المحاضرة العاشرة تلوث التربة بالمخلفات الصلبة ، تصنيف المخلفات، تأثير المخلفات في البيئة. طرق التخلص من النفايات وخواصها، مساهمة التكنولوجيا في حل مشكلة النفايات، استخدام النفايات في انتاج الطاقة. ايجابيات وسلبيات طرق التخلص من النفايات ، التعرف على مفهوم (RDF).

❖ تلوث التربة بالمخلفات الصلبة

المخلفات الصلبة وتلوث التربة بها هو احد مظاهر العصر حيث بدء الاثر السلبي ينتشر تزامناً مع الثورة الصناعية اذن هي ظاهرة ليست بالجديدة وتزداد المشكلة مع تزايد اعداد السكان ومع التقدم الحضاري. ويجب علينا توضيح الضرر الناتج عنها في حال عدم اتخاذ الاجراءات اللازمة للسيطرة على النفايات وانعدام الادارة والتخطيط في جمع هذه النفايات والتخلص منها بصورة صحيحة وسليمة ويمكن تعريف المخلفات الصلبة (Solid Waste) مواد تطرحها أو تولدها الكائنات الحية في النظام البيئي المحيط بها، ويتجاوب هذا النظام مع النفايات باعتبارها مصادر رئيسية تستعمل بكفاءة وفاعلية، حيث يتم إعادة استعمالها كمواد خام ضمن دورة طبيعية ومنتظمة، وتشمل المخلفات والفضلات التي يتركها البشر خلال ممارستهم للأنشطة اليومية المختلفة، وتتمثل هذه المخلفات بمواد مثل الورق، والنايلون، وعلب الكارتون ،وقطع الزجاج، ومعدنية، إضافة إلى المخلفات الغذائية، والمخلفات الناتجة عن الأنشطة الصناعية والإنشائية. وتقدر كمية النفايات المرفوضة في المجتمعات المتقدمة بأكثر من 2.3 كغم\فرد يوم وفي بلد مثل العراق يقدر عدد نفوسة بأكثر من 35 مليون نسمة اذا انتج الفرد كغم واحد باليوم فالناتج 35000 وسنوياً ما يقارب 13 مليون طن من النفايات المتنوعة مستثنين ما تنتجه المعامل والمصانع وما هو غير موزون من الغازات لذا نلاحظ تفاقم المشكلة واثارها السلبية وملوثاتها المنتشرة في كل مكان تقريباً، اما الحروب وتخريب ثلث العراق فهذا طامة بيئية بكل المقاييس.

❖ النفايات الصلبة وتصنيفها

النفايات الصلبة: هي المواد المُراد الخلاص منها وتغييرها إلى مواد صالحة لإعادة الاستخدام اذا امكن ذلك، ويكون جمعها، ومعالجتها، ونقلها، من مصلحة المجتمع، و تصنيف النفايات الصلبة من حيث مصدرها إلى:

- النفايات الصلبة المنزلية: ونعني بها قمامة المنازل وهي المخلفات التي تنتجها المنازل، والمطاعم، والفنادق، ومخلفات الشوارع والتي تقدر 7%.
- النفايات الصلبة الصناعية: وهي الفضلات والمواد الناتجة عن ممارسة الأنشطة الصناعية المختلفة مثل الصناعات الكيميائية، ومحطات توليد الطاقة، وصنع المعادن، وتقدر بحوالي 3 %.
- النفايات الناتجة من عن عمليات حفر المناجم ومقالع الرمل والحصى والحجارة وعمليات التعدين الاخرى وتقدر 30 %.
- النفايات الصلبة الزراعية: تمثل المخلفات الناتجة عن الأنشطة الزراعية النباتية، وتقدر بحوالي 20-15%.
- مخلفات الحيوانات وفضلاتها ونفايات المسالخ والمجازر والحيوانات النافقة بنسبه 30 %.
- النفايات الناتجة عن معالجة المياه العادمة: وهي مواد عضوية وغير عضوية ممزوجة بنسبة عالية من المياه تنتج عن معالجة المياه العادمة 10 %.

