

*Νέες τεχνολογίες ανακύκλωσης αποβλήτων με
την βοήθεια των αισθητήρων*

Αδαμάντιου Σκορδίλη
Δρα Χημικού μηχανικού
Ιούνιος 2016

Διαχείριση Αποβλήτων

- **Περιβαλλοντικό**
- **Οικονομικό**
- **Τεχνολογικό**
- **Κοινωνικό**

ΕΕ

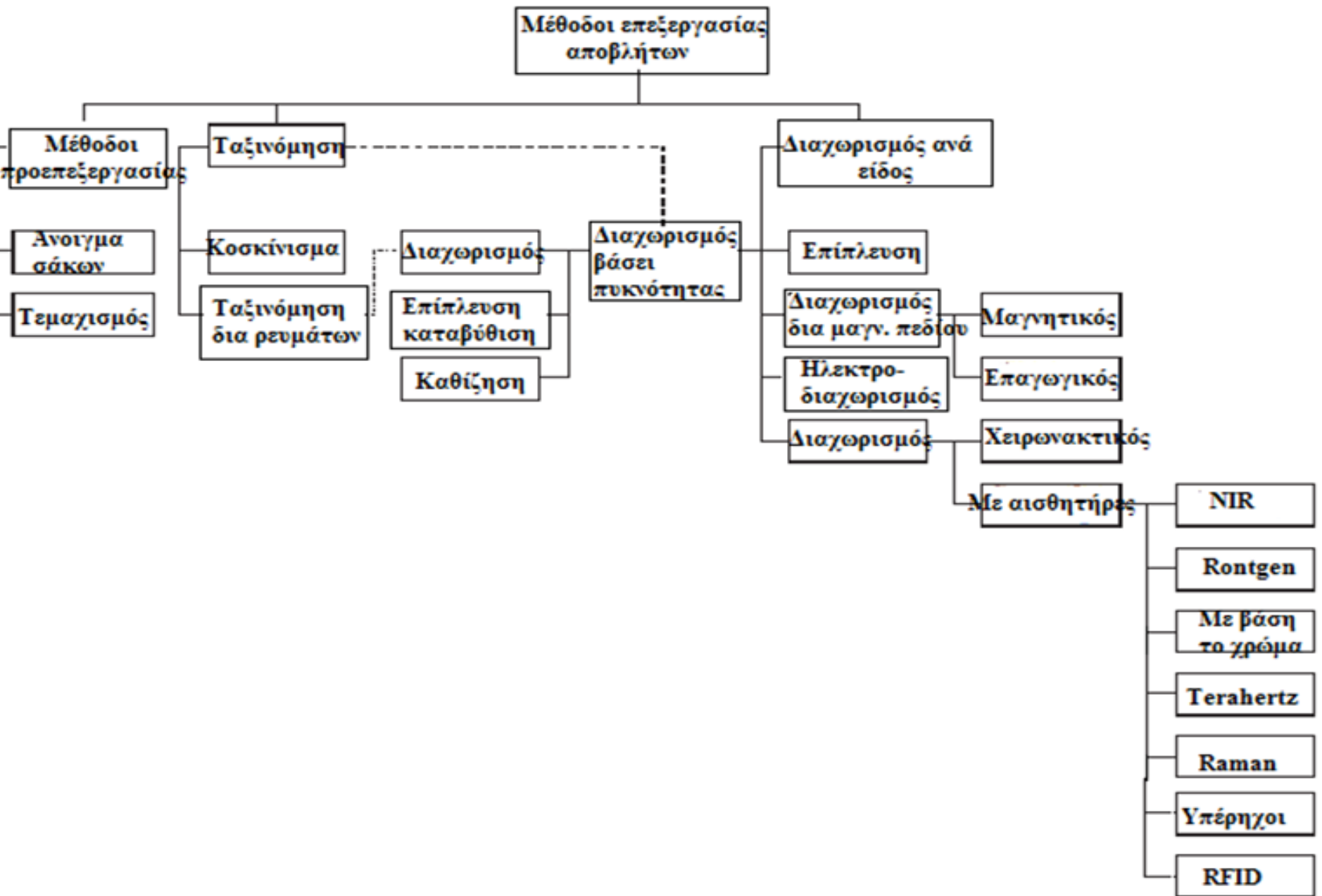
- Τα τελευταία 15 χρόνια η Ανακύκλωση αναπτύχθηκε στις χώρες της ΕΕ κατά 100%.
- ο τζίρος της ΔΣΑ ξεπερνά τα 150 δισ. Ευρώ δηλ.το 1% του ΑΕΠ και η απασχόληση ξεπερνά τα 2 εκ.

