



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ(ΑΗΗΕ) ΣΤΙΣ  
ΑΝΑΠΤΥΓΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΕΣ ΧΩΡΕΣ ΚΑΙ ΟΙ  
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΥΓΕΙΑ**

Διπλωματική Εργασία

της

Χαλιανδρού Φιλιώς

Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2023

**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ(ΑΗΗΕ) ΣΤΙΣ  
ΑΝΑΠΤΥΓΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΕΣ ΧΩΡΕΣ ΚΑΙ ΟΙ  
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΥΓΕΙΑ**

Χαλιανδρού Φιλιώ

Πτυχίο Ηλεκτρονικής,ΑΤΕΙ,Θεσσαλονίκης,1991

Διπλωματική Εργασία

Υποβαλλόμενη για την μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Επιβλέπων Καθηγητής  
Στειακάκης Εμμανουήλ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την .....

Στειακάκης Εμμανουήλ

Δασίλας Απόστολος

Σταυρόπουλος Αντώνιος

.....

.....

.....

Χαλιανδρού Φιλιώ

## *Ευχαριστίες*

*Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνησή της.*

*Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Στειακάκη Εμμανουήλ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αναθέτοντας μου το συγκεκριμένο θέμα.*

*Και ένα μεγάλο ευχαριστώ στα παιδιά μου Νατάσα και Γιάννη που με ενθάρρυναν να συνεχίσω αυτή την προσπάθεια και να φτάσω στο τελικό αποτέλεσμα.*

## Περίληψη

Η παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη και η τεχνολογική πρόοδος στην ηλεκτρική και ηλεκτρονική βιομηχανία για την παραγωγή προσιτών και καινοτόμων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών προϊόντων έχει προκαλέσει τεράστιες αλλαγές στον πλανήτη μας. Η μεγάλη κατανάλωση των εξαρτημάτων της πληροφορικής και γενικότερα των ΤΠΕ έχει επιφέρει μεγάλη ανησυχία στον πλανήτη σχετικά με την βιωσιμότητα που αφορά στην κατανάλωση των πόρων και στη διαχείριση των αποβλήτων τους. Τα ηλεκτρονικά απόβλητα περιλαμβάνουν μια ποικιλία συσκευών, όπως υπολογιστές, τηλεοράσεις, κινητά τηλέφωνα, και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Η αύξηση του όγκου ηλεκτρονικών αποβλήτων αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα για την περιβαλλοντική και κοινωνική αειφορία, με τις περισσότερες χώρες σε όλο τον κόσμο να προσπαθούν να βρουν τρόπους για την διαχείρισή τους η οποία μπορεί να περιλαμβάνει την ανακύκλωση, την ανάκτηση πολύτιμων πόρων, όπως χρυσού, χαλκού, αλουμινίου και άλλων, και την επαναχρησιμοποίησή τους για την κατασκευή νέων προϊόντων με στόχο τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος. Τα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ), όπως ηλεκτρονικά είδη κατανάλωσης, κινητά τηλέφωνα, υπολογιστές και άλλες συσκευές, περιέχουν επικίνδυνα υλικά και τοξικά χημικά, τα οποία μπορούν να έχουν αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και στην υγεία των ανθρώπων, αν η διαχείρισή τους δεν πραγματοποιείται με αποτελεσματικό τρόπο.

Η διπλωματική αυτή στοχεύει μέσα από μία βιβλιογραφική ανασκόπηση να αναδείξει τους τρόπους διαχείρισης των e-waste σε όλες τις χώρες του πλανήτη. Θα παρατεθούν διάφορες στρατηγικές και μέθοδοι διαχείρισης των αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες,

αλλά και με ποιους τρόπους θα συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων για βιώσιμη ανάπτυξη σε παγκόσμιο επίπεδο, στην κυκλική οικονομία και στην αποδοτικότητα των πόρων. Επιπλέον, θα εξετασθούν οι επιδράσεις που θα προκύψουν σε οικονομικό επίπεδο μέσα από την διαχείριση των αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) και θα προβληθούν τρόποι διαχείρισης των παραπάνω αποβλήτων από διάφορες χώρες που θα συμβάλλουν στην ενίσχυση της βιωσιμότητας. Επίσης, θα αναφερθούν οι βασικές αρχές εναλλακτικής διαχείρισης των αποβλήτων, αλλά και οι ευκαιρίες βελτίωσης στον τρόπο διαχείρισης των ΑΗΗΕ με απώτερο σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας των ανθρώπων. Θα παρουσιαστούν οι τάσεις στην παραγωγή ΑΗΗΕ, οι πολιτικές και το νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει σε παγκόσμιο επίπεδο.

Πρακτικά, η συγκεκριμένη μελέτη στόχο έχει να κινητοποιήσει τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να χαράξουν πολιτικές που να ενθαρρύνουν τρόπους διαχείρισης αποβλήτων, βασιζόμενοι στην ευαισθητοποίηση των πολιτών μέσα από την πληροφόρηση. Η μελέτη φιλοδοξεί παράλληλα, να ωθήσει τις αλυσίδες εφοδιασμού των εταιριών να επαναπροσδιοριστούν, υιοθετώντας βιώσιμα επιχειρηματικά μοντέλα και στοχεύοντας στην οικοδόμηση της ανθεκτικότητας απέναντι στην παγκόσμια αβεβαιότητα που αφορά στην εξάλειψη του άνθρακα από τα απόβλητα των ΤΠΕ, με στρατηγικές που θα ενισχύσουν την βιωσιμότητα του πλανήτη.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** ΑΗΗΕ, Διαχείριση ΑΗΗΕ, Ανακύκλωση e-waste, Στρατηγικές Διαχείρισης ΑΗΗΕ, Εναλλακτική διαχείριση ΑΗΗΕ, Συνέπειες e-waste στο Περιβάλλον και Υγεία.

## **Abstract**

Global economic growth and technological advances in the electrical and electronics industry to produce affordable and innovative electrical and electronic products have caused enormous changes to our planet. The high consumption of IT components and ICT in general has brought about great concern on the planet about sustainability related to resource consumption and waste management. E-waste includes a variety of devices such as computers, televisions, mobile phones, and other electronic devices. The increasing volume of e-waste is a major problem for environmental and social sustainability, with most countries around the world trying to find ways to manage it which may include recycling, recovering valuable resources such as gold, copper, aluminum, and others, and reusing it to make new products with the goal of environmental sustainability. Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), such as consumer electronics, mobile phones, computers and other appliances, contains hazardous materials and toxic chemicals, which can have a negative impact on the environment and people's health if not managed effectively.

This thesis aims through a literature review to highlight the ways of managing e-waste in all countries of the world. Various strategies and methods of managing electrical and electronic waste (E-waste) in developed and developing countries will be listed, and how they will contribute to the achievement of the goals of global sustainable development, circular economy and resource efficiency. In addition, it will consider the economic impacts through the management of WEEE and will highlight ways of managing this waste from different countries that will contribute to enhancing sustainability. It will also highlight the basic principles of alternative waste management and the opportunities

for improvement in the way WEEE is managed with the ultimate aim of protecting the environment and human health. Trends in WEEE production, policies and the legislative framework in place at global level will be presented.

In practice, this study aims to motivate decision-makers to develop policies that encourage waste management practices based on raising awareness through information. The study also aspires to push companies' supply chains to redefine themselves, adopting sustainable business models and aiming to build resilience in the face of global uncertainty regarding the elimination of carbon from ICT waste, with strategies that will enhance the sustainability of the planet.

**KEY WORDS:** WEEE, WEEE Management, E-waste Recycling, WEEE Management Strategies, Alternative WEEE Management, E-waste Consequences on Environment and Health.

## Περιεχόμενα

<b>1.Εισαγωγή</b> .....	<b>11</b>
-------------------------	-----------

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΗΗΕ: Ποια είναι από τι αποτελούνται και ποιες χώρες παράγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες.**..... **15**

2.1 Ποια είναι και τι περιλαμβάνουν. ....	15
---	----

2.2 Τα υλικά που προκύπτουν από την διαχείριση των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών αποβλήτων (ΑΗΗΕ) και οι διαδρομές απόρριψής τους. ....	16
---	----

2.3 Ποιες χώρες παράγουν τα περισσότερα απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). ....	18
--	----

2.4 Στατιστικά στοιχεία για χώρες που παρέχουν τα περισσότερα απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΗΗΕ).....	22
--	----

2.4.1 Στατιστικά στοιχεία για τα ηλεκτρονικά απόβλητα που παράγουμε παγκοσμίως..	27
--	----

2.4.2 Τι ποσοστό ανακυκλώνεται παγκοσμίως. ....	28
---	----

2.4.3 Ποια είναι η χρηματική αξία των ηλεκτρονικών αποβλήτων. ....	28
--	----

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Πως διαχειρίζονται οι ανεπτυγμένες χώρες τα ΑΗΗΕ. Αναφορές σε πρακτικές και μηχανισμούς. Τρόποι εναλλακτικής διαχείρισης.**..... **29**

3.1 Διαχείριση Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού στις αναπτυγμένες χώρες. ....	29
---	----

3.1.1 Ιεράρχηση επιλογών για την διαχείριση των αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΗΗΕ). ....	31
--	----

3.1.2 Στρατηγικές διαχείρισης Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).....	34
--	----

3.1.3 Διάγραμμα ροής Επεξεργασίας των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού στις αναπτυγμένες χώρες. ....	36
--	----

3.2.Η Ανακύκλωση ως τρόπος διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων στις αναπτυγμένες χώρες. ....	39
---	----

3.3 Πρακτικές και μηχανισμοί για την διαχείριση των e-waste στις αναπτυγμένες χώρες.	48
--	----



3.3.1 Μέθοδοι διαχείρισης Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).....	49
3.3.2 Η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment - LCA).....	50
3.3.3 Η εκτεταμένη ευθύνη παραγωγού (Extended Producer Responsibility - EPR)....	52
3.3.4 Η ανάλυση ροών υλικών (Material Flow Analysis - MFA).....	53
3.3.5 Η Ανάλυση Πολλαπλών Κριτηρίων (Multiple Criteria Analysis - MCA). ....	54

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Διαχείριση των ΑΗΗΕ στις αναπτυσσόμενες χώρες, πολιτικές / απειλές από την άτυπη διαχείρισής τους. .... 55**

4.1 Διαχείριση Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυσσόμενες χώρες. ....	55
4.2 Πολιτικές προστασίας της άτυπης διαχείρισης των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυσσόμενες χώρες. ....	62
4.3 Απειλές από την άτυπη διαχείριση των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυσσόμενες χώρες. ....	65

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Διαφορές διαχείρισης αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών / Επίδραση άτυπης διαχείρισής σε περιβάλλον και υγεία. .... 68**

5.1 Διαφορές ανάμεσα στην διαχείριση των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυγμένες και στις αναπτυσσόμενες χώρες. ....	68
5.2 Ο ρόλος και η σημασία της σωστής διαχείρισης των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) σε σχέση με το περιβάλλον και την υγεία. ....	70

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Νομοθεσίες / Ρυθμιστικά πλαίσια /Κανονισμοί σε παγκόσμιο επίπεδο. .... 77**

6.1 Τι ισχύει στην Ευρώπη σχετικά με την διαχείριση των αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). ....	77
6.2 Νομοθεσίες και οδηγίες για τα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυγμένες χώρες. ....	78
6.3 Κανόνες και νομοθεσία για την Διαχείριση Αποβλήτων σε Ελλάδα και ΕΕ.....	80

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. Παρουσίαση διαχείρισης ΑΗΗΕ ανά Ήπειρο..... 82**

7.1 Τι ισχύει σε κάθε Ήπειρο για την διαχείριση των αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).....	82
7.1.1 Αφρική.....	82
7.1.2 Αμερική.....	83
7.1.3 Ασία.....	86
7.1.4 Ευρώπη.....	90
7.1.5 Ωκεανία.....	92
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. Νομικά πλαίσια/προγράμματα / κανονισμοί των ΑΗΗΕ σε χώρες ανά Ήπειρο.....</b>	<b>95</b>
8.1 Επισκόπηση της διαχείρισης Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) ανά χώρα.....	95
<b>9. Σύνοψη και Συμπεράσματα/Μελλοντικές Επεκτάσεις για την Διαχείριση των ΑΗΗΕ.....</b>	<b>105</b>
<b>10. Βιβλιογραφία.....</b>	<b>112</b>

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 Στατιστικά ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών αποβλήτων (e-waste).....	16
Εικόνα 2 Υλικά από τα ΑΗΗΕ.....	17
Εικόνα 3 Στατιστικά στοιχεία για την ποσότητα των ηλεκτρονικών αποβλήτων που υποβάλλονται σε επίσημη και ανεπίσημη επεξεργασία σε όλο τον κόσμο. Πηγή: (Forti κ.ά., 2020).....	19
Εικόνα 4 Χαρτογράφηση ηλεκτρονικών αποβλήτων Πηγή : (Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης - Πανεπιστήμιο Ουτρέχτης.).....	20
Εικόνα 5 Απόβλητα ηλεκτρονικών συσκευών 43,9 κιλών το χρόνο. ....	21
Εικόνα 6 Χώρες που παράγουν τα περισσότερα κατά κεφαλήν απόβλητα το 2019 .....	22
Εικόνα 7 Στατιστικά στοιχεία για τους μεγαλύτερους παγκόσμιους παραγωγούς ηλεκτρονικών αποβλήτων. (Murthy & Ramakrishna, 2022).....	23
Εικόνα 8 Προβλεπόμενη αύξηση των ηλεκτρονικών αποβλήτων παγκοσμίως. ....	24
Εικόνα 9 Ποσοστό των ηλεκτρονικών αποβλήτων ανά είδος συσκευής στην ΕΕ .....	25
Εικόνα 10 Η κατάσταση των παγκόσμιων ηλεκτρονικών αποβλήτων. ....	26
Εικόνα 11 Ιεράρχηση επιλογών για την διαχείριση των αποβλήτων.....	32
Εικόνα 12 Διάγραμμα ροής επεξεργασίας ΑΗΗΕ που εφαρμόζεται από την εταιρεία Ανακύκλωση Συσκευών ΑΕ η οποία συμμετέχει ως συντονιστής στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης ηλεκτρικών αποβλήτων Life ReWeee. Πηγή: Ανακύκλωση συσκευών Α.Ε.....	38
Εικόνα 13 Τυπική και άτυπη ανακύκλωση ηλεκτρονικών αποβλήτων. Πηγή : (Rautela κ.ά., 2021).....	41
Εικόνα 14 Πρόβλεψη δημιουργίας απαρχαιωμένων υπολογιστών στον ανεπτυγμένο και αναπτυσσόμενο κόσμο. ....	56

## Λίστα Πινάκων

**Πίνακας 1** Διαχείριση και κανονισμοί ΑΗΗΕ σε επιλεγμένες χώρες και περιοχές.

## **Συμβολισμοί**

ΑΗΗΕ Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού

WEEE Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού

E-waste Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού

ΗΗΕ Ηλεκτρονικού και Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού

POP Έμμονοι Οργανικοί Ρύποι

UNU Πανεπιστήμιο Ηνωμένων Εθνών

ΑΕΠ Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν

ITU Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών

Η.Π.Α Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

ΟΗΕ Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών

ΟΟΣΑ Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης

EPREAT Προϊόντα Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού

ΑΗΗΕ Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού

ΗΑ Ηλεκτρονικά Απόβλητα

Ε.Ε Ευρωπαϊκή Ένωση

WPCB Απόβλητα Τυπωμένων κυκλωμάτων

PCB Πλακέτες Τυπωμένων Κυκλωμάτων

CRT Οθόνη Καθοδικού Σωλήνα Ακτίνων

LCD Οθόνη Υγρών Κρυστάλλων

EOL Τέλος Κύκλου Ζωής

ProSUM Απόβλητα Αστικών Ορυχείων και Μεταλλείων

LCA Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής

Η/Υ Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές

EPR Εκτεταμένη Ευθύνη Παραγωγού

MFA Ανάλυση Ροών Υλικών

MCA Ανάλυση Πολλαπλών Κριτηρίων

CPCB Κεντρική Επιτροπή Ελέγχου της Ρύπανσης

Ε.Μ.ΠΑ Εθνικό Μητρώο Παραγωγών.

SDGs Στόχοι των Ηνωμένων Εθνών για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη

Ε.Ο.ΑΝ Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης

EPA Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος Αμερικής

SMM Βιώσιμη Διαχείριση Υλικών

SPREP Γραμματεία Περιφερειακής Περιφέρειας Ειρηνικού Περιβάλλοντος

Act(RCRA) Νόμος Διατήρησης Ανάκτησης Πόρων

## ***1.Εισαγωγή***

Τα απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) είναι ένα αναδύμενο παγκόσμιο ζήτημα, ειδικά σε πολλές αναπτυσσόμενες οικονομίες. Ο ρυθμός παραγωγής ΑΗΗΕ αυξάνεται ραγδαία και θα συνεχίζει να αυξάνεται ακόμη περισσότερο στο άμεσο μέλλον. Τα ΑΗΗΕ, λόγω της φύσης των συστατικών τους και των επεξεργασιών τους, εμπλέκουν τρεις πυλώνες βιωσιμότητας: οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό. (Ardi & Leisten, 2016)

Οι ηλεκτρονικές συσκευές και τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα έχουν γίνει ολοένα και πιο αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς μας και όταν αυτές φτάνουν στο τέλος τους κύκλου ζωής τους, οφείλουμε να διαχειριστούμε τα απόβλητά τους με ασφάλεια. Η διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων περιλαμβάνει τη συλλογή, τη μεταφορά, την ανακύκλωση και τη διάθεση αυτών των αποβλήτων με τρόπο που να μην βλάπτουν το περιβάλλον ή την υγεία των ανθρώπων. (Frazzoli et al. 2022). Η ανακύκλωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς η διαδικασία αυτή μπορεί να μειώσει την ανάγκη για εξόρυξη φυσικών πόρων και να μειώσει τις εκπομπές αερίων που προκύπτουν από την κατασκευή νέων συσκευών οι οποίες ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η υπερθέρμανση του πλανήτη οδηγεί σε μεγάλες μεταβολές της κλιματικής αλλαγής με αποτέλεσμα να έχουμε σοβαρές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον στο οικοσύστημα και στις ανθρώπινες κοινωνίες. (Qin et al., 2020). Η μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα παγκοσμίως θα μπορούσε να αποφέρει σημαντικά οφέλη τόσο για τις ανεπτυγμένες όσο και για τις αναπτυσσόμενες χώρες και να συμβάλλει ουσιαστικά στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θα βοηθήσει στην προστασία και την αειφορία του περιβάλλοντος και

συνεπώς στη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Μία οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα θα μπορούσε να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας στον τομέα της ανανεώσιμης ενέργειας και των περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών με αποτέλεσμα την ενίσχυση της οικονομίας. (Qin et al. 2020) Για να επιτευχθεί αυτό οφείλουν οι κοινωνίες συλλογικά, τόσο στις αναπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες να ενδιαφερθούν περισσότερο για την εξεύρεση λύσεων που σχετίζονται με την διαχείριση των αποβλήτων τους τα οποία προκύπτουν από την τεχνολογία η οποία ‘τρέχει’ με γρήγορους ρυθμούς. (Yu et al. 2021)

Για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων, υπάρχουν διάφοροι τρόποι προσεγγίσεων και πρακτικών. Μια από τις βασικές αρχές της αειφόρου διαχείρισης είναι η αρχή των 3R: Μείωση (Reduce), Επαναχρησιμοποίηση (Reuse) και Ανακύκλωση (Recycle). Η μείωση του όγκου των ηλεκτρονικών αποβλήτων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της αναβάθμισης των συστημάτων και της επιδιόρθωσης των βλαβών, αντί της συχνής αγοράς νέων συσκευών. (Abdul-Rahman & Wright, 2014). Η επαναχρησιμοποίηση τους μπορεί να συμβάλλει στη μείωση του όγκου των ηλεκτρονικών αποβλήτων που περιέχουν επικίνδυνα χημικά, όπως μόλυβδος, κάδμιο και υδράργυρος, τα οποία μπορούν να είναι επιβλαβή για την υγεία και το περιβάλλον αν δεν τύχουν σωστής διαχείρισης. (Qin et al. 2020) Η διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων πρέπει να γίνεται με βάση τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης και της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Κατά συνέπεια, η ανακύκλωση των υλικών και η επαναχρησιμοποίηση των συστατικών των ηλεκτρονικών αποβλήτων αποτελούν το κύριο μέλημα της διαχείρισής τους. Η αύξηση του όγκου των ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι αποτέλεσμα της γρήγορης τεχνολογικής ανάπτυξης και της αλλαγής των προτιμήσεων του καταναλωτή, καθώς ο χρόνος χρήσης των

ηλεκτρονικών συσκευών έχει μειωθεί σημαντικά και οι καταναλωτές συχνά αντικαθιστούν τις συσκευές τους με νέες πιο σύγχρονες. Η επισκευή και η αναβάθμιση των ηλεκτρονικών συσκευών μπορούν να παρατείνουν τον χρόνο χρήσης τους και να μειώσουν την ανάγκη για αγορά νέων συσκευών. Τέλος, οι καταναλωτές οφείλουν να ενημερώνονται για τη σωστή διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων και να συνεισφέρουν στη διαδικασία ανακύκλωσης. (Patil & Ramakrishna, 2020)

Υπάρχουν διαφορές στην μοντελοποίηση του συστήματος διαχείρισης και ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ μεταξύ των αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών. Η αποτέφρωση και η υγειονομική ταφή είναι δύο μέθοδοι διάθεσης των ΑΗΗΕ λιγότερο επιθυμητές και τις συναντάμε περισσότερο στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στις αναπτυγμένες χώρες η πρόληψη αποτελεί την κυριότερη στρατηγική διαχείρισης και ακολουθεί η προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση. (Marshall & Farahbakhsh, 2013).

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα, λόγω της οδηγίας που σχετίζεται με τα ΑΗΗΕ (οδηγία 2012/19/ΕΕ) και αφορά τα κράτη-μέλη, θέτει την διαχείρισή τους σε ύψιστη προτεραιότητα, προβάλλοντας υψηλούς στόχους συλλογής και ανακύκλωσης. Τα ποσοστά παραγωγής ΑΗΗΕ αυξάνονται στην Αφρική, ενώ τα ποσοστά συλλογής και ανακύκλωσης παραμένουν χαμηλά. Η νομοθετική κάλυψη σχετικά με τα ΑΗΗΕ επεκτείνεται στην Ασία (κυρίως στην Κίνα και την Ινδία) αλλά και στη Λατινική Αμερική. (Sadowski, 2023; Hettiarachchi et al., 2018; Awashti & Li, 2017) Η παρούσα μελέτη επισημαίνει τις αναδυόμενες ανησυχίες σε παγκόσμια κλίματα όπως είναι: η συσσώρευση αποθεμάτων συσκευών ΑΗΗΕ, τα πρότυπα επαναχρησιμοποίησης, η απαξίωση των συσκευών, το Διαδίκτυο των πραγμάτων, οι δυνατότητες συλλογής διαστημικών ηλεκτρονικών



απορριμμάτων και οι αναδυόμενες τάσεις στα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά καταναλωτικά αγαθά. (Shittu et al., 2021)



Download from  
**Dreamstime.com**  
This watermarked comp image is for previewing purposes only.



ID 109977003  
Erness | Dreamstime.com

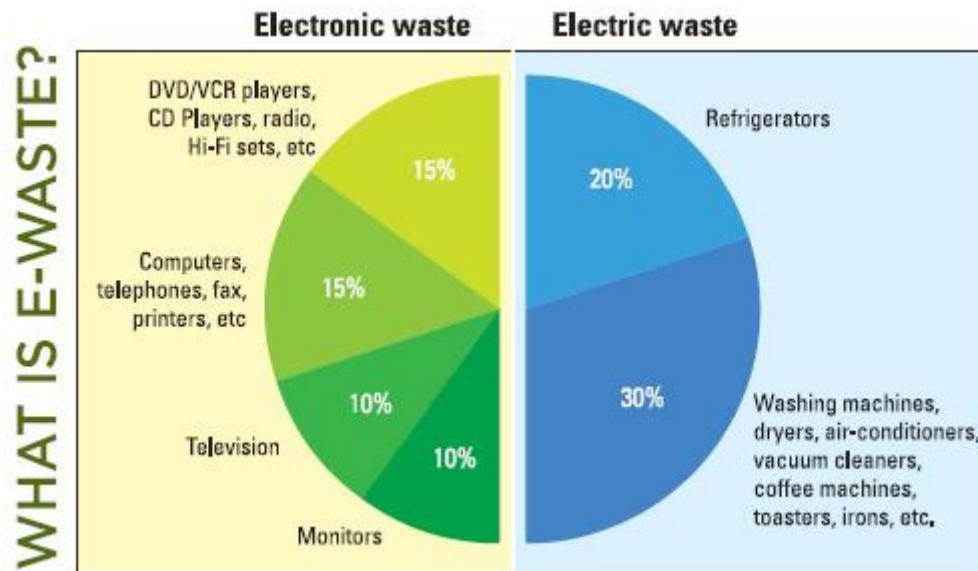
## ***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΗΗΕ: Ποια είναι από τι αποτελούνται και ποιες χώρες παράγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες.***

### *2.1 Ποια είναι και τι περιλαμβάνουν.*

Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) ή WEEE (διεθνή βιβλιογραφία) ή e-waste (εν συντομία) είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για το σύνολο του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΗΗΕ) που έχει φτάσει στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του και απορρίπτεται ή καθίσταται παρωχημένος. (Amasuomo & Baird 2016). Σε αυτά περιλαμβάνονται οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, οι μονάδες κλιματισμού, οι τηλεοράσεις, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και όλα τα είδη ηλεκτρονικών συσκευών, όπως για παράδειγμα τα smartphones, οι ταμπλέτες, οι εκτυπωτές, οι κάρτες μνήμης και οι κονσόλες παιχνιδιών. Όλα τα ηλεκτρονικά σκουπίδια περιέχουν και παράγουν τοξικά απόβλητα, καθώς περιέχουν βαρέα μέταλλα όπως χρώμιο, κάδμιο, μόλυβδο, υδράργυρο ή χαλκό, τοξικές ουσίες που προέρχονται από την αποτέφρωση και πρέπει να αντιμετωπίζονται ως επικίνδυνα απόβλητα. (Qin et al., 2020)

Τα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) καταλήγουν στις χωματερές ή σε εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων. Η παραγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι ένα από τα σημαντικότερα και επίκαιρα πλέον ζητήματα σε ολόκληρο τον πλανήτη, αποτέλεσμα του οποίου είναι οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία λόγω της παρουσίας τοξικών μετάλλων και χημικών ουσιών. (Frazzoli et al., 2022; Adam et al., 2021) Τα συστατικά των ηλεκτρονικών αποβλήτων παρουσιάζουν μια ανησυχητική κατάσταση λόγω της τοξικότητας και της ποσότητάς τους. Η χρήση του ηλεκτρονικού εξοπλισμού έχει αυξηθεί δραστικά τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Ωστόσο, οι γρήγορες τεχνολογικές αλλαγές και η ραγδαία ανάπτυξη στις τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών μαζί με την τάση μείωσης των τιμών, έχουν προκαλέσει μείωση της

διάρκειας ζωής των ηλεκτρονικών προϊόντων. Κατά συνέπεια, η πλειονότητα των μεταχειρισμένων ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει ήδη φτάσει στο τέλος της ποιοτικής/χρηστικής τους 'ζωής' ή σύντομα θα φτάσει. (Hashmi & Varma, 2019)



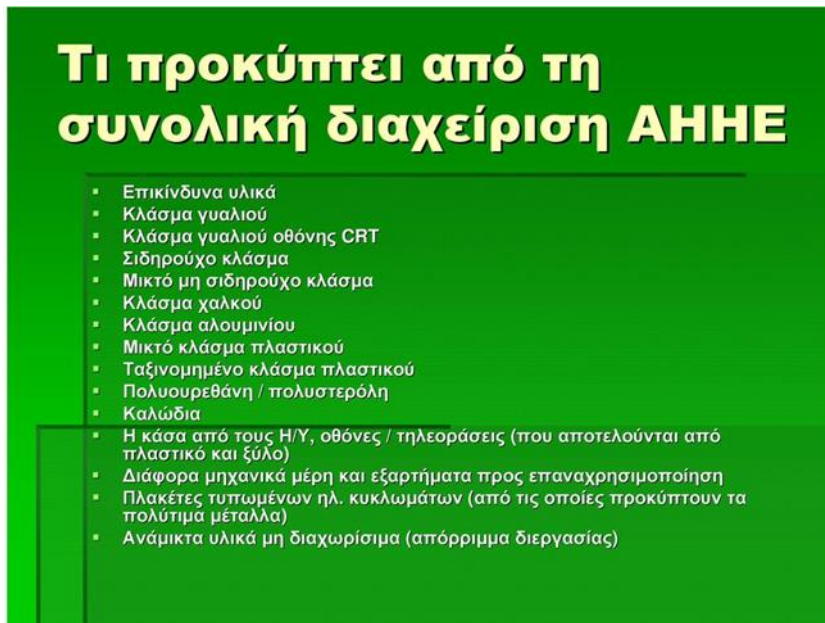
Εικόνα 1 Στατιστικά ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών αποβλήτων (e-waste)

<https://ewasteblog.wordpress.com/2011/11/17/e-waste-statistics/>

2.2 Τα υλικά που προκύπτουν από την διαχείριση των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών αποβλήτων (ΑΗΗΕ) και οι διαδρομές απόρριψής τους.

Ο τρόπος διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων αποτελεί πλέον ένα κρίσιμο θέμα και ένα πολυσυζητημένο ζήτημα στον 21ο αιώνα. Για την επίτευξη μιας βιώσιμης οικονομίας, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη καινοτόμων πράσινων χημικών μεθόδων προς την κατεύθυνση της ανάκτησης των χρησιμοποιημένων προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους και της επαναχρησιμοποίησης των ανακτημένων υλικών. Τα ηλεκτρονικά

απόβλητα γενικά αποτελούνται κατά 30% από πλαστικά, 30% από πυρίμαχα υλικά και 40% από μέταλλα. (Ojha, 2020).



Εικόνα 2Υλικά από τα ΑΗΗΕ

Από την διαχείριση των ΑΗΗΕ των ΤΠΕ προκύπτουν προϊόντα όπως οθόνες επίπεδες, πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων, αλλά και πολύτιμα μέταλλα, πλαστικά από εκτυπωτές, ηλεκτρολογία, οθόνες, πυκνωτές και ηλεκτρικοί μετασχηματιστές, μελάνια εκτύπωσης, πολυχλωριωμένα πλαστικά περιβλήματα καλωδίων, πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων βρωμιούχα επιβραδυντικά φλόγας, μόνωση/επίστρωση καλωδίων (PVC) και μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε υπολογιστές. (Kiddee et al., 2013) Οι βασικές δραστηριότητες που αφορούν στην ανακύκλωση ηλεκτρονικών αποβλήτων σχετίζονται με την απόρριψη τεραστίων ποσοτήτων έμμονων οργανικών ρύπων (POPs) και βαρέων μετάλλων στο έδαφος, τα οποία αποτελούν σημαντική απειλή για τα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία. Τα μικρόβια που είναι ικανά να μεταβολίζουν τους POPs στα εδάφη διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στην αποκατάσταση των POPs. (Liu et al., 2015).

### *2.3 Ποιες χώρες παράγουν τα περισσότερα απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).*

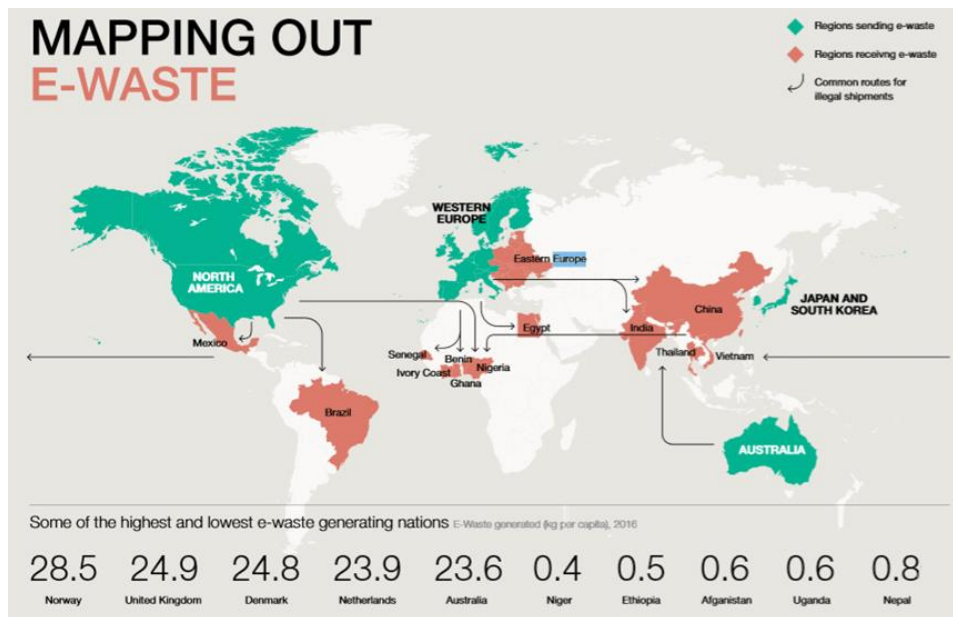
Μελέτη που διεξήχθη από το Πανεπιστήμιο των Ηνωμένων Εθνών (UNU) το 2017 και υποστηρίχθηκε από στοιχεία που παρείχε η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών, προέβλεψε ότι κατά τη διάρκεια του 2018 θα παραχθούν περίπου 50 εκατομμύρια τόνοι ηλεκτρονικών αποβλήτων. (Wang κ.ά., 2013). Παρόλο που δεν υπάρχουν ακόμη επίσημα παγκόσμια στοιχεία που να επιβεβαιώνουν αυτή την πρόβλεψη, μια έκθεση του Παγκόσμιου Οικονομικού Φόρουμ από τον Ιανουάριο του 2019 προβλέπει ένα σύνολο 48,5 εκατομμυρίων τόνων ηλεκτρονικών αποβλήτων που παρήχθησαν το 2018. Μόνο στην Ισπανία για παράδειγμα, διαχειρίστηκαν 113.131 τόνοι ηλεκτρονικών αποβλήτων κατά τη διάρκεια του 2018, δηλαδή 10 % περισσότεροι από το προηγούμενο έτος, σύμφωνα με τα στοιχεία που παρέχει το Ίδρυμα Ecolec1, ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που επικεντρώνει τη δραστηριότητά του στην ανακύκλωση συσκευών ΗΗΕ. Η έκθεση της UNU (Πανεπιστήμιο των Ηνωμένων Εθνών) κάνει αναφορά στα ηλεκτρονικά απόβλητα που παρήχθησαν κατά τη διάρκεια του 2016 τα οποία ισοδυναμούσαν με σχεδόν δέκα πυραμίδες της Γκίζας ή 5.000 πύργους του Άιφελ. Οι Ηνωμένες Πολιτείες ακολουθούμενες από την Κίνα, την Ιαπωνία, τη Γερμανία και την Ινδία, παράγουν τα περισσότερα ηλεκτρονικά απόβλητα. Η Αμερική και η Κίνα παράγουν μαζί το ένα τρίτο όλων των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Παρ' όλα αυτά, το πρόβλημα δεν είναι μόνο η παραγωγή αυτών των απορριμμάτων, αλλά και η χρήση και η επεξεργασία τους. Μόνο το 35% των αποβλήτων αυτών ανακυκλώνεται, ενώ το υπόλοιπο 65% εξάγεται, ανακυκλώνεται παράνομα ή απλώς απορρίπτεται σε κοινές χωματερές. Τα ηλεκτρονικά απόβλητα αποτελούν ήδη τα ταχύτερα αυξανόμενα απόβλητα (αύξηση 20% κάθε χρόνο) και τα λιγότερο ελεγχόμενα. (Pont κ.ά., 2019)





Εικόνα 3 Στατιστικά στοιχεία για την ποσότητα των ηλεκτρονικών αποβλήτων που υποβάλλονται σε επίσημη και ανεπίσημη επεξεργασία σε όλο τον κόσμο. Πηγή: (Forti κ.ά., 2020)

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της παραπάνω εικόνας βλέπουμε ότι μόνο το 17,4% (9,3 Mt) των ηλεκτρονικών αποβλήτων συλλέχθηκε και καταγράφηκε, ενώ το 82,6% (44,3 Mt) ήταν κερδοσκοπικό και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία ποικίλλουν σε όλο τον κόσμο. Τα ηλεκτρονικά απόβλητα είναι ένας ανεπεξέργαστος ‘θησαυρός’ τα οποία μπορεί να περιέχουν ποικιλία φυσικών και επεξεργασμένων πόρων, όπως πολύτιμα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου, βασικά μέταλλα, πλαστικά και άλλα μη μεταλλικά στοιχεία. Η αξία αυτών των μετάλλων εκτιμάται σε περίπου 65 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ, που είναι λίγο πολύ το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) της πλειονότητας των χωρών. Αυτά τα πολύτιμα αγαθά είτε απορρίφθηκαν ανοιχτά είτε αποτεφρώθηκαν αντί να υποστούν επεξεργασία σε επίσημες εγκαταστάσεις με σκοπό την παράταση της ζωής των πόρων με την ανάκτησή τους ως δευτερογενείς πρώτες ύλες. (Murthy & Ramakrishna, 2022)



Εικόνα 4 Χαρτογράφηση ηλεκτρονικών αποβλήτων Πηγή : (Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης -Πανεπιστήμιο Ουτρέχτης.)

Σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη, το 2021 κάθε άτομο στον πλανήτη θα παρήγε κατά μέσο όρο 7,6 κιλά ηλεκτρονικών αποβλήτων, που σημαίνει ότι θα δημιουργηθούν 57,4 εκατομμύρια τόνοι παγκοσμίως. (Azizi κ.ά., 2023). Μόνο το 17,4% αυτών των ηλεκτρονικών απορριμμάτων, που περιέχουν ένα μείγμα επιβλαβών ουσιών και πολύτιμων υλικών, καταγράφεται ότι συλλέγονται, επεξεργάζονται και ανακυκλώνονται σωστά. Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) επισημαίνει επίσης ότι τα ηλεκτρονικά απόβλητα είναι μία από τις μεγαλύτερες και πιο σύνθετες ροές αποβλήτων στον κόσμο. Σύμφωνα με το Global E-waste Monitor 2020, παγκόσμια παρήχθησαν 53,6 Mt ηλεκτρονικών αποβλήτων το 2019 και μόνο το 9,3 Mt (17%) από αυτά καταγράφηκε ως συλλογή και ανακύκλωση. (Houessionon κ.ά., 2021, Murthy & Ramakrishna, 2022)

<https://www.uu.nl/onderzoek/sustainable-development-goals>



Εικόνα 5 Απόβλητα ηλεκτρονικών συσκευών 43,9 κιλών το χρόνο.

