دراسة تحليلية لواقع النفايات الإلكترونية حول العالم

An analytical study of the reality of electronic waste around the world

د.عــبدالحــق القينعــي[1]

Abdelhak EL kinai

جامعة البليدة 2 لونسي علي (الجزائر)؛ مخبر التنمية الاقتصادية والبشرية في الجزائر؛

aelkinai@yahoo.fr

تاريخ الاستلام: 2022/11/05 تاريخ القبول: 2022/11/10 تاريخ النشر: 2022/12/15

الملخص:

هدفت الدراسة إلى معرفة واقع النفايات الإلكترونية حول العالم، ومعرفة كيفية إدارتها ومخاطر التي تخلفها النفايات الإلكترونية على صحة الإنسان والبيئة، وهذا من خلال توظيف المنهج الوصفي التحليلي.

توصلت الدراسة إلى جملة من الاستنتاجات: تُعد النفايات الإلكترونية واحدة من أسرع النفايات نمواً بمعدل 4% سنوياً، وتُعد الدول الصناعية الأكثر انتاج لها؛ فحين أن معدل إعادة التدوير عالمياً يقدر بـ 17% فقط، وللحد من مخاطر النفايات الإلكترونية على صحة الإنسان والبيئة والموارد الطبيعية؛ يتم تطبيق عدة أساليب وطرق منها: طريقة التقليص وإعادة الاستخدام والتدوير وطريقة التخلص منها بطريقة آمنة، كما تفتح مجالاً للاستثمار وتوظيف العمال؛ وتوفيراً للموارد الطبيعية وتخفف من مستوى التلوث البيئي.

كلمات مفتاحية: النفايات الالكترونية، إعادة التدوير، إعادة الاستخدام، البيئة، الموارد الطبيعية.

تصنيفاتJEL : Q53، Q24، Q560، Q20.

Abstract:

The study aimed to know the reality of electronic waste around the world, knowing how to manage it and the risks that e-waste poses to human health and the environment, the study reached a number of conclusions by employing the descriptive analytical approach: E-waste is one of the fastest growing waste at a rate of 4% annually. the industrialized countries are the most productive of it; While the global recycling rate is only 17%, to reduce the risks of e-waste to human health, the environment and natural resources; several methods and methods are applied, including: the method of reducing, reusing, recycling and disposing of them in a safe manner, it also opens the way for investment and employment of workers; In order to save natural resources and reduce the level of environmental pollution.

Keywords: Electronic waste, recycling, reuse, environment, natural resources.
JEL Classification Codes: Q530, Q24, Q560, Q20.

[1]. اسم ولقب الباحث المرسل: القينعي عبدالحق ؛ الايمايل: aelkinai@yahoo.fr

مقدمة

لا أحد ينكر مدى التطور التكنولوجي والتقدم العلمي الذي وصل إليه الإنسان في الوقت المعاصر، بحيث أصبح الإنسان يعيش في رخاء وازدهار؛ وهذا مما توفره وسائل التكنولوجيا والاتصال ومختلف المعدات والتجهيزات التي أصبح الإنسان يعتمد عليها في حياته اليومية، لكن ربما القليل منا يعي أثار هذه الوسائل والمعدات والتجهيزات الإلكترونية والكهربائية التي تنتهي صلاحياتها ثم نقوم بتخزينها في بيوتنا أو نرميها في القمامة أو يتم حرقها، فهي تحتوي على مواد سامة وخطيرة على صحة الانسان والبيئة؛ كما تحتوي على مواد ثمينة ونادرة، مثل النحاس والحديد والفضة والذهب...الخ.

على مدار أربعة عقود ماضي ونتيجة للتطور التكنولوجي الذي ساهم في نمو وزيادة معدلات الإنتاج؛ بل ساهم كثيراً في زيادة كبيرة في السلع الإلكترونية والكهربائية التي يتم التخلص منها في مكبات ردم النفايات، بحيث تشير الإحصائيات بأن كمية النفايات قد بلغت سنة 2010 حوالي 33,3 مليون طن؛ ووصلت في سنة 2021 إلى 57,4 مليون طن؛ ومن المتوقع أن تصل في سنة 2030 إلى حوالي 74,7 مليون طن، فالأمر يستدعي تضافر الجهود الدولية والمحلية والمؤسسات الصناعية وغيرها من التنظيمات والهيئات صوب تخفيف من حدة مخاطر النفايات الإلكترونية.

الإشكالية الاساسية:

بالنظر إلى حجم النفايات بصفة عامة والنفايات الإلكترونية بصفة خاصة؛ وما لها وعلها من فوائد وسلبيات على صحة الانسان والبيئة، ومكان منا إلا التساؤل حول: ما مدى حجم ومستوى النفايات الإلكترونية حول العالم؟ وما الآليات لإدارة النفايات الإلكترونية؟ لتخفيف من الأثار السلبية هذا من جهة؛ ومن جهة أخرى: كيف يمكن أن نجعل من النفايات الإلكترونية مصدر للطاقة وفرص للعمل والاستثمار في مجالات إعادة تدوير النفايات الإلكترونية والكهربائية.

التساؤلات الفرعية:

وتندرج ضمن هذه الإشكالية الأسئلة الفرعية التالية:

- ما المقصود بالنفايات الإلكترونية؟
- ما المخاطر التي تخلفها النفايات الإلكترونية على صحة الانسان والبيئة؟
- ماهية آلية إدارة النفايات الإلكترونية؟
- وما هي فوائد استرجاع المواد والأجزاء من النفايات الإلكترونية؟

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى معرفة واقع وحجم النفايات الإلكترونية حول العالم، وما لها من تأثيرات على صحة الانسان والبيئة؛ بالإضافة إلى معرفة كيف يتم إدارتها واسترجاع المواد منها، ومن ثم سوف نحاول تقديم جملة من التوصيات.

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية موضوع الدراسة من خلال تسليط الضوء على أحد أخطر النفايات الصلبة التي أصبحت تشكل هاجس بالنسبة للدول الصناعية والأكثر إنتاج للنفايات الإلكترونية والكهربائية، وهذا لما لها من تأثيرات على صحة الإنسان والبيئة واستنزاف الموارد الخام.

منهج الدراسة:

تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي، فالمنهج الوصفي لغرض عرض مجموعة من المفاهيم المتعلق بمصطلحات الدراسة: النفايات الإلكترونية ومكونات الأجهزة الإلكترونية وغيرها من المفاهيم، أما المنهج التحليلي فيت استخدامه لغرض دراسة وتحليل حجم النفايات عبر العالم، وهذا بتقديم بيانات وإحصائيات تخص موضوع الدراسة.

