



الجمهورية اللبنانية
مجلس النواب
المديرية العامة للدراسات والمعلومات
مصلحة الأبحاث والدراسات

النفايات الإلكترونية والكهربائية

أولاً: المقدمة

شهد العالم في السنوات الاخيرة ثورة تكنولوجية عملاقة في مجال تصنيع الاجهزة الالكترونية بكافة اشكالها، فهناك مئات ملايين الهواتف النقالة التي تنتج حول العالم سنويا، وهناك ايضا مئات ملايين التلفزيونات الذكية واجهزة المطبخ الالكترونية كالميكرويف. كما ادخلت الدوائر الالكترونية في غالبية الاجهزة الكهربائية فيما بات يعرف بثورة الاجهزة الذكية، وقد ادى ذلك الى انتاج كميات كبيرة من النفايات الالكترونية من ملايين الاجهزة التي يتم التخلص منها. وتقدر جامعة الأمم المتحدة في دراسة^١ أن العالم أنتج حوالي ٤٦ مليون طن من النفايات الإلكترونية عام ٢٠١٤.

رغم أن هذه الأجهزة جزء أساسي من حياتنا اليومية الحديثة، إلا أنها واحدة من ضرائب التطور والرفاهية، فإن أثرها على المجتمع والبيئة يمكن أن يكون شديدا إذا لم تخضع لمعايير سليمة لإدارة النفايات، لذا إرساء بنية تحتية لإدارة النفايات الإلكترونية وتضافر وتكامل الجهود بين المؤسسات الحكومية والمصنعين والموردين والمستهلكين والقطاعين العام والخاص للحد من الآثار البيئية المترتبة على هذه المشكلة أصبح حاجة ملحة.

^١ <http://blogs.worldbank.org/e-waste>, 2014

ثانياً: النفايات الإلكترونية وأنواعها

تشمل هذه النفايات أجهزة الكمبيوتر، ومعدات الصوت والفيديو، وغيرها من الأدوات الإلكترونية التي لم نعد نستخدمها. وهي تحتوي على كميات من المواد السامة (الرصاص، الباريوم، الكاديوم، الزئبق...).

المقصود إذاً بالنفايات الإلكترونية كل المعدات الإلكترونية والكهربائية التي تعاني خلاً أو كسراً أو لم تعد متوافقة مع التقنيات الحديثة أو تلك التي تم إتلافها، وهي تضم مجموعة واسعة من المنتجات مثل^٢:

- التلفزيون وشاشات الكمبيوتر
- الحاسوب وتوابعه من المعدات مثل: الكاميرا، لوحة المفاتيح، الماسح، آلة الطباعة، مفتاح الـ USB وغيرها
- معدات الصوت والنظام الصوتي المجهز: مشغّل الـ MP3، جهاز الفيديو، مشغّل الأقراص المدمجة...
- الكاميرات
- أجهزة الإتصال السلكية واللاسلكية
- الفاكس وآلات النسخ
- ألعاب الفيديو
- البطاريات، المحوّلات، آلات شحن البطاريات والـ UPS
- الأجهزة المنزلية كالميكرويف، الثلاجة، المكواة وغيرها
- معدات الإنارة
- ألعاب وأدوات التسلية
- معدات الحراسة والضبط
- المعدات الطبية

^٢ الموقع الإلكتروني للجيش اللبناني، قضايا بيئية، عدد ٣٠٢، آب ٢٠١٠.

ثالثاً: العناصر السامة في الأجهزة الالكترونية والآثار البيئية الناجمة عن سوء ادارتها

ليست المشكلة في النفايات فقط، بل في طرق التصنيع ايضاً. فالحواشيب، على سبيل المثال، لا تؤثر في البيئة في نهاية عمرها فقط، أي بعد ان تتحول الى نفايات، كما هو شائع، بل كذلك في طرق صناعتها ايضاً. فصناعة حاسوب^٢ بزنة ٢٤ كيلوغراماً، يلزمه ٢٤٠ كيلوغراماً من مواد حارقة و ٢٢ كيلوغراماً من المواد الكيماوية المختلفة و ١,٥ طن من الماء.

