الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق- كلية الاقتصاد

الإدارة المتكاملة لمخلفات الهدم والبناء في مرحلة إعادة الإعمار

المهندسة المدنية: سوزان محمد وليد ناصر
ماجستير في إدارة مخاطر الكوارث – جامعة دمشق

بحث مقدم للمؤتمر العلمي الأكاديمي
"مساهمات اقتصادية في إعادة البناء في سورية"

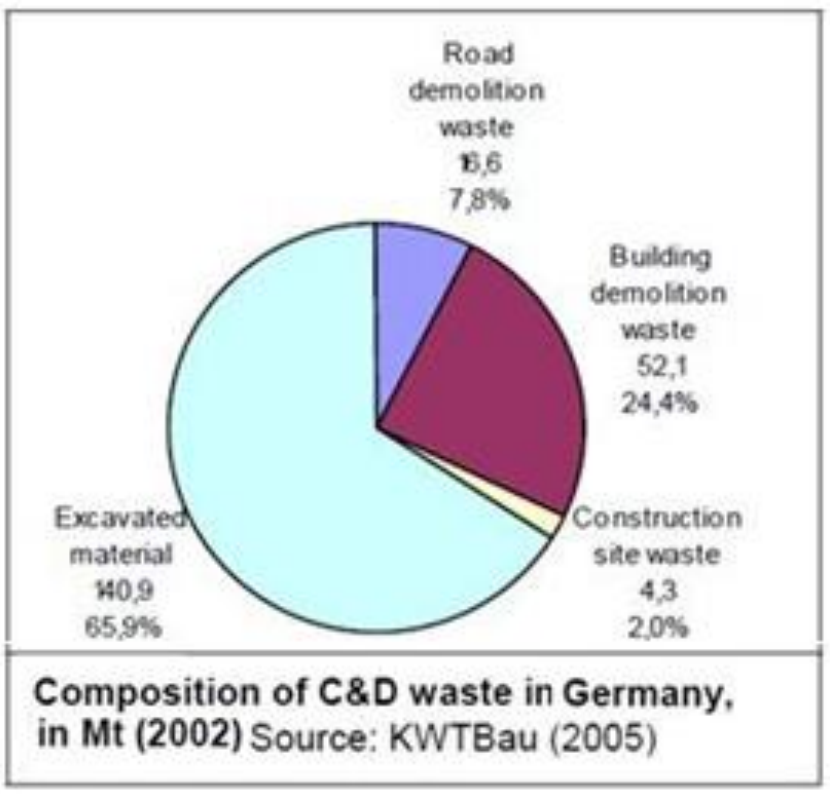
2018/12/18

فهرس العرض:

- مقدمة وتعاريف.
- إحصائيات وتجارب بعض الدول في مجال إعادة استخدام مخلفات البناء.
- تقانات إعادة تدوير مخلفات البناء المستخدمة عالمياً.
- فوائد إعادة تدوير مخلفات البناء والهدم.
- آليات وتقنيات عمليات الهدم والتدوير.
- الإدارة التقانية لمشاريع إعادة التدوير.
- دراسة حالة.
- الخلاصة والنتائج.
- التوصيات.

مقدمة:

- أثار التوسع العمراني المتسارع في معظم الدول والحاجة إلى أبنية جديدة وبمتطلبات جديدة تتوافق مع النمو السكاني مشكلة كبيرة تتعلق بتأمين المواد الأولية اللازمة لإنشاء هذه الأبنية.
- كما طرح خروج عدد كبير من الأبنية من الخدمة في الآونة الأخيرة مشكلة حقيقية، وهو ما يتطلب هدمها وإزالتها لتشكل أنقاضاً من الصعب إدارتها وتخزينها نظراً لحجومها.
- استُخدمت مخلفات هذه الأنقاض في سوريا بشكل خجول ، حيث اقتصر استخدامها على الردم الطرقي والمساهمة في طبقات الأساس الحصوية للساحات والطرق.
- إن الاستثمار الجائر للمقالع والإساءة إلى المظهر الجمالي لجبالنا وطبيعتنا وضرورة التخلص من هذه الأنقاض التي أضحت عقبة كبيرة في ظل إعادة الإعمار،
- كل ذلك أفسح المجال للبحث في إمكانية استخدام مخلفات الأبنية والأنقاض كبديل نسبي للمواد الطبيعية المستخرجة للحد من استهلاك الطبيعة والحفاظ على البيئة.
- نظراً لارتفاع أسعار النقل بشكل كبير ونقص مصادر الطاقة واستثمار أغلب المقالع بشكل كامل وجائر في العديد من المناطق ، أصبح من الضروري البحث عن مصادر أخرى لمواد البناء لا تحتاج إلى المزيد من الكلفة لاستخدامها.



Composition of C&D waste in Germany, in Mt (2002) Source: KWTBau (2005)

- لا توجد إحصائيات عالمية عن كمية النفايات في العالم الناتجة عن هدم الأبنية ولكنها تتراوح عادةً من 20 % إلى 80 % من مجمل كمية النفايات.
- تقدر كمية المخلفات الناتجة من المنشآت وهدم الأبنية بحوالي 900 مليون طناً سنوياً في الولايات المتحدة الأمريكية و أوربا واليابان فقط .
- كما يوضح الجدول التالي وذلك بواحدة مليون طن في العام الواحد.

كمية المخلفات(Mt)	أوروبا	الولايات المتحدة	اليابان
مخلفات الإنشاء والهدم	510	317	77
المخلفات العامة	241	228	53

كمية المخلفات سنويا في ثلاث مناطق رئيسية

مخلفات الأبنية:

هي المواد الغير مرغوب بها والناتجة عن عمليات هدم وإنشاء الأبنية بما فيها الطرقات والجسور. إن مكونات أنقاض البناء هي عادةً الخرسانة من الإسمنت البورتلندي والاسفلت والخشب وألواح قواطع الجدران والمعادن والبلاستيك والأتربة والزجاج...الخ , ويمكن لهذه المخلفات أن تحوي في بعض الحالات الخاصة على الرصاص, الاسبستوس, أو مواد خطرة أخرى, ولم تحظ هذه المخلفات على الانتباه إلا مؤخراً بسبب الخوف من أثرها على البيئة.

❖ يبين الجدول التالي معدلات نسب المواد في مخلفات البناء والهدم (حسب تقديرات وكالة حماية البيئة الأمريكية):

خرسانة وكسر حجارة	خشب	قواطع جاهزة	اسفلت السطوح	معادن	بلوك	بلاستيك
%50-40	%30-20	%15-5	%10-1	%5-1	%5-1	%5-1

❖ إن إنتاج الإسمنت يساهم في 5 % من الانبعاث السنوي العالمي لثاني أكسيد الكربون CO_2 حيث تساهم الصين وحدها وبسبب ازدهار الصناعات الإنشائية فيها بحوالي 3 % من كمية الانبعاث السنوي العالمي, لذلك كان لا بد من نشوء مفاهيم جديدة في الإنشاء تتناسب مع متطلبات الحفاظ على البيئة والتنمية المستدامة, ومن هنا نشأت فكرة الخرسانة الخضراء.

الخرسانة الخضراء :

هو مفهوم جديد في التفكير والتطبيق للتوافق بين المتطلبات الفنية للخرسانة والحد من الاضرار البيئية نتيجة عملية تصنيع الاسمنت والخرسانة بالشكل التقليدي, وذلك عن طريق استعمال نفايات عمليات التصنيع المختلفة كبديل جزئي للإسمنت, مما يساهم في التخلص من النفايات والتوفير في استهلاك الطاقة وتخفيض مستوى انبعاث غاز ثاني اكسيد الكربون CO_2, مع استعمال المواد المعاد تدويرها من الخرسانة.

إحصائيات وتجارب بعض الدول في مجال إعادة استخدام ركام الأبنية الخرسانية :

منطقة الخليج العربي:

- تعد الإمارات العربية المتحدة أحد أكثر البلدان النشيطة في منطقة الخليج العربي في مجال تطبيقات إعادة تدوير الخرسانة, فقد وقع مختبر دبي المركزي اتفاقية مع هيئة تدوير الإمارات لدراسة وتقييم مخلفات الهدم الإنشائية بهدف إيجاد تطبيقات مفيدة لاستخدام أنقاض البناء.
- وفي أبو ظبي، تم دعم العديد من المشاريع المتعلقة بالبناء الأخضر ومواد الإنشاء الصديقة للبيئة.
- أما في الشارقة, فقد تم مؤخراً افتتاح محطة تدوير جديدة في المنطقة الصناعية فيها حيث تستقبل هذه المحطة الخرسانة ومخلفات إنشائية أخرى من مختلف المناطق في الإمارات وتقوم بمعالجتها ليتم استخدامها مرة أخرى لأغراض إنشائية.

- تنبهت حكومة الكويت إلى المشاكل التي تسببها مخلفات هدم المنشآت, ولكي يتم تقليل مساحة الأراضي اللازمة لوضع هذه المخلفات، فقد وافقت حكومة الكويت لشركة Environment Protection Industrial Co (EPIC) أن تبدأ بإنشاء محطة لإعادة تدوير مخلفات الإنشاء وذلك بطاقة يومية حوالي 7 - 20 ألف طن من مخلفات الإنشاء.