Clearitwaste.co.uk 2020

<https://www.clearitwaste.co.uk/>

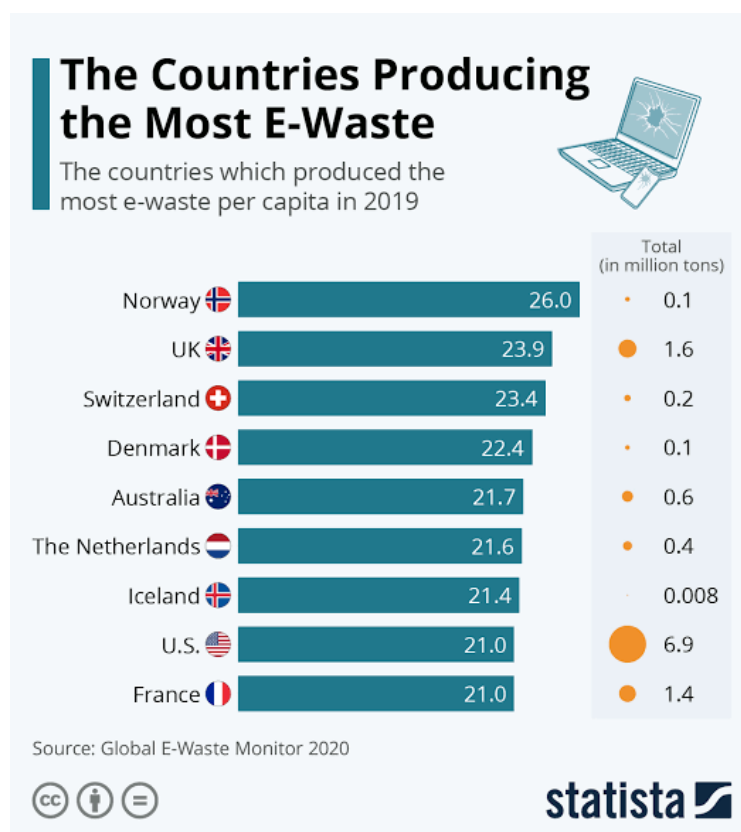
[https://www.businessdaily.gr/oikonomia/32015\\_petame-sta-skoypidia-ilektronikes-syskeyes-439-kilon-hrono](https://www.businessdaily.gr/oikonomia/32015_petame-sta-skoypidia-ilektronikes-syskeyes-439-kilon-hrono)

Μία σημαντική έρευνα πραγματοποιήθηκε από την κορυφαία βρετανική εταιρεία αποκομιδής απορριμμάτων και ανακύκλωσης (Clearitwaste.co.uk, 2020) η οποία αξιοποίησε τα δεδομένα για τα ηλεκτρονικά απορρίμματα του ΟΗΕ. Στην πρώτη θέση βρίσκεται η Νορβηγία με 57 κιλά ηλεκτρονικών σκουπιδιών σε ετήσια βάση, ενώ έπεται η

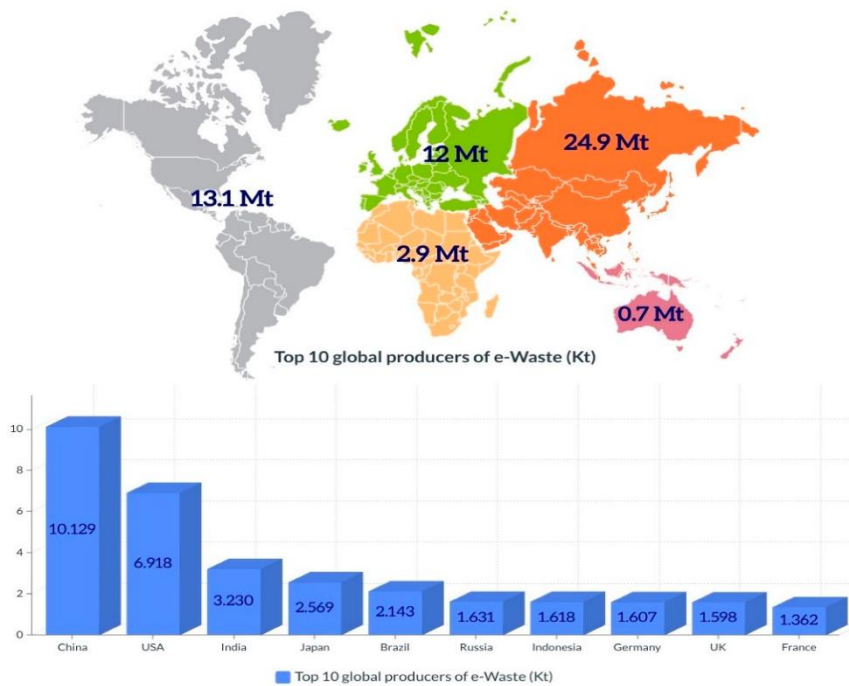


Μεγάλη Βρετανία με 55 κιλά ανά νοικοκυριό. (Lopes dos Santos & Jacobi, 2022). Για παράδειγμα, στην τελευταία θέση βρίσκεται η Μολδαβία με μόλις 11,6 κιλά ηλεκτρονικών απορριμμάτων ανά νοικοκυριό, ενώ η Ουκρανία και η Αρμενία παράγει 19,3 κιλά και 20,3 ανά νοικοκυριό αντίστοιχα. Παρόλο που η Ελλάδα βρίσκεται στην 10<sup>η</sup> θέση της κατάταξης ανάμεσα σε 39 χώρες με παραγωγή 43,9 kg ανά νοικοκυριό ξεπερνώντας χώρες, όπως την Αυστρία (43,2 κιλά/νοικοκυριό), την Πορτογαλία (43,2 κιλά), την Ιταλία (42 κιλά), τη Φινλανδία (41,6 κιλά) και την Γερμανία (40,7 κιλά), όπου η κατανάλωση ηλεκτρονικών συσκευών είναι αρκετά υψηλότερη, είναι προφανές ότι η χώρα μας υστερεί στον τομέα της ανακύκλωσης.

#### 2.4 Στατιστικά στοιχεία για χώρες που παρέχουν τα περισσότερα απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΗΗΕ).



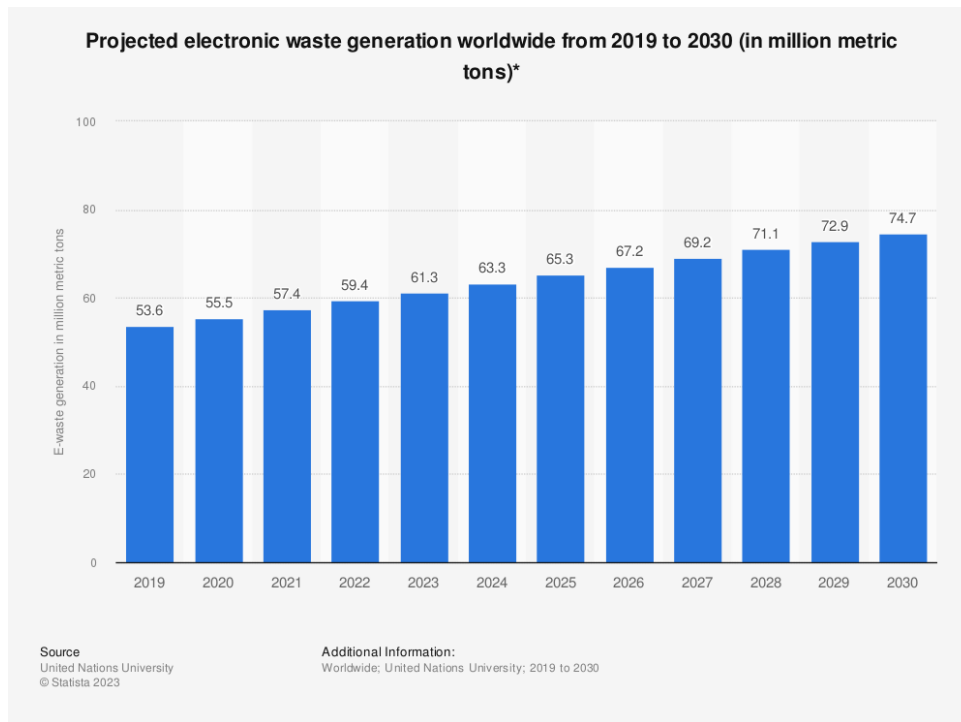
Εικόνα 6 Χώρες που παράγουν τα περισσότερα κατά κεφαλήν απόβλητα το 2019



Εικόνα 7 Στατιστικά στοιχεία για τους μεγαλύτερους παγκόσμιους παραγωγούς ηλεκτρονικών αποβλήτων. (Murthy & Ramakrishna, 2022)

Παρόλο που η Κίνα και οι ΗΠΑ παράγουν ετησίως τα περισσότερα ηλεκτρονικά απόβλητα σε απόλυτους αριθμούς, το ζήτημα διαφέρει την παραγωγή αποβλήτων που αφορά το κατά κεφαλήν επίπεδο. Σύμφωνα με στοιχεία από το Global E-Waste Monitor που παρατίθενται σε πρόσφατη έκθεση του ΟΟΣΑ, η Νορβηγία βρίσκεται στην κορυφή παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων όσον αφορά τον όγκο που παράγεται ανά κάτοικο. Το 2016, ο μέσος Νορβηγός παρήγε 28,5 κιλά ηλεκτρονικών αποβλήτων, το Ηνωμένο Βασίλειο δεν έμεινε πολύ πίσω με 24,9 κιλά, ενώ οι ΗΠΑ παρήγαγαν 19,4 κιλά. Όπως είναι αναμενόμενο, τα ποσοστά παραγωγής ανά άτομο είναι πολύ χαμηλότερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου τα επίπεδα διείσδυσης των ηλεκτρονικών συσκευών και των οικιακών συσκευών δεν είναι τόσο υψηλά. (Infographic, 2019)

Προβλεπόμενη παραγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων παγκοσμίως από το 2019 έως το 2030 (σε εκατομμύρια μετρικούς τόνους).



Εικόνα 8 Προβλεπόμενη αύξηση των ηλεκτρονικών αποβλήτων παγκοσμίως.

Ο όγκος των ηλεκτρονικών αποβλήτων που παρήχθησαν παγκοσμίως το 2019 ήταν περίπου 54 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι. Διάφοροι παράγοντες, όπως η αυξημένη ισχύς δαπανών και η διαθεσιμότητα ηλεκτρονικών ειδών έχουν τροφοδοτήσει τη δημιουργία ηλεκτρονικών αποβλήτων τις τελευταίες δεκαετίες, καθιστώντας την, την ταχύτερα αναπτυσσόμενη ροή αποβλήτων παγκοσμίως. Αυτή η τάση αναμένεται να συνεχιστεί, με τις προβλέψεις να δείχνουν ότι έως το 2030, η ετήσια παραγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων παγκοσμίως θα έχει αυξηθεί κατά περίπου 30%. (Houessionon κ.ά., 2021)

(Global e-waste generation outlook, 2030)

<https://www.statista.com/statistics/1067081/generation-electronic-waste-globally-forecast/>

# ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΕ

Σύνολο συλλεγόμενων αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στην ΕΕ

(%)



Πηγή: Eurostat (2020)



Εικόνα 9: Ποσοστό των ηλεκτρονικών αποβλήτων ανά είδος συσκευής στην ΕΕ

Πηγή Eurostat (2020)

<https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20201208STO93325/e-waste-in-the-eu-facts-and-figures-infographic>



Εικόνα 10Η κατάσταση των παγκόσμιων ηλεκτρονικών αποβλήτων.

Πηγή : Infographic

<https://gerteam.com/e-waste-statistics-prove-your-company-can-make-a-difference-infographic/>

#### 2.4.1 Στατιστικά στοιχεία για τα ηλεκτρονικά απόβλητα που παράγουμε παγκοσμίως.

- Στο 21% ανήλθε η αύξηση του όγκου των ηλεκτρονικών αποβλήτων μεταξύ 2014 και 2019, σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη.
- Η πιθανή αύξηση των παγκόσμιων ηλεκτρονικών αποβλήτων έως το 2030, εκτιμάται στο 39% όταν οι όγκοι προβλέπεται να φτάσουν τους 74,3 εκατομμύρια μετρικούς τόνους (Mt). (Azizi κ.ά., 2023)
- Η ποσότητα ηλεκτρονικών αποβλήτων που απορρίφθηκε το 2019 εκτιμήθηκε στο 53,6 Mt. (Withanage & Habib, 2021)
- Ο ετήσιος όγκος ηλεκτρονικών ειδών που αποχωρίζονται οι Αμερικανοί κάθε χρόνο συνολικά και ανά άτομο, εκτιμάται στο 6,92 Mt ή 46 λίβρες.
- Στο 40% εκτιμάται το μερίδιο των βαρέων μετάλλων στις χωματερές των ΗΠΑ που προέρχονται από πεταμένα ηλεκτρονικά είδη, σύμφωνα με το EPEAT (Electronic Product Environmental Assessment Tool), ένα παγκόσμιο σύστημα πράσινης αξιολόγησης.
- Στους 2 Mt εκτιμάται ο όγκος των μπαταριών ιόντων λιθίου που θα φθάσουν στο τέλος του κύκλου ζωής τους μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες το 2040.
- 416.000 είναι ο αριθμός των κινητών τηλεφώνων που απορρίπτονται οι Αμερικανοί κάθε μέρα.
- Ο αριθμός των κρουαζιερόπλοιων στο μέγεθος του Queen Mary 2 που χρειάζονται για να ταιριάξουν με το βάρος των σημερινών ετήσιων ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι 350. (Forti κ.ά., 2020)

#### 2.4.2 Τι ποσοστό ανακυκλώνεται παγκοσμίως.

- ❖ 17,4% είναι το μερίδιο των παγκόσμιων ηλεκτρονικών αποβλήτων που ανακυκλώθηκαν το 2019.
- ❖ 9,4% είναι το μερίδιο των ηλεκτρονικών αποβλήτων που ανακυκλώνει η Αμερική, πολύ πέρα από την Ευρώπη στο 42,5%. (Forti κ.ά., 2020)

#### 2.4.3 Ποια είναι η χρηματική αξία των ηλεκτρονικών αποβλήτων.

- ✓ 7,49 δισεκατομμύρια δολάρια εκτιμάται η αξία των πρώτων υλών που περιέχονται στα ηλεκτρονικά απόβλητα που παράγονται στις Ηνωμένες Πολιτείες το 2019.
- ✓ 57 δισεκατομμύρια δολάρια είναι η συντηρητική αξία των ανακτήσιμων υλικών όπως ο χρυσός, το ασήμι, ο χαλκός, η πλατίνα και άλλα ανακτήσιμα υλικά υψηλής αξίας που απορρίφθηκαν ή κάηκαν σε όλο τον κόσμο αντί να συλλέγονται για επεξεργασία ή επαναχρησιμοποίηση. Είναι ένα ποσό μεγαλύτερο από το ΑΕΠ των περισσότερων χωρών.
- ✓ 40-800 φορές περισσότερος χρυσός εμπεριέχεται σε ένα τόνο πλακών κυκλωμάτων σε σύγκριση με έναν μετρικό τόνο μεταλλεύματος.
- ✓ Σε 1 εκατομμύριο ανέρχεται ο αριθμός των ανακυκλωμένων φορητών υπολογιστών που χρειάζονται για να εξοικονομηθεί το ισοδύναμο ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται από 3.657 σπίτια στις ΗΠΑ σε ένα χρόνο.
- ✓ Σε 35.274 ανέρχεται ο αριθμός των λιβρών χαλκού που μπορούν να ανακτηθούν από κάθε εκατομμύριο κινητών τηλεφώνων, ενώ παράλληλα, μπορούν να ανακτηθούν 772 λίβρες ασήμι, 75 λίβρες χρυσού και 33 λίβρες παλλαδίου.  
(1 Λίβρα αντιστοιχεί σε 0,4535κιλά)

- ✓ Σε 12 δισεκατομμύρια δολάρια ανέρχονται τα οικονομικά και φυσικά οφέλη κεφαλαίου που θα μπορούσε να πραγματοποιήσει ο τομέας των ηλεκτρονικών αν τα ποσοστά ανακύκλωσης για χρυσό, ασήμι και πλατίνα αυξηθούν στο 100%.

(Forti κ.ά., 2020)

<https://gerteam.com/e-waste-statistics-prove-your-company-can-make-a-difference-infographic/>

### ***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Πως διαχειρίζονται οι ανεπτυγμένες χώρες τα ΑΗΗΕ. Αναφορές σε πρακτικές και μηχανισμούς. Τρόποι εναλλακτικής διαχείρισης.***

#### *3.1 Διαχείριση Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού στις αναπτυγμένες χώρες.*

Η διαχείριση των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού εξοπλισμού (WEEE - Waste Electrical and Electronic Equipment) στις αναπτυγμένες χώρες είναι ένας σημαντικός τομέας που αναζητεί τη βέλτιστη διαχείριση και ανακύκλωση αυτών των αποβλήτων. Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν υιοθετήσει διάφορες πρακτικές και πολιτικές για να αντιμετωπίσουν αυτήν την πρόκληση. Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν θεσπίσει αυστηρούς κανονισμούς και νομοθεσία για τη διαχείριση των ΑΗΗΕ. Αυτοί οι κανονισμοί καθορίζουν τις υποχρεώσεις των παραγωγών, διανομέων και καταναλωτών σχετικά με τη συλλογή, την ανακύκλωση και την ασφαλή διάθεση των ΑΗΗΕ. Η διαχείριση των αποβλήτων στις αναπτυγμένες χώρες περιλαμβάνει στάδια και μηχανισμούς για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας όπως θα αναφερθούν παρακάτω. (Shittu et al., 2021)

**Συλλογή και ανακύκλωση:** Στις αναπτυγμένες χώρες έχουν δημιουργηθεί συστήματα συλλογής και ανακύκλωσης WEEE. Αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν ειδικούς κάδους



ανακύκλωσης WEEE, σημεία συλλογής και εγκαταστάσεις ανακύκλωσής. Επιπλέον, οι παραγωγοί και οι διανομείς συχνά υποχρεούνται να συμμετέχουν σε αυτά τα συστήματα και να παρέχουν εγγυήσεις για τη συλλογή και την ανακύκλωση των WEEE. (Khan et al., 2022)

**Ανακύκλωση και επεξεργασία:** Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν αναπτύξει εξειδικευμένες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης και επεξεργασίας για τα WEEE. Αυτές οι εγκαταστάσεις αποσυναρμολογούν τις συσκευές, ανακτούν πολύτιμους πόρους και επεξεργάζονται τα επικίνδυνα υλικά με ασφάλεια. (Zlamparet et al., 2017)

**Εναισθητοποίηση και εκπαίδευση:** Οι αναπτυγμένες χώρες προωθούν εκστρατείες εναισθητοποίησης και εκπαιδευτικά προγράμματα για την αποτελεσματική διαχείριση των WEEE. Αυτές οι εκστρατείες ενημερώνουν το κοινό σχετικά με την ανάγκη για ανακύκλωση και την ασφαλή διάθεση των ηλεκτρονικών αποβλήτων, ενώ παράλληλα προωθούν τη σωστή συμπεριφορά των καταναλωτών. (Nowakowski, 2019).

**Ανακύκλωση και προσβασιμότητα σε πόρους:** Σε ορισμένες αναπτυγμένες χώρες, υπάρχουν προγράμματα που προωθούν την ανακύκλωση και την προσβασιμότητα σε πόρους για την ανακύκλωση των WEEE. Αυτά τα προγράμματα περιλαμβάνουν επιδοτήσεις ή ειδικά προγράμματα χρηματοδότησης για την ενθάρρυνση της ανακύκλωσης των WEEE και τη διευκόλυνση της πρόσβασης σε υπηρεσίες ανακύκλωσης. (Chagnes et al., 2016)

Οι παραπάνω μηχανισμοί συμβάλλουν στην αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων ηλεκτρονικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού στις αναπτυγμένες χώρες, με

στόχο τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και την προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης των πόρων.

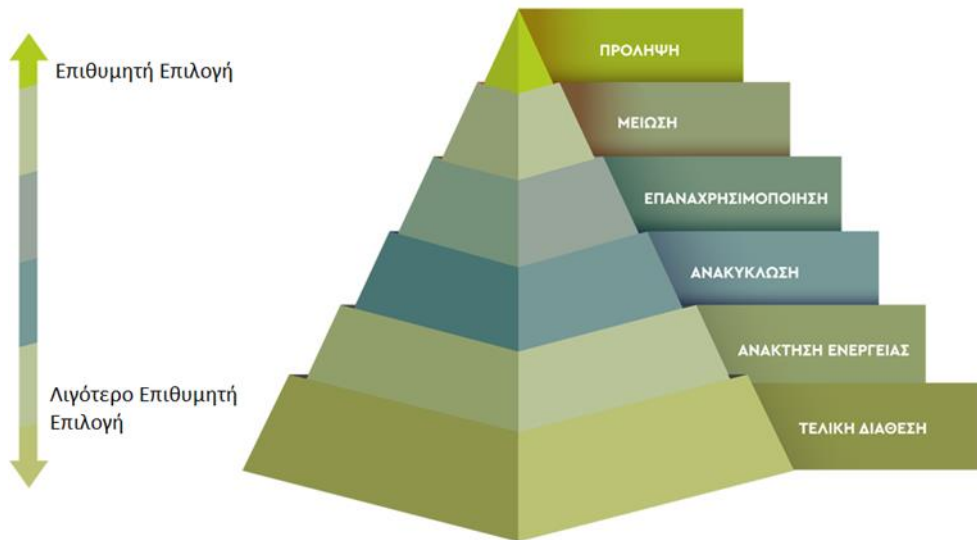
### *3.1.1 Ιεράρχηση επιλογών για την διαχείριση των αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΗΗΕ).*

Οι ηλεκτρονικές συσκευές αποτελούν μία από τις γρηγορότερα αναπτυσσόμενες κατηγορίες αποβλήτων σε παγκόσμιο επίπεδο και περιέχουν επικίνδυνες ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν περιβαλλοντικά και υγειονομικά προβλήματα εάν δεν διαχειριστούν σωστά. (Withanage & Habib, 2021). Η διαχείριση των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών (ΑΗΗΕ) στις αναπτυγμένες χώρες ποικίλει ανάλογα με την χώρα και το σύστημα διαχείρισης που έχει θεσπιστεί. Ωστόσο, υπάρχουν μερικές κοινές πρακτικές που εφαρμόζονται για την αποτελεσματική διαχείριση των ΑΗΗΕ. Τέτοιες πρακτικές είναι:

**Νομοθεσία και ρύθμιση:** Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν συνήθως ειδική νομοθεσία και ρυθμίσεις που διέπουν τη διαχείριση των ΑΗΗΕ. Αυτές οι νομικές πράξεις ορίζουν τους υπεύθυνους φορείς, τις υποχρεώσεις των παραγωγών και των καταναλωτών καθώς και τις διαδικασίες για τη συλλογή, την ανακύκλωση και την απόρριψη των ΑΗΗΕ. Αυτή η νομοθεσία ορίζει τις υποχρεώσεις των παραγωγών, διανομέων και καταναλωτών ΑΗΗΕ και περιλαμβάνει οδηγίες για τη συλλογή, ανακύκλωση και απόρριψη των αποβλήτων.

**Συστήματα συλλογής:** Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν θεσπίσει συστήματα συλλογής ΑΗΗΕ για να διευκολύνουν την αποτελεσματική και ασφαλή διάθεσή τους.

### ΙΕΡΑΡΧΗΣΗ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Εικόνα 11 Ιεράρχηση επιλογών για την διαχείριση των αποβλήτων

Πηγή : <https://sdconsultants.gr>

Η ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων αποτελεί μία διαδικασία επιλογών που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη στρατηγικών και τη λήψη αποφάσεων στη διαχείριση αποβλήτων. (Ismail & Hanafiah, 2019)

Διάφορες χώρες έχουν εγκαταστήσει συστήματα ανακύκλωσης για τα ΑΗΗΕ. Οι πολίτες μπορούν να παραδίδουν τα παλιά ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά αντικείμενα ή αυτά που έχουν φτάσει στο τέλος του κύκλου της χρήσης τους σε συγκεκριμένα σημεία συλλογής ή σε εγκαταστάσεις ανακύκλωσης. Η διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων περιλαμβάνει τη συλλογή, τη μεταφορά, την επεξεργασία και τη διάθεση τους με ασφάλεια, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας. Τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) αποτελούν παγκοσμίως σημαντικό ρεύμα αποβλήτων λόγω της σπανιότητας και της αξίας των υλικών που

περιέχουν και η ετήσια παραγωγή τους αυξάνεται κατά 3-5%. Η αποτελεσματική διαχείριση των ΑΗΗΕ θα συμβάλει αποφασιστικά στην πρόοδο προς :

- την επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών,
- την κυκλική οικονομία και
- την αποδοτικότητα των πόρων.

Η συλλογή των ηλεκτρονικών αποβλήτων μπορεί να γίνει μέσω διαφόρων μηχανισμών, όπως η αποκομιδή από τον τόπο κατανάλωσης, η επιστροφή στο κατάστημα πώλησης ή η παράδοση σε εγκαταστάσεις συλλογής. Στη συνέχεια, τα ηλεκτρονικά απόβλητα μεταφέρονται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας, όπου απομακρύνονται οι επικίνδυνες ουσίες και πραγματοποιείται η ανακύκλωση των υλικών που μπορούν να ανακυκλωθούν. Η επεξεργασία των ηλεκτρονικών αποβλήτων μπορεί να περιλαμβάνει διάφορες τεχνολογίες, όπως η μηχανική κατανάλωση, η πυρόλυση, η χημική επεξεργασία και η ανακύκλωση. Η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας εξαρτάται από τη φύση των υλικών που περιέχονται στα ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Επίσης, η δημοτική συλλογή από τους κάδους ανακύκλωσης, η συλλογή από ειδικούς κάδους Η.Α σε συγκεκριμένες περιοχές ή η επιστροφή των παλαιών συσκευών στα καταστήματα από τους καταναλωτές είναι τρόποι που βοηθούν στην συλλογή τους. Μετά τη συλλογή, τα Η.Α μεταφέρονται σε ειδικά εργοστάσια για την επεξεργασία τους. Έχουμε τον διαχωρισμό των διαφόρων υλικών που περιέχονται στα απόβλητα, όπως μέταλλα, πλαστικά και γυαλί, και την επεξεργασία τους ξεχωριστά. Τα υλικά αυτά μπορούν να ανακυκλωθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν σε νέα προϊόντα. (Akberdina κ.ά., 2023)

### *3.1.2 Στρατηγικές διαχείρισης Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).*

Η διαχείριση των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, γνωστή και ως απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών εξοπλισμών (ΑΗΗΕ), αποτελεί σημαντική πρόκληση για τις κυβερνήσεις και τους οργανισμούς παγκοσμίως. Οι διαδικασίες της διαχείρισης των ΑΗΗΕ περιλαμβάνουν μια ευρεία γκάμα συσκευών, όπως υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, τηλεοράσεις, ηλεκτρικά εργαλεία, ηλεκτρονικά παιχνίδια και περισσότερα. Οι στρατηγικές διαχείρισης αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού προσπαθούν να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα που προκύπτουν από την απόρριψή τους, όπως η ρύπανση του περιβάλλοντος και η απώλεια σημαντικών πρώτων υλών. (Xavier κ.ά., 2021). Για την αποτελεσματική διαχείρισή τους υπάρχουν διάφορες στρατηγικές που μπορούν να υιοθετηθούν.

Η ανακύκλωση αποτελεί μία από τις βασικότερες στρατηγικές διαχείρισης των ΑΗΗΕ. Μέσω της ανακύκλωσης, μπορούν να ανακτηθούν υλικά από τα παλιά και αχρησιμοποίητα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά προϊόντα και να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή νέων προϊόντων. Η ανακύκλωση μειώνει την ανάγκη για εξόρυξη φυσικών πόρων και μειώνει την ποσότητα των απορριμμάτων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής. (Withanage & Habib, 2021). Η αναβάθμιση και η επισκευή των e-waste μπορούν να αποτελέσει μια πιο βιώσιμη και οικονομική επιλογή από την απόρριψη και την αντικατάσταση των προϊόντων. Αντί της απόρριψης ενός προϊόντος όταν σταματήσει η λειτουργία του ή δεν ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις, μπορεί να εξετασθεί η δυνατότητα αναβάθμισης ή επισκευής του. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την

αντικατάσταση ελαττωματικών εξαρτημάτων, την αναβάθμιση του λογισμικού ή ακόμα και την επέκταση των δυνατοτήτων του προϊόντος. Αυτή η πρακτική μπορεί να εξοικονομήσει πόρους και ενέργεια που απαιτούνται για την παραγωγή νέων προϊόντων, καθώς και να μειώσει την ποσότητα των αποβλήτων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής ή υποβαθμισμένες συνθήκες αποτέφρωσης. Επιπλέον, η αναβάθμιση και η επισκευή μπορούν να επεκτείνουν την διάρκεια ζωής των προϊόντων, δίνοντάς τους μια δεύτερη ευκαιρία για χρήση. Άλλος τρόπος διαχείρισης είναι η δωρεά. Σε περιπτώσεις όπου ένα ηλεκτρονικό προϊόν είναι ακόμα λειτουργικό και σε καλή κατάσταση, μπορεί να δοθεί για δωρεά σε οργανισμούς, σχολεία, φιλανθρωπικές οργανώσεις ή άτομα που το χρειάζονται. Αυτό επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος και την παροχή βοήθειας σε άτομα ή κοινότητες που το έχουν ανάγκη. Σε περιπτώσεις όπου ένα ηλεκτρονικό προϊόν δεν μπορεί να ανακυκλωθεί ή να ανανεωθεί, πρέπει να διαθέτεται με ασφάλεια και σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς για τη διάθεση αποβλήτων. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την αποσυναρμολόγηση και την επεξεργασία σε ειδικές εγκαταστάσεις απόρριψης e-waste. Επίσης σημαντική είναι η εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τη σωστή διαχείριση των e-waste. Οι πολίτες πρέπει να ενημερώνονται για τη σημασία της ανακύκλωσης και της επιλογής πιο βιώσιμων επιλογών, καθώς και για τους κινδύνους που συνδέονται με την ακατάλληλη διάθεση των e-waste. Επίσης, οι κυβερνήσεις μπορούν και οφείλουν να θεσπίσουν αυστηρούς νόμους και κανονισμούς για τη διαχείριση των e-waste. Αυτό περιλαμβάνει την προώθηση της ανακύκλωσης, την περιορισμένη χρήση επικίνδυνων υλικών στην κατασκευή των συσκευών και την επιβολή κυρώσεων για την παράνομη απόρριψη των e-waste. Η προώθηση της κυκλικής οικονομίας μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των αποβλήτων και τη βελτίωση της διαχείρισης των υλικών. Μέσω της σχεδίασης προϊόντων με σκοπό την

εύκολη ανακύκλωση, την ανακύκλωση υλικών και την παραγωγή προϊόντων με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, μπορεί να επιτευχθεί πιο βιώσιμη διαχείριση των e-waste. (Pan κ.ά., 2022)

Αυτές είναι μερικές από τις στρατηγικές διαχείρισης των e-waste που μπορούν να συμβάλλουν στην μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και να προωθήσουν την αειφορία. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η σωστή διαχείριση των e-waste απαιτεί συνεργασία από τον καταναλωτή, τους παραγωγούς, τις κυβερνήσεις και τους φορείς ανακύκλωσης για να επιτευχθούν θετικά αποτελέσματα. Απαιτεί ολοκληρωμένη προσέγγιση που θα συνδυάζει τη νομοθεσία, την τεχνολογία, την ευαισθητοποίηση και τη συνεργασία μεταξύ των κυβερνήσεων, των επιχειρήσεων και των καταναλωτών.

### *3.1.3 Διάγραμμα ροής Επεξεργασίας των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού στις αναπτυσσόμενες χώρες.*

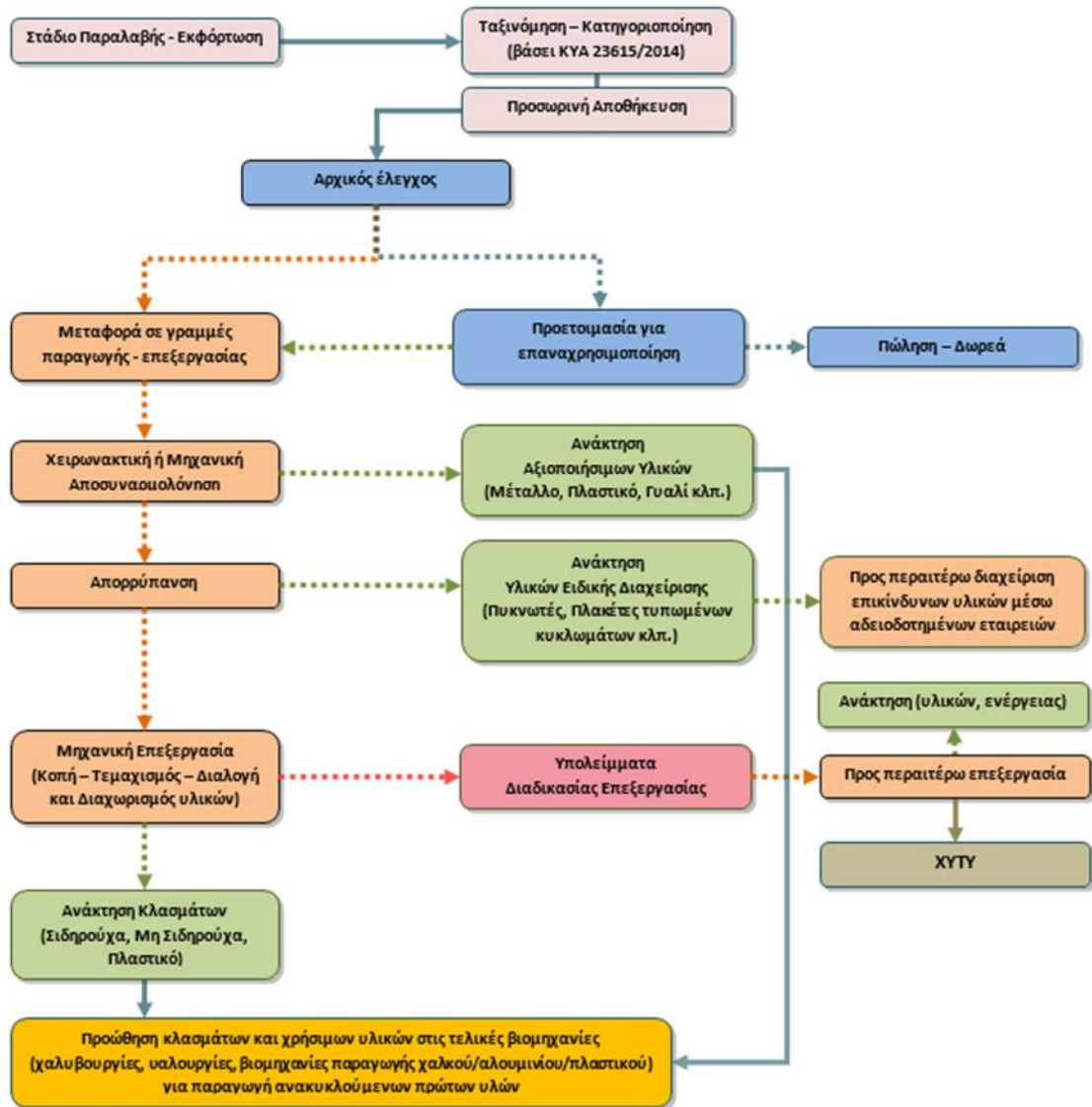
Οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν αναπτύξει διάφορους τρόπους διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων (e-waste) οι οποίες περιλαμβάνουν την ανακύκλωση, που είναι ένας σημαντικός τρόπος διαχείρισης των e-waste στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τον χωρισμό και την επεξεργασία των υλικών από τα ηλεκτρονικά αντικείμενα με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση ή την εξαγωγή των αξιοποιήσιμων υλικών. Η ανακύκλωση μειώνει την ανάγκη για παραγωγή νέων υλικών και μειώνει την περιβαλλοντική επίπτωση των e-waste. Αυτό περιλαμβάνει την αποσυναρμολόγηση των συσκευών, την εξαγωγή των υλικών όπως μέταλλα, πλαστικά και γυαλί για ανακύκλωση, καθώς και την ασφαλή διάθεση των επικίνδυνων υλικών. Η ανακύκλωση βοηθάει στη μείωση της ανάγκης για πρωτογενή εξόρυξη πρώτων υλών και μειώνει τις εκπομπές

αερίων του θερμοκηπίου που συνδέονται με την εξόρυξη και την παραγωγή νέων υλικών. Οι αναπτυγμένες χώρες προωθούν την επαναχρησιμοποίηση των ηλεκτρονικών αντικειμένων όταν είναι εφικτό. Πολλές φορές, τα παλιά ηλεκτρονικά αντικείμενα μπορούν να επισκευαστούν, ανακατασκευαστούν και να δοθούν σε φτωχότερες κοινότητες. Μόνο το 60% των ηλεκτρονικών αποβλήτων ανακυκλώνεται σύμφωνα με τα υπάρχοντα εθνικά συστήματα στην Ευρώπη και παρά την απαγόρευση των εξαγωγών, πιστεύεται ότι το υπόλοιπο 40% εξάγεται στην Ασία ή την Αφρική. Τα πρότυπα χρήσης των διαφόρων ηλεκτρονικών ειδών, η παραγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων και η διάθεσή τους, αποτελούν όλα μαζί ένα σύνθετο ζήτημα που εγείρει μεγάλη ανησυχία καθώς οι αγοραστές επιθυμούν να αποκομίσουν το μέγιστο κέρδος από τη ρύθμιση εκκαθάρισης, όπως η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση.

(Hashmi & Varma, 2019)



Διάγραμμα Επεξεργασίας ΑΗΗΕ σε αναπτυγμένες χώρες.