❖ تأثير المخلفات في البيئة والصحة

أن اهمال الفضلات والمخلفات وخاصة المنزلية منها وتركها تتراكم امام المنزل وفي الطرقات او على الاراضي الزراعية او اطراف الاحياء والمجمعات السكنية او بالقرب من المدن حتى عند تجميعها وعدم تصريفها او التعامل معها بطريقة علمية يؤدي الى مجموعة من الاضرار ومنا:

د. ياسر حمود عبرس الجنابي

- تلوث بصري ناتج عن المناظر المقززة والمنافية للذوق العام السليم.
- تلوث الهواء من خلال الروائح الكريهة والغازات الاخرى المنبعثة منها وما تسببه من ازعاج .
- تكاثر الحشرات البكتريا والفطريات التي تهدد الصحة العامة.
- موطن للقوارض ومركز تكاثرها وما تسبب من اضرار للإنسان والحقول الزراعية.
- زيادة احتمال حدوث الحرائق التي تهدد حية الناس القاطنين بقربها كذلك تلوث الهواء.
- تلوث للتربة من خلال المواد المتسربة منها.
- تلوث المياه في حال وصول المواد المتسربة الى مجاري المياه والمياه الجوفية.
- الكثير من المخلفات خطر وسام جداً كمخلفات المبيدات او مخلفات المواد المشعة او المعادن الثقيلة.
- التأثير على خصوبة التربة من خلال تأثيرها على احياء التربة وفعالياتها.
- مكان لتجمع وتكثر الحيوانات السائبة والتي ممكن ان تهدد الصحة العامة .

❖ مما تتكون النفايات البلدية

مصادر النفايات في البيئة ستة تم ذكرها الا ان المخلفات البلدية والنفايات المنزلية او القمامة والفضلات الناتجة عن الحياة الاجتماعية تشكل اعلى النسب وان طرق معالجتها ليست بالطرق السهلة لما تشكله من محتويات معقدة وغير متجانسة والتي يمكن اجمال مكوناتها المختلفة وفق مصادرها .

1- فضلات الطعام Coorbage.
2- الزبالة Rubbish.
3- النفايات المتجمعة بالشوارع اوراق الشجر قع بلاستك.
4- الرماد الناتج من حرق المواد الاخرى.
5- السكراب Scrap، وتشمل اكداس الحديد ومخلفاته في ساحات الخردة او قطعه المختلطة مع النفايات.
6- مخلفات عمليات الهدم Demotition.
7- فضلات العمليات الانشائية Construction Residues.
8- فضلات الحيوانات ومخلفاتها بعد موتها.

طرق التخلص من النفايات الصلبة

: زيادة مصادر النفايات وزيادة تراكمها، ظهرت الحاجة إلى إيجاد طرق وأساليب من شأنها التقليل أو التخلص منها، ونذكر فيما يأتي أهم هذه الطرق للتخلص من النفايات.

- طريقة الطمر الصحي: تتم هذه الطريقة بوضع النفايات في حفر كبيرة تحتوي على تربة طينية أو رملية، ويتم عزل جوانب الحفرة وقاعدتها عن الصخور والتربة المجاورة بواسطة البلاستيك أو الإسمنت؛ لمنع تسرب السائل الراشح الناتج عن بقايا النفايات إلى المياه الجوفية، والاحتفاظ بغاز الميثان الذي يتشكّل بسبب حدوث التحلل اللاهوائي للفضلات العضوية، ليتم بعد ذلك تجميعه في أسطوانات خاصة لاستخدامه في توليد الكهرباء، وعلى الرغم من أهمية هذه الطريقة في التخلص من النفايات، إلا أنها قد تتسبب بحدوث انفجار في موقع الطمر، كما يمكن أن يحدث ضرر في المادة العازلة مما يؤدي لتسرب الملوثات إلى المياه الجوفية.
- الدفن العشوائي: تتمثل هذه الطريقة بوضع النفايات في حفر أرضية دون إجراء الخطوات اللازمة لمعالجة المواد الكيميائية الخطرة وفصل مكونات النفايات واسترجاع ما يمكن الاستفادة منه، وتعد هذه الطريقة مخالفة لأسس التنمية المستدامة، لأنها تتسبب بشكل مباشر بتلوث المياه والتربة عن طريق تسرب العصارة أو السائل الراشح الناتج عن التحلل اللاهوائي إلى باطن الأرض، والذي يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية، بالإضافة إلى تلوث الهواء عبر إطلاق الغازات الضارة بالبيئة مثل غاز ثاني أوكسيد الكاربون والميثان.

