών μονάδων επεξεργασίας (CPU), των ποντικών, των οθονών και των πληκτρολογίων)
7. Φορητοί υπολογιστές (lap-top) (συμπεριλαμβανομένων των CPU, των ποντικών, των οθονών και των πληκτρολογίων)
8. Υπολογιστές τσέπης (notebook)
9. Υπολογιστές χειρός (notepad)
10. Εκτυπωτές
11. Φωτοαντιγραφικά μηχανήματα
12. Ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές γραφομηχανές
13. Αριθμομηχανές τσέπης και επιτραπέζιες
14. και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για τη συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία, παρουσίαση ή διαβίβαση πληροφοριών με ηλεκτρονικά μέσα
15. Τερματικά και συστήματα χρηστών
16. Συσκευές τηλεομοιοτυπίας (Φαξ)
17. Τηλέτυπα

18. Τηλέφωνα
19. Τηλεφωνικές συσκευές επί πληρωμή
20. Ασύρματα τηλέφωνα
21. Κινητά τηλέφωνα
22. Συστήματα τηλεφωνητών
23. και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για τη μετάδοση ήχου, εικόνων ή άλλων πληροφοριών με τηλεπικοινωνιακά μέσα

Καταναλωτικά είδη

1. Ραδιόφωνα
2. Τηλεοράσεις
3. Κάμερες μαγνητοσκόπησης (βιντεοκάμερες)
4. Μαγνητοσκόπια (συσκευές αναπαραγωγής εικόνας)
5. Συσκευές ηχογράφησης υψηλής πιστότητας
6. Ενισχυτές ήχου
7. Μουσικά όργανα
8. και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για την εγγραφή ή αναπαραγωγή ήχου ή εικόνων, συμπεριλαμβανομένων των σημάτων ή άλλων τεχνολογιών διανομής ήχου και εικόνας με άλλα πλην των τηλεπικοινωνιακών μέσα

Φωτιστικά είδη

1. Φωτιστικά για λαμπτήρες φθορισμού πλην των οικιακών φωτιστικών σωμάτων
2. Ευθείς λαμπτήρες φθορισμού
3. Λαμπτήρες φθορισμού μικρών διαστάσεων
4. Λαμπτήρες εκκενώσεως υψηλής έντασης, συμπεριλαμβανομένων των λαμπτήρων νατρίου υψηλής πίεσης και των λαμπτήρων αλογονούχων μετάλλων
5. Λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης
6. Άλλος φωτιστικός εξοπλισμός και εξοπλισμός προβολής ή ελέγχου του φωτός πλην των λαμπτήρων πυράκτωσης

Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (εξαιρουμένων των μεγάλης κλίμακας σταθερών βιομηχανικών εργαλείων)

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

Παιχνίδια και εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού

1. Ηλεκτρικά τραίνα ή αυτοκινητοδρόμια
2. Φορητές κονσόλες βίντεο παιχνιδιών
3. Βιντεοπαιχνίδια
4. Υπολογιστές για ποδηλασία, καταδύσεις, τρέξιμο, κωπηλασία, κλπ.
5. Αθλητικός εξοπλισμός με ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά κατασκευαστικά στοιχεία
6. Κερματοδέκτες τυχερών παιχνιδιών

Ιατροτεχνολογικά προϊόντα (εξαιρουμένων των εμφυτεύσιμων και μολυσμένων)

1. Ακτινοθεραπευτικός εξοπλισμός
2. Καρδιολογικός εξοπλισμός
3. Συσκευές αιμοκάθαρσης
4. Συσκευές πνευμονικής οξυγόνωσης
5. Εξοπλισμός πυρηνικής ιατρικής
6. Ιατρικός εξοπλισμός για in-vitro διάγνωση
7. Συσκευές ανάλυσης
8. Καταψύκτες
9. Τεστ γονιμοποίησης
10. Άλλες συσκευές για την ανίχνευση, την πρόληψη, την παρακολούθηση, την αντιμετώπιση ή την ανακούφιση ασθενειών, σωματικών βλαβών και αναπηριών

Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου

1. Ανιχνευτές καπνού
2. Συσκευές θερμορύθμισης
3. Θερμοστάτες
4. Συσκευές μέτρησης, ζύγισης η προσαρμογής για οικιακή η εργαστηριακή χρήση
5. Άλλα όργανα παρακολούθησης και ελέγχου χρησιμοποιούμενα σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις (π.χ. σε ταμπλό ελέγχου)

Συσκευές αυτόματης διανομής

1. Συσκευές αυτόματης διανομής θερμών ποτών
2. Συσκευές αυτόματης διανομής θερμών ή ψυχρών φιαλών ή μεταλλικών δοχείων
3. Συσκευές αυτόματης διανομής στερεών προϊόντων
4. Συσκευές αυτόματης διανομής χρημάτων
5. Κάθε είδους συσκευές αυτόματης διανομής οποιουδήποτε προϊόντος

Ηλεκτρονικοί υπολογιστές

Η βιομηχανία των υπολογιστών, χωρίς να μολύνει όσο άλλες βιομηχανίες, αποτελεί πλέον έναν υπολογισμό παράγοντα επιβάρυνσης του περιβάλλοντος.

Οι υπολογιστές επιβαρύνουν το περιβάλλον με στερεά και τοξικά απόβλητα, που δημιουργούνται σε όλα τα στάδια της ζωής τους, από την παραγωγή των επιμέρους τμημάτων τους έως το τέλος της ζωής τους.

Ένα σημαντικό ποσοστό της καταναλωμένης ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες οφείλεται στη χρήση των υπολογιστών.

Εργασίες ερευνητικών ομάδων, ανέτρεψαν την εντύπωση ότι η βιομηχανία των υπολογιστών είναι "καθαρή" σε σχέση με άλλες βιομηχανίες, όπως οι χαρτοβιομηχανίες και τα πετροχημικά εργοστάσια.

Τα απόβλητα της βιομηχανίας υπολογιστών, ειδικά των εργοστασίων παραγωγής ημιαγωγών, μολύνουν τον αέρα, το έδαφος και τα υπόγεια νερά.

Η συμμετοχή στα αστικά απορρίμματα υλικών όπως: μπαταρίες, πλαστικά μέρη, χαρτί, ταινίες και toner εκτυπωτών, οθόνες, μεταχειρισμένοι υπολογιστές και μαγνητικά μέσα, είναι προς το παρόν μικρή, αλλά με αυξητικές τάσεις, καθώς η χρήση των υπολογιστών γενικεύεται.

* Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές έχουν κυριεύσει την ζωή μας. Σε λίγα χρόνια κάθε σπίτι θα έχει ηλεκτρονικό υπολογιστή.

* Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές αντικαθίστανται, κατά μέσο όρο, κάθε 3 χρόνια

* Φαντάζεστε πόσοι υπολογιστές υπάρχουν σε όλο τον κόσμο και πόσοι απ' αυτούς θα

πεταχτούν;

* Όπως γίνεται ανακύκλωση χαρτιού και άλλων υλικών, έτσι πρέπει να αρχίσει η ανακύκλωση των υλικών των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

* Όταν για κάποιο λόγο χαλάσει ο υπολογιστής μας θα πρέπει να μην τον πετάξουμε, αλλά να τον δώσουμε σε ειδικές εταιρείες για να τον ανακυκλώσουν.

* Γιατί ανακυκλώνουμε τα υλικά υπολογιστή.