Εικόνα 12 Διάγραμμα ροής επεξεργασίας ΑΗΗΕ που εφαρμόζεται από την εταιρεία Ανακύκλωση Συσκευών ΑΕ η οποία συμμετέχει ως συντονιστής στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης ηλεκτρικών αποβλήτων Life ReWeee. Πηγή: Ανακύκλωση συσκευών Α.Ε

### *3.2. Η Ανακύκλωση ως τρόπος διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων στις αναπτυσσόμενες χώρες.*

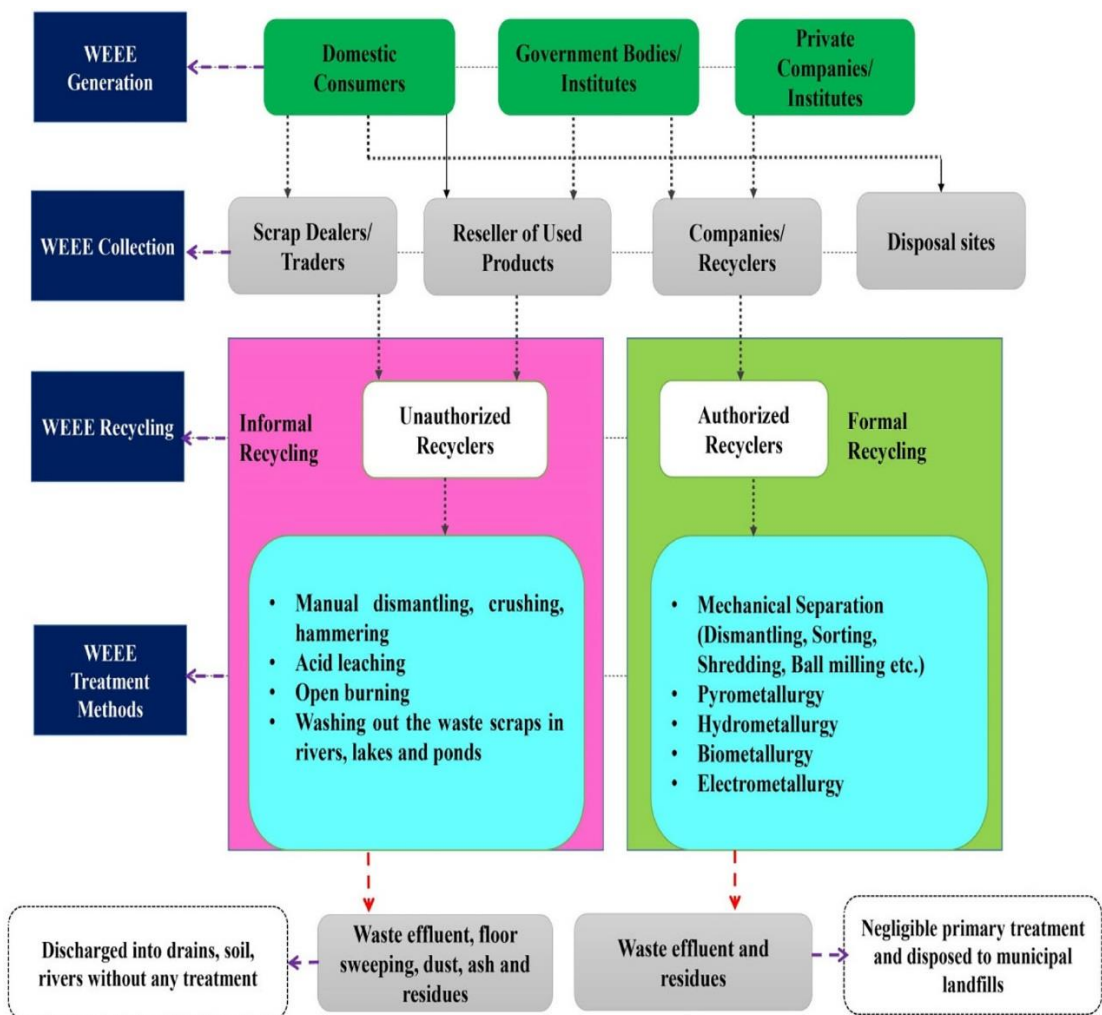
Τα ηλεκτρονικά απόβλητα (e-waste) ή τα απόβλητα ηλεκτρονικού και ηλεκτρικού εξοπλισμού (WEEE) θεωρούνται η ταχύτερα αναπτυσσόμενη ροή αποβλήτων στον ανεπτυγμένο κόσμο. Τα απόβλητα είναι το αποτέλεσμα της προηγμένης τεχνολογίας που αφήνει πίσω τους παλιούς υπολογιστές, φορητούς υπολογιστές, τηλεοράσεις και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές που απαιτούν εξειδικευμένες μεθόδους ανακύκλωσης λόγω τοξικών υποπροϊόντων. Η ανακύκλωση είναι μία από τις υπάρχουσες επιλογές για το τέλος του κύκλου ζωής των ηλεκτρονικών αποβλήτων, μαζί με την αναβάθμιση, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακατασκευή, τη μεταπώληση και την ανάκτηση ενέργειας. Όλες αυτές συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων της κυκλικής οικονομίας και των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης. Η ανακύκλωση είναι η διαδικασία μετατροπής απορριμμάτων σε νέα υλικά και αντικείμενα. Η έννοια αυτή περιλαμβάνει συχνά την ανάκτηση ενέργειας από τα απόβλητα. Η ανακυκλωσιμότητα ενός υλικού εξαρτάται από την ικανότητά του να αποκτήσει εκ νέου τις ιδιότητες που είχε στην αρχική του κατάσταση. Είναι μια εναλλακτική λύση στη "συμβατική" διάθεση αποβλήτων που μπορεί να εξοικονομήσει υλικό και να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων. Μπορεί επίσης να αποτρέψει τη σπατάλη δυνητικά χρήσιμων υλικών και να μειώσει την κατανάλωση φρέσκων πρώτων υλών, μειώνοντας τη χρήση ενέργειας, την ατμοσφαιρική ρύπανση (από την αποτέφρωση) και τη ρύπανση των υδάτων (από την υγειονομική ταφή).

Η ανακύκλωση των ΑΗΗΕ στην πραγματικότητα υλοποιείται στις παραγωγικές μονάδες (π.χ. στη χαλυβουργία ή στα εργοστάσια παραγωγής μεταλλικών προϊόντων), οι οποίες παραλαμβάνουν υλικά (π.χ. παλαιά μέταλλα) τα οποία είτε έχουν διαχωριστεί στην πηγή (π.χ. μεταλλικές συσκευασίες από τους πολίτες) είτε έχουν ανακτηθεί από μονάδες

επεξεργασίας αποβλήτων και τα χρησιμοποιούν ως δευτερογενή πρώτη ύλη αποφεύγοντας τη χρήση πρωτογενών πρώτων υλών (π.χ. μεταλλικά ορυκτά) και την εξάντληση φυσικών πόρων. Χωρίς βιομηχανία δεν υπάρχει ανακύκλωση. Με την ανακύκλωση των παλιών ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών συνεισφέρουμε στη μείωση της σπατάλης των φυσικών πόρων, περιορίζουμε τις παραγωγικές διαδικασίες και προλαμβάνουμε τη ρύπανση από τοξικές ουσίες και από ουσίες που καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος. Οι ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές νέας τεχνολογίας είναι επωφελείς για το περιβάλλον από πλευράς εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά πολύ επικίνδυνες μετά το τέλος της ζωής τους, γιατί περιέχουν ρυπογόνες ουσίες, οι οποίες όταν θάβονται στις χωματερές εισχωρούν στο υπέδαφος και καθίστανται ιδιαίτερα επιβλαβείς για τον υδροφόρο ορίζοντα, αφού με το πέρασμα του χρόνου εισβάλλουν στη διατροφική αλυσίδα. Η ανακύκλωση συμβάλλει στην αποφυγή ενός τέτοιου κινδύνου, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη μείωση εκπομπών αερίων που ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το πιο άμεσο και ορατό όφελος από την ανακύκλωση των αποβλήτων του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι η μείωση του όγκου των απορριμμάτων. Κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης, οι τηλεοράσεις, οι οθόνες, τα κινητά τηλέφωνα και οι υπολογιστές συνήθως ελέγχονται για επαναχρησιμοποίηση και επισκευάζονται. Εάν δεν είναι εφικτή η χρήση τους, μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και να προκύψουν διάφορα μέρη που εξακολουθούν να έχουν υψηλή αξία. Άλλα ηλεκτρονικά απόβλητα τεμαχίζονται σε κομμάτια μεγέθους περίπου 10 εκατοστών και ελέγχονται με το χέρι για να διαχωριστούν οι τοξικές μπαταρίες και οι πυκνωτές, που περιέχουν δηλητηριώδη μέταλλα. Τα υπόλοιπα κομμάτια τεμαχίζονται περαιτέρω σε σωματίδια μεγέθους 10 χιλιοστών και περνούν κάτω από μαγνήτη για την απομάκρυνση των σιδηρούχων μετάλλων. Ένα δυνατό ρεύμα εκτινάσσει τα μη σιδηρούχα μέταλλα, τα οποία διαχωρίζονται με βάση την

πυκνότητα είτε με φυγόκεντρο είτε με δονούμενες πλάκες. Τα πολύτιμα μέταλλα μπορούν να διαλυθούν σε οξύ, να ταξινομηθούν και να λιώσουν σε ράβδους. Τα υπόλοιπα κλάσματα γυαλιού και πλαστικού διαχωρίζονται με βάση την πυκνότητα και πωλούνται σε επιχειρήσεις επανεπεξεργασίας. Οι τηλεοράσεις και οι οθόνες πρέπει να αποσυναρμολογηθούν χειροκίνητα για να αφαιρεθεί ο μόλυβδος από τις CRT και ο οπίσθιος φωτισμός υδραργύρου από τις LCD. (Rautela κ.ά., 2021)

### Επίσημη ανακύκλωση



Εικόνα 13 Τυπική και άτυπη ανακύκλωση ηλεκτρονικών αποβλήτων. Πηγή : (Rautela κ.ά., 2021)

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, τα κύρια στάδια που εμπλέκονται στην επίσημη ανακύκλωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι η συλλογή, η προεπεξεργασία, η μεταεπεξεργασία και η διάθεση. Τα ηλεκτρονικά απόβλητα μπορούν να συλλεχθούν μέσω προγραμμάτων οδήγησης και συστημάτων επιστροφής και να αγοραστούν από ρακοσυλλέκτες. Η προεπεξεργασία καθιστά τα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) πιο ομοιογενή με την ομαδοποίηση υλικών παρόμοιου τύπου και ακολουθείται από την κλασματοποίηση των εξευγενισμένων μετάλλων (Ashiq et al., 2019). Μετά την προεπεξεργασία, τα πολύτιμα στοιχεία από τις ομοιογενείς ομάδες εξάγονται με θερμικές, χημικές και μεταλλουργικές μεθόδους (π.χ. υδρομεταλλουργία, πυρομεταλλουργία, ηλεκτρομεταλλουργία και βιομεταλλουργία) ή με συνδυασμό δύο ή περισσότερων διαδικασιών (Arya & Kumar, 2020a). Ένας κατάλογος μηχανικών μεθόδων (π.χ. τεμαχισμός/θραύση, μαγνητικός διαχωρισμός, άλεση με σφαιρική άλεση και διαχωρισμός με βαρύτητα) έχει χρησιμοποιηθεί για να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των μεταλλικών και μη μεταλλικών κλασμάτων των αποβλήτων τυπωμένων κυκλωμάτων (WPCBs). (Kaya, 2016) Η χρήση του τεμαχισμού/θρυμματισμού είναι ευνοϊκή για τη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων των WPCBs για διαδοχικές εργασίες. Το σιδηρούχο μέταλλο μπορεί να ανακτηθεί από τα τεμαχισμένα/θρυμματισμένα τμήματα των WPCBs με τη χρήση μόνιμων μαγνητών. Ο διαχωρισμός με δινορρέυματα χρησιμοποιείται για την απόσπαση του μη σιδηρούχου μεταλλικού κλάσματος από τα τεμαχισμένα PCBs με την πρόκληση εναλλασσόμενου δινορρέυματος για τη δημιουργία απωστικής δύναμης για τον διαχωρισμό των μη σιδηρούχων μεταλλικών σωματιδίων (Zheng et al., 2017). Ο διαχωρισμός με βαρύτητα είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος για τη διαλογή των μεταλλικών και μη μεταλλικών κλασμάτων από τα τεμαχισμένα WPCB χρησιμοποιώντας τη σχετική κίνηση των σωματιδίων με βάση τη βαρύτητα. Η διαδικασία της σφαιρικής

άλεσης χρησιμοποιείται κατά προτίμηση για την εξαγωγή πολύτιμων μετάλλων (Chen et al., 2020). Η συστηματική χειροκίνητη αποσυναρμολόγηση των ηλεκτρονικών αποβλήτων θεωρείται ο καλύτερος τρόπος για την αποφυγή τεράστιων κεφαλαιουχικών δαπανών (π.χ. εγκατάσταση τεχνολογίας, απόδοση ανάκτησης υλικών και άλλες δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης). (Fiore κ.ά., 2019)

Μεταξύ των μεθόδων μεταλλουργικής μετα-επεξεργασίας, οι υδρομεταλλουργικές διεργασίες εκχλιζούν μέταλλα από τα ηλεκτρονικά απόβλητα χρησιμοποιώντας όξινα διαλύματα (π.χ. νιτρικό οξύ, υδροχλωρικό οξύ, ισχυρά θειικά οξέα). (Ashiq et al., 2019). Η διεργασία αποτελείται κυρίως από την έκπλυση (διαλυτοποίηση των μετάλλων των ηλεκτρονικών αποβλήτων σε εκπλύματα με τη χρήση υδατικών χημικών ουσιών) και την ανάκτηση (επιλεκτική ανάκτηση από τα εκπλύματα των διαλυμένων μετάλλων) (Sethurajan et al., 2019). Στην πυρομεταλλουργία, τα απόβλητα βυθίζονται σε λουτρό λιωμένου μετάλλου (1250 °C) για την ανάκτηση μετάλλων προστιθέμενης αξίας μέσω πυροσυσσωμάτωσης, τήξης σε κλίβανο και αποτέφρωσης (Andooz κ.ά., 2022 , Khaliq et al., 2014). Ωστόσο, η διαδικασία αυτή παράγει αναθυμιάσεις βαρέων μετάλλων (που περιέχουν κάδμιο, μόλυβδο και υδράργυρο) και μικτές αλογονωμένες διοξίνες/φουράνια που συνδέονται με σοβαρές δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (Kaya, 2016). Κατά τη διαδικασία πυρόλυσης, τα WPCB μετατρέπονται σε κάρβουνο, πετρέλαιο και καύσιμα αέρια απουσία οξυγόνου σε εύρος θερμοκρασιών από 200 °C έως 600 °C για έως και 10-60 λεπτά (Jadhao et al., 2020). Ωστόσο, τα παραπροϊόντα (κάρβουνο, πετρέλαιο και αέρια) περιέχουν αλογονωμένες ενώσεις που δρουν ως δευτερογενείς ρύποι. Ως εκ τούτου, τα απορροφητικά όπως το CaCO<sub>3</sub> (ανθρακικό ασβέστιο) χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των δευτερογενών ρύπων (Qin et al., 2020). Η μονάδα ανακύκλωσης της

Umicore (κορυφαία εταιρεία τεχνολογίας κυκλικών υλικών) στο Βέλγιο διαθέτει λιωτήρια εξοπλισμένα υψηλού κόστους και προηγμένους ελέγχους εκπομπών για τη μείωση των κινδύνων από τις εκπομπές αερίων. (Hsu et al., 2019; Awasthi et al., 2017; Khaliq et al., 2014)

Η ανακύκλωση είναι μία από τις υπάρχουσες επιλογές για το τέλος του κύκλου ζωής των ηλεκτρονικών αποβλήτων, μαζί με την αναβάθμιση, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακατασκευή, τη μεταπώληση και την ανάκτηση ενέργειας. (Cheshmeh κ.ά., 2023)

Όλες αυτές συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων της κυκλικής οικονομίας και των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης. Τα ΑΗΗΕ (Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού) είναι μια από τις σημαντικότερες πηγές σύνθετων αποβλήτων. Τα έσοδα που προέρχονται από την ανακύκλωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων υπολογίζονται σε 2 δισεκατομμύρια ευρώ και 16 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ στην Ευρώπη και την Κίνα, αντίστοιχα. Οι παγκόσμιες πρωτοβουλίες των τελευταίων δεκαετιών που υποστηρίζουν την ενσωμάτωση των στρατηγικών για το τέλος του κύκλου ζωής (EOL) στην αλυσίδα αξίας των εταιρειών, επέτρεψαν τη μεγάλη βελτίωση των ποσοστών ανάκτησης υλικών. Ωστόσο, οι τρέχουσες επιδόσεις εξακολουθούν να είναι πολύ χαμηλές για να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν την ετήσια αύξηση των παραγόμενων αποβλήτων, ιδίως λαμβάνοντας υπόψη τα WPCB (απόβλητα τυπωμένων κυκλωμάτων), τα πιο σύνθετα, επικίνδυνα και πολύτιμα στοιχεία που ενσωματώνονται στα ηλεκτρονικά. Στόχος τους ήταν η αξιολόγηση της παρουσίας βασικών αρχών ικανών να υποστηρίξουν την ανάπτυξη μιας κυκλικής οικονομίας που βασίζεται στην αξιοποίηση τόσο των κρίσιμων υλικών όσο και των πόρων που ανακτώνται από τα ΑΗΗΕ. Από αυτή την πλευρά, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συνεχίζει να διαδραματίζει βασικό ρόλο στη χρηματοδότηση πολλών ειδικών έργων (π.χ.,



Καινοτόμες υδρομεταλλουργικές διεργασίες για την ανάκτηση μετάλλων από ΑΗΗΕ), συμπεριλαμβανομένων λαμπτήρων και μπαταριών, αντιμετώπιση του παράνομου εμπορίου ΑΗΗΕ (CWIT), αναζήτηση δευτερογενών πρώτων υλών από τα απόβλητα αστικών ορυχείων και μεταλλείων (ProSUM) και ανάκτηση κρίσιμων πρώτων υλών σε κλειστό κύκλο (CRM Recovery). (D'Adamo et al., 2016)

Η καθαρότερη παραγωγή σχετίζεται με τις νέες διαδικασίες και τεχνολογίες που αναπτύσσονται συνεχώς και εισάγουν μεθόδους και πρακτικές για την πρόληψη των ζημιών στο περιβάλλον. Ένα ευρύ φάσμα πρωτοβουλιών καθαρότερης παραγωγής συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη όχι μόνο μέσω της αποτελεσματικής διαχείρισης των πόρων και της ενέργειας, αλλά και μέσω της ανάπτυξης νέων και έξυπνων τεχνολογιών, νέων τρόπων υποβοήθησης της ανάπτυξης πολιτικών και της οργάνωσης των αλυσίδων εφοδιασμού, των τομέων και των μεμονωμένων εταιρειών. (Giannetti et al., 2020)

Η βιοσυσσώρευση είναι ο ενεργός μηχανισμός πρόσληψης μετάλλων, ενώ η βιοαπορρόφηση είναι ο παθητικός τρόπος κατά τον οποίο οι νεκρές βιομάζες των μικροοργανισμών χρησιμοποιούνται για την απορρόφηση. Η βιο-οξειδωση είναι η διαδικασία εξαγωγής μετάλλων, κυρίως χρυσού από μεταλλεύματα, με την οξείδωση της μήτρας στην οποία είναι δεσμευμένα τα μέταλλα. Κατά τη διαδικασία αυτή τα μέταλλα καθίστανται διαθέσιμα για εξόρυξη. Σε δεξαμενές ανάδευσης μεγάλης κλίμακας η διαδικασία βιο-οξειδωσης ανακυκλώνεται για την εκχύλιση χρυσού. Τα τοξικά συστατικά που περιέχονται στα ηλεκτρονικά απόβλητα πρέπει να μειωθούν αποτελεσματικά στην πηγή παραγωγής τους. Το ζήτημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί ουσιαστικά με τη χρήση υβριδικών μικροβιολογικών διεργασιών. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα των βιολογικών επεξεργασιών θα ενισχυόταν εάν χρησιμοποιούνταν σε συνδυασμό διαφορετικών



μεθόδων, όπως με νανοσωματίδια ή με κάποιους μη ρυπογόνους βιοαποικοδομητικούς παράγοντες. Επομένως, μπορούν να προταθούν βιολογικές μέθοδοι για τον περιορισμό της ρύπανσης από τα ηλεκτρονικά απόβλητα. Η διαδικασία επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων που παράγονται από τη βιομηχανία ζύμωσης, μπορεί να εφαρμοστεί για την απομάκρυνση και την εξαγωγή μετάλλων από τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Τα ηλεκτρονικά βιολογικά προϊόντα, είτε παράγονται με τη χρήση μικροβίων είτε σχεδιάζονται με μικροβιακά συστατικά και μπορούν να θεωρηθούν ως μια σημαντική πράσινη λύση. Η αναγωγική βιοέκπλυση οξειδωμένων μεταλλευμάτων και η αστική βιοεξυγίανση ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι οι πρόσφατες καινοτομίες στον τομέα της βιοεξυγίανσης. (Hashmi & Varma, 2019)

Η βιοεξυγίανση μπορεί να διευρύνει τους ορίζοντες της διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων με βιώσιμο τρόπο. Όλες αυτές οι στρατηγικές θα πρέπει να εστιάζουν στο οργανικό και το ανόργανο τμήμα των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Το οργανικό κλάσμα αποτελείται από μια ποικιλία θερμοσκληρυνόμενων πλαστικών. Αυτά τα πλαστικά μπορεί να αλογονωθούν, με την βοήθεια των μικροβίων του εδάφους τα οποία εμπλέκονται στη διαδικασία αφαίρεσης αλογόνου. Οι συγκεντρώσεις των περισσότερων βαρέων μετάλλων, όπως το κάδμιο (Cd), το χρώμιο (Cr), ο μόλυβδος (Pb), το νικέλιο (Ni) και ο ψευδάργυρος (Zn), σε δείγματα εδάφους, νερού και φυτών, υπερέβησαν τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα κατά τη διάρκεια της υγρής και ξηρής περιόδου στη Νιγηρία και γύρω από τον μεγαλύτερο χώρο απόρριψης ηλεκτρονικών αποβλήτων επίσης στην Νιγηρία, αλλά και στην Alaba International Market στο Λάγος.

Τα τοξικά συστατικά που περιέχονται στα ηλεκτρονικά απόβλητα πρέπει να μειωθούν αποτελεσματικά στην πηγή παραγωγής τους. Το ζήτημα αυτό μπορεί να

αντιμετωπιστεί βιώσιμα με τη χρήση υβριδικών μικροβιολογικών διεργασιών. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα των βιολογικών επεξεργασιών θα ενισχυόταν εάν χρησιμοποιούνταν με συνδυασμό διαφορετικών μεθόδων, όπως με νανοσωματίδια ή με κάποιους μη ρυπογόνους βιοεπικοδομητικούς παράγοντες. Επομένως, μπορούν να προταθούν βιολογικές μέθοδοι για τον περιορισμό της ρύπανσης από τα ηλεκτρονικά απόβλητα. Η διαδικασία επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων που παράγονται από τη βιομηχανία ζύμωσης, μπορεί να εφαρμοστεί για την απομάκρυνση και την εξαγωγή μετάλλων από τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Τα ηλεκτρονικά βιολογικά προϊόντα, είτε παράγονται με τη χρήση μικροβίων είτε σχεδιάζονται με μικροβιακά συστατικά, μπορούν να θεωρηθούν ως μια σημαντική πράσινη λύση. Η αναγωγική βιο έκπλυση οξειδωμένων μεταλλευμάτων και η αστική βιο εξυγίανση ηλεκτρονικών αποβλήτων, είναι οι πρόσφατες καινοτομίες στον τομέα της βιο εξυγίανσης. Η εμπορική φυτοεξυγίανση των βαρέων μετάλλων και των μεταλλοειδών μπορεί να προωθηθεί με την έναρξη προγραμμάτων αναπαραγωγής για τη βελτίωση της βιομάζας και των συνηθειών ανάπτυξης των φυσικών υπερσυσσωρευτών και την αναπαραγωγή αυτών των χαρακτηριστικών σε φυτά που δεν είναι τρόφιμα, υψηλής βιομάζας και ταχείας ανάπτυξης για τη βιώσιμη απομάκρυνση των ρύπων. (Arga & Kumar, 2020)

Ορισμένες χώρες έχουν ήδη καταφύγει σε αποτελεσματικές στρατηγικές διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων και σε τεχνολογίες αιχμής για την ανακύκλωση, όπως τα ολοκληρωμένα υδρομεταλλουργικά και πυρομεταλλουργικά χυτήρια, για τη βιώσιμη διαχείριση αυτών των αποβλήτων και την εξαγωγή όλων των πιθανών πολύτιμων συστατικών. (Yong κ.ά., 2019)

### *3.3 Πρακτικές και μηχανισμοί για την διαχείριση των e-waste στις αναπτυγμένες χώρες.*

Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν αναπτύξει διάφορους μηχανισμούς για τον διαχωρισμό των ηλεκτρονικών αποβλήτων (e-waste) με σκοπό την αποτελεσματική διαχείριση και ανακύκλωσή τους. Ορισμένοι από αυτούς τους μηχανισμούς περιλαμβάνουν πρακτικές οι οποίες έχουν δημιουργήσει συστήματα συλλογής στην πηγή για τα e-waste. Αυτό συμπεριλαμβάνει την εγκατάσταση κάδων ανακύκλωσης ηλεκτρονικών συσκευών σε δημόσιους χώρους ή την οργάνωση προγραμμάτων συλλογής από τα σπίτια και τις επιχειρήσεις. Έχουν δημιουργηθεί κέντρα ανακύκλωσης e-waste για την αποδοτική επεξεργασία και διάθεση των αποβλήτων. Αυτά τα κέντρα είναι εξοπλισμένα με ειδικά μηχανήματα και εγκαταστάσεις για την αποσυναρμολόγηση, την ανακύκλωση και την επεξεργασία των e-waste.

Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν θεσπίσει αυστηρούς κανονισμούς και νομοθεσία για τη διαχείριση των e-waste. Αυτοί οι κανονισμοί περιλαμβάνουν τις υποχρεώσεις των παραγωγών και διανομέων ηλεκτρονικών προϊόντων για τη συλλογή, την ανακύκλωση και την ασφαλή διάθεση των e-waste. Επιπλέον, υπάρχουν κανονισμοί περί περιορισμού ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που περιέχονται στα ηλεκτρονικά προϊόντα. Παράλληλα, ορισμένες αναπτυγμένες χώρες έχουν θέσει σε εφαρμογή προγράμματα ανάκτησης και επιστροφής ηλεκτρονικών συσκευών. Αυτά τα προγράμματα επιτρέπουν στους καταναλωτές να επιστρέφουν τις παλιές συσκευές τους σε ειδικά σημεία συλλογής, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφαλής διάθεσή τους καθώς και η ανακύκλωσή τους. Η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση του κοινού είναι σημαντικές για την αποτελεσματική διαχείριση των e-waste. Εκπαιδευτικές εκστρατείες και προγράμματα ενημέρωσης προωθούν τη σωστή διαχείριση των e-waste, την ανακύκλωση και τη συμμόρφωση με

τους κανονισμούς και τους νόμους που ισχύουν. Αυτοί οι μηχανισμοί και οι διάφορες πρακτικές βοηθούν στην αποτελεσματική διαχείριση των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυγμένες χώρες, με στόχο τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και την προώθηση της βιώσιμης χρήσης των ηλεκτρονικών συσκευών.

### *3.3.1 Μέθοδοι διαχείρισης Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).*

Ένας αριθμός μεθόδων αξιολόγησης είναι διαθέσιμος για τον ποσοτικό προσδιορισμό της παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων. Γενικά, μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις ομάδες: ανάλυση που σχετίζεται με τη διάθεση, ανάλυση χρονοσειρών (προβολές), μοντέλα παραγόντων χρησιμοποιώντας καθοριστικούς παράγοντες για συσχέτιση και ανάλυση εισροών-εξόδου. Η ανάλυση που σχετίζεται με τη διάθεση χρησιμοποιεί στοιχεία ηλεκτρονικών αποβλήτων που λαμβάνονται από κανάλια συλλογής, εγκαταστάσεις επεξεργασίας και χώρους διάθεσης. Συνήθως απαιτεί εμπειρικά δεδομένα από παράλληλες ροές διάθεσης για την εκτίμηση της συνολικής παραγωγής. Τα μοντέλα προβολής προβλέπουν την τάση παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων προβάλλοντας ιστορικά δεδομένα στο μέλλον. Μπορεί επίσης να εφαρμοστεί για να καλύψει το κενό των προηγούμενων άγνωστων ετών από τα διαθέσιμα σύνολα δεδομένων. Τα μοντέλα παραγόντων βασίζονται σε υποθετικές αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ εξωγενών παραγόντων όπως το μέγεθος του πληθυσμού και το επίπεδο εισοδήματος έναντι της παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων. Είναι η λιγότερο διερευνημένη μέθοδος μέχρι στιγμής λόγω των πολύπλοκων ανθρωπολογικών επιδράσεων, της υψηλής αβεβαιότητας στα μακροπρόθεσμα πρότυπα και της σημαντικής απαίτησης για προηγμένες τεχνικές μοντελοποίησης. Η ανάλυση εισροών-εκροών είναι μέχρι στιγμής η πιο συχνά

χρησιμοποιούμενη μέθοδος με πολλαπλές παραλλαγές μοντέλων, η οποία έχει εφαρμοστεί για την εκτίμηση της παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων σε πολλές περιφερειακές και εθνικές μελέτες. Αυτή η μέθοδος αξιολογεί ποσοτικά τις πηγές, τις οδούς και τις τελικές καταβόθρες των ροών υλικών.

### *3.3.2 Η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment - LCA)*

Η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment - LCA) είναι μια μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος, μιας υπηρεσίας ή ενός συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος περιλαμβάνει τη φάση παραγωγής, τη φάση χρήσης και τη φάση απόρριψης. Κατά τη διαδικασία της LCA, λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με διάφορους παράγοντες, όπως η κατανάλωση πόρων, η παραγωγή εκπομπών, οι εκπομπές θερμοκηπίου, η παραγωγή αποβλήτων και η ρύπανση. (Withanage & Habib, 2021). Η LCA βοηθά στον καθορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τη διάρκεια όλου του κύκλου ζωής ενός προϊόντος και στην αναγνώριση των κυριότερων σημείων όπου μπορεί να βελτιωθεί η περιβαλλοντική απόδοση.

Το τέλος του κύκλου της ζωής (EOL) ενός προϊόντος, μιας υπηρεσίας ή ενός συστήματος μπορεί να συμβαίνει για διάφορους λόγους, όπως:

1. Φθορά: Η φυσική φθορά με τον χρόνο μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη απόδοση και στο τέλος της χρήσης ενός προϊόντος.

2. Παρωχημένο Τεχνολογικά: Σε μια εποχή συνεχούς τεχνολογικής εξέλιξης, τα προϊόντα μπορεί να θεωρηθούν παρωχημένα, όταν νέες και βελτιωμένες εκδόσεις είναι διαθέσιμες στην αγορά.
3. Καταστροφή ή Ατύχημα: Ατυχήματα, καταστροφές ή άλλες ανεπανόρθωτες ζημιές μπορεί να προκαλέσουν το EOL ενός προϊόντος.
4. Οικονομική Ανεπάρκεια: Μετά από μια συγκεκριμένη διάρκεια, η επισκευή ή η αναβάθμιση ενός προϊόντος μπορεί να είναι πιο δαπανηρή από την αντικατάστασή του.

Στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος, το EOL είναι ένα σημαντικό ζήτημα που απαιτεί την ανακύκλωση ή την ασφαλή απόρριψη των αποβλήτων προϊόντων και υλικών. Η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση είναι κρίσιμες για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με το EOL των προϊόντων. Η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment - LCA) είναι μια μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος, μιας υπηρεσίας ή ενός συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος περιλαμβάνει τη φάση παραγωγής, τη φάση χρήσης και τη φάση απόρριψης. Κατά τη διαδικασία της LCA, λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με διάφορους παράγοντες, όπως η κατανάλωση πόρων, η παραγωγή εκπομπών, οι εκπομπές θερμοκηπίου, η παραγωγή αποβλήτων και η ρύπανση. Η LCA βοηθά στον καθορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τη διάρκεια όλου του κύκλου ζωής ενός προϊόντος και στην αναγνώριση των κυριότερων σημείων όπου μπορεί να βελτιωθεί η περιβαλλοντική απόδοση. (Withanage & Habib, 2021).

Η LCA περιλαμβάνει συνήθως τις ακόλουθες βασικές φάσεις:

1. Ορισμός του σκοπού και του πεδίου της μελέτης.
2. Ανάλυση του κύκλου ζωής, συμπεριλαμβανομένης της συλλογής δεδομένων.
3. Αξιολόγηση των επιπτώσεων με τη χρήση διάφορων μεθόδων (π.χ., Ανάλυση Κατανομής Ενέργειας - Energy Allocation Analysis, Αξιολόγηση Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής - Life Cycle Impact Assessment).
4. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων και εκθέσεις.

Σημειώνεται ότι η LCA είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, και η αξιολόγηση μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το προϊόν, την υπηρεσία ή το σύστημα που μελετάται. Ωστόσο, παρέχει ένα πολύτιμο εργαλείο για τη λήψη βιώσιμων αποφάσεων και την ανάπτυξη προϊόντων και υπηρεσιών που ελαχιστοποιούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. (Ismail & Hanafiah, 2019)

### *3.3.3 Η εκτεταμένη ευθύνη παραγωγού (Extended Producer Responsibility - EPR).*

Η εκτεταμένη ευθύνη παραγωγού (Extended Producer Responsibility - EPR) αναφέρεται σε μια προσέγγιση πολιτικής και νομοθεσίας κατά την οποία ανατίθεται στους κατασκευαστές των προϊόντων η ευθύνη για τη διαχείριση των προϊόντων που καταλήγουν σε απόβλητα, όταν αυτά δεν είναι πλέον χρήσιμα ή λειτουργικά. Συγκεκριμένα, αφορά την ευθύνη των παραγωγών για την ανακύκλωση, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακατασκευή, ή άλλες βιώσιμες μεθόδους διαχείρισης των προϊόντων που φτάνουν στο τέλος της ζωής τους. (Xavier κ.ά., 2021)

Σύμφωνα με την προσέγγιση EPR, οι κατασκευαστές αναλαμβάνουν την υπεύθυνη διαχείριση των προϊόντων τους, με σκοπό να μειωθεί η περιβαλλοντική επίπτωση των

αποβλήτων που παράγονται από τα προϊόντα τους. Αυτό μπορεί να συμπεριλαμβάνει τη συλλογή και ανακύκλωση των προϊόντων μετά την λήξη τους, τη σχεδίαση προϊόντων που είναι πιο εύκολο να ανακυκλωθούν, ή την παροχή χρηματοδοτικής συνδρομής για τις διαδικασίες διαχείρισης αποβλήτων. (Baxter κ.ά., 2016). Η προσέγγιση EPR προάγει την αρχή της βιώσιμης διαχείρισης προϊόντων και των αποβλήτων τους, ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη κυκλικής οικονομίας και μειώνοντας την εκμετάλλευση φυσικών πόρων. Αυτή η προσέγγιση έχει εφαρμοστεί σε διάφορες χώρες σε όλο τον κόσμο για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της αναπτυσσόμενης ποσότητας e-waste και να προωθηθεί η βιώσιμη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. (Pan κ.ά., 2022)

#### *3.3.4 Η ανάλυση ροών υλικών (Material Flow Analysis - MFA)*

Η ανάλυση ροών υλικών (Material Flow Analysis - MFA) είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για να μελετήσει την κίνηση και την κατανομή των υλικών μέσα σε ένα σύστημα, περιοχή ή οικονομία. Η MFA χρησιμοποιείται ευρέως για την κατανόηση των ροών υλικών και την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των διαφόρων διαδικασιών, προϊόντων ή συστημάτων.

Οι κύριοι στόχοι της MFA περιλαμβάνουν:

1. Καταγραφή των εισερχόμενων και εξερχόμενων ροών υλικών: Η MFA καταγράφει λεπτομερώς τις πηγές εισόδου (όπως πρώτες ύλες, εισαγωγές) και τους προορισμούς εξόδου (όπως παραγωγή, εξαγωγές) των υλικών.
2. Υπολογισμός της κατανομής και μετασχηματισμού των υλικών: Η MFA επιτρέπει την παρακολούθηση της κατανομής των υλικών μεταξύ διαφόρων τομέων ή



διαδικασιών, καθώς και την παρακολούθηση των μεταβολών που υφίστανται από την παραγωγή έως την κατανάλωση. (Zhilyaev κ.ά., 2021)

3. Αξιολόγηση των επιπτώσεων: Η MFA βοηθά να εκτιμηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής, χρήσης και διάθεσης των υλικών, όπως η εκπομπή αερίων, η χρήση ενέργειας, και η παραγωγή αποβλήτων. (Withanage & Habib, 2021).
4. Σχεδιασμός πολιτικών και μέτρων: Μέσω της MFA, μπορούν να αναγνωριστούν πεδία βελτίωσης και να αναπτυχθούν πολιτικές, προγράμματα ή μέτρα για τη βελτίωση της διαχείρισης των υλικών.

Η MFA αναδεικνύει τις διασυνδέσεις μεταξύ των διαφόρων κλάδων και τομέων, ενισχύοντας την κατανόηση της ροής υλικών σε ολόκληρο το σύστημα και συμβάλλοντας στην ανάπτυξη πιο βιώσιμων προσεγγίσεων διαχείρισης των πόρων. (Andoos κ.ά., 2022)

### *3.3.5H Ανάλυση Πολλαπλών Κριτηρίων (Multiple Criteria Analysis - MCA).*

Η Ανάλυση Πολλαπλών Κριτηρίων (Multiple Criteria Analysis - MCA) είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στον τομέα της λήψης αποφάσεων με σκοπό την αντιμετώπιση καταστάσεων που περιλαμβάνουν πολλαπλά κριτήρια ή παράγοντες. Στο πλαίσιο της MCA, η σύγκριση των επιλογών γίνεται βάσει πολλαπλών κριτηρίων, τα οποία είναι συνήθως διαφορετικά μεταξύ τους και ανταγωνιζόμενα.

Οι κύριοι στόχοι της MCA είναι:

1. Επιλογή της καλύτερης εναλλακτικής λύσης: Όταν αντιμετωπίζουμε μια κατάσταση όπου πρέπει να επιλέξουμε ανάμεσα σε διαφορετικές εναλλακτικές

λύσεις, η MCA μας βοηθά να βρούμε την καλύτερη λύση που ανταποκρίνεται καλύτερα στα διαφορετικά κριτήρια.

2. Εξεύρεση ισορροπημένων λύσεων: Η MCA διερευνά τον τρόπο συμβιβασμού μεταξύ διαφορετικών κριτηρίων και παραγόντων, προκειμένου να βρεθούν ισορροπημένες λύσεις που λαμβάνουν υπόψη τις πολυπλοκότητες της κατάστασης.
3. Αντιμετώπιση της αβεβαιότητας: Σε πολλές περιπτώσεις, η λήψη αποφάσεων είναι δύσκολη λόγω της αβεβαιότητας ή των αντικρουόμενων στοιχείων. Η MCA αντιμετωπίζει την αβεβαιότητα αναλύοντας διαφορετικά σενάρια και εξετάζοντας την επίδρασή τους στα κριτήρια.

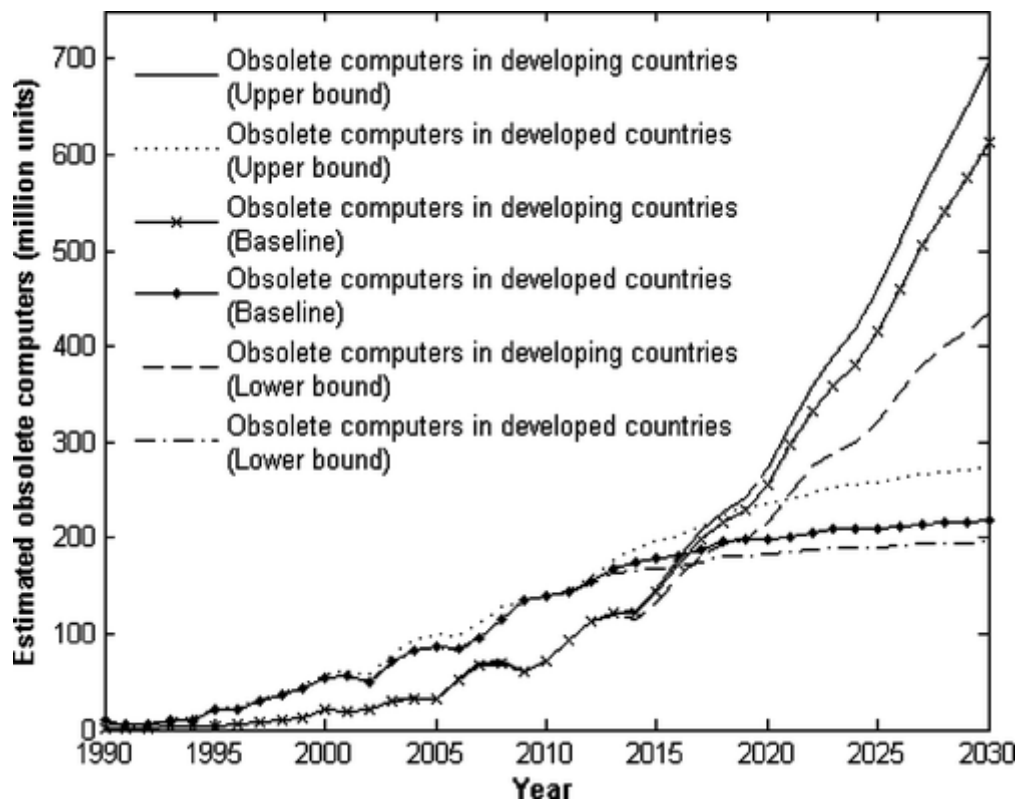
Η MCA χρησιμοποιεί διάφορες μεθοδολογίες, όπως η βαθμολόγηση, η ανάλυση των επιλογών (Option Analysis) και η ανάλυση της ευρωστίας (Robustness Analysis), προκειμένου να παράσχει συνολική εικόνα για τις επιλογές και τις επιπτώσεις τους. Επίσης, η MCA εφαρμόζεται σε διάφορους τομείς, όπως ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός, οικονομικές αποφάσεις, ενεργειακά έργα, υγεία και πολιτική ανάπτυξη. (Murthy & Ramakrishna, 2022).