تحتوي أجهزة الحواشيب على كميات كبيرة من المركبات والعناصر الكيمائية السامة والضارة بصحة الإنسان والملوثة للبيئة. وتقدر الدراسات وجود اكثر من الف مادة، والكثير منها ذات مكونات سامة ولا سيما مواد الرصاص، الزئبق، البريليوم، والكربون.

فالرصاص يدخل في تصنيع بطاريات الأجهزة الالكترونية، والزئبق يدخل في صناعة الهواتف النقالة (الجوال) وشاشات العرض المسطحة، والبريليوم يدخل في صناعة اللوحة الأم (Mother Board)، والكربون يدخل في صناعة الطابعات، وعلى وجه الخصوص الأحبار.

يتسبب الرصاص بالتسمم الحاد، وخطره يهدد جهاز المناعة والجهاز العصبي والكلية، وقد يؤدي إلى التخلف العقلي عند الأطفال.

اما **الزئبق** فهو يؤثر بشكل مباشر في الدماغ والكلية، وهو أكثر خطراً على الأجنة، ويكثر تركيزه في البحار والأنهار، وقد يتركز في الأسماك التي نعتمد عليها في غذائنا. اما البريليوم، فهو يحدث أوراماً في الدماغ، ويصيب القلب وبعض أعضاء الجسم بأمراض خطيرة.

ويطلق تسمية «السم الاسود» على الكربون الذي يسبب مرض السرطان في الجهاز التنفسي.

ويؤكد الخبراء ان شاشة الحاسب الآلي التي تشابه شاشة جهاز التلفزيون الى درجة كبيرة، هي من أخطر الملوثات للبيئة اذا ما تم رميها في أماكن الردميات العامة او مع النفايات العادية.

وان الشاشة (أنبوبة أشعة الكاثود Cathod Ray Tube)، تحتوي على عدة مكونات ضارة اذا ما تم استنشاق الغبار الناتج من كسرها.

ويحتوي **الـ CRT** على كمية كبيرة من الرصاص (٢.٥ كلغ في المتوسط)، بالإضافة الى الرصاص الداخل في لحام القطع الالكترونية.

^٢ <http://www.env-news.com/in-depth/reports/>

ويشكل الرصاص خطرا مباشرا على الجهاز العصبي والأوعية الدموية والكلى والدماغ، وقد يؤدي التسمم بالرصاص الى الوفاة أحيانا.

اما الفوسفور **Phosphorus**، وهو المادة التي تغطي الشاشة من الخلف لجعلها تضيء حين سقوط الأشعة الالكترونية عليها، فهو مضر للكلى والكبد والرتئين والجهاز العصبي.

كما ان الكاديوم **Cadmium** الموجود في الرقائق والمقاومات والبطاريات يعتبر من المعادن الثقيلة ويدخل الجسم عن طريق التنفس وهو مضر للكلى ايضا.

تعتبر البطاريات من ألد اعداء البيئة، خاصة أنواع «نيكل كاديوم – Nickel Cadmium» و«NICD»، ونيكل ميتل هايدراي «Nickel Metal Hydride – NIMH». وتتواجد هذه البطاريات بكثرة في اجهزة الحاسب المحمولة وأجهزة الهاتف النقال والتي يتم رميها بكثرة هنا وهناك من دون حساب.

اما مادة الباريوم **BARIUM** الموجودة على الشاشة، والتي يستفاد منها لحماية المستخدم من الاشعاعات، فهي خطرة جدا على القلب، والأوعية الدموية والأعصاب، وذلك لقابلية ذوبانها في الماء، وسهولة اختراقها مصادر المياه، كالأنهر والمياه الجوفية... ولا سيما عندما يتم رميها عشوائيا.

كما ان الزئبق **MERCURY**، وهو موجود في المفاتيح الفاصلة في الدوائر الكهربائية والبطاريات، فمن خواصه سرعة التسرب الى المياه الجوفية واختلاطه بالدورة الغذائية لمعظم الكائنات.

