البحث التطبيقي

جمهورية مصر العربية

معهد التخطيط القومي

الدراسات العليا

عنوان البحث باللغة العربية	دور اعادة تدوير مخلفات الهدم و البناء في تعزيز التنمية المستدامة في مصر بالتركيز على الركام المعاد تدويره في انشاء الطرق
عنوان البحث باللغة الانجليزية	The Role of Construction and Demolition Waste Recycling in Enhancing Sustainable Development in Egypt: A Focus on Recycled Aggregates in Road Construction
اعداد	الباحثة / منى محمود محمد عطية
اشراف	د. شيماء سيد عزب مدرس التخطيط البيئي – مركز التخطيط والتنمية البيئية

لاستكمال متطلبات

الحصول على الماجستير المهني

"التخطيط للتنمية المستدامة"

مايو 2026

المستخلص:

يشكل تراكم مخلفات الهدم والبناء في مصر تحديًا بيئيًا واقتصاديًا متزايدًا نتيجة الطفرة العمرانية واتساع مشروعات البنية التحتية، بما في ذلك الطرق، في ظل الاعتماد المتزايد على الركام الطبيعي واستخراجه من المحاجر وما ينتج عنه من آثار بيئية سلبية. يستهدف هذا البحث تحليل إمكانية إعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء واستخدام الركام المعاد تدويره كبديل للركام الطبيعي في طبقات الرصف الأساسية لمشروعات الطرق، ودراسة جدواه البيئية والاقتصادية والفنية في ضوء متطلبات الاستدامة ورؤية مصر 2030.

يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي من خلال دمج التحليل النظري للدراسات العلمية والأطر التشريعية مع البيانات الميدانية المتاحة حول قدرات المصانع وممارسات التنفيذ، لتقييم كفاءة الإطار المؤسسي والقانوني المنظم لإدارة مخلفات الهدم والبناء في مصر، وتحديد الفجوات التي تحد من تعميم استخدام الركام المعاد تدويره. وقد خلص البحث إلى صياغة آليات وسياسات تطبيقية قابلة للتنفيذ تعزز الدمج الآمن للركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق، وتدعم التحول نحو الاقتصاد الدائري وتقليل استنزاف الموارد الطبيعية وتقليل الانبعاثات الكربونية، بما يسهم في تحقيق مستهدفات التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: مخلفات البناء والهدم – الركام المعاد تدويره – الاستدامة – الاقتصاد الدائري

Abstract:

Construction and demolition waste (CDW) represents a growing environmental and economic challenge in Egypt due to rapid urban expansion and large-scale infrastructure development, particularly in the road sector, which relies heavily on natural aggregates. This study investigates the feasibility of recycling CDW and utilizing recycled aggregates as a sustainable alternative to natural aggregates in road base layers, assessing their environmental, economic, and technical viability in alignment with Egypt's Sustainable Development Vision 2030.

A descriptive–analytical methodology is adopted through the integration of theoretical analysis, legislative review, and available field data on recycling facilities and practical implementation cases. The study evaluates the adequacy of Egypt's institutional and legal framework governing CDW management and identifies the gaps hindering the wider adoption of recycled aggregates in road construction. Based on the findings, the research proposes applicable mechanisms and policy recommendations to support the safe and efficient use of recycled aggregates within road projects, promoting circular economy practices, reducing natural resource depletion, and mitigating environmental impacts.

Keywords: Construction and Demolition Waste - Recycled Aggregates – Sustainability - Circular Economy

جدول المحتويات

المحتويات	رقم الصفحة
الإطار العام للبحث.....	
• تمهيد.....	**3**
• المشكلة البحثية.....	**3**
• الأهداف البحثية.....	**4**
• الأهمية البحثية.....	**4**
• التساؤلات البحثية.....	**5**
• المنهجية البحثي.....	**5**
• الحدود البحثية.....	**6**
• مصادر البيانات.....	**6**
• الدراسات السابقة.....	**6**
• المفاهيم البحثية.....	**10**
الفصل الأول: الإطار النظري لدور الركام المعاد تدويره في استدامة مشاريع الطرق.....	**12**
الفصل الثاني: الدراسة الميدانية والتطبيقية.....	**29**
الفصل الثالث: توصيات البحث.....	**38**
ملحق (1): استمارة مقابلة شبه مقننة لدراسة حالة شركة زيرزو كاربون لإعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء – موقع بيت الوطن بمحافظة القاهرة".....	**40**
ملحق (2) استمارة استبيان لدراسة دور اعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء في تعزيز التنمية المستدامة في مصر بالتركيز على الركام المعاد تدويره في انشاء الطرق.....	**43**
قائمة المراجع.....	**47**