د. ياسر حمود الجنابي

- الحرق العشوائي: يتم في بعض الأحيان حرق النفايات في مناطق غير مهيأة وبصورة عشوائية، مما يسبب بشكل كبير تلوث الهواء عبر إطلاق غازات خطيرة مثل غاز الدايوكسين، كما أن الرماد الناتج عن الاحتراق قد يحتوي على مواد سامة تلحق الضرر بالنبات والتربة والماء.
- الحرق الصحي والترميد: يتم في هذه الطريقة حرق النفايات في أفران خاصة عند درجة حرارة 900 إلى 2000 درجة مئوية، بحيث يتم الحرق بشكل متواصل دون توقف، ويُستفاد من هذه الطريقة بتوليد الكهرباء والتدفئة المركزية، عبر استغلال الطاقة الحرارية الناتجة عن الاحتراق في تسخين أنابيب الماء التي تغذي شبكات التدفئة المركزية أو في إنتاج بخار الماء الذي يساهم بشكل غير مباشر في إنتاج الطاقة الكهربائية. وعلى الرغم من أهمية حرق النفايات في المحافظة على البيئة، إلا أنها تساهم في تلويث الهواء عبر إطلاق الغازات السامة الناتجة عن حرق بعض النفايات، وفي بعض الأحيان يصعب حرق بعض النفايات الصلبة بحيث يتم التخلص منها عن طريق دفنها بالإضافة إلى الرماد الذي ينتج عن عملية الاحتراق؛ لذا تُعتبر طريقة الطمر الصحي مكمّلة لطريقة الحرق والترميد.
- إنتاج الأسمدة من النفايات العضوية: يمكن استغلال النفايات العضوية مثل بقايا الطعام، والنبات في إنتاج الأسمدة، ومخصّبات التربة عبر عملية تسمى "كومبوست"، حيث يتم تحلل هذه النفايات بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وتحولها إلى مركبات عضوية صغيرة تستخدم كبديل للسماد الكيماوي المستخدم في الزراعة، وتساهم هذه العملية بشكل كبير في التقليل من النفايات المنزلية، وتوفر مواد طبيعية بديلة للأسمدة الكيماوية.
- إعادة التدوير: واحدة من أكثر الطرق الفعّالة للتخلص من النفايات هي إعادة تدويرها واستخدامها كمواد أولية في الصناعة، ويمكن إعادة استخدام وتدوير النفايات الصناعية والنفايات في المناطق السكنية مثل الكرتون، والأكياس، والمخلفات الغذائية عن طريق معالجتها عبر عمليات صناعية تمهيداً لإعادة استخدامها كمواد خام لتصنيع منتجات جديدة. على سبيل المثال إذا تم إعادة تدوير طن واحد من الورق فسوف يتم توفير قطع 20 شجرة تقريباً، لذا فإن إعادة استخدام المواد الورقية في النفايات يساهم بشكل كبير في الحد من استهلاك الأشجار المستخدمة في صناعة الورق المفيدة للبيئة.
- قذف الفضلات في العراء :وهي من الطرق القديمة البدائية والخطرة على البيئة والصحة العامة.
- القذف في البحر: طريقة تقوم بها الكثير من الدول المطلة على البحار وهي طريقة مرفوضة بيئياً وتعتبر مصدر تهديد للحياة البحرية وتعمل على تشوية الشواطئ البحرية وتلويثها.
- الرزم المضغوطة وتعتمد على ضغط المخلفات المنزلية والفضلات الصلبة بعد ازالة الاجسام المعدنية منها مما يسهل الدفن او الحرق والنقل.؟
- التقطيع والثرم ثم النثر في العراء بعد ازالة الاجزاء المعدنية منها وتقطيع المتبقي او ثرمه باستخدام مكائن خاصة وهي طريقة ناجحة بعض الشي عند خلطها مع سطح لتربة حيث تعمل الاحياء على تحلله والتخلص منها.