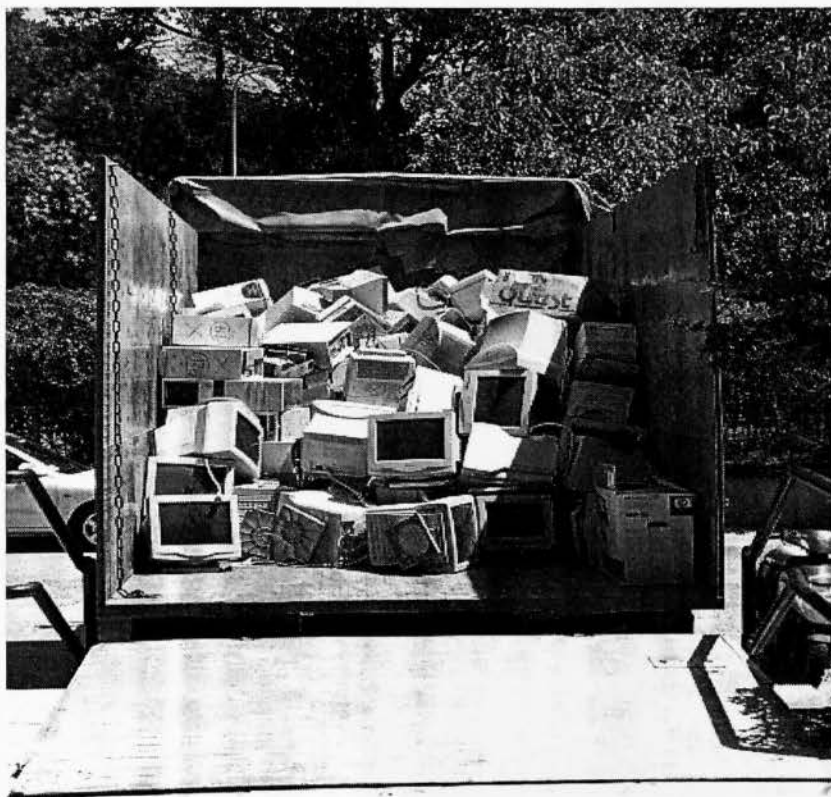
* Μειώνουμε την ανάγκη για καινούργια υλικά

* Μειώνουμε το κόστος παραγωγής

* Υπάρχουν επικίνδυνα στοιχεία που πρέπει να διατεθούν κατάλληλα

* Παρατείνεται η ζωή των χωματερών

* Είναι εύκολο.



Παλιοί Η/Υ, χαλασμένα φωτοτυπικά και οτιδήποτε άλλες ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές να μην πετούνται στα σκουπίδια.



Κοντέινερ συλλογής ογκωδών ηλεκτρικών συσκευών.

Μπαταρίες

Το τοξικότερο από τα απόβλητα των υπολογιστών είναι οι μπαταρίες τους, οι οποίες περιέχουν μόλυβδο, κάδμιο και υδράργυρο. Όλοι οι υπολογιστές έχουν μια κοινή μπαταρία, ενώ οι φορητοί τροφοδοτούνται από μπαταρίες νικελίου-καδμίου.

Έρευνες σε 11 χωματερές στις Η.Π.Α. και στον Καναδά, ανακάλυψαν πως αν και οι μπαταρίες αποτελούν μόνον το 0,2% του όγκου των απορριμμάτων, απ' αυτές προέρχεται το 20% των τοξικών ουσιών των απορριμμάτων, ενώ αποτελούν την κύρια πηγή καδμίου.

Πολλές από τις μπαταρίες που πετιούνται στην πραγματικότητα δεν είναι άχρηστες αλλά δυσλειτουργούν λόγω κακής συντήρησης. Η ζωή μίας μπαταρίας νικελίου-καδμίου ανέρχεται σε 300 με 500 φορτίσεις.

Πλαστικά

Ορισμένα πλαστικά που χρησιμοποιούνται σε υπολογιστές περιέχουν μόλυβδο, κάδμιο και άλλα βαρέα μέταλλα, γεγονός που τα κάνει τοξικά.

Στην Ευρώπη ισχύει ένα χρονοδιάγραμμα εξάλειψης της χρήσης καδμίου από πολλές κατηγορίες πλαστικών, ενώ στις Η.Π.Α. μεμονωμένες εταιρίες έχουν ξεκινήσει παρόμοια προγράμματα.

Διάφορες μελέτες έδειξαν ότι τα περισσότερα πλαστικά τμήματα των υπολογιστών μπορεί να λιωθούν και επαναχρησιμοποιηθούν. Τα ανακυκλούμενα πλαστικά διατηρούν όλες τις βασικές ιδιότητές τους, μετά από διαδοχικές ανακυκλώσεις, εκτός από το χρώμα τους το οποίο συνεχώς σκουραίνει.

Χρήση χαρτιού

Οι εξαγγελίες της βιομηχανίας των υπολογιστών για τη δημιουργία σύγχρονων γραφείων, όπου η πληροφορία θα διακινείται όχι σε χαρτί αλλά με ηλεκτρονικό τρόπο, φαντάζουν σαν όνειρα θερινής νύχτας.

Η σύγχρονη τεχνολογία όχι μόνον δεν περιορίσε τη χρήση του χαρτιού σαν μέσο διακίνησης της πληροφορίας, αλλά αντιθέτως την αύξησε κατακόρυφα.

Η παραγωγή λευκών φύλλων χαρτιού, για χρήση σε υπολογιστές και φωτοτυπικά μηχανήματα το 1976 ήταν 6,5 εκατομμύρια τόνοι ενώ το 1990 έφθασε τους 11,5 εκατομμύρια τόνους.

(Για την παραγωγή ενός τόνου χαρτιού χρειάζονται περίπου 2,2 τόνοι δέντρα).

Το πακέτο των Windows 3.0 περιλάμβανε έντυπα συνολικού βάρους περίπου ενός κιλού ανά πακέτο.

Υπολογίζεται ότι πωλήθηκαν περί τα 10 εκατομμύρια πακέτα του προϊόντος, που σημαίνει κατανάλωση τουλάχιστον 10 εκατομμυρίων τόνων χαρτιού, μόνον για το προϊόν αυτό.

Με δεδομένο το γιγαντισμό των σύγχρονων πακέτων λογισμικού, όλες οι εταιρίες έχουν εγκαινιάσει τη διανομή των εγχειριδίων, σε οπτικό δίσκο (CD-ROM).

Με τον τρόπο αυτό, ελαττώνουν τις περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις της αυξημένης παραγωγής χαρτιού και ωφελούνται οικονομικά, καθώς το προϊόν γίνεται μικρότερο σε όγκο και διακινείται ευκολότερα.

Η ανακύκλωση χαρτιού και η σημασία της για το περιβάλλον.

* Το ανακυκλωμένο χαρτί φτιάχνεται από ήδη χρησιμοποιημένα χαρτιά και έτσι προστατεύονται τα δάση

* Ελαττώνεται η μόλυνση του αέρα, του νερού και του εδάφους

* Κάθε τόνος από ανακυκλωμένο χαρτί σώζει:

-17 δέντρα

-28.000 λίτρα νερού

-4.200 κιλοβατώρες ενέργειας

-1.600 λίτρα καύσιμη ύλη

* Το ανακυκλωμένο χαρτί παράγει 60% λιγότερο μολυσμένο αέρα από το χαρτί το οποίο φτιάχνεται από τα δέντρα

* Η ανακύκλωση παρατείνει τη ζωή των χωματερών.

Toner & αναλώσιμα εκτυπωτών

Τα toner εκτυπωτών είναι πλαστικά δοχεία που περιέχουν γραφίτη (laser) ή μελάνη (ink jet).

Το 1990 παρήχθησαν παγκοσμίως περίπου 12 εκατομμύρια toner, το 1992 περίπου 19 εκατομμύρια, ενώ το 1995 ο αριθμός έφθασε στα 28 εκατομμύρια.

Οι χωματερές παγκοσμίως επιβαρύνονται με ένα μη βιοαπτοικοδομήσιμο υλικό, σε ποσότητες που δεν μπορούν να αγνοηθούν.

Διάφορες εταιρίες έχουν ξεκινήσει προγράμματα για την ανακύκλωση τους. Π.χ. εταιρία Apple για κάθε toner που πωλείται στις Η.Π.Α. έχει προπληρωμένο το ταχυδρομικό τέλος για την επιστροφή του από τον αγοραστή στην εταιρία, όταν αυτό αδειάσει.

Για κάθε toner που επιστρέφεται, η Apple δίνει 1\$ σε οργανισμούς προστασίας του περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της εταιρίας, το 95% των toner επιστρέφεται με τον τρόπο αυτό, ενώ πολλά από αυτά ανακυκλώνονται ή γεμίζονται εκ νέου.