اليابان:

- يتم في اليابان استخدام الأراضي بشكل فعال جداً، ولتجنب الحصول على مساحات من الأراضي التي تحتوي على المخلفات، فقد سعت اليابان إلى تدوير مخلفات الهدم.
- في عام 1981تم وضع مقترح لمعايير استخدام الحصويات المعاد تدويرها من الخرسانة من قبل Building ContRCAtors Society, كما تابعت اليابان استثمارها في مجال بحوث إعادة التدوير بشكل واسع.

أمريكا:

- هناك /38/ ولاية تستخدم الحصى الناتج عن الخرسانة المعاد تدويرها لعمل الطبقات السفلية من الطرق, كما أن هناك /11/ ولاية تستخدمها في إنتاج خرسانة جديدة.

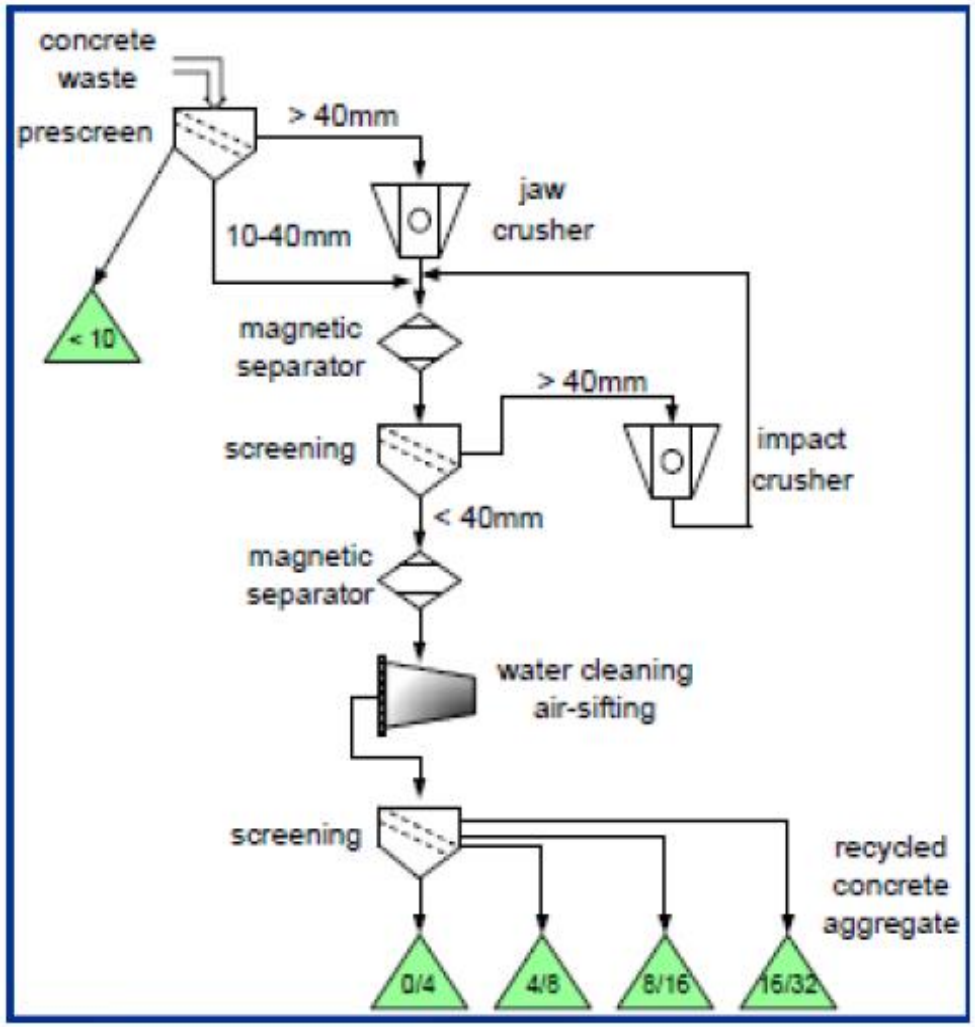
ألمانيا:

- أنتجت ألمانيا في عام 2004 ما مقداره حوالي 201 مليون طن من مخلفات الإنشاء والهدم وقد تم إعادة تدوير حوالي 89 % منها.

الدولة	C&DW الكلية (MT)	C&DW المدورة (MT)	C&DW المدورة %
استراليا	14	8	57
بلجيكا	14	12	86
كندا	N/A	8 (recycled concrete)	N/A
جمهورية التشيك	9 (incl. 3 of concrete)	1 (recycled concrete)	45 (concrete)
انكلترا	90	46	50 – 90
فرنسا	309	195	63
ألمانيا	201	179	89
ايرلندة	17	13	80
اليابان	77	62	80
هولندا	26	25	95
النرويج	N/A	N/A	50 – 70
البرتغال	4	Minimal	Minimal
اسبانيا	39	4	10
سويسرا	7 (incl. 2 of concrete)	2	Near 100
تايوان	63	58	91
تايلاند	10	N/A	N/A
الولايات المتحدة	concrete) 317 (incl. 155 of	127 (recycled concrete)	82

كميات الخرسانة التي تم تدويرها في العديد من دول العالم (2007)

أهم تقانات إعادة تدوير مخلفات البناء المستخدمة عالمياً :



مراحل العمل في مصانع إعادة تدوير الأنقاض المركزية

❖ مصانع تدوير مركزية :

ويتم فيها التحطيم على مراحل تبدأ بفحص وفصل المواد غير البيتونية (ورق، حديد, جبس, خشب, بلاستيك، زجاج....الخ) بواسطة جهاز فصل مغناطيسي, لتبدأ بعدها عملية التنظيف بالماء أو الغربلة بالهواء للتخلص من الغبار والنواعم.

❖ مصانع تدوير متنقلة :

تستخدم عادةً في مواقع الهدم عندما تتوفر كميات كبيرة من النفايات المتجانسة التي سيتم فيها استخدام مواد البناء المعاد تدويرها في الموقع ذاته.

الأمور الأساسية التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند تدوير مخلفات الأبنية:

- تصنيف مكونات C&DW (Construction & Demolition Waste).
- استخدام فعال للطاقة أثناء العمليات مع الانتباه إلى الضجيج، الغلاف الجوي واحتمال تلويث المياه.
- إجراء مقارنة للقيام بالعمليات في الموقع أم بعيداً عن الموقع.

نموذج لأحد مصانع التدوير المتنقلة

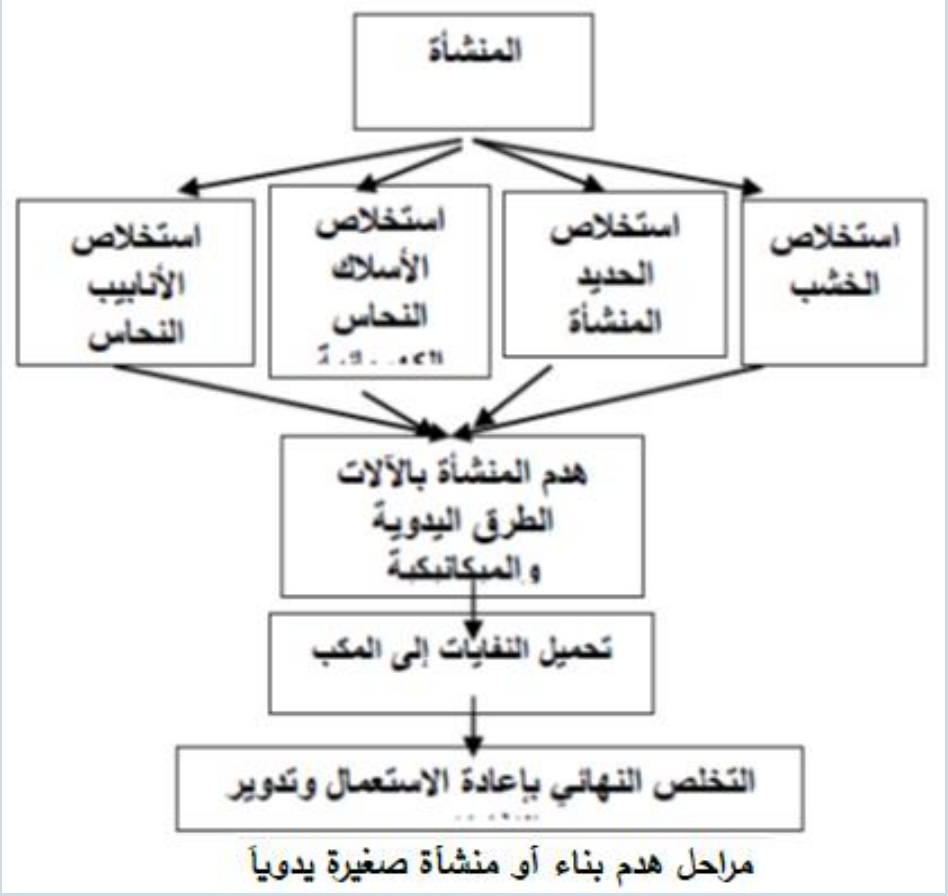
فوائد إعادة تدوير مخلفات الأبنية والهدم:

1. الحفاظ على الطبيعة: وذلك لأن استخدام المواد معادة التدوير يقلل من اللجوء إلى المواد الأولية الطبيعية المستخرجة من المقالع.
2. تقليل حجم المخلفات الناتجة عن هدم الأبنية القديمة: حيث يتم الاستفادة منها في إنتاج مواد جديدة, مما يخفف من التلوث المرئي بأكوام هذه المخلفات.
3. الاستفادة من المعادن: من خلال فصلها وفصل حديد التسليح في الخرسانة, وتستخدم في هذه المرحلة مغناطيسات كهربائية لسحب الحديد والمعادن.