الإطار العام للبحث

1. تمهيد:

يشهد العالم خلال العقود الاخيرة تسارعا ملحوظا في وتيرة التحضر والنمو العمراني وما يصاحبه من توسع في انشطة التشييد والبناء الى جانب اعمال الهدم والاحلال والتجديد فضلا عن اعمال الهدم واسعة النطاق الناتجة عن النزاعات والكوارث. وقد ادى ذلك الى تزايد كميات مخلفات الهدم والبناء التي اضحت من القضايا البيئية ذات الاولوية لما تسببه من اثار سلبية بيئية واجتماعية واقتصادية من بينها تلوث الهواء والتربة والمياه والمخاطر الصحية وتشويه البيئة العمرانية واستنزاف الموارد الطبيعية فضلا عن الاعباء الاقتصادية المرتبطة بطرق التخلص غير السليمة.

وفي هذا السياق تزايد الاهتمام عالميا منذ انعقاد قمة الارض في ريودي جانيرو عام 1992 بتبني مفاهيم التنمية المستدامة بهدف تحقيق التوازن بين متطلبات النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة وحقوق الاجيال القادمة. وقد برز الاقتصاد الدائري كاحد النماذج التنموية الحديثة التي تقوم على تقليل الفاقد وتعظيم الاستفادة من الموارد من خلال اعادة الاستخدام والتدوير وترتبط الادارة المتكاملة للمخلفات ارتباطا وثيقا بالهدف الثاني عشر من اهداف التنمية المستدامة الذي يهدف الى ضمان انماط استهلاك وانتاج مستدامة بما يسهم في الحد من الضغوط البيئية المرتبطة بالانشطة الانتاجية وعلى راسها قطاع التشييد والبناء.

ويعد قطاع التشييد والبناء من القطاعات الاساسية الداعمة للتنمية الاقتصادية والاجتماعية نظرا لدوره في توفير البنية التحتية والمساكن والخدمات العامة الا انه يعد في الوقت ذاته من أكثر القطاعات استهلاكا للموارد الطبيعية والطاقة ومن اكبر المصادر المولدة للمخلفات. وفي ظل هذه التحديات أصبح التوجه نحو تبني ممارسات البناء المستدام واستخدام مواد بناء صديقة للبيئة ضرورة ملحة لتحقيق كفاءة استخدام الموارد والحد من الاثر البيئي.

وتعد اعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء ولا سيما اعادة استخدام الركام المعاد تدويره من أبرز التطبيقات العملية لمبادئ الاقتصاد الدائري في قطاع التشييد حيث تسهم في تقليل الاعتماد على الركام الطبيعي والحد من استنزاف المحاجر وخفض الاثر البيئي للانشطة الانشائية. كما يكتسب استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات البنية التحتية وبخاصة انشاء الطرق اهمية خاصة نظرا لقدرة هذا القطاع على استيعاب كميات كبيرة من المواد المعاد تدويرها وتحقيق وفورات اقتصادية.

وعلى الصعيد الوطني تتبنى مصر من خلال الاجندة الوطنية للتنمية المستدامة: رؤية مصر 2030 المحدثة توجها يستهدف تحقيق التنمية المستدامة في مختلف القطاعات ومن بينها قطاع التشييد والبناء من خلال التحول نحو الاقتصاد الاخضر وتعزيز منظومة الادارة المتكاملة للمخلفات وذلك بالهدف الاستراتيجي الثالث المعنى بنظام بيئي متكامل ومستدام ويركز على استدامة الموارد الطبيعية وادارة المخلفات والحد من التغيرات المناخية. ورغم ما تحمله اعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء من امكانات واعدة لا يزال تطبيقها في مصر يواجه عددا من التحديات المؤسسية والتشريعية والفنية الامر الذي يبرز الحاجة الى دراسات علمية تحليلية ترصد دور اعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء في تعزيز التنمية المستدامة مع التركيز على استخدام الركام المعاد تدويره في انشاء الطرق.