ويلحق الزئبق الضرر بالدماغ البشري على المدى البعيد، بالإضافة الى أعراض أخرى منها فقدان الشهية، وسوء الهضم، الإسهال، الصداع، وفقدان الذاكرة.

ويشكل البلاستيك القدر الأكبر من مخلفات الحاسب الآلي، ويحتوي الجهاز الواحد على كمية كبيرة من البلاستيك، ويعتبر حرق البلاستيك المصنوع من مادة – Polyvinle Chloride PVC، من أخطر الملوثات على البيئة، في الهواء والتربة والمياه.

كما ان شاشات التلفزيون والكمبيوتر المعدة على تقنية Cathod Ray Tube تحتوي على مادة الرصاص السامة والتي تؤثر في الدم ونسبة الذكاء عند الاطفال ان تعرضوا لها عند تكسر احد الاجهزة.

أما الاسلاك الكهربائية والتي لا يخلو جهاز منها، فهي معزولة بمادة الـ PVC والتي لا تتحلل بسهولة، وان احترقت تصدر غازات سامة تؤثر في الصحة.

وتوجد معادن ومكونات أخرى تدخل في الأجهزة الإلكترونية بنسب قليلة، وإذا ما جمعت بكميات كبيرة يصبح مفعولها أكبر. وفي الجانب الآخر توجد مكونات أخرى غير ضارة بالبيئة، ولكن يمكن إعادة الاستفادة منها كالأسلاك النحاسية الداخلة في التصنيع والذهب المطلي على نقاط التوصيل في الألواح الإلكترونية والقطع الإلكترونية الأخرى.

رابعاً: تدوير الإلكترونيات

التدوير بشكل عام هو عمل من أعمال معالجة النفايات من أجل إنتاج سلع جديدة، بالإضافة الى أن هذه الطريقة السليمة في معالجة النفايات الإلكترونية تساعد على التقليل من كميات النفايات التي تجمع عادة في مكبات النفايات. وبالتالي فإنها طريقة تساعد على تقليل انبعاث المواد السامة في حال تم دفن هذه الأجهزة في باطن الأرض. يجب ان تقوم على إعادة التدوير شركات متخصصة يمتلك العاملون فيها خبرة جيدة في مجال تفكيك الاجهزة الإلكترونية، دون التسبب في تسرب المواد الخطرة والسامة الى البيئة.

أ- والمواد القابلة للتدوير هي:

- ١- المصابيح الفلورسنتية (المنيوم، زجاج، زئبق)
- ٢- البطاريات الجافة (يعاد استعمال الرصاص والبلاستيك في صناعة بطاريات جديدة)
- ٣- تليفون نقال/جوال وبطاريات يعاد شحنها (يعاد استعمال الكاديوم والنيكل والحديد)
- ٤- تليفزيون (يعاد استعمال الزجاج والرصاص)
- ٥- جهاز الحاسوب (يعاد استعمال الزئبق والفولاذ والبلاستيك و الذهب)
- ٦- شاشات الحاسوب (يعاد استعمال الزجاج والذهب والرصاص)

ب- تتألف عملية تدوير النفايات من أربع خطوات:

- ١- **استخراج المواد السامة:** ويتم ذلك عبر إزالة العناصر السامة من النفايات الإلكترونية مع تجنب حصول التلوث في أثناء هذه العملية. ومن العناصر السامة نذكر الرصاص، الزجاج المستخرج من الشاشات، غازات الكلورفلوركربون من الثلاجات والبطاريات.

^٤ <https://www.lebarmy.gov.lb/ar/content>

في ما يتعلق بأجهزة الكومبيوتر، إن الكاتود الموجود داخل أشعة أنابيب الشاشات يحتوي على عدد من المعادن الهامة كالرصاص والباريوم. الأمر الذي يحتاج الى معرفة مسبقة قبل التعامل مع هذه المواد. يضاف الى ذلك أن البلاستيك المعالج بمضاد اللهب يعتبر مشكلة إذا تسرب خلال عملية تدوير النفايات.

