# إعادة تدوير النفايات الصلبة

د. نوري مسعود الشيباني جامعة الجفارة كلية الزراعة والطب البيطري
elshebani61@Gmail.com

# Solid Waste Recycling

**Dr.Nuri.M.elshebani**
Soil and water department –Faculty of Agriculture –University of Al-Jafara-Libya

**Summary**
As a result of the steady increase in the number of people on the surface of the Earth, which has increased the amount of waste produced daily, especially what is known as solid waste, which has made people think about the most appropriate ways to get rid of this waste, which has been defined by various parties. They agreed that it is what results from human activities on a daily basis and is of no importance. Then we learned about the sources and components of this waste, and it was necessary to estimate some elements and compounds due to their importance in storage and transportation and treating that waste. Since the amount of waste produced daily per person varies according to the standard of living, the technology for managing that waste varies from one place to another and from time to time. The importance of recycling solid waste includes multiple aspects, including environmental, social, health, and economic aspects. This technology also has many difficulties. In the latest study published on World Environment Day 2024, Austria and Wales were among the countries in the world that benefit most from waste recycling. The stages of solid waste recycling consist of collection, processing, manufacturing and purchasing of products. As for the latest methods for recycling some types of solid waste, we mentioned chemical recycling and mechanical recycling.

**الملخـــص:**
نتيجة للزيادة المضطردة في أعداد البشر على ظهر الكرة الأرضية الأمر الذي زاد من كمية النفايات المنتجة يوميًا، وخاصة ما يعرف بالنفايات الصلبة مما جعل

الإنسان يفكر في أنسب الطرق للتخلص من تلك النفايات التي تم تعريفها من جهات مختلفة اتفقوا على أنها ما ينتج عن الأنشطة البشرية بشكل يومي وغير ذات أهمية ، ثم تعرفنا على مصادر تلك النفايات ومكوناتها وكان من الضروري تقدير بعض العناصر والمركبات لأهميتها في تخزين ونقل ومعالجة تلك النفايات . وحيث إن كمية النفايات المنتجة يوميا للفرد الواحد تختلف باختلاف المستوى المعيشي لهذا فإن تقنية إدارة تلك النفايات تختلف من مكان لآخر ومن وقت لآخر وأن أهمية إعادة تدوير النفايات الصلبة تشمل جوانب متعددة منها جوانب بيئية واجتماعية وصحية واقتصادية كما أن لهذه التقنية صعوبات كثيرة ، وفي آخر دراسة تم نشرها في اليوم العالمي للبيئة 2024م كانت النمسا وويلز من أكثر دول العالم في الاستفادة من إعادة تدوير النفايات ، ومراحل إعادة تدوير النفايات الصلبة تتكون من التجميع والمعالجة والتصنيع وشراء المنتجات، وأما أحدث الطرق لإعادة تدوير بعض أنواع النفايات الصلبة ذكرنا منها إعادة التدوير الكيميائي وإعادة التدوير الميكانيكية .

**الكلمات المفتاحية:** المخلفات الصلبة –إعادة تدوير المخلفات الصلبة –إعادة استخدام النفايات الصلبة.

**المقدمة Introduction**

تزايدت في الأونة الأخــيرة أهمية قضية التلوث البيئي عالميا ومحليا كأحد نواتج التقدم الصناعي والزراعات المكثفة بالإضافة إلى تزايد عدد السكان مما جعل الإنسان يستفيد من كثير مما في البيئة من موارد وطاقات كما أدخل كثيرا من المكونات مثل المواد الكيميائية والمبيدات ونواتج الاحتراق وعوادم السيارات ونفايات المصانع مما أثر سلبا على توازن البيئة وسبب في ظهور كثير من المشاكل البيئية (1) ، ومن ضمن النواتج التي ظهرت في الوسط البيئي مؤخرا ما يعرف بالفضلات الصلبة التي هي أحد نواتج المدنية الحديثة ومستوى المعيشة العالي للسكان والتطور الصناعي والتكنولوجي المتنامي والتي تم إدراك مخاطرها أخيرا وأصبحت مشكلة تواجه المجتمعات البشرية من حيث جمعها ونقلها ومعالجة مخلفاتها التي تختلف باختلاف المستوى المعيشي للسكان ( 2) .

**مشكلة البحث :**

سيتم التركيز في هذا البحث على هذا النوع من المخلفات ( المخلفات الصلبة ) من حيث أفضل الطرق التي توصل إليها العالم من جمعها ونقلها والطرق الحديثة للتخلص منها ( تدويرها) بأقل التكاليف وأحسن النتائج .

**أسئلة البحث :**

1. ما المقصود بالنفايات الصلبة وما مصادرها ومكوناتها وما الأضرار التي تسببها؟
2. ما أحدث الطرق المستخدمة لإعادة تدوير النفايات الصلبة ؟

**أهداف البحث (Research objectives ):**

تهدف هذه الدراسة إلى :

1.تعريف النفايات الصلبة ومصادرها ومكوناتها والأضرار التي تسببها .