محاور الدراسة:

ولمعالجة إشكالية الدراسة والرد على الأسئلة الفرعية، فقد تم تقسيم الورقة البحثية إلى مجموعة من النقاط وهي على الترتيب، في البداية تم تقديم مجموعة من التعاريف حول النفايات الإلكترونية؛ ثم التطرق إلى أهم مكونات النفايات الإلكترونية؛ بعدها تم التطرق إلى أنواع وأشكال المخلفات الإلكترونية؛ كما تم التطرق إلى أسباب تشكل النفايات الإلكترونية؛ والتطرق إلى مخاطر المخلفات الإلكترونية والكهربائية؛ ثم بعدها تم التطرق إلى حجم المخلفات الإلكترونية حول العالم؛ وإدارة المخلفات الإلكترونية؛ وأخيراً تم التطرق إلى فوائد استرجاع المواد من النفايات الإلكترونية.

أولاً: تعريف المخلفات الإلكترونية

لا يوجد تعريف واحد موحد لمصطلح النفايات الإلكترونية، بل نجد العديد من التعاريف وهذا قد يرجع إلى كل باحث وتخصصه وزاوية معالجة موضوع النفايات الإلكترونية، إلا أنه سوف نحاول عرض بعض التعاريف للنفايات الإلكترونية.

يمكن تعريف المعدات الكهربائية والإلكترونية على أنها منتجات تعتمد على التيار الكهربائي أو المجالات الكهرومغناطيسية للعمل، وهذا يشمل المعدات التي تولد أو تنقل أو يقيس التيارات الكهربائية أو المجالات الكهرومغناطيسية، وتتمثل إحدى الطرق العملية للتعرف على المنتجات الإلكترونية في تحديد ما إذا كانت هناك حاجة إلى مصدر طاقة أو بطارية حتى تعمل المعدات بشكل صحيح، ويُعد المنتج الإلكتروني نفايات عندما يتجاهل مالكه المنتج بأكمله أو أجزائه دون نية إعادة استخدامه.[1]

كما تعرف النفايات الإلكترونية على أنها جهاز كهربائي لم يعد يرضي المستخدم للغرض المقصود منه، وتُعرف على أنها مصطلح يُستخدم لتغطية عناصر جميع أنواع الأجهزة الكهربائية والإلكترونية وأجزائها التي تم التخلص منها من قبل المالك على أنها نفايات دون نية إعادة استخدمها.[2]

تُعرف الفقرة الأولى من المادة الثانية من الاتفاقية النفايات الإلكترونية بأنها "مواد أو أشياء يجري التخلص منها أو ينوي التخلص منها أو مطلوب التخلص منها بناءً على أحكام القانون الوطني".[3] وتعرف كذلك على أن النفايات الإلكترونية هي أي معدات كهربائية وإلكترونية مكسورة أو غير مرغوب فيها ووصلت إلى نهاية دورة حياتها أو عمرها الاقتصادي.[4]

من خلال التعاريف التي تم عرضها أعلاه يمكن القول بأن النفايات الإلكترونية هي كل الأشياء أو المواد وكل المنتجات الإلكترونية والكهربائية والمعدات التي تنقل وتقيس التيار الكهربائي أو المجالات الكهرومغناطيسية، والتي يقوم مالك المنتج بالتخلص منها دون نية إعادة استخدامها من طرفه، وهذا بغض النظر عن صلاحيتها من عدمه، ومن ضمن الأجهزة الإلكترونية والكهربائية الأكثر استهلاكاً نجد الهواتف والحواسيب؛ التلفزيون والثلاجات، والمكيفات الهواء؛ والأجهزة اللوحية؛ الطابعات...الخ، وتكتب النفايات الإلكترونية (Electronic Waste) اختصاراً بـ **E-Waste**.

ثانياً: مكونات المخلفات الإلكترونية

تتكون المخلفات الكهربائية والإلكترونية من مجموعة من المواد التي تسمى نظيفة، أي لا تحتوي على مواد ضارة، منها النحاس؛ الألومنيوم؛ والزجاج الشفاف والبلاستيك والمطاط والمعادن الحديدية، ولكن ثمة مخلفات أخرى تحتوي على مواد ضارة مثل الزرنيخ والكروم والزئبق والنيكل والبريليوم والسيليكون والكادميوم، فضلاً عن معادن ثمينة (مثل الذهب والفضة والبلاتين...الخ) ونادرة (اليوروبيوم والإيتريوم...الخ)، وكلها تتطلب عمليات معالجة متقدمة من أجل استعادتها وإعادة استعمالها، وهذا ما يوفر حافزاً لإدارتها لما توفره من مناصب شغل وفرصاً استثمارية وصون الموارد الطبيعية، والجدول التالي يوضح بعض أبرز مكونات المعدات والأجهزة الإلكترونية والكهربائية.

الجدول 1: المكونات الموجودة في المخلفات الإلكترونية والكهربائية

المواد	وجودها في المخلفات الإلكترونية والكهربائية
المركبات الهالوجينية	
PCB ثنائي الفينيل المتعدد الكلور- مثبطات اللهب للمواد البلاستيكية	المكثفات والمحولات
TBBA رباعي البروم-ثنائي الفينول-A	مكونات بلاستيكية حرارية، وكبلات، ولوحات أم، ودارات، وأغلفة بلاستيكية، وغيرها
PBB (ثنائي الفينيل متعدد البروم)	TBBA هو حالياً مثبط اللهب الأكثر استخداماً في لوحات الدرات وعبوات الاحتواء.
PBDE (أثير ثنائي الفينيل متعدد البروم) مركبات الكربون الكلورية الفلورية (CFC)	وحدات التبريد، العازلات الرغوية.
المعادن الثقيلة والمعادن الأخرى	
زرنيخ	كميات صغيرة بين الثنائيات الباعثة للضوء، في معالجات شاشات الكريستال السائل (LCD)
باريوم	الطاردات- في أنابيب الأشعة الكاثودية (CRT) في غرفة التهوية وفي شاشات CRT ومصابيح الفلورسنت.
بيريليوم	خزائن إمدادات الكهرباء (مصادر الطاقة)
كادميوم	بطاريات Ni-Cd قابلة لإعادة الشحن، طبقة فلورسنت (شاشات CRT)، آلات نسخ، وصلات ومفاتيح، أنابيب كاثودية قديمة.
كروميوم VI	محركات أقراص صلبة ومخازن بيانات
رصاص	شاشات CRT وألواح دارات وأسلاك ولحام
زئبق	مصابيح فلورسنت في شاشات LCD، وبعض المفاتيح التي تحتوي على الزئبق، أنظمة إضاءة شاشة مسطحة، آلات قهوة مع أنظمة فصل آلي أو أجهزة إنذار تحتوي على مرحلات زئبق.
نيكل	بطاريات Ni-Hg و Ni-Cd قابلة لإعادة الشحن وبنادق إلكترون في شاشات CRT
عناصر أرض نادرة (إيتريوم-أوروبيوم)	طبقة فلورسنت (شاشات CRT)
سيلينيوم	آلات نسخ القديمة
كبريتيد الزنك	داخل شاشات CRT، ممزوج مع معادن أرض نادرة.
مكونات أخرى	
مواد مشعة (أمريسيوم)	معدات طبية وأجهزة الكشف عن الحريق وكاشفات الدخان، من بين أمور أخرى