4. تقليل مسافة النقل: حيث يمكن القيام بعمليات إعادة التدوير بالقرب من المشروع مما سيفيد في الحد من نقل النفايات إلى المكبات وكذلك نقل الحصويات الطبيعية إلى المشروع, وهو ما سينعكس إيجاباً على الكلفة.
5. زيادة المدخرات الإجمالية للمشروع: حيث بينت إحدى الدراسات في الصين أن القيمة التقريبية للربح الصافي الناتج عن إعادة التدوير في مشاريع البناء تقدر بحوالي 2.5% من ميزانية المشروع الكلية.
6. تنظيم عمليات تجميع الأنقاض في حال عدم قابليتها لإعادة التدوير: وذلك خشية أن ينتهي بها الأمر في مكبات غير قانونية.
7. إنتاج مواد بناء جديدة ذات خصائص بيئية, وتتمتع بمزايا اقتصادية: وكمثال على ذلك, إنتاج البلوك الاسمنتي من حصويات معاد تدويرها, وكذلك إنتاج البلاط بأنواعه.

آليات وتقنيات عمليات الهدم والتدوير:

- يعرف الهدم بأنه تفكيك وتجريف المبنى أو المنشأة كلياً أو جزئياً وفق خطة موضوعة مسبقاً ويعتمد اختيار طريقة الهدم المناسبة على عدة عوامل تتعلق بالمشروع والعوائق في الموقع وكلف النقل وكذلك التقنيات والمعدات المتوفرة.
- يمكن تقسيم عمليات الهدم إلى:



مراحل هدم بناء أو منشأة صغيرة يدوياً

الهدم اليدوي:

- ✓ ينفذ بمعدات يدوية أو آلية بسيطة دون الاستعانة بالآليات الثقيلة, ويعتمد على العمال والأفراد المتخصصين في هذا المجال.
- ✓ يستخدم في المشاريع الصغيرة حيث لا يمكن إعطاء موافقات أو رخص للمتعهدين باستخدام آليات ثقيلة خصوصاً في مناطق الكثافة السكانية العالية أو في المناطق الصناعية الحساسة.

الهدم الميكانيكي: وهو الطريقة الأكثر شيوعاً في العالم, وهي تقنية أكثر فعالية من الهدم اليدوي ولكنها أكثر كلفة, ومن أهم المعدات المستخدمة في هذه التقنية الكرة والرافعة و الاسطوانة الثقيلة والأوزان الساقطة.

الهدم الميكانيكي باستخدام الكرة الساقطة

تطبيق لتقنية الهدم بالتفجير

الهدم بالتفجير: وهو من الأساليب الناجحة في هدم وإزالة الأبنية الضخمة, حيث تم اعتماد هذه الطريقة في معظم البلدان المتقدمة كون العوائق البيئية والأمنية والعوائق الأخرى المتمثلة بوجود الأبنية المستثمرة المجاورة للمبنى قيد الهدم تحت السيطرة, بالإضافة إلى الوجائب الضخمة بين الأبنية المتجاورة وكذلك الشوارع الواسعة.

يعتمد اختيار تقنية الهدم المناسبة على عاملين اثنين:

- كمية المواد أو التراكيب والأنظمة التي يمكن إنقاذها سليمة من البناء قبل هدمه.
- إمكانية جعل فصل المواد آلية سهلة بعد الانتهاء من أعمال الهدم.

مع مراعاة عوامل أخرى كالكلفة والمعدات والتجهيزات المتاحة والخبرة والسلامة والأمان.

الإدارة التقانية لمشاريع إعادة التدوير:

أولاً: عناصر الجدوى الاقتصادية لمشاريع إعادة تدوير مخلفات الأبنية:

1- التوفر: وتكون غالباً المواد المراد إعادة تدويرها متوفرة من مواقعها وتكون عملية إزالتها هي مقابل ثمنها.

2- السحق والشوائب: إن نوع وكفاءة وقدرة التقانات المستخدمة له تأثير مباشر على جدوى مشاريع إعادة التدوير بشكل عام.

3- وسائل النقل: تتأثر دراسة الجدوى الاقتصادية من إعادة التدوير إلى حد كبير بتكاليف وسائل النقل.

4- أثر سياسة التحفيز والتثبيط: تعمل على تشجيع استخدام مواد المخلفات في التطبيقات المختلفة أو عدمها.

5- تكلفة المواد البديلة: إن المقاولين في العديد من البلدان لا يتشجعون لاستخدام المواد المعاد تدويرها عندما تتوفر المواد الخام بتكلفة منخفضة.

6- الخبرة والعمالة الماهرة: وكمثال على ذلك, فقد شهدت التجارب اختلافات تصل إلى 45 % في قدرة تحمل الضغط لمكعبات الخرسانة المعاد تدويرها، سببها في المقام الأول العنصر البشري فقط.

حصويات طبيعية

حصويات معاد تدويرها

ثانياً: الكودات والمعايير المستخدمة عند تدوير الخرسانة:

إن ما يؤثر على الطرق المستخدمة لإعادة تدوير الخرسانة في أي دولة هو عدد من القوانين والأنظمة والمعايير والسياسات الحكومية و سلوكيات المجتمع وفق ما يلي:

- أنظمة وقوانين التخلص من مخلفات الأبنية.
- قوانين إنشاء الطرق والأبنية و كودات البناء والمعايير والسياسات العامة.
- الأنظمة والقوانين البيئية.
- قوانين وأنظمة الحفاظ على الموارد الطبيعية واستثمارها.
- النظرة العامة للمجتمع المتعلقة بالمنتجات المعاد تدويرها .
- البيئة المتعلقة بالبحث والتطوير والتمويل.

ثالثاً: درجة سلامة المواد المطلوب إعادة تدويرها:

إن التركيب الفيزيائي لبعض مواد البناء يمكن أن يتغير بشكل جذري تبعاً لعدة عوامل:

- عمر المشروع.
- المواد المتوفرة.
- التطبيقات العملية السليمة لأعمال الهدم والبناء.
- درجة التلوث والتي يحذر منها دائماً, ويمكن أن تكون مشكلة كبيرة أحياناً, حيث نضطر لاستعمال أكثر من حاوية لجمع الأنقاض في موقع الإنشاء وفقاً لمنشئها ونوعيتها.

قد نضطر أحياناً إلى استبعاد مخزون كامل من النفايات لاحتوائها على بعض المواد الملوثة الخطرة كالأسبستوس والطلاء الحاوي على جزيئات الرصاص.

رابعاً: معوقات عملية إعادة التدوير:

1- معوقات ذات طابع خاص, كدرجة ثقافة العاملين في مجال تدوير الأنقاض, وصعوبات التنسيق فيما بينهم, وتفضيل استخدام المواد المعتادة بدلاً من تلك الناتجة من ركام هدم الأنقاض المجهول.

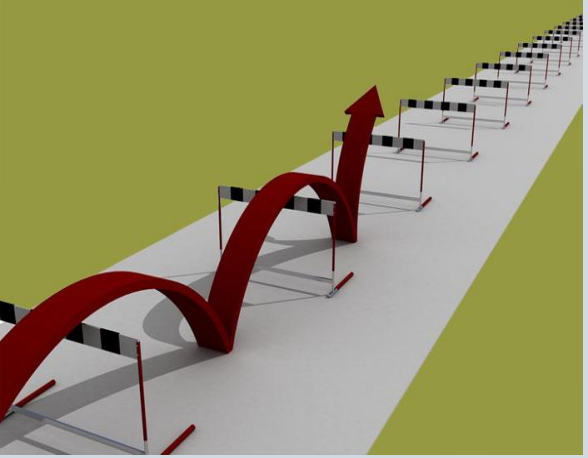
2- معوقات تتعلق بالأنظمة الحكومية التي تقيد أو تشرط استعمال المواد المعاد تدويرها.

3- النقص في وسائل ومعدات إعادة التدوير, أو عدم إمكانية وجود حيز مكاني للقيام بهذه الأعمال وسط المدن المكتظة, والمتطلبات المتعلقة بمساحات التخزين والمعالجة.