2.التعرف على أحدث الطرق لإعادة تدوير النفايات الصلبة

**أهمية البحث** (The importance of research) :

من خلال النظر إلى بعض الاحصائيات ندرك اهمية إعادة تدوير اي مادة تم الاستفادة منها ورميها لتؤثر تاثير سلبي على بيئتنا كما يلي :

1.إعادة تدوير اصدار يوم واحد من صحيفة صندي تايمز Sunday New York (times) كاف للحفاظ على ما يقارب خمسة وسبعين ألف مرة من عملية صنع أوراق جديدة .

2 .إعادة تدوير عشر إنتاج الصحف في أمريكا من شأنه تامين خمس وعشرين مليون شجرة سنويا .

3.معدل النفايات الأمريكية الصادرة من كل بيت أمريكي يعادل ثلاث عشرة الف قطعة سنويا .

4.إعادة تدوير علبة واحدة من الألومونيوم ( مثل علبة الصودا ) كفيلة بتوفير طاقة لازمة لتشغيل جهاز تلفار لمدة ثلاث ساعات .

**التلوث البيئي** ( Environmental pollution ):

**النفايات** Wastes :

*منظمة الصحة العالمية عرفت Waste النفاية بأنها الأشياء التي أصبح صاحبها لا يريدها في مكان ما أو وقت ما والتي أصبحت ليست لها أهمية وقيمة .

*خبراء البنك الدولي عرفوا النفاية Waste بأنها الشيء الذي أصبح لا قيمة له في الاستعمال ، أما إذا تم تدوير هذا الشيء بحيث يمكن استعماله أو استرجاع بعض مكوناته عندها لا يعتبر نفاية

*القانون الانجليزي لحماية البيئة يعرف النفايات على أنها أية مواد تحتوي على فضلات مواد أو أية مواد لسنا في حاجة إليها .

*القانون الأردني لحماية البيئة يعرف النفايات على أنها المواد الصلبة أو السائلة أو الغازية غير المرغوب فيها والناتجة عن الأنشطة البشرية المختلفة والتي تكون ذات خطر على الإنسان أو أي كائن آخر بشكل مباشر أو غير مباشر عند انتاجها أو نقلها أو استعمالها ، وتصنف النفايات إلى ثلاثة أنواع وذلك حسب الحالة الفيزيائية والتحلل البيولوجي والتأثير على صحة الإنسان .

فبالنسبة للتصنيف على حسب الحالة الفيزيائية فهي تقسم إلى مواد صلبة ومواد سائلة ومواد غازية .

أما على أساس التحلل البيولوجي تقسم إلى مواد قابلة للتحلل ( عضوية ) ومواد غير قابلة للتحلل البيولوجي (معادن ، بلاستك ، ورق وغيرها ).

وعلى أساس التأثير على صحة الإنسان تصنف على أنها خطيرة أو غير خطيرة

*أما ما جاء في القانون رقم (15) لسنة 2003م في شأن حماية وتحسين البيئة الليبي والذي عرف تلوث البيئة على انها حدوث أية حالة أو ظرف ينشأ عنه تعرض صحة الإنسان أو سلامة البيئة للخطر نتيجة لتلوث الهواء أو مياه البحر أو المصادر المائية أو التربة أو اختلال توازن الكائنات الحية بما في ذلك الضوضاء والضجيج والاهتزازات والروائح الكريهة واية ملوثات اخرى تكون ناتجة عن الأنشطة والأعمال التي يمارسها الشخص الطبيعي أو المعنوي

**ما المقصود بالنفايات الصلبة** ( What is meant by solid waste? ):

المواد الصلبة أو شبه الصلبة هي كل ما ينتج عن الأنشطة البشرية اليومية ويتم التخلص منها عند مصدرها كنفايات ليست ذات قيمة في مكان ما بينما يكون لها قيمة في موقع آخر أو ظرف آخر تكون الأوضاع مواتية لعمليات إعادة الاستخدام أو التدوير(3 ).

**مصدر النفايات الصلبة** ( Source of solid waste) :-

***نفايات منزلية** (Garbage) وتشمل بقايا الطعام والقمامة (نفايات المطبخ) والورق والبولي ايثيلين والبلاستك وقطع الزجاج والالعاب القديمة والملابس القديمة والمراتب وغيرها.

***نفايات المجتمع** (Community Waste) وتشمل نفايات المؤسسات العامة والمكاتب الحكومية والاسواق والتنظيفات العامة والمستشفيات وأعمال البناء وغيرها

***النفايات التجارية** (Commercial Waste )الضخمة من المحلات التجارية والمكاتب والفنادق وأسواق غير الحكومية والمتاجر والإطارات والالكترونيات

وأكياس البلاستك والزجاج ومواد التغليف والألياف الورقية والنفايات الكهربائية وغيرها.