المصدر: خوان بابلو سيبالوس أوسيبيان وأخرون، **التقرير النهائي: استراتيجيات وسياسات لسلامة التخلص من المواد المخلفات الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات والاتصال وإعادة استخدامها**، الاتحاد الدولي للاتصالات، سويسرا-جنيف، 2017، www.itu.int/pub/D-STG/، ص 11-12.

ثالثاً: أنواع وأشكال المخلفات الإلكترونية

تتكون النفايات الإلكترونية من جميع النفايات الإلكترونية والكهربائية التي انتهى عمرها الافتراضي ولم تعد صالحة للاستخدام ويتم التخلص منها بطرق مختلفة وهي مختلفة الأشكال والأنواع، إلا أنه يتم تصنيفها على ستة أصناف وهي:[5]

- **معدات التبادل الحراري:** وهي التي من الشائع أن يشار إليها باسم معدات التبريد والتجميد، وتشمل عموماً الثلاجات والمجمدات ومكيفات الهواء ومضخات الحرارة؛

- **شاشات العرض:** وتشمل عموماً أجهزة التلفزيون والشاشات والحواسيب المحمولة واللوحية على اختلافها؛

- **المصابيح:** وتشمل عموماً مصابيح الفلورسنت ومصابيح التفريغ عالية الكثافة ومصابيح LED؛

- **المعدات الكبيرة:** وتشمل عموماً غسالات ومجففات الملابس وغسالات الصحون والمواقد الكهربائية وآلات الطباعة الكبيرة ومعدات النسخ والألواح الكهروضوئية؛

- **المعدات الصغيرة:** وتشمل عموماً المكانس الكهربائية وأفران الموجات الصغيرة ومعدات التهوية والمحمصات والغلايات الكهربائية وأجهزة الحلاقة الكهربائية والموازين والآلات الحاسبة وأجهزة الراديو وكاميرات الفيديو والألعاب الكهربائية والإلكترونية والأدوات الكهربائية والإلكترونية الصغيرة والأجهزة الطبية الصغيرة وأدوات المراقبة والتحكم الصغيرة؛

- **معدات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الصغيرة:** وتشمل عموماً الهواتف المتنقلة والأنظمة العالمية لتحديد المواقع (GPS) وحاسبات الجيب والموجهات والحواسيب الشخصية والطابعات والهواتف.

ولكل نوع من الأنواع السابقة معالم مختلفة لعمره الافتراضي، مما يعني أن لكل نوع كميات مختلفة من المخلفات والقيم الاقتصادية، فضلاً عن الآثار البيئية والصحية المحتملة إذا أعيد تدويرها بشكل غير ملائم، وتبعاً لذلك تختلف عمليات الجمع واللوجستيات وتقنية إعادة التدوير لكل نوع، كما تختلف أيضاً مواقف المستهلكين عند التخلص من المعدات والأجهزة الإلكترونية والكهربائية بعد نهاية صلاحياتها.

رابعاً: أسباب تشكل النفايات الإلكترونية

شهدت العقود الأخيرة نمواً في إنتاج وتجارة المنتجات الإلكترونية والكهربائية بشكل واضح خاصة في سوق الهواتف النقالة وشاشات التلفزيون والحواسيب؛ هذا نتيجة انخفاض أسعارها مما أدى إلى ارتفاع الطلب عليها واستخدامها، وما يميز هذه المنتجات كذلك انخفاض عمرها الافتراضي، كل هذه الأسباب وغيرها ساهمت في توليد النفايات الإلكترونية حول العالم، وعليه نذكر بعض من أبرز الأسباب على النحو التالي:[6]

- **توسع الشبكات وارتفاع مستعملي الانترنت:** لقد توسعت الشبكات والخدمات المتنقلة الخلوية بشكل سريع، وهي تسمح للمزيد من الأفراد بالنفاذ إلى الانترنت وخاصة في المناطق الريفية وغير موصولة سابقاً، بحيث نجد حوالي 3,6 مليار شخص أي ما يقارب نصف سكان الأرض يستخدمون الانترنت؛ كما تم تسجيل حوالي 7,7 مليار مشترك خلوي متنقل؛ وحوالي 54% من الأسر لديها نفاذ إلى الانترنت في المنازل و 48% لديهم حاسوب، بالإضافة إلى تزايد عدد مؤسسات الأعمال التي لديها مواقع ويب، وتتلقى الطلبات عبر الانترنت، بحيث تشير قيمة التجارة الإلكترونية بين المؤسسات والمستهلكين حوالي 3 تريليونات دولار أمريكي.

- **ارتفاع معدلات نمو المعدات الكهربائية والإلكترونية:** أظهر استهلاك المعدات الكهربائية والإلكترونية نمواً سريعاً خلال العقد الثاني من القرن الحادي والعشرون، خاصة بالنسبة للمنتجات كالثلاجات والغسالات والأفران الكهربائية ووحدات التدفئة المركزية الكهربائية وأجهزة التلفزيون المسطحة، وصاحب هذا النمو تقادم بعض التكنولوجيات القديمة والتي حلت محلها تكنولوجيات جديدة، كأجهزة التلفزيون ذات شاشات CRT والتي حلت محلها شاشات التلفزيون المسطحة، وفي بعض الحالات يتم استبدال جهاز واحد له وظيفة واحدة بجهاز له وظائف متعددة، مثل الهاتف المتنقل والحاسوب المحمول.