أما بالنسبة الى المصباح الكهربائي، فإن أضواء الأنبوب تحتوي على الزئبق، كما تستخدم المكثفات المحتوية على ثنائي الفينيل المتعدد الكلور، والإثنان يحتويان على درجة عالية من المواد السامة وبالتالي ينبغي إزالتها بعناية.

وبالنسبة الى البطاريات، تحتوي هي ايضاً على مواد الزئبق والكاديوم والرصاص. وتتم إزالة هذه المواد خلال عملية التكرير كما يفضل أن تتم معالجة البطاريات بطرق آمنة لتجنب تسرب المواد في أثناء التدوير.

٢- التفكير: يتم خلال هذه المرحلة تقسيم كل المواد الى عدة أجزاء منها الإطارات المعدنية وإمدادات الطاقة، ولوحات الدوائر والبلاستيك... وتشكل إمكان حفظ القطع القابلة للإصلاح خلال هذه العملية ميزة هذه المرحلة.

٣- التقطيع: تعالج قطع الأجهزة ميكانيكياً، وتهدف هذه العملية الصناعية الى الحصول على مركبات من المواد القابلة للتدوير وفصل المواد الخطيرة. المصادر التقليدية لهذا النوع من النفايات الإلكترونية هي الطواحين وفواصل من التيارات المغنطيسية والتيارات الدوامية، حيث يتم تصفية الغازات ومعالجة النفايات السائلة للحد من الآثار البيئية السلبية. ويفضل فصل المواد المخلوطة وتجريدها من مكوناتها الخطيرة، ليتم في ما بعد فرم الأجزاء المتبقية، ومعالجة المواد الناجمة عنها بعدة طرق.

مثال على ذلك، أن المواد المستخرجة من مصابيح الإنارة تُزال بشكل منفصل لتسهيل استخدام مسحوق الفوسفور، وأما الأنابيب الزجاجية فيتم تمزيقها... فيما يُعاد تدوير البطاريات المنزلية في مرافق خاصة وعلى درجات حرارة مرتفعة حيث تُفصل بطاريات Ni/CD قبل المعالجة وتسلم الى شركات إعادة التدوير المختصة.

٤- التكرير: يشكل التكرير الخطوة الأخيرة في عملية تدوير النفايات الإلكترونية. فالحلول التقنية في تكرير المواد الموجودة في النفايات الإلكترونية متوافرة من دون تأثيرات سلبية على البيئة، بحيث أن غالبية القطع بحاجة الى الكثير من العمل من أجل أن تباع كمواد خام ثانوية، أو أن يتم التخلص منها في وقع التدوير النهائي. يجب أن يُراعى خلال عملية التكرير وجود ثلاثة مواد سامة هي المعادن والبلاستيك والزجاج، إذ يتم فصل المعادن في مصفاة كبيرة

باستخدام عمليات مزج كيميائية ينتج عنها ١٧ نوعاً من المعادن والفلزات، أما بالنسبة الى المواد البلاستيكية، فلا يمكن إعادة استخدامها لأنها غالباً ما تكون ملوثة بمواد كيميائية سامة. لذلك من الضروري فصل المواد البلاستيكية وفق محتوياتها والتعامل معها بشكل منفصل. وفي ما يخص المواد التي لا يمكن إعادة استخدامها فينبغي إعادة تدويرها. وأما الزجاج فيمكن إعادة تدويره واستخدامه من جديد. ونذكر في هذا الصدد أن مصانع تُعنى بإعادة التدوير هي قادرة على استرداد الحديد والمنغنيز والزنك والزنبق بحيث يتم نقلها بأمان الى مرافق التخلص منها.