4- الزيادة المضطردة لكميات المخلفات القابلة للتدوير في المكبات.
5- المعوقات المؤسساتية والتي تتمثل بعدم قدرة السلطات المسؤولة عن إدارة مشاريع النفايات الصلبة على تحديد أسواق لهم و تصريف نواتج الهدم.
6- المعوقات الفنية المتمثلة في صعوبة التوصيف الدقيق لمخلفات الهدم, وخاصةً في حال عدم وجود مرحلة هدم يدوي أو فصل انتقائي للمواد أثناء عمليات الهدم.
7- نوعية المواد الناتجة وجودتها, والتي قد تكون أقل بكثير منها في المواد الطبيعية المستخدمة.
8- احتمال توريد غير ثابت للمواد المطلوب إعادة تدويرها واستخدامها, مما ينعكس سلباً على تكلفة المشروع.
9- لا يوجد الكثير من الأمثلة العملية على استخدام مخلفات الهدم المعاد تدويرها بشكل فعلي ومواصفاتها.
10- اختلاف وجهات النظر حول الجدوى الاقتصادية المترتبة على استخدام المواد المعاد تدويرها, وتعدد الأطراف المشاركة في عملية اتخاذ القرار.
11- القوانين والشروط البيئية التي تحد أحياناً من عمليات إعادة التدوير, إضافةً إلى التلوث البيئي والضجيج الذي يمكن أن ينجم عن هذه العمليات إن لم يتم ضبطها بالشكل المناسب.

خامساً: تسويق المواد الناتجة عن مخلفات البناء والهدم:

- تمثل مواد البناء أكثر من 50% من المواد الطبيعية المستخرجة في جميع أنحاء العالم, وإن إعادة تدوير واستخدام المواد الناتجة عن مخلفات الأبنية سوف يقلل من استهلاك الموارد الطبيعية, لكن اتجاه إعادة الاستخدام في قطاع البناء لا يعد مرتفعاً مقارنةً مع القطاعات الأخرى (لجنة الاتحاد الأوروبي,2014).
- يتم تحديد الطلب المحتمل على المواد المعاد تدويرها والمعاد استخدامها حسب سعرها ونوعيتها وجودتها ومدى مطابقتها للمواصفات المطلوبة, وتتعلق هذه العوامل بالتطبيقات المختلفة المتاحة للحصول على هذه المواد (Zhaoa,2010).
- من خلال تحسين المعدل الحالي المتوقع لإعادة تدوير وإعادة استخدام مخلفات الأبنية عالمياً من 50% إلى 70% بحلول عام 2020, فمن الضروري تحليل ودراسة إمكانية التسويق المتوفرة لهذه المواد.
- تتواجد عالمياً شركات عديدة تتعامل مع بيع وتسويق مواد البناء المستعملة وجميعها حديثة العهد مثل (KOMPANJONEN,2016) و (Aterbruket Begagnat,2016) .



تحديات عملية التسويق:

- إن معايير الجودة التي تتطلب تصريح السلطات لإعادة استخدام المخلفات وإعادة تدويرها تجعل عملية التسويق تواجه عدة صعوبات مثل طول وقت الانتظار للحصول على الاستجابة والموافقة.
- المشاكل المتعلقة بالتعامل مع المخلفات خلال وقت الانتظار للاستجابة والحصول على الموافقات المطلوبة, مثل (عدم توفر مرافق التخزين المؤقتة), قد تقود إلى التخلص من هذه المخلفات حتى عندما تتواجد الإمكانية لإعادة استخدامها أو إعادة تدويرها.
- فيما يتعلق بالأسعار والجودة، إذا كانت تكنولوجيا إعادة التدوير لا تفي بالمتطلبات المطلوبة لتحقيق منافع بيئية أفضل، فإن استخدام المواد الناتجة عن مخلفات الأبنية لن يتوافر له سوق جيد.
- في الوقت الحالي، لا توجد إحصائيات دقيقة عن نفايات الإنشاء والهدم الناتجة والتوريد المحتمل للمواد المعاد تدويرها واستخدامها للحصول على تقدير جيد لأسعار هذه المواد.
- توفر الموارد من الصخور عالية الجودة تخلق حالة تسويق صعبة لمواد المخلفات , وذلك نظراً للعيوب البيئية التي قد ترافق عمليات إعادة التدوير أو بسبب منتجات ذات جودة أقل.

دراسة حالة لإعادة تدوير واستخدام مواد مخلفات الهدم

تقييم الأثر البيئي والجدوى الاقتصادية لمبنى Volvo Office في موقع (Lundby , Gothenburg) في السويد

الهدف:

- تحديد المواد القابلة لإعادة الاستخدام أو التدوير.
- تحديد كميات هذه المواد.
- تحديد الممارسات والطرق الفعالة لعمليات الهدم مستقبلاً.

توصيف الحالة:

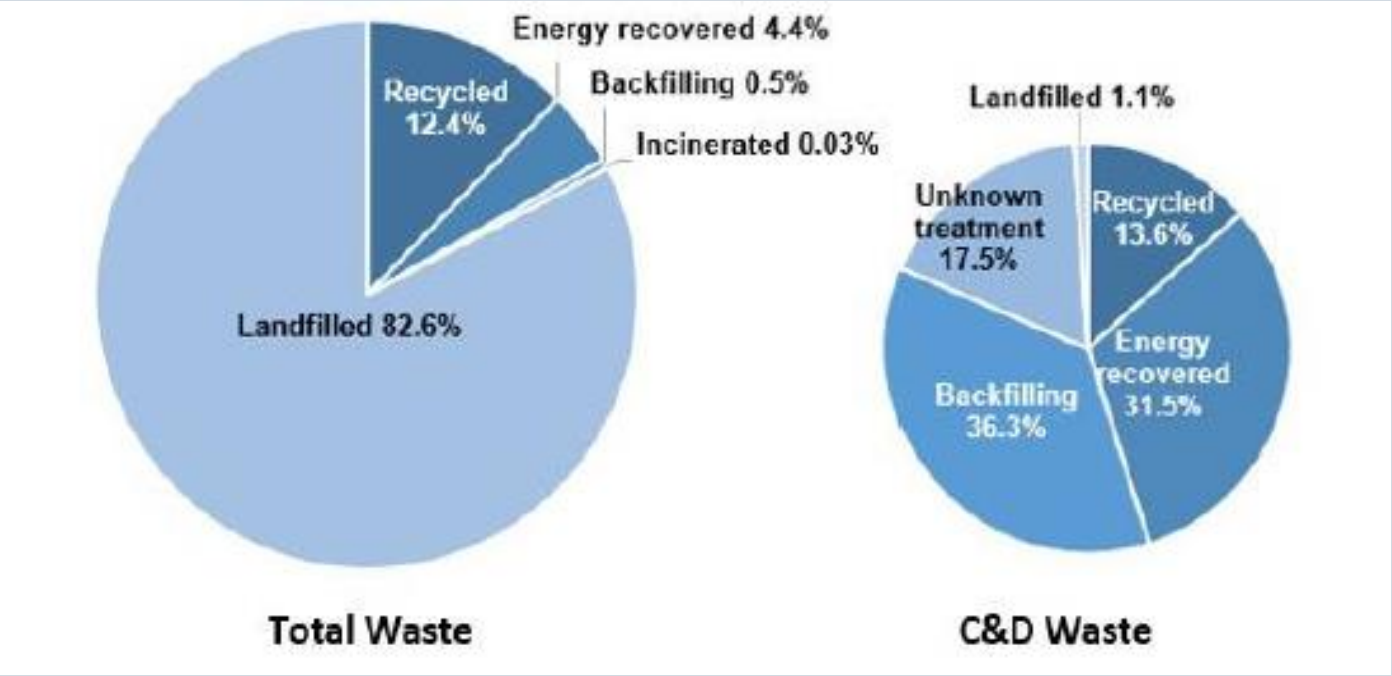
- ❖ عبارة عن مبنى إداري (مكاتب) مملوك لشركة (Volvo Trucks Headquarters) .
- ❖ مؤلف من (8) طوابق بمساحة إجمالية تبلغ (19500) م2.
- ❖ تتألف الجملة الإنشائية له من أعمدة وجوائز وبلاطات بيتونية مع قواطع وجدران داخلية.
- ❖ استمر بناؤه بين عامي (1982-1987) م.
- ❖ الهدف من عملية الهدم والإزالة هو إعادة البناء ضمن المساحة المتوفرة (الموقع نفسه) ليتناسب الشكل الجديد مع متطلبات الاستخدام الحالية والمستقبلية للشركة.

يتم في هذه الدراسة المقارنة بين بديلين في عملية الهدم من خلال:

- ❖ تقييم الأثر البيئي لمجرى العمل لكل منهما ودورتهما.
- ❖ دراسة الجدوى الاقتصادية من خلال النظر في أسعار الوحدات لتكاليف النقل واليد العاملة والمعدات المستخدمة.

معالجة مخلفات البناء والهدم (C&DW) في السويد:

تتوزع عمليات المعالجة بين مواد يعاد تدويرها, أو يتم حرقها, أو يعاد استخدامها كمصدر للوقود والطاقة, أو يتم التخلص منها في المكبات, أو ردمها من جديد (Eurostat,2015).



نواتج ومخلفات عملية الهدم:

يبين الجدول التالي المواد الناتجة عن عمليات الهدم للمبنى المدروس الذي بدأ في 7 آذار لعام 2016.