## ***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Διαχείριση των ΑΗΗΕ στις αναπτυσσόμενες χώρες, πολιτικές / απειλές από την άτυπη διαχείρισής τους.***

### *4.1 Διαχείριση Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυσσόμενες χώρες.*

Τα ηλεκτρονικά απόβλητα έχουν αναδειχθεί σε νέα πολιτική προτεραιότητα σε όλο τον κόσμο. Τα κίνητρα για την αντιμετώπιση των ηλεκτρονικών αποβλήτων περιλαμβάνουν την ταχεία αύξηση των ροών αποβλήτων, την ανησυχία για την περιβαλλοντική τύχη των βαρέων μετάλλων και άλλων ουσιών στα ηλεκτρονικά απόβλητα και τις επιπτώσεις της άτυπης ανακύκλωσης στις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι πολιτικές

επιλογές απέναντι στα παγκόσμια ηλεκτρονικά απόβλητα επικεντρώνονται στην απαγόρευση του διεθνούς εμπορίου ηλεκτρονικών ειδών στο τέλος του κύκλου ζωής τους, με την παραδοχή ότι τα ηλεκτρονικά απόβλητα παράγονται κυρίως στον ανεπτυγμένο κόσμο και στη συνέχεια εξάγονται στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Ωστόσο, οι πωλήσεις ηλεκτρονικών ειδών αυξάνονται ραγδαία στις αναπτυσσόμενες χώρες, γεγονός που εγείρει το ερώτημα αν η άτυπη ανακύκλωση στις αναπτυσσόμενες χώρες οφείλεται στο διεθνές εμπόριο ή στην εγχώρια παραγωγή. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο όγκος των απαρχαιωμένων Η/Υ που παράγονται στις αναπτυσσόμενες περιοχές θα υπερβεί εκείνον των αναπτυγμένων περιοχών.



Εικόνα 14 Πρόβλεψη δημιουργίας απαρχαιωμένων υπολογιστών στον ανεπτυγμένο και αναπτυσσόμενο κόσμο.

Μέχρι το 2030, οι απαρχαιωμένοι Η/Υ από τις αναπτυσσόμενες περιοχές θα φθάσουν τα 400-700 εκατομμύρια μονάδες, πολύ περισσότερες από τις αναπτυγμένες περιοχές με 200-300 εκατομμύρια μονάδες. Οι μελλοντικές πολιτικές για τον μετριασμό των επιπτώσεων της άτυπης ανακύκλωσης θα πρέπει να αντιμετωπίσουν την εγγώρια κατάσταση στις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι έρευνες σε άτυπους χώρους επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης αποκάλυψαν ότι τα επεξεργασμένα ηλεκτρονικά απόβλητα προέρχονται κυρίως από τον ανεπτυγμένο κόσμο. Το άτυπο πρόβλημα της ανακύκλωσης αντιμετωπίζεται κυρίως ως ζήτημα διασυνοριακών διακινήσεων απορριμμάτων. Η κύρια λύση πολιτικής για την άτυπη ανακύκλωση στο δημόσιο διάλογο είναι η απαγόρευση του διεθνούς εμπορίου, με το επιχείρημα ότι η διακοπή του διεθνούς εμπορίου ηλεκτρονικών αποβλήτων θα πρέπει με τη σειρά της να σταματήσει την άτυπη ανακύκλωση.

Η Ινδία κατέχει την πέμπτη θέση στην παραγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων. Η Κεντρική Επιτροπή Ελέγχου της Ρύπανσης (CPCB) εκτιμά την παραγωγή τους σε 0,573 MT ανά ημέρα το 2005 και σε 1,8 MT το 2016. Η Ινδία υπολογίζεται ότι παράγει κάτω από 1 kg ηλεκτρονικών αποβλήτων κατά κεφαλήν. (Ganguly, 2016). Οι εκθέσεις των Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) εκτιμούσαν ότι τα ηλεκτρονικά απόβλητα, όπως οι παλιοί υπολογιστές, θα αυξάνονταν έως και 500% σε ποσότητα από το 2007 έως το 2020. Τα κινητά τηλέφωνα, που είναι το πιο δημοφιλές και αναλώσιμο προϊόν, εκτιμάται ότι θα αυξηθούν κατά 18 φορές από το 2007 έως το 2020 λόγω της αύξησης των άχρηστων και απορριπτόμενων τηλεφώνων. Κατά τη διάρκεια του 2007, στην Ινδία δημιουργήθηκαν 382.979 τόνοι αποβλήτων από τις απορριφθείσες τηλεοράσεις, τους υπολογιστές και τα κινητά τηλέφωνα. Αξίζει να σημειωθεί ότι περίπου 50.000 τόνοι βρέθηκαν να εξάγονται

παράνομα από αναπτυγμένες χώρες. Οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Ε.Ε ήταν οι κύριες χώρες εξαγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων με ποσοστά διοχέτευσης 80% και 20% αντίστοιχα. Παρατηρείται αυξητική τάση στην παράνομη εξαγωγή (σχεδόν 50-80%) των ηλεκτρονικών αποβλήτων από τις χώρες αυτές προς τις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί δεν είναι τόσο αυστηροί και οι αμοιβές της εργασίας είναι χαμηλές. (Pradhan and Kumar 2014).

Στην Ινδία, τα ηλεκτρονικά απόβλητα συχνά απορρίπτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής, όπου αποσυναρμολογούνται για πολύτιμα υλικά και το 70-90% αυτών των χώρων ταφής είναι απλοί χώροι χωματερής. (Dwivedy & Mittal, 2010) Είναι γνωστό ότι τεράστιες ποσότητες ηλεκτρονικών αποβλήτων από τις ανεπτυγμένες χώρες εισάγονται από αναπτυσσόμενες χώρες, π.χ. από το σύνολο των ηλεκτρονικών αποβλήτων που παράγονται στην Ινδία, 65 πόλεις παράγουν περισσότερο από το 60%. Ως εκ τούτου, η Ινδική κυβέρνηση σχεδιάζει να θεσπίσει νέους κανονισμούς που καθιστούν τον παραγωγό/κατασκευαστή εξοπλισμού υπεύθυνο για τη συγκέντρωση και την ορθή διάθεση των ηλεκτρονικών αποβλήτων που παράγονται κατά την απόρριψη του προϊόντος. Σύμφωνα με τις εκθέσεις της Συνομοσπονδίας Ινδικών Βιομηχανιών, το σύνολο των παρωχημένων αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που παράγονται στην Ινδία εκτιμάται σε 146.000 τόνους ετησίως. Στην περίπτωση αυτή, το 22% των ηλεκτρονικών αποβλήτων Η/Υ παράγεται από τα νοικοκυριά, το 78% από τον επιχειρηματικό τομέα, περίπου 1050 τόνοι ετησίως αποβλήτων ηλεκτρονικών υπολογιστών προέρχονται από τους τομείς της μεταποίησης καθώς και του λιανικού εμπορίου (Hashmi&Varma, 2019)

Στα κυρίαρχα hot spots συγκαταλέγονται η Κίνα, η Ινδία, το Πακιστάν, το Βιετνάμ και οι Φιλιππίνες, όπου η άτυπη ανακύκλωση ηλεκτρονικών αποβλήτων διεξάγεται σε μεγαλύτερη κλίμακα. Πολλές ανεπτυγμένες χώρες βρίσκουν μια εύκολη λύση στο πρόβλημα των ηλεκτρονικών αποβλήτων, στέλνοντας τα σκουπίδια σε αναπτυσσόμενες χώρες για να ανακυκλωθούν "θεωρητικά" εκεί με πολύ χαμηλότερο κόστος από ό,τι στον τόπο προέλευσής τους (λόγω της πρακτικής ανυπαρξίας κανονισμών και φθηνών μισθών). Ωστόσο, η πρακτική αυτή από το να δημιουργεί οικονομικές ευκαιρίες για τις χώρες εισαγωγής, τις μετατρέπει σε μεγάλες χωματερές παρωχημένης τεχνολογίας των πλούσιων χωρών, δημιουργώντας σοβαρά περιβαλλοντικά και υγειονομικά προβλήματα για τους πολίτες τους. Η Σύμβαση της Βασιλείας παρουσιάζει μια εξαίρεση για τον εξοπλισμό που προορίζεται για επαναχρησιμοποίηση. Η εξαίρεση αυτή θα πρέπει να είναι πλήρως συμβατή με τον κύριο περιβαλλοντικό στόχο της συμφωνίας, δεδομένου ότι η επαναχρησιμοποίηση παρατείνει τον κύκλο ζωής του εξοπλισμού και ως εκ τούτου, ελαχιστοποιεί τη δημιουργία επικίνδυνων αποβλήτων. Ωστόσο, η διάκριση του κατά πόσον κάτι είναι απόβλητο ή όχι και συνεπώς προορίζεται για επαναχρησιμοποίηση, αποτελεί ακόμη ένα ανοικτό ζήτημα της Σύμβασης της Βασιλείας και δεν έχει ακόμη επιτευχθεί τελική συμφωνία. Οι εξαιρέσεις ανοίγουν ένα παράθυρο στην παράνομη διακίνηση επικίνδυνων αποβλήτων. Πέρα από τις γνωστές εκθέσεις και εκστρατείες της Greenpeace, υπάρχουν αρκετοί συγγραφείς που έχουν καταγράψει την παράνομη διακίνηση αυτών των επικίνδυνων εμπορευμάτων από την Ευρώπη προς τη Γκάνα ή από τις ΗΠΑ προς την Κίνα. Στη Νότια Αφρική παράγονται καθημερινά 54.425 τόνοι αποβλήτων, γεγονός που τοποθετεί τη χώρα στη 15η θέση των μεγαλύτερων παραγωγών αποβλήτων στον κόσμο. (Uhunamure κ.ά., 2021)

Η επαρκής διαχείριση ηλεκτρονικών αποβλήτων εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση στα περισσότερα μέρη του κόσμου, ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η διαχείριση των αποβλήτων ηλεκτρονικών αντικειμένων (e-waste) σε αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζει μοναδικές προκλήσεις λόγω της έλλειψης υποδομών, τεχνολογικής τάσης και νομοθεσίας. Οι αναπτυσσόμενες χώρες συχνά αντιμετωπίζουν ζητήματα στη διαχείριση των e-waste όπως η έλλειψη υποδομών. Πολλές αναπτυσσόμενες χώρες δεν διαθέτουν επαρκείς υποδομές για την ανακύκλωση ή την αποτέφρωση των e-waste. Αυτό οδηγεί σε μη αποτελεσματική διάθεση των αποβλήτων ή ακόμη και στην ανεξέλεγκτη καύση τους, με αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο κίνδυνος μόλυνσης είναι πιο ανησυχητικός στις αναπτυσσόμενες χώρες, δεδομένου ότι μεγάλο μέρος των εργασιών ασκείται στον άτυπο τομέα, σε αντίθεση, για παράδειγμα, με την Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική, όπου έχουν θεσπιστεί σύγχρονες προσεγγίσεις και κανόνες ασφαλείας.

Η διαχείριση των αποβλήτων ηλεκτρονικών αντικειμένων (e-waste) σε αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζει μοναδικές προκλήσεις λόγω των περιορισμένων πόρων, της έλλειψης υποδομών και της έλλειψης επαρκούς νομοθεσίας. Οι αναπτυσσόμενες χώρες συχνά αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της απόρριψης των e-waste με μη βιώσιμους τρόπους, όπως η ανεξέλεγκτη καύση ή η ανεπαρκής ανακύκλωση, με αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία των ανθρώπων. Για τη βελτίωση της διαχείρισης των e-waste σε αναπτυσσόμενες χώρες, απαιτούνται πολυεπίπεδες προσεγγίσεις που συνδυάζουν τη νομοθεσία, την εκπαίδευση, την τεχνολογία και τη διεθνή συνεργασία.

Ένα μεγάλο πρόβλημα είναι η εκτεταμένη εξαγωγή. Τα e-waste από αναπτυσσόμενες χώρες εξάγονται σε άλλες χώρες για επεξεργασία. Αυτή η εξαγωγή μπορεί να είναι μη νόμιμη και να προκαλεί περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα στις χώρες υποδοχής. Οι αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζουν προκλήσεις στην αντιμετώπιση των e-waste, αλλά υπάρχουν διάφορες προσπάθειες που γίνονται για τη βελτίωση της διαχείρισής τους.

Οι Dwivedy and Mittal (2010a, 2010b) υπολογίζουν τη μέση αύξηση της παραγωγής ΑΗΗΕ στην Ινδία κατά 7% ετησίως. Σε μια μελέτη με ευρύτερο πεδίο, οι Yu et al. (2010) εκτιμούν και παρουσιάζουν σχετικά μεγάλα νούμερα της τάξης των 400-700 εκατομμυρίων μονάδων απαρχαιωμένων υπολογιστών στις αναπτυσσόμενες χώρες έως το 2030, σε σύγκριση με 200-400 εκατομμύρια μονάδες στις ανεπτυγμένες χώρες. Αυτοί οι αυξανόμενοι αριθμοί επηρεάζονται από διάφορους αλληλένδετους παράγοντες όπως:

- την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών βιομηχανιών
- τη μείωση της διάρκειας ζωής των ηλεκτρονικών προϊόντων
- τη μετατόπιση της συμπεριφοράς των πελατών
- την κατάσταση που επικρατεί στην αγορά (όταν ένα προϊόν δεν έχει ακόμη κορεστεί) και
- την συνέπεια των τεχνολογικών καινοτομιών κατά τις τελευταίες δεκαετίες

Οι βιομηχανικές χώρες με καθιερωμένα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων συχνά αντιμετωπίζουν προβλήματα με την πολύπλοκη φύση των ΑΗΗΕ, ενώ σε λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, όπου οι δομές διαχείρισης αποβλήτων είναι σπάνιες ή ανύπαρκτες, οι



δυσκολίες ενισχύονται και επιδεινώνουν περαιτέρω ολόκληρο τον τοπικό τομέα διαχείρισης αποβλήτων (Islam & Huda, 2018).

Σε αυτές τις λιγότερο βιομηχανικές χώρες, η διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων γίνεται κυρίως από τον άτυπο τομέα. (Marinello & Gamberini, 2021). Όπως αναφέρεται περίπου το 80% των ΑΗΗΕ εξάγονται παράνομα από τις ανεπτυγμένες σε αναπτυσσόμενες χώρες χάρη στη φθηνή κατασκευή και την έλλειψη κανονισμών και κανόνων. Αποτέλεσμα αυτού είναι το χαμηλό ποσοστό των ηλεκτρονικών αποβλήτων που συλλέγονται και ανακυκλώνονται (17,4% για το έτος 2019) (Withanage & Habib, 2021), με την Ευρώπη να έχει το υψηλότερο ποσοστό συλλογής και ανακύκλωσης (42,5%), ενώ η Αφρική το χαμηλότερο ποσοστό (0,9%). Το υπόλοιπο 82,6% των παγκόσμιων ηλεκτρονικών αποβλήτων τυγχάνει αβέβαιης ή ατυχούς διαχείρισης. (Andoos κ.ά., 2022)

#### *4.2 Πολιτικές προστασίας της άτυπης διαχείρισης των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυσσόμενες χώρες.*

Σε διεθνές επίπεδο η κύρια πολιτική που σχετίζεται με την διαχείριση των αποβλήτων είναι η Σύμβαση της Βασιλείας, μια πολυμερής περιβαλλοντική συμφωνία που ελέγχει το εμπόριο αποβλήτων που ταξινομούνται ως επικίνδυνα. Ορισμένες κατηγορίες ηλεκτρονικών αποβλήτων που δεν προορίζονται για επαναχρησιμοποίηση ταξινομούνται ως επικίνδυνα. Η Σύμβαση της Βασιλείας απαιτεί μία έγκαιρη ενημέρωση και προειδοποίηση από τους υπεύθυνους της εμπορίας αποβλήτων ότι ορισμένα από αυτά ταξινομούνται ως επικίνδυνα. Υπάρχει επίσης μια προτεινόμενη τροποποίηση της Σύμβασης, η απαγόρευση της Βασιλείας, η οποία απαγορεύει το διεθνές εμπόριο όλων των υλικών που χαρακτηρίζονται από τη Σύμβαση ως επικίνδυνα. Αυτή η τροπολογία δεν έχει ακόμη επικυρωθεί. (Uhunamure κ.ά., 2021)

Σχετικά με την άτυπη ανακύκλωση, ορισμένες χώρες έχουν εφαρμόσει απαγορεύσεις ή περιορισμούς στις εισαγωγές ηλεκτρονικών αποβλήτων. Το 2000 και το 2002, η Κίνα εισήγαγε νομοθεσία που απαγόρευε την εισαγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων. Η Ινδία, η Ινδονησία και το Βιετνάμ αποφάσισαν επίσης να απαγορεύσουν την εισαγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων. Ένα νομοσχέδιο υπό εξέταση στο Κογκρέσο των ΗΠΑ, περιορίζει ορισμένες εξαγωγές ηλεκτρονικών αποβλήτων από την χώρα τους. Άλλες χώρες λαμβάνουν διαφορετικές θέσεις σε αυτό το θέμα. Η Ινδονησία έχει απαγορεύσει την εισαγωγή μεταχειρισμένων τηλεοράσεων, ραδιοφώνων και άλλου μεταχειρισμένου εξοπλισμού, ενώ η Ταϊλάνδη απαιτεί τα εισαγόμενα μεταχειρισμένα ηλεκτρονικά είδη να μην είναι παλαιότερα των τριών ετών. Οι Φιλιππίνες απαιτούν προηγούμενη ειδοποίηση και συγκατάθεση πριν εισέλθουν στη χώρα χρησιμοποιημένα ηλεκτρονικά. Η Ινδία είναι σχετικά φιλελεύθερη και χρησιμοποιημένοι υπολογιστές ηλικίας έως 10 ετών μπορούν να εισέλθουν στη χώρα ως δωρεές. Η διαχείριση και ο χειρισμός των αποβλήτων στην Ινδία διέπεται από νομοθεσία, όπως ο νόμος του 1986 για το περιβάλλον (προστασία) και οι κανόνες του 2008 για τα επικίνδυνα υλικά (διαχείριση, χειρισμός και διασυνοριακή διακίνηση). Στην Ινδία, η οποία εξακολουθεί να υποφέρει σε μεγάλο βαθμό από τον άτυπο τομέα, οι κανόνες διαχείρισης και χειρισμού ηλεκτρονικών αποβλήτων εγκρίθηκαν το 2012, λαμβάνοντας ήδη υπόψη το πλαίσιο EPR και θέτοντας στόχους για την ανάκτηση και την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ. Στις ΗΠΑ, η νομοθεσία για τη ρύθμιση των ΑΗΗΕ ανατίθεται σε κάθε μεμονωμένη πολιτεία. (Schumacher & Agbemabiese, 2019)

Ορισμένες χώρες όπως το Περού επιτρέπουν τις εισαγωγές ηλεκτρονικών απορριμμάτων. Τα πρόσφατα συστήματα περιβαλλοντικής πιστοποίησης των ΗΠΑ για την ανακύκλωση ηλεκτρονικών ειδών στοχεύουν στην απαγόρευση ή στον περιορισμό των

εξαγωγών ηλεκτρονικών ειδών στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Το 87% των εισαγόμενων υπολογιστών στο τέλος του κύκλου ζωής τους δρομολογήθηκαν για επαναχρησιμοποίηση σε αντίθεση με την ανακύκλωση που διενεργείται στο Περού. Ένας δεύτερος οδηγός είναι η ανακύκλωση υλικών. Ένας μεταχειρισμένος επιτραπέζιος υπολογιστής, για παράδειγμα, περιέχει υλικά αξίας 16–18 \$ ΗΠΑ. Οι χαμηλοί μισθοί, η υψηλή ζήτηση για πρώτες ύλες και οι ανεπαρκείς περιβαλλοντικοί έλεγχοι στον αναπτυσσόμενο κόσμο έχουν ως αποτέλεσμα η ανακύκλωση να έχει καθαρά κέρδη. Από την πλευρά του εξαγωγέα, οι υψηλοί μισθοί και η χαμηλή ζήτηση για μεταχειρισμένα ηλεκτρονικά είδη στις ανεπτυγμένες χώρες συνεπάγονται ότι η συλλογή και η ανακύκλωση ηλεκτρονικών ειδών έχει καθαρό κόστος (π.χ. US\$5–40 για έναν υπολογιστή). (Cheshmeh κ.ά., 2023) Ως εκ τούτου, οι πολιτικές ανακύκλωσης ηλεκτρονικών στον ανεπτυγμένο κόσμο απαιτούν μηχανισμούς χρηματοδότησης όπως τα τέλη ανακύκλωσης που πληρώνουν οι καταναλωτές ή καθιστούν τους κατασκευαστές οικονομικά υπεύθυνους. Υπάρχει επομένως ένα οικονομικό κίνητρο για τους συλλέκτες στις ανεπτυγμένες χώρες να εξάγουν στον αναπτυσσόμενο κόσμο. (Yu κ.ά., 2010)

Οι πωλήσεις ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού αυξάνονται συνεχώς στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ωστόσο, αξιόπιστα στοιχεία για τις ποσότητες των παραγόμενων αποβλήτων δεν υπάρχουν. Ένας νέος νόμος για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων θεσπίστηκε στη Βραζιλία το 2010 (Araujo κ. ά. 2012) και η υποδομή για την επεξεργασία αυτών των αποβλήτων πρέπει να σχεδιαστεί, λαμβάνοντας υπόψη τον όγκο των διαφορετικών τύπων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που παράγονται. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πιο σημαντική μεταβλητή είναι η διάρκεια ζωής του εξοπλισμού, η οποία εξαρτάται από την γνώση και την πληροφόρηση που απορρέει από

την συμπεριφορά των καταναλωτών η οποία πρέπει να εκτιμηθεί. Δεδομένου ότι η Βραζιλία είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά, η «έκρηξη» στη δημιουργία απορριμμάτων δεν είναι ακόμη ορατή.

Η Εθνική Πολιτική Στερεών Αποβλήτων (Νόμος για τα Απόβλητα) υιοθετήθηκε στη Βραζιλία, η οποία ενθαρρύνει την ανάπτυξη πρωτοβουλιών αντίστροφης επιμελητείας για την ανάκτηση ΑΗΗΕ. Στην Αφρική, μόνο λίγες χώρες διαθέτουν κανονισμούς ΑΗΗΕ (π.χ. Αίγυπτος, Γκάνα, Μαδαγασκάρη, Νιγηρία, Ρουάντα, Νότια Αφρική, Καμερούν, Ακτή Ελεφαντοστού), ωστόσο πολλές άλλες χώρες της Αφρικής δεν υιοθέτησαν παρόμοιους κανονισμούς μέχρι σήμερα. (Shittu κ.ά., 2021 , Andooz κ.ά., 2022)

#### *4.3 Απειλές από την άτυπη διαχείριση των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυσσόμενες χώρες.*

Μια σημαντική ανησυχία που σχετίζεται με τα προϊόντα που έχουν φθάσει στο τέλος του κύκλου ζωής τους (EOL) είναι η μόλυνση του περιβάλλοντος και η διαρροή στην τροφική αλυσίδα. Το υψηλό κόστος της υπεύθυνης ανακύκλωσης έχει καταστήσει τα ηλεκτρονικά απόβλητα ένα δαπανηρό εγχείρημα για τις βιομηχανικές χώρες. Το βάρος της ανακύκλωσης έχει μεταφερθεί στον αναπτυσσόμενο κόσμο, όπου η προστασία του περιβάλλοντος είναι χαλαρή και οι απαραίτητες τεχνολογίες για την ασφαλή εξαγωγή υλικών δεν είναι υπαρκτές. Τα αποθέματα e-waste είναι διαθέσιμα προς επεξεργασία από οικογένειες χαμηλού εισοδήματος, στις διαδικασίες της οποίας εμπλέκονται ακόμη και τα παιδιά τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μόλυνση του περιβάλλοντος και τις αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. (Adam κ. ά. 2021) Το Guiyu, στη Κίνα αποτελεί την πρωτεύουσα των ηλεκτρονικών αποβλήτων του κόσμου διότι δέχεται τον μεγαλύτερο αριθμό

τεχνολογικών απορριμμάτων, ωστόσο υπάρχουν και πολλές άλλες πόλεις που έχουν γίνει καταφύγια των ΑΗΗΕ, όπως το Wenqiao στην Κίνα, η Άκρα στην Γκάνα, το Bangalore και Chennai, στο Δελχί και Νέο Δελχί αντίστοιχα στην Ινδία, το Λάγος στη Νιγηρία και το Καραάτσι στο Πακιστάν. (Wang κ.ά., χ.χ.)

Τα ηλεκτρονικά απόβλητα (e-waste) έχουν δηλωθεί ως μία από τις πιο ταχέως αναπτυσσόμενες ροές αποβλήτων στον κόσμο. Περιέχουν ένα ευρύ φάσμα στοιχείων και ενώσεων, συμπεριλαμβανομένων τόσο πολύτιμων όσο και επικίνδυνων υλικών. Μπορούν να μολύνουν το περιβάλλον και να απειλήσουν την ανθρώπινη υγεία μέσω των ακατάλληλων μεθόδων ανακύκλωσης και απόρριψής τους. Επιπλέον, αντιπροσωπεύουν μια σημαντική πιθανή πηγή πολύτιμων υλικών με αποτέλεσμα να καταστήσουν την ανακύκλωση αυτών των αποβλήτων οικονομικά δελεαστική. Η ανακύκλωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων αποτελεί πλέον ένα σημαντικό ζήτημα λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων, αλλά και της αυξημένης ευαισθητοποίησης των ανθρώπων σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος. (Ankit κ.ά. 2021) Αποτέλεσμα αυτού είναι οι πρωτόγονες τεχνολογίες επεξεργασίας να μην μπορούν να ανταποκριθούν στις μελλοντικές υποχρεώσεις της βιομηχανίας λόγω του πιθανού κινδύνου μόλυνσης του περιβάλλοντος, του υψηλού κόστους και της χαμηλής απόδοσης. Επομένως, η αποτελεσματική χρήση των επαναχρησιμοποιήσιμων πόρων αποτελεί προϋπόθεση για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για την επεξεργασία των ηλεκτρονικών αποβλήτων. (Hashmi & Varma, 2019)

Η Νιγηρία (Nnorom κ.ά. 2005) είναι ένας σημαντικός προορισμός μεταχειρισμένου ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (WEEE) που παράγεται στις ανεπτυγμένες χώρες. Αυτές οι εισαγωγές, περίπου 60.000 τόνοι/έτος, επιδεινώνουν τις προκλήσεις της

διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων (e-waste). Τα ηλεκτρονικά απόβλητα περιέχουν πολύτιμα μέταλλα όπως ο χαλκός και ο χρυσός, καθώς και επικίνδυνες ουσίες όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος και έμμονοι οργανικοί ρύποι. Η Νιγηρία δεν διαθέτει την απαραίτητη υποδομή ανακύκλωσης για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων, επομένως βασίζεται σε άτυπους τομείς που χρησιμοποιούν τεχνικές αποσυναρμολόγησης και ανακύκλωσης ακατέργαστων υλικών, ανεξέλεγκτη ανοιχτή καύση καλωδίων για την ανάκτηση χάλκινων συρμάτων και διάθεση ηλεκτρονικών αποβλήτων σε χωματερές. Αυτές οι δραστηριότητες έχουν ως αποτέλεσμα τη μόλυνση του περιβάλλοντος και την έκθεση του ανθρώπου σε επιβλαβείς χημικές ουσίες. Το 2011 η κυβέρνηση ψήφισε τον Εθνικό Περιβαλλοντικό Κανονισμό (Ηλεκτρολογικός/Ηλεκτρονικός Τομέας) που απαγόρευε την εισαγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων και παρείχε κατευθυντήριες γραμμές για την περιβαλλοντικά ορθή διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Η αυστηρή εφαρμογή αυτού του κανονισμού θα μειώσει τις δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων στη Νιγηρία. (Babayemi κ.ά.2019)

Οι στρατηγικές διαχείρισης των αποβλήτων αποτελούν πλέον ένα σημαντικό ζήτημα βλέποντας την τεράστια αύξηση της ποσότητας των ηλεκτρονικών αποβλήτων, καθώς και την παρουσία πολύτιμων μετάλλων σε αυτά που υπογραμμίζουν την ανάγκη αποτελεσματικής διαχείρισης των αποβλήτων, δηλαδή των βασικών και πολύτιμων μετάλλων που αυτά περιέχουν όπως ο χαλκός και ο χρυσός, αντίστοιχα. Ένας μοναδικός και έξυπνος τρόπος συλλογής των ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι η χρήση του Διαδικτύου των πραγμάτων (Kangetal., 2020). Η διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων εξυπηρετεί επίσης την επίτευξη ορισμένων στόχων των Ηνωμένων Εθνών για τη βιώσιμη ανάπτυξη (SDGs), όπως η υπεύθυνη παραγωγή και κατανάλωση, που αναφέρεται ως 12ος

στόχος, οι βιώσιμες πόλεις και κοινότητες, που αναφέρονται ως 11ος στόχος, η ζωή κάτω από το νερό (14ος στόχος) και το καθαρό νερό και η αποχέτευση, που αναφέρονται ως 6ος στόχος έως το 2030. (Yongetal., 2019).

## ***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Διαφορές διαχείρισης αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών / Επίδραση άτυπης διαχείρισής σε περιβάλλον και υγεία.***

*5.1 Διαφορές ανάμεσα στην διαχείριση των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυγμένες και στις αναπτυσσόμενες χώρες.*

Η διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων (e-waste) διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες λόγω πολλών παραγόντων, όπως οι οικονομικές, τεχνολογικές, νομικές και κοινωνικές διαφορές. Ορισμένες κύριες διαφορές περιλαμβάνουν:

**Κοινωνική και Οικονομική Πραγματικότητα:** Στις αναπτυσσόμενες χώρες, η επίλυση των βασικών κοινωνικών και οικονομικών προβλημάτων είναι συχνά προτεραιότητα έναντι της διαχείρισης των e-waste. (Cheshmeh κ.ά., 2023). Η έλλειψη πόρων και υποδομής σημαίνει ότι η διαχείριση των αποβλήτων είναι συχνά ανεπαρκής. Στις ανεπτυγμένες χώρες, συνήθως υπάρχουν πιο εξελιγμένες υποδομές για τη διαχείριση των e-waste, όπως η ανακύκλωση και η ασφαλής απόρριψη. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, η έλλειψη υποδομών και τεχνολογίας μπορεί να καθιστά δυσκολότερη τη διαχείριση των e-waste, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα ανεξέλεγκτης απόρριψης.

**Νομοθεσία και Κανονισμοί:** Οι αναπτυσσόμενες χώρες μπορεί να διαθέτουν χαλαρούς νόμους και κανονισμούς σχετικά με τα e-waste, καθώς και περιορισμένες δυνατότητες επιβολής αυτών των κανονισμών. Αντίθετα, οι ανεπτυγμένες χώρες συχνά έχουν

αυστηρότερη νομοθεσία και υποδομή για τη διαχείριση των αποβλήτων. Οι ανεπτυγμένες χώρες συνήθως έχουν πιο αυστηρές νομοθετικές ρυθμίσεις για τη διαχείριση των e-waste, προωθώντας την ανακύκλωση, την αποτέφρωση με ασφάλεια και τη μείωση των επιβλαβών ουσιών. (Andooz κ.ά., 2022). Σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες, η νομοθεσία μπορεί να είναι ανεπαρκής ή να υπάρχει δυσκολία στην εφαρμογή της, με αποτέλεσμα τη μη τήρηση βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης.

**Υποδομή και Τεχνολογία:** Οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν συνήθως προηγμένες υποδομές διαχείρισης αποβλήτων και ανακύκλωσης, ενώ οι αναπτυσσόμενες χώρες μπορεί να αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην ανάπτυξη αυτής της υποδομής. Η έλλειψη εξειδικευμένης τεχνολογίας για τον ασφαλή χειρισμό και την ανακύκλωση των e-waste μπορεί να είναι πρόβλημα στις αναπτυσσόμενες χώρες.

**Συνείδηση Καταναλωτών:** Στις ανεπτυγμένες χώρες, η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση των καταναλωτών σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων είναι συνήθως υψηλότερη. Οι καταναλωτές συχνά αναζητούν τρόπους να ανακυκλώσουν ή να διαθέσουν σωστά τα ηλεκτρονικά προϊόντα τους.

**Κοινωνική Ευαισθητοποίηση και Εκπαίδευση:** Στις ανεπτυγμένες χώρες, υπάρχει συνήθως μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση για το πρόβλημα των e-waste και για τις βιώσιμες διαχειριστικές πρακτικές. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, η ευαισθητοποίηση μπορεί να είναι περιορισμένη, και η έλλειψη εκπαίδευσης σχετικά με τους κινδύνους των e-waste μπορεί να οδηγήσει σε μη βιώσιμες πρακτικές.

**Επεξεργασία των Υλικών:** Στις ανεπτυγμένες χώρες, υπάρχουν εξειδικευμένοι χώροι επεξεργασίας και ανακύκλωσης για τα διάφορα υλικά των ηλεκτρονικών προϊόντων. Στις



αναπτυσσόμενες χώρες, η έλλειψη τέτοιων υποδομών μπορεί να οδηγήσει σε μη ασφαλείς μεθόδους όπως η καύση ανοικτής φωτιάς για την εξαγωγή μετάλλων από τα ηλεκτρονικά απόβλητα.

**Εξαγωγή e-waste:** Σε αρκετές περιπτώσεις οι αναπτυσσόμενες χώρες μπορεί να λειτουργούν ως προορισμός για την εξαγωγή e-waste από ανεπτυγμένες χώρες. Αυτό μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

Σύμφωνα με τους παραπάνω παράγοντες βλέπουμε ότι η διαχείριση των e-waste στις ανεπτυγμένες χώρες είναι πιο αποτελεσματική και προηγμένη, ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες υπάρχουν πολλές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν για τη βελτίωση της διαχείρισης των αποβλήτων. Οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν πιο προηγμένες και βιώσιμες πρακτικές διαχείρισης. Για να έχουμε θετικά αποτελέσματα είναι σημαντικό να προωθηθούν παγκόσμιες προσπάθειες για τη βελτίωση της διαχείρισης των e-waste σε όλες τις περιοχές, προκειμένου να προστατευθεί το περιβάλλον και η υγεία των ανθρώπων. Η διαχείριση των αποβλήτων στις αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις λόγω των έλλειψης υποδομών, νομοθεσίας και ευαισθητοποίησης. Σε αντίθεση, οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν αναπτύξει πιο αποτελεσματικές πρακτικές για την αειφόρο διαχείριση των αποβλήτων. (Cheshmeh κ.ά., 2023)

## *5.2 Ο ρόλος και η σημασία της σωστής διαχείρισης των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) σε σχέση με το περιβάλλον και την υγεία.*

Η υγεία του ανθρώπινου πληθυσμού διατρέχει μεγάλο κίνδυνο από το αυξανόμενο φορτίο ηλεκτρονικών αποβλήτων (e-waste) στο έδαφος γη σε παγκόσμιο επίπεδο. Η άτυπη και άναρχη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων ενέχει σοβαρό κίνδυνο για την υγεία και την ευημερία τόσο των εργαζομένων όσο και των κοινοτήτων στο σύνολό τους, λόγω

της σημαντικής ποσότητας επιβλαβών συστατικών όπως ο υδράργυρος, ο μόλυβδος, το βρώμιο και το αρσενικό που υπάρχουν στις συσκευές. (Ceballos & Dong, 2016). Τα ηλεκτρονικά απόβλητα έχουν οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα υγείας, όπως ενδοκρινικές διαταραχές, ανωμαλίες αναπαραγωγής, ανωμαλίες του εγκεφάλου και της γονιδιακής έκφρασης με αποτέλεσμα τις βλαβερές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. (Hashmi & Varma, 2019).

