

**Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

“ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ LI-ION ΚΑΙ NI-CD ”



Επιβλέπων Καθηγητής: ΨΩΜΟΠΟΥΛΟΣ
ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
Σπουδαστής: ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ
ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ

A.M. : 41582

**ΑΘΗΝΑ
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ-2017**

Copyright © Α. Ε. Ί. Πειραιά τ.τ.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Α. Ε. Ί. Πειραιά τ.τ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την πτυχιακή μου εργασία σύγχρονος με τις προπτυχιακές σπουδές μου θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Κωνσταντίνο Ψωμόπουλο για την υπομονή, τη στήριξη και την σωστή καθοδήγηση για την εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε. οι οποίοι μας διδάσκουν την επιστήμη του Ηλεκτρολόγου Μηχανικού και προσπαθούν καθημερινά για την βελτίωση και αναβάθμιση του Τμήματος.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	i
Περιεχόμενα	ii
Λίστα σχημάτων	iv
Λίστα πινάκων	v
Summary	vi
Πρόλογος	1
1^ο Κεφάλαιο “ΕΙΣΑΓΩΓΗ”	1
1.1 Αναγκαιότητα ανακύκλωσης.....	1
1.2 Φυσικοί πόροι.....	2
1.3 Κόστος και όφελος ανακύκλωσης.....	5
2^ο Κεφάλαιο “ΟΔΗΓΙΑ ΑΗΗΕ”	7
2.1 Τι είναι ΑΗΗΕ	7
2.1.1 Κατηγορίες ΑΗΗΕ	7
2.2 Νομοθετικό πλαίσιο	10
2.3 Αρχές που στηρίζεται η διαχείριση αποβλήτων σύμφωνα με την Ε.Ε.....	11
2.4 Πεδίο εφαρμογής της οδηγίας ΑΗΗΕ ⁽⁵⁾	13
2.5 Στατιστικά στοιχεία ανακύκλωσης ΑΗΗΕ.....	14
2.6 Ανακύκλωση μπαταριών	18
2.6.1 Οδηγία 2006/66/ΕΚ.....	18
2.6.1.1 Απαγορεύσεις.....	19
2.6.1.2 Ανακύκλωση των μπαταριών.....	19
2.6.1.3 Ενημέρωση του χρήστη.....	21
2.6.1.4 Κυρώσεις.....	21
2.6.2 Αναγκαιότητα ανακύκλωση μπαταριών.....	21
3^ο Κεφάλαιο “ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ” 24	24
3.1 Βασικοί ορισμοί και ιστορική αναδρομή	24
3.2 Ιστορία της μπαταρίας	25
3.3 Λειτουργία μπαταρίας	26
3.4 Κατηγορίες και τύποι μπαταριών	28
3.4.1 Πρωτογενείς μπαταρίες	29
3.4.2 Δευτερογενείς μπαταρίες.....	29
3.5 Τύποι κελιών μπαταρίας.....	30
3.5.1 Υγρά κελιά (wet cell)	30
3.5.2 Ξηρά κελιά (dry cell).....	31
3.5.3 Λιωμένο αλάτι (molten salt).....	32
3.5.4 Εφεδρική μπαταρία (reserve battery)	32
3.6 Χωρητικότητα και αποφόρτιση	33
3.6.1 Ρυθμός C (C rate)	34
3.7 Κύκλος ζωής της μπαταρίας.....	34
3.7.1 Αυτό-αποφόρτιση (Self-discharge)	35
3.7.2 Διάβρωση	35
3.7.3 Φυσικές αλλαγές στα συστατικά.....	35
3.7.4 Ταχύτητα της φόρτισης και υπερφόρτιση	36
3.7.5 Μνήμη της μπαταρίας (memory effect)	36
3.7.6 Περιβαλλοντικοί παράγοντες	36
3.7.7 Αποθήκευση	36
3.8 Μέγεθος των μπαταριών	37

3.9	Κίνδυνοι.....	38
3.9.1	Έκρηξη.....	38
3.9.2	Διαρροή.....	39
3.9.3	Τοξικά υλικά.....	40
3.9.4	Κατάποση.....	40
3.10	Χημική σύσταση των μπαταριών.....	40
4^ο	Κεφάλαιο “ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΙΟΝΤΩΝ-ΛΙΘΙΟΥ (LI-ION) ”	42
4.1	Σύσταση της μπαταρίας ιόντων-λιθίου.....	42
4.2	Διαδικασίες ανακύκλωσης	44
4.2.1	Απλές διαδικασίες	44
4.2.1.1	Μηχανικός διαχωρισμός.....	44
4.2.1.2	Διαδικασία διάλυσης	45
4.2.1.3	Θερμική διαδικασία.....	46
4.2.1.4	Μηχανοχημική διαδικασία	47
4.2.1.5	Πυρομεταλλουργική διαδικασία.....	48
4.2.1.6	Υδροθερμική διαδικασία.....	48
4.2.1.7	Διαδικασία υπερήχων.....	49
4.2.1.8	Διαδικασία Βιοέκπλυσης	50
4.2.1.9	Διαδικασία έκπλυσης οξέος.....	50
4.2.2	Σύνηθες συνδυαστικές μεθόδους ανακύκλωσης	51
5^ο	Κεφάλαιο “ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΝΙΚΕΛΙΟΥ ΚΑΔΜΙΟΥ (Ni-Cd) ”	54
5.1	Σύσταση της μπαταρία νικελίου-καδμίου	54
5.2	Διαδικασίες ανακύκλωσης	55
5.2.1	Διαδικασία βιοέκπλυσης	55
5.2.2	Διαδικασία αποσυναρμολόγησης.....	56
5.2.3	Ηλεκτροχημική διαδικασία	57
5.2.4	Μηχανική διαδικασία	57
5.2.5	Υδρομεταλλουργική διαδικασία.....	57
6^ο	Κεφάλαιο “ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ”	59
6.1	Οι ποσότητες σε μπαταρίες Li-ion	59
6.2	Οι ποσότητες σε μπαταρίες Ni-cd	61
6.3	Οι ποσότητες για βιομηχανική χρήση	62
7^ο	Κεφάλαιο “ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ”	64
7.1	Αναγκαιότητα ύπαρξης μονάδας.....	64
7.2	Περιβαλλοντικά θέματα	65
7.2.1	Τρόποι μεταφοράς και αποθήκευσης των υλικών.....	65
7.2.1.1	Οδηγία για την συσκευασία P903,P903a.....	66
7.2.1.2	Για την αποθήκευση των υλικών	67
7.2.2	Δυναμικότητα επεξεργασίας	68
7.2.3	Εξοπλισμός της μονάδας.....	69
8^ο	Κεφάλαιο “ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ”	74
	Βιβλιογραφία.....	75

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 Κατανομή φυσικών πόρων.....	4
Σχήμα 2.1 Απαγόρευση εναπόθεσης σε κάδο σκουπιδιών.....	7
Σχήμα 2.2 Κύκλος ανακύκλωσης μπαταριών.....	23
Σχήμα 3.1 Ηλεκτρική μπαταρία.....	25
Σχήμα 3.2 Voltaic pile του Alessandro Volta.....	25
Σχήμα 3.3 Daniel cell.....	26
Σχήμα 3.4 Λειτουργία μπαταρίας.....	27
Σχήμα 3.5 Σύμβολο μπαταρίας.....	28
Σχήμα 3.6 Εσωτερικό μπαταρίας ξηρού τύπου.....	31
Σχήμα 3.7 Διάφορα μεγέθη μπαταριών.....	37
Σχήμα 3.8 Συστοιχία μπαταριών.....	37
Σχήμα 3.9 Έκρηξη μπαταρίας.....	39
Σχήμα 3.10 Διαρροή μπαταρίας.....	39
Σχήμα 7.1 Ανακύκλωση για καθαρό πλανήτη.....	64
Σχήμα 7.2 Ασφαλής αποθήκευση και μεταφορά με ADR.....	68
Σχήμα 7.3 Μηχανισμός τεμαχισμού.....	70
Σχήμα 7.4 Μηχανισμός τεμαχισμού.....	70
Σχήμα 7.5 Ταινιόδρομος.....	71
Σχήμα 7.6 Ηλεκτρομαγνητικό τύμπανο.....	72
Σχήμα 7.7 Ηλεκτρομαγνητικό τύμπανο.....	72

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ανακύκλωσης.....	6
Πίνακας 2.1 Ανάκτηση πολύτιμων μετάλλων από ΑΗΗΕ.....	16
Πίνακας 2.2 Στατιστικά στοιχεία αξιοποίησης ΑΗΗΕ στην Ελλάδα σε τόνους.....	16,17,18
Πίνακας 3.1 Τύποι πρωτογενών μπαταριών.....	40,41
Πίνακας 3.2 Τύποι δευτερογενών μπαταριών.....	41
Πίνακας 4.1 Διάγραμμα ροής μηχανικής διαδικασίας.....	45
Πίνακας 4.2 Διάγραμμα ροής θερμικής επεξεργασίας.....	47
Πίνακας 4.3 Διάγραμμα ροής υδροθερμικής διαδικασίας.....	49
Πίνακας 4.4 Διάγραμμα ροής διαδικασίας υπερέχων.....	50
Πίνακας 5.1 Διάγραμμα ροής βιοέκπλυσης.....	56
Πίνακας 5.2 Διάγραμμα ροής υδρομεταλλουργικής διαδικασίας.....	58
Πίνακας 6.1 Πωλήσεις κινητών και tablet.....	59
Πίνακας 6.2 Πωλήσεις σε καθόδους li-ion.....	60
Πίνακας 6.3 Πωλήσεις HEV.....	60
Πίνακας 6.4 Ποσότητες Ni-Cd.....	61
Πίνακας 6.5 Μπαταρίες για βιομηχανική χρήση σε MWh.....	62
Πίνακας 6.6 Μπαταρίες μολύβδου σε MWh.....	63
Πίνακας 7.1 Προδιαγραφές για ADR.....	66

SUMMARY

The purpose of this thesis is to describe the methods of recycling lithium ion batteries and nickel cadmium batteries. The first chapters present the need for recycling of EEE (electrical and electronic equipment) and specifically for the batteries. After this a description of a typical battery, the history, principles, function specifications etc are presented.

The fourth and fifth chapter presenting the analysis of the recycling processes of the batteries that are applicable today in industrial scale, such as simple methods, chemical methods and combination of them.

Finally there is an estimate of the quantities in Europe and in what quantities are expected to reach. In addition a basic structure of a recycling plant is presented.

Keywords: battery, lithium, nickel, cadmium, recycling, WEEE

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η περιγραφή των μεθόδων ανακύκλωσης των μπαταριών ιόντων λιθίου και νικελίου καδμίου. Στα πρώτα κεφάλαια παρουσιάζεται η αναγκαιότητα ανακύκλωσης ΗΗΕ (ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός) με έμφαση στις μπαταρίες. Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή της μπαταρίας, η ιστορίας της, αρχές λειτουργίας τεχνικά χαρακτηριστικά κλπ.

Στο τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι ανακύκλωσης των μπαταριών όπου είναι απλές μέθοδοι, χημικές μέθοδοι και συνδυαστικές.

Τέλος γίνεται μία εκτίμηση των ποσοτήτων που υπάρχουν στην Ευρώπη και σε τι αριθμό εκτιμάται ότι θα φτάσουν καθώς επίσης γίνεται και μία βασική προμελέτη μιας μονάδας ανακύκλωσης.

Λέξεις κλειδιά: μπαταρία, λίθιο, νικέλιο, κάδμιο ,ανακύκλωση, ΑΗΗΕ

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΙΣΑΓΩΓΗ”

Η ανακύκλωση είναι μία διαδικασία για να αλλάξουν τα απόβλητα υλικά σε νέα προϊόντα για την πρόληψη δημιουργία αποβλήτων των χρήσιμων υλικών, μείωση της κατανάλωσης πρώτων υλών, ενέργειας, ατμοσφαιρικής ρύπανσης και η ρύπανση των υδάτων. Υπάρχουν ορισμένα πρότυπα ISO που σχετίζονται με την ανακύκλωση, όπως το ISO 15270: 2008 για τα πλαστικά απόβλητα και ISO 14001: 2004 για τον έλεγχο του περιβάλλοντος διαχείρισης της πρακτικής της ανακύκλωσης. Τα ανακυκλώσιμα υλικά περιλαμβάνουν πολλά είδη όπως γυαλί, χαρτί, μέταλλο, πλαστικό, υφάσματα, και τα ηλεκτρονικά είδη. Η λιπασματοποίηση (κομποστοποίηση) ή άλλη επαναχρησιμοποίηση των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων όπως είναι τα τρόφιμα ή τα απορρίμματα των κήπων θεωρείται επίσης ανακύκλωση.

1.1 Αναγκαιότητα ανακύκλωσης

Η ανακύκλωση είναι σημαντική στις μέρες μας εάν θέλουμε να αφήσουμε τον πλανήτη μας όπως είναι και για τις επόμενες γενιές. Είναι κατ' αρχάς καλό για το περιβάλλον, αφού στην πλειοψηφία των περιπτώσεων κατασκευάζονται νέα προϊόντα από την ανακύκλωση των παλιών. Η ανακύκλωση ξεκινάει από το ίδιο μας το σπίτι. Εάν δεν πετάμε κάθε τι παλιό και απλά προσπαθούμε να το επαναχρησιμοποιήσουμε σε κάτι καινούργιο τότε ανακυκλώνουμε στην πραγματικότητα. [1]

Όταν σκεφτόμαστε για την ανακύκλωση θα πρέπει να σκεφτόμαστε την όλη διαδικασία, την όλη ιδέα. Την μείωση των απορριμμάτων, την επαναχρησιμοποίησή τους και την ανακύκλωσή τους. Πρέπει να είμαστε προσεκτικοί για τον τρόπο τον οποίο περιθάλπουμε το φυσικό περιβάλλον την ίδια τη Γη και πρέπει να αλλάξει αυτό όχι μόνο ο τρόπος που κάνουμε κάποια πράγματα αλλά και το πώς τα σκεφτόμαστε. Η ανακύκλωση είναι καλή για το περιβάλλον καθώς χρησιμοποιούμε τα παλιά προϊόντα τα οποία δεν χρησιμοποιούνται και

με κατάλληλη επεξεργασία γίνεται η μετατροπή τους και χρησιμοποιούνται ως κάποιο νέο προϊόν. [1]

1.2 Φυσικοί πόροι

Φυσικοί πόροι είναι κυρίως φυσικά αγαθά εύκολα προσβάσιμα και διαθέσιμα τα οποία ο άνθρωπος έχει την ικανότητα να τα χρησιμοποιήσει για κάλυψη αναγκών του. Οι φυσικοί πόροι μιας χώρας ή άλλης γεωπολιτικής ενότητας αναφέρονται συνήθως στις οικονομικά αξιοποιήσιμες άμεσες (πρωτογενείς) ύλες, κάποιες από τις οποίες χαρακτηρίζονται πηγές ενέργειας που μας προσφέρει η βιόσφαιρα, το έδαφος, το υπέδαφος, το νερό, η ατμόσφαιρα, ως και το φως του ήλιου που επιδρά στην περιοχή αναφοράς. Η ταξινόμηση των ειδών των φυσικών πόρων γίνεται με πολλούς τρόπους, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι οι ακόλουθοι: [2]

Κατά υπάρχουσα ποσότητα

- Ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι ονομάζονται αυτοί που ανανεώνονται με φυσικές ή τεχνικές διεργασίες. Π.χ. τα δέντρα, που μπορούν να δώσουν ξυλεία. Κόβονται για να ληφθεί η πρώτη ύλη (ξυλεία) αλλά μπορούν να αντικατασταθούν με φυσική ή τεχνητή αναδάσωση.[2]
- Μη ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι ονομάζονται αυτοί που δεν ανανεώνονται με φυσικές ή τεχνικές διεργασίες (τουλάχιστον στο ορατό μέλλον), αλλά απλά υπάρχουν σε κοιτάσματα (φυσικά αποθέματα) που καταναλώνονται και εξαντλούνται κάποτε. Π.χ. το πετρέλαιο. Μερικές φορές τα προϊόντα τους μπορούν να ανακυκλωθούν για να καθυστερήσουν την επικείμενη εξάντληση των κοιτασμάτων τους (π.χ. τα μέταλλα) ή να δημιουργηθούν με τεχνητό τρόπο από άλλες φυσικές πρώτες ύλες (π.χ. το πετρέλαιο), αλλά αυτό δεν τα καθιστά ανανεώσιμα.[2]

- Δυνητικά ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι ονομάζονται αυτοί που από τη φύση τους είναι ανανεώσιμοι, αλλά η υπερκατανάλωσή, τους κάνει μη ανανεώσιμους. Π.χ το γλυκό νερό, ο καθαρός αέρας, η βιοποικιλότητα κ.α.[2]

Κατά τη φύση τους

- Βιοτικοί φυσικοί πόροι ονομάζονται αυτοί που παράγονται από τους ζωντανούς οργανισμούς της χώρας (που ζουν σ' αυτήν ή περιοδικά τη διασχίζουν). Π.χ. τα δέντρα των δασών, που μπορούν να δώσουν ξυλεία, ρετσίνι και άλλα πρωτογενή προϊόντα.[2]
- Αβιοτικοί φυσικοί πόροι ονομάζονται αυτοί που δεν παράγονται από τους ζωντανούς οργανισμούς της χώρας. Π.χ. διάφορα ορυκτά που διαθέτει μια χώρα.[2]

Κατά τη χρήση τους

- Ενεργοί φυσικοί πόροι ονομάζονται αυτοί που ήδη χρησιμοποιούνται για την παραγωγή οικονομικού εισοδήματος της χώρας. Π.χ. τα ορυκτά που εκμεταλλεύονται ήδη εγκατεστημένα ορυχεία που λειτουργούν.[2]
- Δυνάμει φυσικοί πόροι ονομάζονται αυτοί που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή οικονομικού εισοδήματος της χώρας και που είναι πιθανό να χρησιμοποιηθούν στο ορατό μέλλον. Π.χ. κοιτάσματα ορυκτών που βρέθηκε ότι υπάρχουν, αλλά δεν έχουν αξιοποιηθεί ακόμα.[2]



Σχήμα 1.1 Κατανομή φυσικών πόρων. Πηγή από: ΕΕΔΣΑ

(5)

Διαχείριση φυσικών πόρων

- Διαχείριση φυσικών πόρων είναι η ορθή και συνετή εκμετάλλευση και αξιοποίηση των φυσικών πόρων, η οποία συμβάλλει τόσο στην οικονομία τους, όσο και στην προστασία του περιβάλλοντος.[2]

Εξοικονόμηση φυσικών Πόρων

- Τους φυσικούς πόρους μπορούμε να τους εξοικονομήσουμε αν όλοι τους διαχειριζόμαστε σωστά και ανάλογα με τις ανάγκες μας και όχι να τους σπαταλάμε άσκοπα, γιατί στην Γη, οι φυσικοί πόροι δεν είναι όλοι ανανεώσιμοι και όσοι είναι χρειάζονται εκατομμύρια χρονιά για να ανανεωθούν. Αυτό συνεπάγεται περιορισμό της κατανάλωσης των πόρων που φθίνουν και εξεύρεση άλλων τρόπων διατήρησης και βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου, με νέες πολιτικές και τεχνολογίες, καθώς και με καινοτομίες. Είναι κοινά αντιληπτό, ότι όσο ανεβαίνει το βιοτικό επίπεδο της κοινωνίας μας, τόσο αυξάνεται ο όγκος των αποβλήτων - περίπου 2 δις. τόνοι ετησίως μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) – και η διάθεσή τους συχνά προκαλεί ρύπανση με βλαβερές συνέπειες για την υγεία του ανθρώπου. Στην Ελλάδα παράγουμε πάνω από 4 εκατομμύρια τόνους αποβλήτων ετησίως. Επίσης για την

εξοικονόμηση των φυσικών πόρων είναι η ανακύκλωση των χρησιμοποιημένων ειδών και να γίνει η επαναχρησιμοποίησή τους ώστε να μην καταναλώνονται συνεχώς οι φυσικοί πόροι του περιβάλλοντος. [2]

1.3 Κόστος και όφελος ανακύκλωσης

Υπάρχει συζήτηση γύρω από το θέμα κατά πόσο η ανακύκλωση είναι οικονομικά αποδοτική. Κατά την διαδικασία της ταφής αποβλήτων 10000 τόνων σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους ταφής δημιουργεί περίπου 6 θέσεις εργασίας, ενώ στην διαδικασία της ανακύκλωσης (διαχωρισμός, διαλογή και επιλογή) μπορεί να δημιουργήσει πάνω από 36 θέσεις εργασίας. Σύμφωνα με το Αμερικανικό “Recycling Economic Informational study” υπάρχουν πάνω από 50000 εγκαταστάσεις ανακύκλωσης που έχουν δημιουργήσει πάνω από ένα εκατομμύριο θέσεις εργασίας στη Αμερική. Δύο χρόνια μετά από την δήλωση της Νέας Υόρκης ότι ένα τέτοιο πρόγραμμα θα ήταν δαπανηρό για την πόλη συνειδητοποίησαν ότι ένα αποτελεσματικό σύστημα θα εξοικονομούσε πάνω από 20 εκατομμύρια δολάρια. Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από το Τεχνικό Πανεπιστήμιο της Δανίας διαπίστωσε ότι το 83% των περιπτώσεων η ανακύκλωση είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος για την απόθεση των οικιακών απορριμμάτων. Ωστόσο το Ινστιτούτο Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης της Δανίας το 2004 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αποτέφρωση ήταν η πιο αποτελεσματική μέθοδος για τη διάθεση των συσκευασιών ποτών.[3]

Τα παραδείγματα του πίνακα 1.1 δείχνουν περιλαμβάνουν την ενέργεια που εξοικονομούμε κατά την ανακύκλωση διάφορων υλικών καθώς και την εξοικονόμηση σε ρύπανση του αέρα. [3]

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ανακύκλωσης		
Υλικό	Εξοικονόμηση ενέργειας	Εξοικονόμηση της ατμοσφαιρικής ρυπανσης
Αλουμίνιο	95%	95%
Χαρτόνι	24%	—
Γιαλί	5–30%	20%
Χαρτί	40%	73%
Πλαστικό	70%	—
Σίδηρο	60%	—

Πίνακας 1.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ανακύκλωσης Πηγή από: The League of Women Voters (1993). *The Garbage Primer*. New York: Lyons & Burford. pp. 35–72

Πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις για την ανακύκλωση ώστε να είναι οικονομικά εφικτή και περιβαλλοντικά αποτελεσματική. Αυτό περιλαμβάνει επαρκή πηγή ανακυκλώσιμων υλικών, καθώς επίσης μια μονάδα επεξεργασίας των ανακυκλώσιμων υλικών, επίσης θα πρέπει να υπάρχει και η κατάλληλη ζήτηση για τα ανακυκλώσιμα προϊόντα. [4]

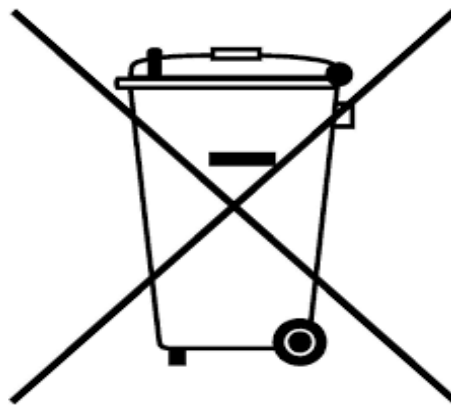
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΟΔΗΓΙΑ ΑΗΗΕ”

2.1 Τι είναι ΑΗΗΕ

Τα Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι όλες οι ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές οι οποίες θεωρούνται στερεά απόβλητα περιλαμβάνοντας όλα τα συναρμολογούμενα μέρη καθώς και των αναλώσιμων υλικών που συνιστούν μέρος του εξοπλισμού. [6]

Ο όρος απόβλητα από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό (ΑΗΗΕ), αναφέρεται σε ένα ευρύ φάσμα υλικών και πρόκειται ουσιαστικά για το πιο πολύπλοκο ρεύμα στερεών αποβλήτων. Η πολυπλοκότητα του οφείλεται στην μεγάλη ποικιλία υλικών που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες για την παραγωγή ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΗΗΕ), καθώς και στο μεγάλο αριθμό ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών προϊόντων και στην επικινδυνότητα λόγω των τοξικών ουσιών που περιέχουν. Για τους λόγους αυτούς τα είδη αυτά (ΑΗΗΕ) έχουν προσδιοριστεί από την Κοινοτική και την εθνική μας νομοθεσία ως ρεύμα αποβλήτων προτεραιότητας.[6]



Σχήμα..2.1 Απαγόρευση εναπόθεσης σε κάδο σκουπιδιών

2.1.1 Κατηγορίες ΑΗΗΕ

Τα ΑΗΗΕ ταξινομούνται σε κατηγορίες με βάση την πηγή προέλευσή τους. (6)

1. ΜΕΓΑΛΕΣ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Μεγάλες συσκευές ψύξης, ψυγεία, καταψύκτες, άλλες μεγάλες συσκευές που χρησιμοποιούνται για ψύξη, διατήρηση και αποθήκευση τροφίμων, πλυντήρια, στεγνωτήρια ρούχων, πλυντήρια πιάτων, συσκευές μαγειρική, ηλεκτρικές κουζίνες, ηλεκτρικά μάτια ,φούρνοι μικροκυμάτων, άλλες μεγάλες συσκευές χρησιμοποιούμενες για μαγείρεμα και άλλες επεξεργασίες τροφίμων, ηλεκτρικές θερμάστρες , ηλεκτρικά καλοριφέρ, άλλες μεγάλες συσκευές που χρησιμοποιούνται για θέρμανση χώρων, κρεβατιών, καθισμάτων, ηλεκτρικοί ανεμιστήρες, συσκευές κλιματισμού, άλλα είδη εξοπλισμού αερισμού, απαγωγής αερίων και κλιματισμού.[6]

2. ΜΙΚΡΕΣ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Ηλεκτρικές σκούπες, σκούπες χαλιών, άλλες συσκευές καθαριότητας, συσκευές χρησιμοποιούμενες για ράψιμο, πλέξιμο, ύφανση και άλλες κλωστοϋφαντουργικές εργασίες, ηλεκτρικά σίδερα και άλλες συσκευές για σιδέρωμα, καλάνδρισμα και γενικά, για τη φροντίδα του ιματισμού ,φρυγανιέρες ,συσκευές τηγανίσματος (φριτέζες), μύλοι, καφετιέρες και συσκευές ανοίγματος ή σφραγίσματος περιεκτών ή συσκευασιών, ηλεκτρικά συσκευές για κόψιμο και στέγνωμα μαλλιών, βούρτσισμα δοντιών, ξύρισμα, μασάζ και άλλες συσκευές περιποίησης του σώματος ,ρολόγια κάθε είδους και εξοπλισμός μέτρησης, ένδειξης ή καταγραφής του χρόνου , ζυγοί .[6]

3. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Συστήματα κεντρικής επεξεργασίας δεδομένων, μεγάλοι υπολογιστές (mainframes), μεσαίοι υπολογιστές (Mini Computers), μονάδες εκτύπωσης, συστήματα προσωπικών υπολογιστών, προσωπικοί υπολογιστές [συμπεριλαμβανομένων των κεντρικών μονάδων επεξεργασίας (CPU), των ποντικών, των οθονών και των πληκτρολογίων], φορητοί υπολογιστές (laptop) (συμπεριλαμβανομένων των CPU, των ποντικών, των οθονών και των πληκτρολογίων), υπολογιστές τσέπης (notebook), υπολογιστές χειρός (notepad), εκτυπωτές, φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές γραφομηχανές, αριθμομηχανές τσέπης και επιτραπέζιες και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για τη συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία, παρουσίαση ή διαβίβαση πληροφοριών με ηλεκτρονικά μέσα, τερματικά και συστήματα χρηστών, συσκευές τηλεομοιοτυπίας (φαξ), τηλέτυπα, τηλέφωνα,

τηλεφωνικές συσκευές επί πληρωμή, ασύρματα τηλέφωνα, κινητά τηλέφωνα, συστήματα τηλεφωνητών και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για τη μετάδοση ήχου, εικόνων ή άλλων πληροφοριών με τηλεπικοινωνιακά μέσα.[6]

4. ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Ραδιόφωνα, τηλεοράσεις, κάμερες μαγνητοσκόπησης (βιντεοκάμερες), μαγνητοσκόπια (συσκευές αναπαραγωγής εικόνας), συσκευές ηχογράφησης υψηλής πιστότητας, ενισχυτές ήχου, μουσικά όργανα και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για την εγγραφή ή αναπαραγωγή ήχου ή εικόνων, συμπεριλαμβανομένων των σημάτων ή άλλων τεχνολογιών διανομής ήχου και εικόνας με άλλα πλην των τηλεπικοινωνιακών μέσα, φωτοβολταϊκά πλαίσια. [6]

5. ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΕΙΔΗ

Φωτιστικά για λαμπτήρες φθορισμού πλην των οικιακών φωτιστικών σωμάτων, ευθείς λαμπτήρες φθορισμού, λαμπτήρες φθορισμού μικρών διαστάσεων, λαμπτήρες εκκενώσεως υψηλής έντασης, συμπεριλαμβανομένων των λαμπτήρων νατρίου υψηλής πίεσης και των λαμπτήρων αλογονούχων μετάλλων ,λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης, άλλος φωτιστικός εξοπλισμός και εξοπλισμός προβολής ή ελέγχου του φωτός πλην των λαμπτήρων πυράκτωσης.[6]

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

Τρυπάνια, πριόνια, ραπτομηχανές, εξοπλισμός για την τόννευση, τη λείανση, την επίστρωση, το τρόχισμα, το πριόνισμα, το κόψιμο, τον τεμαχισμό, τη διάτμηση, τη διάτρηση, τη διάνοιξη οπών, τη μορφοποίηση, την κύρτωση και άλλες παρόμοιες επεξεργασίες ξύλου, μετάλλου και άλλων υλικών, εργαλεία για τη στερέωση με βίδες, καρφιά ή κοινωμάτια και την αφαίρεσή τους και για παρόμοιες χρήσεις, εργαλεία για συγκολλήσεις εν γένει και παρόμοιες χρήσεις, εξοπλισμός ψεκασμού, επάλειψης, διασποράς ή άλλης επεξεργασίας υγρών ή αέριων ουσιών με άλλα μέσα, εργαλεία κοπής χόρτου ή άλλων εργασιών κηπουρικής .[6]

7. ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΨΥΧΑΓΩΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Ηλεκτρικά τρένα ή αυτοκινητοδρόμια, φορητές κονσόλες βίντεο παιχνιδιών, βιντεοπαιχνίδια, υπολογιστές για ποδηλασία, καταδύσεις, τρέξιμο, κωπηλασία κ.λπ., αθλητικός εξοπλισμός με ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά κατασκευαστικά στοιχεία, κερματοδέκτες τυχερών παιχνιδιών. [6]

8. ΙΑΤΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ (ΕΞΑΙΡΟΥΜΕΝΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΜΦΥΤΕΥΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΜΟΛΥΣΜΕΝΩΝ)

Ακτινοθεραπευτικός εξοπλισμός, καρδιολογικός εξοπλισμός, συσκευές αιμοκάθαρσης, συσκευές πνευμονικής οξυγόνωσης, εξοπλισμός πυρηνικής ιατρικής, Ιατρικός εξοπλισμός για in-vitro διάγνωση, συσκευές ανάλυσης, καταψύκτες, τεστ γονιμοποίησης, άλλες συσκευές για την ανίχνευση, την πρόληψη, την παρακολούθηση, την αντιμετώπιση ή την ανακούφιση ασθενειών, σωματικών βλαβών και αναπηριών. [6]

9. ΟΡΓΑΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ανιχνευτές καπνού, συσκευές θερμορύθμισης, θερμοστάτες, συσκευές μέτρησης, ζύγισης ή προσαρμογής για οικιακή ή εργαστηριακή χρήση, άλλα όργανα παρακολούθησης και ελέγχου χρησιμοποιούμενα σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις (π.χ. σε ταμπλό ελέγχου) [6]

10. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Συσκευές αυτόματης διανομής θερμών ποτών ,συσκευές αυτόματης διανομής θερμών ή ψυχρών φιαλών ή μεταλλικών δοχείων ,συσκευές αυτόματης διανομής στερεών προϊόντων ,συσκευές αυτόματης διανομής χρημάτων [6]

2.2 Νομοθετικό πλαίσιο

Όσον αφορά σε εθνικό επίπεδο έχουν θεσπιστεί τα εξής Προεδρικά διατάγματα, νόμοι και Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις (ΚΥΑ) [6]

ΚΥΑ Η.Π. 23615/651/Ε.103 (Ενσωμάτωση της Ευρωπαϊκής οδηγίας 19/2012/EC στο ελληνικό δίκαιο)

Νόμος 4042/2012 (Ποινική προστασία του περιβάλλοντος. Ίδρυση Ε.Ο.ΑΝ (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης)

Απόφαση 133480 (ΦΕΚ 2711 / 2011) (Καθορισμός κανόνων, όρων και προϋποθέσεων για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ), σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2012/19/ΕΚ «σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4ης Ιουλίου 2012 και άλλες διατάξεις)

Νόμος 3854/2010 (Τροποποίηση του νόμου 2939/2001 για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων)

Προεδρικό Διάταγμα 15/2006 (Τροποποίηση του ΠΔ 117/2004 σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/108 για την τροποποίηση της οδηγίας 2002/96 σχετικά με τα ΑΗΗΕ (επαγγελματικά)

ΚΥΑ 112145/24.12.2004 Ξεχωριστή αναγραφή χρηματικής εισφοράς

Προεδρικό Διάταγμα 117/2004 (Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των ΑΗΗΕ, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις των Οδηγιών 2002/95 (περιορισμός χρήσης επικινδύνων ουσιών σε είδη ΗΗΕ) και 2002/96 (ΑΗΗΕ)

Νόμος 2939/01 (Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων και ευθύνη των παραγωγών)

Οι οδηγίες που δόθηκαν από το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο για τα (ΑΗΗΕ) ήταν :

Οδηγία ΕΕ 2012/19 Σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού

Οδηγία ΕΕ 2003/108 – τροποποίηση άρθρου 9 της ΕΕ202/96/ΕΚ Σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού

Οδηγία ΕΕ 2002/96/ΕΚ Σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.^[6]

2.3 Αρχές που στηρίζεται η διαχείριση αποβλήτων σύμφωνα με την Ε.Ε.

Οι βασικές αρχές πάνω στις οποίες βασίζεται η διαχείριση των αποβλήτων στη Ε.Ε είναι:

- 1) Η αρχή της πρόληψης.
- 2) Η αρχή «ο Ρυπαίνων πληρώνει».
- 3) Η αρχή της δημοσιότητας.
- 4) Η αρχή της ευθύνης όλων των εμπλεκόμενων στη διαχείριση.
- 5) Η αρχή της εγγύτητας.^[5]

Η αρχή της πρόληψης

Αφορά την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων από την διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων όπως ΑΗΗΕ με την μείωση του συνολικού όγκου τους και των επικίνδυνων συστατικών τους, (Νόμος 2939/2001) [5]

Η αρχή «ο Ρυπαίνων πληρώνει»

Συνιστά κατευθυντήρια γραμμή σε Ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο. Σύμφωνα με την αρχή αυτή, θεωρείται πιο αποδοτικό και πιο ορθό, να επιβαρύνονται με το κόστος της ανακύκλωσης οι παραγωγοί των ΑΗΗΕ. Ο παραγωγός και ο κάτοχος των αποβλήτων θα πρέπει να διαχειρίζονται τα απόβλητα κατά τρόπο που να εξασφαλίζεται υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας.(Οδηγία 2008/98/ΕΚ).[5]

Η αρχή της δημοσιότητας

Προς τους χρήστες και καταναλωτές ως προς τα μέτρα που λαμβάνονται για την εφαρμογή αυτού του νόμου προκειμένου να αναδειχθεί ο ρόλος τους ως παράγοντες συμβολής στην επαναχρησιμοποίηση τους ή αξιοποίηση(εναλλακτική διαχείριση) των συσκευασιών και άλλων προϊόντων. (Νόμος 2939/2001).[5]

Η αρχή της ευθύνης όλων των εμπλεκόμενων στη διαχείριση

Αφορά την ευθύνη όλων των εμπλεκόμενων, οικονομικών παραγόντων, δημόσιων και ιδιωτικών που ασχολούνται με την διαχείριση(προμηθευτές , παραγωγοί, εισαγωγείς, έμποροι διανομείς, δημόσιες αρχές, ΟΤΑ).[5]

Η αρχή της εγγύτητας

Η οποία υπαγορεύει ότι πρέπει να υπάρχουν επαρκής υποδομές για την διαχείριση των αποβλήτων όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πηγή τους.[5]

2.4 Πεδίο εφαρμογής της οδηγίας ΑΗΗΕ [5]

1. Εφαρμόζεται στον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό (ΗΗΕ).
2. Η παρούσα οδηγία εφαρμόζεται με την επιφύλαξη των απαιτήσεων της νομοθεσίας της Ένωσης για την ασφάλεια και την υγεία και για τα χημικά προϊόντα, ειδικότερα του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1907/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 18ης Δεκεμβρίου 2006, για την καταχώριση, την αξιολόγηση, την αδειοδότηση και τους περιορισμούς των χημικών προϊόντων (REACH) και για την ίδρυση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Χημικών Προϊόντων, καθώς και της ειδικής νομοθεσίας της Ένωσης για τη διαχείριση αποβλήτων και τον σχεδιασμό προϊόντων.[5]

3. Η παρούσα οδηγία δεν εφαρμόζεται σε κανένα από τα ακόλουθα είδη ΗΗΕ:[5]

α) Εξοπλισμός απαραίτητος για την προστασία των ζωτικών συμφερόντων ασφάλειας των κρατών μελών, στον οποίο περιλαμβάνονται τα όπλα, τα πυρομαχικά και το πολεμικό υλικό που προορίζονται για αμιγώς στρατιωτικούς σκοπούς.

β) Εξοπλισμός ειδικά σχεδιασμένος και εγκατεστημένος ως τμήμα άλλου τύπου εξοπλισμού αποκλειόμενου από ή μη υπαγόμενου στο πεδίο εφαρμογής της παρούσας οδηγίας, ο οποίος μπορεί να επιτελέσει τη λειτουργία του μόνο εάν αποτελεί τμήμα του εν λόγω άλλου εξοπλισμού.

γ) Λαμπτήρες πυράκτωσης

4. Πέραν του εξοπλισμού που αναφέρεται στην παράγραφο 3, από τις 15 Αυγούστου 2018 η παρούσα οδηγία δεν εφαρμόζεται σε κανένα από τα ακόλουθα είδη ΗΗΕ:[5]

α) Εξοπλισμός σχεδιασμένος για αποστολή στο διάστημα

β) Σταθερά βιομηχανικά εργαλεία μεγάλης κλίμακας

γ) Μόνιμες εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας, με εξαίρεση τον περιλαμβανόμενο εξοπλισμό που δεν έχει σχεδιαστεί ειδικά για τις εγκαταστάσεις αυτές

δ) Μέσα μεταφοράς ανθρώπων ή εμπορευμάτων, πλην των ηλεκτρικών δίτροχων οχημάτων τα οποία δεν είναι εγκεκριμένου τύπου

ε) Μη οδικά κινητά μηχανήματα που προορίζονται αποκλειστικά για επαγγελματική χρήση

στ) Ειδικός εξοπλισμός σχεδιασμένος αποκλειστικά για τους σκοπούς της έρευνας και ανάπτυξης που διατίθεται μόνο μεταξύ επιχειρήσεων

ζ) Ιατρικά βοηθήματα και ιατρικά βοηθήματα που χρησιμοποιούνται στη διάγνωση *in vitro*, όταν τα εν λόγω βοηθήματα αναμένεται να καταστούν μολυσματικά πριν από το τέλος του κύκλου ζωής και ενεργά εμφυτεύσιμα ιατρικά βοηθήματα.^[5]

2.5 Στατιστικά στοιχεία ανακύκλωσης ΑΗΗΕ

Οι υψηλότερες τιμές των μετάλλων διεθνώς, σε συνδυασμό με την προώθηση της οργανωμένης συλλογής, λόγω της οδηγίας 2002/96/ΕΚ για τα απόβλητα του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, επέφεραν αύξηση των ποσοτήτων ΑΗΗΕ που συλλέγονται χωριστά από τα οικιακά απόβλητα, ενώ, κατά τις εκτιμήσεις, μόνον το 13% των ΑΗΗΕ διατίθεται σε χώρους υγειονομικής ταφής ή αποτεφρώνεται. ^[7]

Παρά τη θέσπιση κανόνων και εφαρμογή ενός νομοθετικού πλαισίου, στην Ε.Ε. μόλις το 1/3 των ΑΗΗΕ ανακυκλώνεται μέσω των εγκεκριμένων συστημάτων. Το υπόλοιπο ποσοστό είτε εξακολουθεί να πηγαίνει σε ΧΥΤΑ, είτε εξάγεται σε τρίτες χώρες, συχνά παράνομα. Μεγάλο μερίδιο των μη δηλούμενων αλλά συλλεγόμενων ΑΗΗΕ, είτε υποβάλλεται σε επεξεργασία εντός της ΕΕ χωρίς τη δέουσα περιβαλλοντική φροντίδα, είτε αποστέλλεται παράνομα σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπου μέρη των πολύτιμων υλικών ανακυκλώνονται κατά τρόπο επικίνδυνο για την υγεία και το περιβάλλον. ^[7]

Το πρόβλημα διογκώνεται από το γεγονός ότι τα ΑΗΗΕ είναι τα ταχύτερα αυξανόμενα απόβλητα στην Ε.Ε. όπου, από 8,3-9,1 εκατομμύρια τόνους το 2005, θα φτάσουν τα 12,3 εκατομμύρια τόνους, το 2020. Σήμερα αποτελούν το 4% των αστικών αποβλήτων στην Ε.Ε.[7]

Στη χώρα μας η ετήσια παραγωγή αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού εκτιμάται στους 140.000-180.000 τόνους ετησίως . Τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού έχουν προσδιοριστεί από την ελληνική 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. Λόγω των παραπάνω η ευρωπαϊκή επιτροπή έχει προτείνει την αύξηση της ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ στο 85% μέχρι το 2019. Αυτό σημαίνει ότι ο στόχος, που σήμερα ανέρχεται στα 4 κιλά ΑΗΗΕ ανά άτομο στην Ε.Ε. (ή ισοδύναμα 2 εκατομμύρια τόνοι) θα φτάσει τα 20 κιλά ανά άτομο το 2020 (10 εκατομμύρια τόνοι).[7]

Τα έσοδα από τη διαχείριση των ΑΗΗΕ στην Ε.Ε. αποτιμώνται σε περίπου 2 δις ευρώ ετησίως ενώ εκτιμάται ότι το 2020 θα ανέρχονται σε 5,6 δις ευρώ ετησίως. Δεδομένου ότι πρόκειται για δραστηριότητα που επιτελείται ως επί το πλείστον εντός της ΕΕ, η διαχείριση των συγκεκριμένων αποβλήτων δημιουργούν έσοδα και απασχόληση, αφού ο κλάδος είναι υψηλής έντασης εργασίας.[7]

Η επεξεργασία ΑΗΗΕ στην ΕΕ, χωρίς τις κατάλληλες διαδικασίες, προξενεί ζημιές στο περιβάλλον, ιδίως λόγω της απελευθέρωσης βαρέων μετάλλων, όπως π.χ. υδραργύρου από τους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού και τις επίπεδες οθόνες ή μολύβδου από τις τηλεοπτικές συσκευές. Με βάση τις εκτιμήσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, την περίοδο 2011-2020 , από εξοπλισμό ψύξης και κλιματισμού ελευθερώνονται κατά μέσον όρο ετησίως περισσότεροι από 6.700 τόνοι αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία καταστρέφουν το όζον, με αποτέλεσμα κλιματικές ζημιές ύψους 1 δις ευρώ ετησίως.[7]

Η ακατάλληλη επεξεργασία και ανεξέλεγκτη απόρριψη αποβλήτων στις αναπτυσσόμενες χώρες συνιστά πρόβλημα για την υγεία των ανθρώπων, που εκτίθενται σε άκρως τοξικές ουσίες όταν αφαιρούν τα πολύτιμα υλικά από τα ΑΗΗΕ, χωρίς μεθόδους προστασίας της υγείας και του περιβάλλοντος. Αν δεν χρησιμοποιούνται βέλτιστες πρακτικές, χάνονται ανακυκλώσιμα πολύτιμα μέταλλα και πλαστικές ύλες, και προκαλείται σοβαρή υποβάθμιση του περιβάλλοντος.[7]

Με τη σωστή διαχείριση, ελαχιστοποιούνται οι διαρροές επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον και ανακτώνται πολύτιμα μέταλλα και υλικά. Με βάση τα στοιχεία της

Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος, τα υλικά αυτά (ως ποσοστό του βάρους των ΑΗΗΕ) είναι: [7]

Σίδηρος - Ατσάλι	Πλαστικό	Χαλκός	Γυαλί	Αλουμίνιο	Πίνακες κυκλωμάτων	Υπόλοιπα
47,9%	20,6%	7%	5,4%	4,7%	3,1%	11,3%

Πίνακας 2.1 Ανάκτηση πολύτιμων μετάλλων και υλικών από ΑΗΗΕ Πηγή από: Αφής

Στην κατηγορία των υπολοίπων περιλαμβάνονται πολύτιμα μέταλλα όπως χρυσός και άργυρος αλλά και επικίνδυνες ουσίες όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος κλπ.[7]

Οι ποσοτικοί στόχοι για την ανακύκλωση ΑΗΗΕ κυμαίνονται μεταξύ 50-80%, ανάλογα με την κατηγορία του εξοπλισμού, ενώ για την αξιοποίηση τους τα ποσοστά κυμαίνονται μεταξύ 70-80%.[7]

Για την παρακολούθηση της επίτευξης των στόχων το ΥΠΕΚΑ αποστέλλει σχετικές εκθέσεις στην Ε.Ε. ανά διετία. Η εξέλιξη της ανακύκλωσης ανά έτος και κατηγορία φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία αφορούν το 2010. Σημειώνεται ότι η αξιοποίηση συμπίπτει με την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση καθώς στη χώρα μας δεν γίνεται ανάκτηση ενέργειας από ΑΗΗΕ.[7]

Πίνακας στατιστικών στοιχείων αξιοποίησης ΑΗΗΕ ανά κατηγορία στην Ελλάδα για την περίοδο 2005-2010 σε τόνους (εντός παρένθεσης προβάλλεται ο ποσοτικός στόχος αξιοποίησης ανά κατηγορία). [7]

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1. Μεγάλες οικιακές συσκευές	85 (97%)	7.437 (97%)	19.104 (82%)	28.592 (81%)	40.756 (87%)	28.559 (88%)
2. Μικρές οικιακές συσκευές	74 (92%)	257 (92%)	220 (82%)	642 (81%)	1.085 (83%)	1.766 (82%)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	2005	2006	2007	2008	2009	2010
3. Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών	45 (89%)	788 (89%)	2.515 (95%)	5.431 (94%)	7.281 (92%)	7.475 (95%)
4. Καταναλωτικά είδη	2,8 (89%)	754 (89%)	1.613 (82%)	3.592 (82%)	5.695 (85%)	7.033 (87%)
5. Φωτιστικά είδη	0	0	40,3 (90%)	78 (84%)	133 (88%)	180 (85%)
Λαμπτήρες εκκενώσεως αερίου	0	0	17,6 (87%)	11,3 (94%)	11 (94%)	65 (93%)
6. Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία	28 (98%)	18 (98%)	76 (99%)	113 (96%)	103 (96%)	59 (94%)
7. Παιχνίδια, εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού	0, 07 (94%)	57 (94%)	93 (53%)	116 (43%)	348 (61%)	168 (63%)
8. Ιατροτεχνολογικές συσκευές	0	34 (87%)	35 (92%)	147 (88%)	128 (93%)	127 (94%)
9. Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου	0	0	4, 1 (98%)	80 (92%)	30 (86%)	46 (92%)
10. Συσκευές αυτόματης διανομής	4, 2 (99%)	11 (99%)	518 (98%)	242 (93%)	313 (93%)	120 (91%)
ΣΥΝΟΛΟ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ	239	9.356	24.236	39.044	55.883	45.598

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ΣΥΝΟΛΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ (οικιακού τομέα)	100	9.599	28.733	44.305	62.847	44.552
ΧΩΡΙΣΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΑΝΑ ΚΑΤΟΙΚΟ (σε κιλά)	0,01	0,86	2,57	3,94	5,57	3,94

Πίνακας 2.2 Στατιστικά στοιχεία αξιοποίησης ΑΗΗΕ στην Ελλάδα σε τόνους Πηγή από:
Αφής

2.6 Ανακύκλωση μπαταριών

Οι μπαταρίες και οι συσσωρευτές παίζουν σημαντικό ρόλο καθώς αποτελεί και απαραίτητη πηγή ενέργειας για την κοινωνία μας και θα πρέπει να λειτουργούν σωστά και με ασφάλεια για τον εκάστοτε χρήστη. Εκτιμάται ότι κάθε χρόνο περίπου 800.000 τόνοι μπαταριών αυτοκινήτων, 190.000 τόνοι βιομηχανικών μπαταριών και 160.000 τόνοι μπαταριών καθημερινής χρήσης εισάγονται στη Ευρωπαϊκή Ένωση. Δεν συλλέγονται όλες αυτές οι μπαταρίες για να ανακυκλωθούν όταν τελειώσει ο κύκλος ζωής τους με αποτέλεσμα να αυξάνεται η κίνδυνος για την έκλυση επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον και αποτελεί επίσης και σπατάλη πόρων.^[9]

Πολλά από τα συστατικά των μπαταριών και των συσσωρευτών θα μπορούσαν να ανακυκλωθούν κατ' αρχάς για να αποφευχθεί η διαρροή επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον επίσης από την ανακύκλωση τους θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τα πολύτιμα μέταλλα με τα οποία κατασκευάζονται οι μπαταρίες και να επαναχρησιμοποιηθούν σε διαδικασίες παραγωγής στην Ευρώπη. Η νομοθεσία που έχει θεσπιστεί από την ΕΕ για τις τελειωμένες μπαταρίες είναι ενσωματωμένη στην οδηγία 2006/66/ΕΚ.^[9]

2.6.1 Οδηγία 2006/66/ΕΚ

Η οδηγία για την ανακύκλωση των μπαταριών έχει θεσπίσει κανόνες σχετικά με την διάθεση των μπαταριών και των συσσωρευτών στην αγορά και κυρίως για την απαγόρευση

της διάθεσης όταν περιέχουν επικίνδυνες ουσίες. Επίσης έχει κανόνες ως προς την συλλογή την επεξεργασία την ανακύκλωση και την διάθεση των απόβλητων μπαταριών. Η οδηγία αυτή ισχύει για όλους τους τύπους μπαταριών ανεξάρτητα το σχήμα τον όγκο το βάρος και τη σύνθεση του υλικού ή τη χρήση τους. Καθώς δεν εφαρμόζεται σε εξοπλισμό που έχει σχέση με την προστασία των ζωτικών συμφερόντων ασφαλείας των κρατών μελών, σε όπλα, πυρομαχικά και πολεμικό υλικό, εξαιρουμένων των προϊόντων που δεν προορίζονται για συγκεκριμένους στρατιωτικούς σκοπούς επίσης δεν εφαρμόζεται σε εξοπλισμό που προορίζεται για διαστημική χρήση. [8]

Τα κράτη μέλη τα οποία έχουν εγκατάσταση κατασκευής μπαταριών ή συσσωρευτών στην επικράτειά τους πρέπει να προωθούν την έρευνα και να ενθαρρύνουν βελτιώσεις στις συνολικές περιβαλλοντικές επιδόσεις των μπαταριών και των συσσωρευτών σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους καθώς επίσης και την ανάπτυξη και εμπορία τους που περιέχουν μικρότερες ποσότητες επικίνδυνων ουσιών ιδίως υποκατάστατα του υδραργύρου του καδμίου και του μολύβδου. [8]

2.6.1.1 Απαγορεύσεις

Σύμφωνα με την οδηγία τα κράτη μέλη της Ε.Ε. απαγορεύουν τη διάθεση στην αγορά μπαταριών ή συσσωρευτών είτε είναι ενσωματωμένοι σε συσκευές είτε όχι, που περιέχουν άνω του 0,0005% υδράργυρο κατά βάρος η οποία όμως δεν ισχύει για στοιχεία-κουμπιά με περιεκτικότητα σε υδράργυρο που δεν υπερβαίνει το 2% κατά βάρος. Ακόμα απαγορεύουν την διάθεση μπαταριών και συσσωρευτών συμπεριλαμβάνοντας και αυτές που είναι ενσωματωμένες σε συσκευές, που περιέχουν 0,002% κάδμιο κατά βάρος. Κατ' εξαίρεση είναι οι φορητές μπαταρίες και συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται [8]

A) Σε συστήματα έκτακτης ανάγκης και συστήματα συναγερμού συμπεριλαμβανομένου του φωτισμού έκτακτης ανάγκης.