No.	Material	Amount
1	Mixed waste (Concrete, wood, plastic)	733.63 Ton
2	Wood	28.78 Ton
3	Combustibles (Plastic, paper & softwood)	12.65 Ton
4	Scrap (Steel)	138.82 Ton
5	Fluorescent	725 kg
6	Bulbs	59 kg
7	Smoke detectors	23 kg

المواد القابلة لإعادة الاستخدام:

- بما أن عمر المبنى حين اتخاذ القرار بهدمه هو (30) سنة تقريباً كان المبنى فيها بحالة استثمار, وبالتالي لا بد من أنه خضع لعمليات الصيانة الدورية باستمرار.
- لذلك, فإن المواد الناتجة تنطوي على بعض الإمكانية لإعادة الاستخدام الفوري, في حين أنه يمكن إعادة تدوير البعض الآخر واستخدامه في مجالات أخرى.

ومن الأمثلة على تلك المواد:

- **أنابيب الفلورسانت والمصابيح:**

يمكن إعادة استخدامها في موقع آخر أو بيعها لمستخدم جديد, مما يولد إيرادات إضافية للشركة المالكة (القيمة المستردة).

- **الأرضيات وفواصل الجدران (الخشبية):**

إن إعادة استخدام الأرضيات الخشبية لا يعتبر خياراً ممكناً بالنظر إلى عمر المبنى, كما أنه قد لا يكون من الممكن تفكيك أقسام الجدار الخشبي وإعادة استخدامها, وبالتالي فإنه من الممكن إعادة تدوير هذه المواد لإنتاج مواد خشبية جديدة مثل الألواح واللوحات الخشبية.....الخ.

- **الخرسانة والجبس المعاد تدويرهما إلى مواد مالئة وحصويات:**

وتنتج عن هدم الجدران والقواطع الداخلية, وكذلك عن هدم العناصر الإنشائية الحاملة للمبنى, وتشكل حوالي 90% من المخلفات الناتجة.

يمكن استخدام هذه المواد كمواد مالئة (للردم), كما يؤدي إعادة التدوير الدقيق لهذه المواد إلى الحصول على حصويات ناعمة وخشنة.

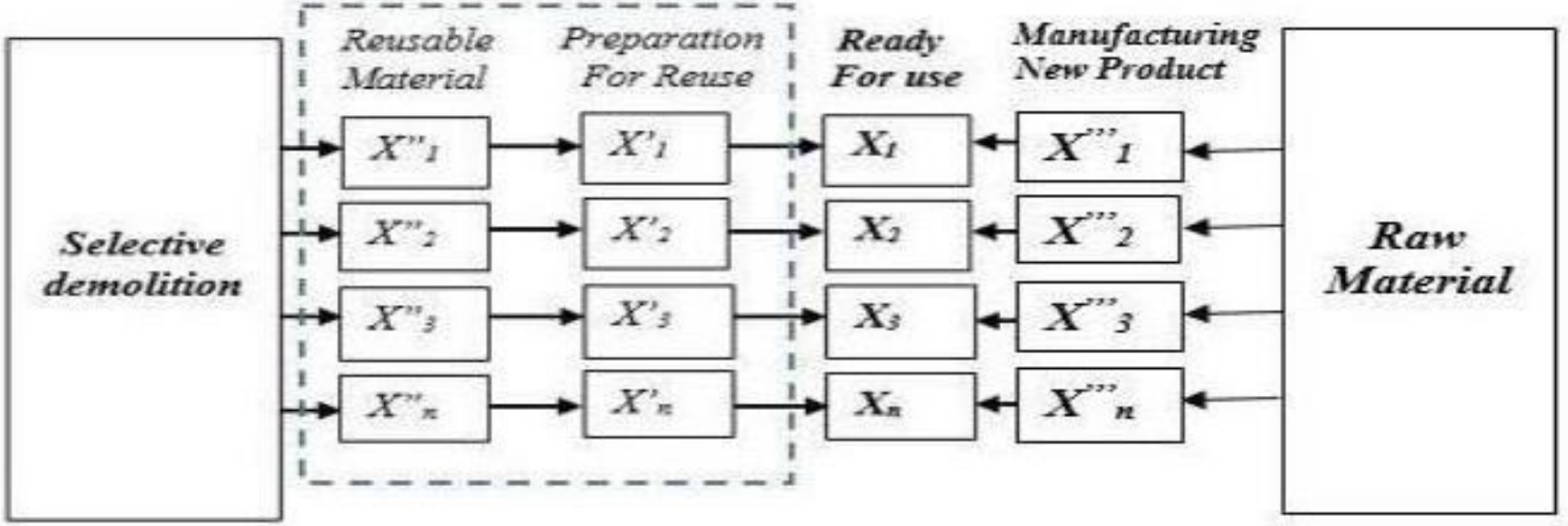
سيناريوهات عمليات الهدم المستخدمة:

عادةً ما يتم هدم وإزالة الأبنية عبر إحدى السيناريوهين (البديلين) التاليين:

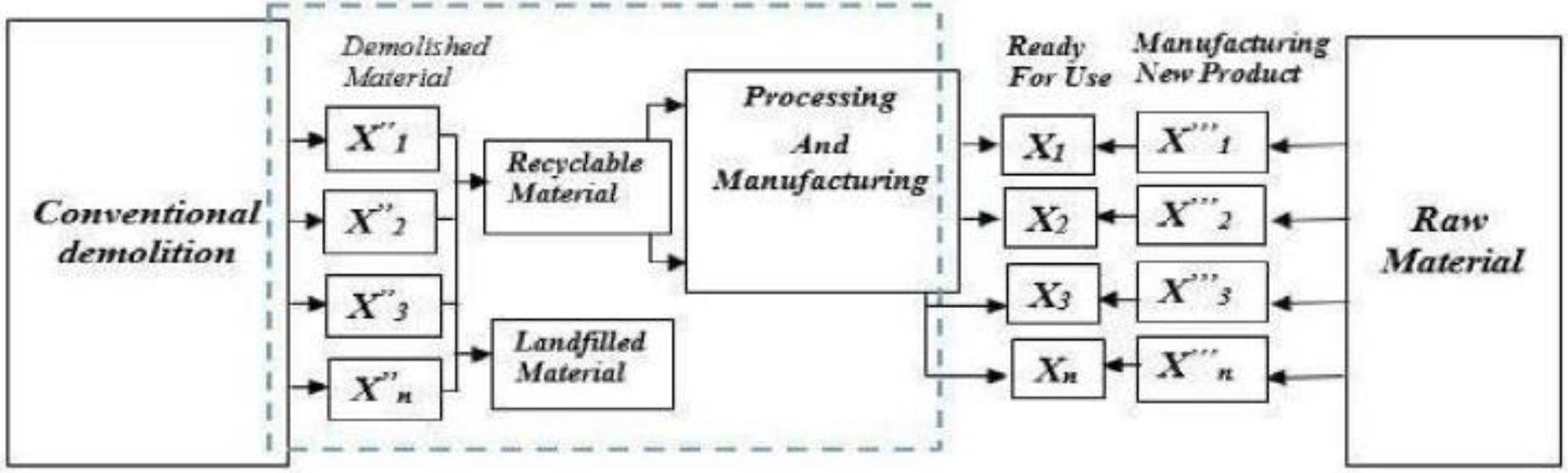
البدائل	متطلبات وآليات التنفيذ	المواد الناتجة
البديل الأول الهدم الانتقائي (Selective Demolition)	(1) يتطلب مصادر طاقة أقل, وتجهيزات متخصصة بشكل أكبر. (2) يتطلب يد عاملة بشكل أكبر, مما يؤدي لزيادة الكلفة. (3) يتطلب عمليات فصل لمخلفات الهدم في الموقع. (4) يتطلب عدد رحلات نقل أكثر لنواتج الهدم (نتيجة فصل وفرز المواد في الموقع) إلى أماكن الاستخدام. (5) يتطلب زمن تنفيذ أكبر. (6) يحتاج لمساحات أكبر ومواقع تجميع بسبب المواد الناتجة المفروزة. (7) يتطلب التنفيذ تخطيط وتدريب وتثقيف بشكل أكبر للعناصر العاملة في المشروع. (8) يحتاج التخطيط والتنفيذ إلى خبرات وكفاءات عالية.	(1) مواد قابلة للتدوير (2) مواد قابلة للاستخدام

البدائل	متطلبات وآليات التنفيذ	المواد الناتجة
البديل الثاني الهدم التقليدي (Conventional Demolition)	(1) يتطلب استخدام أكثر لمصادر الطاقة وآليات ميكانيكية وتقنيات متعددة (روافع, حوامل, الهدم بالتفجير.....الخ). (2) يتطلب يد عاملة بشكل أقل. (3) زمن أقل لعمليات الهدم والإزالة. (4) يتطلب عمليات فصل محدودة لمخلفات الهدم في الموقع. (5) يتطلب عدد رحلات نقل أقل لنواتج الهدم (نتيجة محدودية عمليات الفرز). (6) استهلاك أكبر للمكبات و المطامر (نتيجة هدر جزء من المواد لا يتم الاستفادة منها).	(1) مواد قابلة للتدوير (2) مواد قابلة للاشتعال (3) نفايات يتم التخلص منها في المطامر.