خامساً: سياسة ادارة النفايات الكهربائية والإلكترونية

- ١- تفعيل منع طرح النفايات الكهربائية والإلكترونية في مكاب النفايات الصلبة كنفايات منزلية، والتعامل معها بأسلوب خاص يتناسب مع خطورتها، ووضع الاليات المناسبة لفرزها وجمعها وإعادة تدويرها ومعالجتها والتخلص منها او تصديرها للمعالجة.
- ٢- التقليل من انتاج النفايات الكهربائية والإلكترونية للحد من تأثيرها على البيئة من خلال °
 - أ- استخدام المواد الاقل سمية في عمليات الانتاج.
 - ب- استخدام المواد المعاد تدويرها في عمليات الانتاج وتقليل استخدام المواد الخام الاولية حسب المسموح به للمنتجات المختلفة.
 - ج- استخدام افضل التكنولوجيات المتوفرة وافضل الممارسات البيئية.
 - د- انتاج واستيراد منتجات قابلة لإعادة الاستخدام والتدوير.
 - هـ- إتباع طرق المعالجة المستخدمة عالمياً والمعتمدة محلياً والتي ثبت ملاءمتها بشكل يحافظ على عناصر البيئة والاستفادة من الخطوط الارشادية الصادرة من الجهات المعتمدة ذات الصلة.
- ٣- تشجيع توفير نظام معالجة شامل لكافة انواع النفايات الكهربائية والإلكترونية على المستوى المحلي.
- ٤- العمل على اعتماد مراكز محددة لتخزين ومعالجة النفايات الكهربائية والإلكترونية وفقاً للمعايير الدولية المعتمدة، وان تكون كافية للتعامل مع النفايات المتولدة محلياً.
- ٥- تشجيع القطاع الخاص للاستثمار في مجال النفايات الكهربائية والإلكترونية من جمع ونقل وإعادة تدوير النفايات والتخلص النهائي منها والتعاون مع القطاع العام.
- ٦- اعتماد نظام حوافز لفرز وجمع النفايات الكهربائية.

° الأردن، وزارة البيئة، مسودة سياسة إدارة النفايات الإلكترونية والكهربائية، ٢٠٠٥

سادسا: اتفاقية بازل التي ترعى كيفية التحكم في نقل النفايات الخطرة

ترعى اتفاقية بازل التي وضعت في العام ١٩٨٩^٦ كيفية التحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود. وهي تصنف النفايات الإلكترونية والكهربائية في الملحق التاسع في الاتفاقية بأنها "نفايات خطرة"، لأنها تحتوي على مكونات مثل المرقمات والبطاريات الأخرى، وبدالات الزئبق والزجاج من مصابيح الأشعة المهبطية، وغير ذلك من الزجاج المنشط ومكثفات ثنائي الفينيل متعدد الكلور، أو عندما تكون ملوثة بالكاديوم والزئبق والرصاص أو ثنائي الفينيل متعدد الكلور. كما يوصف رماد المعادن النفيسة الناجم عن ترميد لوحات الدائرة المطبوعة، ونفايات الزجاج من مصابيح الأشعة المهبطية وغيره من الزجاج النشط نفايات خطرة أيضاً. تعتبر تلك الاتفاقية الإطار العالمي الوحيد الساري المفعول الذي يراقب عمليات نقل النفايات الإلكترونية والكهربائية الخطرة عبر الحدود. كما توفر قاعدة عالمية لإدارة هذه النفايات بطريقة تحمي البشر والبيئة. وتهدف "اتفاقية بازل" أيضاً إلى تعزيز نظام رصد التجارة بالنفايات الإلكترونية الخطرة. إن التنفيذ الفعّال لهذه الاتفاقية يوفر آلية لمنع الإتجار غير المشروع بالنفايات الإلكترونية والكهربائية ومكافحته.

سابعا: الواقع اللبناني

بالرغم من عدم وجود دراسات وافية ومسح لكيفية تعامل مع هذه الآفة في لبنان، فإن القليل من التقارير والتحقيقات بدأت تشير الى الموضوع تحت عنوان "تجارة الخردة". يمر تجار الخردة بكثرة بين الأحياء السكنية في العديد من المناطق، ويشترون من السكان الأجهزة والمعدات الإلكترونية التالفة. وتتألف هذه الخردة من الثلاجات أو أجهزة الكمبيوتر أو أي نوع من الأجهزة الكهربائية، حيث يقوم عمال بفرزها لفصل كل من الحديد والنحاس والبلاستيك عن بعضها. أما بالنسبة للبطاريات، فيقوم هؤلاء بفصل الرصاص عن البلاستيك، ومن ثم يتم بيع الرصاص الصافي لمصنع الرصاص.