B) Σε ιατρικό εξοπλισμό.

Γ) Σε ασύρματα ηλεκτρικά εργαλεία.

2.6.1.2 Ανακύκλωση των μπαταριών

Τα κράτη μέλη της Ε.Ε. λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεταφορών, πρέπει να λάβουν τα αναγκαία μέτρα για να αυξηθεί όσο το δυνατόν

περισσότερο τη χωριστή συλλογή των μπαταριών και των συσσωρευτών και να μειωθεί στο ελάχιστο η διάθεση των μπαταριών και των συσσωρευτών ώστε να ανακυκλώνονται σε υψηλό ποσοστό οι απόβλητες μπαταρίες και συσσωρευτές. Επίσης τα κράτη μέλη πρέπει να εξασφαλίσουν ότι εφαρμόζονται κατάλληλα συστήματα συλλογής απόβλητων μπαταριών και συσσωρευτών. Αυτά τα συστήματα καθιστούν στους χρήστες δυνατή την απόρριψη των τελειωμένων μπαταριών σε προσβάσιμο σημείο συλλογής το οποίο να βρίσκεται κοντά τους.[8]

Απαιτούν από τους διανομείς να παραλαμβάνουν δωρεάν τα απόβλητα μπαταριών και συσσωρευτών. Δεν συνεπάγονται τέλη για τους χρήστες όταν απορρίπτουν απόβλητα από μπαταρίες ή συσσωρευτές ούτε έχουν την υποχρέωση να αγοράσουν νέες μπαταρίες. Από τη στιγμή που πληρούνται αυτά τα κριτήρια τα κράτη μέλη δύναται να απαιτούν από του παραγωγούς να δημιουργούν συστήματα συλλογής, να απαιτούν από άλλους οικονομικούς φορείς εκμετάλλευσης να συμμετέχουν σε παρόμοια συστήματα και να διατηρούν τα ήδη υπάρχοντα συστήματα. Τα κράτη μέλη μπορούν να χρησιμοποιούν οικονομικά μέσα για την προώθηση της συλλογής αποβλήτων μπαταριών και συσσωρευτών ή για την προώθηση της χρήσης ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών που περιέχουν λιγότερες ρυπογόνες ουσίες, θεσπίζοντας, παραδείγματος χάριν, διαφοροποιημένους φορολογικούς συντελεστές. Στην περίπτωση αυτή, κοινοποιούν στην επιτροπή τα σχετικά με την εφαρμογή των μέσων αυτών μέτρα.[8]

Οι στόχοι για την ελάχιστη συλλογή είναι 25% έως 26 Σεπτεμβρίου 2012 και 45% έως 26 Σεπτεμβρίου 2016. Τα κράτη μέλη πρέπει να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών ανακύκλωσης και επεξεργασίας και να προωθούν την έρευνα για μεθόδους ανακύκλωσης φιλικές προς το περιβάλλον και αποδοτικές συγκριτικώς ως προς το κόστος για όλους τους τύπους μπαταριών και συσσωρευτών. Επίσης να ενθαρρύνουν τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας ώστε αυτές να εισάγουν πιστοποιημένα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 761/2001 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 19ης Μαρτίου 2001, για την εκούσια συμμετοχή οργανισμών σε κοινοτικό σύστημα οικολογικής διαχείρισης και οικολογικού ελέγχου. Η επεξεργασία και η ανακύκλωση μπορούν να πραγματοποιούνται εκτός του οικείου κράτους μέλους ή εκτός της κοινότητας, υπό τον όρο ότι η αποστολή των αποβλήτων ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών πραγματοποιείται σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΟΚ) αριθ. 259/93 του Συμβουλίου, της 1ης Φεβρουαρίου 1993, σχετικά με την παρακολούθηση και τον έλεγχο των μεταφορών αποβλήτων στο εσωτερικό της Κοινότητας καθώς και κατά την είσοδο και έξοδο τους. [8]

2.6.1.3 Ενημέρωση του χρήστη

Τα κράτη μέλη της Ε.Ε. πρέπει να εξασφαλίσουν ότι μέσω ενημερωτικών εκστρατειών οι χρήστες θα είναι ενημερωμένοι πλήρως για τις επιπτώσεις που έχει στην υγεία και στο περιβάλλον από τις ουσίες που χρησιμοποιούνται σε μπαταρίες και συσσωρευτές. Επίσης για το γεγονός ότι οι απόβλητες μπαταρίες να μην διατίθενται ως αστικά απόβλητα και ότι πρέπει να υποστεί διαλογή και να γίνει χωριστά η συλλογή τους από τα υπόλοιπα απόβλητα. Ακόμα να γνωρίζουν το που βρίσκονται τα συστήματα συλλογής και ανακύκλωσης. Επιπλέον το ρόλο που διαδραματίζουν στην ανακύκλωση αποβλήτων μπαταριών και συσσωρευτών. Τέλος να γνωρίζουν τη σημασία του τροχοφόρου κάδου και των χημικών συμβόλων Hg, Cd και Pb. [8]

2.6.1.4 Κυρώσεις

Το κάθε κράτος μέλος θεσπίζει κανόνες για τις κυρώσεις που επιβάλλονται σε περίπτωση παράβασης των εθνικών διατάξεων που θεσπίζονται σύμφωνα με την οδηγία της Ε.Ε. για τις μπαταρίες, οι κυρώσεις θα πρέπει να είναι αποτελεσματικές αναλογικές και αποτρεπτικές. [8]

2.6.2 Αναγκαιότητα ανακύκλωση μπαταριών

Η εποχή που ζούμε είναι η εποχή των μεγάλων επιτευγμάτων της τεχνολογίας. Όμως οι ανάγκες σε πρώτες ύλες διαρκώς αυξάνονται, και ο κίνδυνος για την καταστροφή του περιβάλλοντος διαρκώς μεγαλώνει. Αρκετά από τα μέταλλα που χρησιμοποιούμε καθημερινά είναι συστατικά του φλοιού της γης, και όχι συνθετικά παρασκευασμένες χημικές ουσίες και για το λόγο αυτό δεν διασπώνται. [10]

Οι ζωντανοί οργανισμοί τα απορροφούν με το νερό, τον αέρα και την τροφή και δύσκολα μπορούν να τα αποβάλλουν. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται βιοσυσσώρευση, και προκαλεί μεγάλο προβληματισμό στους περιβαλλοντολόγους. Αρκετές δηλητηριάσεις έχουν κατά καιρούς καταγραφεί σε διάφορες χώρες στο παρελθόν, με αιτία τα βαρέα μέταλλα, και κάποια από αυτά, όπως το κάδμιο που θεωρούνται καρκινογόνα. [10]

Η εξόρυξη των βαρέων μετάλλων από τον φλοιό της γης θα συνεχίζεται, για την κατασκευή όχι μόνο μπαταριών, αλλά και πολλών άλλων προϊόντων. Ανακυκλώνοντας τις μπαταρίες και όποια άλλα υλικά είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν, περιορίζουμε την απόρριψη επικίνδυνων λυμάτων στις χωματερές.^[10]

Πολύ συχνά στις χωματερές συμβαίνουν ατυχήματα, όπως πυρκαγιές, από τα εύφλεκτα απορρίμματα. Τα μέταλλα που εξαερώνονται κατά την καύση των απορριμμάτων, στην συνέχεια καταλήγουν με την βροχή στο νερό και το έδαφος. Επίσης, τα στραγγίσματα των χωματερών αποτελούν ιδιαίτερο πρόβλημα, καθώς μολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα. Ανακυκλώνοντας τις μπαταρίες, εμποδίζουμε όλες τις παραπάνω δυσάρεστες επιπτώσεις της απόρριψης των μπαταριών στις χωματερές, προστατεύοντας έτσι την φύση με τον αποτελεσματικότερο τρόπο.^[10]

Ακόμη, εκτός από βαρέα μέταλλα, οι μπαταρίες εμπεριέχουν και διαβρωτικά οξέα, τα οποία θα μπορούσαν και αυτά να ξαναχρησιμοποιηθούν. Τα οξέα αυτά είναι βλαβερά, και προκαλούν προβλήματα στους ανθρώπινους οργανισμούς, κυρίως στα μάτια και το δέρμα. Η απόρριψη των μπαταριών στις χωματερές διευκολύνει την απελευθέρωσή τους στο περιβάλλον.^[10]

Με την ανακύκλωση, ξαναβάζουμε στο ρεύμα παραγωγής τα υλικά που μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν. Ειδικά τα μέταλλα ανήκουν στην κατηγορία των υλικών που ανακυκλώνονται σχετικά εύκολα. Μπορούμε με διάφορες βιομηχανικές μεθόδους να τα διαχωρίσουμε, και στην συνέχεια να τα λιώσουμε για να κατασκευάσουμε νέα προϊόντα.^[10]

Κατά την εξόρυξη των μετάλλων, σπαταλείται ενέργεια σε ηλεκτρικό, και αέριο, τόσο για την εξόρυξή τους όσο και για την επεξεργασία των μεταλλευμάτων. Ένα σεβαστό ποσοστό ενέργειας καταναλώνεται για την μετατροπή αυτών των μεταλλευμάτων σε μέταλλα κατάλληλα για την παρασκευή προϊόντων. Υπολογίζεται πως για κάθε τεμάχιο μπαταρίας που ανακυκλώνεται, το ποσοστό της ενέργειας που εξοικονομείται φτάνει έως και το 80%.^[10]

Η μείωση του όγκου απορριμμάτων είναι ακόμη ένα μεγάλο κοινωνικό όφελος της ανακύκλωσης. Οι ήδη παραφορτωμένοι χώροι υγειονομικής ταφής θα δεχόντουσαν καθημερινά πολύ λιγότερα σκουπίδια αν η ανακύκλωση ήταν συνήθεια σε όλους μας. Με την ανακύκλωση δίνεται η δυνατότητα στον κάθε πολίτη να μπορεί πλέον ενεργά να προστατεύσει το περιβάλλον του και να διατηρήσει την πόλη του καθαρή.^[10]

Ακόμη στους χώρους υγειονομικής ταφής συμβαίνουν ατυχήματα. Σπασμένα γυαλιά και διαβρωμένες μπαταρίες αποτελούν μεγάλο πρόβλημα για τους υπάλληλους στους χώρους υγειονομικής ταφής. Αυτό συμβαίνει γιατί κάποιες μπαταρίες είναι εύφλεκτες ή ακόμη

χειρότερα προκαλούν εκρήξεις αν διαβρωθούν και στοιβαχτούν στις συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας που δυστυχώς συναντάμε στις χωματερές το καλοκαίρι . [10]

Εν κατακλείδι μπορούμε να πούμε πως ανακυκλώνοντας τις χρησιμοποιημένες μπαταρίες έχουμε ως όφελος την προστασία του περιβάλλοντος σε μεγαλύτερο βαθμό, την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και την μείωση εξόρυξης βαρέων μετάλλων, την μείωση του όγκου των απορριμμάτων και στο άνοιγμα νέων θέσεων εργασία κατά την διαδικασία της συλλογής της διαλογής και της ανακύκλωσης. [10]



Σχήμα 2.2Κύκλος ανακύκλωσης μπαταριών

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ, ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ”

3.1 Βασικοί ορισμοί και ιστορική αναδρομή

Η ηλεκτρική μπαταρία είναι μια συσκευή η οποία αποτελείται από δύο ή περισσότερα ηλεκτροχημικά κελιά και μετατρέπουν την χημική ενέργεια που έχουν αποθηκευμένη μέσα τους σε ηλεκτρική. Κάθε κελί έχει ένα θετικό ακροδέκτη ή κάθοδο και ένα αρνητικό ακροδέκτη ή άνοδο. Ο ηλεκτρολύτης που βρίσκεται μέσα επιτρέπει την κίνηση των ιόντων μεταξύ των ηλεκτροδίων και των ακροδεκτών, τα οποία επιτρέπουν στο ρεύμα να διαρρέει εκτός της μπαταρίας ώστε να τροφοδοτηθεί μία ηλεκτρική συσκευή.[11]

Οι μπαταρίες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες σε μίας χρήσης, ή πρώτες, και στις επαναφορτιζόμενες, ή δευτερεύουσες. Οι μπαταρίες μίας χρήσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν μία φορά και μετά απορρίπτονται καθώς τα υλικά των ηλεκτροδίων δεν γίνεται να ξαναχρησιμοποιηθούν κατά την αποφόρτιση της. Όπως είναι οι αλκαλικές μπαταρίες που χρησιμοποιούμε μία φορά σε πολλές εφαρμογές στην καθημερινότητα. Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες μπορούν να αποφορτίζονται και να φορτίζονται ξανά αρκετές φορές καθώς τα ηλεκτρόδια μπορούν να έρθουν στην αρχική τους κατάσταση με αντιστροφή του ρεύματος. Για παράδειγμα είναι οι μπαταρίες ιόντων λιθίου που χρησιμοποιούνται στα κινητά τηλέφωνα και σε πολλές ακόμα ηλεκτρονικές συσκευές. [11]

Οι μπαταρίες μπορούν να παραχθούν σε διάφορα μεγέθη και σχήματα αναλόγως την εφαρμογή που πρέπει να εξυπηρετηθεί κάθε φορά. Υπάρχουν μεγέθη από τις μικροσκοπικές μπαταρίες σε ακουστικά ψείρες μέχρι και μπαταρίες μεγέθους δωματίου για την εξυπηρέτηση τηλεφωνικών κέντρων. [11]



Σχήμα 3.1 Ηλεκτρική μπαταρία Πηγή από:
<http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=90508>

3.2 Ιστορία της μπαταρίας

Ο όρος «μπαταρία» χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει μια ομάδα από ηλεκτρικές συσκευές, πρώτα από τον Benjamin Franklin περίπου το 1748 ο οποίος περιέγραψε πολλά 'Leyden jars' ως ανάλογο ενός όπλου του στρατού που του έμοιαζε. Ο Alessandro Volta κατασκεύασε και περιέγραψε την πρώτη ηλεκτροχημική μπαταρία την «βολταϊκή στοίβα» ή «voltaic pile» το 1800.^[11]



Σχήμα.3.2 Voltaic pile του Alessandro Volta Πηγή από:
https://en.wikipedia.org/wiki/Voltaic_pile

Αυτό ήταν μία στοίβα από πλάκες χαλκού και ψευδάργυρου οι οποίες χωρίζονται από δίσκους χαρτιού εμποτισμένους σε άλμη, όπου με αυτό τον τρόπο θα μπορούσε να παράγει σταθερή τάση για ορισμένο χρονικό διάστημα. Αρχικά ο Volta δεν εκτιμούσε ότι αυτό οφείλονταν σε χημικές αντιδράσεις. Πίστευε ότι τα κελιά ήταν μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και ότι οι επιπτώσεις διάβρωσης στα ηλεκτρόδια ήταν απλά κάποια ενόχληση, παρά την αναπόφευκτη συνέπεια της λειτουργίας του όπως απόδειξε ο Faraday το 1834. Οι μπαταρίες ήταν μεγάλη αξία για πολλά πειράματα στην πράξη, όμως υπήρχε πρόβλημα λόγω της διακύμανσης της τάσης και δεν μπορούσαν να παρέχουν για πολλή ώρα υψηλή τιμή ρεύματος. Το «Daniell cell» εφευρέθηκε το 1836 από τον Βρετανό χημικό John Frederic Daniell όπου ήταν η πρώτη πρακτική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας όπου έγινε και βιομηχανικό πρότυπο έγινε ευρεία εφαρμογή της ως πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για τα ηλεκτρικά δίκτυα του ασύρματου τηλέγραφου. Αποτελούνταν από ένα δοχείο χαλκού γεμάτο με διάλυμα θεικού χαλκού στο οποίο βυθίζεται ένα πήλινο ακάλυπτο δοχείο γεμάτο με θειικό οξύ και ένα ηλεκτρόδιο ψευδαργύρου.[11]



Σχήμα.3.3

Daniel cell

Πηγή από:

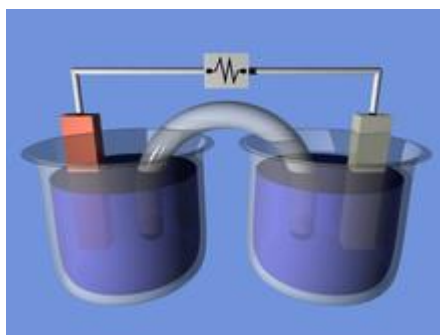
https://en.wikipedia.org/wiki/Daniell_cell

Αυτά τα κύτταρα που χρησιμοποιούν ηλεκτρολύτες σε υγρή μορφή ήταν επιρρεπής σε διαρροή αν δεν γινόταν σωστά η χρήση τους. Στο τέλος του 19^{ου} αιώνα εφευρέθηκαν οι μπαταρίες ξηρού τύπου όπου αντικατέστησε τον υγρό ηλεκτρολύτη και έτσι κατέστησε τις φορητές συσκευές πιο πρακτικές. [11]

3.3 Λειτουργία μπαταρίας

Οι μπαταρίες μετατρέπουν τη χημική ενέργεια κατευθείαν σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μπαταρία αποτελείται από μερικά ηλεκτροχημικά κελιά. Κάθε κελί αποτελείται από δύο μισά κελιά τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με έναν ηλεκτρολύτη που περιέχει ανιόντα και

κατιόντα. Το ένα μισό κύτταρο περιλαμβάνει ηλεκτρολύτη και το αρνητικό ηλεκτρόδιο δηλαδή αυτό που υπάρχουν τα ανιόντα (αρνητικά φορτισμένα ιόντα) και το άλλο μισό περιλαμβάνει τον ηλεκτρολύτη και το θετικό ηλεκτρόδιο αυτό που υπάρχουν τα κατιόντα (θετικά φορτισμένα ιόντα), τα οποία ‘μεταναστεύουν’. Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής τροφοδοτούν την μπαταρία. Τα κατιόντα μειώνονται στην κάθοδο κατά τη διαδικασία της φόρτισης ενώ τα ανιόντα οξειδώνονται στην άνοδο κατά τη διαδικασία της αποφόρτισης. Τα ηλεκτρόδια δεν ακουμπούν μεταξύ τους λόγω του διαχωριστή αλλά συνδέονται ηλεκτρικά με τον ηλεκτρολύτη. Κάποια κελιά χρησιμοποιούν διαφορετικούς ηλεκτρολύτες για κάθε μισό κελί. Ο διαχωριστής επιτρέπει την ροή των ιόντων μεταξύ των μισών κελιών αλλά εμποδίζει την ανάμιξη των ηλεκτρολυτών.[12]



Σχήμα 3.4 Λειτουργία μπαταρίας Πηγή από: [https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_\(electricity\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_(electricity))

Κάθε μισό κελί έχει μια ηλεκτρεγερτική δύναμη (HEΔ) η οποία προσδιορίζει την ικανότητα του να οδηγεί το ηλεκτρικό ρεύμα από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του κελιού. Η HEΔ κάθε κελιού είναι η διαφορά μεταξύ των HEΔ κάθε μισού κελιού. Εάν τα ηλεκτρόδια έχουν HEΔ E_1 και E_2 τότε η HEΔ είναι $E_2 - E_1$. Με λόγια η HEΔ είναι η διαφορά μεταξύ των δυναμικών από κάθε μισό κελί.[12]

Το δυναμικό που υπάρχει στους ακροδέκτες κελιών ονομάζεται διαφορά φάσης της μπαταρίας μετριέται σε volts και συμβολίζεται ως (ΔV_{bat}). Η τάση στους ακροδέκτες των κελιών δεν ούτε η τάση φόρτισης, ούτε η τάση αποφόρτισης. Ονομάζεται τάση ανοιχτού κυκλώματος και ισούται με την HEΔ των κελιών. Λόγω της εσωτερικής αντίστασης η τάση στους ακροδέκτες που εκφορτίζεται η μπαταρία είναι μικρότερη σε μέγεθος από την τάση ανοιχτού κυκλώματος και η τάση στους ακροδέκτες που φορτίζει είναι μεγαλύτερη από την τάση ανοιχτού κυκλώματος. Ένα ιδανικό κελί έχει αμελητέα εσωτερική αντίσταση, έτσι θα παραμένει σταθερή η τάση στους ακροδέκτες μέχρι να εξαντληθεί και τότε η πτώση τάσης θα είναι στο μηδέν. Εάν ένα κελί διατηρείται σε 1,5 V και αποθηκεύει φορτίο ενός Coulomb τότε θα αποφορτιστεί όταν θα εκτελέσει εργασία 1,5 joule ενέργειας. Σε πραγματικό κελί η

εσωτερική του αντίσταση αυξάνεται κατά την αποφόρτιση και η τάση ανοιχτού κυκλώματος μειώνεται κατά την αποφόρτιση. Αν η τάση και η αντίσταση είναι συνάρτηση του χρόνου οι γραφικές παραστάσεις είναι τυπικά μία καμπύλη και το σχήμα της καμπύλης προκύπτει αναλόγως τα χημικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται και την εσωτερική διαρρύθμιση της μπαταρίας.[12]

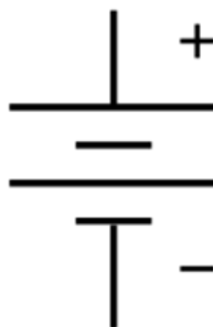
Η τάση που αναπτύσσεται στους ακροδέκτες ενός κελιού εξαρτάται από την απελευθέρωση ενέργειας από τις χημικές αντιδράσεις των ηλεκτροδίων που γίνονται και από τους ηλεκτρολύτες που χρησιμοποιούνται. Τα αλκαλικά και τα ψευδαργύρου-άνθρακα κελιά έχουν διαφορετική χημική σύσταση αλλά έχουν περίπου την ίδια ΗΕΔ στα 1,5V. Το υψηλό ηλεκτροχημικό δυναμικό αλλάζει κατά τις αντιδράσεις των ενώσεων λιθίου για να δώσει κελιά λιθίου με ΗΕΔ 3 Volts και περισσότερο. [12]

3.4 Κατηγορίες και τύποι μπαταριών

Οι μπαταρίες ταξινομούνται σε πρωτοβάθμιες και σε δευτεροβάθμιες μορφές.

Οι πρωτογενείς μπαταρίες μετατρέπουν ανεπιστρεπτή την χημική ενέργεια σε ηλεκτρική. Όταν η παροχή από τις χημικές αντιδράσεις τελειώσει τότε η ενέργεια δε μπορεί να αποκατασταθεί εύκολα στην μπαταρία. [12]

Οι δευτεροβάθμιες μπαταρίες μπορούν να επαναφορτιστούν. Δηλαδή μπορούν να έχουν χημικές αντιδράσεις οι οποίες αντιστρέφουν τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας και αποκαθιστούν την αρχική τους σύνθεση.[12]



Σχήμα 3.5 Σύμβολο της μπαταρίας Πηγή από: <https://clipartfest.com/categories/view/a9afb7d3d7000f3390e71334ecc9ece409cd2a59/clipart-battery-symbol.html>

Ορισμένοι τύποι πρωτογενών μπαταριών για παράδειγμα τα κυκλώματα τηλέγραφων αποκαταστάθηκαν σε λειτουργία με την αντικατάσταση των ηλεκτροδίων. Οι δευτερογενείς μπαταρίες δεν γίνεται να επαναφορτίζονται επ' αόριστων λόγω της διάχυσης των υλικών και της εσωτερικής διάβρωσης.[11]

3.4.1 Πρωτογενείς μπαταρίες

Οι πρωτογενείς μπαταρίες μπορούν να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα αμέσως μετά την κατασκευή τους. Αυτού του τύπου οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται συνήθως σε φορητές συσκευές που έχουν χαμηλό ρεύμα διαρροής και χρησιμοποιούνται μόνο κατά διαστήματα όχι συνεχόμενα ή χρησιμοποιούνται μακριά από πηγή εναλλασσόμενης τάσης, για παράδειγμα σε κυκλώματα συναγερμού ή επικοινωνίας όπου κάποια άλλη πηγή ενέργειας είναι διαθέσιμη. Τα πρωτογενή κελιά δεν μπορούν να επαναφορτιστούν καθώς οι χημικές αντιδράσεις δεν είναι εύκολα αναστρέψιμες και τα υλικά δεν μπορούν να επιστρέψουν στη αρχική τους μορφή. Σε γενικές γραμμές οι μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες έχουν υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από τις επαναφορτιζόμενες αλλά δεν έχουν πολύ καλή απόδοση σε εφαρμογές όπου το φορτίο βρίσκεται κάτω των 75 Ω. Οι πιο γνωστές μπαταρίες μιας χρήσης είναι οι ψευδαργύρου-άνθρακα και οι αλκαλικές μπαταρίες. [12]

3.4.2 Δευτερογενείς μπαταρίες

Οι δευτερογενείς ή επαναφορτιζόμενες μπαταρίες θα πρέπει να φορτιστούν πριν από την πρώτη χρήση. Συνήθως κατασκευάζονται από δραστικά υλικά στην αποφορτισμένη τους κατάσταση. Αυτού του τύπου οι μπαταρίες είναι επαναφορτιζόμενες με την εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος, όπου αναστρέφει τις χημικές αντιδράσεις οι οποίες λαμβάνουν χώρα κατά την χρήση της μπαταρίας. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την επαναφόρτιση της μπαταρίας ονομάζονται φορτιστές. Η παλαιότερη μορφή επαναφορτιζόμενης μπαταρίας είναι οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος. Αυτή η τεχνολογία περιέχει υγρό ηλεκτρολύτη μέσα στο δοχείο, απαιτώντας ότι η μπαταρία πρέπει να διατηρείται σε όρθια θέση και η περιοχή πρέπει να αερίζεται επαρκώς ώστε να διασφαλίζεται η ασφαλής έκκλιση του αερίου υδρογόνου που παράγεται κατά την υπερφόρτιση. [12]

Η μπαταρία μολύβδου-οξέος είναι σχετικά βαριά για την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παρέχει σε κάποιο φορτίο. Έχει χαμηλό κόστος κατασκευής και υψηλό ρεύμα με την χωρητικότητα να ξεπερνάει τα 10Ah γεγονός και πιο σημαντικό από το βάρος και του χειρισμού της. Μια κοινή σύγχρονη εφαρμογή της είναι το αυτοκίνητο, όπου μπορεί να αποδώσει μια ανώτατη τιμή ρεύματος των 450A. [12]

Οι VRLA (valve regulated lead-acid) μπαταρίες είναι γνωστές στις αυτοκινητοβιομηχανίες καθώς αντικαταστήσανε τις μολύβδου-οξέος που είχαν υγρό κελί.