Selective demolition plan

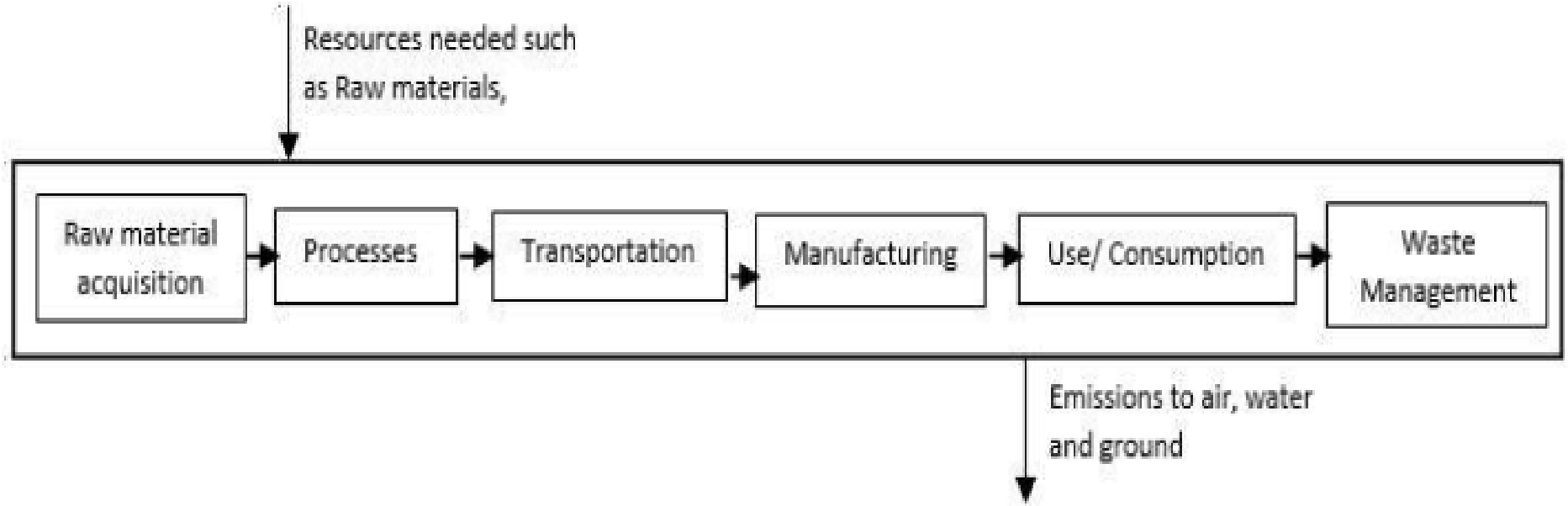


Conventional demolition plan



مؤشرات دراسة الأثر البيئي:

- تمت دراسة الأثر البيئي عبر استخدام نموذج LCA (Life Cycle Assessment).
- وهو عبارة عن سلسلة عمليات تبدأ من استخدام المواد من المصادر الطبيعية ونقلها وتصنيعها، ثم استهلاكها ليعاد استخدامها أو يعاد تدويرها من جديد مع الأخذ بعين الاعتبار الانبعاثات المتولدة عن ذلك في (الهواء, الماء, التربة....الخ).
- تم اعتماد نموذج LCA (Life Cycle Assessment) من قبل مركز العلوم البيئية في جامعة (Leiden University).



LCA model (Adapted from: (Tillman, 2004))

- توفرت قواعد بيانات للمواد الناتجة عن مخلفات الهدم في الحالة المدروسة, ونذكر منها (البيتون , الحديد, الخشب, البلاستيك) وآثارها المباشرة على البيئة سواءً في حالة إعادة الاستخدام الفوري لها أو إعادة تدويرها ومعالجتها.

- كل ذلك قاد إلى اختيار نموذج (LCA) للوصول للفهم الأمثل للآثار البيئية الناتجة عن المشروع.

- وذلك من خلال دراسة وتحليل عدة مؤشرات بيئية , وتأثير المواد المذكورة أعلاه على هذه المؤشرات سلباً أو إيجاباً, ومن ثم استخلاص نتائج تقييم الأثر البيئي.

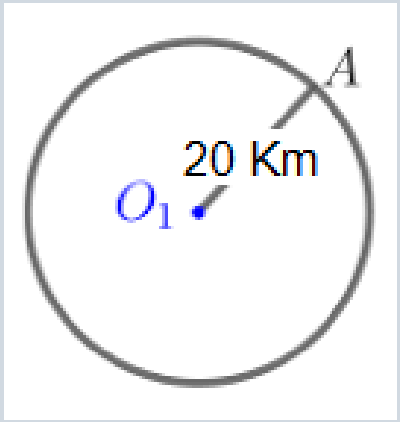
- المؤشرات البيئية المدروسة:

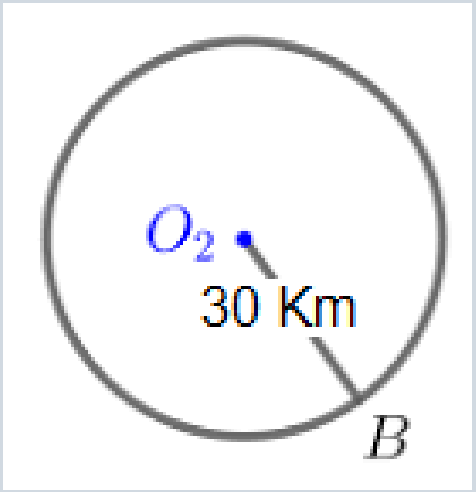
1) الاستنفاد الأحيائي Abiotic depletion .
2) الاحتباس الحراري Global warming(CO2).
3) استنفاد طبقة الأوزون Ozone Layer depletion (CFC-11).
4) انبعاثات (تلوث) للغلاف الجوي (SO2) Acidification.
5) انبعاثات (تلوث) المياه Eutrophication (PO4).

تحليل البيانات وإظهار النتائج

اعتبارات هامة:

- تم اعتبار حدود منطقة النقل بحالة الهدم الانتقائي (البديل 1) على شكل دائرة يبلغ نصف قطرها 20كم من موقع الهدم إلى أماكن الاستخدام.
- بينما تم اعتبار حدود منطقة النقل بحالة الهدم التقليدي (البديل 2) على شكل دائرة نصف قطرها 30كم وذلك من موقع الهدم إلى أماكن المعالجة والتصنيع.

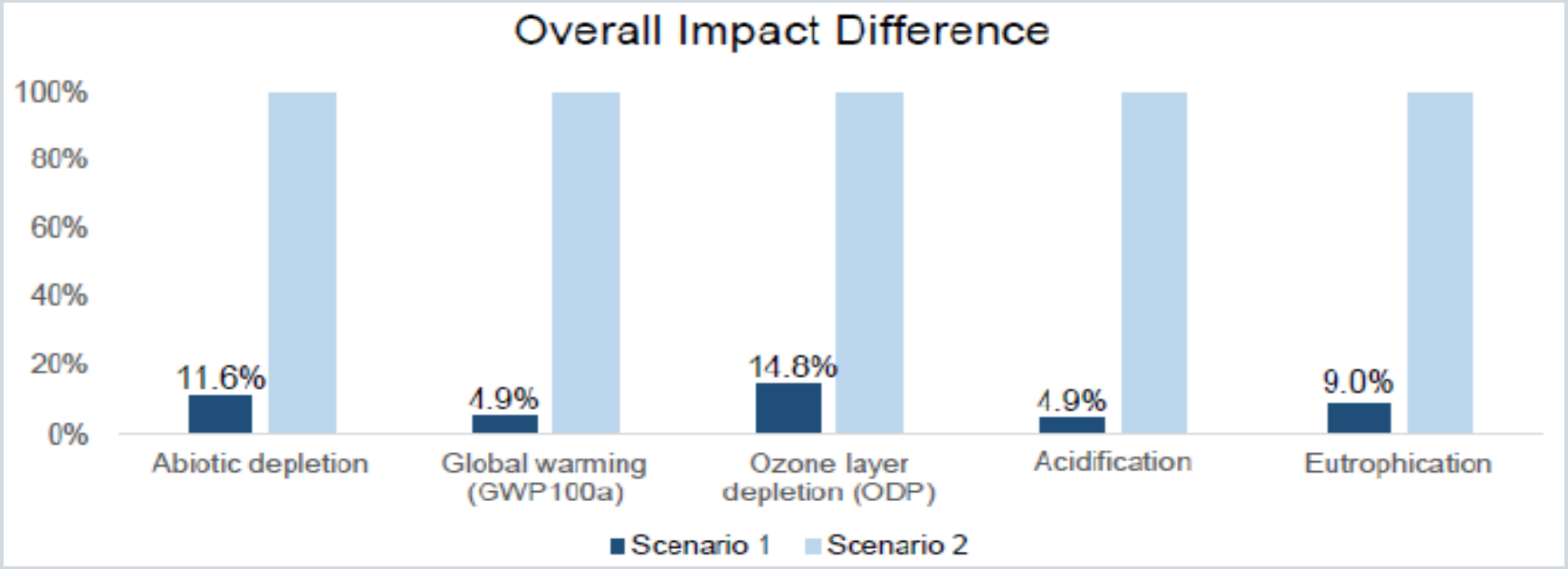




- تم اعتبار وحدة النقل المستخدمة للمواد (البيتون C, الحديد S, الخشب W, البلاستيك P) عبارة عن واحدة الوزن مضروبة بواحدة المسافة (ton*km).