***النفايات الصناعية** (Industrial wastes )وهي نفايات الورق واللب ومصافي النفط ومدابغ الجلود ومصانع التقطير ومحطات الطاقة الحرارية والصناعات الكيميائية ومصاهر المعادن والفحم والرماد والأحماض والمواد الكيميائية ومنسوجات البلاستك ومواد نووية وصفائح معدنية غير مستعملة وبقايا المعادن والمطاط والجلود ونفايات سامة ومعادن ثقيلة ومذيبات وراتنجات وحمأة ومواد كاشطة وغيرها .

***نفايات التعدين** (Mining waste )كنفايات الصخور والمخلفات ومياه المناجم والمواد الكيميائية وغيرها .

***النفايات المشعة** ( Radioactive waste ) وتشمل الانفجارات النووية والاختبارات النووية واستخدام المواد المشعة في البحث العلمي والطبي والمنتجات الملوثة بالنويدات المشعة بما فيها المواد التشخيصية المشعة أو المواد العلاجية المشعة وغيرها.

***النفايات الطبية الحيوية** ( Hospital wastes )كالتي في المستشفيات والعيادات والمختبرات وغيرها.

***نفايات الكترونية (Electronic waste)** تشمل الأجهزة الإلكترونية المهملة بجميع أشكالها ومسمياتها .

**مكونات الفضلات الصلبة** (Solid waste components) :

من الضروري قياس تركيز بعض العناصر للفضلات كالكربون والنيتروجين والهيدروجين والمركبات العضوية ونسبة الرطوبة لأهميتها في خزن ونقل ومعالجة الفضلات ( 4)

**جدول رقم ( 1) يبين تحليل الفضلات الصلبة (بالمائة نسبة للوزن الجاف )**

| المكونات | المادة المتطايرة | كربون | هيدروجين | أوكسجين | نيتروجين | كبريت | مواد غير قابلة للاحتراق |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الورق | 84.5 | 43.4 | 5.8 | 44.3 | 0.3 | 0.20 | 6.0 |
| الخشب | 84.9 | 50.5 | 6.0 | 42.4 | 0.2 | 0.05 | 1.0 |
| الجلد | 76.2 | 60.0 | 8.0 | 11.5 | 10. | 0.40 | 10.1 |
| البلاستك | - | 60.0 | 7.2 | 22.6 | - | - | 10.2 |
| الأتربة | 21.2 | 20.6 | 2.6 | 4.0 | 0.5 | 0.01 | 72.3 |
| مواد غذائية | - | 76.7 | 12.1 | 11.2 | 0 | 0 | 0 |
| معادن | 0.5 | 0.8 | 0.04 | 0.2 | - | - | 99.0 |
| زجاج وسيراميك | 0.4 | 0.6 | 0.03 | 0.1 | - | - | 99.3 |
| رماد | 3.0 | 28.0 | 0.5 | 0.8 | - | 0.5 | 70.2 |

وقد وجد من الإحصائيات العالمية أن النسب المئوية للمواد المكونة للفضلات هي الورق 33 ،الزجاج 10، المعادن 9 ،البلاستك 4، المطاط والجلد 3، المنسوجات 1، الخشب 4، الفضلات الغذائية 17،فضلات عضوية أخرى 1، فضلات الشوارع والساحات 18 ( 5).

**معدلات إنتاج النفايات (Waste production rates) :**

تختلف معدل نفايات الشخص الواحد يوميا حسب مستوى التحضر وإمكانيات الرفاهية المتاحة وطبقا لدراسات منظمة الصحة العالمية يتراوح إنتاج الفضلات الصلبة في دول العالم المختلفة بين 0.4 كجم /شخص /يوم في الدول الفقيرة إلى 2.5 كجم / شخص /يوم في الدول الغنية ويلاحظ ان أعلى معدلات كمية الفضلات المنتجة نجدها في الولايات المتحدة الامريكية ودول الخليج العربي كما هو موضح في الجدول رقم (2) ( 6 ).

**جدول رقم (2 ) معدل إنتاج النفايات الصلبة في العالم**

| مناطق العالم المختلفة | النفايات الصلبة |
|---|---|
| مناطق ادنى دخل في جنوب شرق اسيا وافريقيا | 0.4 كجم /شخص /يوم |
| مدن نموذجية في اسيا وشمال افريقيا وامريكا الجنوبية | 0.7 كجم /شخص /يوم |
| مدن نموذجية في دول صناعية | 1.1كجم /شخص /يوم |
| مدن نموذجية في المناطق الغنية (امريكا ودول الخليج ) | 2.5 كجم /شخص /يوم. |

**المصدر: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ،هندسة المدن وعلوم البيئة ، االمجلد الثاني،تونس ،2003**

**جدول رقم ( 3) يبين كميات النفايات المنتجة في بعض الدول العربية للفرد في اليوم الواحد**

| البلد | النفايات البلدية كجم /فرد/يوم | البلد | النفايات البلدية كجم / فرد /يوم |
|---|---|---|---|
| البحرين | 1.6 | قطر | 1.3 |
| مصر | 1.2 | السعودية | 1.3 |
| الاردن | 0.9 | سوريا | 0.5 |
| الكويت | 1.8 | تونس | 0.6 |
| عمان | 0.7 | اليمن | 0.45 |
| المغرب | 0.33 | الأمارات | 1.2 |