Σενάρια Mc Kinsey-Ιδρύματος Ellen MacArthur

- Μέσω ανάπτυξης κυκλικών οικονομικών δομών η εξοικονόμηση μπορεί να ανέλθει σε 500 δισ. Ευρώ.
- Αύξηση κατά 3.9 % του ΑΕΠ της ΕΕ.

Ιστορικό

- 50 χρόνια ανάπτυξης της επεξεργασίας των αποβλήτων.
- Το 1990 ξεκίνησε η εφαρμογή της αναγνώρισης και αυτόματου διαχωρισμού των αποβλήτων με την βοήθεια των αισθητήρων.



Βασική λειτουργία αισθητήρων

- η ανίχνευση σημάτων, τα οποία αφορούν κυρίως φυσικά, χημικά ή άλλα μεγέθη και η μετατροπή τους σε ένα ηλεκτρικό σήμα, προκειμένου να επιτευχθεί η μέτρησή τους

αισθητήρες

- α) την ένταση της ακτινοβολίας συγκεκριμένων μηκών κυμάτων,
- β) το σχήμα και
- γ) τα χαρακτηριστικά των επιφανειών.

Γενικά κριτήρια αναγνώρισης

- **η μοριακή σύνθεση,**
- **το σχήμα,**
- **το χρώμα,**
- **η λάμψη,**
- **η πυκνότητα και**
- **η ηλεκτρική αγωγιμότητα.**

πηγές φωτισμού

- Οι λάμπες αλογόνου
- Οι LED και LED δίοδοι
- Οι Laser και Laser δίοδοι
- Οι λάμπες φθορισμού και αγωγοί φθορισμού

Είδη αισθητήρων

- Οπτικοηλεκτρονικοί
- Επαγωγικοί

Μέθοδοι διαχωρισμού

- Ο διαχωρισμός σε ορατό φάσμα
 - >> με NIR (εγγύς υπέρυθρες) μοριακή σύνθεση
 - >> με IR-Θερμογραφία
 - >> με ακτίνες Röntgen (πυκνότητα)
 - >> με UV(VIS-UV)
 - >> με Λήψη εικόνων (γραμμική και πλήρης)
 - >> με RFID (radio frequency identification)
 - >> με Laser
 - >> με Tera Herzt
 - >> με Ultra Shall
 - >> με Raman
 - >> με PMIT

Δομή μηχανήματος διαχωρισμού

- **Σύστημα μεταφοράς και διαμόρφωσης υλικού**
- **Σύστημα Αισθητήρα(Πηγή ακτινοβολίας-Ανιχνευτής)**
- **Σύστημα επεξεργασίας στοιχείων**
- **Σύστημα διαχωρισμού με πεπιεσμένο αέρα (ακροφύσια)**

είδη μηχανημάτων

- Τα μηχανήματα διαχωρισμού με αισθητήρες μπορούμε να τα κατατάξουμε, ανάλογα με την κατασκευή τους, σε δυο είδη:
- **τύπου καταρράκτη**
- **ταινιόδρομου**