❖ مساهمة التكنولوجيا في حل مشكلة النفايات

الكثير من الجهود تبذلها الدول في الخلاص من القمامة والتقليل من تراكمها، لكنها لم تصل الى حل جذري من اجل إنهاء مشكلة النفايات بصورة تامة، لذا نشط الانسان في اعتماد التكنولوجيات الجديدة كالإنترنت، و الذكاء الاصطناعي، والتقنيات المعروفة بـ "آلة إلى آلة" (M2M). والتكنولوجيا العصرية بدورها تشارك في التخلص من النفايات بطرق فعّالة. ان تقنية "آلة إلى آلة" تعني مراقبة مراحل تصنيع المنتج من الإنتاج إلى الاستهلاك، ومعرفة معدل استهلاك كل مادة في السوق، وبالتالي إمداد الاسوق بالكميات التي تسد التي تحتاجها لتجنب الفائض. اما تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل الروبوتات الذكية فرز النفايات بهدف التخلص منها، وتتم هذه التقنية عبر طحن النفايات إلى أجزاء صغيرة جداً بواسطة الروبوتات المجهرية، كما تقوم هذه الروبوتات بفصل الخواص الكيميائية والفيزيائية للمواد، وبالتالي إنتاج مواد نقية يمكن إعادة استخدامها في الصناعات الدقيقة.

د.ياسر حمود الجنابي

❖ طرق تقدير الكميات المتولدة من النفايات

1- الطريقة الوزنية : وتتم من خلال وزن المخلفات او النفايات التي يتم جمعها من منطقة محددة معروفة العدد السكاني مستخدمين سيارات معلومة الحجم ومن خلالها تقدر كثافة النفايات ويتم احتساب معدل انتاج الفرد منها ضمن فترة زمنية معلومة.
2- طريقة احتساب كمية المواد الداخلة والخارجة: ويتم ذلك باحتساب كمية المواد الداخلة الى مصادر توليد النفايات او المخلفات وكمية المواد المستهلكة فيها وما يطرح بعد ذلك كفضلات او مخلفات صلبة.

❖ خواص المخلفات او النفايات الصلبة :

جمع المعلومات المتعلقة بخواص النفايات والمخلفات الصلبة يساهم في تحديد الاسلوب الافضل في اختيار طريقة التخلص منها ومن ثم خزنها مع معرفة امكانية اعادة تدويرها وطريقة خزن المتبقي منها وتحديد الجهد المطلوب لتلك العملية من جمع وفرز وتقليص حجم او عملية الثرم واعادة الاستعمال او التدوير ان وجد مع معرفة كمية ونوعية المخلفات العضوية القابلة للتحويل الى اسمدة والمكونات القابلة للاحتراق وتحديد طريقة الحرق ومن هذه الخواص:

- الكثافة : وتختلف ما بين 100 كغم/م^3 عند مصدر تولدها الى 500 كغم\م^3 عند طمرها.
- المحتوى الرطوبي : متأثر بنوع المكونات ودرجة الحرارة والامطار.
- المكونات الفيزيائية : مواد عضوية 50% ومواد ورقية 25 %وبلاستيكية.
- المكونات الكيميائية : وتعود اهمية التحليل الكيميائي الى معرفة نسب العناصر الداخلة في تركيب النفايات والمخلفات الصلبة (H,N,K,S,O,C).

النفايات الصلبة وطرق تحويلها

من منطق اقتصادي وبيئي بهدف توفير المواد الاولية والمحافظة على الموارد الطبيعية وتقليل التكلفة وحماية البيئة فقد قامت كثير من دول العالم في اعادة استعمال وتصنيع مكونات المخلفات الصلبة ومن اكثر هذه الصور شيوعاً في المعالجة هي.