2. المشكلة البحثية:

يشهد قطاع التشييد والبناء في مصر توسعا متسارعا أسهم بشكل مباشر في زيادة معدلات استهلاك الموارد الطبيعية حيث يعد هذا القطاع من اكثر القطاعات اعتمادا على المواد الخام الاولية مثل الركام الطبيعي والاسمنت والطاقة الى جانب كونه احد المصادر الرئيسية لتوليد

المخلفات ويمثل القطاع اكثر من 34% من الطلب على الطاقة ويساهم باكثر من 30% من اجمالي انبعاثات الكربون الناتجة عن المباني (وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية 2022). كما يعد قطاع انشاء الطرق من القطاعات كثيفة الاستهلاك للموارد الطبيعية نظرا لاعتماده الاساسي على الركام الطبيعي في الطبقات الانشائية واعمال الرصف وهو ما يفاقم من معدلات استنزاف الموارد الطبيعية ويزيد من الضغوط البيئية المرتبطة بانشطة المحاجر واستخراج المواد الخام.

وقد ترتب على هذا التوسع العمراني والانشائي المتزايد ارتفاع كبير في كميات مخلفات الهدم والبناء التي تمثل نسبة مؤثرة من اجمالي المخلفات الصلبة بما يعكس وجود هدر ملحوظ في الموارد القابلة لاعادة الاستخدام والتدوير. وتقدر كميات مخلفات الهدم والبناء المتولدة في مصر بنحو 35–40 مليون طن سنويا مع زيادة سنوية تقدر بحوالي 5 ملايين طن وهو ما يعكس حجم التحدي البيئي والاقتصادي المرتبط بادارة هذه المخلفات (الشابوري والمتولي 2023)

ورغم إدراك الدولة لاهمية ادارة المخلفات بشكل مستدام واتخاذها عددا من الخطوات المؤسسية والتشريعية في هذا الاطار وعلى راسها اصدار قانون تنظيم ادارة المخلفات رقم (202) لسنة 2020 الذي يستهدف تنظيم منظومة ادارة المخلفات وتعزيز اعادة التدوير والحد من الممارسات غير الامنة الا ان التطبيق الفعلي لهذه التشريعات فيما يتعلق بمخلفات الهدم والبناء لا يزال محدود الاثر. ويعزى ذلك الى ضعف اليات التفعيل والرقابة وغياب ادوات إلزام واضحة تشجع على دمج مواد البناء المعاد تدويرها ضمن مشروعات التشييد فضلا عن عدم توافر اطار وطني متكامل يُنظم عملية اعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء ويحدد الادوار والمسؤوليات المؤسسية بصورة واضحة. كما يلاحظ محدودية التنسيق بين الوزارات والجهات المعنية لا سيما وزارات الاسكان والنقل والبيئة والتنمية المحلية وهو ما يحد من تعميم استخدام الركام المعاد تدويره خاصة في مشروعات انشاء الطرق.

وفي المقابل لا يزال الاعتماد على الركام الطبيعي هو الخيار السائد في مشروعات التشييد والطرق في ظل غياب سياسات تحفيزية وتشريعات ملزمة تدعم التحول نحو استخدام البدائل المستدامة رغم ما يترتب على ذلك من استنزاف مستمر للموارد الطبيعية وارتفاع الاثر البيئي والاقتصادي على المدى الطويل. ومن ثم تتبلور المشكلة البحثية في الحاجة الى تعزيز دور اعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء في مصر ودراسة مدى امكانية استخدامها كبديل للركام الطبيعي ولا سيما في انشاء الطرق بما يسهم في تقليل الهدر في الموارد وخفض الاثر البيئي لقطاع التشييد والبناء وتعزيز فاعلية السياسات الوطنية الداعمة لتحقيق مستهدفات التنمية المستدامة ورؤية مصر 2030.