- **أسعار المنتجات الإلكترونية والكهربائية في انخفاض:** وقد أصبحت أسعار الخدمات الخلوية المتنقلة المدفوعة مسبقاً معقولة نسبياً في غالبية البلدان، وفي الوقت نفسه نجد أسعار معدات تكنولوجيا المعلومات، مثل الحواسيب وأجهزة التلفزيون والحواسيب المحمولة والطابعات والهواتف أخذت في الانخفاض، وهذا يعني أن عدداً أكبر من الأفراد سيكونون قادرين على شراء أجهزة جديدة، وأنه سيتم التخلص من المزيد من الأجهزة في نهاية المطاف.

- **هناك عدد من الاتجاهات التي تدفع إلى توليد المخلفات الإلكترونية:** ومن هذه العوامل تزايد ملكية الأجهزة المتعددة، والاتجاه نحو كهربة الأجهزة غير الكهربائية، والنمو في خدمات الحوسبة السحابية، وتزايد عدد مراكز البيانات، وتناقص دورات استبدال الأجهزة، بحيث يمتلك المزيد من الأشخاص عدداً أكبر من الأجهزة الموصولة، ففي العديد من البلدان يمتلك الأفراد أكثر من هاتف واحد وأجهزة متعددة، كذلك يقوم العديد من الأشخاص بشكل دوري باستبدال الهواتف قبل تعطلها وانتهاء عمرها الافتراضي بمجرد إصدار تقني جديد، فهو أيضاً مؤشر على تزايد كمية المخلفات الإلكترونية.

خامساً: مخاطر المخلفات الإلكترونية والكهربائية

إن الأجهزة الإلكترونية والكهربائية القديمة غير مستعملة لدى معظم الأشخاص يكون مصيرها التخزين في المنازل، وهذا لغياب الوعي لديهم بالمواد السامة وما تسببه من مخاطر صحية على صحة الإنسان، وفي نفس السياق حتى أن عملية جمعها وتفكيكها وإزالة تلك المواد السامة، إذا لم تكن بالطرق الآمنة فسوف تسبب مشاكل صحية على الإنسان والبيئة، ومن ضمن الأخطار والأمراض التي قد تصيب الإنسان سوف نذكر البعض منها كما هو موضح في الجدول أدناه:

الجدول رقم 2: أثر النفايات الإلكترونية على صحة الإنسان

المكونات الخطرة	الآثار التي تخلفها المكونات الخطرة على صحة الإنسان
الزرنيخ	يمكن أن يؤثر على الجلد ويمكن أن يقلل من سرعة التوصيل العصبي، وقد يتسبب التعرض المزمن للزرنيخ للإصابة بسرطان الرئة وقد يكون قاتلاً في بعض الأحيان.
الباريوم	يمكن أن يؤثر على عضلة القلب.
الكروم	قد يتسبب في تلف الكبد والكلى التهاب القصبات، والربو وسرطان الرئة.
البريليوم	قد يتسبب في أمراض الرئة.
الزئبق	يؤثر على الجهاز العصبي والكلى والجهاز المناعي، ويؤثر على نمو الجنين؛ وقد يتسبب في تلف الدماغ أو الكبد.
الكادميوم	قد يسبب ألماً شديداً في المفاصل والعمود الفقري، كما قد يؤثر على الكلى ويلين العظام
الكلوروفلوروكربون	قد يسبب سرطان الجلد.
متعدد الكلور-ثنائي الفينيل	قد يتسبب في سرطان في الحيوانات، ويمكن أن يؤثر على جهاز المناعة والجهاز التناسلي، والجهاز العصبي؛ وفي نظام الغدد الصماء، ويسبب العديد من الأضرار بالبيئة.
كلوريد البوليفينيل	يحتوي PVC على ما يص إلى 56% من الكلور، وعند الاحتراق ينتج غاز كلوريد الهيدروجين، الذي ينتج بدوره حمض الهيدروكلوريك الذي يشكل خطورة على الجهاز التنفسي.
ديوكسين	وهي شديدة السمية للحيوانات ويمكن أن تؤدي إلى خلل في الجنين، وانخفاض معدلات التكاثر والنمو وتؤثر على جهاز المناعة.

source: Ram Krishna & Ms.SampaSaha, **e-waste management**, Study Papers, Telecommunication Engineering Centre Department of Telecommunications Ministry of Communications & IT Government of India, 01/05/2015, p 05.

سادساً: حجم المخلفات الإلكترونية حول العالم

يشهد العالم نمواً كبيراً في حجم إنتاج المخلفات الإلكترونية والكهربائية وهذا راجع لعدة أسباب تم ذكرها سابقاً، ففي سنة 2019 أنتج العالم حوالي 53,6 مليون طن من النفايات الإلكترونية؛ بمتوسط 7,3 كلغ للفرد، ومن المتوقع أن يزداد توليد النفايات الإلكترونية إلى 74,7 مليون طن في عام 2030؛ وعلى أن يصل الحجم بحلول سنة 2050 إلى 110 مليون طن، والشكل الموالي يوضح حجم النفايات من سنة 2014 إلى غاية 2021، وما يقابله من حجم ما يولده الفرد الواحد خلال السنة.

الجدول 3: حجم النفايات الإلكترونية في العالم من 2010-2021

السنوات	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
حجم النفايات بالمليون طن	33,8	35,8	37,8	39,8	44,4	46,4	48,2	50	51,8	53,6	55,5	57,4

source: https://www.statista.com/statistics/499891/projection-ewaste-generation-worldwide/, 28/10/2022.

كما نلاحظ من خلال الجدول أعلاه بأن حجم النفايات منذ سنة 2010 وهو في تزايد مستمر على مستوى العالم، بحيث تم تسجيل معدل الزيادة خلال سنة 2011 بـ 5,91%؛ وفي سنة 2012 بـ 5,58%؛ وفي سنة 2013 بمعدل 5,25%، ثم من سنة 2016 إلى غاية 2021 تم تسجيل كل سنة معدل نمو في حدود 3,6%، إن هذا النمو في معدلات إنتاج النفايات الإلكترونية يرجع إلى التطور التكنولوجي السريع وإلى العمر الافتراضي لحياة المنتجات الإلكترونية القصيرة؛ وارتفاع تكاليف الصيانة وإصلاحها؛ بالإضافة إلى انخفاض أسعارها، خاصة في سوق إنتاج الهواتف والتي يتم استبدالها مراراً وهذا حتى قبل أن يتعطل الجهاز، فمتوسط العمر الافتراضي للهواتف الذكية في الولايات المتحدة الأمريكية والصين واقتصاديات الاتحاد الأوروبي لا يتجاوز عادة من 18 إلى 24 شهراً، وهو نفس الأمر بالنسبة لبعض المنتجات كالحواسيب المحمولة وأجهزة التلفزيون وغيرها من الأجهزة.