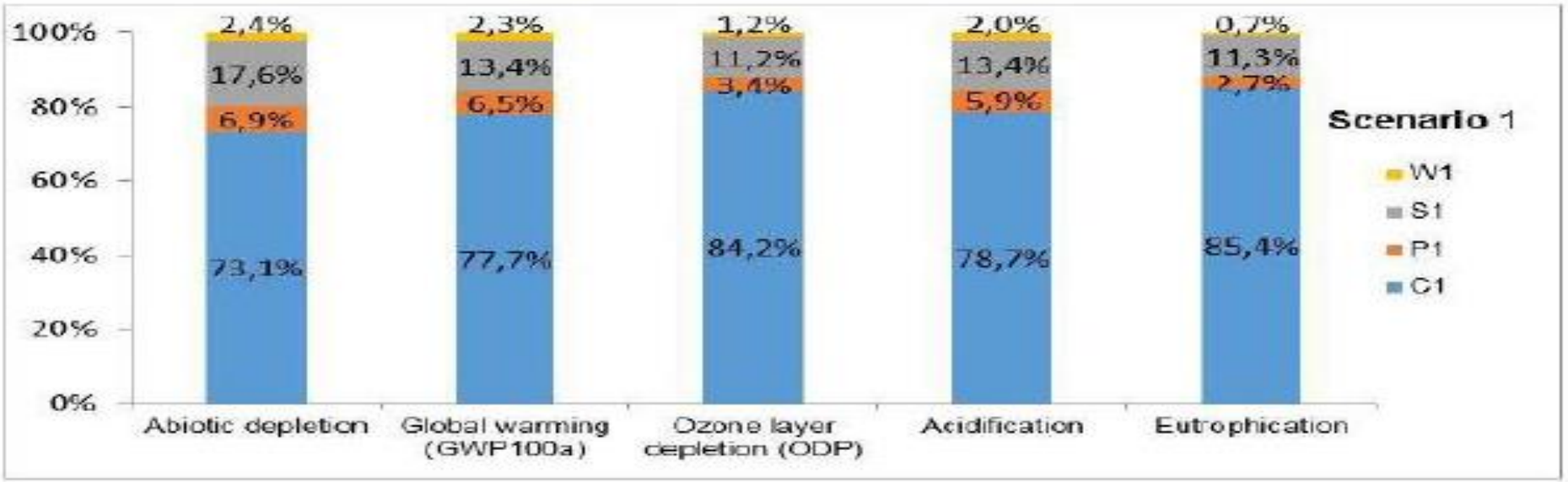
أولاً: نتائج تقييم الأثر البيئي:

تم دراسة التأثير البيئي لكل مادة من خلال دورة حياة هذه المواد (نموذج LCA) وتأثيرها على المؤشرات البيئية الخمسة وذلك لواحدة الوزن من المادة في كل من البديلين.

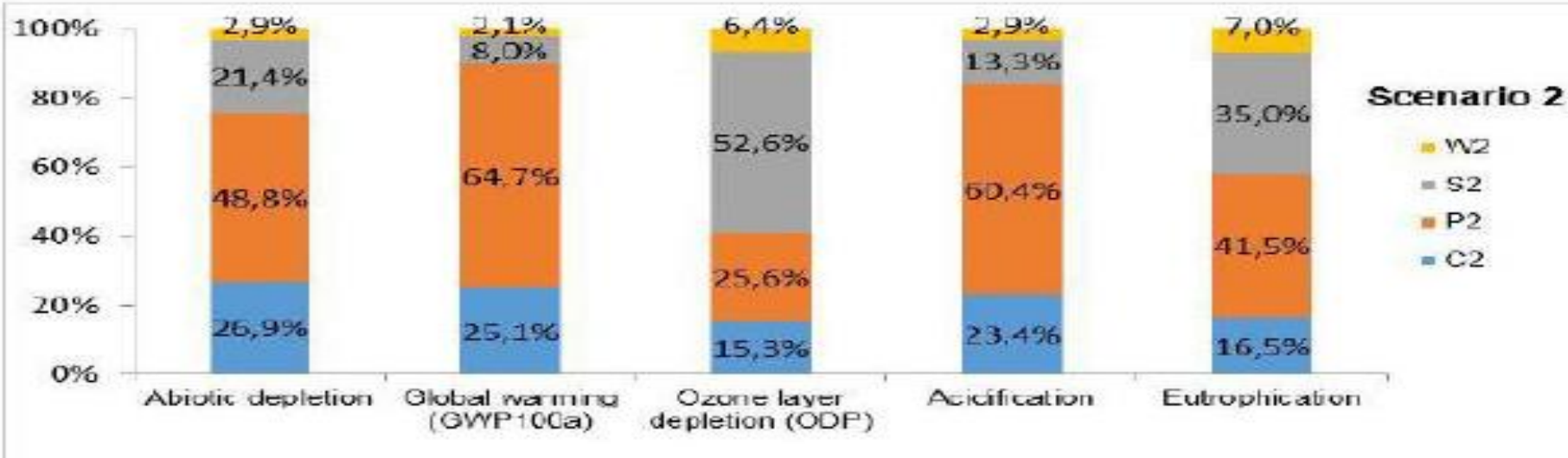


- يبين الشكل الآثار البيئية التجميعية (الناتجة عن المواد الأربعة معاً) كنسب مئوية (المحور الشاقولي) على المؤشرات البيئية التي تم دراستها (المحور الأفقي) في كل من البديلين.
- يظهر من الشكل إمكانية تجنب هذه الآثار السلبية على البيئة فيما لو تم استخدام البديل الأول في عملية الهدم، حيث أعطى البديل الأول (الهدم الانتقائي) قيم أقل بكثير من القيم التي أعطاها البديل الثاني (الهدم التقليدي).

- كما يبين الشكل التالي نسب توزع الأثر البيئي لكل مادة من المواد الأربعة الناتجة عن الهدم على المؤشرات البيئية المدروسة في كلي البديلين.



Contribution from different indicators



- أظهر البيتون أعلى نسبة تأثير بيئي بين جميع المواد في البديل الأول ، بينما كان للبلاستيك الأثر الأكبر في البديل الثاني.

ثانياً: نتائج دراسة الجدوى الاقتصادية:

الكلفة الكلية:

- تبين النتيجة أن تكلفة الهدم الانتقائي تكاد تصل إلى ضعف تكلفة الهدم التقليدي.
- مع الأخذ بعين الاعتبار أن هذه النتيجة لم تنظر في تكاليف المعدات والتكاليف التشغيلية.

Scenarios	Estimated Transport	Estimated Labour costs	Total Cost (SEK)
Selective	118,170	1,339,980	**1,458,150**
Conventional	106,318	669,990	**788,160**

Total cost of demolition

كلفة اليد العاملة:

- إن الهدم الانتقائي يحتاج إلى مزيد من الوقت والقوة البشرية أكثر من الهدم التقليدي لتفكيك المبنى بعناية واستعادة المواد القابلة لإعادة الاستخدام.
- وتبعاً لذلك سيتم اعتبار أن الهدم الانتقائي يتطلب ما مجموعه (15) عاملاً بينما يتطلب الهدم التقليدي (10) عمال فقط.

- يتطلب ساعة واحدة لهدم (4) م2 من المساحة الأرضية بشكل تقليدي (Coelho & deBrito 2010) بينما يتطلب ساعة واحدة لهدم (2) م2 من المساحة بشكل انتقائي.
- وبالتالي سيستغرق الأمر (60) يوماً من العمل لمدة (8) ساعات يومياً لهدم (19500) م2 بالطريقة التقليدية بينما سيستغرق الأمر(80) يومًا بالطريقة الانتقائية لهدم المساحة نفسها.

	Scenario	No. workers	days	Time (hr)	Rate/hr	Total amount (SEK)
1	Selective	15	80	640	139.6	**1,339,980**
2	Conventional	10	60	480	136.6	**669,990**

Estimated labour costs

كلفة النقل:

- يتم تسليم المواد لإعادة الاستخدام (البديل 1) إلى مواقع تخزين بالقرب من موقع الهدم ، بينما يتم تسليم المواد في (البديل2) إلى مواقع بعيدة عن موقع الهدم من أجل المعالجة.
- لذلك اعتبرت الدراسة نقل المواد في (البديل 1) ممثلاً بدائرة نصف قطرها 20 كم من موقع الهدم بينما في (البديل2) ممثلاً بدائرة نصف قطرها 30 كم من موقع الهدم أيضاَ.

Scenario	Material	Qty (tons)	No. trips (6 ton/trip)	Trip Length (Km)	Rate (SEK/10km)	Total costs (SEK)
Selective	Concrete	660.3	110.1	40	195	85,878
	Wood	28.8	4.8	40	195	3,744
	Steel	138.8	23.1	40	195	18,018
	Plastics	80.8	13.5	40	195	10,530
						118,170

Scenario	Material	Qty (tons)	No. trips (10 ton/trip)	Trip Length (Km)	Rate (SEK/10km)	Total costs(SEK)
Conventional	Concrete	660.3	66.03	60	195	77,255
	Wood & Plastics	109.6	10.96	60	195	12,823
	Steel	138.8	13.88	60	195	16,240
						106,318

Estimated transportation costs

- اقتصر تقدير الكلفة على تكلفة العمالة والنقل فقط ، وكان من الصعب تحديد معدلات الوحدات الخاصة بالمعدات التي تم افتراضها لعملية الهدم.
- إن عدم توفر بيانات تفصيلية لمعدات الهدم المستخدمة في المشروع يؤثر في كل من التأثير البيئي وتقدير الكلفة.