3. الأهداف البحثية:

يستهدف هذا البحث تعزيز دور اعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء في مصر مع التركيز على استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات انشاء الطرق واقتراح اليات وسياسات تدعم دمج المواد المعاد تدويرها بطريقة مستدامة في انشاء الطرق بما يسهم في الحد من الهدر في الموارد الطبيعية وخفض الاثر البيئي وتحقيق مستهدفات التنمية المستدامة ورؤية مصر 2030. ويتم تحقيق هذا الهدف من خلال الاهداف الفرعية التالية:

- التعرف على خصائص مخلفات الهدم والبناء ووظائف الركام المعاد تدويره وتحديد التحديات المرتبطة بتطبيقه.
- التعرف على مدى كفاية الإطار التشريعي والمؤسسي لادارة مخلفات الهدم والبناء في مصر ورصد اوجه القصور.
- رصد الجدوى الاقتصادية والبيئية لاعادة استخدام الركام المعاد تدويره كبديل للركام الطبيعي بمشاريع الطرق.
- اقتراح سياسات واليات عملية تدعم الاستخدام المستدام للركام المعاد تدويره وتعمل على معالجة التحديات والمعوقات المؤسسية والفنية.

4. الأهمية البحثية:

تنبع اهمية هذا البحث من تناوله قضية محورية تمس أحد الركائز الاساسية للتنمية المستدامة في مصر والمتمثلة في ادارة الموارد الطبيعية وتقليل الهدر البيئي الناتج عن قطاع التشييد والبناء. وياتي ذلك في إطار تعزيز الاقتصاد الدائري وتحقيق الاستخدام الامثل لمخلفات الهدم

والبناء بما يحد من استنزاف الركام الطبيعي ويقلل الانبعاثات الكربونية والتلوث البيئي اتساقا مع مستهدفات رؤية مصر 2030 ولا سيما المحور الثالث المتعلق بالنظام البيئي المستدام وادارة الموارد الطبيعية.

وتتجلى الاهمية الخاصة للدراسة في تركيزها على اعادة استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات انشاء الطرق من المشاريع ذات كثافة عالية في استهلاك المواد ما يسهم بدور فعال في تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل التكاليف التشغيلية ويحقق فوائد بيئية ملموسة. وعلى الرغم من توفر كميات كبيرة من الركام المعاد تدويره في مصر الا ان الاستفادة منه ما تزال محدودة بسبب التحديات الفنية والقصور في التنفيذ وضعف التنسيق المؤسسي وهو ما يطرح تساؤلات جوهرية حول مدى فعالية السياسات والتشريعات الحالية في تعزيز الاستدامة. كما تسهم الدراسة في سد فجوة معرفية وتشريعية من خلال تحليل كفاية الإطار القانوني والمؤسسي لادارة مخلفات الهدم والبناء بما في ذلك قانون تنظيم المخلفات رقم (202) لسنة 2020 وقانون البناء المصري 119 لسنه 2008 ولائحته التنفيذيه وكود البناء المصري وتحديد اوجه القصور واليات تحسين التنسيق بين الجهات المعنية.

وتكمن الاهمية التطبيقية للبحث في تقديم مقاربة عملية قابلة للتنفيذ تسهم في اقتراح سياسات واليات لتعزيز الاستخدام المستدام للركام المعاد تدويره ومعالجة التحديات الفنية والمؤسسية ودعم صانعي القرار في تصميم مشروعات صديقة للبيئة ومستدامة بما يتوافق مع اهداف التنمية المستدامة ورؤية مصر 2030.

5. التساؤلات البحثية:

يسعى هذا البحث الى اقتراح إطار عملي واليات تطبيقية قابلة للتنفيذ تدعم دور اعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء في مصر مع التركيز على استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات انشاء الطرق بما يتسق مع مستهدفات رؤية مصر 2030 ومن ثم يسعى البحث الى الاجابة على التساؤلات التالية:

- ما خصائص مخلفات الهدم والبناء وخاصة الركام المعاد تدويره وما وظائفه وامكانية استخدامه في مشروعات انشاء الطرق وما التحديات المرتبطة بتطبيقه؟
- الى اي مدى يعد الإطار التشريعي والمؤسسي لادارة مخلفات الهدم والبناء في مصر كافيا وما اوجه القصور في التنفيذ والتنسيق بين الجهات المعنية؟
- ما الجدوى الاقتصادية والبيئية لاعادة استخدام الركام المعاد تدويره كبديل للركام الطبيعي في مشروعات الطرق؟
- ما السياسات والاليات العملية التي يمكن اعتمادها لتعزيزالاستخدام المستدام للركام المعاد تدويره؟

6. المنهجية البحثية:

يعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي من خلال الدمج بين التحليل النظري والدراسة الميدانية بهدف تعزيز استخدام الركام المعاد تدويره من مخلفات الهدم والبناء لتحقيق الاستدامة في مشروعات الطرق والتعرف على التحديات والفرص المرتبطة بتطبيق مبدا اعادة التدوير.