**المصدر :Uner/RowA**

**تقنيات غدارة النفايات الصلبة** (Solid waste management techniques ):-

أنواع مختلفة من التقنيات تستخدم للتخلص من النفايات الصلبة والتي تختلف من شخص لآخر ومن مكان لآخر ومن وقت لآخر ومن دولة لأخرى كما يلي :

***التسميد** (Composting) حيث يتم فصل المواد أو النفايات العضوية عن النفايات الأخرى وتركها لتتحلل بواسطة الميكروبات لمدة طويلة في حفرة ليتحول هذا المكون إلى سماد يستخدم كسماد للنباتات عامة.

*الطمر( Landfill )وهو عملية إلقاء النفايات في التربة ويجب اتباع بعض الإجراءات المناسبة كتبطين القاعدة بطبقة واقية ويكون مستوى المياه الجوفية منخفض ففي الصين يتم بناء أبار تعمل على تقليل مستوى الرشح في مدافن النفايات وخاصة التي تحتوي على نفايات صلبة .

ويتحكم هذا النموذج في العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تؤدي إلى انبعاث الزئبق في مكبات النفايات ( 7) حيث بينت نتائج الحرق المشترك لرواسب الصرف الصحي والنفايات الصلبة أن الزئبق الغازي يتاكسد إلى $Ho^{+}$ اثناء عملية التبريد مما يؤدي إلى تقليل المخاطر البيئية على الغلاف الجوي .

*الحرق ( Burning) وهو ما يطلق على حرق النفايات في درجات حرارة عالية لتجنب تلوث الهواء حيث يتم استخدام المرشحات المناسبة بالنسبة للتعامل مع الحمأة فقد وجد أن طريقة الحرق المباشر بدون الهضم اللاهوائي هي النهج المفضل

أما بالنسبة للحفاظ على الوقود الاحفوري والتخلص من النفايات تم اعتبار تقنية محطة الطاقة التي تعمل بالفحم جنبا إلى جنب مع طريقة حرق النفايات تقنية واعدة( 8).

لقد اثبتت تقنيات التحلل مثل البلازما والميكانيكا الكيميائية والحرارة المائية والتحفيز الضوئي والتحلل البيولوجي انها تتمتع بتاثير جيد في التقنية وتعتبر أفضل مصدر لرماد MSWL المتطاير ( 9 ).

**كيف تتم عملية حرق النفايات الصلبة** How is the process of burning ) solid waste (done?:

تتم في منشآت خاصة تسمى محارق النفايات وتتكون هذه العملية من عدة مراحل هي:

1. التحضير وتشمل:

- .جمع النفايات حيث يتم جمع النفايات الصلبة من المنازل والشركات والمؤسسات.
- .فرز النفايات بحيث يتم فرز النفايات الصلبة لفصل المواد القابلة للتدوير عن المواد التي سيتم طرحها والتخلص منها..
- .تقطيع النفايات بأن يتم تقطيع النفايات الصلبة الكبيرة إلى قطع صغيرة يسهل عملية حرقها.

2.الحرق :

- .نقل النفايات الصلبة إلى فرن خاص مصمم لحرق النفايات الصلبة .
- التحكم في عملية الحرق بدقة عالية وذلك لضمان احتراق كامل النفايات وتقليل انبعاث الملوثات .

ـ معالجة الغازات المنبعثة من عملية الحرق لازالة الملوثات قبل إطلاقها في الهواء .

3.التخلص من الرماد :

ـ .جمع الرماد المتبقي بعد عملية الحرق .

ـ .التخلص من الرماد بطريقة آمنة مثل دفنه في مكب خاص .

*** مزايا حرق النفايات الصلبة** ( Advantages of solid waste incineration):

1 .تقليل حجم النفايات بنسبة كبيرة بعد حرقها .

2.استعادة الطاقة وذلك كاستخدام الطاقة الحرارية الناتجة عن حرق النفايات في توليد الكهرباء أو تسخين المياه .

3.تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وذلك مقارنة بطرق التخلص الأخرى مثل مكبات النفايات .

***عيوب حرق النفايات الصلبة ( Disadvantages of burning solid waste):**

1.انبعاث الملوثات حيث يمكن أن تؤدي عملية حرق النفايات إلى انبعاث ملوثات في الهواء مثل الديوكسين والغبار والجسيمات الدقيقة .

2.التكلفة حيث تعتبر عملية حرق النفايات مكلفة نسبيا وذلك لكثرة المراحل التي تمر بها قبل واثناء الحرق .

3.التخلص من الرماد المتبقي بعد عملية الحرق صعبا وخطيرا .