1- **تقليص الحجم** ويتم ذلك من خلال تمزيق وكتقطيع وطحن وكبس النفايات الكبيرة الحجم والجوفاء من اجل تقليل حجمها وعمل خليط متجانس يشغل حيز اقل وتسهل عملية جمعة ونقلة وتحلله.
2- **التحلل والتدوير**: وذلك بتحويل المواد العضوية الموجودة في النفايات الصلبة الى مواد جافة عديمة الرائحة من خلال عملية التعفن والتخمير والناتج يضاف الى التربة كمحسنات تحسن من بنائها وتزيد من خصوبتها وتزيد من قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء وتحسن الخواص الفيزيائية والكيميائية والخصوبية من خلال احتوائها على بعض العناصر (N,P,K).
3- **الحرق الالي** :وهو من اقدم الطرق شيوعا في التخلص من النفايات وطورت طريقة الحرق من خلال تحويل المواد القابلة للحرق الى مواد خاملة وغازات ويتم التخلص من المواد الصلبة غير القابلة للاحتراق كمادة مالئة للحفر واستصلاح الاراضي او من خلال طمرها في اماكن بعيدة.

د. ياسر حمود الجنابي

❖ الزمن المطلوب لتحلل مواد مختلفة :

الجدول (7) يوضح العمر الزمني لتحلل بعض المواد .

نوع المادة	الزمن اللازم للتحليل
قشرة موز	4 أسابيع
ورق	2 - 3 أشهر
قطن	5 - 6 أشهر
أحذية جلدية	50 سنة
معلبات الومينيوم	400 سنة
أوعية بلاستيكية	1000 سنة
قناني زجاجية	1000000 سنة

استخدام مركبات القمامة لاستخلاص الطاقة

حرق لمركبات النفايات اذ تحتوي النفايات على مواد غنية بالطاقة والتي يمكن استخدامها لإنتاج الكهرباء أو في الصناعة مما يعني المحافظة على مواد خام متآكلة مثل النفط . هنالك عدة طرق لاستخلاص الطاقة من النفايات :عملية الحرق : إن استخلاص الطاقة من حرق النفايات في أجهزة خاصة تقلل من حجم النفايات الى 90% ومن وزنها الى 75%. إضافة إلى أن هذه الطريقة محبة للبيئة نسبيًا وتقلل من الإزعاجات البيئية الناتجة من أماكن تجميع النفايات . في كثير من الدول مثل الولايات الأمريكية ، السويد ، سويسرا ، فرنسا ، ألمانيا وغيرها تستخدم هذه الطريقة بنسب عالية . هنالك طريقتان لعملية الحرق :

أ. الحرق الكلي Mass Burn : حيث تحرق النفايات بوضعها الخام بدون أي معالجة مسبقة ، ما عدا إبعاد الأجسام غير المرغوب بها .

ب. RDF : حيث تعالج النفايات قبل الحرق ويتم اختيار النفايات التي لها قيمة تدفئيه مرتفعة جدًا مثل البلاستيك والورق والكرتون . القيمة التدفئة بوحدة عدد السعرات الحرارية الناتجة من حرق واحد كغم من النفايات الصلبة . ارتفاع نسبة المواد العضوية في النفايات يعني انخفاض قيمة التدفئة بسبب وجود الماء في هذه المواد . بعد أن نفصل المواد القابلة للاشتعال نقوم بتقطيعها وضغطها إلى قطع اصغر تستعمل كوقود .

❖ نسبة النفايات في بلدة معينة وطريقة العلاج حسب المعالجة المدمجة

جدول (8) طرق معالجة النفايات

النوع	نسبة النفايات (%)	طريقة العلاج
بلاستيك	18	حرق
زجاج	20	إعادة تدوير
ورق وكرتون	20	حرق ، إعادة تدوير
مواد عضوية	40	إنتاج الكومبوست
معادن	1	إعادة تدوير، استعمال من جديد
حفاظ	1	دفن صحي

❖ ايجابيات وسلبيات طرق تقليل النفايات

هنالك ايجابيات وسلبيات لكل الطرق المستخدمة في معالجة النفايات الصلبة نلخصها بما يلي :

- إعادة التدوير :

ايجابيات إعادة التدوير :