Αυτές οι μπαταρίες (VRLA) χρησιμοποιούν έναν ακίνητο ηλεκτρολύτη θεικού οξέος, μειώνοντας έτσι τις πιθανότητες διαρροής παρατείνοντας συγχρόνως έτσι την διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Υπάρχουν δύο τύποι VRLA που ακινητοποιούν τον ηλεκτρολύτη:

A) Gel batteries: όπου χρησιμοποιούν ημι-στερεό ηλεκτρολύτη.

B) Absorbed Glass Mat batteries: οι οποίες απορροφούν τον ηλεκτρολύτη σε έναν ειδικό υαλοβάμβακα.[12]

Οι άλλες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες περιλαμβάνουν τύπο ξηρού κελιού, όπου είναι χρήσιμος σε εφαρμογές όπως τα κινητά τηλέφωνα και οι φορητοί υπολογιστές (laptop). Τα κελιά αυτού του τύπου περιλαμβάνουν νικέλιο-κάδμιο(Ni-Cd) νικέλιο-ψευδάργυρο (Ni-Zn) νικέλιο-υδρογονούχο μέταλλο (Ni-MH) και ιόντων λιθίου (Li-ion). Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν το μεγαλύτερο μερίδιο στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ξηρού τύπου στην αγορά. Ενώ οι NiMH έχουν αντικαταστήσει στις περισσότερες εφαρμογές τις Ni-Cd λόγω της μεγαλύτερης αποθηκευτικής ικανότητά της, όμως οι μπαταρίες Ni-Cd παραμένουν σε ορισμένες εφαρμογές όπως είναι τα ραδιόφωνα και ο ιατρικός εξοπλισμός.[12]

Οι πρόσφατες εξελίξεις περιλαμβάνουν μπαταρίες με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά στοιχεία όπως τα κελιά USB τα οποία επιτρέπουν την φόρτιση μιας κοινής μπαταρίας μέσω σύνδεσης USB. Επίσης στην κατηγορία αυτή είναι και οι μπαταρίες που είναι κατασκευασμένες από νανόσφαιρες (nanoball batteries) οι οποίες έχουν ρυθμό αποφόρτισης 100 φορές καλύτερο από μια κοινή παρόμοια μπαταρία. Είναι και οι έξυπνες μπαταρίες όπου έχουν οθόνη και κυκλώματα προστασίας της μπαταρίας που εμποδίζουν την καταστροφή της όταν γίνεται υπερ-αποφόρτιση (δηλαδή να αποφορτίζεται με πολύ μεγαλύτερο ρυθμό από ότι ορίζουν τα χαρακτηριστικά της μπαταρίας). [12]

3.5 Τύποι κελιών μπαταρίας

Πολλοί τύποι ηλεκτροχημικών κελιών έχουν δημιουργηθεί, με διάφορες χημικές διαδικασίες και σχέδια, συμπεριλαμβανομένων τα γαλβανικά κελιά, τα ηλεκτρολυτικά, τα κελιά καυσίμου, τα κελιά ροής και τους βολταϊκούς σωρούς. [13]

3.5.1 Υγρά κελιά (wet cell)

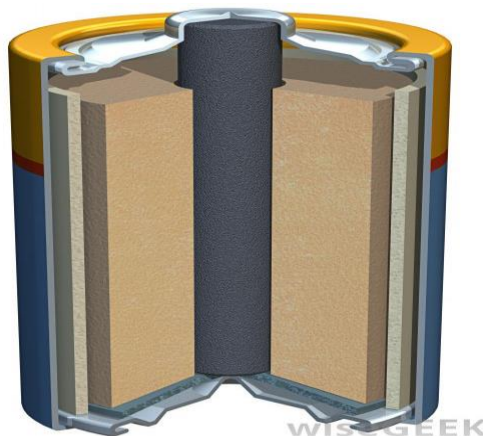
Τα υγρά κελιά έχουν ηλεκτρολύτη σε υγρή μορφή. Με άλλη ονομασία είναι το πλημμυρισμένο κελί (flooded cell) αφού το υγρό καλύπτει όλα τα εσωτερικά του μέρη, ή

εξαεριζόμενο κελί (vented cell) αφού τα αέρια που παράγονται κατά τη λειτουργία μπορούν να διαφύγουν στον αέρα. Τα υγρά κελιά ήταν πρόδρομο για ξερά κελιά και χρησιμοποιούνται ευρέως στην ηλεκτροχημεία. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επαναφορτιζόμενες ή και σε μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Αρχικά όλες οι λειτουργικές πρωτεύοντες μπαταρίες ήταν σαν το ‘Daniell cell’ (δες σχήμα 3.3) δηλαδή φτιάχτηκαν σε γυάλινο βάζο με ανοιχτό καπάκι.[12]

Κάποια άλλα υγρά κελιά που φτιάχτηκαν ήταν τα ‘Leclanche cell’, ‘Grove cell’, ‘Bunsen cell’, ‘Chromic acid cell’, ‘Clark cell’, and ‘Weston cell’. Η χημεία από το ‘leclanche cell’ προσαρμόστηκε στα πρώτα ξερά κελιά. Τα υγρά κελιά εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα στις μπαταρίες των αυτοκινήτων, στη βιομηχανία ως εφεδρική παροχή ισχύος, στις τηλεπικοινωνίες και σε πολλές άλλες. Αυτές οι εφαρμογές χρησιμοποιούν συνήθως στα κελιά τους μόλυβδο-οξύ ή νικέλιο-κάδμιο. [13]

3.5.2 Ξηρά κελιά (dry cell)

Τα ξηρά κελιά χρησιμοποιούν μία πάστα ηλεκτρολύτη με αρκετή υγρασία ώστε να επιτρέπει τη ροή του ρεύματος. Σε αντίθεση με τα υγρά κελιά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιαδήποτε κατεύθυνση χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να χυθεί το υγρό της μπαταρίας έξω, αφού δεν περιέχει καθαρό υγρό καθιστώντας έτσι κατάλληλες για φορητό εξοπλισμό. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως επαναφορτιζόμενα είτε όχι. Συγκριτικά, αναφέρεται εδώ ότι τα πρώτα υγρά κελιά ήταν συνήθως εύθραυστα γυάλινα δοχεία με μολύβδινους ράβδους που κρέμονταν από την ανοιχτή κορυφή τους και χρειαζόντουσαν προσεκτικό χειρισμό για να αποφευχθούν οι διαρροές. Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος δεν επιτύγχαναν την ασφάλεια και την ικανότητα μεταφοράς των ξηρών κελιών μέχρι που αναπτύχθηκαν οι μπαταρίες με κελιά που είχαν γέλη ‘Gel cell’. [13]



Σχήμα 3.6 Εσωτερικό μπαταρίας ξηρού τύπου Πηγή από : <http://www.wisegeek.com/what-is-a-dry-cell-battery.htm>

Μια κοινή μπαταρία ξηρού τύπου κελιού είναι η ψευδαργύρου-άνθρακα η οποία μερικές φορές ονομάζεται και 'dry Leclanché cell' με ονομαστική τάση 1,5 V όπως και η αλκαλική μπαταρία. Ένα πρότυπο ξηρό κελί περιλαμβάνει μία άνοδο ψευδαργύρου συνήθως με τη μορφή ενός κυλινδρικού δοχείου και μία κάθοδο άνθρακα στη μορφή κεντρικής ράβδου. Ο ηλεκτρολύτης είναι το χλωριούχο αμμώνιο με τη μορφή πάστας στην άνοδο του ψευδαργύρου.[12]

Το εναπομένον κενό μεταξύ του ηλεκτρολύτη και της καθόδου του άνθρακα γεμίζει από μία δεύτερη πάστα που αποτελείται από χλωριούχο αμμώνιο και διοξείδιο του μαγγανίου. Σε κάποιες περιπτώσεις το χλωριούχο αμμώνιο αντικαθίσταται από χλωριούχο ψευδάργυρο. [13]

3.5.3 Λιωμένο αλάτι (molten salt)

Αυτού του είδους οι μπαταρίες χρησιμοποιούν σαν ηλεκτρολύτη λιωμένο αλάτι προσφέροντας έτσι υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και υψηλή πυκνότητα ισχύος. Χρησιμοποιούνται ως πρωτεύοντες μπαταρίες ή ως δευτερεύοντες μπαταρίες. Αυτές λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες και πρέπει να είναι καλά μονωμένες ώστε να διατηρούν τη θερμότητα. Χρησιμοποιούνται συνήθως στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, για την αποθήκευση ενέργειας στο δίκτυο και για την εξισορρόπηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως οι ηλιακοί συλλέκτες και οι ανεμογεννήτριες. [13]

3.5.4 Εφεδρική μπαταρία (reserve battery)

Οι εφεδρικές μπαταρίες μπορεί να αποθηκευτούν αφού έχουν αποσυναρμολογηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να καταστρέφονται. Όταν απαιτείται η μπαταρία τότε συναρμολογείται με την προσθήκη ηλεκτρολύτη και είναι έτοιμη για να χρησιμοποιηθεί. Αυτές οι μπαταρίες σχεδιάζονται για να χρησιμοποιούνται για μικρό χρονικό διάστημα (λεπτά ή δευτερόλεπτα) μετά από μακροχρόνια αποθήκευση (χρόνια). Για παράδειγμα μία υδατο-ενεργοποιήσιμη μπαταρία για ωκεανογράφιση ή για στρατιωτικές εφαρμογές ενεργοποιείται κατά την βύθισή της στο νερό. [14]

3.6 Χωρητικότητα και αποφόρτιση

Η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι το ποσό του ηλεκτρικού φορτίου που μπορεί να προσφερθεί στην ονομαστική τάση του. Όσο περισσότερο υλικό περιέχεται από το ηλεκτρόδιο μέσα στο κελί τόσο μεγαλύτερη είναι και η χωρητικότητά του. Ένα μικρό κελί έχει μικρότερη χωρητικότητα από ένα μεγαλύτερο κελί παρ' όλο που έχουν την ίδια τάση ανοιχτού κυκλώματος. Η μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας είναι το Ah (αμπέρ-ώρα). Η χωρητικότητα της μπαταρίας εκφράζεται συνήθως ως το πηλίκο των 20 ωρών το οποίο πολλαπλασιάζεται με το ρεύμα που παρέχει μια μπαταρία σταθερά στους 20°C ενώ παραμένει σταθερή και η τάση στα κελιά της.[14]

Για παράδειγμα μία μπαταρία 100Ah μπορεί να αποδώσει 5A σταθερά για 20 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου (20° C).[14]

Ο ρυθμός με τον οποίο μία μπαταρία θα αποδώσει το αποθηκευμένο φορτίο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι τα χημικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται, τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά, την απαίτηση του φορτίου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και διάφορα άλλα.[14]

Όσο υψηλότερο είναι το ποσοστό αποφόρτισης, τόσο χαμηλότερη είναι και η χωρητικότητα. Η σχέση μεταξύ του ρεύματος το χρόνο αποφόρτισης και χωρητικότητας για μια μπαταρία μολύβδου-οξέος προσεγγίστηκε από τον Wilhelm Peukert και ονομάστηκε Peukert Law. [14]

$$T=Q_p/I^k \quad (3.1)$$

Όπου:

T = το χρονικό διάστημα σε ώρες που αντέχει η μπαταρία

Q_p = η χωρητικότητα όταν αποφορτίζεται κατά 1 A

I = το ρεύμα που αποδίδει η μπαταρία σε A

K = σταθερά κοντά στο 1, 3

Οι μπαταρίες που δεν χρησιμοποιούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα ή αποφορτίζονται με μικρό λόγο αποφόρτισης χάνουν την χωρητικότητά τους λόγω παρουσίας

των μη αναστρέψιμων παράπλευρων αντιδράσεων που καταναλώνουν μέρος του χωρίς να παράγουν έργο. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό ως αυτό-αποφόρτιση. Όταν οι μπαταρίες επαναφορτίζονται μπορεί επίσης να εμφανιστούν οι παράπλευρες αντιδράσεις μειώνοντας έτσι την χωρητικότητα για τις επόμενες αποφορτίσεις. Μετά από αρκετές φορτίσεις στην ουσία το σύνολο της δυναμικότητας χάνεται και η μπαταρία σταματά να παράγει ισχύ.^[14]

Οι εσωτερικές απώλειες και οι περιορισμοί στο ρυθμό που τα ιόντα περνούν στον ηλεκτρολύτη και προκαλούν πρόβλημα στην απόδοση της μπαταρίας είναι πολλές. Σε μεγάλο ποσοστό όταν η αποφόρτιση γίνεται σε χαμηλό ρυθμό τότε προσφέρει περισσότερα στην χωρητικότητα της μπαταρίας από ότι σε μπαταρία όπου η αποφόρτιση γίνεται σε υψηλό ρυθμό. ^[14]

3.6.1 Ρυθμός C (C rate)

Ο ρυθμός C είναι το μέτρο του ρυθμού με τον οποίο αποφορτίζεται μια μπαταρία. Ορίζεται ως το ρεύμα κατά την αποφόρτιση προς το θεωρητικό ρεύμα που αποδίδει η μπαταρία σε μία ώρα. Σε ρυθμό αποφόρτισης 1C η μπαταρία θα αποδώσει στο φορτίο όλη τη χωρητικότητα σε μία ώρα. Στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες τα πρότυπα καθορίζουν ότι η χωρητικότητα πρέπει να διαρκεί για 4 , 8 ή και περισσότερες ώρες αποφόρτισης. Λόγω όμως της εσωτερικής αντίστασης και των χημικών αντιδράσεων εντός των κελιών μια μπαταρία σπανίως αποδίδει την ονομαστική χωρητικότητα μόνο σε μία ώρα. Για κατασκευές που προορίζονται για ειδικούς σκοπούς, όπως σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή που πρέπει να έχει παροχή συνεχόμενη, μπορεί ο ρυθμός που θα οριστεί από τους κατασκευαστές για τη χρονική περίοδο που χρησιμοποιούνται να είναι λιγότερο από μία ώρα. ^[14]

3.7 Κύκλος ζωής της μπαταρίας

Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι ένα μέτρο της απόδοσης της μπαταρίας το οποίο μπορεί να ποσοτικοποιηθεί με διάφορους τρόπους: δηλαδή ο χρόνος λειτουργίας σε πλήρη φόρτιση, το ποσό που δίνει ο κατασκευαστής τα mAh ή με τον αριθμό των φορτίσεων της μπαταρίας μέχρι το τέλος της ωφέλιμης ζωής της.^[15]

Η διαθέσιμη χωρητικότητα των μπαταριών μειώνεται ανάλογα με την μείωση της θερμοκρασίας. Σε αντίθεση με τις σημερινές μπαταρίες ο Giuseppe Zamboni εφηύρε το 1812 το 'Zamboni pile' μία μπαταρία η οποία προσφέρει μια πολύ καλή διάρκεια ζωής χωρίς να

ανακατασκευαστεί και χωρίς να επαναφορτιστεί παρέχοντας ρεύμα της τάξης των νανοαμπέρ. [15]

3.7.1 Αυτό-αποφόρτιση (Self-discharge)

Οι μπαταρίες μια χρήσης χάνουν συνήθως το 8-20 τοις εκατό του αρχικού τους φορτίου ετησίως αν αποθηκεύονται σε θερμοκρασία δωματίου (20-30° C). Αυτό ονομάζεται ‘αυτό-αποφόρτιση’ και οφείλεται στις πλευρικές χημικές αντιδράσεις εσωτερικά του κελιού ακόμα και όταν δεν εφαρμόζεται το φορτίο. Το ποσοστό των πλευρικών χημικών αντιδράσεων είναι μειωμένο στις μπαταρίες όταν αυτές αποθηκεύονται σε περιοχές με χαμηλή θερμοκρασία όμως είναι επικίνδυνο να τους προκληθεί και ζημιά από την ψύξη.[14]

Οι παλιές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες αυτό-αποφορτίζονταν πιο γρήγορα από τις αλκαλικές μπαταρίες, ειδικά οι μπαταρίες που είχαν για βάση τους το νικέλιο. Οι καινούργιες μπαταρίες νικελίου-καδμίου χάνουν το 10% του φορτίου τους το πρώτο 24ώρο και έπειτα χάνουν περίπου 10% το μήνα. Ωστόσο οι καινούργιες χαμηλής αυτό-αποφόρτισης μπαταρίες νικελίου-υβριδικού μετάλλου (NiMH) και οι λιθίου παρουσιάζουν χαμηλότερο ποσοστό αυτό-αποφόρτισης, αλλά εξακολουθούν να έχουν καλύτερα ποσοστά από τις μπαταρίες μιας χρήσης. [16]

3.7.2 Διάβρωση

Τα εσωτερικά μέρη μιας μπαταρίας μπορούν να διαβρωθούν και να καταστραφεί η μπαταρία. Αυτό μπορεί να συμβεί από κάποιο λάθος κατά την κατασκευή της ή να αδρανοποιηθούν τα χημικά στοιχεία εφόσον δε χρησιμοποιείται για αρκετό χρονικό διάστημα.[17]

3.7.3 Φυσικές αλλαγές στα συστατικά

Τα χημικά στοιχεία των μπαταριών αλλάζουν χημική σύνθεση σε κάθε κύκλο φόρτισης-αποφόρτισης, δηλαδή μπορεί να περιοριστεί ο όγκος τους μειώνοντας έτσι τον αριθμό όπου θα επαναφορτιστεί η μπαταρία. Επιδείνωση συμβαίνει σε κάθε κύκλο φόρτισης-αποφόρτισης συνήθως επειδή ο ηλεκτρολύτης απομακρύνεται από το ηλεκτρόδιο ή επειδή τα χημικά στοιχεία αποσπώνται από τα ηλεκτρόδια.[18]

3.7.4 Ταχύτητα της φόρτισης και υπερφόρτιση

Η μεγάλη ταχύτητα φόρτισης της μπαταρίας δηλαδή η εφαρμογή υψηλής τάσης μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στη σύνθεσή της και επομένως να μειώσει και τη διάρκεια ζωής της. Επίσης εάν ένας φορτιστής δεν μπορεί να αναγνωρίσει τότε η μπαταρία είναι πλήρως φορτισμένη και συνεχίσει να εφαρμόζει τάση τότε η μπαταρία υπερφορτίζεται και είναι πιθανό να καταστραφεί. [18]

3.7.5 Μνήμη της μπαταρίας (memory effect)

Η μνήμη της μπαταρίας είναι ένα φαινόμενο που παρατηρείται κυρίως στις μπαταρίες νικελίου-καδμίου και νικελίου-υβριδικού μετάλλου που τους αναγκάζει να έχουν μικρότερη χωρητικότητα. Περιγράφει την κατάσταση στην οποία κάποιες μπαταρίες χάνουν σταδιακά την μέγιστη χωρητικότητά τους το οποίο συμβαίνει όταν κατ' επανάληψη επαναφορτίζονται όταν είναι μερικώς αποφορτισμένες. [19,20]

3.7.6 Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Στις μπαταρίες μολύβδου-οξέος των αυτοκινήτων προκαλούνται ζημιές λόγω των κραδασμών του αυτοκινήτου και τις υψηλές θερμοκρασίες. Για αυτούς του λόγους οι μπαταρίες των αυτοκινήτων αντέχουν για περισσότερο από έξη χρόνια συστηματικής χρήσης. Οι μπαταρίες αυτοκινήτων έχουν πολλές λεπτές πλάκες για μεγιστοποίηση του ρεύματος. Γενικά όσο παχύτερες είναι οι πλάκες τόσο μεγαλύτερη είναι και η διάρκεια ζωής. [21]

Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος βαθιάς εκ φόρτισης όπως αυτές που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα του γκολφ έχουν μεγαλύτερο πάχος πλακών που επεκτείνει την διάρκεια ζωής της. Το πλεονέκτημα της μπαταρίας μολύβδου-οξέος είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής όμως έχει το μειονέκτημα ότι έχει μεγάλο μέγεθος και βάρος για τη χωρητικότητά της. [21]

Επιπλέον δεν πρέπει να αποφορτίζονται κάτω από το 20% της χωρητικότητας τους επειδή η εσωτερική αντίσταση τους θα θερμανθεί και θα προκαλέσει ζημιά στην μπαταρία όταν επαναφορτιστεί. [21]

3.7.7 Αποθήκευση

Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας μπορεί να αυξηθεί αποθηκεύοντας την σε χαμηλή θερμοκρασία στο ψυγείο ή σε καταψύκτη μειώνοντας έτσι τις πλευρικές αντιδράσεις. Αυτού του είδους η αποθήκευση μπορεί να επεκτείνει την διάρκεια ζωής μια αλκαλικής μπαταρίας

κατά 5%. Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες μπορούν να διατηρήσουν το φορτίο για περισσότερο καιρό αναλόγως και τον τύπο της μπαταρίας.[22]

3.8 Μέγεθος των μπαταριών

Οι πρωτογενείς μπαταρίες που είναι άμεσα διαθέσιμες στους χρήστες μπορεί να είναι από μικροσκοπικές μπαταρίες ρολογιού μέχρι και μπαταρίες τύπου D. [25]



Σχήμα 3.7 Διάφορα μεγέθη μπαταριών Πηγή από: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Batteries_comparison_4,5_D_C_AA_AAA_AAAA_A23_9V_CR2032_LR44_matchstick-1.jpeg

Οι δευτερεύοντες μπαταρίες βρίσκονται σε διάφορα μεγέθη από την μπαταρία του κινητού μέχρι και την διάσταση ενός δωματίου για την σταθεροποίηση του δικτύου.



Σχήμα 3.8 Συστοιχία μπαταριών Πηγή από : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Batteries_comparison_4,5_D_C_AA_AAA_AAAA_A23_9V_CR2032_LR44_matchstick-1.jpeg

3.9 Κίνδυνοι

Οι μπαταρίες επιφυλάσσουν αρκετούς κινδύνους αν δεν γίνεται σωστή χρήση τους όπως ορίζουν οι κατασκευαστές. Θα πρέπει δηλαδή να γίνεται σωστά η φόρτιση της αν είναι επαναφορτιζόμενη μπαταρία, το φορτίο που τροφοδοτείται να είναι κατάλληλο με τα χαρακτηριστικά της. Κίνδυνοι που μπορεί να προκληθούν είναι η έκρηξη, η διαρροή, τα τοξικά υλικά της, ακόμα και η κατάποση.[22,23]

3.9.1 Έκρηξη

Η έκρηξη της μπαταρίας προκαλείται από κακή χρήση της μπαταρίας όπως η προσπάθεια για επαναφόρτιση μιας πρωτογενούς μπαταρίας ή προκαλώντας βραχυκύκλωμα. Οι μπαταρίες αυτοκινήτων είναι πιθανόν να εκραγούν από βραχυκύκλωμα καθώς δημιουργούνται πολύ υψηλά ρεύματα. Οι μπαταρίες των αυτοκινήτων παράγουν υδρογόνο το οποίο εκρηκτικό υλικό όταν βρίσκεται σε μεγάλη ποσότητα. Το ποσό υδρογόνου που παράγεται κατά την υπερφόρτιση είναι πολύ λίγο το οποίο διαλύεται γρήγορα. Όμως όταν στην μπαταρία του αυτοκινήτου προκαλείται βραχυκύκλωμα τότε τα υψηλά ρεύματα που προκαλούνται, προκαλούν γρήγορη απελευθέρωση μεγάλης ποσότητας υδρογόνου το οποίο μπορεί να εκραγεί από κάποιο σπινθήρα.[24]

Όταν για παράδειγμα μια μπαταρία επαναφορτίζεται σε πολύ μεγαλύτερο ρυθμό από ότι πρέπει τότε ένα μίγμα από αέριο υδρογόνο και οξυγόνο παράγεται γρηγορότερα με αποτέλεσμα να μην προλαβαίνει να διαλυθεί στο εσωτερικό της μπαταρίας αυξάνοντας έτσι την πίεση εσωτερικά της και να γίνεται έκρηξη. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί το υγρό της μπαταρίας να προκαλέσει προβλήματα, ή ακόμα να προκληθεί τραυματισμός από τα θραύσματα της μπαταρίας. Σύνηθες φαινόμενο είναι η έκρηξη στις μπαταρίες των κινητών τηλεφώνων ειδικά παλαιότερα. Όπου έχουν προκληθεί πολλά προβλήματα ακόμα και θάνατος του χρήστη αν εκραγεί η μπαταρία και βρίσκεται κοντά στη συσκευή.[24]



Σχήμα 3.9 Έκρηξη μπαταρίας Πηγή από:
[https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_\(electricity\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_(electricity))

3.9.2 Διαρροή

Πολλά χημικά στοιχεία στις μπαταρίες είναι διαβρωτικά ή δηλητηριώδη ή μπορεί να είναι και τα δύο. Σε περίπτωση διαρροής οι χημικές ουσίες που απελευθερώνονται μπορεί να αποβούν βλαβερές για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Για παράδειγμα μπαταρία μιας χρήσης μπορεί να χρησιμοποιεί ψευδάργυρο ως δραστικό χημικό στοιχείο του αντιδραστηρίου ή και ως στοιχείο που συγκρατεί τα υπόλοιπα αντιδραστήρια. Εάν αυτό το είδος μπαταρίας αποφορτιστεί αρκετά τότε υπάρχει πιθανότητα να ξεχειλίσει το χημικό στοιχείο μέσα στο πλαστικό και στην υπόλοιπη μπαταρία με αποτέλεσμα να προκαλέσει βλάβη στον εξοπλισμό της και στα χαρακτηριστικά της. Για αυτό το λόγο πολλοί κατασκευαστές συνιστούν να αφαιρούνται οι μπαταρίες από συσκευές που δεν θα χρησιμοποιηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα.[26]



Σχήμα 3.10 Διαρροή μπαταρίας Πηγή από:
[https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_\(electricity\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_(electricity))

3.9.3 Τοξικά υλικά

Πολλές μπαταρίες χρησιμοποιούν τοξικά υλικά όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, το κάδμιο και άλλα υλικά είτε ως ηλεκτρόδιο είτε ως ηλεκτρολύτη. Όταν σε μία μπαταρία τελειώσει ο κύκλος ζωής της θα πρέπει να ανακυκλωθεί και όχι να πεταχτεί στα σκουπίδια για την πρόληψη των περιβαλλοντικών ζημιών. Τα τοξικά υλικά που περιέχονται στην μπαταρία μπορούν να προβούν άκρως επικίνδυνα για το περιβάλλον και για τον άνθρωπο προκαλώντας ανεπανόρθωτες ζημιές σε πολλές περιπτώσεις.[26]