**أهمية إعادة تدوير النفايات الصلبة** ( The importance of recycling solid waste:

أهمية إعادة تدوير النفايات تكمن في أنها تؤثر بشكل مباشر في العديد من الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية والصحية ( 10 ) فمثلا :

***في الجانب البيئي** تسهم في التقليل من نسبة التلوث بانواعه من خفض تراكم النفايات التي تؤثر بشكل مباشر على الأوساط البيئية المختلفة ولهذا فإن اي إجراء يتخذ لإعادة الاستفادة من النفاية ومهما كلف فإنه فائدة كبيرة

***في الجانب الاجتماعي** فهي تحتاج إلى أيدي عاملة للقيام بكل مراحل التخلص من النفايات بالإضافة إلى زيادة الوعي بين أفراد المجتمع عن المخاطر التي تسببها النفايات مما يؤدي إلى تطبيق فكرة فرز النفايات داخل البيوت .

***صحيا** تحد هذه العملية من كثير من الأمراض الناتجة عنها وكذلك الحد من الروائح والحشرات الضارة والقوارض وغيرها.

*اقتصاديا تؤثر هذه العملية بشكل مباشر في خفض النفقات الاقتصادية المتعلقة بارتفاع أسعار المواد الخام ويمكن أيضا الاستفادة من مواقع تلك النفايات في استخدامات أخرى وتوفر مبالغ مالية كانت ستصرف على إنشاء تلك المنشآت كما توفر تكلفة حفر المدافن الصحية للنفايات .

*إعادة تدوير النفايات الصلبة ( Solid waste recycling) :

هي عملية تعتمد على إعادة معالجة المواد التي يتم التخلص منها كنفايات بشكل يسمح بإعادة استخدامها وتحويلها إلى منتجات ذات فوائد بيئية واقتصادية أو إعادة استخدام النفاية مرة أخرى.

حيث توجد العديد من التقنيات لتحويل النفايات إلى طاقة (WTE) مثل التحلل الحراري والحرق والتحويل الحيوي للميثان وغيرها ( 11 )

**القابلية لإعادة تدوير النفايات الصلبة (Ability to recycle solid waste)** :

تعني مدى قابلية استعادة مادة خام من نفاية ما يمكن استخدامها كمادة خام تدخل في انتاج المواد التي أنتج منها نفس خامة النفاية وعليه يجب :

1.سهولة الحصول على النفاية وفصلها

2. تكون مواصفات المواد الخام في النفاية قابلة للاستعادة

3.تكون لها سوق تجاري

4.يكون من السهل التخلص من البقايا بعد التدوير مع دراسة التكلفة حيث توجد نفايات يمكن استعادتها بسهولة مثل استرجاع الرصاص من البطاريات المستهلكة بينما توجد نفايات تحتاج إلى تكنولوجيا عالية لإعادة تدويرها..

**الصعوبات التي تواجه القابلية لإعادة التدوير منها ( Difficulties facing the abilityto recycle solid waste ):**

1.عملية الفصل يجب أن تكون تامة والمادة المسترجعة نقية لتكون ذات قيمة اقتصادية .

2.العمليات الميكانيكية يجب أن تكون بتصميمات هندسية بسيطة لعدم تلويث المنتج.

3.الإنتاج من عملية إعادة التدوير يجب أن يكون قياسي ويمكن التحقق من مكوناته.

جدول رقم ( 4) يبين افضل عشرة دول من حيث الاداء لعام 2024 م من بين 48 دولة دخلت المنافسة

| ت | اسم الدولة | نسبة تدوير النفايات |
|---|---|---|
| 1 | النمسا | 59% |
| 2 | ويلز | 59% |
| 3 | تايوان | 53% |
| 4 | المانيا | 52% |
| 5 | بلجيكا | 52% |
| 6 | هولندا | 51% |
| 7 | الدنمارك | 51% |
| 8 | سلوفينيا | 50% |
| 9 | ايرلندا الشمالية | 45% |
| 10 | كوريا الجنوبية | 45% |

النتائج الذي في الجدول السابق كانت عبارة عن دراسة أجريت سنة 2024م وتم الإعلان عن نتائجها بمناسبة اليوم العالمي للبيئة شملت الدراسة عدد 48 دولة احتلت فيها التراتيب الأولى الدول المبينة في الجدول رقم ( 4) بينما شهدت دول أخرى كسنغافورة وكوريا الجنوبية واسبانيا انخفاضا شديدا في إعادة التدوير وكان السبب الرئيسي في حصول تلك الدول على التراتيب الأولى اتخاذها لخطوات واضحة تلزم كل من مكانه ببعض الأمور أهمها :

1.وضع استراتيجية واضحة لإعادة التدوير تتضمن أهدافا واضحة يتعين تحقيقها .

2.جمع منفصل واسع النطاق للمواد القابلة لإعادة التدوير بما في ذلك المواد العضوية وتزويد الأسر والشركات بطريقة ملائمة لإعادة التدوير

3.طرق لضمان تمويل إعادة التدوير على أساس الملوث ترفع واستخدام الحوافز المالية والسلوكية لتشجيع الأسر والشركات على استخدام نظام إعادة التدوير .