Γιατί ανακυκλώνουμε τα πλαστικά δοχεία μελάνης και γραφίτη των εκτυπωτών.

* Μειώνουμε τις αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον: Η μελάνη προσθέτει τοξίνες στο περιβάλλον και τα πλαστικά δεν διασπώνται

* Μειώνουμε τη ζήτηση για φυσικές πηγές που χρειάζονται για την παραγωγή τους

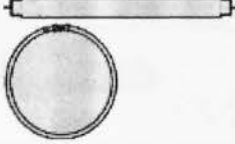
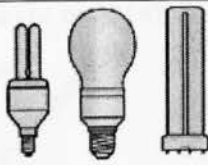

* Μειώνονται οι χωματερές

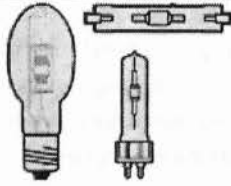
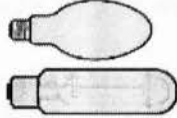
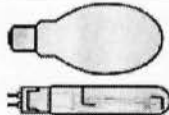


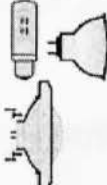
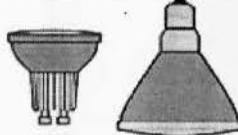
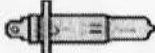
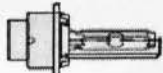
* Είναι εύκολη. Μπορούμε να ξαναγεμίσουμε και τα δοχεία γραφίτη για τους εκτυπωτές laser και τα δοχεία μελανιού για τους εκτυπωτές inkjet.

Λαμπτήρες

Τους λαμπτήρες μπορείτε να αφήσετε σε ειδικούς κάδους που έχουν τοποθετηθεί σε σημεία πώλησης λαμπτήρων.

Λαμπτήρες που ανακυκλώνονται:

Λαμπτήρες φθορισμού	
Λαμπτήρες φθορισμού μικρών διαστάσεων	
Λαμπτήρες υψηλής πίεσης υδρογόνου ατμού	

Λαμπτήρες υψηλής πίεσης μεταλλικών αλογονιδίων	
Λαμπτήρες υψηλής πίεσης νατρίου	
Λαμπτήρες νατρίου Xenon	
Λαμπτήρες χαμηλής πίεσης νατρίου ατμού	
Λαμπτήρες υψηλής πίεσης Xenon	
Λαμπτήρες βολφραμίου αλογόνου	
Λαμπτήρες υψηλής τάσεως με ανακλαστήρες	
Λαμπτήρες προβολέων οχημάτων	
Λαμπτήρες προβολέων οχημάτων, Xenon	

Δεν ανακυκλώνονται οι Λαμπτήρες Πυρακτώσεως (κοινός Λαμπτήρες – φωτογραφία πιο κάτω) οι οποίοι σταδιακά θα αποσυρθούν από την αγορά (μέχρι το 2014).



Οθόνες

Όλα τα μέρη μιας οθόνης μπορεί να χρησιμοποιηθούν ξανά εκτός από τον καθοδικό σωλήνα ο οποίος περιέχει μόλυβδο και για αυτό απορρίπτεται σε χωματερές.

Εταιρίες στις Η.Π.Α. ειδικεύονται στην πώληση επισκευασμένων οθονών, καθώς η συνήθης βλάβη σ' αυτές δεν είναι ο καθοδικός σωλήνας αλλά το ηλεκτρονικό πυροβόλο, βλάβη που μπορεί να αποκατασταθεί.

Οι οθόνες αυτές πωλούνται 50% με 60% φθηνότερα από τις αντίστοιχες καινούργιες.

Μεταχειρισμένα συστήματα

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών έχει σαν αποτέλεσμα να αντικαθίστανται σχεδόν καινούργιοι υπολογιστές από άλλους νεότερους.

Υπάρχει παγκόσμια μια συνεχώς αυξανόμενη ποσότητα μεταχειρισμένων υπολογιστών.

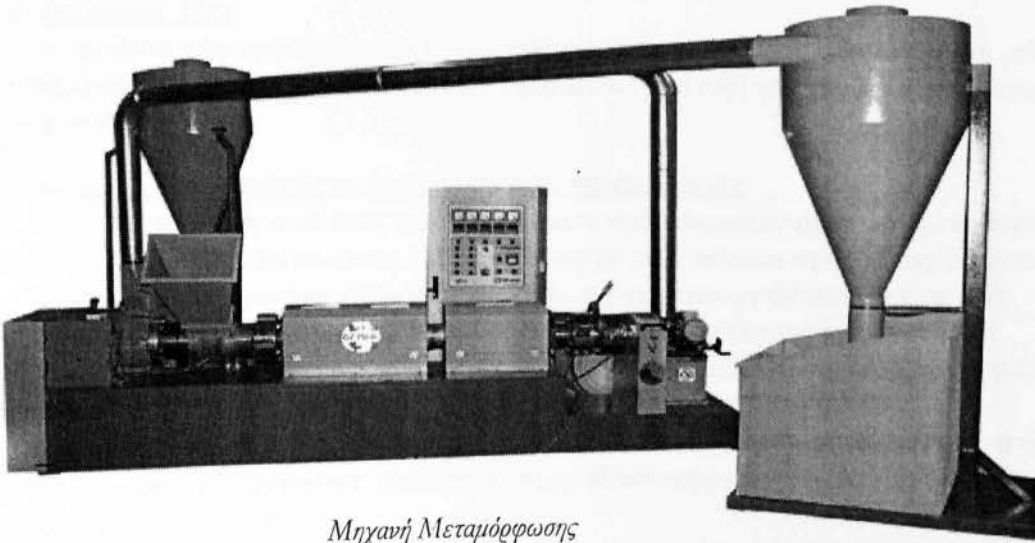
Όλα τα τμήματα ενός υπολογιστή, τόσο ηλεκτρονικά όσο και μηχανικά, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.

Οι μεταχειρισμένοι υπολογιστές μπορούν να δίνονται (δωρεάν) σε διάφορα ιδρύματα και οργανισμούς, σε χώρες του Τρίτου Κόσμου, στην Ανατολική Ευρώπη κ.λπ.

Οι εταιρίες κατασκευής υπολογιστών, πρέπει να προσπαθήσουν να μειώσουν την ποσότητα των μεταχειρισμένων υπολογιστών αλλά και, ταυτόχρονα, να ικανοποιήσουν την ανάγκη των χρηστών για μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ.

Αυτό μπορεί να γίνει με την κατασκευή επεκτάσιμων υπολογιστών

οι οποίοι πρέπει να μπορούν να αναβαθμίζονται σε ισχυρότερα συστήματα με μικρές αλλαγές ή προσθήκες, ώστε να αυξάνει η ωφέλιμη ζωή τους και να καθυστερεί η ολική αντικατάστασή τους.



Μηχανή Μεταμόρφωσης

Εξοικονόμηση ενέργειας

Στο Μόναχο, στα γραφεία της INTEL, υπάρχει ένας υπάλληλος του οποίου η ασχολία είναι να περιδιαβαίνει το κτίριο ανά τακτά χρονικά διαστήματα και να κλείνει όσους υπολογιστές δε χρησιμοποιούνται.

Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η κατανάλωση ενέργειας από τους υπολογιστές, αμελητέα κάποτε, σήμερα έχει γίνει σημαντικός παράγοντας στον ενεργειακό προϋπολογισμό κάθε μεγάλης εταιρίας.

Η παγκόσμια τάση για εξοικονόμησης ενέργειας, έχει οδηγήσει τις βιομηχανίες κατασκευής υπολογιστών σε προσπάθειες για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Έτσι τα σύγχρονα μοντέλα υπολογιστών εξοπλίζονται με έξυπνα συστήματα διαχείρισης

ενέργειας που φροντίζουν για την προσωρινή παύση της λειτουργίας της οθόνης, των δίσκων, κ.λπ., όταν δεν χρησιμοποιούνται για κάποιο χρονικό διάστημα.