3.9.4 Κατάποση

Οι μπαταρίες ενδέχεται να είναι επιβλαβείς ή θανατηφόρες σε περίπτωση κατάποσης. Οι μικρές μπαταρίες μπορεί να καταποθούν ιδίως από μικρά παιδιά με αποτέλεσμα να προκληθεί σοβαρή ζημιά στον οργανισμό αφού καταστρέφει τους ιστούς. Η ζημιά αυτή μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε θάνατο. Σε περίπτωση κατάποσης ολόκληρης μπαταρίας μπορεί και να μην προβεί επιβλαβές γιατί είναι πολύ πιθανό να φρακάρει στον οισοφάγο και να μην φτάσει στο στομάχι όπου θα διαλυθεί και θα εκκληθούν τα χημικά στοιχεία.[26]

3.10 Χημική σύσταση των μπαταριών

Ο πίνακας 3.1 παρουσιάζει τη συνήθη χημική σύσταση των μπαταριών μίας χρήσης

Χημικά στοιχεία	Άνοδος (-)	Κάθοδος (+)	Μέγιστη τάση θεωρητική (V)	Ονομαστική ή τάση (V)	Ειδική Ενέργεια (Mj/Kg)	Σχόλια
Ψευδάργυρο υ-Άνθρακα	Zn	MnO ₂	1.6	1.2	0.13	Χαμηλό κόστος κατασκευής
Ψευδάργυρο υ-Αέρα	Zn	O ₂	1.6	1.1	1.59	Χρησιμοποιείται συνήθως σε ακουστικά βαρηκοΐας
Στήλη Zamboni	Zn	Ag ή Au		0.8		Πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, πολύ χαμηλό ρεύμα
Οξείδιο του ασημιού	Zn	Ag ₂ O	1.85	1.5	0.47	Πολύ μεγάλο κόστος κατασκευής
Οξείδιο του υδραργύρου	Zn	HgO	1.34	1.2		

Αλκαλικές	Zn	MnO ₂	1.5	1.15	0.4-0.59	Καλή για χρήση μεγάλης και μικρής κατανάλωσης.
Μαγνησίου	Mg	MnO ₂	2	1.5		
Λιθίου-σιδήρου	Li	FeS ₂	1.8	1.5	1.07	Πολύ ακριβές
Λιθίου-οξείδιο του χλωρίου	Li	CrO ₂	3.8	3		
Λιθίου-φθοριούχο άνθρακα	Li	(CF) _n	3.6	3		

Πίνακας 3.1 Τύποι μίας χρήσης μπαταριών Πηγή από:
[https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_\(electricity\)#Primary_batteries_and_their_characteristic](https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_(electricity)#Primary_batteries_and_their_characteristic)

Ο πίνακας 3.2 παρουσιάζει τη συνήθη χημική σύσταση των επαναφορτιζόμενων μπαταριών

Χημικά στοιχεία	Ονομαστική Τάση (V)	Ειδική Ενέργεια (Mj/Kg)	Σχόλια
Νικελίου-καδμίου	1.2	0.14	Χαμηλό κόστος, δεν χάνει εύκολα χωρητικότητα, υψηλό επικινδυνότητα λόγω του καδμίου
Νικελίου-Υβρίδιο μέταλλου	1.2	0.36	Χαμηλό κόστος, καλύτερη εφαρμογή στις συσκευές με υψηλή απαίτηση
Μολύβδου-οξέος	2.1	0.14	Σχετικά ακριβές
Νικελίου-Ψευδαργύρου	1.6	0.36	Χαμηλό κόστος
Αργυρίου-Ψευδαργύρου	1.86	0.46	Αρκετά υψηλό κόστος, υψηλή ενεργειακή πυκνότητα
Ιόντων-Λιθίου	3.6	0.46	Πολύ καλή απόδοση, ευρεία χρήση σε φορητές συσκευές

Πίνακας 3.2 Τύποι δευτερευόντων μπαταριών Πηγή από:
[https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_\(electricity\)#Secondary_rechargeable_batteries_and_their_characteristics](https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_(electricity)#Secondary_rechargeable_batteries_and_their_characteristics)

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

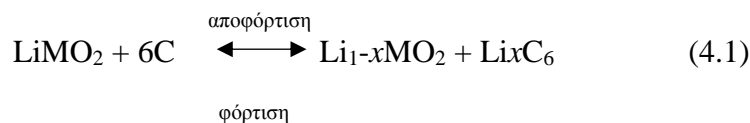
“ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΙΟΝΤΩΝ-ΛΙΘΙΟΥ (LI-ION) ”

Η μπαταρία ιόντων λιθίου είναι μέλος της οικογένειας των επαναφορτιζόμενων μπαταριών. Οι μπαταρίες αυτές χρησιμοποιούν μια παρεμβλλόμενη ένωση λιθίου στο ηλεκτρόδιο, σε σύγκριση με το μεταλλικό λίθιο που χρησιμοποιείται στις μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου. Υπάρχουν πολλοί τρόποι ανακύκλωσης μπαταρίας ιόντων-λιθίου αυτοί μπορεί να είναι απλοί είτε συνδυαστικοί, φυσικοί ή χημικοί. Θα παρουσιαστούν στις επόμενες παραγράφους. [27]

4.1 Σύσταση της μπαταρίας ιόντων-λιθίου

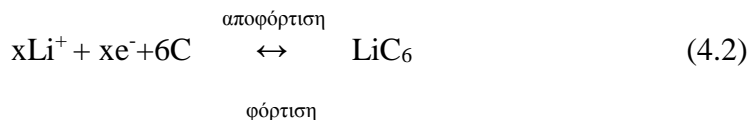
Τα βασικά μέρη μιας μπαταρίας είναι η άνοδος η κάθοδος, το μίγμα του ηλεκτρολύτη και ο διαχωριστής. Οι βασικές διαφορές μεταξύ των μπαταριών είναι τα υλικά από τα οποία είναι φτιαγμένα ο ηλεκτρολύτης και τα ηλεκτρόδια τα οποία δίνουν και διάφορες ιδιότητες στην μπαταρία. [27]

Η γενική αντίδραση της μπαταρίας είναι :



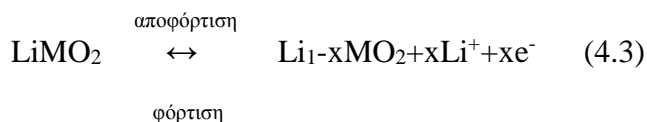
Η άνοδος είναι το αρνητικό ηλεκτρόδιο του κυρίως κελιού και συνδέεται πάντα με την οξείδωση ή την απελευθέρωση των ηλεκτρονίων στο εξωτερικό κύκλωμα. Σε μία επαναφορτιζόμενη μπαταρία η άνοδος είναι ο αρνητικός πόλος κατά την αποφόρτιση και ο θετικός πόλος κατά την φόρτιση. Το σύνηθες υλικό που χρησιμοποιείται στην άνοδο είναι ο άνθρακας. Κάποια άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται όχι όμως τόσο συνηθισμένα είναι ο γραφίτης και οι κόκκοι πετρελαίου τα οποία δίνουν διαφορετικές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία. [50,51]

Η αντίδραση της ανόδου είναι:



Η κάθοδος είναι το ηλεκτρόδιο από το οποίο το ρεύμα εξέρχεται της μπαταρίας. Οι έρευνες για τα υλικά που κατασκευάζονται οι καθόδων των μπαταριών ιόντων-λιθίου έχουν κατευθυνθεί προς τα υλικά τα οποία είναι κρυσταλλικά μέταλλα τα οποία έχουν λίθιο εσωτερικά. Είναι συνήθως κατασκευασμένα από πλάκα αλουμινίου με κάποιο ενεργό υλικό όπως το κοβάλτιο, το λίθιο, το νικέλιο κοβάλτιο ή και το λίθιο φωσφορικού σιδήρου.[28]

Η αντίδραση της καθόδου είναι:



Το ηλεκτρόδιο είναι ένα οργανικό υγρό το οποίο βοηθά να γίνει η μεταφορά των ιόντων μεταξύ των ηλεκτροδίων το οποίο προκαλεί την μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το πιο κοινό χημικό στοιχείο που χρησιμοποιείται είναι το LiPF_6 επειδή η τάση ενός κελιού ιόντων-λιθίου είναι 3,6 V. Η τιμή είναι μεγαλύτερη από το πρότυπο ηλεκτρόλυσης του νερού (1,23V στους 25° C) έτσι ένα μη υδατικό διάλυμα είναι απαραίτητο. Επίσης ο ηλεκτρολύτης θα πρέπει να περιέχει άλατα λιθίου για μεγαλύτερη ιοντική ικανότητα. Κάποιες άλλες χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για τον ηλεκτρολύτη είναι τα LiPF_6 , LiBF_4 , LiF_3SO_3 . [28]

Ο διαχωριστής είναι ένα μικροπορώδες φιλμ το οποίο βρίσκεται μεταξύ της ανόδου και της καθόδου για να διατηρεί έτσι μια απόσταση μεταξύ τους εμποδίζοντας με αυτό τον τρόπο την επαφή και το βραχυκύκλωμα της μπαταρίας. Το πρότυπο υλικό κατασκευής του διαχωριστή είναι πολυπροπυλένιο ή πολυαιθυλένιο. Το πάχος του είναι 25μm, με τους ιδανικούς διαχωριστές να είναι μικρότεροι από τα 25μm. Λειτουργεί ως μηχανισμός ασφαλείας της μπαταρίας, διότι αν υπερθερμανθεί λιώνει και έρχονται σε επαφή τα δύο ηλεκτρόδια και διακόπτεται η παροχή από την μπαταρία προς το κύκλωμα. [28]

4.2 Διαδικασίες ανακύκλωσης

Οι διαδικασίες ανακύκλωσης μπαταριών ιόντων-λιθίου χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Στις απλές διαδικασίες οι οποίες χωρίζονται στις φυσικές(προεργασία) και στις χημικές(δευτεροβάθμια επεξεργασία). Στις χρησιμοποιημένες μπαταρίες ένα μικρό μέρος της ενέργειας της παραμένει πάντα. Δεν είναι ασυνήθιστο ότι οι μπαταρίες μπορεί και να αναταραχτούν κατά την διαδικασία της ανακύκλωσης λόγω της οξείδωσης όταν το λίθιο είναι εκτεθειμένο στον αέρα εξαιτίας της μηχανικής αποσύνθεσης της. Για το λόγο αυτό τα γυαλιά, γάντια και μάσκα αερίου θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε κάθε βήμα και σε κάθε διαδικασία.[28]

4.2.1 Απλές διαδικασίες

Τα μεταλλικά μέρη μπορούν να συλλέγονται μέσω διαφορετικών διαδικασιών οι οποίες χωρίζονται σε φυσικές και χημικές διαδικασίες:

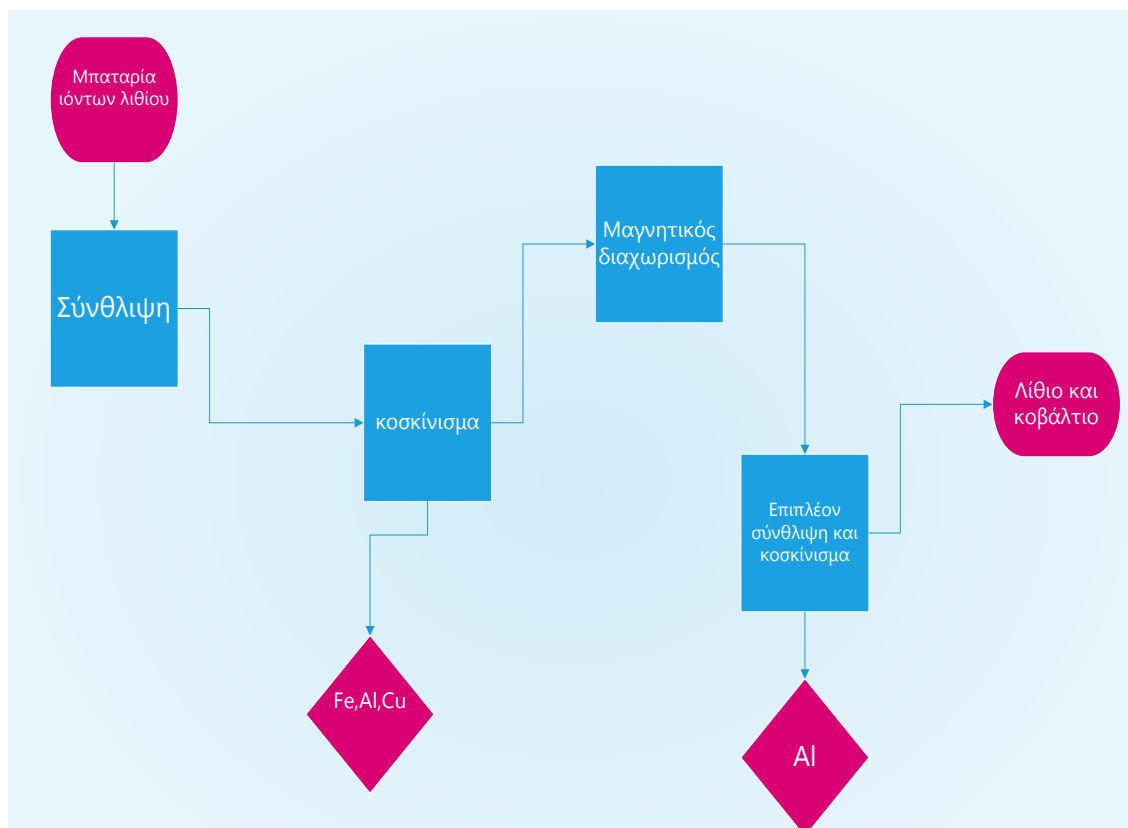
A) ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ (ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)

Η προεπεξεργασία μπορεί να επιτευχθεί με πολλές μεθόδους συμπεριλαμβανομένων μηχανικό διαχωρισμό, διαδικασία διάλυσης, Θερμική επεξεργασία, μηχανοχημικές και πυρομεταλλουργικές διεργασίες.

4.2.1.1 Μηχανικός διαχωρισμός

Η διαδικασία του μηχανικού χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό του εξωτερικού περιβλήματος και των κελιών από τα μεταλλικά στοιχεία τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την υδρομεταλλουργική ή πυρομεταλλουργική διαδικασία ανακύκλωσης. Ο μηχανικός διαχωρισμός πριν από οποιαδήποτε διαδικασία ενισχύει την αποτελεσματικότερη ανάκτηση των επιθυμητών μετάλλων και ελαχιστοποιεί την ανάγκη για μια διαδικασία καθαρισμού των θραυσμάτων. Η διαδικασία περιλαμβάνει δύο στάδια σύνθλιψης (crushing) και κοσκινίσματος (sieving), για να φτάσουν σε επαρκή διαχωρισμό τα μέταλλα από τα απόβλητα. Η πρώτη διαδικασία σύνθλιψης και κοσκινίσματος εφαρμόζεται για να διαχωρίσει τα μέταλλα και έπειτα γίνεται μαγνητικός διαχωρισμός για την αποκόλληση του χαλύβδινου

περιβλήματος. Τέλος προκειμένου να απομακρυνθούν τα τελευταία κομμάτια γίνεται πάλι σύνθλιψη και κοσκίνισμα. [29,30,31]



Πίνακας 4.1 Διάγραμμα ροής μηχανικής διαδικασίας

4.2.1.2 Διαδικασία διάλυσης

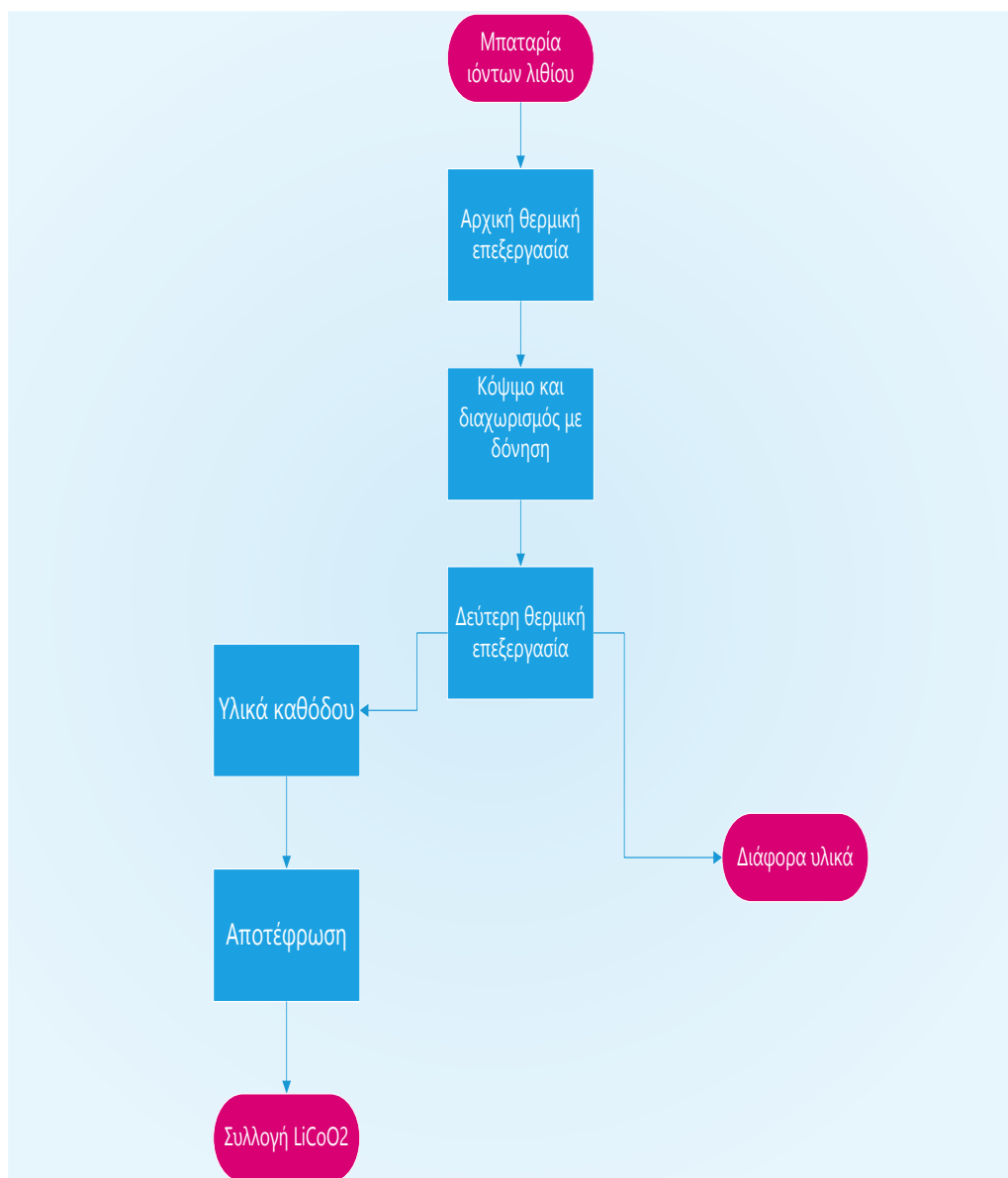
Κατ' αρχάς οι μπαταρίες ανοίχθηκαν κόβοντας τους το περίβλημα και έπειτα χωρίστηκαν τα δυναμικά υλικά. Ενώ γίνεται η κοπή παρατηρείται μία σταθερή αύξηση της θερμοκρασίας. Ως εκ τούτου συνίσταται η χρήση υγρού αζώτου για να αποφευχθεί η αύξηση της θερμοκρασίας και η περίπτωση έκρηξης. Μετά την κοπή, τα κελιά επιβάλλονται σε εργαστηριακές δοκιμές ώστε να προσδιοριστεί η συγκέντρωση του λιθίου και του κοβαλτίου. Στη συνέχεια το οξείδιο του κοβαλτίου υπόκειται σε θερμική επεξεργασία στους 450°C για 3 ώρες ώστε να ληφθεί το Co_3O_4 . Έπειτα γίνεται στοιχειομετρική ανάμιξη Co_3O_4 με Li_2CO_3 . Αυτό το μίγμα θερμαίνεται στους 400°C για 5 ώρες και γίνεται η ομογενοποίηση. Στο τέλος γίνεται επεξεργασία στους 700°C για 20 ώρες ώστε να παραχθεί το επιθυμητό LiCoO_2 . [33]

4.2.1.3 Θερμική διαδικασία

Η θερμική διαδικασία μπορεί να συνδυαστεί με τη μηχανική ώστε να επεξεργαστούμε σωστά τα επιθυμητά υλικά. Το ακόλουθο σύστημα περιέχει και θερμικά και μηχανικά βήματα, διαδικασία η οποία επέφερε μείωση του κόστους αλλά καλύτερα αποτελέσματα.

1. Θερμική επεξεργασία στους 100-150°C για 1 ώρα.
2. Έπειτα σε μηχανήμα δόνησης για να γίνει διαχωρισμός των υλικών.
3. Ξανά θερμική επεξεργασία στους 500-900°C για περίπου 2 ώρες ώστε να αποκτηθεί το δραστικό υλικό LiCoO₂.
4. Το LiCoO₂ τοποθετείται σε διάλυμα νιτρικού οξέος με σταθερή θερμοκρασία
5. Τέλος γίνεται αποτέφρωση στους 700-900°C για μία ώρα ώστε να ληφθεί το LiCoO₂.

Αυτή η διαδικασία δεν μπορούμε να πούμε ότι είναι και τόσο αποδεκτή επειδή αν και η συσκευή που θα χρησιμοποιήσουμε είναι αποτελεσματική, πρώτα από όλα θα πρέπει να έχει υψηλού επιπέδου μόνωσης θερμικής για τυχόν διαρροές στο περιβάλλον. Επίσης υπάρχει μεγάλος κίνδυνος έκρηξης και να προκληθεί ζημιά σε κάποιο άνθρωπο που χειρίζεται τη συσκευή.[34]



Πίνακας 4.2 Διάγραμμα ροής θερμικής επεξεργασίας

4.2.1.4 Μηχανοχημική διαδικασία

Σε αυτή τη διαδικασία το Co (κοβάλτιο) και το Li (λίθιο) μπορεί να ανακτηθεί από τις χρησιμοποιημένες μπαταρίες. Μετά την άλεση (grinding) LiCoO_2 με χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) σε σφαιρό-μύλο (ball mill), τότε το Co και το Li εκχυλίζονται όταν ξεπλένεται με νερό. Περίπου 30 λεπτά άλεσης είναι αρκετά έτσι ώστε το λίθιο και το κοβάλτιο να ανακτηθούν περίπου στο 90-100%. Τέλος το 90% του χλωρίου στο PVC έχει μετατραπεί σε

ανόργανο χλωρίδιο. Ο σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι να ανακυκλώσει χρήσιμα υλικά από την χρησιμοποιημένη μπαταρία και από το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC). [37]

4.2.1.5 Πυρομεταλλουργική διαδικασία

Είναι διαδικασία με την οποία τα υλικά της μπαταρίας αποσυντίθεται με θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες υπό πίεση. Για την πυρομεταλλουργική διαδικασία τα πρότυπα φιλτραρίσματα είναι αρκετά αυστηρά για την προφύλαξη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τοξικά αέρια.

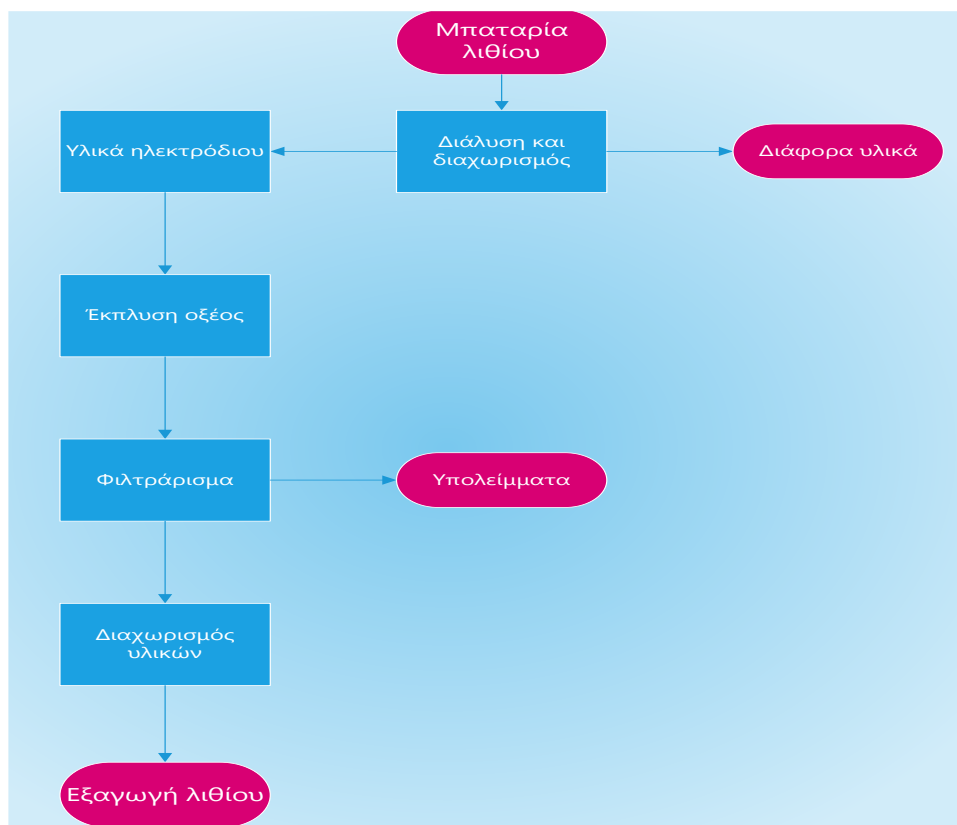
- Πυρόλυση: Το νερό και ο υδράργυρος είναι διάχυτα, απομονωμένα και ενοποιούνται. Τα μίγματα θερμικά αποδεκατίζονται και ακτινοβολούνται ως αέριο μαζί με το νερό
- Αναγωγή: Το μεταλλικό μέρος που υπολείπεται μετά την πυρόλυση θα αναχθεί με μείωση της θερμοκρασίας στους 1500°C. Και αυτό που θα μείνει είναι ο άνθρακας και μεταλλικά σύνθετα υλικά.
- Αποτέφρωση: Το αέριο που δημιουργείται κατά την πυρόλυση καίγεται σε θερμοκρασίες κοντά στους 1000°C και αργότερα θα σβήσει για να μείνει μακριά από την περιοχή των διοξινών. Η λάσπη που δημιουργείται με τη διαδικασία περιέχει υδράργυρο και θα πρέπει να αντιμετωπιστεί από τη διύλιση. Τα λύματα νερού από τη διαδικασία έκπλυσης αερίου πρέπει να αντιμετωπίζονται με ένα στάδιο προεπεξεργασίας.[38]

B) ΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ(ΔΕΥΤΕΡΕΥΝΤΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ)

Οι χημικές ή δευτερεύοντες διαδικασίες μπορούν να επιτευχθούν με πολλές μεθόδους συμπεριλαμβανομένων την υδροθερμική διαδικασία, διαδικασία υπερήχων, μέθοδο βιοαπόπλυσης και διαδικασία έκπλυσης οξέος.