ولتحقيق اهداف البحث يتم اولا التعرف على مخلفات الهدم والبناء ووظائف الركام المعاد تدويره وتحليل الإطار التشريعي والمؤسسي لادارة مخلفات الهدم والبناء في مصر بما يشمله من قوانين ولوائح وسياسات ذات صلة وذلك لتقييم مدى كفاية هذا الإطار ورصد اوجه القصور التي تحول دون الاستخدام الفعال للركام المعاد تدويره في المشروعات مع التركيز ايضا على التنسيق بين الجهات المعنية لتعزيز الاستدامة. كما يتناول البحث جمع وتحليل البيانات الميدانية المتاحة حول المخلفات والركام المعاد تدويره بما في ذلك كمياته وخصائصه بالاضافة الى تقييم امكانيات المصانع المتخصصة في اعادة التدوير واستطلاع ممارسات المشاريع والشركات في استخدام الركام المعاد تدويره ورصد التحديات الفنية والاقتصادية المرتبطة بتطبيقه.

وفي ضوء التحليل النظري والبيانات الميدانية يسعى البحث الى اقتراح سياسات واليات عملية قابلة للتنفيذ لتعزيز استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق وتقليل الاثر البيئي وتحسين كفاءة استهلاك الموارد بما يدعم تحقيق مستهدفات التنمية المستدامة ورؤية مصر 2030.

7. الحدود البحثية:

- **الحدود الموضوعية:** ينتمي البحث لمجال ادارة مخلفات الهدم والبناء وتعزيز الاستدامة في قطاع التشييد والبناء حيث يركز على دراسة اعادة استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق في مصر. كما يتناول البحث رصد الامكانات الاقتصادية والبيئية لاستخدام الركام المعاد تدويره ورصد التحديات الفنية والمؤسسية المرتبطة بتطبيقه بالاضافة الى تقييم كفاية الإطار التشريعي والمؤسسي الحالي الداعم لاعادة التدوير والسياسات ذات الصلة.
- **الحدود المكانية:** يقتصر البحث على مشروعات الطرق في مصر مع التركيز على المصانع والمنشات المتخصصة في اعادة تدوير الركام بالاضافة الى الشركات والمشاريع التي تستخدم الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق.
- **الحدود الزمنية:** تقتصر الدراسة على الفترة الزمنية من عام (2017) إلى عام (2026)، وهي الفترة التي شهدت توسعًا ملحوظًا في مشروعات البنية التحتية والطرق، إلى جانب تصاعد الاهتمام الرسمي بإدارة مخلفات الهدم والبناء وإعادة تدويرها في مصر. كما تتزامن هذه الفترة مع صدور قانون تنظيم إدارة المخلفات عام 2020 واللوائح المنظمة لإدارة المخلفات، مما يتيح تحليلًا واقعيًا لمدى فاعلية الإطار التشريعي وأسباب القصور في تطبيقه العملي.

8. مصادر البيانات:

يعتمد البحث في بياناته على الابحاث والتقارير والدراسات السابقة ذات صلة بموضوع البحث بالاضافة الى دراسة الحالة المصانع والمنشات المتخصصة في اعادة تدوير الركام م وكذلك المقبلات الشخصية لمتخذي القرار والخبراء في انشاء الطرق.

9. الدراسات السابقة:

شهدت الدراسات العلمية المتعلقة باستخدام ركام الخرسانة المعاد تدويره في تطبيقات الطرق اهتماما متزايدا في مصر وخارجها. فقد تناولت هذه الدراسات جوانب متعددة منها التحليل التفصيلي للخصائص الفيزيائية والميكانيكية للركام مثل مقاومته للاحمال وكثافته وسلوكه تحت تاثير الظروف البيئية المختلفة وكذلك الاطر القانونية والتنظيمية المرتبطة باستخدام المواد المعاد تدويرها. كما اهتمت بعض الدراسات بالجوانب البيئية والاقتصادية بما في ذلك تقليل المخلفات الخرسانية وتعزيز الاستدامة في مشاريع البناء. ومن أبرز هذه الدراسات:

<u>دراسة غالب واخرون (2025)</u>

هدفت هذه الدراسة الى تحقيق الاستفادة المثلى من مخلفات البناء والهدم ولا سيما مخلفات الخرسانة من خلال اعادة تدوير الركام الخشن واستخدامه كبديل جزئي للركام الطبيعي في الخلطات الخرسانية وذلك بهدف انتاج خرسانة مستدامة ذات خصائص مناسبة للاستخدامات الانشائية.