Οι οθόνες που διαθέτουν τέτοια συστήματα διαχείρισης ενέργειας διακρίνονται από το χαρακτηριστικό "Energy Star" και πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές TCO, ώστε να θεωρούνται οικολογικές.



Προδιαγραφές TCO

Τα προϊόντα που εγκρίθηκαν και τιτλοφορήθηκαν από την TCO, συμβάλλουν στη μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος και στην περαιτέρω ανάπτυξη ηλεκτρονικών προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον.

Γιατί έχουμε υπολογιστές με περιβαλλοντικές προδιαγραφές;

Σε πολλές χώρες, η υιοθέτηση περιβαλλοντικών προδιαγραφών αποτελεί μια καθιερωμένη μέθοδο ενθάρρυνσης δημιουργίας αγαθών και υπηρεσιών φιλικών προς το περιβάλλον.

Το βασικό πρόβλημα των υπολογιστών και των ηλεκτρονικών συσκευών είναι πως χρησιμοποιούνται επιζήμιες για το περιβάλλον ουσίες στο στάδιο της κατασκευής.

Επειδή οι περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές δεν ανακυκλώνονται με ικανοποιητικό τρόπο, οι περισσότερες από αυτές τις ουσίες καταλήγουν αργά ή γρήγορα στη φύση.

Υπάρχουν επίσης και άλλα χαρακτηριστικά των υπολογιστών, όπως τα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας, που είναι σημαντικά, τόσο για το περιβάλλον εργασίας (εσωτερικό) όσο και για το φυσικό περιβάλλον (εξωτερικό).

Επειδή όλες οι συμβατικές μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον (εκπομπές οξέων και επιρροής του κλίματος, ραδιενεργά κατάλοιπα κ.λπ.) η εξοικονόμηση ενέργειας είναι απαραίτητη.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές των γραφείων καταναλώνουν τεράστια ποσοστά ενέργειας, κυρίως επειδή τις περισσότερες φορές μένουν συνέχεια ανοιχτές.

Πώς γίνεται η τοποθέτηση περιβαλλοντικών ετικετών;

Οι προϋποθέσεις TCO '95 που επιβάλλουν την τοποθέτηση περιβαλλοντικών ετικετών διεθνώς, αναπτύχθηκαν από τις TCO (Σουηδική Συνομοσπονδία Επαγγελματικών Υπαλλήλων), τη Naturskyddsforeningen (Σουηδική Ένωση Προστασίας της Φύσης) και τη NUTEK (Σουηδική Εθνική Επιτροπή Βιομηχανικής και Τεχνικής Ανάπτυξης). Οι προϋποθέσεις καλύπτουν μια μεγάλη κλίμακα

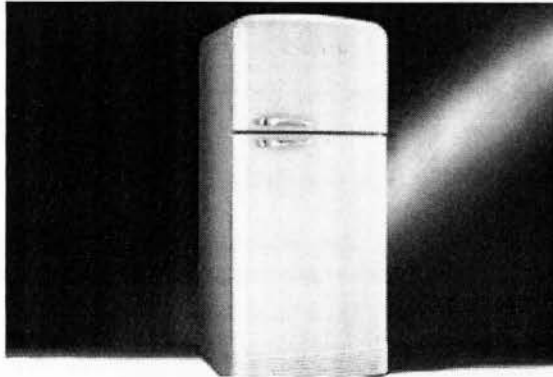
θεμάτων περιβάλλοντος, εργονομίας, χρησιμότητας, εκπομπής ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων, κατανάλωσης ενέργειας και κινδύνων ηλεκτροπληξίας ή πυρκαγιάς.

Οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις απαιτούν περιορισμούς της παρουσίας και χρήσης βαρέων μετάλλων, βρωμιούχων και χλωριούχων επιβραδυντήρων φλόγας, υδροχλωρονθράκων (φρέον) και χλωριούχων διαλυτών κλπ. Το προϊόν πρέπει να είναι έτοιμο για ανακύκλωση και ο κατασκευαστής υποχρεούται να διαθέτει ένα περιβαλλοντικό σχέδιο ανάλογα με τους κανονισμούς κάθε χώρας όπου η εταιρία εφαρμόζει την επιχειρησιακή πολιτική της.

Οι απαιτήσεις ενέργειας περιλαμβάνουν την προϋπόθεση ο υπολογιστής και η οθόνη, μετά από μια περίοδο αδράνειας, να μειώνουν την κατανάλωση ρεύματος σε ένα ή περισσότερα στάδια. Η διάρκεια του χρόνου που θα απαιτηθεί για την επανεργοποίηση της συσκευής πρέπει να είναι λογική για το χρήστη.

Τα προϊόντα με περιβαλλοντικές ετικέτες πρέπει να τηρούν ορισμένες περιβαλλοντικές προϋποθέσεις. Για παράδειγμα, προκειμένου να μειωθούν τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, απαιτείται φυσική και οπτική εργονομία και σωστή χρηστικότητα.

6.2. Απόσυρση παλιών οικιακών ηλεκτρικών συσκευών



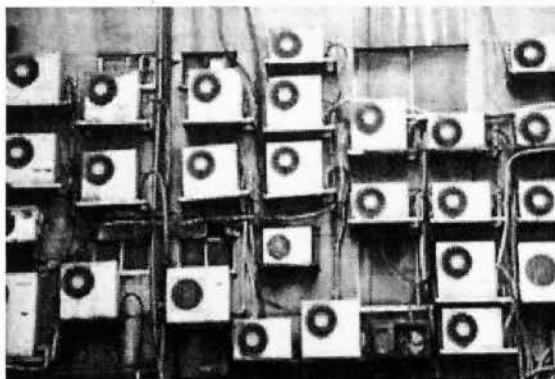
Ο πρώην υπουργός Ανάπτυξης **Κωστής Χατζηδάκης** προώθησε τροπολογία που κατατέθηκε στη Βουλή με την οποία θα μπορεί να προκηρύσσει δράσεις, που αφορούν την αντικατάσταση παλιών οικιακών ηλεκτρικών συσκευών.

Ο πρώην υπουργός θα μπορούσε να προκηρύσσει δράσεις σχετικά με την απόσυρση παλιών ενεργοβόρων οικιακών ηλεκτρικών συσκευών, χρηματοδοτούμενες από το **Πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων (Π.Δ.Ε)**.

Η εν λόγω τροπολογία θα προβλέπει την αντικατάσταση ενεργοβόρων οικιακών συσκευών με άλλες συσκευές υψηλής ενεργειακής απόδοσης, την απόσυρσή τους, τον φορέα χρηματοδότησης, τη διάρκεια και τη διαδικασία εφαρμογής των δράσεων, καθώς και τα απαιτούμενα δικαιολογητικά.

Ο πρώην υπουργός Ανάπτυξης θα μπορούσε επίσης να καθορίζει το είδος των συσκευών που πρόκειται να αποσυρθούν, το φορέα πληρωμής και γενικότερα οποιαδήποτε λεπτομέρεια σχετική με την εφαρμογή του συγκεκριμένου προγράμματος.

6.3. Πρόγραμμα απόσυρσης παλιών κλιματιστικών



Πρόγραμμα απόσυρσης παλιών κλιματιστικών είχε ανακοινώσει το υπουργείο Ανάπτυξης, που ξεκίνησε από τις 7/6/2009 και είχε διάρκεια 6 μηνών, με επιδότηση 35% για την αγορά καινούργιου κλιματιστικού.

Στην επιδότηση υπήρξε όριο μέχρι 500 ευρώ, ενώ κάθε καταναλωτής θα μπορούσε να αποσύρει μέχρι δύο κλιματιστικές συσκευές 9,000-24,000 BTU.

Η αγορά των νέων κλιματιστικών προϋποθέτει να είναι υψηλής ενεργειακής κλάσης, inverter A ή B στις μεγάλες συσκευές.

Το υπουργείο Ανάπτυξης εκτίμησε ότι θα αποσυρόντουσαν 50,000 με 60,000 κλιματιστικά.