4.2.1.6 Υδροθερμική διαδικασία

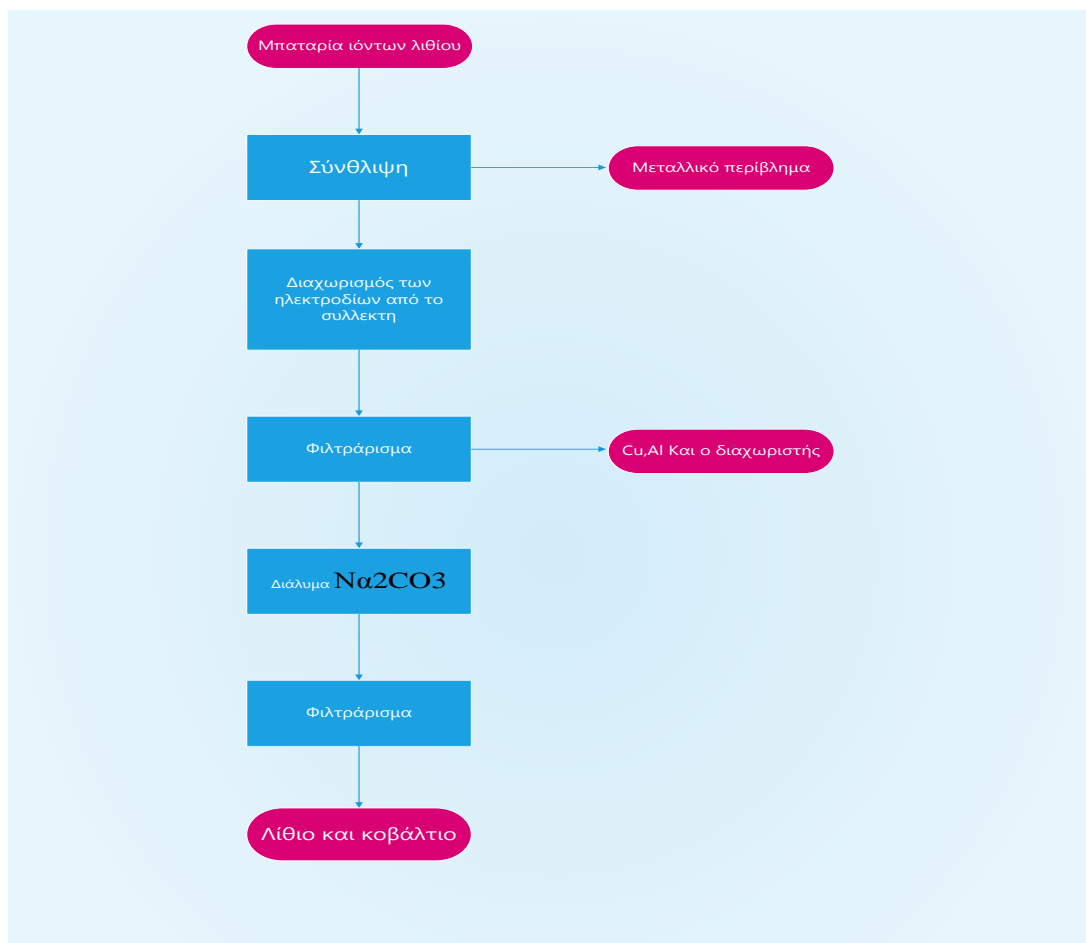
Το LiCoO_2 μπορεί να διαχωριστεί από τα ηλεκτρόδια σε ένα διάλυμα LiOH με ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας $3^\circ\text{C}/\text{min}$ μέχρι να φτάσει τους 200°C χωρίς να έχει προηγηθεί κάποια άλλη επεξεργασία. Το διάλυμα δεν βρίσκεται υπό πίεση ούτε προσθέτουμε κάποιο αέριο έτσι ώστε το LiCoO_2 να ληφθεί από την κάθοδο. [39]



Πίνακας 4.3 Διάγραμμα ροής υδροθερμικής διαδικασίας

4.2.1.7 Διαδικασία υπερήχων

Η μέθοδος των υπερήχων χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των υλικών της καθόδου από τα φύλλα αλουμινίου. Αυτό συμβαίνει επειδή όταν η ανάδευση (agitation) χρησιμοποιείται μόνη της και πολλά από τα υλικά της καθόδου παραμένουν κολλημένα στα φύλλα αλουμινίου. Έτσι μια υπερηχητική πλύση γίνεται κατά την ανάδευση για τον καλύτερο διαχωρισμό. Η υπερηχητική διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως συμπληρωματική διαδικασία για καλύτερο διαχωρισμό. Γίνεται εκκένωση του κοβαλτίου ώστε να αφηθεί το λίθιο σε πλεόνασμα στο διήθημα. Έπειτα το διήθημα συμπυκνώνεται για να είναι περίπου 3M από Li και μετά αυτό κατεργάζεται σε βύθιση με Na_2CO_3 . Η ανάκτηση του λιθίου μπορεί να φτάσει το 94,5%. [40]



Πίνακας 4.4 Διάγραμμα ροής διαδικασίας υπερίχων

4.2.1.8 Διαδικασία Βιοέκπλυσης

Λόγω της υψηλής απόδοσης και του χαμηλού κόστους και τις λίγες βιομηχανικές απαιτήσεις η διαδικασία βιοέκπλυσης έχει αρχίσει να αντικαθιστά την διαδικασία της έκπλυσης. Χρησιμοποιείται για την εξαγωγή του κοβαλτίου και του λιθίου από της χρησιμοποιημένες μπαταρίες ιόντων-λιθίου. Για τη διαδικασία αυτή οι μεταβολίτες χρησιμοποιούνται για τη διάλυση των μετάλλων από τις μπαταρίες. Είναι δυνατό να διαλυθούν τα μέταλλα από το καθοδικό ηλεκτρόδιο μιας μπαταρίας όταν οξεόφιλα βακτήρια χρησιμοποιούνται. [40,41]

4.2.1.9 Διαδικασία έκπλυσης οξέος

Η διαδικασία έκπλυσης οξέος είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για το διαχωρισμό των υλικών από την κάθοδο της μπαταρίας. Για την έκπλυση του LiCoO_2 ,

ανόργανα οξέα όπως: θειικό οξύ (H_2SO_4), υδροχλωρικό οξύ (HCL) και το νιτρικό οξύ (HNO_3) και τα οργανικά οξέα όπως: το κιτρικό οξύ και το οξαλικό οξύ. [42,43]

4.2.2 Σύνηθες συνδυαστικές μεθόδους ανακύκλωσης

Το κοβάλτιο, το αλουμίνιο, το λίθιο και το μαγγάνιο είναι τα κύρια μέταλλα για ανακύκλωση, αλλά το λίθιο και το κοβάλτιο έχουν μεγάλη σημασία λόγω του υψηλού κόστους τους και της μικρής ποσότητας σε απόθεμα.

A. ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΝΘΛΙΨΗΣ, ΕΚΠΑΥΣΗ ΟΞΕΟΣ, ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΗΣΗ

Λειτουργεί σε μια διάλυση του αραιού οξέος, μία χημική και θερμική επεξεργασία του στερεού υπολείμματος. Μετά την πρώτη διήθηση το 100% του λιθίου και το 95% του μαγγανίου μπορεί να ανακτηθεί. Επακολουθεί καθίζηση του υδροξειδίου του μαγγανίου με διάλυμα NaOH σε pH 10, το οποίο συμβάλει στον καλύτερο διαχωρισμό του λιθίου από το μαγγάνιο. Στο τελικό στάδιο το εναπομείναν στερεό διάλυμα τοποθετείται σε έναν φούρνο στους $500^\circ C$ για δύο ώρες για να διαχωριστεί ο άνθρακας και οι οργανικές ενώσεις. Επίσης μπορεί να γίνει ανάκτηση των αερίων καύσης στην έξοδο του κλιβάνου. [44,45]

B. ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΥΔΡΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΗ ΚΑΙ SOL-GEL STEPS ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

Στην αρχή γίνεται μια έκπλυση και στην συνέχεια το $LiCoO_2$ με το νιτρικό οξύ προστίθενται σε ένα διάλυμα $LiNO_3$. Στη συνέχεια 1M κιτρικού οξέος προστίθενται για την Παρασκευή ενός ζελατινώδους πρόδρομου που θα πυρώνεται στους $950^\circ C$ για 24 ώρες. Στη συνέχεια το $LiCoO_2$ θα ληφθεί με επιτυχία . μεταξύ των διάφορων διεργασιών για την παραγωγή του $LiCoO_2$ ο άμορφος κιτρικός πρόδρομος είναι ένας από βέλτιστους τρόπους και πολλές εφαρμογές.[44,46]

Γ. ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΠΑΥΣΗ ΟΞΕΟΣ ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗ ΚΑΙ ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΛΥΤΗ

Αυτή η διαδικασία εστιάζει στην ανάκτηση του κοβαλτίου και του διαχωρισμού του από τα μεταλλικά κομμάτια. Αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα.

1. Χειροκίνητη ή ημιαυτόματη αποσυναρμολόγηση για το διαχωρισμό της μπαταρίας σε κομμάτια (πλαστικά, απορρίμματα σιδήρου, κοβάλτιο και άλλα μέταλλα)

2. Διαχωρισμός με το χέρι της ανόδου και της καθόδου προκειμένου να διαχωριστεί ο μόλυβδος.
3. Έκπλυση με H_2SO_4 και H_2O_2 για να γίνει ένα υδατικό διάλυμα. Το 80 % του κοβαλτίου και το 95% του λιθίου μπορεί να ληφθεί.
4. Διαχωρισμός του αλουμινίου με βύθιση σε NH_4OH με pH 5.
5. Χρησιμοποιώντας Cyanex 272 το κοβάλτιο διαχωρίζεται από τα λίθιο και λαμβάνεται το 85% του κοβαλτίου.

Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι περίπου το 55% του αλουμινίου, το 80% του κοβαλτίου και το 95% του λιθίου εκπλένεται από την κάθοδο όταν εκπλένεται τα διαλύματα με H_2SO_4 και H_2O_2 τα οποία διεξήχθησαν. [46,48]

Δ. ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ, ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η διαδικασία αυτή ανακύκλωσης αποτελείται από πέντε βήματα: διάλυση, αποφόρτιση, διαχωρισμός, αποκόλληση και την ανακύκλωση. Αρχικά τα κελιά τοποθετούνται σε άλμη για ασφάλεια. Μετά γίνεται χειροκίνητος διαχωρισμός της ανόδου, του διαχωριστή του ηλεκτρολύτη και της καθόδου. Η διαδικασία της ανακύκλωσης πραγματοποιείται μεταξύ 40 και 100°C. Όταν η διαδικασία της ανακύκλωσης είναι σε εξέλιξη το ηλεκτρόδιο της πλατίνας είναι γαλβανοποιημένο σε πυκνότητα ρεύματος μεταξύ 0.001 και 1mA. Στο τέλος η αντίδραση της ανακύκλωσης αποτελείται από τη διάλυση του $LiCoO_2$, την απόθεση των διαλυμένων $LiCoO_2$ στο ηλεκτρόδιο λευκόχρυσου, ο σχηματισμός του φιλμ ανακτάται $LiCoO_2$ καθώς από την βύθιση σκόνης $LiCoO_2$ ανακτάται από την επιφάνεια του φιλμ.[47,48]

Ε. ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΛΥΣΗΣ, ΧΗΜΙΚΗΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΛΥΤΗ

Αυτή η διαδικασία είναι σε εργαστηριακό επίπεδο και είναι σχεδιασμένη για το διαχωρισμό του χαλκού από το κοβάλτιο στις χρησιμοποιημένες μπαταρίες ιόντων-λιθίου. Η διαδικασία ανακύκλωσης περιλαμβάνει την διάλυση των χρησιμοποιημένων μπαταριών. Η ανάκτηση του κοβαλτίου και του λιθίου γίνεται χρησιμοποιώντας χημική εναπόθεση και τις μεθόδους εκχύλισης με διαλύτη. Έχει αποδειχθεί ότι περίπου το 90% του κοβαλτίου τοποθετήθηκε ως οξαλικό με λιγότερο από 0,5% προσμίξεις Acorga M5640 και Cyanex 272 είναι αποτελεσματική και επιλεκτική για την εκχύλιση του χαλκού και του κοβαλτίου σε

διάλυμα θειικού οξέος. Πάνω από το 98% του χαλκού και το 97% του κοβαλτίου μπορεί να ανακτηθεί. [52,54]

4.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Υπάρχουν μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα σε οποιαδήποτε διαδικασία ανακύκλωσης. Ένα μειονέκτημα της μηχανικής διαδικασίας διαχωρισμού είναι ότι δεν μπορεί να ανακτήσει όλες τις ουσίες που περιλαμβάνονται στις μπαταρίες καθώς τα χημικά στοιχεία είναι δύσκολο να διαχωριστούν. Η θερμική επεξεργασία έχει το πλεονέκτημα ότι είναι απλή διαδικασία αλλά πρέπει να επιλεγεί κατάλληλος εξοπλισμός για την συλλογή κάποιων υλικών από τον καπνό ή τα αέρια. Το πλεονέκτημα της μεθόδου της διάλυσης είναι ότι το LiCoO_2 μπορεί να διαχωριστεί εύκολα από το υπόστρωμα στήριξης κάνοντας έτσι και την ανάκτηση του αλουμινίου και του κοβαλτίου ευκολότερη. Αλλά υπάρχει το μειονέκτημα ότι ο διαλύτης N-μεθυλοπυρρολιδόνη είναι πολύ ακριβός. Για την συνδυαστική διαδικασία : σύνθλιψη, πλύση οξέος, επεξεργασία και χημική καθίζηση θερμότητας θα μπορούσε να πεις ότι είναι ασφαλής έχει χαμηλό κόστος και με αυτή τη διαδικασία θα μπορούσαν να ανακτηθούν πολλές ουσίες από τις μπαταρίες ιόντων λιθίου.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των ηλεκτροδίων μπαταριών ιόντων λιθίου θεωρούνται ακριβά και παρουσιάζουν τοξική συμπεριφορά προς το περιβάλλον καθιστώντας έτσι την ανακύκλωση τους αναγκαία. Για να είναι εφικτή και χρηματοοικονομικά, η ανακύκλωση θα πρέπει να είναι ευέλικτη και απλή, δεν θα πρέπει να υπάρχουν μεγάλες συνδυαστικές διαδικασίες ώστε να εξοικονομείται χρόνος και να μην υπάρχει μεγάλος και πολύς εξοπλισμός. Σε πολλές περιπτώσεις, οι δύο προαναφερθείσες διαδικασίες χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό μερικές φορές όμως σε ένα στάδιο προ επεξεργασίας όπως η πυρόλυση ή η μηχανική επεξεργασία. Το μειονέκτημα όλων των πυρομεταλλουργικών διαδικασιών είναι η υψηλή κατανάλωση ενέργειας και οι αυστηρές απαιτήσεις για τον καθαρισμό του εξοπλισμού.

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΝΙΚΕΛΙΟΥ ΚΑΔΜΙΟΥ (NI-CD)”

Η μπαταρία νικελίου-καδμίου είναι ένας τύπος επαναφορτιζόμενης μπαταρίας η οποία χρησιμοποιεί υδροξείδιο του νικελίου και μεταλλικό κάδμιο ως ηλεκτρόδια. Οι μπαταρίες αυτές αποτελούν περίπου το 6% από τις μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε εργοστάσια και το 18% καθημερινής χρήσης. Το κάδμιο είναι ένα τοξικό και βαρύ μέταλλο το οποίο σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει ιδιαίτερη προσοχή κατά τη διάθεση του στην μπαταρία και κατά την ανακύκλωση της. [55]

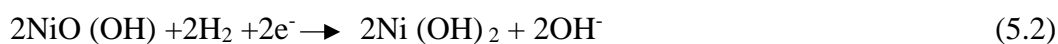
5.1 Σύσταση της μπαταρία νικελίου-καδμίου

Μια πλήρης φορτισμένη μπαταρία νικελίου-καδμίου περιλαμβάνει υδροξείδιο-οξείδιο νικελίου ως το θετικό ηλεκτρόδιο, κάδμιο ως αρνητικό ηλεκτρόδιο το διαχωριστή και έναν αλκαλικό ηλεκτρολύτη. Οι μπαταρίες νικελίου καδμίου έχουν συνήθως μια μεταλλική θήκη με μια πλάκα σφραγίσεως εφοδιασμένη με βαλβίδα ασφαλείας αυτοσφράγισης. Οι θετικές και οι αρνητικές πλάκες ηλεκτροδίων απομονώνονται με τη βοήθεια του διαχωριστή. Τα αλκαλικά κελιά έχουν κατασκευή μπομπίνα όπου το περίβλημα του κελιού γεμίζει με ηλεκτρολύτη και περιέχει μια ράβδο γραφίτη το οποίο δρα ως θετικό ηλεκτρόδιο. [55]

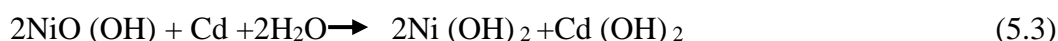
Η χημική αντίδραση του καδμίου στην άνοδο κατά την αποφόρτιση:



Η αντίδραση του οξειδίου νικελίου στην κάθοδο είναι:



Η αντίδραση κατά την αποφόρτιση είναι:



Κατά τη διάρκεια της επαναφόρτισης οι αντιδράσεις πάνε από τα δεξιά προς τα αριστερά. Ο αλκαλικός ηλεκτρολύτης δεν καταναλώνεται στην αντίδραση αυτή και ως εκ

τούτου το ειδικό βάρος της σε αντίθεση με τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος δεν είναι οδηγός για την κατάσταση της φόρτισης. Όταν ο Junger έφτιαξε την πρώτη μπαταρία νικελίου-καδμίου χρησιμοποίησε το οξείδιο του νικελίου στο θετικό ηλεκτρόδιο και ο σίδηρος με το κάδμιο στο αρνητικό ηλεκτρόδιο. Μέχρι το 1960 περίπου οι χημικές αντιδράσεις δεν ήταν πλήρως κατανοητές. Υπήρχαν διάφορες εικασίες ως προς τα προϊόντα της αντίδρασης. Η συζήτηση επιλύθηκε τελικά από την υπέρυθη φασματοσκοπία (infrared spectroscopy) η οποία αποκάλυψε το υδροξείδιο του καδμίου και το υδροξείδιο του νικελίου.[56]

Μια άλλη ιστορικά σημαντική παραλλαγή του βασικού κελιού Ni-Cd είναι η προσθήκη του υδροξειδίου του λιθίου στον ηλεκτρολύτη του καλίου. Αυτό πιστεύεται να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής καθιστώντας το κελί πιο ανθεκτικό στην ηλεκτρική χρήση. Οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου στη σύγχρονη μορφή τους είναι εξαιρετικά ανθεκτικές στην ηλεκτρική χρήση.[56]

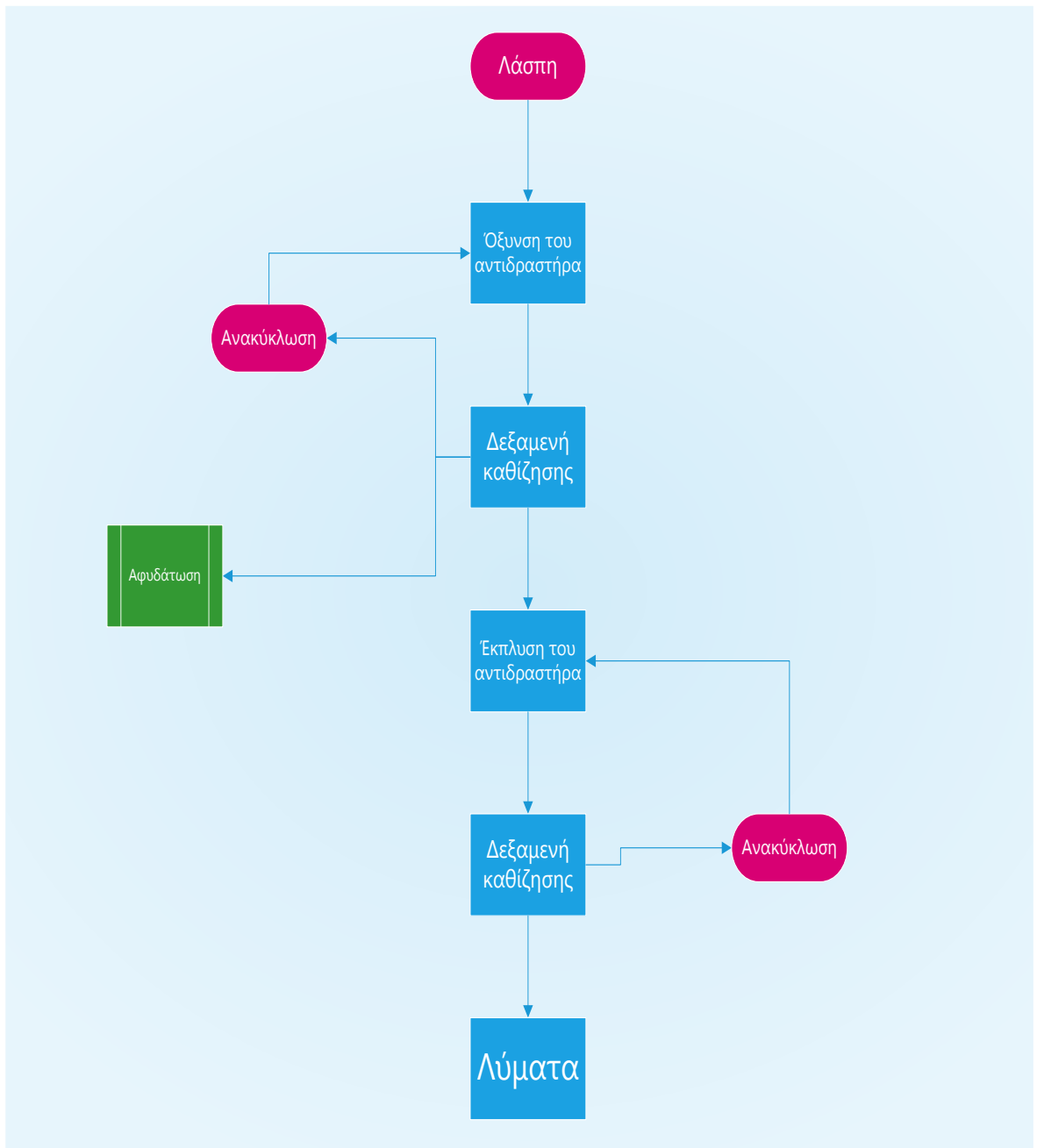
5.2 Διαδικασίες ανακύκλωσης

Όταν πετιέται μια μπαταρία Ni-Cd σε χώρους ταφής απορριμμάτων, τότε το μεταλλικό περίβλημα αρχίζει να διαβρώνει και το κάδμιο να διαλύεται και να διαρρέει στην παροχή νερού επομένως είναι αναγκαίο να ανακυκλώνονται ελεγχόμενα και με συγκεκριμένες διαδικασίες οι οποίες θα αναλυθούν στις επόμενες παραγράφους.