Για παράδειγμα, η μακροχρόνια έκθεση στο αρσενικό, το οποίο βρίσκεται στα μικροσίπ πολλών συσκευών, όπως στα κινητά τηλέφωνα, μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του πνεύμονα, νευρική βλάβη και μια ποικιλία δερματικών παθήσεων. Η έκθεση σε μόλυβδο μπορεί να προκαλέσει εγκεφαλική βλάβη, νεφρική βλάβη, αιματολογικές διαταραχές και είναι ιδιαίτερα επιβλαβής για τα παιδιά. (Ahirwar & Tripathi, 2021; Hashmi & Varma, 2019)

Επομένως, δεν επηρεάζεται μόνο η υγεία των ατόμων που έρχονται σε άμεση επαφή με τα ηλεκτρονικά απόβλητα, αλλά ο κίνδυνος αυξάνεται για ολόκληρο τον πληθυσμό λόγω της ανεξέλεγκτης αύξησης των αποβλήτων, της παράνομης μεταφοράς των απορριπτόντων ηλεκτρονικών ειδών, της αποσυναρμολόγησης και του χειρισμού ηλεκτρονικών εξαρτημάτων χωρίς την κατάλληλη ασφάλεια. Τα περισσότερα ηλεκτρονικά απόβλητα διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής επειδή η αποτελεσματική τεχνολογία επανεπεξεργασίας, η οποία ανακτά τα πολύτιμα υλικά με ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, είναι ακριβή. Κατά συνέπεια, αν και παράνομες, δυνάμει της Σύμβασης της Βασιλείας, οι πλούσιες χώρες εξάγουν άγνωστη ποσότητα ηλεκτρονικών αποβλήτων σε φτωχές χώρες όπου οι τεχνικές ανακύκλωσης περιλαμβάνουν καύση και διάλυση σε ισχυρά οξέα με λίγα μέτρα για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του

περιβάλλοντος. Αυτή η επανεπεξεργασία αρχικά οδηγεί σε ακραία εντοπισμένη μόλυνση που ακολουθείται από μετανάστευση των ρύπων στα νερά υποδοχής και στις τροφικές αλυσίδες. (Withanage & Habib, 2021). Οι εργαζόμενοι στα ηλεκτρονικά απόβλητα υφίστανται αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία μέσω της επαφής με το δέρμα και της εισπνοής, ενώ η ευρύτερη κοινότητα εκτίθεται στους ρύπους μέσω του καπνού, της σκόνης, του πόσιμου νερού και των τροφίμων. Υπάρχουν ενδείξεις ότι μολυσματικές ουσίες που σχετίζονται με ηλεκτρονικά απόβλητα ενδέχεται να υπάρχουν σε ορισμένα γεωργικά ή βιομηχανικά προϊόντα προς εξαγωγή. (Robinson, 2009)

Τα ηλεκτρονικά απόβλητα αποτελούν μία παγκόσμια πρόκληση και η εξεύρεση άμεσης λύσης στο πρόβλημα αυτό κρίνεται ζωτικής σημασίας, καθώς η μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος θα επιφέρει κατά συνέπεια βελτίωση της δημόσιας υγείας των ανθρώπων. Η μείωση της παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων αποτελεί ένα θεμελιώδες ζήτημα για αυτό απαιτείται συνεργασία επιστημόνων και φορέων για να βρεθούν τρόποι που θα διασφαλίσουν την βιωσιμότητα του πλανήτη. Η σωστή και μεθοδευμένη ανακύκλωση των προϊόντων πληροφορικής μειώνει τις εκπομπές αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς και τη ρύπανση του νερού και του εδάφους που συνδέεται με την παραγωγή νέων προϊόντων από πρώτες ύλες. Οι παράνομες εξαγωγές ηλεκτρονικών προϊόντων σε υποανάπτυκτες και λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, επιδεινώνει τα περιβαλλοντικά ζητήματα και τα ζητήματα υγείας καθώς αυτές πραγματοποιούνται χωρίς να λαμβάνονται υπόψη διεθνείς συνθήκες και νόμοι κατά την μεταφορά επικίνδυνων υλικών. (Hashmi & Varma, 2019) Πρέπει να υπάρξει ενημέρωση των ανθρώπων σχετικά με τον τρόπο ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης και απόρριψης των ηλεκτρονικών ειδών σε όλα τα επίπεδα. Οι νέες τεχνολογικές λύσεις και η αυξημένη

ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ηλεκτρονικών αποβλήτων, θα οδηγήσουν σε μία πιο υπεύθυνη στάση απέναντι στην ανακύκλωση. Οι αναπτυσσόμενες χώρες χαρακτηρίζονται από υψηλό ποσοστό επισκευής και επαναχρησιμοποίησης σε έναν κυρίως άτυπο τομέα ανακύκλωσης. Τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες, η υγειονομική ταφή των ΑΗΗΕ εξακολουθεί να προκαλεί ανησυχία. Έχει διαπιστωθεί ότι η αποθήκευση ανεπιθύμητων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών προϊόντων είναι συνηθισμένη τόσο στις ΗΠΑ όσο και σε λιγότερο αναπτυγμένες οικονομίες. (Ongondo κ.ά., 2011)

Εμπόδιο στην ανακύκλωση είναι η έλλειψη ενδιαφέροντος και ευαισθητοποίησης των καταναλωτών σχετικά με τα οφέλη της ανακύκλωσης των ηλεκτρονικών απορριμμάτων και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η συμπεριφορά αυτή των καταναλωτών παίζει σημαντικό ρόλο στη συλλογή ηλεκτρονικών προϊόντων. Το ποσοστό από την συλλογή των κινητών τηλεφώνων για ανακύκλωση στη Γερμανία είναι μόλις 10%. Οι αναπτυσσόμενες χώρες, κυρίως η Κίνα, το Βιετνάμ, η Βραζιλία, η Γκάνα, το Μεξικό, η Νιγηρία και οι Φιλιππίνες, ανακυκλώνουν περίπου το 80% των ηλεκτρικών αποβλήτων που παράγονται παγκοσμίως με άτυπες μεθόδους (Perkins et al. 2014). Η Κίνα είναι η κορυφαία χώρα κατασκευής ηλεκτρονικών ειδών στον κόσμο, ωστόσο έχει γίνει ο μεγαλύτερος χώρος απόρριψης ηλεκτρονικών αποβλήτων. Οι μη εξουσιοδοτημένες και χωρίς ασφάλεια δραστηριότητες ανακύκλωσης έχουν απελευθερώσει τόνους τοξικών ρύπων στο περιβάλλον, καθώς περιλαμβάνουν τη διαλογή των απορριμμάτων, την καύση, την αποτέφρωση και το πλύσιμο με οξέα. (Salhofer κ.ά., 2016). Η βιβλιογραφία είναι γεμάτη από παραδείγματα από την Ταϊχου, το Δελχί, το Guiyu, το Λάγος και την Accra.

Η διαδικασία της ανακύκλωσης ηλεκτρονικών εξαρτημάτων μετατρέπει το υλικό που ο χρόνος ζωής του έχει τελειώσει να ξαναχρησιμοποιηθεί προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η μόλυνση του περιβάλλοντος και να υπάρχει επάρκεια στον πλανήτη από πρώτες ύλες. Στην ουσία, τα υλικά που ανακτώνται από την ανακύκλωση χρησιμεύουν ως δευτερεύουσα πηγή υλικών για χρήση στην παραγωγή νέων προϊόντων. Περικόπτει τις δαπάνες και τη χρήση πρωτογενών πρώτων υλών, εξοικονομώντας σημαντικά ενέργεια και συμβάλλοντας τελικά στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (λόγω της αποτέφρωσης) και της ρύπανσης των υδάτων (λόγω της υγειονομικής ταφής). Ουσιαστικά, η ανακύκλωση πραγματοποιείται για την αφαίρεση των πιο πολύτιμων υλικών από τα απόβλητα και την επαναχρησιμοποίησή τους. Αρχικά, ένα ηλεκτρονικό προϊόν/απόβλητο αποσυναρμολογείται και ακολουθεί η ταξινόμηση των μερών τους σύμφωνα με τις κατηγορίες υλικών.

Δεδομένου ότι τα ηλεκτρονικά απόβλητα παράγονται με τεράστιους ρυθμούς, η ανακύκλωση και η ανάκτηση πολύτιμων/χρήσιμων υλικών για επαναχρησιμοποίηση έχει καταστεί το σημαντικότερο οικονομικό και περιβαλλοντικό ζήτημα παγκοσμίως. Η ασφαλής και τυποποιημένη ανακύκλωση των ηλεκτρονικών απορριμμάτων αποτελεί αναγκαιότητα. Οι αναπτυσσόμενες και οι ανεπτυγμένες χώρες θα πρέπει να έχουν τα ίδια όρια κινδύνου για τα επικίνδυνα, δευτερογενή ηλεκτρονικά απόβλητα. (Cheshmeh κ.ά., 2023). Από όλα τα απορριπτόμενα ηλεκτρονικά είδη, μόνο το 20% περίπου ανακυκλώνεται μέσω οργανωμένων και ελεγχόμενων καναλιών, ενώ τα περισσότερα ηλεκτρονικά απόβλητα καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής ή διαχειρίζονται σε ανεπίσημους χώρους σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες. Ακόμη και στην Ε.Ε, η οποία

θεωρείται παγκόσμιος ηγέτης στην ανακύκλωση ηλεκτρονικών αποβλήτων, μόνο το 35 % των ηλεκτρονικών αποβλήτων αναφέρεται ως σωστά διαχειριζόμενη και ανακυκλωμένη. Δεν έχουν εκτιμηθεί ακόμη επαρκώς οι κοινωνικές και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που απορρέουν από το παγκόσμιο και κρίσιμο ζήτημα των ηλεκτρονικών αποβλήτων σε παγκόσμιο επίπεδο. Η σταθερή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρονικού εξοπλισμού παρατηρείται τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ο υψηλός ρυθμός κατανάλωσης ηλεκτρονικών αγαθών έχει δημιουργήσει ένα νέο ρεύμα αποβλήτων, γνωστό ως ηλεκτρικά απόβλητα ή ηλεκτρονικά απόβλητα. Ο άτυπος τομέας είναι κυρίαρχος και δραστηριοποιείται έντονα στις αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Ινδία για την ανάκτηση πολύτιμων μετάλλων από τα ηλεκτρονικά απόβλητα. Το παράνομο εμπόριο ηλεκτρονικών αποβλήτων προσθέτει επίσης ένα μεγάλο ποσοστό όγκου ηλεκτρονικών αποβλήτων. Πρόσφατες μελέτες από την Ινδία ανέφεραν ότι οι ακατέργαστες διεργασίες που εμπλέκονται στον άτυπο τομέα της ανακύκλωσης ηλεκτρονικών αποβλήτων αποτελούν σημαντική αιτία για την εκπομπή έμμονων τοξικών ουσιών στο περιβάλλον. Ορισμένες από αυτές τις μελέτες ανέφεραν ότι πραγματοποιείται ανοικτή καύση των ηλεκτρονικών αποβλήτων σε χωματερές και χώρους υγειονομικής ταφής. (Hashmi & Varma, 2019)

Για πολλές δεκαετίες, η Κίνα διαδραμάτισε ρόλο υψίστης σημασίας στην παγκόσμια διαχείριση αποβλήτων. Εκτός του ότι αποτελεί παγκόσμια δύναμη στην παραγωγή νέων τεχνολογιών, συμβάλλει στο πιο κρίσιμο σενάριο παραγωγής ΑΗΗΕ στον κόσμο. (Wang κ.ά., χ.χ.). Η Κίνα έχει τους περισσότερους δείκτες παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων στον κόσμο και διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο στην παγκόσμια διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων, μεταξύ άλλων στην κατασκευή, την

ανακαίνιση, την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. (Cheshmeh κ.ά., 2023). Η Κίνα θεωρείται γενικά ο μεγαλύτερος εισαγωγέας και ανακυκλωτής ηλεκτρονικών αποβλήτων παγκοσμίως (Yu κ.ά., 2017) και έχει καταστεί ο κύριος προορισμός τους, μεταξύ άλλων περιοχών όπως η Ινδία και οι αφρικανικές χώρες, λόγω του φθηνού εργατικού δυναμικού σε αρκετές περιοχές για άτυπες δραστηριότητες αποσυναρμολόγησης και ανακύκλωσης. Οι πόλεις Guiyu (GY), Qingyuan (QY), Taizhou (TZ) και μια σειρά άλλων πόλεων στην Κίνα διαθέτουν μεγάλες περιοχές επεξεργασίας ηλεκτρονικών αποβλήτων (Wang et al. 2011).

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ηλεκτρονικών αποβλήτων διευρύνεται παράλληλα με την άνοδο της βιομηχανίας ηλεκτρονικών ειδών. Υπάρχει ανάγκη να ποσοτικοποιηθεί η έκταση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των ηλεκτρονικών αποβλήτων με προσεκτική αξιολόγηση των τύπων και των ποσοτήτων των ρυπαντών που προέρχονται από τα ηλεκτρονικά απόβλητα. Η ορθή εκτίμηση του κινδύνου θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την τύχη, τη συμπεριφορά και τη μεταφορά των ρύπων από τα ηλεκτρονικά απόβλητα σε άλλα περιβαλλοντικά διαμερίσματα, όπως ο αέρας, το νερό και το έδαφος. (Ceballos & Dong, 2016). Είναι γεγονός ότι ο ανεπτυγμένος κόσμος εξάγει μια κολοσσιαία ποσότητα ηλεκτρονικών αποβλήτων στις αναπτυσσόμενες χώρες.(Arya & Kumar, 2020 ; Hashmi & Varma, 2019)

## ***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Νομοθεσίες / Ρυθμιστικά πλαίσια /Κανονισμοί σε παγκόσμιο επίπεδο.***

*6.1 Τι ισχύει στην Ευρώπη σχετικά με την διαχείριση των αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).*

Ο ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός εξακολουθεί να αποτελεί ένα από τα ταχύτερα αναπτυσσόμενα ρεύματα αποβλήτων στην Ε.Ε, με σημερινούς ετήσιους ρυθμούς αύξησης 2%. Υπολογίζεται ότι λιγότερο από το 40% των ηλεκτρονικών αποβλήτων ανακυκλώνεται στην Ε.Ε σήμερα. Η αξία χάνεται όταν πλήρως ή μερικώς λειτουργικά προϊόντα απορρίπτονται επειδή δεν μπορούν να επισκευαστούν, όπως η μπαταρία η οποία δεν μπορεί να αντικατασταθεί, το λογισμικό το οποίο δεν υποστηρίζεται πλέον ή τα υλικά που ενσωματώνονται στις συσκευές και δεν ανακτώνται. Περίπου δύο στους τρεις Ευρωπαίους θα ήθελαν να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν τις τρέχουσες ψηφιακές συσκευές τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, υπό την προϋπόθεση ότι η απόδοση δεν επηρεαστεί σημαντικά.

Σε ρυθμιστικό επίπεδο, οι χώρες δεν είναι όλες ευθυγραμμισμένες παγκοσμίως. Η Ευρώπη διαθέτει ένα εξαιρετικά ανεπτυγμένο ρυθμιστικό σύστημα, χάρη στην Οδηγία 2012/19/Ε.Ε, που ρυθμίζει τη συλλογή και την ανακύκλωση ΑΗΗΕ για όλα τα κράτη μέλη μέσω ποσοτικών στόχων αναφοράς. Η οδηγία σκοπεύει να ευνοήσει την ελαχιστοποίηση της παραγωγής ΑΗΗΕ, ευνοώντας βιώσιμες προσεγγίσεις μέσω μεγαλύτερης επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών. Σε κάθε κράτος μέλος ανατίθεται το καθήκον να καθιερώσει εθνικές στρατηγικές και εργαλεία για την επίτευξη κοινοτικών στόχων μέσω μιας κοινής προσπάθειας. Η οδηγία θέσπισε την αρχή της «διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού», η οποία, ακολουθώντας την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», επιβάλλει στους παραγωγούς ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού να



χρηματοδοτούν τη διαχείριση των ΑΗΗΕ. Επίσης, η οδηγία 2012/19/Ε.Ε ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ παραγωγών και ανακυκλωτών, με σκοπό να βελτιωθεί ο σχεδιασμός των προϊόντων, ώστε να διευκολύνεται η επαναχρησιμοποίησή τους, καθώς και η αποσυναρμολόγηση και η ανάκτηση κατασκευαστικών στοιχείων και υλικών από τα ΑΗΗΕ.(Συνέδριο, 2021) Ως εκ τούτου η Ευρωπαϊκή Κοινότητα βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της διαχείρισης των ΑΗΗΕ, κυρίως λόγω της οδηγίας 2012/19/Ε.Ε για τα ΑΗΗΕ, η οποία θέτει υψηλούς στόχους συλλογής και ανακύκλωσης για τα κράτη μέλη.

Τα ποσοστά παραγωγής ΑΗΗΕ αυξάνονται στην Αφρική, αν και τα ποσοστά συλλογής και ανακύκλωσης είναι χαμηλά. Η νομοθετική κάλυψη σχετικά με τα ΑΗΗΕ αυξάνεται στην Ασία (κυρίως στην Κίνα και την Ινδία) και στη Λατινική Αμερική. Η παρούσα μελέτη επισημαίνει τις αναδυόμενες ανησυχίες, όπως, η συσσώρευση αποθεμάτων συσκευών ΑΗΗΕ, τα πρότυπα επαναχρησιμοποίησης, η απαξίωση των συσκευών, το Διαδίκτυο των πραγμάτων, οι δυνατότητες συλλογής διαστημικών ηλεκτρονικών απορριμμάτων και οι αναδυόμενες τάσεις στα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά καταναλωτικά αγαθά.

(ΟΔΗΓΙΑ 2012/19/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 4ης Ιουλίου 2012 για τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) 2012.

## *6.2 Νομοθεσίες και οδηγίες για τα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στις αναπτυσσόμενες χώρες.*

Η μεγάλη ποσότητα ΑΗΗΕ που χρησιμοποιείται αντιπροσωπεύει έναν τεράστιο πόρο μετάλλων που θα μπορούσε να ανακυκλωθεί όταν ο εξοπλισμός φτάσει στο τέλος

του κύκλου ζωής του. Πολλοί ανακυκλωτές δεν ανακυκλώνουν τα ηλεκτρονικά απόβλητα με υπευθυνότητα. Μετά την απόρριψη 14.000 μετρικών τόνων τοξικής τέφρας από τη φορτηγίδα Khian Sea στην Αϊτή, δημιουργήθηκε η Σύμβαση της Βασιλείας για την ανάσχεση της ροής επικίνδυνων ουσιών στις φτωχότερες χώρες. (Osibanjo & Nporom, 2008) Δημιουργήθηκε η πιστοποίηση e-Stewards για να διασφαλισθεί ότι οι ανακυκλωτές τηρούν τα υψηλότερα πρότυπα περιβαλλοντικής υπευθυνότητας και να βοηθηθούν οι καταναλωτές να εντοπίσουν τους υπεύθυνους ανακυκλωτές. Η Σύμβαση της Βασιλείας είναι μια διεθνής περιβαλλοντική συνθήκη που υπογράφηκε αρχικά το 1989 από 170 χώρες (181 συμβαλλόμενα μέρη στις 18 Ιουλίου 2014) στο πλαίσιο του συστήματος των Ηνωμένων Εθνών που συμφώνησαν για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας από τις βλαβερές συνέπειες που προκαλούνται από την παραγωγή, τη διαχείριση, τη διασυνοριακή διακίνηση και τη διάθεση επικίνδυνων αποβλήτων. Αυτό το παγκόσμιο περιβαλλοντικό έγγραφο ρυθμίζει αυστηρά τη διασυνοριακή διακίνηση επικίνδυνων αποβλήτων και τη διάθεσή τους, καθορίζοντας τις υποχρεώσεις των εμπλεκόμενων μερών για τη διασφάλιση της περιβαλλοντικά ορθής διαχείρισής τους. Ειδικότερα, στην τελική τους διάθεση εφαρμόζεται η διαδικασία της "προηγούμενης συναίνεσης μετά από ενημέρωση" που σημαίνει ότι οι μεταφορές που γίνονται χωρίς συναίνεση θεωρούνται παράνομες, εκτός αν υπάρχει ειδική συμφωνία. Η Σύμβαση της Βασιλείας υποχρεώνει επίσης τα μέλη των χωρών να επεξεργάζονται και να διαθέτουν τα απόβλητα όσο το δυνατόν πλησιέστερα στον τόπο παραγωγής τους και να αποτρέπουν ή να ελαχιστοποιούν τη δημιουργία αποβλήτων στην προέλευσή τους. (Uhunamure κ.ά., 2021)

Λειτουργεί παράλληλα με άλλη σημαντική νομοθεσία, όπως είναι η οδηγία για τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού της Ε.Ε και ο εθνικός νόμος των Ηνωμένων Πολιτειών για την ανακύκλωση ηλεκτρονικών υπολογιστών, για να αποτρέψει την είσοδο δηλητηριωδών χημικών ουσιών στις υδάτινες οδούς και στην ατμόσφαιρα. (Forti κ.ά., 2020)

### *6.3 Κανόνες και νομοθεσία για την Διαχείριση Αποβλήτων σε Ελλάδα και ΕΕ.*

Ο Νόμος 4819 αφορά ένα (Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων – Ενσωμάτωση των Οδηγιών 2018/851 και 2018/852 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 30ής Μαΐου 2018 για την τροποποίηση της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ περί αποβλήτων και της Οδηγίας 94/62/ΕΚ περί συσκευασιών και απορριμμάτων συσκευασιών, πλαίσιο οργάνωσης του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης, διατάξεις για τα πλαστικά προϊόντα και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, χωροταξικές – πολεοδομικές, ενεργειακές και συναφείς επείγουσες ρυθμίσεις)

Νόμος 4496 (Τροποποίηση του ν. 2939/2001 για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων, προσαρμογή στην Οδηγία 2015/720/ΕΕ, ρύθμιση θεμάτων του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης).

ΚΥΑ 181504/2016 (Κατάρτιση, περιεχόμενο και σύστημα διαχείρισης του Εθνικού Μητρώου Παραγωγών (Ε.Μ.ΠΑ.). Καθορισμός διαδικασίας εγγραφής των παραγωγών, στο πλαίσιο της εναλλακτικής διαχείρισης των συσκευασιών και άλλων προϊόντων.

ΚΥΑ Η.Π. 23615/651/Ε.103 (Ενσωμάτωση της Ευρωπαϊκής οδηγίας 19/2012/ΕΚ 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).

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) (Νομικό Πλαίσιο -Ανακύκλωση συσκευών Α.Ε., 2022). (electro cycle.gr)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. Παρουσίαση διαχείρισης ΑΗΗΕ ανά Ήπειρο.**

*7.1 Τι ισχύει σε κάθε Ήπειρο για την διαχείριση των αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).*

Η διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων (e-waste) διαφέρει από ήπειρο σε ήπειρο και από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τη νομοθεσία, την υποδομή και τις πρακτικές διαχείρισης που έχουν επικρατήσει. Είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα που απαιτεί διεθνή συνεργασία και πρωτοβουλίες για την προστασία του περιβάλλοντος και την ανακύκλωση των υλικών που περιέχουν τα ηλεκτρονικά απόβλητα. Είναι σημαντικό να τηρούνται οι τοπικοί κανονισμοί και να υποστηρίζονται πρωτοβουλίες για τη βελτίωση της διαχείρισης των e-waste σε παγκόσμιο επίπεδο. Σε κάθε Ήπειρο ισχύουν διαφορετικοί κανονισμοί σχετικά με την διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων.

### *7.1.1 Αφρική*

Οι περισσότερες αφρικανικές χώρες γνωρίζουν για τους κινδύνους από την κακή διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Ωστόσο, λίγες χώρες όπως η Ουγκάντα και η Ρουάντα έχουν επίσημα έγγραφα κυβερνητικής πολιτικής για διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. (Asongu κ. ά. 2017) Παρά το γεγονός ότι σχεδόν όλες οι αφρικανικές χώρες έχουν επικυρώσει την Σύμβαση της Βασιλείας, οι περισσότερες δεν έχουν ενσωματώσει κατάλληλες νομοθετικές ρυθμίσεις για τις διάφορες ροές αποβλήτων. Η Μαδαγασκάρη (2015), η Κένυα (2016) και η Γκάνα (2016) έχουν θεσπίσει νόμο για τα ηλεκτρονικά απόβλητα. (Gollakota κ.ά., 2020) Χώρες της Νότιας Αφρικής, όπως η Ζάμπια, το Καμερούν και η Νιγηρία προσπαθούν για την επίτευξη νόμου για την διαχείριση των αποβλήτων. (Nnorom & Osibanjo, 2008a, 2008b). Ο νόμος της Κένυας για τα ηλεκτρονικά απόβλητα αναφέρει ότι καμία εταιρεία δεν θα κατασκευάζει ή θα εισάγει ΗΗΕ χωρίς να αναφέρει πού θα γίνεται η επεξεργασία των ηλεκτρονικών

αποβλήτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Η νομοθεσία της Γκάνας απαγορεύει τις εισαγωγές και τις εξαγωγές των ηλεκτρονικών αποβλήτων, καταργεί σταδιακά τη συμπερίληψη των τυπωμένων κυκλωμάτων στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό και προβλέπει τη δημιουργία ενός ταμείου διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων που θα επιτευχθεί από κατασκευαστές, εισαγωγείς και διανομείς. Αυτές οι πρωτοβουλίες από κυβερνήσεις πολλών αφρικανικών χωρών προβάλλουν την ανησυχία και το έντονο ενδιαφέρον τους για την υιοθέτηση ολοκληρωμένων προσεγγίσεων για την επίλυση-βελτίωση του προβλήματος των ηλεκτρονικών αποβλήτων. (Babayemi κ. ά. 2019) Τέτοιες προσεγγίσεις θα ελαχιστοποιήσουν τον άτυπο τομέα διαχείρισης των αποβλήτων. Επίσης πολλές χώρες λαμβάνουν συμβουλευτικές προσεγγίσεις, τεχνικές διαχείρισης καθώς και οικονομική υποστήριξη από διάφορους οργανισμούς του ΟΗΕ και άλλους αναπτυξιακούς οργανισμούς.

### *7.1.2 Αμερική*

Το 2016 στην αμερικανική ήπειρο το σύνολο των ηλεκτρονικών αποβλήτων ήταν 11,3 Mt.. Μόνο 1,9 Mt από αυτά συλλέχτηκαν και ανακυκλώθηκαν προερχόμενα κυρίως από τη Βόρεια Αμερική. Οι πλουσιότερες περιοχές όπως οι ΗΠΑ και ο Καναδάς παράγουν τα περισσότερα ηλεκτρονικά απόβλητα ανά κάτοικο, περίπου 20 kg/ώρα. Οι δύο αυτές χώρες διαθέτουν νόμους και κανονισμούς που αφορούν στη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Η υπόλοιπη ήπειρος που είναι σχετικά ανεπτυγμένη, σε σύγκριση με τον υπόλοιπο κόσμο παράγει κατά μέσο όρο 7 κιλά ανά κάτοικο. Στη Νότια Αμερική ισχύουν λιγότεροι νόμοι για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων και το μεγαλύτερο μέρος των ηλεκτρονικών αποβλήτων διαχειρίζεται από άτυπο τρόπο και από ιδιωτικές εταιρείες. Ο μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρονικών αποβλήτων στην Αμερική είναι οι Ηνωμένες

Πολιτείες της Αμερικής, με 6,3 εκατ. τόνους, είναι η Βραζιλία, με 1,5 εκατ. τόνους (Araujo κ. ά. 2012) και το Μεξικό, με 1 εκατ. τόνους. Μελέτες δείχνουν ότι οι ΗΠΑ συνέλεξαν το 22% των ηλεκτρονικών αποβλήτων που παράγονται. Το πιθανό είναι ότι μέρος των ηλεκτρονικών αποβλήτων εξάγεται σε άλλες χώρες, δεδομένου ότι οι ΗΠΑ δεν επικύρωσαν τη Σύμβαση της Βασιλείας που περιορίζει τις διασυνοριακές διακινήσεις των διεθνών επικίνδυνων αποβλήτων. (Xavier κ.ά., 2021). Το 2010, εκτιμήθηκε ότι το 8,5% των συλλεγόμενων μονάδων υπολογιστών, τηλεοράσεων, οθονών και κινητών τηλεφώνων εξήχθησαν ως ολόκληρες μονάδες. Τα περισσότερα μεγαλύτερα ηλεκτρονικά είδη, μετακινήθηκαν χερσαία ή μέσω θαλάσσης σε προορισμούς όπως το Μεξικό, η Βενεζουέλα, η Παραγουάη και η Κίνα, ενώ οι μεταχειρισμένοι υπολογιστές, ιδίως οι φορητοί υπολογιστές, ήταν περισσότερο πιθανόν να αποστέλλονται σε χώρες της Ασίας. Οι ΗΠΑ εξακολουθούν να μην έχουν εθνική νομοθεσία για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων και κάθε πολιτεία έχει τους δικούς της κανονισμούς. Το 84% του πληθυσμού των ΗΠΑ καλύπτεται από νομοθεσία για τα ηλεκτρονικά απόβλητα. Ωστόσο, 15 πολιτείες εξακολουθούν να μην διαθέτουν νομοθεσία σε ισχύ, μεταξύ των οποίων η Αλαμπάμα, το Οχάιο και η Μασαχουσέτη. (Kahhat et al., 2008) Το Πουέρτο Ρίκο και άλλες 25 αμερικανικές πολιτείες έχουν κάποιο σχετικό νόμο για την απόσυρση των αποβλήτων από τους καταναλωτές. Άλλες 17 πολιτείες μαζί με την Νέα Υόρκη έχουν απαγορεύσει την υγειονομική ταφή για οθόνες CRT και όρισαν κανονισμούς που θέτουν συγκεκριμένες απαιτήσεις για τις διαχείριση, την εισαγωγή και την εξαγωγή τους. Οι ΗΠΑ ανέλαβαν γενικά μέτρα για την πρόληψη των ηλεκτρονικών αποβλήτων και τον περιορισμό των δυσμενών επιπτώσεων που προκαλούνται από την ακατάλληλη διάθεση και επεξεργασία τους. Τα ηλεκτρονικά που αποδεικνύονται επικίνδυνα πρέπει να ακολουθούν τους κανονισμούς που αφορούν στη διατήρηση και ανάκτηση των πόρων Act

(RCRA), και να τυγχάνουν ανάλογης διαχείρισης. Οι ομοσπονδιακοί οργανισμοί έχουν την εντολή να αγοράζουν ηλεκτρονικά είδη που είναι ηλεκτρονικά προϊόντα Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης (EPEAT). Τα προϊόντα EPEAT είναι περιβαλλοντικά προτιμητέα και απαιτούν από τους κατασκευαστές (OEMs) να προσφέρουν προγράμματα επιστροφής ηλεκτρονικών ειδών στους πελάτες. Ομοσπονδιακοί οργανισμοί καλούνται να χρησιμοποιούν ανακυκλωτές ηλεκτρονικών που είναι πιστοποιημένοι είτε σύμφωνα με το πρότυπο υπεύθυνης ανακύκλωσης (R2) είτε σύμφωνα με τα πρότυπα e-Stewards. Πολλές πρωτοβουλίες αναλαμβάνονται από τις ΗΠΑ για την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος. Στο πλαίσιο της EPA για τη βιώσιμη διαχείριση υλικών SMM Electronics Challenge, η EPA συνεργάζεται με τους OEMs ηλεκτρονικών ειδών και λιανοπωλητές για τη συλλογή χρησιμοποιημένων ηλεκτρονικών ειδών από το αμερικανικό κοινό. Οι εταιρείες δεσμεύονται να χρησιμοποιούν πιστοποιημένους ανακυκλωτές ηλεκτρονικών ειδών για να διαχειριστούν το υλικό που συλλέγεται. Αυτό το διαχειριζόμενο από την EPA πρόγραμμα είναι μια εθνική προσπάθεια στο πλαίσιο του SMM. Το πρόγραμμα απαιτεί από τους συμμετέχοντες να στέλνουν το 100% των συλλεγόμενων ηλεκτρονικών ειδών σε πιστοποιημένους ανακυκλωτές, να αυξάνουν τη συλλογή σε εθνικό επίπεδο από έτος σε έτος και επίσης να αυξάνουν τη συλλογή σε πολιτείες που δεν έχουν νόμους περί επιστροφής. Ως αποτέλεσμα αυτού του προγράμματος ήταν το 2015, οι συμμετέχοντες να ανακυκλώσουν περίπου 256 χιλιάδες χρησιμοποιημένων ηλεκτρονικών ειδών. Εκτός από τις ΗΠΑ, ο Καναδάς (Kummar & Holuszko, 2016) εξακολουθεί να μην διαθέτει εθνική νομοθεσία σε ισχύ σχετικά με τη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Οι χώρες της Λατινικής Αμερικής με τον υψηλότερο όγκο παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι οι εξής: Βραζιλία 1,5 Mt, Μεξικό 1 Mt (Lopes dos Santos & Jacobi, 2022) και η Αργεντινή 0,4 Mt. (Savino & de Titto, 2020). Οι τρεις πρώτες χώρες στη Λατινική Αμερική με την



υψηλότερη παραγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων σε σχετικές ποσότητες το 2016 ήταν η Ουρουγουάη (10,8kg/ετησίως), η Χιλή (8,7 kg/ετησίως) και η Αργεντινή (8,4 kg/ετησίως). Μόνο 7 χώρες στη Λατινική Αμερική εφαρμόζουν εθνική νομοθεσία για τα απόβλητα (Βολιβία, Χιλή, Κολομβία, Κόστα Ρίκα, Εκουαδόρ, Μεξικό και Περού). (Lopes dos Santos & Jacobi 2022). Ορισμένες χώρες μόλις πρόσφατα ξεκίνησαν τη διαδικασία προώθησης νομοθεσίας για τα ηλεκτρονικά απόβλητα (Αργεντινή, Βραζιλία, Παναμάς, και Ουρουγουάη). (Gollakota κ.ά., 2020). Η Κόστα Ρίκα με ένα διάταγμα του 2010 ξεκίνησε τη διαδικασία διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων μέσω ενός εκτελεστικού οργάνου. Ταυτόχρονα, η Κολομβία υιοθέτησε ένα εθνικό σύστημα επιλεκτικής συλλογής και διαχείρισης των ηλεκτρονικών υπολογιστών και περιφερειακών συσκευών αποβλήτων. Πρόσφατα, η Κολομβία θέσπισε εθνική πολιτική για τη διαχείριση του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) (Méndez-Fajardo et al., 2020).

Το Μεξικό συλλέγει το μεγαλύτερο μέρος των ηλεκτρονικών αποβλήτων στη Λατινική Αμερική (358 χιλ. τόνους), γεγονός που οδηγεί σε ποσοστό συλλογής περίπου 36% σε σύγκριση με τα παραγόμενα ηλεκτρονικά απόβλητα. Το ποσοστό συλλογής στην υπόλοιπη Λατινική Αμερική είναι χαμηλότερο από 3%. Στην Αργεντινή για παράδειγμα συλλέγονται και ανακυκλώνονται μόνο 10,6 χλγρ. σε σύγκριση με τους 368 χιλ. τόνους ηλεκτρονικών αποβλήτων που παράγονται. (Boeni & Ott 2008, October).

### *7.1.3 Ασία*

Στην Ασία, η συνολική παραγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων ήταν 18,2 εκατ. το 2016. Η Κίνα παράγει τα υψηλότερα ηλεκτρονικά απόβλητα, ποσότητα τεράστια σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη της Ασίας αλλά και με τα υπόλοιπα κράτη στον κόσμο (7,2 εκατ. τόνους). (He κ.ά. 2020). Η Ιαπωνία παρήγε 2,1 εκατ. τόνους και η Ινδία 2 εκατ. τόνους.

Τις υψηλότερες ποσότητες ηλεκτρονικών αποβλήτων παράγουν το Χονγκ Κονγκ της Κίνας (19 kg/inh), το Μπρουνέι και η Σιγκαπούρη (περίπου 18 kg/inh). Το 72% του πληθυσμού της Ασίας καλύπτεται από εθνική νομοθεσία για τα ηλεκτρονικά απόβλητα, δεδομένου ότι χώρες της Ασίας όπως Κίνα και Ινδία διαθέτουν κανονισμούς για τη διαχείρισή τους. (Dwivedy & Mittal, 2010b) Στην Ανατολική Ασία, το επίσημο ποσοστό συλλογής πλησιάζει το 25%, ενώ σε άλλες περιοχές όπως η Κεντρική και η Νότια Ασία, εξακολουθεί να είναι 0%, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος των ηλεκτρονικών αποβλήτων να τυγχάνει διαχείρισης με άτυπο τρόπο. (Kang κ. ά. 2020) Σε σύγκριση με άλλες ηπείρους, η Ασία διαθέτει τον πιο περίπλοκο τρόπο που σχετίζεται με την διαχείριση των ΑΗΗΕ. Θεωρείται ότι έχουν ένα από τα χαμηλότερα παγκοσμίως, προσδόκιμο ζωής των ηλεκτρονικών συσκευών και μεγάλες ποσότητες κατανάλωσης, με αποτέλεσμα η ήπειρος να παράγει σημαντικές ποσότητες ηλεκτρονικών αποβλήτων ετησίως. Ο μέσος κάτοικος στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα παράγει 13,6 κιλά ηλεκτρονικών αποβλήτων, ενώ η Σαουδική Αραβία και το Κουβέιτ παράγουν την υψηλότερη ποσότητα ηλεκτρονικών αποβλήτων ανά κάτοικο στη Μέση Ανατολή (περίπου 15,9 kg/ώρα). Επίσης, χώρες που βρίσκονται ακόμη σε φάση ανάπτυξης, όπως το Αφγανιστάν και το Νεπάλ, παράγουν λιγότερο από 1kg/inh ηλεκτρονικών αποβλήτων. Δεδομένου ότι ο μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρονικών αποβλήτων στον κόσμο είναι η Κίνα, η οποία παράγει 7,2 εκατ. τόνους ηλεκτρονικών αποβλήτων, σύμφωνα με μελέτες, η ποσότητα αυτών αναμένεται να αυξηθεί σε 27 εκατ. μέχρι το 2030. (Zeng et al. 2017). Η Κίνα διαδραματίζει βασικό ρόλο στην παγκόσμια βιομηχανία ΗΗΕ γιατί είναι η πολυπληθέστερη χώρα στον κόσμο, οπότε η ζήτηση του Ηλεκτρονικού και Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού (ΗΗΕ) είναι πολύ υψηλή, καθώς έχει μια ισχυρή βιομηχανία κατασκευής ηλεκτρονικών προϊόντων. Η Κίνα διαδραματίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην

ανακαίνιση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Το 18% των παραγόμενων ηλεκτρονικών αποβλήτων έχει τεκμηριωθεί ότι συλλέγεται και ανακυκλώνεται τα τελευταία χρόνια. Παρά το γεγονός ότι διαθέτει εθνική νομοθεσία η οποία ρυθμίζει τη συλλογή και τη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων, λόγω μιας σειράς κοινωνικών και οικονομικών παραγόντων, ο άτυπος τομέας στην Κίνα εξακολουθεί να κατέχει ηγετική θέση στην επιχείρηση συλλογής και ανακύκλωσής τους, γεγονός που συχνά προκαλεί επίσημες επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία. (Cao κ. ά. 2018)

Λόγω του παγκόσμιου χαρακτήρα της αγοράς και της βιομηχανίας ηλεκτρονικών ειδών, η διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων και οι νομοθετικές εξελίξεις στην Κίνα επηρεάζουν σημαντικά την περιβαλλοντικά ορθή διαχείριση των μεταχειρισμένων ηλεκτρονικών ειδών σε διεθνές επίπεδο. (Wang κ.ά., χ.χ.). Η Κίνα αντιμετωπίζει πλέον αυξανόμενα προβλήματα ηλεκτρονικών αποβλήτων όχι μόνο λόγω της αυξανόμενης εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρονικών ειδών, αλλά και λόγω της εισροής μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρονικών αποβλήτων, κυρίως από τις ΗΠΑ, την Ε.Ε και άλλες ανεπτυγμένες χώρες. (Lu et al., 2015)

Η Ιαπωνία είναι από τις πρώτες χώρες στον κόσμο που εφάρμοσαν EPR (διευρυμένη ευθύνη του παραγωγού) για την διαχείριση των ηλεκτρονικών απόβλητων. Η Ιαπωνία βασίζεται σε ισχυρό νομικό πλαίσιο, σε ένα προηγμένο σύστημα ανάκτησης και διαθέτει αναπτυγμένη υποδομή επεξεργασίας. (Mekonnen & Tokai, 2020)

Η Ινδία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εγχώρια παραγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων (2 εκατ. τόνους το 2016) όχι μόνο λόγω τη μεγάλου πληθυσμού της , αλλά και λόγω της εισαγωγής αποβλήτων από αναπτυγμένες χώρες. Η βιομηχανία ηλεκτρονικών

ειδών της Ινδίας είναι μία από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες βιομηχανίες στον κόσμο. Ο επίσημος τομέας ανακύκλωσης ηλεκτρονικών αποβλήτων στην Ινδία αναπτύσσεται προς το παρόν στις μεγάλες πόλεις. Οι άτυπες επιχειρήσεις ανακύκλωσης στην Ινδία διαθέτουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα πάνω από ένα εκατομμύριο φτωχού πληθυσμού ο οποίος συμμετέχει σε χειρωνακτικές εργασίες ανακύκλωσης. Οι περισσότεροι από αυτούς βρίσκονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα αλφαριθμητισμού και δεν γνωρίζουν ακριβώς τους κινδύνους των εργασιών οι οποίες επιφέρουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία, αλλά και περιβαλλοντική μόλυνση λόγω του τελικού σταδίου της επεξεργασίας των ηλεκτρονικών αποβλήτων από τον άτυπο τομέα. Η Ινδία από το 2011 έχει θέσει σε ισχύ κανόνες για τα ηλεκτρονικά απόβλητα οι οποίοι επιβάλλουν στους παραγωγούς να είναι υπεύθυνοι για τη συλλογή και τη χρηματοδότηση των συστημάτων, σύμφωνα με την έννοια της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού. Ο τροποποιημένος κανόνας του 2016 έχει διατάξεις για την ευθύνη του παραγωγού και το σύστημα επιστροφής καταθέσεων στο πλαίσιο του EPR. (Awasthi κ.ά. 2016; Dwivedy & Mittal, 2010b)

Η Δυτική Ασία παράγει 2 εκατ. τόνους ηλεκτρονικών αποβλήτων. Περιλαμβάνει τόσο χώρες υψηλού εισοδήματος, όπως το Κατάρ και το Κουβέιτ, όσο και χώρες που μαστιάζονται από πολέμους και συγκρούσεις, οι οποίες δεν μπορούν να βασιστούν σε ένα ισχυρό νομοθετικό πλαίσιο και σε ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης-waste. (Zafar, 2018) Ανεξάρτητα από την οικονομική ανισότητα το Ισραήλ και η Τουρκία διαθέτουν εθνική νομοθεσία σε ισχύ. (Davis & Garb, 2019). Ωστόσο από την Τουρκία μόνο το 6% των ηλεκτρονικών αποβλήτων αναφέρεται ότι συλλέγεται και ανακυκλώνεται. (Öztürk, 2015). Σημαντικό είναι ότι οι κυβερνήσεις ορισμένων χωρών στη Δυτική Ασία δείχνουν αυξανόμενο ενδιαφέρον για την υιοθέτηση λύσεων για το πρόβλημα των

ηλεκτρονικών αποβλήτων. Πολλές χώρες λαμβάνουν μάλιστα υποστήριξη από άλλες χώρες ή ιδιωτικές εταιρείες που ενδιαφέρονται για την επιχείρηση ανακύκλωσης ηλεκτρονικών αποβλήτων.