Το εν λόγω πρόγραμμα συντέλεσε στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών με τα κλιματιστικά υψηλής ενεργειακής κλάσης και στο περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.

Στο πρόγραμμα της απόσυρσης παλαιών κλιματιστικών είχε συμμετάσχει και η εταιρεία «Ανακύκλωση ΑΕ» του υπουργείου ΠΕΧΩΔΕ, όπου ανακύκλωνε τα παλιά κλιματιστικά και μπόρεσαν οι εταιρείες να εισπράξουν τη διαφορά κόστους..

Ο καταναλωτής θα μπορούσε να πηγαίνει σε οποιοδήποτε κατάστημα της αρεσκείας του, δηλώνοντας τα στοιχεία της ταυτότητας του, της παλιάς συσκευής και τον αριθμό λογαριασμού της ΔΕΗ για να πιστοποιείται ότι η συσκευή βρίσκεται σε κατοικία και όχι σε επαγγελματικό κτίριο.

Ο καταναλωτής θα πλήρωνε τη διαφορά που προκύπτει από τη τιμή του κλιματιστικού μείον του 35% που είναι η επιδότηση, με ανώτατο όριο έκπτωσης 500 ευρώ.

Το μέσο κόστος αγοράς ενός κλιματιστικού ήταν περίπου 800 ευρώ που σημαίνει ότι ο μέσος όρος επιδότησης ήταν 280 ευρώ . Παράλληλα το υπουργείο Ανάπτυξης ανακοίνωσε κάποιες τιμές για τις συσκευές για να αποφευχθεί τυχόν υπερτίμηση των κλιματιστικών.

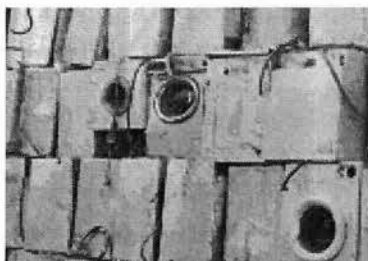
Στο πρόγραμμα μπορούσαν να συμμετάσχουν όλοι οι πολίτες ανεξαρτήτου ηλικίας που έχουν στη κατοικία τους παλιά συσκευή εν λειτουργία και θέλουν να την αντικαταστήσουν και ίσχυε για όλη την Ελλάδα.

Έστω ότι ένα κλιματιστικό κόστιζε 900 ευρώ με το ΦΠΑ, τότε η επιδότηση είναι το 35% της τιμής δηλαδή 315 ευρώ και ο καταναλωτής καλείται να πληρώσει τη διαφορά δηλαδή 585 ευρώ.

Αν ένα κλιματιστικό κόστιζε 1500 ευρώ μαζί με το ΦΠΑ , τότε το ποσό της επιδότησης είναι 525 ευρώ που υπερβαίνει το ανώτατο όριο των 500 ευρώ. Ο καταναλωτής καλείται να καταβάλει τη διαφορά $1500 - 500 = 1000$ ευρώ.

Ο κάθε καταναλωτής μπορούσε να επιδοτηθεί μέχρι και 2 συσκευές κλιματιστικών. Με επίδειξη της αστυνομικής του ταυτότητας και μια φωτοτυπία της ή φωτοτυπία του Διαβατηρίου αν είναι ξένης υπηκοότητας, καθώς και με αντίγραφο του λογαριασμού της ΔΕΗ θα μπορούσε να αντικαταστήσει το παλιό του κλιματιστικό με ένα καινούργιο.

6.4.Εναλλακτική Διαχείριση των ΑΗΗΕ



Ως «Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού» ή «ΑΗΗΕ» εννοείται ο ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός που θεωρείται απόβλητο κατά την έννοια του άρθρου 2 στοιχεία (α) της 50910/2003 ΚΥΑ σε συνδυασμό με την παραγ.4 του άρθρου 2 του Ν. 2939/2001 συμπεριλαμβανομένων όλων των κατασκευαστικών στοιχείων, των συναρμολογημένων μερών και των αναλωσίμων, που συνιστούν τμήμα του προϊόντος κατά τον χρόνο απόρριψής του.

Τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) έχουν προσδιοριστεί από την Κοινοτική και την Εθνική μας νομοθεσία ως ρεύμα αποβλήτων προτεραιότητας, λόγω της επικινδυνότητάς τους, της ταχείας αύξησης του όγκου τους και των σημαντικών επιπτώσεων που προκαλεί η παραγωγή του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στο περιβάλλον, εξ αιτίας της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας.

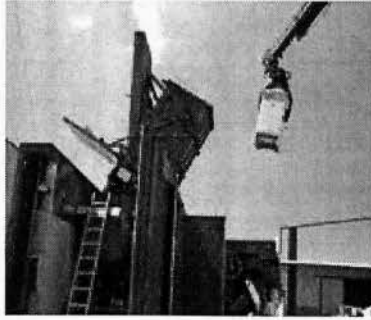
Οι διατάξεις των ΠΔ 117/2004 (ΦΕΚ 82 Α) και ΠΔ 15/2006 (ΦΕΚ 12 Α), σε συμμόρφωση με τις διατάξεις των Οδηγιών 2002/96/ΕΚ (WEEE), 2002/95/ΕΚ (RoHS) και 108/2003/ΕΚ, επιβάλλουν τη χωριστή συλλογή των ΑΗΗΕ από τα οικιακά απόβλητα και την εξειδικευμένη επεξεργασία τους, με σκοπό την αξιοποίησή τους κατά την οποία θα πρέπει να επιτυγχάνεται υψηλό επίπεδο ανακύκλωσης.



Στο πεδίο εφαρμογής των νομοθετικών διατάξεων εμπίπτουν όλα τα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΗΗΕ) που χρησιμοποιούνται από τους καταναλωτές καθώς και τα είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που προορίζονται για επαγγελματική χρήση.

Η ευθύνη για την οργάνωση της χωριστής συλλογής και αξιοποίησης των ΑΗΗΕ επιβάλλεται στους παραγωγούς ΗΗΕ, δηλ. σε κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο που διαθέτει για πρώτη φορά στην ελληνική αγορά προϊόντα ηλεκτρικού & ηλεκτρονικού εξοπλισμού, ανεξάρτητα από τη χώρα προέλευσης τους, είτε αυτά προορίζονται για οικιακή (B2C) είτε για επαγγελματική χρήση (B2B).

Με απόφαση του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ τον Ιούνιο του 2004 εγκρίθηκε το εθνικής εμβέλειας συλλογικό σύστημα ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΑΕ, για την εναλλακτική διαχείριση όλων των κατηγοριών ΑΗΗΕ, οικιακής και μη οικιακής προέλευσης, συμπεριλαμβανομένων και των ιστορικών αποβλήτων. Το σύστημα λειτουργεί με βάση την αρχή της μη επιδίωξης κερδών και έχει ως κύρια επιδίωξη την επίτευξη των εθνικών στόχων, την ενημέρωση-ευαισθητοποίηση των παραγωγών και του κοινού και την υποβολή στην αρχή κάθε έτους αναλυτικής έκθεσης στο ΥΠΕΧΩΔΕ, σχετικά με την εφαρμογή του συστήματος και τον τρόπο εκπλήρωσης των υποχρεώσεων των συμβεβλημένων παραγωγών.



Οι τελικοί χρήστες των ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού έχουν την υποχρέωση να επιστρέφουν χωρίς οικονομική επιβάρυνση τις συσκευές, μετά τη ολοκλήρωση της χρήσης τους, σε ειδικούς χώρους (σημεία συλλογής). Διαφορετικά, κατά την αγορά μιας καινούργιας συσκευής για να ανακυκλώσουμε την παλιά μπορούμε να απευθυνόμαστε στα καταστήματα πωλήσεων ηλεκτρικών συσκευών στα οποία βάσει νομοθεσίας παραλαμβάνεται χωρίς επιβάρυνση ο αποσυρόμενος εξοπλισμός με σχέση ένα προς ένα και ισοδύναμου τύπου.