أما النسب المتبقية من النفايات الإلكترونية غير المدوّرة فمصيرها قد يكون:

- **التخزين:** وهو لا يشكل حلاً لأنه يؤخر اليوم الذي يتم فيه التخلص من الجهاز الإلكتروني بشكل نهائي، كما يؤدي الى التقليل من فرص إعادة استخدام هذه الأجهزة بفعالية.
- **الطمر أو الحرق:** حيث تختلط النفايات الإلكترونية بالنفايات المنزلية وينتهي الأمر بها الى المطامر أو المحارق، وفي كلا الحالتين فإنها تُحدث تلوثاً في البيئة. والحرق يكون في

^٦ United Nations Audiovisual Library of International Law, The Basel Convention on the Control of Trans boundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal, ١٩٨٩.

المساحات الأرضية الفارغة، من دون أي مراقبة أو تراخيص من السلطات المختصة، لان هذه القضايا لا يشملها حكم القوانين، ولا نصت على إدارتها التشريعات بعد! وتشير بعض التقارير الصحافية ايضا الى الشكاوى من الاهالي والسكان المحيطين باماكن تجميع تلك النفايات. وغالبا ما تأتي الشكاوى بعد عمليات حرق بعض هذه المواد ولا سيما مادة البلاستيك، التي تصدر دخانا اسود وروائح ضارة، كما اسلفنا.

• **إعادة الإستخدام والتصدير:** يتم تصدير آلاف الأجهزة الإلكترونية كل عام، من حواسيب وهواتف وأجهزة منزلية بهدف إعادة استخدامها أو إعادة تدويرها. فتدور الأجزاء الكبرى من هذه الأجهزة بطرق غير سليمة وفي ساحات الخردة مما يؤدي الى تلوث واسع النطاق^٧.

عموماً، لم تُركّز وزارة البيئة والحكومة اللبنانية تاريخيا الا على النفايات التقليدية (المنزلية في الغالب) لجمعها وطمرها او حرقها. وهي اذ تتعثر في هذه العملية مع النفايات التقليدية، فماذا ستكون عليه مع النفايات الإلكترونية الأكثر دقة والأشد خطورة والتي تشكل ما يقارب ٥% من حجم النفايات الصلبة؟! مع العلم أن مسودة قانون إدارة النفايات تنطرق للنفايات الخطرة المقصود بها النفايات الإلكترونية ولكن بشكل جداً وجيز، لا يتماشى مع مدى الخطورة الناجمة عن هذا النوع من النفايات.

ثامنا: الخاتمة

كثيرة هي الاقتراحات التي تم المتداولة بها في العالم حول طرق إدارة هذه النفايات الخطرة، إلا انها لم تساهم حتى الآن في ضبطها حتى في الدول المتقدمة نفسها. ويبدو ان المعالجة الحقيقية لن تكون الا مع المقترحات الأكثر تشدداً، مثل تغيير نظام التعامل معها، عبر استبدال عملية بيعها وتملكها من قبل المستهلكين، عبر نظام الايجار والاسترداد، ما دامت تغلب الصفة الأعم على هذه التقنيات أنها متغيرة ومتطورة باستمرار. فهل يمكن لبلد مثل لبنان ان يتقدم باقتراحات مشابهة وان يعيد تنشيط مشاركته في المؤتمرات الدولية التي تبحث دائماً في إمكانيات تطوير اتفاقية بازل الشهيرة لإدارة النفايات الخطرة العابرة للحدود.

إعداد: ساندي طانيوس

^٧ <https://www.lebarmy.gov.lb/ar/content/>