1. تقليل كميات النفايات المعدة للدفن
2. توفير بالعملات الأجنبية بسبب قلة استيراد المنتجات
3. توفير في أسعار الإنتاج عندما نستعمل مواد معاد تدويرها
4. توفير بالطاقة وبالمياه عند إنتاج منتج معاد تدويره
5. تقليل حجم الأراضي المستعملة للدفن

أما السلبيات فهي :

1. غير جدير من ناحية اقتصادية بسبب عدم شراء منتجات معاد تدويرها
2. تحتاج إلى وعي كبير لفصل النفايات بأنواعها المختلفة
3. جودة المنتجات المعاد تدويرها اقل

- عملية الحرق :

من ايجابيات عملية الحرق :

1. إنتاج الطاقة
2. معامل الحرق لا تحتاج إلى مساحات واسعة من الأرض (توفير أراضي)

د. ياسر حمود عجرش الجنابي

3. تقليل حجم النفايات الى 90% وتقليل وزنها الى 75%
4. تقليل غازات الدفيئة نسبة لمواقع التخلص من النفايات (مكبات القمامة) حيث بعملية الحرق ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون أما في مواقع الدفن ينتج غاز الميثان ومعروف إن مقدرة غاز الميثان على امتصاص الأشعة تحت الحمراء هي عشرين ضعف من مقدرة ثاني أكسيد الكربون .

أما سلبيات الحرق فهي :

1. تلوث الهواء من الغازات الناتجة ومن تكون الرماد
2. التكلفة العالية لإنتاج معامل الحرق

- عملية الطمر الصحي :

ايجابيات الطمر الصحي :

1. محاولة تجميل المنظر عن طريق ترميم مواقع حفر الكسارات
2. الطريقة بسيطة للتفعيل وتناسب جميع أنواع النفايات
3. لا يوجد بواقي تحتاج إلى معالجة خاصة (ما عدا الغازات والعصارة)

أما سلبيات الطمر :

1. تبذير مواد خام مثل الورق الكرتون والبلاستيك ومواد عضوية وغيرها
2. تبذير أراضي وهي مورد نادر بالدولة
3. مشكلة الغازات التي لا تدخل إلى أنابيب التهوية وممكن إن تلوث الهواء
4. تبذير رمل الذي يلزم لتغطية أكوام النفايات
5. احتمال تلويث المياه الجوفية و التربة

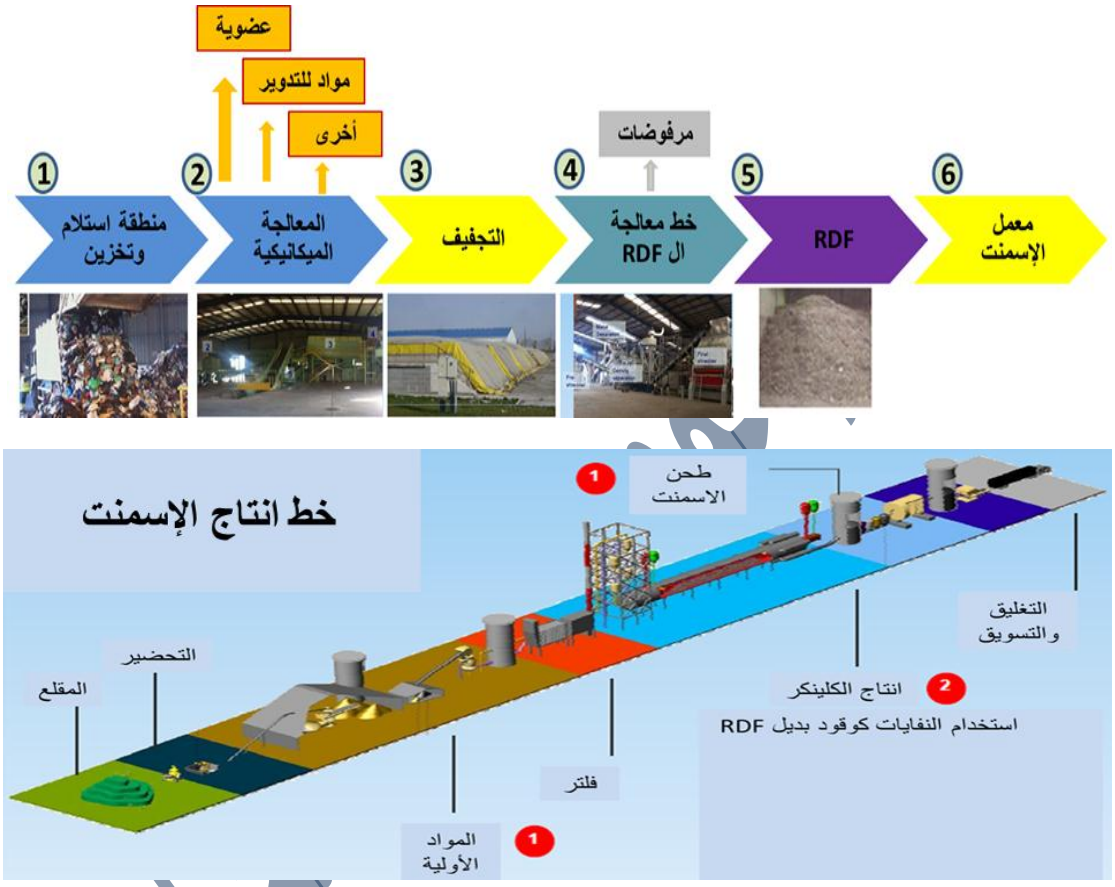
❖ طريقة الوقود المشتق البديل RDF (Refuse Derived Fuel)