#### *7.1.4 Ευρώπη*

Στην Ευρώπη, η συνολική παραγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων το 2016 ήταν 12,3 εκατ. τόνους, που αντιστοιχούν σε 16,6 κιλά κατά μέσο όρο ανά κάτοικο. (Sadowski, 2023) Υψηλές ποσότητες ηλεκτρονικών αποβλήτων παράγουν η Κύπρος (19,1kg/inh, παρά το γεγονός ότι έχει ισχυρή νομοθεσία σε ισχύ), ενώ η Γερμανία παρήγε 1,9 εκατ. το 2016, η οποία είναι η υψηλότερη ποσότητα στην Ευρώπη. Η Μεγάλη Βρετανία και η Ρωσία παρήγαν 1,6 και 1,4 Mt αντίστοιχα. (Gollakota κ.ά., 2020). Η Νορβηγία παράγει την υψηλότερη ποσότητα ηλεκτρονικών αποβλήτων ανά κάτοικο στην Ευρώπη (28,5 kg/ώρα), ακολουθούμενη από τη Μεγάλη Βρετανία και τη Δανία (24,9 kg/ώρα η καθεμία). Η Ελβετία, η Νορβηγία και η Σουηδία παρουσιάζουν τις πιο προηγμένες πρακτικές διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων σε ολόκληρο τον κόσμο. (Duygan & Meylan, 2015). Άλλες χώρες εξακολουθούν να καλύπτουν τη διαφορά με τη Βόρεια Ευρώπη, της οποίας το ποσοστό συλλογής είναι 49%, το υψηλότερο στον κόσμο. (Ylä-Mella & Román, 2019). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (E.E), η διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων ρυθμίζεται συλλογικά από την Οδηγία (2012/19/EE). Η οδηγία αποσκοπεί να ρυθμίσει τη συλλογή, την ανακύκλωση και την ανάκτηση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. (Gonzalez et al. 2017) Περιλαμβάνει την παροχή εθνικών σημείων συλλογής ηλεκτρονικών αποβλήτων και συστημάτων επεξεργασίας, τα οποία επιτρέπουν την ορθή διάθεση και επεξεργασία των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Η οδηγία για τα ΑΗΗΕ προβλέπει ότι τα κράτη μέλη ενθαρρύνουν το σχεδιασμό και την παραγωγή ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, ο

οποίος υπολογίζει και διευκολύνει την αποσυναρμολόγηση και την ανάκτηση, ιδίως την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων των εξαρτημάτων τους και των υλικών. Τα κράτη μέλη θεσπίζουν κατάλληλα μέτρα για την ελαχιστοποίηση της διάθεσης των ηλεκτρονικών αποβλήτων ως μη διαλεγμένα αστικά απόβλητα και προσπαθούν να επιτύχουν υψηλό επίπεδο χωριστής συλλογής των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Η οδηγία απαιτεί από τα κράτη μέλη να δημιουργήσουν συστήματα που να επιτρέψουν στους τελικούς ενδιαφερόμενους και τους διανομείς να επιστρέφουν δωρεάν τα ηλεκτρονικά απόβλητα. Για την περιβαλλοντική διασφάλιση προβλέπει την χωριστή συλλογή ηλεκτρονικών αποβλήτων, ορίζει απαιτήσεις επεξεργασίας για συγκεκριμένα υλικά και συστατικά, καθώς και για τους χώρους επεξεργασίας και αποθήκευσης αυτών. Το νομικό αυτό πλαίσιο χρησιμοποιεί την αρχή της διευρυμένης ευθύνης παραγωγού, η οποία απαιτεί από τους παραγωγούς να οργανώνουν ή/και να χρηματοδοτούν τη συλλογή, την επεξεργασία και την ανακύκλωση των προϊόντων τους στο τέλος του κύκλου ζωής τους. (Parajuly et al., 2020).

Οι χώρες με τις καλύτερες επιδόσεις στην Ευρώπη, όσον αφορά τη συλλογή ηλεκτρονικών αποβλήτων, είναι η Ελβετία, η οποία συλλέγει το 74% των παραγόμενων αποβλήτων, η Νορβηγία (74%), ενώ ακολουθούν η Σουηδία (69%), η Φινλανδία και η Ιρλανδία (55% η καθεμία). Η Ιρλανδία και η Δανία συλλέγουν το 50% των παραγόμενων αποβλήτων. (Mihai et al., 2019) Η νομοθεσία για τα ηλεκτρονικά απόβλητα και οι γνώσεις σχετικά με τη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων στις χώρες των Βαλκανίων χρειάζεται να βελτιωθούν. Το μεγαλύτερο μέρος των ηλεκτρονικών αποβλήτων διατίθεται σε χώρους υγειονομικής ταφής και καθώς δεν υπάρχουν δραστηριότητες ανακύκλωσης και ανάκτησης το αποτέλεσμα είναι να υπάρχουν προβλήματα υγείας και περιβάλλοντος. Τα

τελευταία χρόνια πολλές πρωτοβουλίες πραγματοποιήθηκαν και χρηματοδοτήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τη βελτίωση του νομικού και θεσμικού πλαισίου που επιτρέπει την ορθή διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Αυτές έχουν ως στόχο την αύξηση των ικανοτήτων των βαλκανικών χωρών (σε Μακεδονία, τη Σερβία, την Κροατία και τη Βουλγαρία) για σωστή διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων και την αύξηση της ευαισθητοποίησης των πληθυσμών στις περισσότερες χώρες των Βαλκανίων. Η Βουλγαρία και η Σλοβενία είναι μέλη της Ε.Ε οι οποίες έχουν υιοθετήσει την οδηγία για τα ΑΗΗΕ. Περίπου 158 χιλιότονοι (kt) ηλεκτρονικών αποβλήτων συλλέγονται σήμερα στα Βαλκάνια σε σύγκριση με τους 512 χιλ. τόνους που παρήχθησαν το 2016. Στη Βοσνία παρήχθησαν τουλάχιστον 6,5 kg/ώρα και το μέγιστο 16,1 kg/inh στη Σλοβενία. (Šajin, et al., 2022 ; Licastro & Sergi, 2021)

Η διάρθρωση της διάθεσης των ηλεκτρονικών αποβλήτων σε Ανατολικές χώρες όπως η Ρωσία, η Ουκρανία και η Μολδαβία δεν είναι τόσο προηγμένη σε σχέση με τις περισσότερες χώρες της Ε.Ε, όπου η συλλογή και η ανακύκλωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι ανεπαρκής παρά τις πολυάριθμες πρωτοβουλίες του ιδιωτικού τομέα ο οποίος δεν λαμβάνει επιδοτήσεις από την κυβέρνηση. Σε χώρες όπως η Πολωνία, η Τσεχία, η Ουγγαρία και η Βουλγαρία, η συλλογή και η ανακύκλωση γίνεται κυρίως υπό την καθοδήγηση του ιδιωτικού τομέα. Το ποσοστό συλλογής σε αυτές τις χώρες τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί σε περίπου 46% των εκτιμώμενων ηλεκτρονικών αποβλήτων που παράχθηκαν το 2016. (Agora, 2008 , Patil & Ramakrishna, 2020)

#### *7.1.5 Ωκεανία*

Στην Ωκεανία, η συνολική παραγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων ήταν 0,7 εκατ. το 2016. Η πρώτη χώρα με τα υψηλότερα ηλεκτρονικά απόβλητα παραγωγής σε ποσότητες

είναι η Αυστραλία (0,57Mt). Το 2016, η Αυστραλία παρήγαγε 23,6 kg/ώρα και η Νέα Ζηλανδία 20,1 kg/inh. Μόνο η αυστραλιανή κυβέρνηση εφάρμοσε πρόγραμμα ανακύκλωσης τηλεοράσεων και ηλεκτρονικών υπολογιστών το 2011. (Gollakota κ.ά., 2020). Στοιχεία δείχνουν ότι μόνο το 7,5% των ηλεκτρονικών αποβλήτων που παράγονται στην Αυστραλία συλλέγονται και ανακυκλώνονται. (Islam & Huda 2020, 2019) Στη Νέα Ζηλανδία και την υπόλοιπη Ωκεανία, το επίσημο ποσοστό συλλογής είναι 0%. Η Νέα Ζηλανδία εξακολουθεί να είναι στη διαδικασία ανάπτυξης ενός εθνικού συστήματος για την αντιμετώπιση του ζητήματος των ηλεκτρονικών αποβλήτων τα οποία βρίσκονται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Σε όλες τις νησιωτικές χώρες του Ειρηνικού, οι πρακτικές διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι κυρίως άτυπες. Το εθνικό σύστημα ανακύκλωσης υπολογιστών είναι ένα από τα πιο σημαντικά συστήματα ευθύνης του παραγωγού στην Αυστραλία στο πλαίσιο του αυστραλιανού Government's Product Stewardship Act 2011. Ο νόμος τέθηκε σε ισχύ στις 8 Αυγούστου 2011 και για τη διαχείριση προϊόντων (τηλεοράσεις και Computers) οι κανονισμοί του 2011 τέθηκαν σε ισχύ στις 8 Νοεμβρίου 2011. Το σύστημα αυτό παρέχει σε νοικοκυριά και μικρές επιχειρήσεις της Αυστραλίας πρόσβαση σε χρηματοδοτούμενες από τη βιομηχανία υπηρεσίες συλλογής και ανακύκλωσης για τηλεοράσεις και υπολογιστές. Οι βιομηχανίες ηλεκτρονικών υπολογιστών υποχρεούνται να χρηματοδοτούν τη συλλογή και την ανακύκλωση ενός μέρους των τηλεοράσεων και ηλεκτρονικών υπολογιστών που απορρίπτονται στην Αυστραλία κάθε χρόνο, με στόχο την αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης από 17% το 2010-11 σε 80% έως το 2021-22. Σε σύγκριση με την Αυστραλία, η Νέα Ζηλανδία εξακολουθεί να βρίσκεται στη διαδικασία ανάπτυξης ενός εθνικού συστήματος για την αντιμετώπιση της διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Εκτιμάται ότι περίπου 95 χιλ. ηλεκτρονικών αποβλήτων παράγονται στη Νέα Ζηλανδία



ετησίως, χωρίς πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα των ηλεκτρονικών αποβλήτων που ανακυκλώνονται, τα οποία είναι πιθανό να καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής. Το 2014, το Υπουργείο Περιβάλλοντος της Νέας Ζηλανδίας ανέθεσε σε ιδιωτικό οργανισμό να αναπτύξει ένα πλαίσιο διαχείρισης των προϊόντων για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων στη Νέα Ζηλανδία. Ο οργανισμός αυτός ανέλαβε μια ολοκληρωμένη έρευνα σχετικά με τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων για τα ηλεκτρονικά απόβλητα και ανέπτυξε συστάσεις για μια ολοκληρωμένη πρόταση διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων για τη Νέα Ζηλανδία η κυβέρνηση της οποίας εξακολουθεί να εξετάζει αυτές τις επιλογές για να αποφασίσει για ένα συγκεκριμένο σύστημα. Παρακολουθεί επίσης στενά την επιτυχία της Αυστραλίας (SLR , 2015) στο ζήτημα αυτό. Επιπλέον, η κυβέρνηση της Νέας Ζηλανδίας έχει αναπτύξει ολοκληρωμένες κατευθυντήριες γραμμές για τη συλλογή, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. (Brown et al., 2010) Στον Ειρηνικό υπάρχουν σημαντικές ποσότητες ηλεκτρονικών αποβλήτων που περιμένουν τη διάθεσή τους. Οι προσπάθειες για την αντιμετώπιση αυτού του αποθέματος αντιμετωπίζει προκλήσεις συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών, της εφοδιαστικής, της περιορισμένης πρόσβασης σε σημεία διάθεσης και στις αγορές ανακύκλωσης, καθώς και του υψηλού κόστους για τη μεταφορά των ηλεκτρονικών αποβλήτων εκτός της περιοχής. Για την εξεύρεση βιώσιμης λύσης στα ζητήματα των ηλεκτρονικών αλλά και άλλων επικίνδυνων αποβλήτων, η Ευρωπαϊκή Ένωση χρηματοδότησε ένα τετραετές έργο που αναφέρεται ως PacWaste (επικίνδυνα απόβλητα του Ειρηνικού), το οποίο διαχειρίζεται η Γραμματεία της Περιφερειακής Περιφέρειας του Ειρηνικού Περιβαλλοντικού Προγράμματος του Ειρηνικού (SPREP) στη Σαμόα. Ο αρχικός στόχος του έργου είναι η συλλογή πληροφοριών σχετικά με τις τρέχουσες πρακτικές διαχείρισης των ηλεκτρονικών

αποβλήτων και αποθεμάτων σε πέντε νησιωτικές χώρες του Ειρηνικού προκειμένου να δοθεί προτεραιότητα σε μελλοντικές δράσεις που θα βοηθήσουν άλλες νησιωτικές χώρες του Ειρηνικού να διαχειριστούν τα ηλεκτρονικά τους απόβλητα. Οι τρέχουσες πρακτικές διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων σε κάποιες υποπεριοχές είναι κυρίως άτυπες. Στις περισσότερες από αυτές τα ηλεκτρονικά απόβλητα διαχωρίζονται στους χώρους διάθεσης και πωλούνται σε ανακυκλωτές. Οι ποσότητες στις αποθήκες ηλεκτρονικών αποβλήτων σε κυβερνητικά ιδρύματα και εμπορικές εγκαταστάσεις είναι σχετικά άγνωστες. Όσον αφορά τους κανονισμούς, η Νέα Καληδονία είναι το μόνο μέρος που εφαρμόζει μέτρα όπως την ευθύνη του παραγωγού (EPR) για τα ηλεκτρονικά απόβλητα. Το σύστημα EPR της Νέας Καληδονίας διαχειρίζεται ένας μη κερδοσκοπικός περιβαλλοντικός οργανισμός (TRECOCODEC), που συλλέγει τα ηλεκτρονικά απόβλητα μέσω εθελοντικής παράδοσης και από εγκεκριμένες χωματερές. (Patil & Ramakrishna, 2020).

## ***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. Νομικά πλαίσια/προγράμματα / κανονισμοί των ΑΗΗΕ σε χώρες ανά Ήπειρο.***

### *8.1 Επισκόπηση της διαχείρισης Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) ανά χώρα.*

<b>Περιφέρεια</b>	<b>Παράδειγμα χώρας</b>	<b>Ποσοστό παραγωγής (MT/έτος)</b>	<b>Παρατηρήσεις</b>
Ευρώπη	Φινλανδία	0,11 ( 2020 )	Η Φινλανδία είχε ένα σύστημα ευθύνης παραγωγού πριν από την ύπαρξη της Οδηγίας ΑΗΗΕ για τη διαχείριση απορριμμάτων ελαστικών, απορριμμάτων χαρτιού και συσκευασίας. Η Οδηγία ΑΗΗΕ εναρμονίστηκε με την υφιστάμενη νομοθεσία (Φινλανδικός νόμος για τα απόβλητα [1072/1993]) για τη δημιουργία πλαισίου για τη διαχείριση των ΑΗΗΕ. Η τροποποιημένη νομοθεσία (Φινλανδικός νόμος περί αποβλήτων 452/2004) απαιτεί από τους παραγωγούς να διευκολύνουν τη διαχείριση (συμπεριλαμβανομένης της επαναχρησιμοποίησης και ανάκτησης) του ΗΗΕ που διαθέτουν στην αγορά, συμπεριλαμβανομένης της επιβάρυνσης του κόστους
	Γερμανία	1.60 ( Forti et	Η Οδηγία ΑΗΗΕ μεταφέρθηκε στη Γερμανία μέσω του νόμου

Περιφέρεια	Παράδειγμα χώρας	Ποσοστό παραγωγής (MT/έτος)	Παρατηρήσεις
		al., 2020 )	που διέπει την πώληση, την επιστροφή και την περιβαλλοντικά ορθή διάθεση ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ElektroG) ( Walther et al., 2009 ). Οι παραγωγοί υποχρεούνται να εγγραφούν στο Μητρώο Elektro-Altgeraete (Εθνικό Μητρώο Απορριμμάτων Ηλεκτρικού Εξοπλισμού) ( Rotter et al., 2011 ).
	Ελβετία	0,20 ( Forti et al., 2020 )	Η Ελβετία ήταν η πρώτη χώρα στον κόσμο που εγκαινίασε ένα επίσημο σύστημα διαχείρισης ΑΗΗΕ ( Duygan and Meylan, 2015 ). Το SENS, γνωστό και ως Ελβετικό Ίδρυμα για τη Διαχείριση Αποβλήτων, είναι το πρώτο σύστημα διαχείρισης WEEE EPR στην Ελβετία που συλλέγει ΑΗΗΕ για λογαριασμό κατασκευαστών και λιανοπωλητών. Αρχικά με περιορισμένο εύρος συλλογής μόνο ψυγείου και καταψύκτη, αργότερα επεκτάθηκε για να συλλέξει ένα ευρύτερο φάσμα οικιακών ΗΗΕ ( Ongondo et al., 2011a , Ongondo et al., 2011b ).
	Ηνωμένο Βασίλειο	1.59 ( Eurostat, 2017 , Forti et al., 2020 )	Η Υπηρεσία Περιβάλλοντος (EA) είναι υπεύθυνη για την επίβλεψη της διαχείρισης ΑΗΗΕ στην Αγγλία ( Ongondo et al., 2011a , Ongondo et al., 2011b ; Environment Agency, 2017 ) και μέχρι το 2013, στην Ουαλία ( Natural Resources Wales, 2017 ). Στη Σκωτία, αρμόδια είναι η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος της Σκωτίας ( SEPA, 2017 ). Η Οδηγία ΑΗΗΕ μεταφέρθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο (HB) ως κανονισμός ΑΗΗΕ, ο οποίος εφαρμόστηκε πλήρως τον Ιανουάριο του 2007 ( Ongondo et al., 2011a , Ongondo et al., 2011b , WRAP, 2017 ).
	Άλλα	–	Η υποπεριοχή των Βαλκανίων στην Ευρώπη ήταν, στο παρελθόν, προορισμός ΑΗΗΕ από ανεπτυγμένες χώρες ( Baldé et al., 2015 ). Αυτό, εκτός από τα ΑΗΗΕ που παράγονται εσωτερικά, έχει οδηγήσει σε προκλήσεις στη διαχείριση των ΑΗΗΕ στην περιοχή. Μερικές χώρες της περιοχής διαθέτουν νομοθεσία για τα ΑΗΗΕ, συμπεριλαμβανομένης της Αλβανίας, της Βοσνίας, της Σλοβενίας και της Βουλγαρίας, ενώ οι δύο τελευταίες είναι κράτη μέλη της ΕΕ. Η Αλβανία παράγει 20 ΚΤ ΑΗΗΕ ετησίως με 0,6 Κg ανά άτομο ανά έτος ( Baldé et al., 2017 ), καθιστώντας την μια από τις χαμηλότερες παραγωγούς ΑΗΗΕ στην Ευρώπη. Στο υψηλότερο άκρο της κατά κεφαλήν παραγωγής βρίσκεται η Σλοβενία, η οποία παράγει 16,1 Κg/άτομο/έτος και συνολικά 33 ΚΤ ετησίως. Η Βουλγαρία και η Βοσνία-Ερζεγοβίνη παράγουν 79ΚΤ και 25ΚΤ ΑΗΗΕ αντίστοιχα ( Baldé et al., 2017). Η συλλογή και η ανακύκλωση ΑΗΗΕ είναι σχετικά χαμηλή σε αυτήν την περιοχή σε σύγκριση με τη δυτική Ευρώπη, αν και η Βουλγαρία αναφέρεται ότι συλλέγει πάνω από το 60% των ΑΗΗΕ που παράγονται ετησίως ( Baldé et al., 2015 ).
Αφρική	Γκάνα	0,05 ( Forti et al., 2020 )	Η νομοθεσία για τα ΑΗΗΕ ψηφίστηκε στην Γκάνα το 2016. Γνωστό ως Νομοσχέδιο για τη Διαχείριση Επικίνδυνων και Ηλεκτρονικών Ελέγχου Αποβλήτων, το 2016, στοχεύει να φέρει κάποιο έλεγχο στον τομέα διαχείρισης ΑΗΗΕ ( Campen and Enders, 2016 ). Στόχος του είναι να ρυθμίσει και να περιορίσει την εισροή ΑΗΗΕ από το εξωτερικό, όπως ορίζει η Σύμβαση της Βασιλείας, και να διαχειριστεί τα ΑΗΗΕ που παράγονται

Περιφέρεια	Παράδειγμα χώρας	Ποσοστό παραγωγής (MT/έτος)	Παρατηρήσεις
			εσωτερικά ( Campen and Enders, 2016 , Baldé et al., 2017 ).
	Κένυα	0,05 ( Forti et al., 2020 )	Η Κένυα έχει υπογράψει και τις δύο Συμβάσεις της Βασιλείας και του Μπαμάκο που περιορίζουν τη διασυνοριακή μετακίνηση ΑΗΗΕ ( Ongondo et al., 2011a , Ongondo et al., 2011b ). Ο νόμος για τα ηλεκτρονικά απόβλητα της Κένυας είναι η πιο πρόσφατη νομοθεσία σχετικά με τα ΑΗΗΕ, αλλά δεν έχει ακόμη εγκριθεί επίσημα και ορίζει τη διαχείριση των ΑΗΗΕ στο τέλος του κύκλου ζωής τους ως ευθύνη των κατασκευαστών (Baldé et al., 2017 ) . Η EPRON (Extended Producer Responsibility Organisation of Nigeria) ιδρύθηκε το 2018 και περιλαμβάνει εταιρείες όπως η Dell και η Microsoft ( Forti et al., 2020 ) .
	Νιγηρία	0.3 ( UNEP, 2019 )	Η Νιγηρία απαγόρευσε την εισαγωγή μεταχειρισμένων ηλεκτρονικών ειδών το 2011. Τα ΑΗΗΕ/ΗΗΕ σχεδόν στο τέλος του κύκλου ζωής αναμειγνύονται συχνά με χρησιμοποιημένο ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό (UEEE) ( Ogungbuyi et al., 2012 , Li et al., 2013 ). Ο κανονισμός NESREA (National Environmental [Electrical/Electronic Sector] Regulations 2010 S.1.No 23) απαιτεί από τους εισαγωγείς UEEE να εγγραφούν στην Εθνική Υπηρεσία Επιβολής Προτύπων και Κανονισμών Περιβάλλοντος (NESREA) πριν ξεκινήσουν την εισαγωγή (NESREA, 2016 ) .
	Νότια Αφρική	0,41 ( Forti et al., 2020 )	Η Σύμβαση της Βασιλείας έχει επικυρωθεί από τη Νότια Αφρική, αν και συγκεκριμένα δεν έχει υπογράψει τη Σύμβαση του Μπαμάκο, η οποία απαγορεύει πλήρως τις επικίνδυνες ουσίες, συμπεριλαμβανομένων των ΑΗΗΕ. Αυτό γίνεται για να διασφαλιστεί η πιθανή εμπορία και ανακύκλωση επικίνδυνων αποβλήτων στη χώρα ( Snyman et al., 2015 ). Υπάρχει μια Εθνική Στρατηγική Διαχείρισης Αποβλήτων, σύμφωνα με την οποία τα ΑΗΗΕ ταξινομούνται ως επικίνδυνα απόβλητα ( Snyman et al., 2015 , Salhofer et al., 2017 ). Το σχέδιο διαχείρισης WEEE που αναπτύχθηκε από τη βιομηχανία ηλεκτρονικών έχει διαβιβαστεί στο Υπουργείο Περιβαλλοντικών Υποθέσεων, το οποίο σχεδιάζει να εισαγάγει φόρο EPR που θα εισπράττεται από τους παραγωγούς ΑΗΗΕ και θα χρησιμοποιείται για τη χρηματοδότηση συστημάτων συμμόρφωσης παραγωγών (PCS) ( Campen and Enders, 2016 ) .
	Άλλα	–	Στη Βόρεια Αφρική και την υποπεριοχή του Μαγκρέμπ, η Αλγερία παράγει 252 ΚΤ ΑΗΗΕ με κατά κεφαλήν παραγωγή 6,2 kg/άτομο/έτος ( Baldé et al., 2017 ), καθιστώντας την έναν από τους μεγαλύτερους συνεισφέροντες ΑΗΗΕ στην Αφρική ( Campen και Enders, 2016 , Baldé et al., 2017 ). Η Αλγερία δεν έχει επί του παρόντος νομοθεσία ειδική για τα ΑΗΗΕ και καμία καταγεγραμμένη επίσημη συλλογή ΑΗΗΕ. Η Λιβύη έχει πολύ υψηλό ποσοστό ετήσιας παραγωγής ΑΗΗΕ κατά κεφαλήν στα 11 kg ( Baldé et al., 2017 ). αυτό αυξήθηκε από τα αναφερόμενα 8,3 kg/άτομο/έτος το 2014 ( Baldé et al., 2015). Υπάρχουν λίγες πληροφορίες σχετικά με τη συλλογή και την ανακύκλωση, καθώς δεν πραγματοποιείται επίσημη καταγραφή. Η Μαυριτανία

Περιφέρεια	Παράδειγμα χώρας	Ποσοστό παραγωγής (MT/έτος)	Παρατηρήσεις
			<p>βρίσκεται στο χαμηλότερο άκρο της τάσης παραγωγής καθώς παράγει 1,3 κιλά/άτομο/έτος, χαμηλότερα από τον μέσο όρο της ηπειρωτικής χώρας. Το συνολικό ποσό που δημιουργήθηκε στη Μαυριτανία το 2016 ήταν περίπου 5,1 KT ( Baldé et al., 2017 ). Το Μαρόκο δεν είναι γνωστό ότι έχει νομοθεσία ΑΗΗΕ. παρήγαγε 127 KT ΑΗΗΕ το 2016 (3,7 kg/άτομο/έτος). Η Τυνησία έχει υποβάλει σχέδια για την εισαγωγή ενός φορολογικού συστήματος που πιστεύεται ότι προορίζεται για τη χρηματοδότηση συστημάτων συμμόρφωσης ( Campen and Enders, 2016 ). Η συνολική παραγωγή WEEE είναι 63 KT ( Baldé et al., 2017 ).</p> <p>Στην ανατολική και νότια Αφρική, η Τανζανία παρήγαγε 38 KT WEEE το 2016 ( Baldé et al., 2017). Δεν υπάρχει νομοθεσία για τη διαχείριση των ΑΗΗΕ και υπάρχει ένας σημαντικός άτυπος τομέας που επικεντρώνεται στη συλλογή και την ανακύκλωση. Υπάρχει μια συνεργασία μεταξύ της Φινλανδίας και της Τανζανίας για τη μεταφορά γνώσεων και δεξιοτήτων που περιλαμβάνει τη συναρμολόγηση τρισδιάστατων εκτυπωτών που χρησιμοποιούν κλάσματα υλικού από ανακυκλωμένα ΑΗΗΕ ( Gale, 2015 ). Η Ρουάντα συνέταξε μια πολιτική για τη διαχείριση ΑΗΗΕ το 2012 ( Campen and Enders, 2016 ). το προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης ΑΗΗΕ θα βασίζεται στην αρχή EPR και η ανάπτυξη του πλαισίου είναι ακόμη σε εξέλιξη. Η Μαδαγασκάρη παρήγαγε 14 KT WEEE το 2016 ( Baldé et al., 2017 ). Έδωσε ένα διάταγμα το 2015 για την ανάπτυξη ενός εθνικού σχεδίου διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων με βάση την αρχή EPR για ιστορικές και μελλοντικές ροές ΑΗΗΕ ( Campen and Enders, 2016). Οι Σεϋχέλλες παρήγαγαν την υψηλότερη κατά κεφαλήν παραγωγή ΑΗΗΕ στην Αφρική το 2016 (11,5 kg/άτομο/έτος) ( Baldé et al., 2017 ). Αυτό θα μπορούσε εν μέρει να αποδοθεί στο υψηλό ΑΕΠ και στο κατά κεφαλήν εισόδημά της. Τα ΑΗΗΕ στις Σεϋχέλλες αναφέρεται ότι γενικά αναμιγνύονται με γενικά απόβλητα. Ο Μαυρίκιος βρίσκεται επίσης σε υψηλό επίπεδο όσον αφορά τις εκτιμήσεις παραγωγής ΑΗΗΕ (8,5 kg/άτομο/έτος) και επί του παρόντος δεν έχει νομοθεσία σχετική με τα ΑΗΗΕ.</p>
Ασία	Κίνα	10.1 ( Forti et al., 2020 )	<p>Η νομοθεσία που σχετίζεται με τα ΑΗΗΕ στην Κίνα έχει αναπτυχθεί την τελευταία δεκαετία, παρέχοντας το νομικό πλαίσιο για την επίσημη συλλογή και επεξεργασία των ΑΗΗΕ. Η εθνική νομοθεσία περιλαμβάνει τη συλλογή και επεξεργασία μικρού και μεγάλου ηλεκτρικού εξοπλισμού όπως τηλεοράσεις, ψυγεία, πλυντήρια ρούχων. Οθόνες/οθόνες και εξοπλισμός ΤΠΕ ( Wang et al., 2013 ) – Το 18% των συνολικών παραγόμενων ΑΗΗΕ φέρεται να συλλέχτηκε το 2016, που ανέρχεται σε 1,3 MT ( Baldé et al., 2017). Υπάρχει ένα σύστημα επίσημης συλλογής ΑΗΗΕ στην Κίνα που περιλαμβάνει αδειοδοτημένους σταθμούς συλλογής και ανακυκλωτές. Αυτές οι οντότητες βρίσκονται σε άμεσο ανταγωνισμό για ΑΗΗΕ με άτυπους συλλέκτες που είναι πιο διαδεδομένοι και εύκολα προσβάσιμοι. Η άτυπη συλλογή</p>

Περιφέρεια	Παράδειγμα χώρας	Ποσοστό παραγωγής (MT/έτος)	Παρατηρήσεις
			πραγματοποιείται κυρίως με παραλαβές από πόρτα σε πόρτα, κυρίως από πλανόδιους μικροπωλητές. Τα ΑΗΗΕ που συλλέγονται μέσω αυτών των καναλιών σπάνια προορίζονται για επίσημα συστήματα επεξεργασίας ( Cao et al., 2018 ), αλλά πηγαίνουν σε συνεργεία επισκευής ή σπίτια αποσυναρμολόγησης, ανάλογα με την κατάσταση των αντικειμένων.
	Χονγκ Κονγκ	0,15 ( Forti et al., 2020 )	Το Χονγκ Κονγκ δημιούργησε πρόσφατα το πρώτο του επίσημο εργοστάσιο ανακύκλωσης για την επεξεργασία ΑΗΗΕ. Η εγκατάσταση, η οποία υποστηρίζεται από την κυβέρνηση σε συνεργασία με μια γερμανική εταιρεία διαχείρισης απορριμμάτων, χειρίζεται μεγάλα και μικρά ΑΗΗΕ υπό αυστηρές και ελεγχόμενες συνθήκες ( Bland, 2018 ). Αυτό ακολούθησε με σχέδια για την επιβολή εισφοράς στον εισαγόμενο ΗΗΕ, με τα έσοδα που παράγονται από αυτό να χρησιμοποιούνται για τη χρηματοδότηση της εγκατάστασης ανακύκλωσης ( Bland, 2018 ). Ωστόσο, εξακολουθούν να λειτουργούν παράνομες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης ΑΗΗΕ και ο αντίκτυπός τους στο περιβάλλον είναι ελάχιστο κατανοητός λόγω της έλλειψης δεδομένων ( Siyi Lin et al., 2020 ).
	Ινδία	3.2 ( Forti et al., 2020 )	Η Ινδία εισήγαγε νομοθεσία σχετικά με τα ΑΗΗΕ (Κανόνες διαχείρισης και χειρισμού ηλεκτρονικών αποβλήτων) η οποία τέθηκε σε ισχύ το 2012 ( Turaga and Bhaskar, 2017 ). Όπως και η άλλη νομοθεσία ΑΗΗΕ, βασίζεται σε ένα πλαίσιο EPR. Αυτός ο κανονισμός απαιτεί από τους παραγωγούς να επιτύχουν καθορισμένους στόχους συλλογής σε μια προσπάθεια να ενισχύσουν το ποσοστό συλλογής και ανακύκλωσης σε μια χώρα που εξακολουθεί να έχει κυρίαρχο άτυπο τομέα ΑΗΗΕ ( Turaga and Bhaskar, 2017 ). Το 95% της ανακύκλωσης πραγματοποιείται στον άτυπο τομέα ( Awasthi et al., 2016). Σύμφωνα με τον κανονισμό, οι παραγωγοί (συμπεριλαμβανομένων των ανακυκλωτών και των αποσυναρμολογητών) υποχρεούνται να εγγραφούν σε περιβαλλοντικές ρυθμιστικές αρχές που ελέγχονται από το κράτος. Οι ρυθμιστικές αρχές-γνωστές ως κρατικά συμβούλια ελέγχου ρύπανσης (SPCB) είναι υπεύθυνες για την έκδοση αδειών συλλογής και επεξεργασίας ΑΗΗΕ ( Turaga and Bhaskar, 2017 ). Ο κανονισμός έχει τροποποιηθεί για να προωθήσει υψηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης. Η τροποποίηση, παρόμοια με τις αλλαγές που έγιναν στην Οδηγία ΑΗΗΕ της ΕΕ, θέτει στόχους συλλογής ως ποσοστό του ΗΗΕ που διατίθεται στην αγορά ( Turaga and Bhaskar, 2017 ). Ο κανονισμός είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των εγγεγραμμένων εγκαταστάσεων επεξεργασίας ΑΗΗΕ ( Turaga and Bhaskar, 2017 ).
	Ιαπωνία	2.1 ( Baldé et al., 2017 )	Η Ιαπωνία ήταν μεταξύ των πρώτων χωρών στην Ασία και παγκοσμίως που ανέπτυξε και εφάρμοσε ένα σύστημα διαχείρισης WEEE βασισμένο στο EPR ( Baldé et al., 2015 , Sugimura and Murakami, 2016 , Forti et al., 2020 ). Το 2001, εισήχθη ένας νόμος για την ανακύκλωση WEEE που



Περιφέρεια	Παράδειγμα χώρας	Ποσοστό παραγωγής (MT/έτος)	Παρατηρήσεις
			ονομάζεται Νόμος για την Ανακύκλωση Οικιακών Συσκευών (HARL) που στοχεύει συγκεκριμένα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης ( Zang and Kimura, 2006 , Ongondo et al., 2011a , Ongondo et al., 2011b ). Καταναλωτικά ηλεκτρονικά είδη όπως πλυντήρια ρούχων, κλιματιστικά και τηλεοράσεις αποτελούν το υψηλότερο ποσοστό WEEE κατ' όγκο και βάρος ( Ongondo et al., 2011a , Ongondo et al., 2011b). Ο νόμος HARL υποβλήθηκε σε τροποποίηση για να συμπεριλάβει νέα και αναδυόμενα καταναλωτικά προϊόντα όπως LCD (οθόνη υγρών κρυστάλλων) και τηλεοράσεις Plasma. Ο νόμος HARL απαιτεί επίσης από τους παραγωγούς ΗΗΕ να παίρνουν πίσω προϊόντα που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους (EoL) και να επεξεργάζονται, με υλικά που ανακτώνται να επαναχρησιμοποιούνται ή να ανακυκλώνονται ( Aizawa et al., 2008 , Ongondo et al., 2011a , Ongondo et al. , 2011β ).
	Νότια Κορέα	0,8 ( Forti et al., 2020 )	Η διαχείριση των ΑΗΗΕ που παράγονται στη Νότια Κορέα γίνεται χρησιμοποιώντας ένα σύστημα που βασίζεται στο EPR βάσει του νόμου περί διαχείρισης απορριμμάτων (Νόμος για την προώθηση της διατήρησης των πόρων) (Hyunmyung and Yong-Chul , 2006 , Kim et al., 2013 ), ο οποίος εισήχθη το 2003. Υπάρχουν δίκτυα συλλογής εντός δήμων που περιλαμβάνουν είτε σημεία απόρριψης στο πεζοδρόμιο είτε συλλογή από πόρτα σε πόρτα ( Kim et al., 2013 ). Τα συλλεγμένα ΑΗΗΕ στη συνέχεια μεταφέρονται από εξουσιοδοτημένους μεταφορείς σε καθορισμένες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης ( Turaga and Bhaskar, 2017). Σύμφωνα με τον Νόμο για τα ΑΗΗΕ της Νότιας Κορέας, ρυθμίζονται έξι επικίνδυνες ουσίες (μόλυβδος, κάδμιο, υδράργυρος, πολυβρωμιωμένοι διφαινυλαιθέρες, εξασθενές χρώμιο και πολυβρωμιωμένα διφαινύλια). Η κάλυψη του ΗΗΕ βάσει του Νόμου περιορίζεται σε 10 τύπους ΗΗΕ, συμπεριλαμβανομένων των ψυγείων, των πλυντηρίων ρούχων, των κινητών τηλεφώνων και των τηλεοράσεων ( Kim et al., 2013 ).
	Βιετνάμ	0,25 ( Forti et al., 2020 )	Η πολιτική του Βιετνάμ σχετικά με τα ΑΗΗΕ, η Πρωθυπουργική Απόφαση για τα ηλεκτρονικά απόβλητα, τέθηκε σε ισχύ το 2016, με την τεράστια κυριαρχία της άτυπης ανακύκλωσης και της διασυνοριακής εισαγωγής να συνεχίζεται (Baldé et al., 2017, Borthakur and Govind, 2017 ). Οι παραγωγοί ΗΗΕ είναι επί του παρόντος υπεύθυνοι μόνο για τα απορριπτόμενα ΗΗΕ που προέρχονται από τη γραμμή παραγωγής και όχι για τα ΑΗΗΕ που παράγονται από τους καταναλωτές ( Borthakur and Govind, 2017 ).
	Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	0,16 ( Forti et al., 2020 )	Επί του παρόντος δεν υπάρχει επίσημη νομοθεσία ΑΗΗΕ στα ΗΑΕ, ωστόσο μια συνεργασία με την Ελβετία είναι να παραδώσει ένα εργοστάσιο ανακύκλωσης στο Ντουμπάι το οποίο, όταν τεθεί σε λειτουργία, θα διαχειρίζεται 39 ΚΤ ΑΗΗΕ ετησίως (Gulf Today, 2017 ).
Βόρεια	Καναδάς	0,7 ( Baldé et	Ο Καναδάς δεν έχει ομοσπονδιακή νομοθεσία ΑΗΗΕ. Ωστόσο,