7. Παγκόσμια συμφωνία για ανακύκλωση κινητών τηλεφώνων



Διαλυμένα κινητά τηλέφωνα για εξαγωγή διαφόρων συστατικών

Με βάση τη συνθήκη της Βασιλείας που αφορά τον έλεγχο και την καταστροφή των απορριμμάτων, ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) κινείται προκειμένου να επιτευχθεί μία

συμφωνία σε παγκόσμιο επίπεδο για την καταστροφή των άχρηστων συσκευών κινητών τηλεφώνων. Πρωτοστάτες αλλά και συνεργάτες του ΟΗΕ σε αυτή τη προσπάθεια θα είναι δύο εκ των κορυφαίων εταιριών κινητής τηλεφωνίας στον κόσμο (Nokia, Vodafone), ενώ απαραίτητη είναι και η συνεργασία με τον κλάδο της βιομηχανίας διάλυσης.

Η Ευρώπη, η Βόρεια Αμερική και η Ιαπωνία έχουν ήδη συμφωνήσει προς την κατεύθυνση της καταστροφής των άχρηστων συσκευών κινητών τηλεφώνων και αν η κίνηση του ΟΗΕ στεφθεί με επιτυχία, τότε μία τελική παγκόσμια συμφωνία -στο πολύ σημαντικό αυτό περιβαλλοντικό ζήτημα- θα προετοιμάσει με τον καλύτερο τρόπο το έδαφος για την παγκόσμια σύνοδο, την ερχόμενη χρονιά στην Αφρική.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ήδη υιοθετήσει ένα σύστημα βάση του οποίου οι κατασκευαστές κινητών τηλεφώνων υποχρεούνται να αναλαμβάνουν το πλήρες κόστος της διαχείρισης των άχρηστων συσκευών κινητών τηλεφώνων, χωρίς ωστόσο να διευκρινίζονται τα οικονομικά μεγέθη αυτής της διαδικασίας. Να σημειωθεί εδώ ότι οι συσκευές κινητών τηλεφώνων περιέχουν πολύτιμα μέταλλα, όπως πλατίνα, χρυσό, χαλκό, αλουμίνιο, μαγνήσιο και πλαστικά.

Η Υπηρεσία Διεθνούς Ανακύκλωσης, που εδρεύει στις Βρυξέλλες, αναφέρει ότι είναι αναγκαίο ένα παγκόσμιο πλαίσιο για τη συλλογή, επεξεργασία και καταστροφή των άχρηστων συσκευών κινητών τηλεφώνων. Ο Ρος Μπέρκλεϋ, στέλεχος της παραπάνω υπηρεσίας δήλωσε σχετικά: «Σε πρακτικούς όρους, ελπίζουμε ότι τέτοια σχέδια θα είναι βιώσιμα και ότι θα εξασφαλίσουν πως τα ηλεκτρονικά απορρίμματα θα ενταχθούν στο πρόγραμμα ανακύκλωσης». Ο ΟΗΕ ολοκλήρωσε τις προκαταρκτικές συνομιλίες με εκπροσώπους των κατασκευαστριών εταιριών και της βιομηχανίας διάλυσης στη Γενεύη τον Ιούλιο, εν όψει της διετούς συνόδου στο Ναϊρόμπι στα τέλη του 2006.

Γιατί να ανακυκλώσω το κινητό μου τηλέφωνο και τα αξεσουάρ που δεν χρησιμοποιώ;

Ένα κινητό τηλέφωνο αποτελείται από υλικά όπως πλαστικό και μέταλλα, ενώ η μπαταρία του περιέχει στοιχεία τα οποία, αν καταλήξουν στα σκουπίδια, θα επιβαρύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα και κατά συνέπεια το περιβάλλον. Για παράδειγμα, η ποσότητα καδμίου που περιέχεται στις μπαταρίες νικελίου καδμίου, είναι ικανή να μολύνει το 1/3 του νερού μιας πισίνας Ολυμπιακών διαστάσεων!

Τι αντικείμενα μπορώ να δώσω για ανακύκλωση;

Υλικά κατάλληλα προς ανακύκλωση είναι όλων των ειδών τα κινητά τηλέφωνα και αξεσουάρ αυτών, όπως φορτιστές, hands-free, μπαταρίες, car kits, πλαστικές / δερμάτινες θήκες, προσόψεις, κλπ.

Τι συμβαίνει με τα αντικείμενα προς ανακύκλωση;

Εάν μπορούν να επισκευαστούν, προωθούνται για χρήση σε αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ σε αντίθετη περίπτωση (πλειοψηφία), προωθούνται για ανακύκλωση, μαζί με τις μπαταρίες και τα αξεσουάρ.

Αυτό σημαίνει ότι αποσυναρμολογούνται στα επιμέρους υλικά τους, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή άλλων αντικειμένων, με βάση όλες τις νομικές διατάξεις που ισχύουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τις καλές πρακτικές προστασίας του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα:

1. Ο χαλκός που απομονώνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή σωλήνων,
2. Το νικέλιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μαγειρικών σκευών,
3. Οι μικροεπεξεργαστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε φούρνους μικροκυμάτων ή άλλες ηλεκτρονικές συσκευές,
4. Οι οθόνες υγρών κρυστάλλων (LCD) μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα ρολόγια ή στις ηλεκτρικές κουζίνες,
5. Ακόμα και τα υλικά που αποτελούνται από μίξεις πλαστικού και μετάλλου – τα οποία δεν μπορούν να διαχωριστούν – αποτεφρώνονται με ελεγχόμενες διαδικασίες για την παραγωγή ενέργειας.

8. Συμπεράσματα

Τα απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων είναι υπόψη όχι μόνο της κυβέρνησης αλλά και του κοινού. Με την αλλαγή κλίματος που είναι μια ανησυχία για όλους, η μηχανική και φυσική επεξεργασία θα παίξει ένα πολύ μεγάλο ρόλο στην αναβάθμιση αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων.

Ο χαρακτηρισμός των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων αποτελεί την υγιή και στερεά βάση για την ανάπτυξη των αποτελεσματικών τεχνικών χωρισμού. Εντούτοις, τα απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων είναι σημαντικά ετερογενές και σύνθετα από την άποψη του τύπου, του μεγέθους, και της μορφής των συστατικών και των υλικών. Επομένως, μια μελέτη πρέπει να γίνει με στόχο την κατανόηση αποβλήτων αυτού του είδους.

Προκειμένου να χωριστούν, τα απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων πρέπει να τεμαχιστούν στα μικρά ακόμη και λεπτά ταξινομημένα μόρια, συνήθως κάτω από 10mm ή ακόμα και 5mm. Ο μηχανικός χωρισμός των λεπτών μορίων απαιτείται στην ανακύκλωση των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων.

Ο διαχωρισμός από το ρεύμα του Eddy, ο ηλεκτροστατικός χωρισμός από κορώνα, και η σπασμωδική κίνηση είναι τρεις σημαντικές διαδικασίες που έχουν αναπτυχθεί στην ανακύκλωση του απορρίμματος αυτοκινήτου, των αποβλήτων καλωδίων, και των οικοδομικών υλικών αντίστοιχα. Για την ταξινόμηση λεπτών αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων, η αποποίηση παρέχει επίσης τις εναλλακτικές προσεγγίσεις στα τρέχοντα συστήματα.