5.2.1 Διαδικασία βιοέκπλυσης

Τα τελευταία χρόνια έχει αποδειχθεί ότι η βιοέκπλυση είναι ένας τρόπος για την συλλογή βαρέων μετάλλων από μολυσμένα υλικά. Στην μέθοδο αυτή τα οξεόφυλλα θειοβάκιλου στα λύματα λάσπης μπορούν να αναπτυχθούν και να παράγουν βιο-θειικό οξύ χρησιμοποιώντας στοιχεία από θείο ή θειικό σίδηρο ως πηγή ενέργειας με οξυγόνο ως το τερματικό αποδέκτη ηλεκτρονίων και το διοξείδιο του άνθρακα ως τη μοναδική πηγή άνθρακα. Το pH της λάσπης μειώνεται και φτάνει κάτω από το 1 και το δυναμικό της οξειδοαναγωγής αυξάνεται στο 370-400 mV που έχει ως αποτέλεσμα την διάλυση των μεταλλικών αποκομμάτων της μπαταρίας. Η βιοέκπλυση των μπαταριών επιτυγχάνεται σε μια συνεχή ροή δύο φάσεων σε σύστημα έκπλυσης το οποίο αποτελείται από έναν όξινο αντιδραστήρα και έναν αντιδραστήρα έκπλυσης. Ο όξινος αντιδραστήρας χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια θειοβάκιλου και ο αντιδραστήρας έκπλυσης χρησιμοποιείται για την έκπλυση των μετάλλων. Τα μέταλλα Ni ,Cd , Co μπορούν να διαλυθούν πλήρως αν δοθεί ο

απαραίτητος χρόνος. Πιο πυκνό διάλυμα μπορεί να ληφθεί με υψηλότερο φορτίο και όταν το ρΗ κατά τη διάρκεια της έκπλυσης είναι υψηλότερο. [57]



Πίνακας 5.1 Διάγραμμα ροής βιοέκπλυσης

5.2.2 Διαδικασία αποσυναρμολόγησης

Κάθε μπαταρία μπορεί να αποσυναρμολογηθεί με το χέρι κόβοντας την εξωτερική θήκη με ένα μηχανικό τórνο. Οι πλάκες των ηλεκτροδίων και το διαχωριστικό των ινών

πρέπει να αφαιρεθεί προσεκτικά και να διαχωριστεί αποφεύγοντας την μόλυνση. Τα διάφορα μέρη αφαιρέθηκαν συμπεριλαμβανομένων τις πλάκες ηλεκτροδίων, το πάνω κάλυμμα τους πλαστικού μονωτήρες και τον διαχωριστή. Μετέπειτα τα ηλεκτρόδια πλένονται με απιονισμένο νερό ώστε να διαλυθεί η αλκαλική υγρασία και τότε τα ηλεκτρόδια ξηραίνονται για 48 ώρες στους 50° C. Τα υλικά των ηλεκτροδίων διαχωρίστηκαν από τις μεταλλικές πλάκες. Αυτή η διαδικασία είναι προεργασία ώστε να γίνει καλύτερη επεξεργασία μετέπειτα με άλλες μεθόδους. [58]

5.2.3 Ηλεκτροχημική διαδικασία

Το κάδμιο συλλέγεται από την έκπλυση χρησιμοποιώντας μία γαλβανοστατική τεχνική. Καθώς το διάλυμα της έκπλυσης είναι όξινο, η μείωση του οξέος στο ηλεκτρόδιο εργασίας συμβαίνει επίσης. Η μείωση του δυναμικού του οξέος είναι μικρότερη από του Cd^{2+} . Πρώτα όμως θα πρέπει να συμβεί η μείωση του οξέος και έπειτα η μείωση του Cd^{2+} . Η πυκνότητα του ρεύματος επηρεάζει τη συγκέντρωση ηλεκτρονίων στο μέταλλο. Για χαμηλές πυκνότητες ρεύματος το επίπεδο των ηλεκτρονίων στο μέταλλο είναι το ίδιο με το επίπεδο των ηλεκτρονίων του κενού τροχιακού των ιόντων καδμίου στο διάλυμα. Ως αποτέλεσμα, συμβαίνει η μεταφορά ηλεκτρονίων από το μέταλλο προς τα ιόντα καδμίου στο διάλυμα. Η αύξηση της πυκνότητας ρεύματος προκαλεί και αύξηση στο επίπεδο των ηλεκτρονίων στο μέταλλο. Η οποία έχει ως αποτέλεσμα η απόδοση φόρτωσης να είναι μεγαλύτερη για ρεύματα μεταξύ 15 και 30 mA. Αναλόγως την πυκνότητα ρεύματος που θα εφαρμοστεί προκύπτει και ο χρόνος για την συλλογή του καδμίου από το διάλυμα. [59]

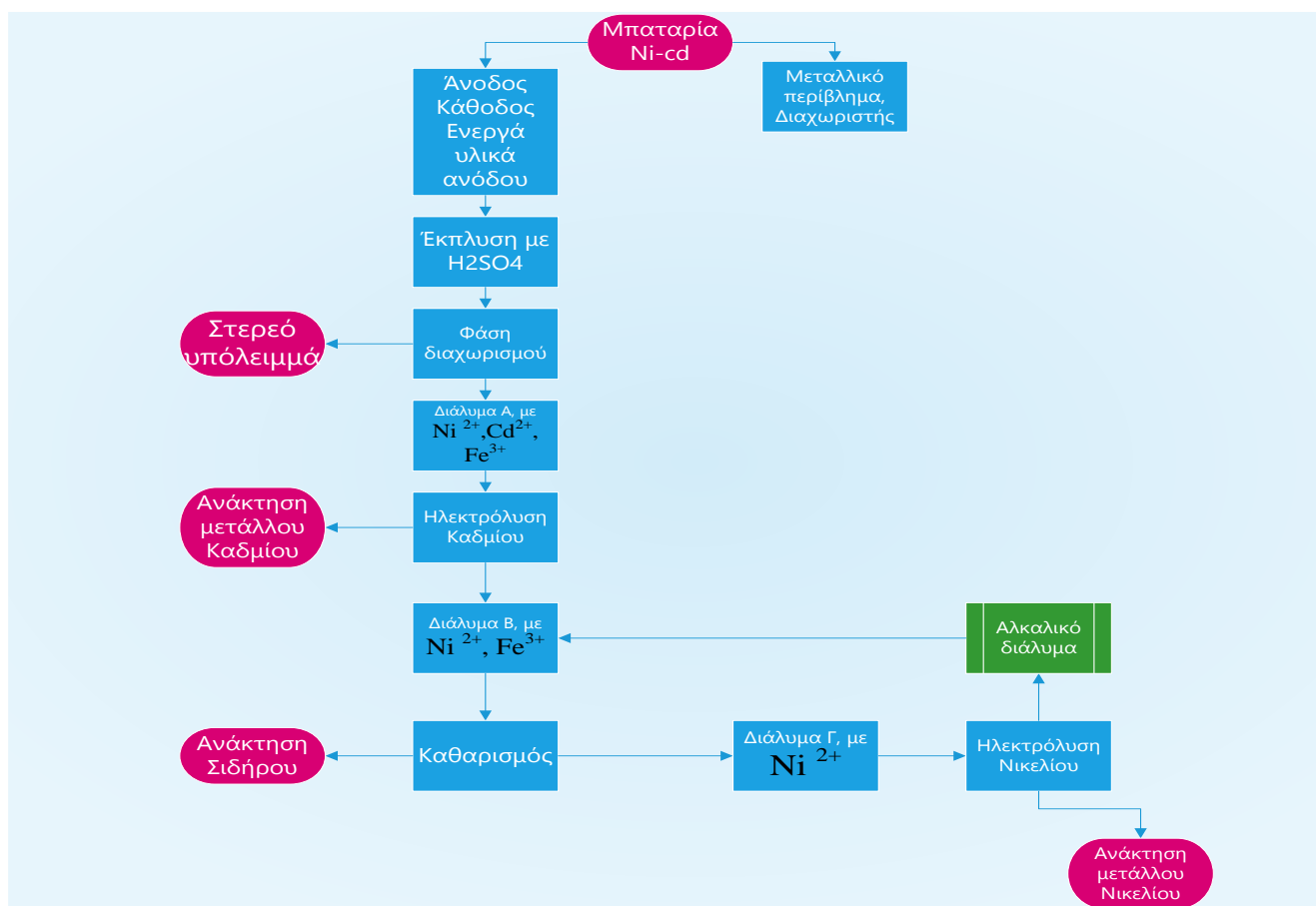
5.2.4 Μηχανική διαδικασία

Αρχικά δύο τύποι δειγμάτων συνθλίβονται χωριστά σε λεπτή κλίμακα και μετά ακολουθείται από την ταξινόμηση μεγέθους. Στη συνέχεια τα διαβαθμισμένα υλικά χωρίζονται με διαχωρισμό βαρύτητας χρησιμοποιώντας μια κατάταξη αέρα για δύο διαφορετικά κλάσματα. Τα ελαφριά κλάσματα και βαρέα κλάσματα. Μετά τον διαχωρισμό βαρύτητας τα υλικά χωρίζονται μαγνητικά από ένα μαγνητικό τροχαλία. Ο διαχωριστής αέρος χρησιμοποιείται κυρίως για τον διαχωρισμό των κόκκων που έχουν εύρος 0,1-10 χιλιοστά. [60]

5.2.5 Υδρομεταλλουργική διαδικασία

Στη διαδικασία αυτή αρχικά διαχωρίστηκαν τα συστατικά του κελιού. Το μεταλλικό περίβλημα ανοίχθηκε με το χέρι και τα κυλινδρικά ηλεκτρόδια μαζί με τα πολυμερή

διαχωριστικά και τα ενεργά υλικά του κελιού εξάχθηκαν προσεκτικά. Τα ηλεκτρόδια ανόδου και καθόδου ήταν σαν διάτρητες πλάκες χάλυβα. Έπειτα κάθε ηλεκτρόδιο καλύφθηκε με το κατάλληλο ενεργό υλικό. Το ηλεκτρόδιο της ανόδου (αρνητικό ηλεκτρόδιο) με υδροξείδιο του νικελίου και η κάθοδος (θετικό ηλεκτρόδιο) με υδροξείδιο του νικελίου. Αφού έχουν διαχωριστεί 2 μέρη (άνοδος, κάθοδος και ενεργά υλικά) και (διαχωριστές και μεταλλικό περίβλημα) χρησιμοποιείται το πρώτο μέρος και γίνεται έκπλυση 20% σε H₂SO₄ όπου θα μας δώσει ένα στερεό υπόλειμμα και ένα διάλυμα Α το οποίο θα περιλαμβάνει (Ni²⁺, Cd²⁺, Fe³⁺). Στη συνέχεια με ηλεκτρόλυση καδμίου στο διάλυμα Α αντλούμε το κάδμιο και παίρνουμε ένα διάλυμα Β το οποίο περιλαμβάνει (Ni²⁺, Fe³⁺), με αλκαλική κάθαρση του διαλύματος έχουμε ένα ίζημα από Fe(OH)₃ και ένα διάλυμα C από Ni²⁺ όπου με ηλεκτρόλυση νικελίου παράγεται και το μέταλλο του νικελίου.[62]



Πίνακας 5.2 Διάγραμμα ροής υδρομεταλλουργικής διαδικασίας

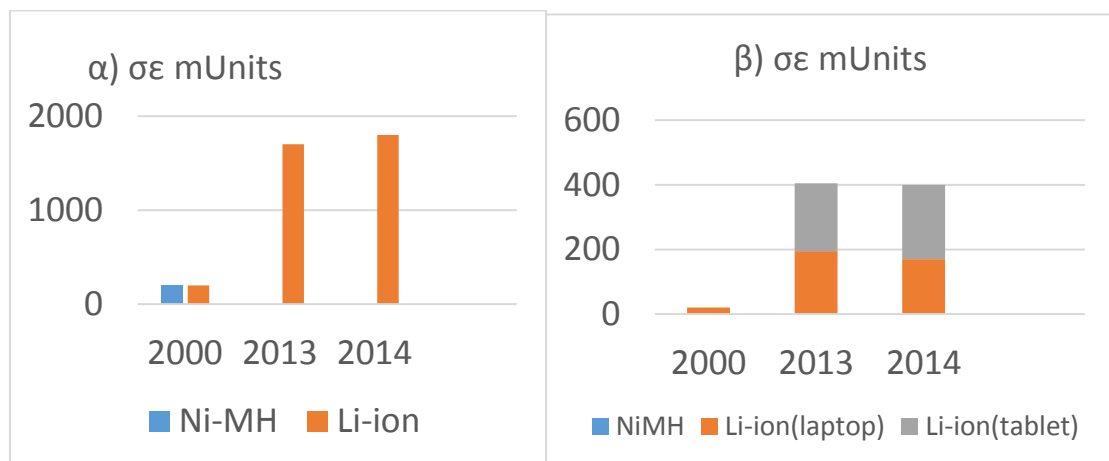
6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ”

Είναι πλέον ξεκάθαρο ότι οι μπαταρίες είναι ένα μέρος της καθημερινής ζωής του ανθρώπου καθώς τις χρησιμοποιεί σε όλη τη διάρκεια της ημέρας του σχεδόν στην πλειοψηφία των δραστηριοτήτων του. Είτε αυτό είναι το κινητό του τηλέφωνο, είτε το αυτοκίνητό του, είτε ο ηλεκτρονικός του υπολογιστής το ρολόι του και άλλα πολλά αντικείμενα που χρησιμοποιούνται σε ευρεία κατανάλωση.

6.1 Οι ποσότητες σε μπαταρίες Li-ion

Μπορούμε να κατανοήσουμε εξ' αρχής την ανάπτυξη των μπαταριών ιόντων λιθίου παρατηρώντας απλά τα γραφήματα πωλήσεων της τελευταίας δεκαετίας σε κινητά τηλέφωνα laptop και tablet. [64]



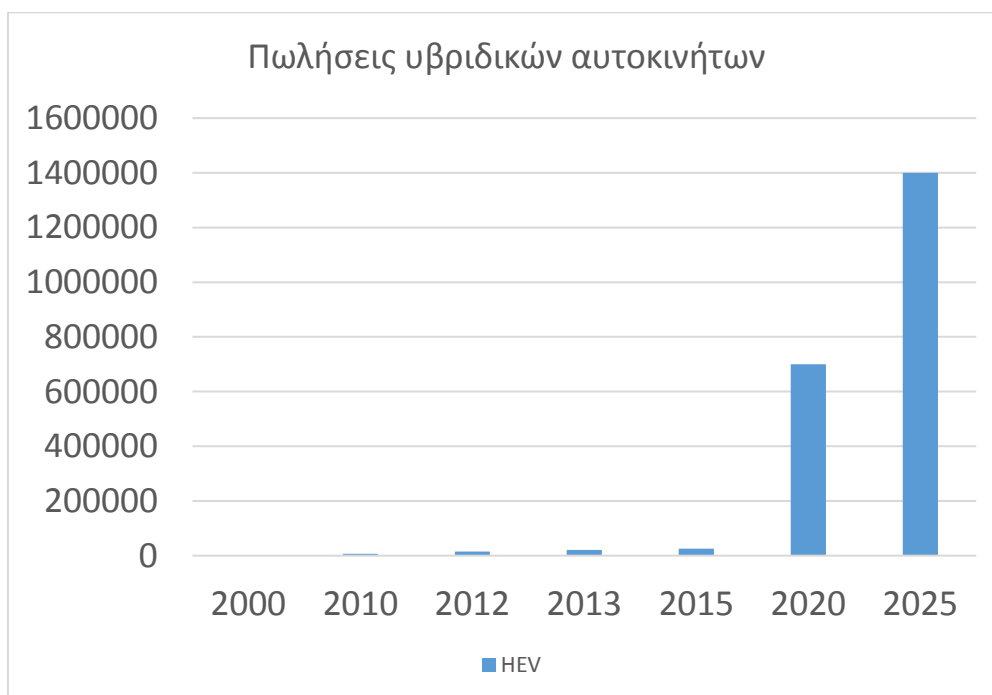
Πίνακας 6.1 Πωλήσεις κινητών και tablets

Γίνεται ακόμα πιο κατανοητό βλέποντας το βάρος που έχουν ρίξει οι βιομηχανίες παραγωγής των μπαταριών ιόντων λιθίου καθώς η παραγωγή καθόδων Li-ion έχει αυξηθεί κατακόρυφα την τελευταία δεκαετία.



Πίνακας 6.2 Παραγωγή καθόδων σε τόνους

Όπως επίσης μπορούμε να δούμε τις πωλήσεις σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα από το 2000 μέχρι σήμερα καθώς επίσης και την εκτίμηση μέχρι το 2025 και να παρατηρήσουμε την αύξηση παραγωγής των μπαταριών ιόντων λιθίου.^[65]

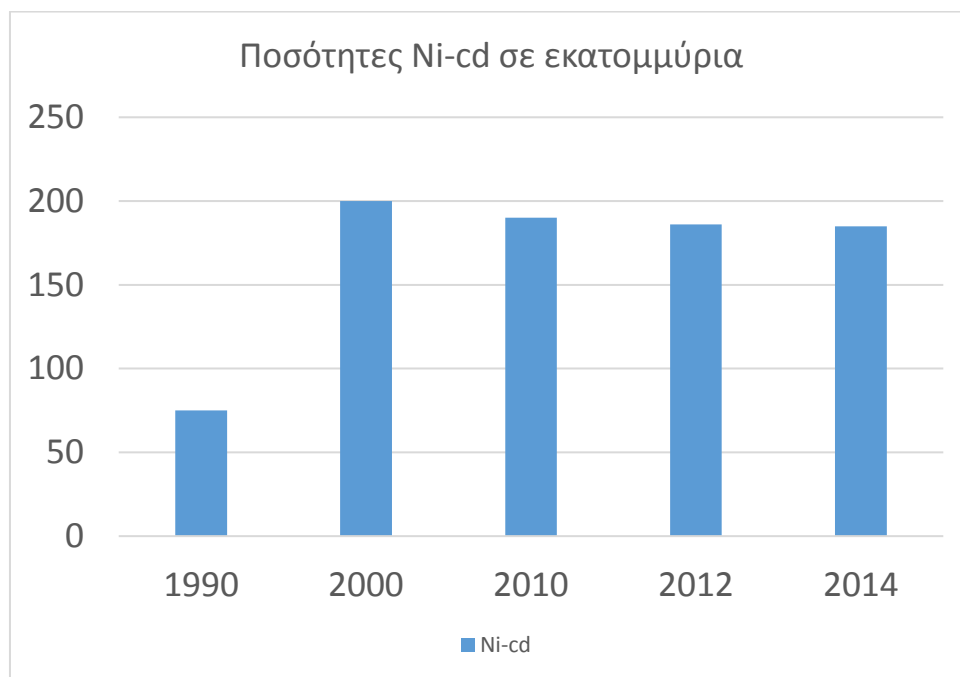


Πίνακας 6.3 Πωλήσεις υβριδικών αυτοκινήτων

Παρατηρούμε ότι αν και έχουν αρχίσει οι πωλήσεις μετά το 2010 προσδοκάτε ότι από το 2020 και μετά θα διπλασιαστούν οι πωλήσεις ξεπερνώντας κατά πολύ το εκατομμύριο και με πρόβλεψη να αυξηθούν ακόμα περισσότερο οι πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων.[66]

6.2 Οι ποσότητες σε μπαταρίες Ni-cd

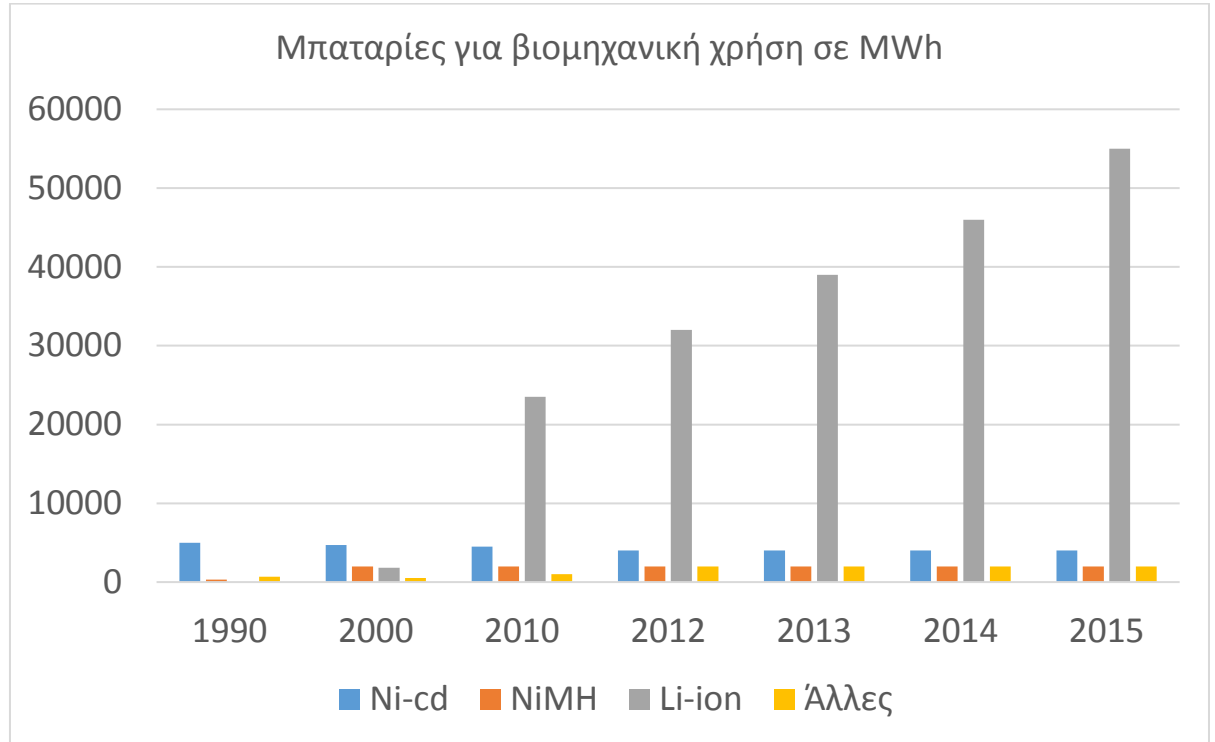
Είναι εμφανές πλέον ότι οι μπαταρίες νικελίου καδμίου έχουν ‘παραγκωνιστεί’ και η πλέον χρησιμοποιούνται σε ελάχιστες εφαρμογές και αυτές λόγω της δυνατότητας που έχουν ότι αντέχουν σε αντίξοες συνθήκες. Δηλαδή χρησιμοποιούνται για στρατιωτικό εξοπλισμό και για βιομηχανικές εφαρμογές με τάση προς αντικατάσταση διότι το νικέλιο και το κάδμιο είναι δύο χημικά στοιχεία αρκετά επιβλαβή για το περιβάλλον σε σύγκριση με άλλα και δυσεύρετα. Γι’ αυτό λοιπόν φαίνεται κιόλας από τον πίνακα ότι ενώ αναπτυσσόταν τη δεκαετία του 90’ μετά παρέμεινε σταθερή και μειωνότανε σιγά σιγά η παραγωγή της.[67]



Πίνακας 6.4 Ποσότητες σε Ni-Cd

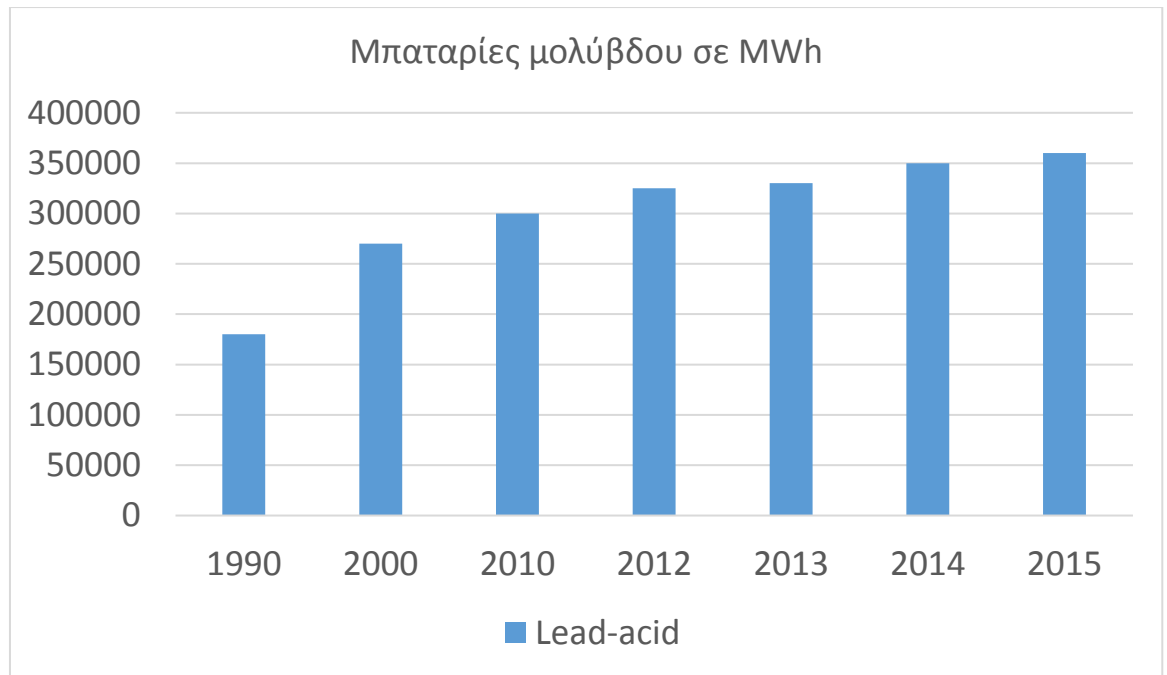
6.3 Οι ποσότητες για βιομηχανική χρήση

Όσον αφορά τη χρήση των μπαταριών για βιομηχανική χρήση βλέπουμε ότι χρησιμοποιούνται όλων των ειδών οι μπαταρίες και ότι καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος από ανάγκες σε ενέργεια.[68]



Πίνακας 6.5 Μπαταρίες σε βιομηχανική χρήση

Παρατηρούμε ότι ενώ οι μπαταρίες Ni-Cd ήταν οι επικρατούσες την δεκαετία του 90' άρχισαν σιγά σιγά να εξαλείφονται και τη θέση τους να παίρνουν οι μπαταρίες ιόντων λιθίου. Είναι σημαντικό επίσης να φανεί η θέση που έχουν οι μπαταρίες μολύβδου καθώς καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος σε MWh όσον αφορά τη βιομηχανική χρήση.