Περιφέρεια	Παράδειγμα χώρας	Ποσοστό παραγωγής (MT/έτος)	Παρατηρήσεις
Αμερική		al., 2017 , Forti et al., 2020 )	το Υπουργείο Περιβάλλοντος είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση των ΑΗΗΕ. Η διαχείριση των ΑΗΗΕ στον Καναδά γίνεται κυρίως από τον ιδιωτικό τομέα στο πλαίσιο ενός Προγράμματος Διαχείρισης: Electronic Product Stewardship Canada (EPSC) ( Kumar and Holuszko, 2016 , Baldé et al., 2017 ). Οκτώ επαρχίες έχουν προγράμματα διαχείρισης προϊόντων στον Καναδά - Alberta, British Columbia, Manitoba, Newfoundland & Labrador Nova Scotia, Ontario, Quebec και Saskatchewan ( Kumar and Holuszko, 2016 , Borthakur and Govind, 2017). Αυτά τα προγράμματα είχαν ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό των οργανισμών διαχείρισης ΑΗΗΕ στις επαρχίες. Αυτοί οι οργανισμοί απαιτούν άδειες λειτουργίας, οι οποίες εκδίδονται μετά από έλεγχο που διενεργείται από το Γραφείο Προσόντων Ανακυκλωτή (RQO). Το RQO εκτελεί το εθνικό πρόγραμμα πιστοποίησης ανακυκλωτή, το οποίο διασφαλίζει ότι τα ΑΗΗΕ ανακυκλώνονται με περιβαλλοντικά ασφαλή τρόπο ( Γραφείο πιστοποίησης ανακυκλωτή, 2015 ). Οι ανακυκλωτές συλλέγουν και ανακυκλώνουν κυρίως φορητούς υπολογιστές, προσωπικούς υπολογιστές, μαζί με άλλα σχετικά περιφερειακά και μικρές οικιακές συσκευές.
	Ηνωμένες πολιτείες Αμερικής	6.9 ( Forti et al., 2020 )	Η διαχείριση των ΑΗΗΕ στις Η.Π.Α. διαφέρει μεταξύ των πολιτειών, καθώς δεν υπάρχει ομοσπονδιακή νομοθεσία για τα ΑΗΗΕ. Η Καλιφόρνια, το 2003, υιοθέτησε ένα σύστημα διαχείρισης που έθεσε την οικονομική ευθύνη των καταναλωτών του ΕΕΕ για τη διαχείριση EoL ( Li, 2011 ). Η πολιτεία του Μέιν ακολούθησε έναν νόμο για τα ηλεκτρονικά απόβλητα που βασίζεται στο EPR το 2004, ο οποίος βασίζεται στη συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων (παραγωγός, καταναλωτής και δήμος) στην κοινή ευθύνη της διαχείρισης ΑΗΗΕ (Ongondo et al., 2011a, Ongondo et al . , 2011β , Borthakur and Govind, 2017). Διαφορετικά σχήματα και πρωτοβουλίες υπάρχουν στις ΗΠΑ για τη διαχείριση ΑΗΗΕ. Ένα από αυτά είναι η Εθνική Στρατηγική για την Ηλεκτρονική Διαχείριση (NSES). Το πρόγραμμα επιτρέπει την προώθηση της περιβαλλοντικά ασφαλούς διαχείρισης EoL των ΑΗΗΕ, τη μείωση των εξαγωγών WEEE στις αναπτυσσόμενες χώρες καθώς και την ενθάρρυνση εννοιών όπως ο οικολογικός σχεδιασμός στην κατασκευή ηλεκτρονικών ειδών ( US-EPA, 2017c ). Το πλαίσιο του έχει υιοθετηθεί ευρέως για την ανάπτυξη σχεδίων δράσης για τη διαχείριση ΑΗΗΕ σε διάφορες πολιτείες των ΗΠΑ ( Baldé et al., 2017). Μια άλλη πρωτοβουλία είναι το πρόγραμμα Sustainable Materials Management (SMM) που διαχειρίζεται η US-EPA. Αυτό περιλαμβάνει τη συνεργασία μεταξύ της USEPA και των κατασκευαστών πρωτότυπου εξοπλισμού (OEM) για τη συλλογή ΑΗΗΕ από τους καταναλωτές. Επίσης, υποστηρίζει την αγορά πιστοποιημένων «πράσινων» ηλεκτρονικών ειδών, ιδιαίτερα από ομοσπονδιακούς οργανισμούς και την ανακύκλωση παραγόμενων ΑΗΗΕ σε πιστοποιημένες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης, συμπεριλαμβανομένων των πολιτειών χωρίς κανονισμούς



Περιφέρεια	Παράδειγμα χώρας	Ποσοστό παραγωγής (MT/έτος)	Παρατηρήσεις
			ανάκτησης ΑΗΗΕ ( Baldé et al., 2017 ). Υπάρχουν δύο προγράμματα πιστοποίησης για την ανακύκλωση ΑΗΗΕ στις ΗΠΑ. το Πρότυπο Υπεύθυνης Ανακύκλωσης για Ηλεκτρονικούς Ανακυκλωτές (R2), το οποίο διαχειρίζεται η Sustainable Electronics Recycling International (SERI), και το πρόγραμμα πιστοποίησης E-Stewards, από το Basel Action Network (BAN). Τα προγράμματα παρέχουν διαπίστευση σε εγκαταστάσεις ηλεκτρονικής ανακύκλωσης, υπόκεινται σε έλεγχο και πληρούν καθορισμένα κριτήρια. Πάνω από 550 ανακυκλωτές στις ΗΠΑ σε διαφορετικές πολιτείες είναι διαπιστευμένοι από το ένα ή και τα δύο συστήματα ( US-EPA, 2017b ).
Λατινική Αμερική	Αργεντινή	0,46 ( Forti et al., 2020 )	Η Αργεντινή έχει υπογράψει τη Σύμβαση της Βασιλείας, αλλά επί του παρόντος δεν έχει εθνική νομοθεσία για τα ΑΗΗΕ. Υπάρχουν νόμοι για την επεξεργασία επικίνδυνων αποβλήτων και καλύπτουν επί του παρόντος τον χειρισμό και την επεξεργασία των ΑΗΗΕ ( Torres et al., 2016 ). Η εθνική κυβέρνηση βρίσκεται επί του παρόντος σε συνεργασία με το Εθνικό Ινστιτούτο Βιομηχανικής Τεχνολογίας σε ένα πρόγραμμα που θα δημιουργήσει εγκαταστάσεις ανακύκλωσης ΑΗΗΕ και θα παρέχει την απαραίτητη εκπαίδευση για τους σχετικούς ενδιαφερόμενους ( Torres et al., 2016 ). Ο πρωταρχικός στόχος του προγράμματος είναι να αυξήσει τα ποσοστά συλλογής και ανακύκλωσης, επί του παρόντος μόνο 3% ( Torres et al., 2016 ), και να εκτρέψει τα ΑΗΗΕ μακριά από τους χώρους υγειονομικής ταφής.
	Βραζιλία	2.1 ( Forti et al., 2020 )	Η Βραζιλία έχει κανονισμούς και πολιτικές που στοχεύουν στη διαχείριση των ΑΗΗΕ. Η Εθνική Πολιτική Στερεών Αποβλήτων (Νόμος για τα Απόβλητα) εξουσιοδοτεί κάθε ενδιαφερόμενο μέρος στον κύκλο ζωής του ΗΗΕ να είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση του EoL ( Torres et al., 2016 ). η πολιτική στοχεύει στην προώθηση της αντίστροφης εφοδιαστικής των ΑΗΗΕ. Υπάρχουν εταιρείες ανακύκλωσης που δραστηριοποιούνται στη Βραζιλία, που ειδικεύονται στην αποσυναρμολόγηση και ανάκτηση υλικών όπως αλουμίνιο, πλαστικά και σύρματα. Παρά τη σημαντική αύξηση του ρυθμού παραγωγής ΑΗΗΕ στη Βραζιλία, υπάρχουν λίγα εγκεκριμένα συστήματα διαχείρισης ΑΗΗΕ, με μεγάλες ποσότητες ΑΗΗΕ να αναμιγνύονται με τα οικιακά απορρίμματα και να απορρίπτονται ( de Souza et al., 2016 ).
	Βολιβία	0,04 ( Forti et al., 2020 )	Δεν υπάρχει νομοθεσία περί ΑΗΗΕ επί του παρόντος στη Βολιβία, αλλά η κυβέρνηση έχει συνεργασία με το Πρόγραμμα Βιομηχανικής Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (UNIDO) για την αντιμετώπιση των έμμοων οργανικών ρύπων (POPs) που εκπέμπονται από την ανεξέλεγκτη ανακύκλωση WEEE
	Χιλή	0,18 ( Forti et al., 2020 )	Η Χιλή εισήγαγε έναν ειδικό νόμο για τα ΑΗΗΕ το 2016, ο οποίος παρέχει ένα νομικό πλαίσιο για τη διαχείριση των ΑΗΗΕ μέσω εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού ( Silva and Baigorrotegui, 2020 ). Ο νόμος είναι μοναδικός καθώς, σε

Περιφέρεια	Παράδειγμα χώρας	Ποσοστό παραγωγής (MT/έτος)	Παρατηρήσεις
			αντίθεση με άλλες νομοθεσίες στις χώρες της Λατινικής Αμερικής, ενσωματώνει άτυπους ανακυκλωτές, όπως συσκευές συλλογής απορριμμάτων στο σύστημα διαχείρισης ΑΗΗΕ ( Silva and Baigorrotegui, 2020 ).
	Κολομβία	0,31 ( Forti et al., 2020 )	Η Columbia παράγει κατ' εκτίμηση 250 KT WEEE ετησίως ( Kuehr et al., 2015 , World Resources Forum, 2017 ). Αναπτύσσεται κανονισμός για τα ΑΗΗΕ που περιλαμβάνει την αρχή EPR για όλες τις κατηγορίες ΗΗΕ, συμπεριλαμβανομένης της ολοκληρωμένης διαχείρισης ΑΗΗΕ ( Forti et al., 2020 ). Οι πρώτες κατευθυντήριες γραμμές που σχετίζονται με τα ΑΗΗΕ ορίστηκαν το 2013, οι οποίες παρείχαν ένα πλαίσιο για συστήματα συμμόρφωσης με τα ΑΗΗΕ ( Kuehr et al., 2015 ). Αυτό ακολούθησε μια εθνική πολιτική για τη διαχείριση των ΑΗΗΕ το 2017 με βασικούς στόχους, συμπεριλαμβανομένης της υπεύθυνης κατανάλωσης και της σωστής διαχείρισης στο τέλος του κύκλου ζωής των ΑΗΗΕ ( World Resources Forum, 2017 ).
	Μεξικό	1.2 ( Forti et al., 2020 )	Σύμφωνα με τη νομοθεσία περί αποβλήτων στο Μεξικό, τα ΑΗΗΕ ταξινομούνται ως απόβλητα ειδικού χειρισμού και υπάρχει ένα πλαίσιο που καθορίζει τις ευθύνες διαφόρων παραγόντων (από τους κατασκευαστές έως τους καταναλωτές) ( Cruz-Sotelo et al., 2016 ). Τα σχέδια στοχεύουν να επεκτείνουν την τρέχουσα νομοθεσία προκειμένου να αυξηθεί η συλλογή και η ανακύκλωση των ΑΗΗΕ ( Forti et al., 2020 ).
	Άλλα	–	Στην Παραγουάη, μια σημαντική ποσότητα από τα 44 KT ΑΗΗΕ που παράγει προορίζεται για ανοιχτές χωματερές, καθώς δεν υπάρχει επί του παρόντος νομοθεσία για τα ΑΗΗΕ. Το Περού, με ταχεία διεύρυνση των ΤΠΕ τα τελευταία χρόνια, παράγει 182 KT ΑΗΗΕ κυρίως από συσκευές ΤΠΕ ( Torres et al., 2016 ). Η νομοθεσία που σχετίζεται με τα ΑΗΗΕ - ο Εθνικός Κανονισμός για τη Διαχείριση Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού - προσδιορίζει τους ρόλους των παραγωγών, των εμπόρων λιανικής. Η επίσημη συλλογή πραγματοποιείται με προγραμματισμένες βελτιώσεις χωρητικότητας. Η παραγωγή ΑΗΗΕ στη Νικαράγουα εκτιμάται ότι είναι 2Kg/άτομο/έτος ( Στοιχεία Κεντρικής Αμερικής, 2020 ) με τη συνολική παραγωγή να υπολογίζεται σε 11 KT το 2014 ( Kuehr et al., 2015 ). Δεν υπάρχουν γνωστά επίσημα κανάλια επεξεργασίας για τη διαχείριση ΑΗΗΕ ( Στοιχεία Κεντρικής Αμερικής, 2020). Επί του παρόντος, η Ουρουγουάη δεν έχει ειδική νομοθεσία για τα ΑΗΗΕ για την αντιμετώπιση των 32 KT ΑΗΗΕ που παράγει ετησίως ( Kuehr et al., 2015 ). Τα συλλεγόμενα ΑΗΗΕ αντιμετωπίζονται κυρίως με χειροκίνητη αποσυναρμολόγηση και ανάκτηση μετάλλων.
Ωκεανία	Αυστραλία	0,57 ( Baldé et al., 2017 , Forti et al., 2020 )	Η Αυστραλία έχει κανονισμούς που καλύπτουν τη διαχείριση ΑΗΗΕ. την Εθνική Πολιτική Αποβλήτων· Product Stewardship Act; Κανονισμοί διαχείρισης προϊόντων (για τηλεοράσεις και υπολογιστές) και το Εθνικό Σύστημα Ανακύκλωσης Τηλεόρασης και Υπολογιστών (NTCRS) ( Morris and Metternicht, 2016 ).

Περιφέρεια	Παράδειγμα χώρας	Ποσοστό παραγωγής (MT/έτος)	Παρατηρήσεις
			Αυτοί οι κανονισμοί οδήγησαν στην εισαγωγή συστημάτων διαχείρισης EoL των ΑΗΗΕ. Ο κανονισμός Product Stewardship (τηλεοράσεις και υπολογιστές) που τέθηκε σε ισχύ το 2011 παρέχει ένα νομικό πλαίσιο για τη θέσπιση του NTCRS για τις υπηρεσίες ανακύκλωσης. Αυτά τα ιδιωτικά χρηματοδοτούμενα προγράμματα, που υποστηρίζονται από την εθνική κυβέρνηση, παρέχουν υπηρεσίες για τη συλλογή και ανακύκλωση υπολογιστών και τηλεοράσεων ( Morris and Metternicht, 2016 , Baldé et al., 2017). Αν και το σύστημα δεν καλύπτει άλλες κατηγορίες ΑΗΗΕ, στοχεύει να συγκεντρώσει το 80% των υπολογιστών και των τηλεοράσεων ( Αυστραλιανή Κυβέρνηση, 2018 ). Η Ένωση Κινητών Τηλεπικοινωνιών της Αυστραλίας (ΑΜΤΑ) συντονίζει τη συλλογή και την ανακύκλωση των απορριπτόμενων κινητών τηλεφώνων. Πραγματοποιεί συλλογή και ανακύκλωση μέσω του διαπιστευμένου προγράμματός της, Mobile Muster, τα οποία στη συνέχεια ανακυκλώνονται ( ΑΜΤΑ, 2018 ).
	Νέα Ζηλανδία	0,09 ( Baldé et al., 2017 , Forti et al., 2020 )	Επί του παρόντος δεν υπάρχει νομοθεσία ΑΗΗΕ στη Νέα Ζηλανδία. Ωστόσο, η κυβέρνηση έχει διερευνήσει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός συστήματος διαχείρισης προϊόντων αναλαμβάνοντας διαβουλεύσεις με τα ενδιαφερόμενα μέρη και συλλογή και ανάλυση δεδομένων ΑΗΗΕ ( Baldé et al., 2017 ).
	Άλλα	–	Η διαχείριση ΑΗΗΕ στις χώρες και εδάφη των νησιών του Ειρηνικού (PICT) είναι ως επί το πλείστο άτυπη. Η Περιφερειακή Στρατηγική Διαχείρισης Ρύπανσης Αποβλήτων του Ειρηνικού υιοθετήθηκε πρόσφατα για να διευκολυνθεί η διαχείριση των αποβλήτων στην υποπεριοχή ( Baldé et al., 2017 ). Η τρέχουσα και η μελλοντική διαχείριση ΑΗΗΕ, μαζί με άλλες ροές αποβλήτων, περιλαμβάνονται σε αυτή τη στρατηγική. Ένα άλλο έργο που υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, γνωστό ως PacWaste, το οποίο εδρεύει στη Σαμόα, βρίσκεται σε εξέλιξη για τη συλλογή σχετικών δεδομένων για τη διαχείριση ΑΗΗΕ, συμπεριλαμβανομένων δεδομένων παραγωγής και τρεχουσών πρακτικών διαχείρισης στις Νησιωτικές Χώρες του Ειρηνικού (Baldé et al., 2017 ) .

**Πίνακας 1 :** Διαχείριση και κανονισμοί ΑΗΗΕ σε επιλεγμένες χώρες και περιοχές.

## ***9. Σύνοψη και Συμπεράσματα/Μελλοντικές Επεκτάσεις για την Διαχείριση των ΑΗΗΕ.***

Από την παρούσα μελέτη προκύπτουν ουσιαστικά συμπεράσματα σχετικά με την διαχείριση των ΑΗΗΕ δεδομένου ότι οι παγκόσμιες ποσότητες ΑΗΗΕ συνεχίζουν να αυξάνονται, και η παγκόσμια διασυνοριακή κίνηση ΑΗΗΕ παρέμεινε στάσιμη όσον αφορά τις χώρες προέλευσης και προορισμού τους. Οι αναπτυσσόμενες χώρες εξακολουθούν να μην διαθέτουν αποτελεσματικά συστήματα διαχείρισης των ΑΗΗΕ με αποτέλεσμα να υπάρχουν ελάχιστες πληροφορίες σχετικά με τη ροή υλικών και τα συστήματα διαχείρισης τους. Το διεθνές εμπόριο των ΑΗΗΕ και οι συνεχείς επικαιροποιήσεις της διαχείρισης τους παγκοσμίως, αποτελούν σαφείς ενδείξεις ότι υπάρχουν μεγάλες προκλήσεις που σχετίζονται με την διευθέτηση της ροής αποβλήτων με σκοπό την εφαρμογή του μοντέλου της κυκλικής οικονομίας, επαναπροσδιορίζοντας τα απόβλητα ως πόρους. Όλες οι αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες μέσα από πρωτοβουλίες και διάφορα συστήματα οφείλουν να συνεισφέρουν στην καλύτερη αντιμετώπιση των Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Η μεγάλη τεχνολογική ανάπτυξη της ψηφιακής κοινωνίας, όπου η χρήση των ηλεκτρονικών συσκευών αυξάνεται συνεχώς και ο χρόνος μεταξύ κατασκευής και απαξίωσης μειώνεται ολοένα και περισσότερο, υποδηλώνει ότι τα e-waste απορρίμματα θα συνεχίσουν να διογκώνονται στο μέλλον για αυτό και η διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων αποτελεί πλέον ένα φλέγον ζήτημα για όλους. Η πράσινη ενέργεια θα προέρθει από φυσικούς πόρους οι οποίοι θα είναι ανανεώσιμοι.

Η πληροφορική μπορεί να συμβάλλει στην ανακύκλωση και τη διαχείριση αποβλήτων με πολλούς τρόπους, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη

συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων που χρησιμοποιούν αισθητήρες, επιγραφές και άλλες τεχνολογίες για τη συλλογή, την ταξινόμηση και τη μεταφορά των αποβλήτων. Η πληροφορική μπορεί επίσης να βοηθήσει στην ανίχνευση και την ταξινόμηση των διαφόρων υλικών και στη δημιουργία συστημάτων επιβράβευσης για την ανακύκλωση. Παράλληλα, μέσα από την ανάπτυξη εφαρμογών θα ενθαρρύνει την μείωση της παραγωγής αποβλήτων, όπως εφαρμογές για τη μείωση της χρήσης φυσικών πόρων.

Τα ανακατασκευασμένα προϊόντα θα βοηθήσουν προς την κατεύθυνση αυτή όταν ελέγχονται για λειτουργικότητα και ελαττώματα πριν πωληθούν στο κοινό, αν επισκευάζονται από τον αρχικό κατασκευαστή και αν διατίθεται ξανά για πώληση. Τεράστιες ποσότητες πρώτων υλών που είναι πραγματικά επαναχρησιμοποιήσιμες όπως ο χαλκός, ο κασσίτερος, ο σίδηρος, το αλουμίνιο, τα ορυκτά καύσιμα, το τιτάνιο, ο χρυσός, το ασήμι και άλλα δεν θα ρίπτονται σε καθημερινή βάση, αλλά θα χρησιμοποιούνται μέσου της κυκλικής οικονομίας. Έτσι τα ηλεκτρονικά απόβλητα θα μπορούσαν να αποτελέσουν μέρος της λύσης και όχι του προβλήματος για ολόκληρο των πλανήτη. (Henderson & Loreau, 2023b)

Η ευθύνη για τον έλεγχο της διαχείρισης των e-waste πρέπει να μοιράζεται μεταξύ των κατασκευαστών, των καταναλωτών και της πολιτικής που διαθέτει η κάθε χώρα. Μέσα από την ευαισθητοποίηση της κοινωνίας και την ύπαρξη κατάλληλων υποδομών για την συλλογή των ηλεκτρονικών αποβλήτων, οι μεμονωμένες βελτιώσεις στις τεχνικές ανακύκλωσης δεν επαρκούν. Οι ανεπτυγμένες χώρες που διαθέτουν την κατάλληλη τεχνολογία για την έναρξη λειτουργίας ασφαλών και αποτελεσματικών μονάδων ανακύκλωσης πρέπει να συνδράμουν και τις αναπτυσσόμενες χώρες για την καλύτερη, αποτελεσματικότερη και περισσότερο κερδοφόρα διαχείριση των e-waste. Στις

αναπτυσσόμενες χώρες υπάρχει ανάγκη για μία ικανή και παραγωγική βιομηχανία ανακύκλωσης. Προϋπόθεση είναι η ύπαρξη κατάλληλων υποδομών σε όλους τους δήμους και η συνεργασία των πολιτών. Παράδειγμα προς μίμηση είναι το Σουηδικό σύστημα που παρακολουθεί τις ποσότητες των ηλεκτρονικών αποβλήτων που παράγονται, επεξεργάζεται τη σύνθεση των αποβλήτων και ελέγχει την αποτελεσματικότητα των μεθόδων συλλογής και ανακύκλωσής τους. Κάθε πρωτοβουλία που αποσκοπεί στην ευαισθητοποίηση που σχετίζεται με τις σοβαρές και ταυτόχρονα βλαβερές συνέπειες των ηλεκτρονικών αποβλήτων, καθώς και η παροχή συμβουλών και λύσεων για μια πιο υπεύθυνη κατανάλωση πρέπει να είναι ευπρόσδεκτες.

Μοντέλα όπως η διευρυμένη ευθύνη του παραγωγού (EPR) θα ενθαρρύνει τις εταιρείες να βελτιώσουν το σχεδιασμό των προϊόντων τους λαμβάνοντας υπόψη την επαναχρησιμοποίηση, την ανακυκλωσιμότητα και τη μείωση των υλικών. Επίσης, θα αυξήσει την ευαισθητοποίηση των καταναλωτών με την επισήμανση των προϊόντων ώστε να ενημερώνονται για τον τρόπο και το κόστος ανακύκλωσής τους. Τέλος, θα προωθήσει την καινοτομία στις τεχνολογίες ανακύκλωσης και ανάκτησης. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της άτυπης ανακύκλωσης πρέπει να αντιμετωπιστούν άμεσα και αποφασιστικά. (Ni et al. 2021).

Μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να αφιερωθούν περισσότερο στα κρίσιμα υλικά σπάνιων γαιών λόγω της σπανιότητάς τους και της ζήτησής τους κάθε χρόνο στις ηλεκτρονικές συσκευές που έχουν μικρή διάρκεια ζωής και αποτελούν σημαντική πηγή πολύτιμων υλικών για κινητά τηλέφωνα και φορητούς υπολογιστές. Επίσης, οδηγίες για τον περιορισμό των τοξικών στοιχείων στα ηλεκτρονικά απόβλητα θα βοηθήσουν ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες που δεν έχουν εφαρμοσθεί τέτοιου είδους πολιτικές.

Νέες διαδικασίες και τεχνολογίες θα βοηθήσουν στο να εισάγουν μεθόδους και πρακτικές για την πρόληψη των ζημιών στο περιβάλλον. Τα ηλεκτρονικά απόβλητα είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα που απαιτεί παγκόσμια λύση και προσοχή. Η ασφαλής ανακύκλωση και η επιβολή αυστηρών νόμων και πολιτικών, θα έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών αερίων, καθώς και την αποφυγή της ρύπανσης του νερού και του εδάφους.

Η μείωση των παράνομων εξαγωγών ηλεκτρονικών προϊόντων σε υπανάπτυκτες και λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, πρέπει να γίνει αυστηρά ελεγχόμενη και όχι μόνο για την κερδοφορία κάποιων άλλων χωρών. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διεθνείς συνθήκες, νόμοι, κανονισμοί και ρυθμίσεις που να ελέγχουν τη διαχείριση και τη μεταφορά των αποβλήτων, ώστε να μην προκύπτουν περιβαλλοντικά ζητήματα καθώς και ζητήματα υγείας. Η εκπαίδευση σχετικά με τον τρόπο ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης και απόρριψης των ηλεκτρονικών ειδών σε όλα τα επίπεδα, η εξεύρεση λύσεων απέναντι στην είσοδο νέων τεχνολογιών, αλλά και η αύξηση της ευαισθητοποίησης του πληθυσμού για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ηλεκτρονικών αποβλήτων, θα οδηγήσουν σε μία πιο υπεύθυνη διαχείρισή τους παγκοσμίως. Η ασφαλής διάθεση των αποβλήτων και η επαναχρησιμοποίηση των πολύτιμων πόρων μέσω της κυκλικής οικονομίας αναμένεται ότι θα επιφέρει ουσιαστικά αποτελέσματα. Σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες η επιτυχία μέσα από την διοίκηση και τον έλεγχο απαιτεί ισχυρή πολιτική βούληση τόσο από εθνικούς όσο και από τοπικούς φορείς.

Η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων θα βοηθήσει στη βέλτιστη διαχείριση των WEEE σύμφωνα με το περιβαλλοντικό και νομοθετικό πλαίσιο κάθε χώρας. Πρωτοβουλίες για καθαρότερη παραγωγή θα συμβάλλουν στη βιώσιμη

ανάπτυξη όχι μόνο μέσω της αποτελεσματικής διαχείρισης των πόρων και της ενέργειας, αλλά και μέσω της ανάπτυξης νέων και έξυπνων τεχνολογιών, νέων τρόπων υποβοήθησης της ανάπτυξης πολιτικών και της οργάνωσης των αλυσίδων εφοδιασμού. Στόχος μέσα από την σωστή διαχείριση είναι ο μετριασμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων διατηρώντας παράλληλα την επαναχρησιμοποίηση, την κερδοφορία και την απασχόληση των ανθρώπων που εργάζονται σε αυτό τον τομέα. Η νέα δομή της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων σε συνδυασμό με οικονομικούς και κοινωνικούς προβληματισμούς απαιτεί μια σοβαρή επανεξέταση της πολιτικής για τα ηλεκτρονικά απόβλητα σε ολόκληρο τον πλανήτη. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι ερευνητές πρέπει να εργαστούν για την ανάπτυξη και την υλοποίηση νέων λύσεων που θα τείνουν προς την βέλτιστη αντιμετώπιση των e-waste. (Misra & al. 2021)

Επερχόμενες καινοτομίες θα βοηθήσουν στην σωστή διαχείριση των ΑΗΗΕ όπως για παράδειγμα μία καινοτόμος ιδέα που τυγχάνει μεγάλης αποδοχής στην Ουαλία είναι το "Repair Café". (Lindsay, 2015) Πρόκειται για κοινοτικές προσπάθειες όπου οι άνθρωποι μπορούν να φέρουν τις χαλασμένες ηλεκτρονικές συσκευές τους και να εργαστούν μαζί με εξειδικευμένους εθελοντές για να τις επισκευάσουν. Αυτά τα καφέ όχι μόνο μειώνουν τα ηλεκτρονικά απόβλητα παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής των ηλεκτρονικών συσκευών, αλλά παρέχουν επίσης την ευκαιρία στα άτομα να μάθουν βασικές δεξιότητες επισκευής, ενθαρρύνοντας την αυτοδυναμία και αποθαρρύνοντας τη νοοτροπία της απόρριψης. Αυτά τα καφέ συμβολίζουν μια αλλαγή στην κοινωνική συμπεριφορά και αντανακλούν την αφοσίωση της ουαλικής κυβέρνησης στην προώθηση μιας κοινότητας με περιβαλλοντική συνείδηση. Άλλωστε, η κυβέρνηση χρηματοδοτεί ένα πρόγραμμα για να ανοίξουν καφετέριες επισκευής σε κάθε κοινότητα, με τις επισκευές κινητών τηλεφώνων να είναι



μόνο μία από τις υπηρεσίες στις οποίες μπορεί κανείς να έχει πρόσβαση εκεί. Οι εκστρατείες αυτές παρέχουν στους πολίτες πρακτικές γνώσεις, όπως η αναγνώριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων και το πού να τα απορρίπτουν υπεύθυνα. Εκπαιδεύοντας τη νέα γενιά για τα θέματα αυτά, η Ουαλία καλλιεργεί μια κουλτούρα περιβαλλοντικής ευθύνης που θα ωφελήσει τη χώρα και τον πλανήτη για τα επόμενα χρόνια. Μελλοντικές στρατηγικές σε συνδυασμό με τις τεχνολογικές εξελίξεις θα βοηθήσουν προς την σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος. Συνεργασίες με εταιρείες τεχνολογίας θα οδηγήσουν στην ανταλλαγή γνώσεων και στο σχεδιασμό πιο βιώσιμων ηλεκτρονικών συσκευών. Τα ερευνητικά ιδρύματα μέσα από καινοτόμες τεχνολογίες ανακύκλωσης και αποτελεσματικές στρατηγικές διαχείρισης αποβλήτων θα δώσουν λύσεις για καλύτερα αποτελέσματα παγκοσμίως. (Charter & Keiller, 2018)

Η έλλειψη εφαρμογής μιας αποτελεσματικής διαχείρισης παραμένει η μεγαλύτερη πρόκληση στην ορθή διαχείριση των ΑΗΗΕ και δεν περιορίζεται μόνο στις λιγότερο ανεπτυγμένες οικονομικά χώρες. Η εισαγωγή ρυθμιστικών πλαισίων, όπου δεν υπάρχουν και η επιβολή της νομοθεσίας θα επιφέρει σημαντικά αποτελέσματα. Οι δραστηριότητες του άτυπου τομέα των ΑΗΗΕ πρέπει να ρυθμίζονται και να καταγράφονται καλύτερα, έτσι ώστε να είναι γνωστή η αξία τους και να μειώνονται οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Οι κατασκευαστές οφείλουν να υιοθετήσουν τις αρχές της κυκλικής οικονομίας από το σχεδιασμό έως το τέλος του κύκλου ζωής των ΑΗΗΕ. Η ανάκτηση επαναχρησιμοποιήσιμων ΑΗΗΕ θα απαιτήσει τον καθορισμό σαφών προτύπων επαναχρησιμοποίησης για τα προϊόντα που θα επανεισάγονται στην κυκλική οικονομία. Οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν την ευθύνη να μοιραστούν γνώσεις, να μεταφέρουν τεχνολογία

και να επενδύουν σε εγκαταστάσεις τελευταίας τεχνολογίας για τις αναπτυσσόμενες χώρες. (Kalogiannidis et al. 2022)

Η λογική διαχείριση των αποβλήτων είναι απαραίτητη για την οικονομική ανάπτυξη των αναπτυσσόμενων χωρών. Η επαναχρησιμοποίηση, η μείωση, η ανακύκλωση και η μηχανική επωφελής αλληλεπίδραση μπορούν να μειώσουν το ρυθμό επέκτασης των ηλεκτρονικών αποβλήτων και να επιδιώξουν ιδέες μηδενικών αποβλήτων με φυσικά πλεονεκτήματα και να δημιουργήσουν κατάλληλες πρακτικές για τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος. (Frazzoli et al. 2022) Είναι φανερό ότι υπάρχει επιτακτική ανάγκη για ενδελεχή έρευνα σχετικά με τα ηλεκτρονικά απόβλητα, συμπεριλαμβανομένης της ποσότητας παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων, των στρατηγικών συλλογής, των οργανισμών επανεπεξεργασίας, των σημερινών πρακτικών μεταφοράς και των διαφόρων οικολογικών επιπτώσεων με σκοπό την ασφαλή διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Ο κανόνας των τριών R, γνωστός και ως τα τρία R της οικολογίας ή απλά 3R (Reduce, Reuse, Recycle), είναι μια πρόταση που στόχο έχει την ανάπτυξη υπεύθυνων καταναλωτικών συνηθειών για τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος μέσω της μείωσης του όγκου των παραγόμενων αποβλήτων. (Murthy & Ramakrishna, 2022a)

Η παρούσα έρευνα μέσα από μία βιβλιογραφική επισκόπηση φιλοδοξεί να αναδείξει το ουσιώδες και κρίσιμο ζήτημα που αφορά τα ηλεκτρονικά απόβλητα και τη διαχείρισή τους και να συμβάλει στην πληροφόρηση και την ευαισθητοποίηση των ατόμων με σκοπό την ελαχιστοποίηση του προβλήματος και την προστασία του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ζούμε και την προάσπιση της ανθρώπινης υγείας. Το πρόβλημα της διαχείρισης των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών αποβλήτων έγινε περισσότερο γνωστό την τελευταία δεκαετία κατά την οποία δημοσιεύονταν περισσότερα

από 100 άρθρα ετησίως. Ωστόσο, ο τεράστιος όγκος των ηλεκτρονικών αποβλήτων που παράγονται κάθε χρόνο παγκοσμίως δυσχεραίνει το ζήτημα και την επίλυσή του.

## 10. Βιβλιογραφία

- Abdul-Rahman, F., & Wright, S. E. (2014). Reduce, reuse, recycle: alternatives for waste management. *Environmental Research*, *194*, 110728. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110728>
- Ádám, B., Göen, T., Scheepers, P. T. J., Adliene, D., Batinic, B., Budnik, L. T., Duca, R.-C., Ghosh, M., Giurgiu, D. I., Godderis, L., Goksel, O., Hansen, K. K., Kassomenos, P., Milic, N., Orru, H., Paschalidou, A., Petrovic, M., Puiso, J., Radonic, J., ... Au, W. W. (2021). From inequitable to sustainable e-waste processing for reduction of impact on human health and the environment. *Environmental Research*, *194*, 110728. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110728>
- Ahirwar, R., & Tripathi, A. K. (2021). E-waste management: A review of recycling process, environmental and occupational health hazards, and potential solutions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, *15*, 100409. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100409>
- Akberdina, V., Strielkowski, W., Linder, N., Kashirin, S., & Shmeleva, L. (2023). Information Technology and Digital Sufficiency for Building the Sustainable Circular Economy. *Energies*, *16*(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/en16031399>
- Amasuomo, E., & Baird, J. (2016). The concept of waste and waste management. *J. Mgmt. & Sustainability*, *6*, 88.
- Andooz, A., Eqbalpour, M., Kowsari, E., Ramakrishna, S., & Cheshmeh, Z. A. (2022). A comprehensive review on pyrolysis of E-waste and its sustainability. *Journal of Cleaner Production*, *333*, 130191. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130191>
- Ankit, Saha, L., Kumar, V., Tiwari, J., Sweta, Rawat, S., Singh, J., & Baudhdh, K. (2021). Electronic waste and their leachates impact on human health and environment: Global ecological threat and management. *Environmental Technology & Innovation*, *24*, 102049. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102049>
- Arora, R. (2008). Best Practices for e-waste management in developing nations. *Europe Aid Co-operation Office*, 1-24.
- Arya, S., & Kumar, S. (2020). Bioleaching: Urban mining option to curb the menace of E-waste challenge. *Bioengineered*, *11*(1), 640–660. <https://doi.org/10.1080/21655979.2020.1775988>
- Asongu, S. A., Le Roux, S., & Biekpe, N. (2017). Environmental degradation, ICT and inclusive development in Sub-Saharan Africa. *Energy Policy*, *111*, 353–361. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.09.049>
- Awasthi, A. K., & Li, J. (2017). Management of electrical and electronic waste: A comparative evaluation of China and India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *76*, 434–447. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.067>
- Awasthi, A. K., Zeng, X., & Li, J. (2016). Environmental pollution of electronic waste recycling in India: A critical review. *Environmental Pollution*, *211*, 259–270. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.11.027>

- Araújo, M. G., Magrini, A., Mahler, C. F., & Bilitewski, B. (2012). A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil. *Waste Management*, 32(2), 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.09.020>
- Ardi, R., & Leisten, R. (2016). Assessing the role of informal sector in WEEE management systems: A System Dynamics approach. *Waste Management*, 57, 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.038>
- Azizi, D. D. S., Hanafiah, M. M., & Woon, K. S. (2023). Material Flow Analysis in WEEE Management for Circular Economy: A Content Review on Applications, Limitations, and Future Outlook. *Sustainability*, 15(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/su15043505>
- Babayemi, J. O., Nnorom, I. C., Osibanjo, O., & Weber, R. (2019). Ensuring sustainability in plastics use in Africa: Consumption, waste generation, and projections. *Environmental Sciences Europe*, 31(1), 1–20.
- Baldé, C. P., D'Angelo, E., Luda, V., Deubzer, O., & Kuehr, R. (2022). *Global Transboundary E-waste Flows Monitor 2022*.
- Balde, C. P., Iattoni, G., Luda di Cortemiglia, V., Nnorom, I., Pecheniuk, O., & Kuehr, R. (2021). *Regional E-waste Monitor for the CIS + Georgia – 2021*. <http://collections.unu.edu/view/UNU:8703>
- Baxter, J., Lyng, K.-A., Askham, C., & Hanssen, O. J. (2016a). High-quality collection and disposal of WEEE: Environmental impacts and resultant issues. *Waste Management*, 57, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.02.005>
- Boeni, H., Silva, U., & Ott, D. (2008, October). E-waste recycling in Latin America: Overview, challenges and potential. In *Proceedings of the 2008 Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, REWAS* (Vol. 2008, pp. 665-73).
- Brown, C., Milke, M., & Seville, E. (2010). Waste management as a “Lifeline”? A New Zealand case study analysis. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 1(2), 192-206.
- Cao, J., Xu, J., Wang, H., Zhang, X., Chen, X., Zhao, Y., Yang, X., Zhou, G., & Schnoor, J. L. (2018). Innovating Collection Modes for Waste Electrical and Electronic Equipment in China. *Sustainability*, 10(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/su10051446>
- Ceballos, D. M., & Dong, Z. (2016). The formal electronic recycling industry: Challenges and opportunities in occupational and environmental health research. *Environment International*, 95, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.07.010>
- Charter, M., & Keiller, S. (2018). Repair cafes: Circular and social innovation. In *Designing for the circular economy* (pp. 270-284). Routledge.
- Chen, X., Zhu, J., Ruan, J., Tang, Y., & Qiu, R. (2020). Debromination and Decomposition Mechanisms of Phenolic Resin Molecules in Ball Milling with Nano-Zerovalent Iron. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(1), 172–178. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b05071>
- Cheshmeh, Z. A., Bigverdi, Z., Egbalpour, M., Kowsari, E., Ramakrishna, S., & Gheibi, M. (2023). A comprehensive review of used electrical and electronic equipment management with a focus on the circular economy-based policy-making. *Journal of Cleaner Production*, 389, 136132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136132>
- D'Adamo, I., Rosa, P., & Terzi, S. (2016). Challenges in Waste Electrical and Electronic Equipment Management: A Profitability Assessment in Three European Countries. *Sustainability*, 8(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/su8070633>
- Davis, J. M., & Garb, Y. (2019). Extended responsibility or continued dis/articulation? Critical perspectives on electronic waste policies from the Israeli-Palestinian case. *Environment and Planning E: Nature and Space*, 2(2), 368-389.