Στην ανακύκλωση αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων, οι έρευνες μέχρι σήμερα έχουν εστιάσει κυρίως στην αποκατάσταση των πολύτιμων μετάλλων από το απόρριμμα προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών και το τυπωμένο απόρριμμα πινάκων κυκλωμάτων. Εντούτοις, είναι σημαντικό ότι η ανακύκλωση του ηλεκτρονικού απορρίμματος που περιέχει τα πολύ χαμηλής βαθμίδας πολύτιμα μέταλλα, όπως τα καφετιά αγαθά, πρέπει να ερευνηθεί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. European Commission, *Draft proposal for a European parliament and council directive on waste electric and electronic equipment*, Brussels, 2000, Belgium, 2000-07-31.
2. Silicon valley toxic coalition, *Just say no to E-waste: Background document on hazards and waste from computers*, 2003-01-06.
3. Institute of scrap recycling industries Inc. (ISRI), *Scrap recycling: where tomorrow begins*, Report of ISRI, Washington, DC, USA, pp. 16–24, 2003-01-06.
4. E.Y.L. Sum, *The recovery of metals from electronic scrap*. JOM (1991), pp. 53–61.
5. Association of plastics manufacturers in Europe (APME), *Plastics—a material of choice for the electric and electronic industry-plastics consumption and recovery in western Europe 1995*, APME report code 98-2004, Brussels, Belgium, p. 1.
6. S. Zhang and E. Forssberg, *Mechanical separation-oriented characterization of electronic scrap*. Resour. Conserv. Recycle (1997), pp. 247–269.
7. K. Brodersen, D. Tartler, B. Danzer, *Scrap of electronics a challenge to recycling activities*, in: *Proceedings of the 1994 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, IEEE, NY, 1994, pp. 174–176.
8. N. Menad, B. Bojörkman and E.G. Allain, *Combustion of plastics contained in electric and electronic scrap*. Resour. Conserv. Recycle (1998), pp. 65–85
9. J. Linton, *Electronic products at their end-of-life: options and obstacles*. J. Electron. Manuf. (2000), pp. 29–40
10. S.C. Malhotra, *Trends and opportunities in electronic scrap reclamation*. Conserv. Recycle (1984), pp. 327–333.
11. B. Bailey, *Recycling of low grade precious metal scrap*, in: I. Gaballah, J. Hager, R. Solozabal (Eds.), *Proceedings of the Rewas'99: Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology*, vol. II, San Sebastian, Spain, TMS, Warrendale, USA, 1999, pp. 1345–1354.
12. S. Zhang, E. Forssberg and B.R. Arvidson, *Current status of Eddy current separation*. Erzmetal (1998), pp. 829–836
13. G. Schubert, *Aufbereitung der NE-metallschrotte und NE-metallhaltigen abfaelle. Teil 2 (processing of scrap and refuse containing non-ferrous metals—part 2)*. Aufbereitungs-Technik (1991), p. 352.
14. C.A. Harper, *Handbook of Plastics, Elastomers and Composites*, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1992, pp. 2.1–2.57.
15. P. Koch and R. Kasper, *Zerlege und aufbereitungstechnik fuer elektroaltgeraete und elektronik-schrott*. Aufbereitungs-Technik (1996), pp. 211–220.
16. S. Koyanaka, S. Endoh, H. Ohya and H. Iwata, *Particle shape of copper milled by swing-hammer-type impact mill*. Powder Technol. (1997), pp. 135–140.
17. A. Gungor and S.M. Gupta, *Disassembly sequence planning for products with defective parts in product recovery*. Comput. Ind. Eng. (1998), pp. 161–164.
18. S.M. Gupta and C.R. McLean, *Disassembly of products*. Comput. Ind. Eng. (1996), pp. 225–228.
19. A. Gungor and S.M. Gupta, *Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey*. Comput. Ind. Eng. (1999), pp. 811–853.
20. T.C. Kuo, *Disassembly sequence and cost analysis for electromechanical products*. Robot. Cim.-Int. Manuf. (2000), pp. 43–54.
21. P. Veerakamolmal, S.M. Gupta, *Combinatorial cost-benefit analysis methodology for designing modular electronic products for the environment*, in: *Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, Danvers, IEEE, Piscataway, USA, 1999, pp. 268–273.

22. H.-P. Wiendahl, G. Seliger, H. Perlewitz and S. Burkner, General approach to disassembly planning and control. *Prod. Plan. Cont.* (1999), pp. 718–726.
23. K.E. Moore, A. Gungor and S.M. Gupta, Petri net approach to disassembly process planning. *Comput. Ind. Eng.* (1998), pp. 165–168
24. K. Feldmann, S. Trautner and O. Meedt, Innovative disassembly strategies based on flexible partial destructive tools. *Annu. Rev. Cont.* (1999), pp. 159–164.
25. B. Kopacek and P. Kopacek, Intelligent disassembly of electronic equipment. *Annu. Rev. Cont.* (1999), pp. 165–170.
26. B. Scholz-Reiter, H. Scharke and A. Hucht, Flexible robot-based disassembly cell for obsolete TV-sets and monitors. *Robot. Cim.-Int. Manuf.* (1999), pp. 247–255
27. Ragn-Sells Elektronikåtervinning AB, Elektronikåtervinning, Report, Stockholm, Sweden, 2000.
28. C. Boks and E. Tempelman, Future disassembly and recycling technology—results of a Delphi study. *Futures* (1998), pp. 425–442.
29. J.D. Chiodo, E.H. Billett, D.J. Harrison, Active disassembly using shape memory polymers for the mobile phone industry, in: *Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, Danvers, IEEE, Piscataway, USA, 1999, pp. 151–156.
30. R.J. Wilson, T.J. Veasey and D.M. Squires, Application of mineral processing techniques for the recovery of metal from post-consumer wastes. *Miner. Eng.* (1994), pp. 975–984.
31. M. Furuuchi and K. Gotoh, Shape separation of particles. *Powder Technol.* (1992), pp. 1–9.
32. H. Ohya, S. Endoh, M. Yamamoto and H. Iwata, Analysis of particle motion regarding shape separation using an inclined conveyor. *Powder Technol.* (1993), pp. 55–59.
33. M. Furuuchi, C. Yamada and K. Gotoh, Shape separation of particulates by a rotating horizontal sieve drum. *Powder Technol.* (1993), pp. 113–118.
34. M. Furuuchi and K. Gotoh, Continuous shape separation of binary mixture of granular particles. *Powder Technol.* (1988), pp. 31–37.
35. S. Koyanaka, H. Ohya, S. Hitoshi, S. Endoh, H. Iwata and P. Ditl, Recovering copper from electric cable wastes using a particle shape separation technique. *Adv. Powder Technol.* (1997), pp. 103–111
36. S. Owada, Y. Kiuchi, S. Yamagata, T. Harada, in: H. Hoberg, H. von Blottnitz (Eds.), *Physical separation of the devices in televisions and personal computers for elemental concentration*, in: *Proceedings of the XX International Mineral Processing Congress*, vol. 5, Aachen, Germany, GDMB, Clausthal-Zellerfeld, Germany, 1997, pp. 261–272.
37. R. Meier-Staude and R. Koehnlechner, *Elektrostatische trennung von leiter/nichtleitergemischen in der betrieblichen praxis* (electrostatic separation of conductor/non-conductor mixtures in operational practice). *Aufbereitungs-Technik* (2000), pp. 118–123.
38. H.G. Schubert and G. Warlitz, Sorting metal/non-metal mixtures using a corona electrostatic separator. *Aufbereitungs-Technik* (1994), pp. 449–456.
39. Y. Higashiyama and K. Asano, Recent progress in electrostatic separation technology. *Particul. Sci. Technol.* (1998), pp. 77–90.
40. H.J.L. Van Der Valk, B.C. Braam and W.L. Dalmijn, Eddy-current separation by permanent magnets Part I. Theory. *Resour. Conserv.* (1982), pp. 233–252.
41. I. Stahl, P.-M. Beier, Sorting of plastics using the electrostatic separation process, in: H. Hoberg, H. von Blottnitz (Eds.), in: *Proceedings of the XX International Mineral Processing Congress*, vol. 5, Aachen, GDMB, Clausthal-Zellerfeld, Germany, 1997, pp. 395–401.