كما تسعى الدراسة الى تحديد نسب الاستبدال المثلى للركام المعاد تدويره التي تحقق التوازن بين الاداء الميكانيكي من جهة وخفض التكاليف الاقتصادية والتاثيرات البيئية السلبية من جهة اخرى بما ينسجم مع متطلبات الاستدامة البيئية في قطاع التشييد والبناءاعتمدت هذه الدراسة على المنهج التجريبي المعملي بهدف دراسة تاثير استخدام الركام الخشن المعاد تدويره على خواص الخرسانة الطازجة والمتصلدة. وتوصلت هذه الدراسه الى انه يمكن استخدام الركام المعاد تدويره بنسبه تصل الى 70% من الركام الخشن في الخلاطات الخرسانيه لتحقيق مقاومات ضغط مقبوله.

واوصت الدراسه بان استخدام الركام الخشن المعاد تدويره لانتاج الخرسانه يعد ضمن الاجراءات الفعاله للتخلص من مخلفات البناء والهدم المتزايده باستمرار كما ان هناك حاجات الى المزيد من الاستثمارات في مجال اعاده تدوير المخلفات الانشائيه للتخلص من الاعباء البيئيه والاقتصاديه والسعي الى الاستدامه والحفاظ على الموارد الطبيعيه.

دراسة كريم واخرون (2025)

هدفت هذه الدراسة الى تقييم اثار كسر مواد نفايات البناء والهدم (C&DWMs) على خصائص الركام. وتم التحقيق في مخاليط الاسفلت التي تحتوي على 0٪ و25٪ و50٪ و75٪ من نفايات C&DWM. وتم التحقيق في خصائص C&DWMs من خلال فحص السطح وتوزيع حجم الجسيمات وامتصاص الماء واختبارات الكثافة. تم اجراء اختبار قوة الشد غير المباشرة واختبار نسبة قوة الشد واختبار معامل صلابة الشد غير المباشر. وقد استخدمت المنهج التحليلي الاحصائي وتوصلت الدراسة الى انه لا يمكن تجنب تكسر مواد نفايات البناء والهدم (DWMs&C) وتزداد كمية التكسر كلما زاد محتوى هذه المواد في الخلطة. ويعتبر هذا التكسر هو السبب الرئيسي لتغير التدرج. وتشير اختبارات تحليل التلف الى ان الخلطات الاسفلتية التي تحتوي على نسبة لا تزيد عن 50% من DWMs&C تظهر اداء مشابها لاداء خلطة تحتوى (0% DWMs&C). كما حققت مقاطع الرصف التي تحتوي على 0% و25% و 50% من DWMs&Cعمر تصميمي يبلغ حوالي 19 عاما.

دراسة قنيبر و اخرون (2024)

هدفت الدراسة الى تحديد وتصنيف اهم العوامل التي تعوق تطبيق ادارة مخلفات الهدم والبناء في مشروعات الاسكان في مصر للمخلفات بهدف مساعده صناع القرار في مواجهة هذه التحديات وتحسين الاداء البيئي للمشروعات. واعتمدت الدراسة على المنهج الكمي للتوصل الى ان الحواجز الثقافية تمثل العامل الاكثر تاثيرا في اعاقة تطبيق ادارة مخلفات الهدم والبناء في مصر تليها حواجز الكفاءة ثم حواجز الموارد بينما جاءت حواجز المشتريات كاقل العوامل تاثيرا .واكدت النتائج وجود قصور في ثقافة ادارة المخلفات وغياب البنية التحتية لاعادة التدوير وتبني ممارسات ادارة المخلفات في مشروعات الاسكان المصرية.