- Duygan, M., & Meylan, G. (2015). Strategic management of WEEE in Switzerland—combining material flow analysis with structural analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, *103*, 98–109. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.06.005>
- Dwivedy, M., & Mittal, R. K. (2010a). Estimation of future outflows of e-waste in India. *Waste Management*, *30*(3), 483–491. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.024>
- Dwivedy, M., & Mittal, R. K. (2010b). Future trends in computer waste generation in India. *Waste Management*, *30*(11), 2265–2277. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.06.025>
- Fiore, S., Ibanescu, D., Teodosiu, C., & Ronco, A. (2019). Improving waste electric and electronic equipment management at full-scale by using material flow analysis and life cycle assessment. *Science of the Total Environment*, *659*, 928–939. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.417>
- Forti, V., & Baldé, C. P. (χ.χ.). *Suivi des déchets d'équipements électriques et électroniques à l'échelle mondiale pour 2020*.
- Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (χ.χ.). *The Global E-waste Monitor 2020*.
- Frazzoli, C., Ruggieri, F., Battistini, B., Orisakwe, O. E., Igbo, J. K., & Bocca, B. (2022). E-WASTE threatens health: The scientific solution adopts the one health strategy. *Environmental Research*, *212*, 113227. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113227>
- Ganguly, R. (2016). E-Waste Management in India – An Overview. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, *09*(02).
- Gollakota, A. R. K., Gautam, S., & Shu, C.-M. (2020). Inconsistencies of e-waste management in developing nations – Facts and plausible solutions. *Journal of Environmental Management*, *261*, 110234. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110234>
- Giannetti, B. F., Agostinho, F., Eras, J. J. C., Yang, Z., & Almeida, C. M. V. B. (2020). Cleaner production for achieving the sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, *271*, 122127. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122127>
- González, X. M., Rodríguez, M., & Pena-Boquete, Y. (2017). The social benefits of WEEE re-use schemes. A cost benefit analysis for PCs in Spain. *Waste Management*, *64*, 202–213. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.03.009>
- He, P., Feng, H., Hu, G., Hewage, K., Achari, G., Wang, C., & Sadiq, R. (2020). Life cycle cost analysis for recycling high-tech minerals from waste mobile phones in China. *Journal of Cleaner Production*, *251*, 119498. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119498>
- Henderson, K., & Loreau, M. (2023b). A model of Sustainable Development Goals: Challenges and opportunities in promoting human well-being and environmental sustainability. *Ecological Modelling*, *475*, 110164. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.110164>
- Hettiarachchi, H., Ryu, S., Caucci, S., & Silva, R. (2018). Municipal solid waste management in Latin America and the Caribbean: Issues and potential solutions from the governance perspective. *Recycling*, *3*(2), 19.
- Houessionon, M. G. K., Ouendo, E.-M. D., Bouland, C., Takyi, S. A., Kedote, N. M., Fayomi, B., Fobil, J. N., & Basu, N. (2021). Environmental Heavy Metal Contamination from Electronic Waste (E-Waste) Recycling Activities Worldwide: A Systematic Review from 2005 to 2017. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073517>
- Hsu, E., Barmak, K., West, A. C., & Park, A.-H. A. (2019). Advancements in the treatment and processing of electronic waste with sustainability: A review of metal extraction and recovery technologies. *Green Chemistry*, *21*(5), 919–936. <https://doi.org/10.1039/C8GC03688H>



- Islam, M. T., & Huda, N. (2018a). Application of Material Flow Analysis (MFA) in Electronic Waste (E-Waste) Management: A Review. *Proceedings*, 2(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/proceedings2231457>
- Islam, M. T., & Huda, N. (2018b). Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review. *Resources, Conservation and Recycling*, 137, 48–75. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.026>
- Islam, M. T., & Huda, N. (2019). E-waste in Australia: Generation estimation and untapped material recovery and revenue potential. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117787. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117787>
- Islam, M. T., & Huda, N. (2020). Reshaping WEEE management in Australia: An investigation on the untapped WEEE products. *Journal of Cleaner Production*, 250, 119496. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119496>
- Ismail, H., & Hanafiah, M. M. (2019). An overview of LCA application in WEEE management: Current practices, progress and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 232, 79–93. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.329>
- Jadhao, P. R., Ahmad, E., Pant, K. K., & Nigam, K. D. P. (2020). Environmentally friendly approach for the recovery of metallic fraction from waste printed circuit boards using pyrolysis and ultrasonication. *Waste Management*, 118, 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.028>
- Kahhat, R., Kim, J., Xu, M., Allenby, B., Williams, E., & Zhang, P. (2008). Exploring e-waste management systems in the United States. *Resources, conservation and recycling*, 52(7), 955-964.
- Kalogiannidis, S., Kalfas, D., Chatzitheodoridis, F., & Kontsas, S. (2022). The Impact of Digitalization in Supporting the Performance of Circular Economy: A Case Study of Greece. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/jrfm15080349>
- Kang, K. D., Kang, H., Ilankoon, I. M. S. K., & Chong, C. Y. (2020). Electronic waste collection systems using Internet of Things (IoT): Household electronic waste management in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119801. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119801>
- Kaya, M. (2016). Recovery of metals and nonmetals from electronic waste by physical and chemical recycling processes. *Waste Management*, 57, 64–90. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.004>
- Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G., & Masood, S. (2014a). Metal Extraction Processes for Electronic Waste and Existing Industrial Routes: A Review and Australian Perspective. *Resources*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/resources3010152>
- Khan, S., Murshed, M., Ozturk, I., & Khudoykulov, K. (2022). The roles of energy efficiency improvement, renewable electricity production, and financial inclusion in stimulating environmental sustainability in the Next Eleven countries. *Renewable Energy*, 193, 1164–1176. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.065>
- Kiddee, P., Naidu, R., & Wong, M. H. (2013). Electronic waste management approaches: An overview. *Waste management*, 33(5), 1237-1250.
- Kumar, A., & Holuszko, M. (2016). Electronic waste and existing processing routes: A Canadian perspective. *Resources*, 5(4), 35.
- Kusch, S. (χ.χ.). *WEEE (Waste electrical and electronic equipment): A major sustainability challenge*.
- Licastro, A., & Sergi, B. S. (2021). Drivers and barriers to a green economy. A review of selected Balkan countries. *Cleaner Engineering and Technology*, 4, 100228.
- Lindsay, R. (2015). *Worcester Repair Café* (Doctoral dissertation, University of Worcester).

- Liu, C., Huo, X., Lin, P., Zhang, Y., Li, W., & Xu, X. (2015). Association between blood erythrocyte lead concentrations and hemoglobin levels in preschool children. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(12), 9233–9240. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3992-3>
- Lopes dos Santos, K., & Jacobi, P. R. (2022). Alignments between e-waste legislation and the Sustainable Development Goals: the United Kingdom, Brazil, and Ghana case studies. *Geo: Geography and Environment*, 9(1), e00104.
- Lu, C., Zhang, L., Zhong, Y., Ren, W., Tobias, M., Mu, Z., & Xue, B. (2015). An overview of e-waste management in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 17, 1-12.
- Marshall, R. E., & Farahbakhsh, K. (2013). Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. *Waste management*, 33(4), 988-1003.
- Marinello, S., & Gamberini, R. (2021). Multi-Criteria Decision Making Approaches Applied to Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): A Comprehensive Literature Review. *Toxics*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/toxics9010013>
- Mekonnen, G. B., & Tokai, A. (2020). A historical perspective of municipal solid waste management and recycling system in Japan: learning for developing countries. *Journal of sustainable development*, 13(3), 85-101.
- Mihai, F. C., Gnoni, M. G., Meidiana, C., Ezeah, C., & Elia, V. (2019). Waste electrical and electronic equipment (WEEE): flows, quantities, and management—a global scenario. In *Electronic waste management and treatment technology* (pp. 1-34). Butterworth-Heinemann.
- Misra, N. R., Kumar, S., & Jain, A. (2021, February). A review on E-waste: Fostering the need for green electronics. In *2021 international conference on computing, communication, and intelligent systems (ICCCIS)* (pp. 1032-1036). IEEE.
- Murthy, V., & Ramakrishna, S. (2022). A Review on Global E-Waste Management: Urban Mining towards a Sustainable Future and Circular Economy. *Sustainability*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/su14020647>
- Méndez-Fajardo, S., Böni, H., Vanegas, P., & Sucozhañay, D. (2020). Improving sustainability of E-waste management through the systemic design of solutions: the cases of Colombia and Ecuador. In *Handbook of Electronic Waste Management* (pp. 443-478). Butterworth-Heinemann.
- Murthy, V., & Ramakrishna, S. (2022a). A Review on Global E-Waste Management: Urban Mining towards a Sustainable Future and Circular Economy. *Sustainability*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/su14020647>
- N. Perkins, D., Brune Drisse, M.-N., Nxele, T., & D. Sly, P. (2014). E-Waste: A Global Hazard. *Annals of Global Health*, 80(4), 286. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.10.001>
- Ni, D., Xiao, Z., & Lim, M. K. (2021). Machine learning in recycling business: an investigation of its practicality, benefits and future trends. *Soft Computing*, 25, 7907-7927.
- Nowakowski, P. (2019). Investigating the reasons for storage of WEEE by residents—A potential for removal from households. *Waste Management*, 87, 192-203.
- Nnorom, I. C., Igwe, J. C., & Oji-Nnorom, C. G. (2005). Trace metal contents of facial (make-up) cosmetics commonly used in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 4(10).
- Nnorom, I. C., & Osibanjo, O. (2008a). Electronic waste (e-waste): Material flows and management practices in Nigeria. *Waste management*, 28(8), 1472–1479.
- Nnorom, I. C., & Osibanjo, O. (2008b). Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries. *Resources, conservation and recycling*, 52(6), 843–858.
- Ojha, M. K. (2020). E-waste: Scenarios and Management. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, 11(11), 2074-2083.

- Ongondo, F. O., Williams, I. D., & Cherrett, T. J. (2011a). How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste Management*, 31(4), 714–730. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.10.023>
- Ongondo, F. O., Williams, I. D., & Keynes, S. (2011a). Estimating the impact of the “digital switchover” on disposal of WEEE at household waste recycling centres in England. *Waste Management*, 31(4), 743–753. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.11.005>
- Pan, X., Wong, C. W. Y., & Li, C. (2022). Circular economy practices in the waste electrical and electronic equipment (WEEE) industry: A systematic review and future research agendas. *Journal of Cleaner Production*, 365, 132671. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132671>
- Parajuly, K., Fitzpatrick, C., Muldoon, O., & Kuehr, R. (2020). Behavioral change for the circular economy: A review with focus on electronic waste management in the EU. *Resources, Conservation & Recycling: X*, 6, 100035.
- Patil, R. A., & Ramakrishna, S. (2020). A comprehensive analysis of e-waste legislation worldwide. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(13), 14412–14431. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07992-1>
- Pradhan, J. K., & Kumar, S. (2014). Informal e-waste recycling: Environmental risk assessment of heavy metal contamination in Mandoli industrial area, Delhi, India. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(13), 7913–7928. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-2713-2>
- Pont, A., Robles, A., & Gil, J. A. (2019). E-WASTE: Everything an ICT Scientist and Developer Should Know. *IEEE Access*, 7, 169614–169635. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2955008>
- Qin, B., Lin, M., Yao, Z., Zhu, J., Ruan, J., Tang, Y., & Qiu, R. (2020). A novel approach of accurately rationing adsorbent for capturing pollutants via chemistry calculation: Rationing the mass of CaCO<sub>3</sub> to capture Br-containing substances in the pyrolysis of nonmetallic particles of waste printed circuit boards. *Journal of Hazardous Materials*, 393, 122410. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122410>
- Rautela, R., Arya, S., Vishwakarma, S., Lee, J., Kim, K.-H., & Kumar, S. (2021). E-waste management and its effects on the environment and human health. *Science of the Total Environment*, 773, 145623. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145623>
- Robinson, B. H. (2009). E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*, 408(2), 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.044>
- Sadowski, K. (2023). Comparison of the Carbon Payback Period (CPP) of Different Variants of Insulation Materials and Existing External Walls in Selected European Countries. *Energies*, 16(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/en16010113>
- Šajin, R., Ristović, I., & Čeplak, B. (2022). Mining and Metallurgical Waste as Potential Secondary Sources of Metals—A Case Study for the West Balkan Region. *Minerals*, 12(5), 547.
- Salhofer, S., Steuer, B., Ramusch, R., & Beigl, P. (2016). WEEE management in Europe and China – A comparison. *Waste Management*, 57, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.014>
- Savino, A. A., & de Titto, E. (2020). Sustainable waste management challenges in Argentina. In *Sustainable Waste Management Challenges in Developing Countries* (pp. 1-34). IGI Global.
- Schumacher, K. A., & Agbemabiese, L. (2019). Towards comprehensive e-waste legislation in the United States: Design considerations based on quantitative and qualitative assessments. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 605–621. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.06.033>
- Sethurajan, M., van Hullebusch, E. D., Fontana, D., Akcil, A., Deveci, H., Batinic, B., Leal, J. P., Gasche, T. A., Ali Kucuker, M., Kuchta, K., Neto, I. F. F., Soares, H. M. V. M., & Chmielarz, A. (2019). Recent advances on hydrometallurgical recovery of critical and precious elements



from end of life electronic wastes—A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 49(3), 212–275. <https://doi.org/10.1080/10643389.2018.1540760>

- Shittu, O. S., Williams, I. D., & Shaw, P. J. (2021). Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. *Waste Management*, 120, 549–563. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.016>
- Uhunamure, S. E., Edokpayi, J. N., & Shale, K. (2021). Occupational Health Risk of Waste Pickers: A Case Study of Northern Region of South Africa. *Journal of Environmental and Public Health*, 2021, e5530064. <https://doi.org/10.1155/2021/5530064>
- Walther, G., Steinborn, J., Spengler, T. S., Luger, T., & Herrmann, C. (2010). Implementation of the WEEE-directive—Economic effects and improvement potentials for reuse and recycling in Germany. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 47(5), 461–474. <https://doi.org/10.1007/s00170-009-2243-0>
- Wang, F., Scycle, U.-I., Kuehr, R., Scycle, U.-I., Ahlquist, D., Scycle, U.-I., & Li, J. (χ.χ.). *E-waste in China: A country report*.
- Withanage, S. V., & Habib, K. (2021). Life Cycle Assessment and Material Flow Analysis: Two Under-Utilized Tools for Informing E-Waste Management. *Sustainability*, 13(14), Article 14. <https://doi.org/10.3390/su13147939>
- Xavier, L. H., Ottoni, M., & Lepawsky, J. (2021). Circular economy and e-waste management in the Americas: Brazilian and Canadian frameworks. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126570. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126570>
- Ylä-Mella, J., & Román, E. (2019). Waste electrical and electronic equipment management in Europe: Learning from best practices in Switzerland, Norway, Sweden and Denmark. In *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (pp. 483-519). Woodhead Publishing.
- Ylä-Mella, J., Poikela, K., Lehtinen, U., Keiski, R. L., & Pongrácz, E. (2014). Implementation of Waste Electrical and Electronic Equipment Directive in Finland: Evaluation of the collection network and challenges of the effective WEEE management. *Resources, Conservation and Recycling*, 86, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.02.001>
- Yu, K. H., Zhang, Y., Li, D., Montenegro-Marin, C. E., & Kumar, P. M. (2021). Environmental planning based on reduce, reuse, recycle and recover using artificial intelligence. *Environmental Impact Assessment Review*, 86, 106492.
- Yu, D., Duan, H., Song, Q., Liu, Y., Li, Y., Li, J., Shen, W., Luo, J., & Wang, J. (2017). Characterization of brominated flame retardants from e-waste components in China. *Waste Management*, 68, 498–507. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.033>
- Yu, J., Williams, E., Ju, M., & Yang, Y. (2010). Forecasting Global Generation of Obsolete Personal Computers. *Environmental Science & Technology*, 44(9), 3232–3237. <https://doi.org/10.1021/es903350q>
- Yong, Y. S., Lim, Y. A., & Ilankoon, I. M. S. K. (2019). An analysis of electronic waste management strategies and recycling operations in Malaysia: Challenges and future prospects. *Journal of Cleaner Production*, 224, 151–166. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.205>
- Zafar, S. (2018). Waste management outlook for the Middle East. *The Palgrave Handbook of Sustainability: Case Studies and Practical Solutions*, 159-181.
- Zeng, X., Yang, C., Chiang, J. F., & Li, J. (2017). Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. *Science of the Total Environment*, 575, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.078>
- Zheng, J., He, C.-T., Chen, S.-J., Yan, X., Guo, M.-N., Wang, M.-H., Yu, Y.-J., Yang, Z.-Y., & Mai, B.-X. (2017). Disruption of thyroid hormone (TH) levels and TH-regulated gene expression

by polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), polychlorinated biphenyls (PCBs), and hydroxylated PCBs in e-waste recycling workers. *Environment International*, 102, 138–144. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.009>

Zhilyaev, D., Cimpan, C., Cao, Z., Liu, G., Askegaard, S., & Wenzel, H. (2021). The living, the dead, and the obsolete: A characterization of lifetime and stock of ICT products in Denmark. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105117.

Zlamparet, G. I., Ijomah, W., Miao, Y., Awasthi, A. K., Zeng, X., & Li, J. (2017). Remanufacturing strategies: A solution for WEEE problem. *Journal of Cleaner Production*, 149, 126-136.

## Βιβλία

Ashiq, A., Kulkarni, J., & Vithanage, M. (2019). Chapter 10—Hydrometallurgical Recovery of Metals From E-waste. Στο M. N. V. Prasad & M. Vithanage (Επιμ.), *Electronic Waste Management and Treatment Technology* (σσ. 225–246). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816190-6.00010-8>

Chagnes, A., Cote, G., Ekberg, C., Nilsson, M., & Retegan, T. (2016). *WEEE recycling: Research, development, and policies*. Elsevier.

Forti, V., Balde, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*. United Nations University/United Nations Institute for Training and Research, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association. <https://collections.unu.edu/view/UNU:7737>

Herat, S., & Panikkar, A. K. (2019). Chapter 12 - E-waste Management in Australia: Current Status. Στο M. N. V. Prasad & M. Vithanage (Επιμ.), *Electronic Waste Management and Treatment Technology* (σσ. 269–284). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816190-6.00012-1>

Hajian, M., & Jangchi Kashani, S. (2021). 1—Evolution of the concept of sustainability. From Brundtland Report to sustainable development goals. Στο C. M. Hussain & J. F. Velasco-Muñoz (Επιμ.), *Sustainable Resource Management* (σσ. 1–24). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824342-8.00018-3>

Hashmi, M. Z., & Varma, A. (Επιμ.). (2019). *Electronic Waste Pollution: Environmental Occurrence and Treatment Technologies* (τ. 57). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-26615-8>

Herat, S., & Panikkar, A. K. (2019). Chapter 12 - E-waste Management in Australia: Current Status. Στο M. N. V. Prasad & M. Vithanage (Επιμ.), *Electronic Waste Management and Treatment Technology* (σσ. 269–284). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816190-6.00012-1>

*Κυκλική Οικονομία: Ένα νέο οικονομικό μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης*. (χ.χ.). ΕΚΤ. Ανακτήθηκε 12 Απρίλιος 2023, από <https://www.ekt.gr/el/magazines/features/23377>

Masud, M. H., Mourshed, M., Hossain, Md. S., Ahmed, N. U., & Dabnichki, P. (2023). Chapter 2 - Generation of waste: Problem to possible solution in developing and underdeveloped nations. Στο P. Singh, P. Verma, R. Singh, A. Ahamad, & A. C. S. Batalhão (Επιμ.), *Waste Management and Resource Recycling in the Developing World* (σσ. 21–59). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90463-6.00021-X>

Nnorom, I. C., & Odeyingbo, O. A. (2020). 14—Electronic waste management practices in Nigeria. Στο M. N. V. Prasad, M. Vithanage, & A. Borthakur (Επιμ.), *Handbook of Electronic Waste*

*Management* (σσ. 323–354). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817030-4.00014-0>

Orsini, L., Kessler, S., Wei, J., & Field, H. (2019). 10—How the Brooklyn Microgrid and TransActive Grid are paving the way to next-gen energy markets. Στο W. Su & A. Q. Huang (Επιμ.), *The Energy Internet* (σσ. 223–239). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102207-8.00010-2>

Silva, U., & Baigorrotegui, G. (2020). 21 - The Chilean regulation of waste electrical and electronic equipment (WEEE): Some of the challenges and opportunities to incorporate informal E-waste recyclers. Στο M. N. V. Prasad, M. Vithanage, & A. Borthakur (Επιμ.), *Handbook of Electronic Waste Management* (σσ. 517–531). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817030-4.00020-6>

## Αναφορές-Αναρτήσεις-Άρθρα Συνεδρίου

Ένας φορτιστής για όλα στην ΕΕ-Οι νέοι κανόνες—*Aftodioikisi.gr*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 24 Οκτώβριος 2022, από <https://www.aftodioikisi.gr/diethni/enas-fortistis-gia-ola-stin-ee-oi-neoi-kanones/>

Λίγο πριν την ανακύκλωση • WeGoGreen. (χ.χ.). *WeGoGreen*. Ανακτήθηκε 8 Μάιος 2023, από <https://wegogreen.gr/info-material/before-recycling/>

Νομικό Πλαίσιο—Ανακύκλωση συσκευών Α.Ε. (2022, Οκτώβριος 6). <https://www.electrocycle.gr/nomiko-plaisio/>

Ολοκληρωμένη διαχείριση Στερεών & Υγρών αποβλήτων—*Laboratory of Green & Blue ideas*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 27 Μάιος 2023, από <https://sdconsultants.gr/>

Συνέδριο, Ε. Ε. (2021). *Δράσεις της ΕΕ και τρέχουσες προκλήσεις σχετικά με τα ηλεκτρονικά απόβλητα* [Report]. Ευρωπαϊκή Ένωση. <https://ketlib.lib.unipi.gr/xmlui/handle/ket/3643>

Συνέδριο, Ε. Ε. (2021). *Δράσεις της ΕΕ και τρέχουσες προκλήσεις σχετικά με τα ηλεκτρονικά απόβλητα* [Report]. Ευρωπαϊκή Ένωση. <https://ketlib.lib.unipi.gr/xmlui/handle/ket/3643>

*E-Waste Management in India: Issues and Strategies*—Rama Mohana R. Turaga, Kalyan Bhaskar, Satish Sinha, Daniel Hinchliffe, Morton Hemkhaus, Rachna Arora, Sandip Chatterjee, Deepali Sinha Khetriwal, Verena Radulovic, Pranshu Singhal, Hitesh Sharma, 2019. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 17 Ιούλιος 2023, από <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0256090919880655>

Kuehr, R. (2023, Μάρτιος 18). Launch of project to optimise raw material reuse and recovery in electronic products. *SCYCLE*. <https://www.scycle.info/launch-of-project-to-optimise-raw-material-reuse-and-recovery-in-electronic-products/>

Schluep, M. (2017, Ιούλιος 17). Colombia First Latin American Country With E-waste Management Policy. *World Resources Forum*. <https://www.wrforum.org/projects/sri/colombia-e-waste-management-policy/>

Herb, K. (2021, Μάιος 27). E WASTE STATISTICS PROVE YOUR COMPANY CAN MAKE A DIFFERENCE [infographic]. *Global Electronic Recycling*. <https://gerteam.com/e-waste-statistics-prove-your-company-can-make-a-difference-infographic/>

Kuehr, R. (2023, Μάρτιος 18). Launch of project to optimise raw material reuse and recovery in electronic products. *SCYCLE*. <https://www.scycle.info/launch-of-project-to-optimise-raw-material-reuse-and-recovery-in-electronic-products/>

Lakhwani, K., Gianey, H., Agarwal, N., & Gupta, S. (2019). Development of IoT for Smart Agriculture a Review. Στο V. S. Rathore, M. Worring, D. K. Mishra, A. Joshi, & S. Maheshwari (Επιμ.),

*Emerging Trends in Expert Applications and Security* (σσ. 425–432). Springer.

[https://doi.org/10.1007/978-981-13-2285-3\\_50](https://doi.org/10.1007/978-981-13-2285-3_50)

Lee, E. A. (2008). Cyber Physical Systems: Design Challenges. *2008 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC)*, 363–369. <https://doi.org/10.1109/ISORC.2008.25>

Moletsane, R. I., & Venter, C. (2018). Electronic Waste and its Negative Impact on Human Health and the Environment. *2018 International Conference on Advances in Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD)*, 1–7.

<https://doi.org/10.1109/ICABCD.2018.8465473>

Pellicciari, M., Avotins, A., Bengtsson, K., Berselli, G., Bey, N., Lennartson, B., & Meike, D. (2015). AREUS — Innovative hardware and software for sustainable industrial robotics. *2015 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*, 1325–1332. <https://doi.org/10.1109/CoASE.2015.7294282>

Schlupe, M. (2017, Ιούλιος 17). Colombia First Latin American Country with E-waste Management Policy. *World Resources Forum*. <https://www.wrforum.org/projects/sri/colombia-e-waste-management-policy/>

To Agboghoshie στην Γκάνα είναι μια παγκόσμια χωματερή τεχνολογίας. Μια τοξική βόμβα. (2019, Ιούλιος 30). *Kopanaki news*. <https://kopanakinews.wordpress.com/2019/07/30/to-agboghoshie->

Yang, J., Kumar, V., Ekren, B., & Kuzmin, E. (2021). Understanding the Role of Digital Technologies in Supply Chain Risks Management. Στο V. Kumar, J. Rezaei, V. Akberdina, & E. Kuzmin (Επιμ.), *Digital Transformation in Industry* (σσ. 133–146). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-73261-5\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-73261-5_13)

## Ιστοσελίδες

*A model to rapidly assess informal electronic waste systems—John-Michael Davis, 2021.* (χ.χ.).

Ανακτήθηκε 17 Ιούλιος 2023, από

<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0734242X20932225>

*E-Waste Management in India: Issues and Strategies—Rama Mohana R. Turaga, Kalyan Bhaskar, Satish Sinha, Daniel Hinchliffe, Morton Hemkhaus, Rachna Arora, Sandip Chatterjee, Deepali Sinha Khetriwal, Verena Radulovic, Pranshu Singhal, Hitesh Sharma, 2019.* (χ.χ.).

Ανακτήθηκε 17 Ιούλιος 2023, από

<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0256090919880655>

*Launch of project to optimise raw material reuse and recovery in electronic products—SCYCLE.* (χ.χ.).

Ανακτήθηκε 23 Αύγουστος 2023, από [https://www.scycle.info/launch-of-project-to-](https://www.scycle.info/launch-of-project-to-optimise-raw-material-reuse-and-recovery-in-electronic-products/)

[optimise-raw-material-reuse-and-recovery-in-electronic-products/](https://www.scycle.info/launch-of-project-to-optimise-raw-material-reuse-and-recovery-in-electronic-products/)

*Practicalities of individual producer responsibility under the WEEE directive: Experiences in Germany—*

*Vera Susanne Rotter, Perrine Chancerel, Wolf-Peter Schill, 2011.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 17

Ιούλιος 2023, από <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0734242x11415753>

US EPA, O. (2015, Αύγουστος 23). *National Strategy for Electronics Stewardship (NSES)* [Overviews and Factsheets]. <https://www.epa.gov/smm-electronics/national-strategy-electronics-stewardship-nses>

Wales, L. B., Editor, Welsh Business News & News from. (2023, Ιούνιος 28). *How Is Wales Tackling E-Waste?* News from Wales. <https://newsfromwales.co.uk/how-is-wales-tackling-e-waste/>



- Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) / Scottish Environment Protection Agency (SEPA).* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 17 Ιούλιος 2023, από <https://www.sepa.org.uk/regulations/waste/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee/>
- 17 Συγκλονιστικές στατιστικές για τα ηλεκτρονικά απόβλητα το 2023—*The Roundup*. (2021, Αύγουστος 12). <https://theroundup.org/global-e-waste-statistics/>
- Ανδρονικίδου, Δ. (2021, Ιανουάριος 28). *Agbogbloshie: Ο σκουπιδότοπος της Δύσης | Περιβάλλον.* MAXMAG | Πολιτισμός, Τέχνες, Διασκέδαση, Ομορφιά. <https://www.maxmag.gr/perivallon/agbogbloshie-o-skoypidotopos-tis-dysis/>
- Γιατί είναι σημαντική η κατοχύρωση του δικαιώματος στην επισκευή; | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο.* (2022, Απρίλιος 4). <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20220331STO26410/giati-einai-simantiki-i-katochurosi-tou-dikaiomatos-stin-episkeui>
- Δικαίωμα επισκευής: Διευκόλυνση της επισκευής για τους καταναλωτές.* (χ.χ.). [Text]. European Commission - European Commission. Ανακτήθηκε 15 Μάιος 2023, από [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/ip\\_23\\_1794](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/ip_23_1794)
- EK: Νέοι κανόνες για πιο βιώσιμες και 'ηθικές' μπαταρίες | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο.* (2022, Μάρτιος 4). <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/economy/20220228STO24218/ek-neoi-kanones-gia-pio-viosimes-kai-ithikes-mpataries>
- Κείμενα που εγκρίθηκαν—Νέο σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία—Τετάρτη 10 Φεβρουαρίου 2021.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 15 Μάιος 2023, από [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0040\\_EL.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0040_EL.html)
- Κοινός Φορτιστής: Οφέλη για καταναλωτές και περιβάλλον | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο.* (2021, Οκτώβριος 19). <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20211008STO14517/koinos-fortistis-ofeli-gia-katanalotes-kai-perivallon>
- Κυκλική οικονομία: Αυστηρότεροι κανόνες κατανάλωσης και ανακύκλωσης στην ΕΕ | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο.* (2021, Φεβρουάριος 10). <https://www.europarl.europa.eu/news/el/press-room/20210204IPR97114/kukliki-oikonomia-austiroteroi-kanones-katanalosis-kai-anakuklosis-stin-ee>
- Κυκλική Οικονομία: Ένα νέο οικονομικό μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης.* (χ.χ.). EKT. Ανακτήθηκε 12 Απρίλιος 2023, από <https://www.ekt.gr/el/magazines/features/23377>
- Κυκλική οικονομία: Χρησιμοποίησέ το ξανά! | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο.* (2023, Μάιος 24). <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/economy/20151201STO05603/kukliki-oikonomia-chrisimopoiise-to-xana>
- Ξεπερνώντας την πρόκληση των ηλεκτρονικών αποβλήτων | ITC.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 14 Μάιος 2023, από <https://intracen.org/fr/nouvelles-et-evenements/nouvelles/surmonter-le-defi-des-dechets-electroniques>
- Πετάμε στα σκουπίδια ηλεκτρονικές συσκευές 43,9 κιλών το χρόνο.* (2020, Δεκέμβριος 9). Business Daily. [https://www.businessdaily.gr/oikonomia/32015\\_petame-sta-skoypidia-ilektronikes-syskeyes-439-kilon-hrono](https://www.businessdaily.gr/oikonomia/32015_petame-sta-skoypidia-ilektronikes-syskeyes-439-kilon-hrono)
- Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης—Πανεπιστήμιο Ουτρέχτης.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 6 Ιούλιος 2022, από <https://www.uu.nl/onderzoek/sustainable-development-goals>
- Τα νεκροταφεία των «e-απορριμμάτων» στην Αφρική.* (2015, Απρίλιος 23). Newsbeast. <https://www.newsbeast.gr/technology/arthro/813360/ta-nekrotafeia-ton-e-aporrimmaton-stin-afriki>
- Τι είναι η Κυκλική Οικονομία—Βιώσιμη Ανάπτυξη.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 28 Μάιος 2023, από <https://www.zisopoulos.com/blog/67-ti-inai-i-kikliki-oikonomia-biwsimi-anaptiksi>

- To USB Type-C κοινή θύρα φόρτισης για κινητά και tablet από το τέλος του 2024 | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. (2022, Απρίλιος 21). <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20220413STO27211/to-usb-type-c-koini-thura-fortisis-gia-kinita-kai-tablet-apo-to-telos-tou-2024>
- A model to rapidly assess informal electronic waste systems—John-Michael Davis, 2021. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 17 Ιούλιος 2023, από <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0734242X20932225>
- Admin, E. R. I. (2019, Αύγουστος 26). *E-Waste and Global Warming—Facts You Should Know*. ERI. <https://eridirect.com/blog/2019/08/e-waste-and-global-warming-facts-you-should-know/>
- Approaches to estimate future quantities of waste electrical and electronic equipment (WEEE) (Conference) | ETDEWEB. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 10 Ιούλιος 2023, από <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20607555>
- Capital.gr. (χ.χ.). Μ. Σπανός (Global Sustain): Βιώσιμη ανάπτυξη και ψηφιοποίηση, μονόδρομος για κάθε επιχείρηση. Capital.gr. Ανακτήθηκε 21 Ιουνίου 2022, από <https://www.capital.gr/forbes/3641444/m-spanos-global-sustain-biosimi-anaptuxi-kai-psifiopoiisi-monodromos-gia-kathe-epixeirisi>
- Circular economy action plan. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 15 Μάιος 2023, από [https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en)
- Critical raw materials: The EU should secure its own supply | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. (2021, Νοέμβριος 24). <https://www.europarl.europa.eu/news/el/press-room/20211118IPR17620/critical-raw-materials-the-eu-should-secure-its-own-supply>
- Debromination and Decomposition Mechanisms of Phenolic Resin Molecules in Ball Milling with Nano-Zerovalent Iron | ACS Sustainable Chemistry & Engineering. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 25 Μάιος 2023, από <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acssuschemeng.9b05071>
- EU waste management: Infographic with facts and figures | News | European Parliament. (2018, Απρίλιος 6). <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180328STO00751/eu-waste-management-infographic-with-facts-and-figures>
- European Commission—Have your say. (2022, Ιανουάριος 18). [Text]. European Commission - Have Your Say. [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12823-Microplastics-pollution-measures-to-reduce-its-impact-on-the-environment\\_en](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12823-Microplastics-pollution-measures-to-reduce-its-impact-on-the-environment_en)
- EUROSTAT. (χ.χ.). *Statistics for the European Green Deal*. European Green Deal Dashboard. Ανακτήθηκε 12 Απρίλιος 2023, από <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/egd-statistics/>
- E-Waste Management in India: Issues and Strategies—Rama Mohana R. Turaga, Kalyan Bhaskar, Satish Sinha, Daniel Hinchliffe, Morton Hemkhaus, Rachna Arora, Sandip Chatterjee, Deepali Sinha Khetriwal, Verena Radulovic, Pranshu Singhal, Hitesh Sharma, 2019. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 17 Ιούλιος 2023, από <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0256090919880655>
- File:Material flow indicators derived from EW-MFA and MFA in RME, EU, 2020 (tonnes per capita) .png—Statistics Explained. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 15 Μάιος 2023, από [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Material\\_flow\\_indicators\\_derived\\_from\\_EW-MFA\\_and\\_MFA\\_in\\_RME,\\_EU,\\_2020\\_\(tonnes\\_per\\_capita\)\\_png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Material_flow_indicators_derived_from_EW-MFA_and_MFA_in_RME,_EU,_2020_(tonnes_per_capita)_png)
- Global e-waste generation outlook 2030. (χ.χ.). Statista. Ανακτήθηκε 27 Μάιος 2023, από <https://www.statista.com/statistics/1067081/generation-electronic-waste-globally-forecast/>
- Infographic: The World's Worst Electronic Waste Offenders. (2019, Φεβρουάριος 28). Statista Infographics. <https://www.statista.com/chart/17175/e-waste-generated-per-inhabitant-in-selected-countries>

- Launch of project to optimise raw material reuse and recovery in electronic products—SCYCLE.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 23 Αύγουστος 2023, από <https://www.scycle.info/launch-of-project-to-optimise-raw-material-reuse-and-recovery-in-electronic-products/>
- Loprespub. (2023, Απρίλιος 21). *Les déchets d'équipements électriques et électroniques: Une mine urbaine à fort potentiel.* Notes de la Colline. <https://notesdelacolline.ca/2023/04/21/les-dechets-dequipements-electriques-et-electroniques-une-mine-urbaine-a-fort-potentiel/>
- Material flow accounts statistics—Material footprints.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 15 Μάιος 2023, από [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Material\\_flow\\_accounts\\_statistics\\_-\\_material\\_footprints](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Material_flow_accounts_statistics_-_material_footprints)
- Newsroom, & newmoney, E. για την Ο. |. (2019, Φεβρουάριος 12). *Έκτη στην Ευρώπη η Ελλάδα στην ανακύκλωση ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συσκευών.* Ειδήσεις Για Την Οικονομία | Newmoney. <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/ellada/ekti-stin-eiropi-i-ellada-stin-anakiklosi-ilektronikon-kai-ilektrikon-siskeion/>
- Practicalities of individual producer responsibility under the WEEE directive: Experiences in Germany—* Vera Susanne Rotter, Perrine Chanceler, Wolf-Peter Schill, 2011. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 17 Ιούλιος 2023, από <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0734242x11415753>
- Priorities 2019-2024.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 13 Απρίλιος 2023, από [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024_en)
- RoHS Directive.* (2022, Μάρτιος 10). [https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/rohs-directive\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/rohs-directive_en)
- Statistics.* (χ.χ.). E-WASTE:WORLD. Ανακτήθηκε 18 Μάιος 2023, από <https://ewasteblog.wordpress.com/category/statistics/>
- Sustainability | Free Full-Text | Innovating Collection Modes for Waste Electrical and Electronic Equipment in China.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 17 Ιούλιος 2023, από <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/5/1446>
- The Growing Environmental Risks of E-Waste.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 18 Μάιος 2023, από <https://www.genevaenvironmentnetwork.org/resources/updates/the-growing-environmental-risks-of-e-waste/>
- Tokyo 2020: Sustainable Games for a sustainable society - Olympic News.* (2022, Μάιος 21). International Olympic Committee. <https://olympics.com/ioc/news/tokyo-2020-sustainable-games-for-a-sustainable-society>
- US EPA, O. (2015, Αύγουστος 23). *National Strategy for Electronics Stewardship (NSES)* [Overviews and Factsheets]. <https://www.epa.gov/smm-electronics/national-strategy-electronics-stewardship-nses>
- Wales, L. B., Editor, Welsh Business News & News from. (2023, Ιούνιος 28). *How Is Wales Tackling E-Waste?* News from Wales. <https://newsfromwales.co.uk/how-is-wales-tackling-e-waste/>
- Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) | Scottish Environment Protection Agency (SEPA).* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 17 Ιούλιος 2023, από <https://www.sepa.org.uk/regulations/waste/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee/>