هو انتاج الوقود من خلال تجفيف النفايات الصلبة ، وعزل المواد القابلة للاحتراق عن المواد الخرى ، يتألفRDF من العناصر القابلة للاحتراق من القمامة كالبلاستيك والنفايات القابلة للتحلل. وتقام مرافق معالجة RDF بالمقربة من مكبات النفايات الصلبة ، أما منشأة الحرق فتكون بالقرب من منشأة المعالجة .الRDF هو الاسلوب المستقبلي الافضل لإدارة النفايات والتخلص منها في بلدان العالم الثالث والدول العربية خاصة، لاستعداد مصانع الإسمنت في المنطقة العربية لاستخدام RDF كوقود بديل، لتوفيره تكاليف الوقود لهذه الصناعة

لذا نأمل أن يكون تعاون بين البلديات وشركات جمع النفايات وصانعوا الاسمنت والعمل كمجموعة واحدة لنجاح هذه التقنية .يرى الكثير أن الطريقة الأفضل في استخدام الوقود أو الغاز هو إنتاج الكهرباء، ولكن ذلك غير دقيق ، لأن إنتاج الكهرباء عادة ما يتم بكفاءة 40-50% و يعد الباقي فاقداً حرارياً. أما الفائدة الكبرى هي في استعمالات الوقود المستمد من النفايات، والذي نستطيع حرقه بطريقة بيئية حيث يتم استغلال جميع السعرات الحرارية بأفضل كفاءة ممكنة. ويستمد معظم هذا الوقود من عملية الإنتاج في الموقع ويستخدم بتكلفة قليلة أو معدومة، وبذلك يقلل تكاليف الوقود الكلية لأنه استعاض عن الوقود الأحفوري. ويخفض استخدام وقود النفايات الصلبة من حجم النفايات الواجب الخلاص منها، ويخفض من تكلفة التخلص على المصنعين. تستعمل صناعات

د.ياسر حمود مجرش الجنابي

الخشب والورق والمواد الكيميائية والنفط ومنتجات الفحم والبلاستيك والإسمنت كلها الوقود المستخرج من النفايات، بما فيها الزيوت والقطران ونفايات الورق، وأي شيء آخر يمكن استخدامه لتأمين الحرارة والكهرباء في المنشأة الصناعية. كما يستعمل في صناعة الإسمنت مجموعة متنوعة من النفايات لتأمين الحرارة للأفران، بما في ذلك الإطارات القديمة، والنفايات البلدية الصلبة، والأقمشة الخردة، والدهانات، والأحبار، والمواد المتعارف عليها بـ Refuse Derived Fuel–.RDF.



شكل (13) يوضح RDF تحضير وتفعيل