VIS,
έγχρωμες
κάμερες

χρώμα,
φωτεινότητα

- Διαχωρισμός γυαλιού ανάλογα με το χρώμα
- Διαχωρισμός διάφανων φιαλών PET ανάλογα με το χρώμα
- Διαχωρισμός πλαστικών
- χαλκού και μπρούντζου από μη σιδηρούχα μέταλλα
- Διαχωρισμός πλαστικών στα ΑΗΗΕ
- Διαχωρισμός του χαρτιού illustration από το υπόλοιπο χαρτί

Χημειομετρία

- Η χημειομετρία αποτελεί εφαρμογή της γραμμικής άλγεβρας και της στατιστικής που στοχεύει στην ανάπτυξη μεθοδολογιών **συσχετισμού μεταξύ διαφορετικών σειρών δεδομένων** . Περιλαμβάνει μια σειρά στατιστικών μεθόδων για την ερμηνεία των χημικών ή φασματικών στοιχείων.

Πλεονεκτήματα NIR

- **η ταχύτητα αναγνώρισης και**
- **η μη απαίτηση προετοιμασίας .**
- **Η ύπαρξη ετικετών, σκόνης και χρώματος πλην του μαύρου δεν επηρεάζουν το αποτέλεσμα.**

Εφαρμογές NIR

- Ο διαχωρισμός των υλικών σε διάφορα ρεύματα αποβλήτων όπως **συσκευασίες, ΑΗΗΕ, ΑΕΚΚ, ΟΤΚΖ**.
- Η **παραγωγή καυσίμου από τα απόβλητα** (μέτρηση της θερμογόνου τιμής, της περιεκτικότητας σε χλώριο(PVC), υγρασία).
- Η **ταξινόμηση των διαφόρων ποιοτήτων χαρτιού-χαρτονιού**.
- Η **ταξινόμηση των βιοπλαστικών στις τρεις βασικές κατηγορίες τους**.
- Ο έλεγχος του **παλαιού ξύλου** (για εμποτισμό με χημικές ουσίες ή επικαλύψεις)

Πλεονεκτήματα -μειονεκτήματα

- α) η μη καταστροφή των υλικών,
- β) η γρήγορη ανάλυση,
- γ) η μη απαίτηση προετοιμασίας και
- δ) η απλή ανάλυση των φασμάτων.
- Στα μειονεκτήματα ανήκουν η χαμηλή ευαισθησία (>1 ppm), το υψηλό κόστος και τα αυστηρά μέτρα προστασίας των εργαζομένων.

Εφαρμογές ακτίνων Χ

- Στην αρχή χρησιμοποιήθηκε στο **διαχωρισμό του γυαλιού που περιέχει μόλυβδο και ακολούθως, επεκτάθηκε και σε διαχωρισμό άλλων αντικειμένων.**
- Επίσης με την μέθοδο XRF επιτυγχάνεται ο **διαχωρισμός σιδήρου και ενώσεων σιδήρου –χαλκού στα υπολείμματα των shredders.**
- Με την τεχνολογία Röntgen φθορισμού **προσδιορίζονται επίσης τα στοιχεία στα ΑΗΕ, με ιδιαίτερη έμφαση στον χαλκό π.χ. στους ηλεκτροκινητήρες (πηνία), καθώς επίσης και η αναγνώριση των επικίνδυνων ουσιών στα ΗΕ(οδηγία RoHS).**
-
-

Laser

- Η παλμική ακτινοβολία λέιζερ , ειδικού μήκους κύματος, με την βοήθεια ενός φακού εστιάζεται στο προς εξέταση αντικείμενο και δημιουργεί στην επιφάνεια του ένα **μικροπλάσμα** (μίγμα αερίου από ιόντα ,ηλεκτρόνια και διεγχειρόμενα ουδέτερα άτομα ή μόρια) με μηδαμινή στην επιφάνεια του αντικειμένου.