والجدول التالي يوضح حجم المتوقع للنفايات الإلكترونية لأفاق سنة 2030:

الجدول 4: حجم النفايات الإلكترونية في العالم المتوقعة خلال الفترة 2022 إلى 2030

السنوات	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
حجم النفايات بالمليون طن	59,4	61,3	63,3	65,3	67,2	69,2	71,1	72,9	74,7

source: https://www.statista.com/statistics/1067081/generation-electronic-waste, 28/10/2022.

من المتوقع أنه سوف يبلغ حجم النفايات في سنة 2030 حوالي 74,7 مليون طن أي بزيادة مقارنة بسنة 2021 حوالي 30%، وهذا رجع لعدة أسباب التي تم ذكرها سابقاً؛ بالإضافة إلى تزايد القدرة الشرائية وتوافر العديد من المنتجات الإلكترونية والكهربائية بأثمان مقبولة.

أما بالنظر إلى حجم النفايات الإلكترونية لسنة 2019 سوف نجد قارة آسيا لوحدها أنتجت ما يقارب 24,9 مليون طن؛ فحين تليها الأمريكيتان بـ 13,1مليون طن؛ ثم تأتي بعدهما قارة أوروبا بـ 12 مليون طن، وأفريقيا بـ 2,9 مليون طن؛ وفي الأخير قارة أوقيانوسيا بـ 0,7 مليون طن، والجدول الجدول أدناه يوضح لنا أكبر 10 دول منتجة للنفايات الإلكترونية في العالم، من الحجم الإجمالي، كما يبين لنا النسبة التي يتم إعادة تدويرها.

الجدول 5: الدول الأكثر إنتاجاً للنفايات الإلكترونية في العالم

المرتبة	الدول	حجم النفايات الإلكترونية (طن)	نصيب الفرد من النفايات الإلكترونية (كلغ)	النفايات التي تم توثيق جمعها وإعادة تدويرها (طن)	معدل إعادة التدوير
01	الصين	10129	7,2	1546	16%
02	امريكا	6918	21	1020	15%
03	الهند	3230	2,4	30	1%
04	اليابان	2569	20,4	270	22%
05	البرازيل	2143	10,2	—	—
06	روسيا	1631	11,3	90	6%
07	أندونيسيا	1618	6,1	—	—
08	ألمانيا	1607	19,4	837	52%
09	بريطانيا	1598	23,9	871	57%
10	فرنسا	1362	21	742	56%

source: Arabella Ruiz, Latest Global E-Waste Statistics And What They Tell Us, 29/10/2022, https://theroundup.org/global-e-waste-statistics/. United Nations Institute for Training and Research, the global e-waste statistics partnership, 29/10/2022, https://globalewaste.org/country-sheets/.

تحتل الصين المرتبة الأولى من حيث الإنتاج العالمي للنفايات الالكترونية؛ فحين نصيب الفرد لا يفوق 7,2كغ في السنة، وهذا قد يرجع إلى كون الصين تُعد واحدة من أكبر المنتجين للمعدات الكهربائية والإلكترونية؛ ورغم كل الجهود والمبذولة صوب إعادة تدوير النفايات الإلكترونية والتخلص منها؛ من خلال تشجيع المصنعين على استرجاع منتجاتهم؛ أو من خلال إعادة الاستخدام أو التقليل من النفايات أو إعادة التدوير، إلا أن منهج إعادة التدوير لا يطبق بشكل كبير وهذا بالنظر إلى حجم ما يتم إعادة تدويره سوى 16% فقط، فحين نجد كل من ألمانيا وبريطانيا وفرنسا هي أقل الدول العشر أعلاه انتاجاً للنفايات الإلكترونية؛ لكن متوسط إنتاج الفرد للنفايات الإلكترونية هو الأعلى؛ كذلك نسبة إعادة تدوير النفايات الإلكترونية يفوق 50%؛ وهو معدل يفوق المعدل العالمي لإعادة التدوير والذي بلغ سنة 2019 حوالي 17,4% فقط.

سابعاً: إدارة المخلفات الإلكترونية

تُعتبر إدارة المخلفات الإلكترونية عملية بالغة الأهمية نظرا لما تتسبب المخلفات الإلكترونية من مخاطر صحية على الإنسان وعلى البيئة ومواردها، فحين أن عملية إدارة واسترجاع والمخلفات الإلكترونية لها دور في خلق استثمارات وفرص عمل؛ بالإضافة إلى استرجاع كميات هائلة من المواد الخام، كل هذا يصب في حماية البيئة من التلوث ومختلف الأخطار التي قد تحدث، وعليه فإن عملية إدارة المخلفات الإلكترونية هي عملية صعبة وخطيرة، وهذا نتيجة للمواد السامة التي تتواجد في الأجهزة الإلكترونية والكهربائية التي تختلف في مكوناتها، لذا فإن الامر يتطلب دراية ودراسة وخطة حول ما يجب إعادة تدويره أو التخلص منه، وقد تم اعتماد الخطوات التالية في الممارسات إدارة المخلفات الإلكترونية.

- **التقليص (Reducing):** ويقصد بالتقليص هنا تقليص حجم وكمية المواد السامة في عملية تصنيع المواد الإلكترونية، مما يساهم مستقبلاً في تسهيل التخلص منها بدون أن تسبب أضرار بالبيئة وصحة الأفراد؛[7] مثل تقليص استخدام بعض المواد الثمين والتركيز على المنتجات صغيرة الحجم وخفيفة الوزن لتحل محل مثيلتها كبيرة الحجم.

- **إعادة الاستخدام (Reusing):** ويقصد بها استخدام المنتج الإلكتروني لدورة ثانية من دون أية تعديلات أو تحسينات بسيطة، وهذا ما يسمى بـ"إعادة الاستخدام المباشر"، مثلا قد يحصل الفرد على جهاز جديد، ولكن القديم ما يزال يعمل، هنا يمكن أن تمنح جهازك القديم لشخص أخر أو تتبرع به لجمعية خيرية، أي مشاركة استخدامه مع الأخرين.