Πίνακας 6.6 Μπαταρίες μολύβδου οξέος

Είναι εμφανές ότι καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης σε MWh όμως παρατηρείται ότι τα τελευταία χρόνια δεν έχουν τόσο μεγάλη αύξηση όσο τα προηγούμενα χρόνια. [69,70]

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ”

7.1 Αναγκαιότητα ύπαρξης μονάδας

Η εποχή που ζούμε είναι η εποχή των μεγάλων επιτευγμάτων της τεχνολογίας. Όμως οι ανάγκες σε πρώτες ύλες διαρκώς αυξάνονται, και ο κίνδυνος για την καταστροφή του περιβάλλοντος διαρκώς μεγαλώνει. Αρκετά από τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται καθημερινά είναι συστατικά από το φλοιό της γης, και όχι συνθετικά παρασκευασμένες χημικές ουσίες και για το λόγο αυτό δεν διασπώνται.^[71]

Οι ζωντανοί οργανισμοί τα απορροφούν με το νερό, τον αέρα και την τροφή και δύσκολα μπορούν να τα αποβάλλουν. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται βιοσυσσώρευση. Η εξόρυξη βαρέων μετάλλων από το φλοιό της γης θα συνεχίζεται, για την κατασκευή όχι μόνο μπαταριών, αλλά και πολλών προϊόντων. Ανακυκλώνοντας λοιπόν τις μπαταρίες και όποια άλλα υλικά είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν, περιορίζουμε έτσι την απόρριψη επικίνδυνων λυμάτων στις χωματερές.^[71]



Σχήμα 7.1 Ανακύκλωση για καθαρότερο πλανήτη Πηγή από: <https://www.dreamstime.com/stock-photo-global-recycling-image15848650>

Πολύ συχνά στις χωματερές συμβαίνουν ατυχήματα, όπως πυρκαγιές από εύφλεκτα απορρίμματα. Τα μέταλλα που εξαερώνονται κατά την καύση των απορριμμάτων, στη

συνέχεια καταλήγουν με τη βροχή στο έδαφος και κατά συνέπεια στο νερό. Ανακυκλώνοντας τις μπαταρίες, εμποδίζουμε όλες τις παραπάνω επιπτώσεις της απόρριψης των μπαταριών στις χωματερές, προστατεύοντας έτσι την φύση με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο.^[71]

Ακόμη εκτός από τα βαρέα μέταλλα, οι μπαταρίες εμπεριέχουν και διαβρωτικά οξέα, τα οποία θα μπορούσαν και αυτά να ξαναχρησιμοποιηθούν, καθώς είναι επικίνδυνα και μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στους ανθρώπινους οργανισμούς. ^[72]

7.2 Περιβαλλοντικά θέματα

Αρχικά θα πρέπει να πούμε πως η τήρηση των κανόνων ασφαλείας για τη χορήγηση και επίβλεψη της χρήσης μέσων ατομικής προστασίας σύμφωνα με τα Π.Δ. 396/94, 338/01 , 186/95 και Ν. 3850/2010 είναι απαραίτητη. Βάσει αυτών πρέπει να γίνεται χορήγηση κατάλληλων μέσων ατομικής προστασίας (υποδήματα, γάντια, φόρμες προστασίας βραχιόνων, μάσκες προστασίας αναπνοής κ.λπ.) ιδιαίτερη αναφορά γίνεται για μέσα ατομικής προστασίας έναντι κινδύνων που προκύπτουν από βιολογικούς, χημικούς και φυσικούς παράγοντες. Όπως επίσης πρέπει να πραγματοποιείται διαρκώς επίβλεψη της ορθής χρήσης των μέσων ατομικής προστασίας.^[72]

7.2.1 Τρόποι μεταφοράς και αποθήκευσης των υλικών

Η μεταφορά και η αποθήκευση των υλικών γίνεται σύμφωνα με την ADR (Accord European relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route) η οποία είναι η Ευρωπαϊκή συμφωνία σχετικά με τις Διεθνής Μεταφορές Επικίνδυνων Εμπορευμάτων που πραγματοποιούνται οδικώς. Τα παραρτήματα της ADR περιλαμβάνουν διατάξεις που μεταξύ άλλων αφορούν την ταξινόμηση των εμπορευμάτων, τις διαδικασίες αποστολής, τις απαιτήσεις για την κατασκευή και τον έλεγχο των συσκευασιών, των δεξαμενών, τις συνθήκες μεταφοράς, φόρτωσης, εκφόρτωσης, διαχείρισης, τις απαιτήσεις για τα πληρώματα και το όχημα. Οι διατάξεις αυτές υπόκεινται σε τροποποιήσεις επικαιροποιήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα (συνήθως ανά διετία). Τις νέες εκδόσεις της ADR ενσωματώνει κάθε φορά η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπό μορφή Οδηγίας.^[72]

Οι χρησιμοποιημένες μπαταρίες νικελίου-καδμίου, δεν εμπίπτουν στις διατάξεις της ADR εφόσον δεν έχουν κατεστραμμένο περίβλημα και ικανοποιούνται κάποιες διατάξεις, συγκεκριμένα της 598b.^[72]

Η «ειδική διάταξη 188» αναφέρει ότι, οι μπαταρίες λιθίου που δίνονται για μεταφορά δεν υπόκεινται στις απαιτήσεις της οδηγίας ADR αν είναι σύμφωνα με τις παρακάτω προδιαγραφές: [72]

Περιγραφή	Περιεκτικότητα σε λίθιο
Ηλεκτρικό στοιχείο με μέταλλα λιθίου ή κράμα λιθίου υγρής καθόδου	0,5g
Ηλεκτρικό στοιχείο με μέταλλα λιθίου ή κράμα λιθίου στερεής καθόδου	1g
Ηλεκτρικό στοιχείο με ιόντα λιθίου	1,5g
Συσσωρευτή με μέταλλα λιθίου ή κράμα λιθίου υγρής καθόδου	1g
Για συσσωρευτή με μέταλλα λιθίου ή κράμα λιθίου στερεής καθόδου	2g
Συσσωρευτή με ιόντα λιθίου	8g
Περιεκτικότητα του λιθίου στην άνοδο σε κάθε ηλεκτρικό στοιχείο	5g
Το άθροισμα της περιεκτικότητας του λιθίου στην άνοδο σε κάθε συσσωρευτή	25g

Πίνακας 7.1 Προδιαγραφές για ADR

- Η περιεκτικότητα σε λίθιο δεν ξεπερνά συγκεκριμένες ποσότητες
- Είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να είναι ερμητικά σφραγισμένα και να αποφεύγεται το βραχυκύκλωμα.

7.2.1.1 Οδηγία για την συσκευασία P903,P903a

Όσον αφορά την οδηγία P903 επιτρέπονται οι συσκευασίες που συμμορφώνονται με το επίπεδο απόδοσης ομάδας συσκευασίας στην οποία κατατάσσονται ουσίες που

παρουσιάζουν μέτριο κίνδυνο. Όταν συσκευάζονται στοιχεία συσσωρευτών και συσσωρευτές (μπαταρίες) λιθίου, θα συσκευάζονται σε εσωτερικές συσκευασίες από ινοσανίδες που πληρούν τις απαιτήσεις για την ομάδα συσκευασίας που αναφέρθηκε πριν λίγο.[72]

Πρόσθετη απαίτηση: Οι μπαταρίες θα προστατεύονται από βραχυκύκλωμα.

Για την οδηγία P903a :

Μη εγκεκριμένες συσκευασίες θα επιτρέπονται εφόσον:

-Τα ηλεκτρικά στοιχεία και οι μπαταρίες είναι συσκευασμένα και αποθηκευμένα έτσι ώστε να αποφεύγεται κίνδυνος βραχυκυκλωμάτων,

-Δεν ζυγίζουν πάνω από 30 kg.

Σύμφωνα με τον κωδικό V1 αναφέρεται πρέπει να φορτώνονται σε κλειστά ή καλυμμένα οχήματα, ή σε κλειστά ή καλυμμένα εμπορευματοκιβώτια. Για μείγμα μπαταριών που περιέχει μπαταρίες λιθίου, οι ειδικές διατάξεις συσκευασίας κατά ADR (SP 636 – P 903) ισχύουν και είναι απαραίτητο να εφαρμόζονται εφόσον η συσκευασία μεταφοράς είναι μεγαλύτερη από 30 kg και το μικτό βάρος μπαταριών λιθίου στο μίγμα υπερβαίνει τα 250gr.[72]

7.2.1.2 Για την αποθήκευση των υλικών

Σχετικά με την προσωρινή αποθήκευση των συσσωρευτών πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε ο κίνδυνος για τη δημιουργία υγρών αποβλήτων να περιορίζεται στο ελάχιστο. Στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης οι συσσωρευτές πρέπει να φυλάσσονται μέσα στους κάδους μέχρι την μεταφορά τους για ανακύκλωση. Οι κάδοι για την συλλογή των συσσωρευτών πρέπει να είναι κατασκευασμένοι από κατάλληλα ανθεκτικά υλικά ώστε να αποφεύγεται η καταστροφή τους ή η διάβρωσή τους λόγω εξωτερικών ή καιρικών παραγόντων. Επιπλέον, ο χώρος της αποθήκης πρέπει να είναι στεγασμένος, να διαθέτει στεγανό δάπεδο και να είναι σχεδιασμένος με τέτοια κλίση ώστε σε περίπτωση διαρροής όλο το υγρό να συλλέγεται σε ένα σημείο εντός της αποθήκης και να μην διαφεύγει στο εξωτερικό περιβάλλον. [72]

Η συλλογή των μικρών μπαταριών πραγματοποιείται σε μικρούς κάδους, συνήθως μεγέθους κάτω από 10 lt έτσι ώστε να αποφεύγονται προβλήματα που σχετίζονται με βραχυκυκλώματα και να υπάρχει απαλλαγή από τις απαιτήσεις συσκευασίας με βάση την ADR. Η επιλογή της συσκευασίας πραγματοποιείται έτσι ώστε να είναι ελκυστική, να έχει χαμηλό βάρος και κόστος.[72]



Σχήμα 7.2 Ασφαλής αποθήκευση και μεταφορά σύμφωνα με ADR Πηγή από: <http://www.ccr-revlog.com/en/solutions/individual-return-solutions/transport-recycling-solutions-lithium-ion-batteries>

7.2.2 Δυναμικότητα επεξεργασίας

Κυριότερος στόχος είναι η συλλογή των υλικών δηλαδή των χρησιμοποιημένων μπαταριών. Αυτό θα συμβεί εφόσον υπάρχει σωστή συνεννόηση και συνεργασία με τους φορείς διακίνησης και διαχείρισης των μπαταριών. Αυτό πρέπει να γίνει ώστε η μονάδα να έχει τον επιθυμητό αριθμό επεξεργασίας καθημερινά και όχι να υπολειμθούν τα μηχανήματα. Οι κυριότεροι εμπλεκόμενοι φορείς είναι :

- Οι παραγωγοί και εισαγωγής μπαταριών
- Το δίκτυο λιανικής πώλησης (καταστήματα ηλεκτρικών ειδών, ηλεκτρολογία κ.λπ.)
- Οι εταιρίες ανακύκλωσης (π.χ. ΑΦΗΣ)
- Οι εταιρίες μεταφοράς
- Οι καταναλωτές

Ο καθένας από τη δική του σκοπιά και το δικό του συμφέρον βέβαια θα συμβάλει σε αυτό. Σημαντικότερος φορέας είναι οι καταναλωτές καθώς αυτοί είναι που κάνουν τη κυριότερη χρήση και θα πρέπει να κατανοήσουν την αναγκαιότητα της ανακύκλωσης και να μην πετάνε στα σκουπίδια της μπαταρίες (και όχι μόνο).^[72]

7.2.3 Εξοπλισμός της μονάδας

Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί στη μονάδα θα είναι του απλού διαχωρισμού όπου αρχικά οι μπαταρίες θα τοποθετούνται σε μηχανή τεμαχισμού στη συνέχεια θα προχωρούν πάνω σε έναν ταινιόδρομο και θα διαχωρίζονται τα μεταλλικά από τα πλαστικά μέρη από το ηλεκτρομαγνητικό τύμπανο και έτσι θα έχουμε τα μέταλλα τα οποία θέλουμε να ανακυκλώσουμε και συγχρόνως θα έχουμε και τα πλαστικά μέρη διαθέσιμα προς ανακύκλωση. Επειδή όμως τα ζητούμενα υλικά είναι το λίθιο το νικέλιο και το κάδμιο τα μεταλλικά μέρη από τον πρώτο διαχωρισμό θα υπόκεινται και σε δεύτερο διαχωρισμό ώστε να αντλούμε μόνο τα επιθυμητά μέταλλα. ^[73]

Τα μηχανήματα τα οποία θα χρειαστούν για αυτή τη μονάδα ανακύκλωσης θα είναι ένας τεμαχιστής (shredder) δύο ταινιόδρομους και δύο ηλεκτρομαγνητικά τύμπανα ένα για διαχωρισμό πλαστικών από μεταλλικών κομματιών και ένα τύμπανο για το διαχωρισμό των μεταλλικών μερών στα επιθυμητά μέταλλα και μη. ^[73]

Ο τεμαχιστής που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι της εταιρίας PROSINO το μοντέλο PS-D-2140 του οποίου ο κόφτης αποτελείται από 20 μαχαίρια των 20mm το καθένα και έχουν δυνατότητα περιστροφής 17r/min η ηλεκτρική ισχύς είναι 7,5kw, το βάρος της μηχανής είναι στα 1400 kg και η έξοδος μπορεί να αποδώσει 200-300kg/h. Οι διαστάσεις είναι 1720mm το μήκος 1260mm το πλάτος και 1900mm το ύψος.^[73]



Σχήμα 7.3 Μηχανισμός τεμαχισμού Πηγή από: <http://www.sinoshredder.com/>



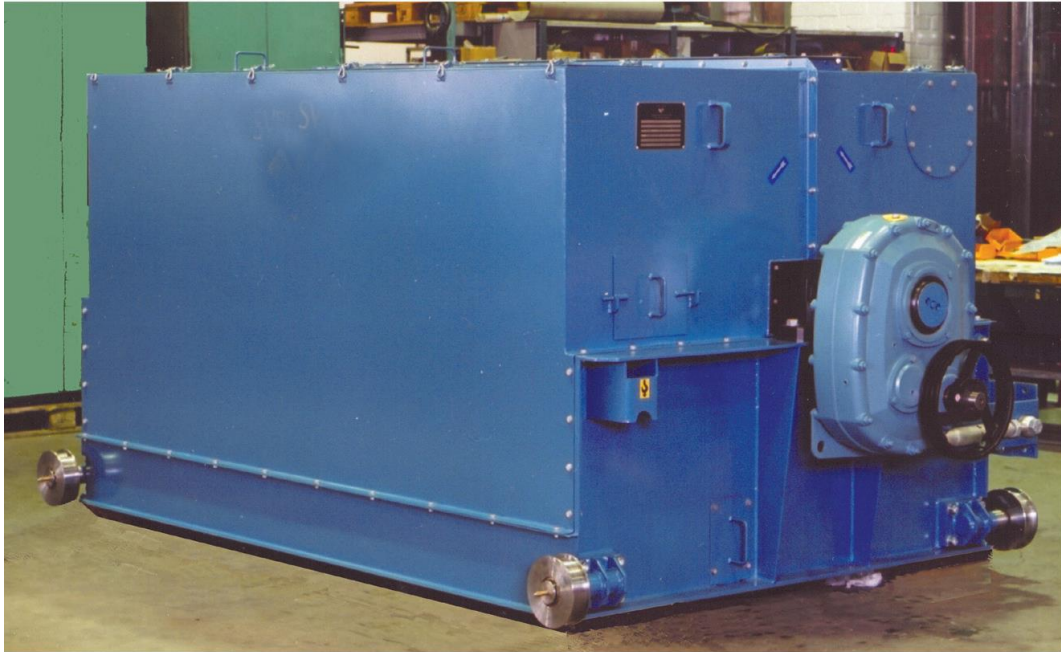
Σχήμα 7.4 Μηχανισμός τεμαχισμού Πηγή από:
<http://www.sinoshredder.com/>

Οι ταινιόδρομοι που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι της εταιρίας kinematik. Δύο ταινιόδρομοι μεταφοράς χύμα υλικού σε μήκος 3000mm και πλάτος 600mm όπου η ταχύτητα μεταφοράς θα είναι 0,5 m/sec [74]



Σχήμα 7.5 Ταινιόδρομος Πηγή από: <http://www.kinematik.gr/el/>

Όσον αφορά τα ηλεκτρομαγνητικά τύμπανα το πρώτο που θα χρησιμοποιηθεί είναι της εταιρίας metso το μοντέλο DS-906 όπου οι διαστάσεις του τυμπάνου είναι 916*600mm και συνολικότερα της μηχανής είναι σε μήκος 1550mm σε πλάτος 1360mm και σε ύψος 1400mm. Η ηλεκτρική ισχύς που καταναλώνει είναι 4kW και το βάρος της είναι στα 1,6 τόνοι.[74]



Σχήμα 7.6 Ηλεκτρομαγνητικό τύμπανο Πηγή από:
<http://www.metso.com>

Και το δεύτερο ηλεκτρομαγνητικό τύμπανο το οποίο θα διαχωρίζει το λίθιο ή νικέλιο – κάδμιο θα είναι της εταιρίας PIONEER το μοντέλο CTB1024 όπου οι διαστάσεις του τυμπάνου είναι σε μήκος 1050mm και σε πλάτος 2400mm η δυνατότητα επεξεργασίας είναι στους 60-120 ton/h και η ηλεκτρική ισχύς του είναι 5,5kw.^[75]



Σχήμα 7.7 Ηλεκτρομαγνητικό τύμπανο Πηγή από:
<http://www.metso.com>

Με βάση λοιπόν τις διαστάσεις των μηχανημάτων θα χρειαστεί ένας χώρος με διαστάσεις 20m μήκος 15 m πλάτος και ύψος στα 4m. Αυτές είναι οι ελάχιστες απαιτήσεις για

τη μονάδα. Και η δυνατότητα επεξεργασία είναι στα 200-300kg/h το οποίο είναι με βάση την δυνατότητα κοπής. Επίσης οι ανάγκες για προσωπικό είναι 4 άτομα οι οποίοι ένας θα ελέγχει την είσοδο ένας την μία έξοδο ένας την άλλη και άλλο ένα άτομο τον χειρισμό των ενδιάμεσων μηχανημάτων. Η αρχική κοστολόγηση για αυτή τη μονάδα ανέρχεται στα 200000€ για το βασικό εξοπλισμό.

8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ”

Βλέπουμε πως οι διαδικασίες(χημικές διαδικασίες) που έχουν μεγαλύτερη και καλύτερη αποδοτικότητα είναι σε εργαστηριακά επίπεδα οπότε είναι δύσκολο να γίνει μαζική ανακύκλωση με αυτούς τους τρόπους.Για αυτό το λόγο γίνεται η ανακύκλωση με τους απλούς μηχανικούς τρόπους.

Είναι ξεκάθαρο πλέον ότι οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν τα ‘πρωτεία’ σε σχέση με τις μπαταρίες νικελίου καδμίου. Σιγά σιγά αρχίζουν να εξαλείφονται και είναι χαρακτηριστικό από τους πίνακες ότι τα τελευταία χρόνια έχουν μειωθεί κατά πολύ οι πωλήσεις τους, σε αντίθεση με τις ιόντων λιθίου που αυξάνεται κατά πολύ.

Παρατηρείται εύκολα επίσης ότι για να προχωρήσει μια τέτοια μελέτη είναι αναγκαίο η συνεργασία όλης της κοινωνίας με πρώτο και κύριο το χρήστη όπου θα πρέπει να γίνει στην καθημερινότητά του η ανάγκη για ανακύκλωση και όχι το πέταγμα σε κάδους σκουπιδιών όλα τα πράγματα. Ειδικότερα για τις μπαταρίες που είναι στην ουσία ένα χημικό παρασκεύασμα και η μόλυνση η οποία προκαλεί είναι πολύ μεγάλη και αρκετά σοβαρή.

Πλέον η σωστή ανακύκλωση είναι αναγκαιότητα και θα πρέπει να εξελιχθεί ώστε να προστατευθεί το περιβάλλον για να είναι φιλικό προς το χρήστη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Recycling>
- [2] http://www.conserve-energy-future.com/Importance_of_Recycling.php
- [3] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF_%CF%80%CF%8C%CF%81%CE%BF%CE%B9
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Recycling_-_Cost_E2.80.93benefit_analysis
- [5] <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=49>
- [6] Οδηγία 2012/19/ΕΕ του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 4^{ης} Ιουλίου 2012 σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού(ΑΗΗΕ)
- [7] <http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/index.htm>
- [8] Οδηγία 2006/66/ΕΚ του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 6ης Σεπτεμβρίου 2006 σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών και με την κατάργηση της οδηγίας 91/157/ΕΟΚ
- [9] <http://www.afis.gr/>
- [10] <http://www.merriam-webster.com/dictionary/battery>
- [11] Bellis, Mary. [History of the Electric Battery](#) Retrieved 11 August 2008.
- [12] Terminal voltage- Tiscali Reference. Originally from Hutchinson Encyclopaedia.
- [13] https://en.wikipedia.org/wiki/Electrochemical_cell
- [14] What Are Batteries, Fuel Cells, and Supercapacitors? Chem. Rev. 2004, 104, 4245-4269
- [15] "Spotlight on Photovoltaics & Fuel Cells: A Web-based Study & Comparison". pp. 1–2. Retrieved 14 March 2007.
- [16] The Columbia Dry Cell Battery National Historic Chemical Landmark Dedicated September 27, 2005.
- [17] <http://www.nature.com/news/liquid-metal-batteries-get-boost-from-molten-lead-1.15967>
- [18] <http://www.techlib.com/reference/batteries.html>
- [19] http://web.mit.edu/evt/summary_battery_specifications.pdf
- [20] <http://whatis.techtarget.com/definition/battery-life>
- [21] <http://www.corrosion-doctors.org/Batteries/self-compare.htm>

- [22] <http://www.greenbatteries.com/battery-myths-vs-battery-facts-1/#Quick>
- [23] https://en.wikipedia.org/wiki/Memory_effect#cite_ref-BergveldKruijt2002_1-0
- [24] <http://www.batteryfaq.org/>
- [25] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_battery_sizes
- [26] <http://www.poison.org/battery/>
- [27] Bernardes, A.M., Espinosa, D.C.R., Tenorio, J.A.S., 2004. Recycling of batteries: A review of current processes and technologies. *Journal of Power Sources*, **130**, 291-298.
- [28] Zeng, X., Li, J., Singh, N., 2014. Recycling of Spent Lithium- Ion Battery: A Critical Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44 (10), 1129-1165.
- [29] Megahed, S., Scrosati, B. 1994. Lithium-ion rechargeable batteries. *Journal of Power Sources*, 51, 79–104.
- [30] <http://www.emc2.cornell.edu/content/view/battery-anodes.html>
- [31] E. Sayilgan , T. Kukrer , G. Civelekoglua, F. Ferella , A. Akcil , F. Veglio , M. Kitis, 2009, A review of technologies for the recovery of metals from spent alkaline and zinc–carbon batteries.
- [32] Huggins, R.A., 2010, *Energy Storage*. Springer Science+Business Media, LLC, New York.
- [33] http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery
- [34] Building Better Batteries Michel Armand ARTICLE in NATURE · MARCH 2008
- [35] Vinodkumar Etacheri , Rotem Marom , Ran Elazari , Gregory Salitra and Doron Aurbach, Challenges in the development of advanced Li-ion batteries: a review 10th June 2011
- [36] M.B.J.G. Freitas , V.G. Celante, M.K. Pietre , 2009, Electrochemical recovery of cobalt and copper from spent Li-ion batteries as multilayer deposits
- [37] https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery#Electrolytes
- [38] Pingwei Zhang , Toshiro Yokoyama , Osamu Itabashi , Toshishige M. Suzuki , Katsutoshi Inoue, 1997, Hydrometallurgical process for recovery of metal values from spent lithium-ion secondary batteries.
- [39] Shun Myung Shin , Nak Hyoung Kim , Jeong Soo Sohn , Dong Hyo Yang , Young Han Kim,2005, Development of a metal recovery process from Li-ion battery wastes, *Hydrometallurgy* **79** 172– 181.

- [40] Xu, J., Thomas, H.R., Francis, R.W., Lum, K.R., Wang, J., Liang, B., 2008. A review of processes and technologies for the recycling of lithium-ion secondary batteries. *Journal of Power Sources*, **177**, 512–527.
- [41] M. Contestabile, S. Panero, B. Scrosati, 2001, *Journal of Power Sources* **92** 65-69 A laboratory-scale lithium-ion battery recycling process.
- [42] Churl Kyoung Lee, Kang-In Rhee, 2002, *Journal of Power Sources* **109** 17–21 Preparation of LiCoO₂ from spent lithium-ion batteries.
- [43] Bankole, O.E., Gong, C., Lei, L., 2013, *Battery Recycling Technologies: Recycling Waste Lithium Ion Batteries with the Impact on the Environment In-View*. *Journal of Environment and Ecology*, **4 (1)**, 14-28.
- [44] Do-Su Kima, Jeong-Soo Sohna, Churl-Kyoung Lee, Jin-Ho Lee c, Kyoo-Seung Hanc, Young-Il Lee, 2004, *Journal of Power Sources* **132** 145–149 Simultaneous separation and renovation of lithium cobalt oxide from the cathode of spent lithium ion rechargeable batteries.
- [45] Jiangang Li & Rusong Zhao & Xiangming He & Huachen Liu Preparation of LiCoO₂ cathode materials from spent lithium-ion batteries.
- [46] Baoping Xin , Di Zhang, Xian Zhang, Yunting Xia, Feng Wu, Shi Chen, Li Li, 2009, Biorecovery mechanism of Co and Li from spent lithium-ion battery by the mixed culture of acidophilic sulfur-oxidizing and iron-oxidizing bacteria , *Technology* **100** 6163–6169.
- [47] Debaraj Mishra, Dong-Jin Kim, D.E. Ralph, Jong-Gwan Ahn, Young-Ha Rhee, 2008, Biorecovery of metals from spent lithium ion secondary batteries using *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Waste Management* **28** 333–338.
- [48] Churl Kyoung Lee, Kang-In Rhee, Preparation of LiCoO₂ from spent lithium-ion batteries *Journal of Power Sources* **109** 17–21
- [49] S. Castillo*, F. Ansart, C. Laberty-Robert, J. Portal, 2002, Advances in the recovering of spent lithium battery compounds, *Journal of Power Sources* **112** 247–254.
- [50] Xihua Zhang, Yongbing Xie, Xiao Lin , Haitao Li , Hongbin Cao, An overview on the processes and technologies for recycling cathodic active materials from spent lithium-ion batteries.
- [51] <http://www.emc2.cornell.edu/content/view/battery-cathodes.html>

- [52] Xu, J., Thomas, H.R., Francis, R.W., Lum, K.R., Wang, J., Liang, B., 2008. A review of processes and technologies for the recycling of lithium-ion secondary batteries. *Journal of Power Sources*, 177, 512–527.
- [53] Christopher Orendorff: the Role of Separator in Li-Ion Cell Safety
- [54] Bankole, O.E., Gong, C., Lei, L., 2013, Battery Recycling Technologies: Recycling Waste Lithium Ion Batteries with the Impact on the Environment In-View. *Journal of Environment and Ecology*, 4 (1), 14-28.
- [55] Zhang, X., Xie, Y., Lin, X., Li, H., Cao, H., 2013. An overview on the processes and technologies for recycling cathodic active materials from spent lithium-ion batteries. *Journal of Material Cycles Waste Management*, 15, 420–430
- [56] http://batteryuniversity.com/learn/article/recycling_batteries
- [57] Bioleaching of spent Ni–Cd batteries by continuous flow system: Effect of hydraulic retention time and process load Ling Zhao, Dong Yang, Nan-Wen Zhu, *School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, People's Republic of China*
- [58] Chemical and physical characterization of electrode materials of spent sealed Ni–Cd batteries C.A. Nogueira , F. Margarido
- [59] Chemical and electrochemical recycling of the negative electrodes from spent Ni–Cd batteries M.B.J.G. Freitas *, T.R. Penha, S. Sirtoli.
- [60] Enhancement of the recycling of waste Ni–Cd and Ni–MH batteries by mechanical treatment Kui Huang, Jia Li, Zhenming Xu.
- [61] https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel%E2%80%93cadmium_battery#Electrochemistry
- [62] Hydrometallurgical recovery of cadmium and nickel from spent Ni–Cd batteries, Ewa Rudnik , Marek Nikiel, 24 May 2007
- [63] The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2014-2025, Christophe PILLOT, Director, AVICENNE ENERGY
- [64] http://batteryuniversity.com/learn/archive/battery_statistics
- [65] http://batteryuniversity.com/learn/article/global_battery_markets
- [66] <http://eurobat.org/statistics>
- [67] <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/batteries/nicd.pdf>
- [68] http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/recycle.1361354769093.pdf
- [69] <http://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/5451/Aroni.pdf?sequence=2>
- [70] <http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/1826/1/012012145.pdf>
- [71] <http://www.yme.gr/index.php?tid=924>

- [72] http://batteryuniversity.com/learn/article/battery_recycling_as_a_business
- [73] <http://www.sinoshredder.com/>
- [74] <http://www.kinematik.gr/el/>
- [75] <http://www.metso.com>