دراسة Khan واخرون (2024)

ركزت دراسة خان وزملائه (2024) على تقييم الجدوى البيئية لاستخدام مخلفات البناء والهدم المعاد تدويرها في طبقات الطرق وذلك في ظل الارتفاع العالمي الكبير في حجم هذه المخلفات وانعكاساته على البيئة والموارد الطبيعية. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لمراجعة سلوك الترشيح للمواد المعاد تدويرها لتحديد مدى خطورتها علي البيئة بالاضافة الى تطبيق تقييم دورة الحياة لرصد الاثر البيئي الكامل الناتج عن انتاج الركام المعاد تدويره واستخدامه في الطرق مقارنة بالركام الطبيعي. وتوصلت الدراسه الى ان مخلفات البناء والهدم بعد اعادة تدويرها تمتلك خصائص مناسبة للاستخدام في طبقات الرصف كما تسهم في تقليل الاعتماد على الركام الطبيعي والحد من الانبعاثات الناتجة عن عمليات التعدين والنقل اضافة الى خفض حجم المخلفات المرسلة للمدافن. واوصت الدراسة بضرورة توسيع تطبيق الركام المعاد تدويره في مشاريع الطرق كخيار صديق للبيئة وتطوير سياسات داعمة وارشادات فنية واضحة لضمان الاستفادة من هذه المواد في تحقيق بنية تحتية مستدامة وتحقيق هدف "صفر مخلفات" في قطاع الطرق.

دراسة اسماعيل واخرون (2023)

هدفت الدراسة الى تحليل العوامل المؤثرة في تحقيق التخلص الامن من مخلفات الهدم والبناء في قطاع التشييد المصري من خلال اختبار إثر ثلاثة متغيرات رئيسية تشمل: ادارة مسارات الجمع والنقل وتحديد مواقع الالقاء غير القانوني وحساب كميات مخلفات البناء وذلك بغرض تطوير اطار شامل يساعد صانعي القرار والجهات المعنية على تحسين منظومة ادارة المخلفات ودعم اهداف رؤية مصر 2030 نحو الاستدامة. واعتمدت الدراسة على المنهج الكمي للتوصل الى ان العوامل الثلاثة المدروسة تمتلك تاثيرا ايجابيا على تحقيق التخلص الامن

من مخلفات الهدم والبناء حيث اظهرت ادارة مسارات الجمع والنقل التاثير الاقوى وتاثير متوسط لحساب كميات المخلفات بتاثير ايجابي ملحوظ بينما جاء تحديد مواقع الالقاء المخالفات باصغر تاثير. وانتهت الدراسة الى اعداد خريطة طريق تطبيقية لترتيب اولويات التنفيذ بما يدعم تحسين المنظومة الحالية وتعزيز الاستدامة البيئية والاجتماعية في قطاع التشييد المصري.

الشابوري و المتولي (2023)

هدفت الدراسة الى وضع اليه علمية دقيقة للتنبؤ بكميات مخلفات الهدم والبناء في مدينة طنطا بجمهوريه مصر العربيه من خلال دمج تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية مع نماذج التعلم الالي وذلك لمعالجة نقص البيانات ودعم التخطيط المستدام لادارة المخلفات. واعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي التطبيقي القائم على النمذجة الكمية باستخدام بيانات اجتماعية واقتصادية وزمنية خلال الفترة من 1965 الى 2021 الى جانب استخراج البيانات العمرانية من صور الاقمار الصناعية ومقارنتها بنماذج تقليدية. واظهرت النتائج تفوق النماذج المقترحة من حيث الدقة التنبؤية حيث سجلت نسب خطا منخفضة وقيما مرتفعة لمعامل التحديد مما يؤكد فاعلية المنهجية المقترحة كاداة داعمة لاتخاذ القرار في تخطيط وادارة مخلفات الهدم والبناء وتحقيق اهداف الاستدامة.