أما إعادة الاستخدام غير المباشر فيتطلب تعديل أو صيانة أو تركيب أجزاء للمنتج الإلكتروني حتى يصبح صالحاً للاستخدام، بحيث يمكن لمتاجر اصلاح الهواتف مثلا القيام باستبدال شاشة الهاتف المتصدع بشاشة جديدة بسعر ضئيل مقارنة بشراء هاتف جديد، كما يمكن لأصحاب محلات اصلاح الغسالات والثلاجات القديمة من اصلاح تلك الأجهزة المنزلية مما يقلل من حجم النفايات الإلكترونية.

- **إعادة التدوير (Recycling):** تتطلب العملية تفكيك الإلكترونيات ومعالجتها لاسترداد المواد الأولية منها والتي تصنف وتوزع بحسب نوعها إن كانت من المعادن أو الزجاج أو البلاستيك...الخ، وتقسم عملية إعادة التدوير إلى: المرحلة الأولية التي تتضمن عمليات التفكيك والتصنيف والتمزيق والسحق، والمرحلة الثانوية التي تشمل معالجات كيميائية أو حرارية؛ والجدول الموالي يوضح نسبة ما يعاد تدويره من النفايات الإلكترونية في الدول العشر الأكثر تدويراً للنفايات.

الجدول 6: الدول الأكثر إعادة تدوير للنفايات الإلكترونية لسنة 2019

المرتبة	الدول	حجم النفايات الإلكترونية (طن)	نصيب الفرد من حجم النفايات	حجم النفايات الإلكترونية المعاد تدويرها (طن)	معدل إعادة التدوير
01	إستونيا	17 طن	13,1 كغ	13	76%
02	النرويج	139 طن	26 كغ	99	72%
03	ايسلندا	8 طن	21,4 كغ	5	71%
04	السويد	208 طن	20,1 كغ	141	70%
05	النمسا	168 طن	18,8 كغ	116	69%
06	سويسرا	201 طن	23,4 كغ	123	63%
07	فنلندا	110 طن	19,8كغ	65	61%
08	بولندا	443 طن	11,7 كغ	246	60%
09	أيرلندا	93 طن	18,7 كغ	52	59%
10	بريطانيا	598 طن	23,9 كغ	871	57%

source: Arabella Ruiz, Latest Global E-Waste Statistics And What They Tell Us, 29/10/2022, https://theroundup.org/global-e-waste-statistics/.

من خلال الجدول أعلاه نلاحظ بأن الدول الأكثر تدوير للنفايات الإلكترونية هي دول أوروبية المذكورة في الجدول؛ والتي يبلغ عدد سكانها حوالي 150 مليون نسمة وتطرح من النفايات الإلكترونية حوالي 1985 طن؛ في حين يبلغ متوسط انتاج الفرد منها للنفايات الالكترونية 13 كغ، وهذه الأرقام تدل على تبي سياسات إعادة التدوير وغيرها من الإجراءات القانونية والتشريعية التي تمنع حرق ورمي النفايات الإلكترونية في مكبات النفايات.

- **التخلص (Disposing):** وتعد هذه الخطوة الأخيرة ضمن عملية إدارة المخلفات الإلكترونية، بحيث بعد نزع واسترجاع ما يمكن استرجاعه من مواد ومكونات لها قيمة من الأجهزة والمعدات الكهربائية والإلكترونية، يتم بعدها التخلص بطريقة آمنة من تلك الباقية التي ليس لها قيمة وهذا أما بطمرها أو حرقها أو التحلل العضوي أو حتى التصدير إلى دول أخرى.

ثامناً: فوائد استرجاع المواد من النفايات الإلكترونية

تصنع المنتجات الإلكترونية من موارد قيمة مثل المعادن الحديدية وغير الحديدية القيمة، والبلاستيك والزجاج، وهي كلها مواد تتطلب استهلاك الطاقة في عملية التنقيب عليها وتصنيعها وإنتاجها، وعليه فإن عملية استرجاع وتدوير وإعادة استخدام هذه المواد من خلال جمعها وتفكيكها من الأجهزة والمعدات الإلكترونية والكهربائية منتهية الصلاحية، يساعد في الحفاظ على الموارد الطبيعية والحد من تلوث الماء والهواء والتربة ومن انبعاث الغازات الدفيئة.

- توفير وظائف عمل: توفر عملية استرجاع المواد من النفايات الملايين من مناصب العمل وخاصة في الأنشطة غير الرسمية، بحيث يقدر الباحثون أنه من بين 24 مليون شخص يعملون في أنشطة إعادة التدوير؛ يعمل حوالي 80% في الأنشطة غير الرسمية، على سبيل المثال يعمل في الصين حوالي 2,5 مليون شخص في قطاع إدارة النفايات غير الرسمي، بينما يعمل حوالي 1,5 مليون شخص في القطاع الرسمي.[8]

- إن إعادة تدوير مليون هاتف محمول يمكن أن تستعيد منه ما يصل إلى 772 رطلاً من الفضة؛ و 35 ألف رطل من النحاس؛ و 75 رطلاً من الذهب؛ و 33 رطلاً من البلاديوم، تشير إحصائيات سنة 2019 بأن مجمل النفايات الإلكترونية قد قدر بـ 53,6 مليون طن، تحتوي على مواد خام تبلغ قيمتها حوالي 57 مليار دولار، بالنظر إلى أن 82,6% من النفايات الإلكترونية لم يتم إعادة تدويرها، فإن هذا يترجم إلى ما يقرب من 47 مليار دولار من المعادن الثمينة التي لم يتم استعادتها مطلقاً.، وهذه الكمية من النفايات تتكون من المكونات التالية:[9]

- 17,5 مليون طن من المعدات الصغيرة، بما في ذلك أجهزة الميكروويف والمكانس الكهربائية والمراوح والغلايات والمحامص وآلات الحلاقة ومجففات الشعر وأجهزة الراديو والأدوات والألعاب...الخ؛

- 13,1 مليون طن من المعدات الكبيرة، بما في ذلك الغسلات والمجففات والمواقد وغسالات الأطباق؛

- 10,8 مليون طن من معدات التبادل الحراري؛ بما في ذلك الثلاجات والمجمدات ومكيفات الهواء والمضخات الحرارية؛

- 6,7 مليون طن من الشاشات؛ بما في ذلك أجهزة التلفزيون والشاشات وأجهزة الكمبيوتر المحمول والأجهزة اللوحية؛

- 4,7 مليون طن من معدات الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات الصغيرة؛ بما في ذلك الهواتف المحمولة وحافظات الهواتف وأجهزة التوجيه اللاسلكية ونظام تحديد المواقع وحاسبات الجيب؛

- 0,9 مليون طن من المصابيح والمصابيح LED.