πλεονεκτήματα μειωνεκτήματα

- Η ταυτόχρονη ανάλυση πολλαπλών στοιχείων.
- Η ανάλυση σε πραγματικό χρόνο.
- Η ποιοτική ταξινόμηση διαφόρων ειδών υλικών, ακόμη και υλικών με μικρή περιεκτικότητα στοιχείων.
- Ο αναλυτικός προσδιορισμός της ατομικής σύνθεσης των υλικών
- Η μη καταστροφή του αντικειμένου
- Η από απόσταση ανάλυση
- Ο συνδυασμός με την Raman φασματοσκοπία για μια πλήρη ανάλυση.
- Μειονέκτημα αποτελούν οι ενδεχόμενες παρεκκλίσεις των μετρήσεων κατά 5-10%

εφαρμογές Λειζερ I

- α) διαχωρισμός των Μετάλλων από τα ΟΤΚΖ και τα ΑΗΗΕ.
- β) διαχωρισμός των σύνθετων μετάλλων ψευδάργυρου, χαλκού και ορείχαλκου . Ο διαχωρισμός του κλάσματος των σύνθετων μετάλλων που αποτελούνται από ψευδάργυρο, χαλκό και ορείχαλκο με την μέθοδο LIBS σε συνδυασμό με την χρήση PCA και νευρωνικών δικτύων είναι πολύ αποτελεσματικός. Ιδιαίτερη εφαρμογή επίσης έχει στο Αλουμίνιο και τον ανοξείδωτο χάλυβα.
- γ) των μαύρων πλαστικών από τα ΑΗΗΕ(PE,PP,PS,ABS,PUR,PVC,PET)και
- ΟΤΚΖ (PP,ABS,PS,PVC,PA κ.α.)

εφαρμογές

- δ) των **ΑΕΚΚ**
- ε) του γυαλιού και κεραμικών
- ζ) των ατσαλιών στα διάφορα είδη τους.
- η) των αλογονούχων και βρωμιούχων επιβραδυντικών φλόγας στα πλαστικά.
- θ) επιτυγχάνεται η πλήρης ανάλυση των σκωριών και
- ι) αναγνωρίζονται οι επικίνδυνες ουσίες στις επιφάνειες των ανακτώμενων
- υλικών (π.χ. ορυκτελαίων).

Εφαρμογές RFID

- Η δυνατότητα εφαρμογής της RFID τεχνολογίας και στη διαχείριση των αποβλήτων είναι πολύ μεγάλη. Έδη χρησιμοποιείται στους κάδους των αποβλήτων ή ανακτώμενων υλικών για τον προσδιορισμό των ανταποδοτικών τελών, σε συνδυασμό με GPS για τη βελτίωση των δρομολογίων των απορριμματοφόρων

**Planer
Magnetic
Induction
Tomography
(PMIT)**

**Μαγνητική
και
Ηλεκτρική
Αγωγιμότητα
.**

-Διαχωρισμός
σύνθετων μετάλλων
τα οποία
μαγνητίζονται
-Διαχωρισμός
σιδήρου χαλκού
-Διαχωρισμός
μετάλλων στα
υπολείμματα των
Shredders

Υπέρηχοι

**Ανάκλαση
ήχου**

-
**Διαχωρισμός
γυαλιού,
πλαστικού,
κεραμικών
,αλουμινίου**

Raman

Ελαστική
διάχυση
ακτίνας φωτός

-
Διαχωρισμός
πλαστικού

Terahertz

**Μεταβολή
έντασης
ηλεκτρικού
πεδίου
παλμών**

**-Διαχωρισμός
σκούρων
πλαστικών
-Διαχωρισμός
αγωγών στα
Φωτοβολταικά**

οφέλη

- α) υψηλή δυναμικότητα
- β) βέβαιη αναγνώριση των υλικών από απόσταση ,χωρίς επαφή και
- γ) αντιμετώπιση θεμάτων ευαισθησίας στις τυχόν ανεπιθύμητες προσμίξεις .