الخلاصة والنتائج:

- أثبتت التقنيات والدراسات الحالية لإعادة تدوير مخلفات البناء بأنها عملية ذات جدوى بيئية اقتصادية، ويعتمد نجاحها على اتباع إدارة موارد متكاملة لمشاريع التخلص من الأنقاض.
- يجب أن تتم عمليات إعادة تدوير مخلفات البناء والهدم وبكافة مراحلها باستخدام أقل طاقة ممكنة، ولا بد لذلك من تطوير نظام لإدارة مخلفات البناء والهدم.
- يجب أن يضمن هذا النظام تطبيق أفضل التقنيات لفصل المخلفات الناتجة وفرزها ، كما يجب مراعاة التخطيط لإعادة استخدام مخلفات البناء أثناء مرحلة التصميم للمشروع.
- الهدم التقليدي يؤدي إلى آثار بيئية أكبر مقارنةً بالهدم الانتقائي، حيث أنه يسمح بإعادة الاستخدام لمواد محدودة، ويخلق تحديات فرز معقدة للمخلفات الناتجة.
- وبالتالي فإن الهدم التقليدي لا يسمح باسترداد المواد القابلة لإعادة التدوير بشكل كامل كما في حالة الهدم الانتقائي.
- يساعد تسويق المواد القابلة للاستخدام والتدوير الناتجة عن مخلفات الأبنية في سداد تكاليف عمليات الهدم والإزالة والترحيل والطمر والتكاليف الأخرى ذات الصلة.
- إن توفر جرد مادي واضح للمواد المستخدمة بعد الإنشاء وبعد أعمال الصيانة الدورية للأبنية يؤمن قاعدة بيانات ذات تفاصيل مهمة لعمليات الهدم، بالإضافة إلى المؤشرات التي تقدمها حول مدى قدرة هذه المواد على تغطية تكاليف الهدم.

- أظهرت الحالة المدروسة أن اعتماد الفولاذ والخشب كمواد بناء أدى إلى آثار بيئية في حدودها الدنيا على عكس الخرسانة والبلاستيك، إذ ينتج عن إعادة تدوير اللدائن كتلة كبيرة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي ينبغي تشجيع استخدام مواد صديقة للبيئة في عمليات البناء والتشييد.
- ينبغي التوجه نحو تبني تصاميم تساعد في عملية الهدم الانتقائي للأبنية إذ أنه أظهر آثار بيئية أقل بكثير على البيئة مقارنةً بالهدم التقليدي، وبهذا فإنه من المحتمل أن تقل تكاليف العمالة والطاقة المطلوبة في عمليات الهدم.
- تتأثر الجدوى الاقتصادية لمشاريع إعادة تدوير مخلفات الإنشاء والهدم بعدة عوامل وتشمل (التوفر، النقل، طرائق الهدم، آليات المعالجة والمعدات والتقنيات المستخدمة...الخ) بالإضافة إلى التشريعات والقوانين الحكومية.
- إن الجدوى الاقتصادية من استخدام المواد المعاد تدويرها تصبح أكبر من أجل المشاريع الواقعة داخل المدن حيث تكاليف النقل الأقل و كذلك في المناطق التي لا تتوافر فيها مواد طبيعية أو حصويات مناسبة للاستخدام.
- تحتاج مشاريع إعادة تدوير مخلفات الإنشاء والهدم إلى إدارة متطورة بحيث تأخذ بعين الاعتبار القوانين والمعايير المستخدمة ، واتباع طرق اختبار وتقييم مناسبة للوصول للبديل الأمثل ، مع مراعاة الأثر البيئي ومتطلبات التنمية المستدامة والجدوى الاقتصادية.

التوصيات:

- في ظل الدمار الهائل الذي عانى منه قطاع التشييد والبناء في سوريا والحجم الكبير للأنقاض والمخلفات الناتجة ، فإن الاستثمار في مجال إعادة استخدام وإعادة تدوير مواد البناء قد أصبح أمراً جدياً وضرورة حتمية.
- لذلك وكأحد التوصيات المتعلقة بتطبيق تقنيات إعادة تدوير مخلفات البناء والاستفادة منها، فلا بد من اقتراح إجراء دراسة شاملة ووضع خطة عمل متكاملة لإدارة مشاريع الهدم و إزالة الأنقاض وبحيث ترتكز على النقاط التالية:

- ✓ تطوير أنظمة معلومات إحصائية وقواعد بيانات على أوسع نطاق ممكن تقوم على جمع وترتيب المعلومات عن أماكن تولد نفايات البناء ونوعياتها بصورة مستمرة.
- ✓ تجميع النتائج المحصلة من قواعد البيانات وإعداد تقارير تقييمية يتم فيها شرح الفرص المحددة لبرامج إعادة التدوير وكذلك العوائق و الصعوبات التي تواجه مستويات الأداء والمراقبة والجودة المطلوبة.
- ✓ وضع اقتراحات أولية للبدائل المحتملة لتنفيذ عمليات التخلص من الأنقاض والمخلفات المتراكمة تشمل منطقة ما أو عدة مناطق محددة.
- ✓ إعداد دراسات الجدوى الاقتصادية للبدائل المقترحة بحيث تأخذ بعين الاعتبار الآثار البيئية ومتطلبات التنمية المستدامة.

- ✓ حساب الكلفة النهائية المترتبة على المشروع وتقييم وسائل استرجاعها.
- ✓ اختيار البرنامج المفضل لإدارة مخلفات الهدم والبناء الأكثر ملائمة لظروف كل منطقة وبما يتوافق مع الأهداف المنشودة.
- ✓ إنشاء آليات لتمويل البرامج الموضوعة واختيار المقاولين وتضمين شروط في عقود الإنشاء والهدم تأخذ بعين الاعتبار إعادة تدوير مخلفات الهدم وتحقيق الاستفادة القصوى منها.
- ✓ سن القوانين والأنظمة التي تنظم وتشجع وتدعم عمليات إعادة استخدام وإعادة تدوير مخلفات البناء والهدم.
- ✓ تطوير الاشتراطات والمواصفات والمعايير اللازمة لإعادة التدوير في مجال مواد البناء، بالإضافة إلى الاختبارات والتجارب المطلوب تنفيذها على المواد والعينات المستخدمة والناتجة.
- ✓ رفع الوعي العام حول أثر الاستخدام التعسفي للموارد الطبيعية على البيئة وتشكيل هيئات ولجان رسمية خاصة مسؤولة عن التوعية والتدريب والمراقبة.
- ✓ التفكير خارج الصندوق (الدعوة للابتكار وإيجاد أفكار جديدة).

المراجع :

- Akmal S. Abdelfatah and SamiW. Tabsh – “Review of Research on and Implementation of Recycled Concrete Aggregate in the GCC” - Hindawi Publishing Corporation - 10.1155 - 2011.
- Ashraf M. Wagih, Hossam Z. El-Karmoty, Magda Ebid, Samir H. Okba - “Housing and Building National Research Center”- HBRC Journal - Recycled construction and demolition concrete waste as aggregate for structural concrete - 2013.
- Brett Tempest; Tara Cavalline; Janos Gergely; David Weggel - “Construction and Demolition Waste used as Recycled Aggregates in Concrete - Solutions for Increasing the Marketability of Recycled Aggregate” - 2015.
- Tomas U. Ganiron Jr - “Recycling Concrete Debris from Construction and Demolition Waste” - International Journal of Advanced Science and Technology - Vol.77 - 2015.
- Erik K. Lauritzen: Sustainable recycling of concrete - challenges and opportunities, CEMENTOS AGOSS.A. FORO ARGOS... Conference Paper - May 2016.
- Maya Sheidaei, Emmanuel Serwanja - "Evaluation of Recycling & Reuse of Building materials from Demolition: Cost feasibility and environmental impact assessment"- 2016.
- HISER International Conference - Advances in Recycling and Management of Construction and Demolition Waste - Delft, The Netherlands - June 2017.

- د. محمد المحسن - إعادة تدوير مخلفات الخرسانة - جامعة البريمي - كلية الهندسة - سلطنة عمان - منظمة المجتمع العلمي العربي 2016.
- المهندس باسل أصلان - دراسة حول ملاءمة استخدام أنقاض الهدم المحلية المدورة في صناعة بعض مواد البناء - جامعة تشرين - 2016.
- المهندس علي فيصل عبد نور - وزارة البيئة العراقية - قسم إدارة المخلفات الصلبة - إدارة المخلفات الانشائية.
- المهندسة ليلى اللحام - دراسة حول تقنية إعادة استخدام الخرسانة الناتجة عن هدم الأبنية - الجامعة الافتراضية السورية - 2017.
- المهندس فاطر ميا - دراسة حول تدوير نواتج هدم الأبنية لاستخدامها في إنشاء الطرق المحلية في مدينة اللاذقية - جامعة تشرين - 2013.

شكرا لحسن
إصغائكم