- كما أن إعادة تدوير واحد طن من أجهزة الكمبيوتر يمكن استرداد حوالي 20 كغ من المعادن الحديدية؛ و 29 كغ من المعادن غير الحديدية؛ و 50 كغ من الكابلات؛ و 40 كغ من ثنائي الفينيل متعدد الكلور، والجدول الموالي يوضح حجم وتكلفة المعادن المستعادة من واحد طن من مركبات الفينيل متعدد الكلور.

الجدول 7. حجم وتكلفة المعادن المسترجعة من مركبات الفينيل متعدد الكلور

المعادن المستردة	الوزن	التكلفة التقريبية بالدولار
الذهب	279,93 g	6115
المعادن الثمينة (Pt, Pd, In)	93,31 g	3852
النحاس	190,512 kg	1470
الألمنيوم	142,152 kg	448
الرصاص والقصدير	30,844 kg	144,16
الفضة	450 g	213,15

source: Vidyadhar Ari , A Review of Technology of Metal Recovery from Electronic Waste, Chapter 6, 29 june 2016, London, http://dx.doi.org/10.5772/61569, p 139.

خاتمة:

تمثل النفايات الإلكترونية من 1% إلى 3% من إجمالي حجم النفايات على مستوى كل دول العالم، ومع ذلك فإن النفايات الإلكترونية تعد واحدة من أسرع النفايات نمواً فهي تزداد نسبتها 4% كل سنة، وهي تُعد من النفايات الصلبة والخطرة والسامة، وهذا نتيجة للمواد التي تدخل في إنتاج مختلف الأجهزة والمعدات الإلكترونية والكهربائية، إن تخزين أو رمي أو حتى حرق النفايات الإلكترونية يشكل خطر على صحة الإنسان وتدمير للنظام البيئي والموارد الطبيعية، لذا فالأمر يستدعي وضع سياسة وخطة لإدارة المخلفات الإلكترونية، وعليه فقد توصلت الدراسة إلى جملة من النتائج:

- يعد التطور التكنولوجي أحد الأسباب وراء ارتفاع مستويات النفايات الإلكترونية والكهربائية؛
- من بين أسباب تزايد حجم النفايات الإلكترونية: قصر دورة حياة العديد من المنتجات الإلكترونية، مثل الهواتف المحمولة؛ الحواسيب...الخ؛
- كذلك يميل الأفراد نحو تغيير أجهزتهم الإلكترونية بمجرد ظهور أجهزة أخرى جديدة وهو ما يؤدي إلى زيادة استهلاك تلك المنتجات؛
- تسبب النفايات الإلكترونية عند رميها أو تفكيكها العديد من الأمراض التي تصيب جسم الإنسان؛ منها السرطان؛ تلف الكبد والتهاب القصبات؛ الربو؛ ويؤثر على الجهاز التناسلي والعصبي والدماغ، وغيرها من الأمراض؛
- يشهد العالم نمواً سريعاً في حجم طرف المخلفات الإلكترونية والكهربائية، بحيث بلغ حجمها سنة 2010 حوالي 33,8 مليون طن ليرتفع في سنة 2021 إلى 57,4 مليون طن في السنة، أي بمعدل زيادة خلال تلك الفترة حوالي 70%؛
- ومع كل الإجراءات والتشريعات والاتفاقيات الدولية والإقليمية والتدابير الرامية إلى الحد أو التخفيف من تفاقم الوضع إلا أنه يتوقع ارتفاع في حجم النفايات الإلكترونية إلى 74,7 مليون طن بحلول سنة 2030؛
- كذلك تُعد الدول الصناعية والأكثر سكاناً هي الأكثر طرحاً للنفايات الإلكترونية، وفي مقدمتها كل من الصين؛ الولايات المتحدة الأمريكية؛ اليابان والبرازيل؛ وروسيا بطرحها الكميات التالية على الترتيب: 10129؛ 6918؛ 3230؛ 2569؛ 2143؛ 1631؛ الوحدة بالطن؛
- فحين يتم إعادة تدوير النفايات الإلكترونية عالمياً ما هو مقدر 17,4% فقط؛ لكن نجد دولاً أخرى يفوق معدل التدوير لديها المعدل العالمي، مثل إستونيا76% ؛ النرويج 72%؛ ايسلندا 71%؛ السويد 70% ؛ النمسا69% ؛ فنلندا 61% ؛ وهي كلها دول أوروبية؛
- ومن بين الإجراءات والتدابير الرامية لإدارة النفايات الإلكترونية نجد: سياسة تقليص حجم المواد السامة والخطرة التي تدخل في عملية إنتاج المنتجات الإلكترونية؛
- كما نجد سياسة إعادة الاستخدام: والتي يقصد بها استخدام المنتج الإلكتروني لأكثر من مرة، وهذا من خلال منحه لأشخاص أخرين لاستعماله مرة أخرى؛
- كذلك نجد سياسة إعادة التدوير: وهي تقوم على فكرة استرجاع العديد من المكونات والمواد والأجزاء القابلة لإعادة دمجها لصناعة نفس المنتوج أو منتجات أخرى؛
- وأخيراً نجد سياسة التخلص من النفايات الإلكترونية: بعد تطبيق كل الخطط والسياسات السابقة تأتي بعدها عملية التخلص على باقي تلك النفايات التي لا يمكن استردادها؛ فيتم التخلص منها بطريقة آمنة بالردم أو الحرق أو تصديرها لدول أخرى؛
- أما بالنسبة لفوائد التي يمكن تحقيقها من خلال إدارة النفايات الإلكترونية: فيمكن فتح فرصاً استثمارية ومناصب عمل؛ كذلك توفير العديد من المواد الخام؛ وبذلك نكون قد حفظنا على المواد الطبيعية؛ وقلصنا من حجم التلوث البيئي.