42. W.L. Dalmijn, J.A. van Houwelingen, New developments in the processing of the non-ferrous metal fraction of car scrap, in: P.B. Queneau, R.D. Peterson (Eds.), in: *Proceedings of the Third International Symposium on Recycling of Metals and Engineered Materials*, Point Clear, TMS, Warrendale, USA, 1995, pp. 739–750.
43. A.J. Gesing, D. Reno, R. Grisier, R. Dalton, R. Wolanski, Non-ferrous metal recovery from auto shredder residue using Eddy current separators, in: *Proceedings of the TMS Annual Meeting, San Antonio, TMS, Warrendale, USA, 1998*, pp. 973–984.
44. D.A. Norrgran and J.A. Wernham, Recycling and secondary recovery applications using an Eddy-current separator. *Miner. Metal. Proc.* (1991), pp. 184–187.
45. H. Hoberg, Applications of mineral processing in waste treatment and scrap recycling, in: *Proceedings of the XVIII International Mineral Processing Congress, Sydney, Australia, 1993*, Australasian Institute of Mining & Metallurgy, Parkville, Australia, 1993, pp. 27.
46. W.L. Dalmijn and J.A. van Houwelingen, Glass recycling in The Netherlands. *Glass* (1996), p. 3.
47. M. Meyer, Development and realization of shredder fluff recycling, in: P.B. Queneau, R.D. Peterson (Eds.), in: *Proceedings of the Third International Symposium on Recycling of Metals and Engineered Materials, Point Clear, TMS, Warrendale, USA, 1995*, pp. 765–776.
48. J.A. Wernham, J.A. Marin, D.E. Heubel, Aluminum removal from recycled pet, in: *Proceedings of the First International Conference on Processing Materials for Properties*, Honolulu, TMS, Warrendale, USA, 1993, pp. 759–762.
49. H. Schubert, *Wirbelstromsortierung—grundlagen, scheidern, anwendungen*, (Eddy current separation—foundations, separators, application). *Aufbereitungs-Technik* (1994), pp. 553–562.
50. G.I. Mathieu, R. Provencher, J.G. Tellier, Mechanical sorting of aluminum metal from spent potlining, in: *Proceedings of the 119th TMS Annual Meeting, Anaheim, TMS, Warrendale, USA, 1990*, pp. 361–367.
51. A. Iuga, V. Neamtu, I. Suarasan, R. Morar and L. Dascalescu, Optimal high-voltage energization of corona-electrostatic separators. *IEEE T. Ind. Appl.* (1998), pp. 286–293.
52. A. Iuga, L. Dascalescu, R. Morar, I. Csorvassy and V. Neamtu, Corona—electrostatic separators for recovery of waste non-ferrous metals. *J. Electrostat.* (1989), pp. 235–243.
53. L. Dascalescu, R. Morar, A. Iuga, A. Samuila, V. Neamtu and I. Suarasan, Charging of particulates in the corona field of roll-type electroseparators. *J. Phys. D Appl. Phys.* (1994), pp. 1242–1251.
54. L. Dascalescu, A. Samuila, A. Iuga, R. Morar and I. Csorvassy, Influence of material superficial moisture on insulation-metal electroseparation. *IEEE T. Ind. Appl.* (1994), pp. 844–849.
55. S. Zhang and E. Forssberg, Optimization of electrodynamic separation for metals recovery from electronic scrap. *Resour. Conserv. Recycle* (1998), pp. 143–162.
56. G. Schubert, *Aufbereitung der NE-metallschrotte und NE-metallhaltigen abfaelle—teil 1* (processing of scrap and refuse containing non-ferrous metals—part 2). *Aufbereitungs-Technik* (1991), p. 78.
57. B.A. Wills, *Mineral Processing Technology*, 4th ed., Pergamon Press, Oxford, England, 1988, pp. 377–381.
58. M. Rousseau and A. Melin, Processing of non-magnetic fractions from shredded automobile scrap: a review. *Resour. Conserv. Recycle* (1989), pp. 139–159
59. P.C. Rem, S. Zhang, E. Forssberg and T.P.R. de Jong, Investigation of separability of particles smaller than 5 mm by Eddy-current separation technology—part II. Novel design concepts. *Magnet. Elect. Sep.* (2000), pp. 85–105.
60. P.C. Rem, *Eddy Current Separation*, Eburon, Delft, The Netherlands, 1999.

61. S. Zhang, P.C. Rem and E. Forssberg, Investigation of separability of particles smaller than 5 mm by Eddy current separation technology. Part I. Rotating type Eddy current separators. *Magnet. Elect. Sep.* (1999), pp. 233–251
62. P.C. Rem, S. Zhang, Eddy current separation of fine metal particles, in: G. Schubert, C. Schöne (Eds.), *Sortierung der abfälle und mineralischen rohstoffe*, Freiberg, Germany, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, Germany, 1999, pp. 203–209.
63. D. Fletcher and R. Gerber, Small particle limit for electromagnetic separation. *IEEE T. Magn.* **30** (1994), pp. 4656–4658.
64. Z. Schlett, M. Lungu, F. Aman, Vertical Eddy currents separator for electronic waste, in: G. Schubert, C. Schöne (Eds.), *Sortierung der Abfälle und mineralischen Rohstoffe*, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, Germany, 1999, pp. 395–399.
65. E. Schlömann, Separation of non-magnetic metals from solid waste by permanent magnets I theory. *J. Appl. Phys.* (1975), pp. 5012–5021
66. E. Schlömann, Separation of non-magnetic metals from solid waste by permanent magnets II experiments on circular disks. *J. Appl. Phys.* (1975), pp. 5022–5029.
67. B.C. Braam, H.J.L. van der Valk and W.L. Dalmijn, Eddy-current separation by permanent magnets. Part II. Rotating disc separators. *Resour. Conserv. Recycle* (1988), pp. 3–17.
68. H.J.L. van der Valk, W.L. Dalmijn and W.P.P. Duyvesteyn, Eddy-current separation methods with permanent magnets for the recovery of non-ferrous metals and alloys. *Erzmetall* (1998), pp. 266–274.
69. D. Fletcher, R. Gerber, P. Lawson and J. Boehm, Eddy-current separation of non-ferrous conductors and non-conductors: theory and initial experiments. *IEEE T. Magn.* (1991), pp. 5375–5377.
70. D. Fletcher and R. Gerber, Electromagnetic separation: the prediction and measurement of conductor separability. *IEEE T. Magn.* (1993), pp. 3255–3257.
71. D. Fletcher, R. Gerber and T. Reid, Theory and experimental investigation of an improved field boundary model for a single boundary Eddy-current separator. *IEEE T. Magn.* **29** (1993), pp. 3258–3260.
72. D. Fletcher, R. Gerber and T. Moore, Electromagnetic separation of metals from insulators. *IEEE T. Magn.* (1994), pp. 4659–4661
73. P.C. Rem, P.A. Leest and A.J. van den Akker, Model for Eddy current separation. *Int. J. Miner. Process.* (1997), pp. 193–200.
74. P.C. Rem, E.M. Beunder and W. Kuilman, Grade and recovery prediction for Eddy current separation processes. *Magnet. Elect. Sep.* (1998), pp. 83–94.
75. M. Botsh, R. Kohnlechner, Electrostatic separation and its industrial application for the processing of different mixtures of recycling materials, in: H. Hoberg, H. von Blottnitz (Eds.), *Proceedings of the XX International Mineral Processing Congress*, vol. 5, Aachen, GDMB, Clausthal-Zellerfeld, Germany, 1997, pp. 297–306.
76. A. Iuga, V. Neamtu, I. Suarasan, R. Morar, L. Dascalescu, High-voltage supplies for corona-electrostatic separators, in: *Proceedings of the Annual Meeting of 1995 IEEE Industry Applications 30th IAS*, IEEE Industry Applications Society, Orlando, IEEE, Piscataway, USA, 1995, pp. 1503–1507.
77. T.P.R. de Jong and W.L. Dalmijn, Improving jigging results of non-ferrous car scrap by application of an intermediate layer. *Int. J. Miner. Process.* (1997), pp. 59–72.
78. J.W. Derks, R. Moskala and U. Schneider-Kuehn, Nassaufbereitung von bauschutt mit schwingsetz-maschinen (wet processing of demolition rubble with pulsator jigs). *Aufbereitungs-Technik* (1997), pp. 139–143.

79. G. Schmelzer, S. Wolf and H. Hoberg, *Neues Nassaufbereitungsverfahren fuer Bestandteile von Rostschlacken (new wet treatment for components of incineration slag)*. *Aufbereitungs-Technik* (1996), pp. 149–157.