جدول رقم ( 5) يبين افضل الدول في إعادة تدوير النفايات بشكل عام

| الترتيب | اسم البلد | النسبة المعاد تدويرها في اجمالي حجم النفايات |
|---|---|---|
| 1 | كوريا الجنوبية | 49% |
| 2 | سنغافورة | 47% |
| 3 | هونج كونج | 45% |
| 4 | النرويج | 34% |
| 5 | السويد | 34% |
| 6 | سويسرا | 34% |
| 7 | ايرلندا | 34% |
| 8 | جزر مارشال | 31% |
| 9 | بلجيكا | 31% |
| 10 | استراليا | 30% |

0شهدت أوربا طفرة نوعية في إعادة التدوير فمثلا النرويج والسويد وسويسرا وايرلندا تعيد تدوير 34% من نفاياتها بينما تعيد بلجيكا 31% .
0تفوقت النرويج والسويد في حرق نفاياتها لاستخدامها كوقود غير مكلف لتوليد الكهرباء بل تستوردان النفايات من الدول المجاورة لتشغيل محطات الحرق.
0تزود السويد 250 الف منزل بالكهرباء عن طريق حرق النفايات ، وتنفذ المخلفات القابلة للحرق من البلاد وتحتاج للاستيراد.
0تفرض سويسرا رسوما على إزالة المخلفات ولا يمكن التخلص من النفايات إلا من خلال الوسائل المتبعة هناك .
0تعد بلجيكا موطنا لأحدث آلات تقطيع السيارات والمواد الكبيرة التي ربما كان من الصعب إعادة تدويرها في الماضي ( 12 )

**عمليات إعادة تدوير للنفايات الصلبة تقسم إلى ( Solid waste recycling operations are divided in to ):**

1.عمليات إعادة تدوير داخلي ويستخدم هذا النوع في :
.عملية إنتاج المواد من النفايات الناتجة عن تصنيع المعادن مثل فضلات الأنابيب النحاسية .
.صناعات التقطير ومنها يجفف هريس الحبوب المستهلكة بعد التقطير ثم يعالج لإنتاج علف حيواني
2.عمليات إعادة التدوير الخارجي حيث يعاد إنتاج المواد من منتجات قديمة أو من مواد تعرضت لبعض الظروف الطبيعية أو العوامل الكيميائية كالتحليل والتاكل ومن أمثلتها تصنيع منتجات ورقية جديدة من الصحف والمجلات القديمة.

**مراحل إعادة تدوير النفايات الصلبة** (Stages of solid waste recycling) :

مراحل إعادة تدويرالنفايات الصلبة تتكون من ثلاث مراحل هي :
1.التجميع والمعالجة حيث يتم جمع النفايات وإرسالها إلى جهة مركزية لإعادة تدويرها
2.التصنيع حيث تصنع منتجات جديدة من المواد المعاد تدويرها
3.شراء المنتجات الجديدة المصنعة من المواد المعاد تدويرها وذلكلإغلاق حلقة إعادة التدوير

أمريكا تستخدام الروبوتات لجمع النفايات في نهر بالتيمور أما ماليزيا وهونج كونج تتم عملية إعادة التدوير للتحكم في نفايات البناء والمواد الصلبة لاستخدامها في تصنيع مركب جيوبوليمير صديق البيئة (13 )

**إعادة التدوير الكيميائي (Chemical recycling)**

إعادة التدوير الكيميائي ليس سوى عملية تفكيك البلاستيك الصلب إلى شكله الأصلي المعروف عادة باسم البلاستيك المكافئ البكر. وعادة ما يشمل إعادة التدوير الكيميائي مجموعة من التقنيات الناشئة في صناعة إدارة النفايات التي تحول البلاستيك الصلب إلى مادة معاد تدويرها (مواد خام ثانوية) كان من الصعب أو غير الاقتصادي إعادة تدويرها ميكانيكيًا في السابق .

Fossil fuels ⟶ Raw Materials ⟶ Product manufacturing ⟶

Consumers ⟶ Plastic waste ⟶ Chemical recycling ⟶ Virgin equivalent plastics

يتزايد الطلب على المواد الخام الثانوية يومًا بعد يوم مع التحول نحو أهداف أكثر استدامة، والتطورات في عمليات إعادة التدوير الكيميائي، وطرق تفضيل العملاء. وتجدر الإشارة إلى أن المواد الثانوية القائمة على إعادة التدوير الكيميائي تحل محل المواد الخام البكر من سلسلة توريد التصنيع وتقلل من انبعاثات الكربون .