التوصيات: ضرورة البدء في إيجاد حلول من شأنها تجنب تكدس النفايات الإلكترونية، وهذا خلال القيام بالعديد من الإجراءات التحفيزية:

- إنشاء مؤسسات صغيرة ومتوسطة لإعادة تدوير النفايات ومنها النفايات الإلكترونية؛

- أو إنشاء مؤسسات تعمل على تصدير تلك النفايات الإلكترونية للبلدان التي لها مصانع ومعامل متخصصة في تدوير الإلكترونية والكهربائية؛

- تقديم الدعم المادي والمعنوي لمساعدة المستثمرين للاستثمار في مجال إعادة تدوير النفايات الإلكترونية، من خلال الإعفاءات الضريبية والجمركية أو حتى تقديم قطع أراضي لإقامة مثل هذه المشاريع؛

- إن الاستثمار في مثل هذه المشاريع بحاجة إلى سن القوانين والتشريعات المنظمة لهذه الأنشطة؛

- لضمان نجاح عملية إدارة المخلفات الإلكترونية وكخطوة أولى ضمن سلسلة إعادة تدوير النفايات الإلكترونية، ضرورة وضع الحاويات المخصصة لرمي (وضع) فيها مختلف الأجهزة الإلكترونية والكهربائية الفاسدة لتسهيل عملية جمعها؛

- إنشاء مواقع إلكترونية والتواصل عبر وسائل التواصل الاجتماعي، وتخصيص حصص تلفزيونية وإذاعية لتوعية الأفراد بضرورة التعاون في برنامج لإدارة النفايات الإلكترونية وإعادة تدويرها؛

- العمل على حث المؤسسات الصناعية التي السلع المنتجات الإلكترونية والكهربائية على المشاركة في برامج لاسترداد، وهذا بهدف إعادة تدوير تلك الأجهزة المكسورة أو التالفة.

9. الهوامش والاحالات:

[1]- Jurate Miliute-Plepiene and Lena Youhanan, **E-WASTE AND RAW MATERIALS: FROM ENVIRONMENTAL ISSUES TO BUSINESS MODELS,** IVL Swedish Environmental Research Institute, Stockholm, Sweden, January 2019,

[2]- Lynda Andeobu, A Systematic Review of E-Waste Generation and Environmental Management of Asia Pacific Countries, https://doi.org/10.3390/ijerph18179051 , p 5.

[3] - الأمم المتحدة، مؤتمر الأطراف في اتفاقية بازل بشأن التحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود؛ الاجتماع الثاني عشر، 15 جوان 2015، ص 10.

[4] - Kundani Magoda and Lukhanyo Mekuto, Biohydrometallurgical Recovery of Metals from Waste Electronic Equipment: Current Status and Proposed Process, Recycling journal (MDPI), 2022,7(67), (https://www.mdpi.com/2313-4321/7/5/67), Basel, Switzerland, p 03.

[5] - C. P. Balde, V. Forti, V. Gray, R. Kuehr, P. Stegmann: The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna, p 11.

[6] - C. P. Balde, V. Forti, V. Gray, R. Kuehr, P. Stegmann: The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna, p 18-21.

[7] - الاسكوا: الأمم المتحدة-اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، **نشرة تكنولوجيا المعلومات والاتصال للتنمية في غربي آسيا**، مطبوعات الأمم المتحدة، العدد 12، ديسمبر 2009، بيروت، ص 28.

[8]- **Tackling informality in e-waste management: The potential of cooperative enterprises**, International Labour Organization, GENEVA, 2014, (www.ifrro.org), 03/11/2022, p 23.

[9]- Arabella Ruiz, Latest Global E-Waste Statistics And What They Tell Us, 29/10/2022, https://theroundup.org/global-e-waste-statistics/.

قائمة المراجع:

- ✓ الأمم المتحدة، مؤتمر الأطراف في اتفاقية بازل بشأن التحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود؛ الاجتماع الثاني عشر، جنيف، 15 جوان 2015.
- ✓ خوان بابلو سيبالوس أوسيبيان وأخرون، **التقرير النهائي: استراتيجيات وسياسات لسلامة التخلص من المواد المخلفات الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات والاتصال وإعادة استخدامها**، الاتحاد الدولي للاتصالات، سويسرا-جنيف، 2017، www.itu.int/pub/D-STG/.
- ✓ الاسكوا: الأمم المتحدة-اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، **نشرة تكنولوجيا المعلومات والاتصال للتنمية في غربي آسيا**، مطبوعات الأمم المتحدة، العدد 12، ديسمبر 2009، بيروت.
- ✓ Kundani Magoda and Lukhanyo Mekuto, **Biohydrometallurgical Recovery of Metals from Waste Electronic Equipment: Current Status and Proposed Process**, Recycling journal (MDPI), 2022, 7(67), Published: 12 September 2022, https://www.mdpi.com/2313-4321/7/5/67, Basel, Switzerland.
- ✓ Lynda Andeobu, **A Systematic Review of E-Waste Generation and Environmental Management of Asia Pacific Countries**, International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(17), Published: 27 August 2021, https://doi.org/10.3390/ijerph18179051 .
- ✓ Jurate Miliute-Plepiene and Lena Youhanan, **E-WASTE AND RAW MATERIALS: FROM ENVIRONMENTAL ISSUES TO BUSINESS MODELS,** IVL Swedish Environmental Research Institute, Stockholm, Sweden, January 2019, https://ewaste.education/pdf/E-M@S_IVL_eminingbook_English.pdf.
- ✓ Ram Krishna & Ms.SampaSaha**, e-waste management**, Study Papers, Telecommunication Engineering Centre Department of Telecommunications Ministry of Communications & IT Government of India, 01/05/2015, https://tec.gov.in/pdf/Studypaper/e%20waste%20management_11.08.pdf.
- ✓ C. P. Balde, V. Forti, V. Gray, R. Kuehr, P. Stegmann**, The Global E-waste Monitor** – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna.
- ✓ International Labour Organization, **Tackling informality in e-waste management: The potential of cooperative enterprises**, GENEVA, 2014, (www.ifrro.org), 03/11/2022.
- ✓ Arabella Ruiz, Latest Global E-Waste Statistics And What They Tell Us, 29/10/2022, https://theroundup.org/global-e-waste-statistics/.
- ✓ Statista**, Electronic waste worldwide**, https://www.statista.com/statistics/499891/projection-ewaste-generation-worldwide/, 28/10/2022**.**
- ✓ United Nations Institute for Training and Research, the global e-waste statistics partnership, 29/10/2022, https://globalewaste.org/country-sheets/.
- ✓ Vidyadhar Ari **, A Review of Technology of Metal Recovery from Electronic Waste,** Chapter 6, 29 june 2016, London, http://dx.doi.org/10.5772/61569.