و تقوم عملية إعادة التدوير الكيميائي بتحويل النفايات البلاستيكية إلى مكوناتها الأصلية كالآتي:

**التحويل :**تبدأ عملية إعادة التدوير المغلقة، والتي يطلق عليها أيضًا الاقتصاد الدائري، بعملية التحويل وهنا يمكن تفكيك جزيئات الهيدروكربون طويلة السلسلة المسماة بالبوليمرات في البلاستيك المختلط أو المفرز إلى جزيئات أصغر من خلال العمليات المسماة بالتحلل الحراري أو التغويز ويمكن استخدام هذه الجزيئات القصيرة كمواد خام لتفاعلات كيميائية جديدة لإنتاج بلاستيك معاد تدويره ومواد كيميائية أخرى.

**التحلل :** في هذه المرحلة يتم تفكيك البوليمرات إلى وحدات أحادية لإنتاج بلاستيك جديد وذلك بمساعدة الحرارة أو باستخدام المواد الكيميائية التي تستخدم المذيبات لتفكيك البوليمرات إلى وحدات أحادية.

**التنقية :** على عكس عمليات إعادة التدوير الكيميائية الأخرى، لا يتم هنا تفكيك البوليمر أو تعديله بل يتم استخدام المذيبات لفصل البوليمرات عن المواد المضافة أو الملوثات

**إعادة التدوير الميكانيكية (Mechanical recycling)**

تعتبر هذه العملية كأنها عملية إعادة تدوير كيميائية تعمل على تحويل النفايات البلاستيكية إلى مادة بلاستيكية ثانوية دون تغيير التركيب الكيميائي الأصلي للمادة.

تعتبر عملية إعادة التدوير الميكانيكية مناسبة لجميع أنواع اللدائن الحرارية وهي الطريقة الأكثر شيوعًا المستخدمة لإعادة تدوير البلاستيك ( 14 ).

تتضمن عملية إعادة التدوير الميكانيكية خطوات معالجة معينة يجب اتباعها وهي كالآتي :

**التجميع :** يتم جمع المنتجات البلاستيكية التي انتهى عمرها الافتراضي من نفايات منفصلة ومختلطة.

**الفرز الأول :** بمجرد وصول النفايات البلاستيكية المجمعة إلى مصنع إعادة التدوير، يتم فرزها وقد يحدث أن بعض عمليات الفرز تم إجراؤها بالفعل في مرحلة التجميع كما يتم لها فرز إضافي من حيث اللون أو السُمك في هذه المرحلة.

**التقطيع** : يتم بعد ذلك تقطيع النفايات البلاستيكية المجمعة والمفرزة إلى قطع أصغر قبل أن يتم إعادة استخدامها.

**الغسيل :** في هذه العملية، يتم تنظيف النفايات البلاستيكية الممزقة لإزالة أي غبار أو أوساخ لضمان نظافة البلاستيك قبل الصعود إلى المرحلة التالية وعادةً ما يتعلق الغبار والأوساخ ببقايا الطعام أو المشروبات أو الملصقات.

**الفرز الثاني :** يتم فرز البلاستيك مرة أخرى ومراقبته قبل إرساله إلى عملية البثق.

**البثق :**أثناء عملية البثق، يتم تحويل رقائق البلاستيك في النهاية إلى حبيبات متجانسة جاهزة للاستخدام في تصنيع منتجات جديدة.

**إعادة التدوير بالذوبان (Melt recycling)**

عملية إعادة التدوير التي يتم فيها فصل البوليمرات عن النفايات البلاستيكية بطريقة تجعل البوليمرات تعود إلى خواصها الكيميائية الهيكلية الأصلية هي إعادة التدوير بالذوبان .

في ظل إعادة التدوير بالتحلل، يتم إذابة البوليمرات الموجودة في النفايات البلاستيكية في المذيبات حتى يمكن فصلها والعودة بها إلى شكلها الأكثر نقاءً.

ومن الأمثلة الصناعية التي يتم فيها تطبيق عملية إعادة التدوير بالتحلل هي :
بولي فينيل كلوريد(PVC) ، البوليسترين(PS) , نايلون (بنسلفانيا) ،البولي بروبلين (PP)
حيث يتم تفكيك هذه البوليمرات إلى مونومرات فردية عالية الجودة ثم تُستخدم هذه المونومرات لإنتاج بوليمرات جديدة بنفس خصائص المواد الأصلية وهذا يؤدي في النهاية إلى زيادة معدلات إعادة التدوير وتقليل الحاجة إلى استخدام البلاستيك في البيئة.

**إعادة التدوير العضوي(Organic recycling)**

في إعادة التدوير العضوي، تخضع المواد البلاستيكية القابلة للتحلل البيولوجي لمعالجة ميكروبيولوجية خاضعة للرقابة في ظل ظروف هوائية (التسميد) أو ظروف لا هوائية (التحويل إلى غاز حيوي ).
تنطبق عملية إعادة التدوير العضوي على فئات محددة من البوليمرات التي يمكن تحويلها إلى بقايا عضوية مستقرة وثاني أكسيد الكربون والميثان والماء تحت تأثير الكائنات الحية الدقيقة .
عندما تكون النفايات العضوية في مرحلة إعادة التدوير في ظل الظروف الهوائية، فإنها تؤدي إلى التسميد، والذي يعود بشكل أساسي إلى التربة ويستخدم كسماد بيولوجي للمساعدة في نمو المحاصيل الجديدة وعلى العكس من ذلك، عندما تتم إعادة التدوير في ظل الظروف اللاهوائية، يتم استخدامها في الغالب كطاقة (15).

**إعادة تدوير المونومر (Monomer recycling)**

إعادة تدوير المونومر أو إزالة البلمرة هو نوع من طرق إعادة التدوير حيث تتكسر جزيئات البوليمر الطويلة داخل البلاستيك إلى كتل بناء من المونومر تُستخدم لإنشاء مواد بلاستيكية خام ذات خصائص متطابقة وبسبب إعادة تدوير المونومر تنعكس المكونات الكيميائية للبلاستيك مما يجعله بلاستيكًا معاد تدويره أكثر استقرارًا.

## التوصياتRecommendations

لكي نتفادى تكدس النفايات والمشاكل الناتجة عنها نوصي بالآتي:
1. وضع برامج تثقيفية عبر وسائل الإعلام المختلفة وكذلك وسائل التواصل الاجتماعي لتوعية الجمهور بأهمية التخلص من النفايات بصفة عامة وخاصة النفايات الصلبة وأهمية إعادة تدوير تلك النفايات.
2 . تطوير أنظمة جمع النفايات من المنازل والشركات والمؤسسات.

3. سن القوانين واللوائح التي تنظم عملية التخلص من النفايات الصلبة وتحدد مسؤوليات كل من الأفراد والشركات والمؤسسات.
4.فرض عقوبات على المخالفين الذين لا يتبعون السياسات الموضوعة من قبل السلطات.
5.إنشاء منشآت مناسبة للتخلص من النفايات الصلبة.
6.تشجيع الأفراد والشركات والمؤسسات على إعادة التدوير والاستخدام مرة أخرى.
7 .تقديم حوافز مالية للأفراد والشركات والمؤسسات التي تتبع أفضل الممارسات في مجال التخلص من النفايات مثل خفض الضرائب وتقديم الدعم المالي لها .
8. تقديم جوائز للمبادرات المتميزة في مجال إعادة التدوير والاستخدام.

## الهوامـــــــــــش:


1 . د/ محمد نجيب ابوسعدة ، المخلفات الصلبة وامكانات تدويرها بيولوجيا ،دار الفكر العربي ، 2005 ، مصر.
2. د/ احمد عبدالوهاب عبد الجواد ، اسس تدوير النفايات ،الدار العربية للنشر،1997 ، القاهرة.
3. **د/** ايمن محمد الغمري واخرون ، الادارة المتكاملة للنفايات ،المكتبة المصرية للنشر والتوزيع ، 2009 مصر .
4. د/ فارس دياب سويل ،النفايات المنزلية بين إعادة التدوير والاضرار الصحية والبيئية ، 1437 ه ،مكتبة العبيكات 2، الرياض.
5. د/ رضا الخلايلة ، اهمية تدوير النفايات وانواع إعادة التدوير، المجلة العربية للنشر العلمي ،كانون أول 2022 ،الاصدار الخامس العدد خمسون.
6 . د/فاضل حسن احمد ،هندسة البيئة ،منشورات جامعة عمر المختار ، 1996، البيضاء .
7. محمد سعدون ، ادارة المخلفات الصناعية الصلبة ، 2007 ، اكاديمية الدراسات العليا ، طرابلس ،بحث غير منشور .
8 . د/ احمد عبدالوهاب عبدالجواد ،تكنولوجيا تدوير النفايات ، 1997، الدار العربية للنشر والتوزيع .
9. جون، أ. يونج ترجمة شويكار زكي ، الاستفادة من النفايات ،الدار العربية للنشر والتوزيع ، 1994 ، مصر
10. د/ محمد السيد ارناؤوط ، طرق الاستفادة من القمامة والمخلفات الصلبة والسائلة ،2003 ،مكتبة أوراق شرقية ، القاهرة.
11.د/ علي علي مرسي واخرون ، علم البيئة العام ، دار الفكر العربي ، 2000 ،القاهرة
12 .د/ صالح محمد بدرالدين ، النفايات الخطرة والقانون الدولي ، دار النهضة العربية ،2005 ، القاهرة.
13. Types of recycling ,www,ism waste .co.uk,retrieved 17- 03.2021. Edited
14 .محمد كمال ، اهمية تدوير النفايات وانواع إعادة التدوير ، مقالة منشورة على مدونة حلوها ،2018 ،متوفرة على الرابط التالي http:// .www.hellooha com
15. نبراس محمد عبدالرسول الصفار واخرون ، معمل فرز وإعادة تدوير النفايات في فضاء المحمودية بين المردود الاقتصادي والاثر البيئي .35-2(1),19 و Iraqi journal of market research and consumer protection