عابدين و الرفاعي (2022)

هدفت الدراسه الي زيادة الوعي والاهتمام بين المهندسين المعماريين والمصممين باهمية تقدير وحساب مخلفات البناء واهمية اعادة التدوير في مواقع التنفيذ و تحفيز الشراكة بين اجهزة المدن والمحليات وبين القطاع الخاص و تكامل الجهود بين الاطراف الفاعلة بدءا من المسئول عن توليد مخلفات البناء(المقاولون والمطورون) الى جميع الاطراف الاخري الداعمة لعمليات الادارة المتكاملة لمخلفات البناء والهدم واعتبار مخلفات البناء و الهدم مصدر لمواد البناء. و تمثلت الاهداف الرئيسية للدراسه لمعالجه القضايا المتعلقه باداره مخلفات البناء في مصر في التخطيط الفعال لادارة مخلفات البناء وزيادة الوعي والترويج للحد من المخلفات واعادة التدوير و تقدير التكلفة الاقتصادية والبيئية لادارة مخلفات البناء. كما يسعى البحث بشكل عام الى تقدير مخلفات البناء والهدم للاستفادة من استعادتها في اطار البناء المستدام وتحديد متطلبات تقييم هذه المخلفات ومعدلات اعادة التدوير في مشاريع الاسكان و اعتمد البحث على المنهج التحليلي في التوصل الى عدة استنتاجات ونتائج مهمة ابرزها اهمية تقدير كمية مخلفات البناء والهدم وهو امر ضروري لتحديد حاويات النقل داخل موقع التنفيذ وتم التوصل الى اختلاف نسب المخلفات الناتجة لبعض مواد البناء بين المستويين العالمي والمحلي (المصري)؛ نتيجة لاختلاف طبيعة البناء والاستخدام ونوعية المخلفات و استنتاج عدة طرق لحساب كمية مخلفات البناء والهدم. و اوصت الدراسه على اهمية حماية البيئة وانشاء اسواق محلية خاصة بمواد اعادة التدوير باستخدام تجارب بعض الدول المتقدمة في تدوير مخلفات البناء (مثل: تايوان وكندا والولايات المتحدة).

دراسة Al-Otaibi واخرون (2022)

هدف الدراسة الى تحديد ومعالجة العوائق التي تعيق الادارة المستدامة لمخلفات الهدم والبناء في كل من الدول المتقدمة والنامية وذلك من خلال تحليل شامل لاهم العقبات المؤثرة على فعالية انظمة ادارة المخلفات. اعتمدت الدراسة على استبيان متخصص شارك فيه 93 خبيرا من اربع دول (المملكة المتحدة السعودية مصر وغانا) حيث تم ترتيب العوائق وفق اهميتها. واظهرت النتائج ان أبرز العوائق المشتركة تتمثل في ضعف الاهتمام بادارة مخلفات الهدم والبناء وضعف انفاذ القوانين وغياب اللوائح الواضحة والقيود المالية اضافة الى عوائق تقنية ومؤسسية واجتماعية بدرجات متفاوتة بين الدول. كما اشارت النتائج الى ان التشتت المؤسسي وضعف البيانات الاساسية حول كميات المخلفات يزيد من صعوبة تطوير سياسات فعالة. وقد اوصت الدراسة بضرورة تعزيز التشريعات وتفعيل اليات الرقابة وتوفير بيانات دقيقة عن المخلفات ودعم التعاون بين الجهات الفاعلة في القطاع وتطوير البنية التحتية لاعادة الاستخدام والتدوير بما يسهم في تحسين ممارسات الادارة المستدامة لمخلفات الهدم والبناء ودعم التحول نحو بناء أكثر استدامة.

دراسة Llanes و اخرون(2021)

هدفت هذه الدراسة الى تقييم امكانية الاستفادة من الركام المعاد تدويره الناتج عن مخلفات الهدم والبناء بنوعيه الناعم والخشن كبديل جزئي او كلي للركام الطبيعي في تصنيع منتجات الخرسانة الجاهزة المستخدمة في الطرق وذلك في إطار دعم توجهات الاستدامة والاقتصاد الدائري. وقد اعتمدت الدراسة على المنهج التجريبي المعملي من خلال اعداد خلطات خرسانية بنسب احلال مختلفة واجراء مجموعة متكاملة من الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية. واظهرت النتائج ان استخدام الركام المعاد تدويره يؤدي الى زيادة الامتصاص والمسامية مع انخفاض نسبي في الكثافة والمقاومات الميكانيكية الا ان هذا الانخفاض ظل ضمن الحدود المسموح بها هندسيا خاصة عند نسب احلال تصل الى 25% و50%. كما اثبتت البلاطات والبلدورات المنتجة قدرتها على تحقيق متطلبات مقاومة الكسر والتاكل والتجمد بما يسمح باستخدامها بامان في المناطق ذات الحركة المرورية الخفيفة الى المتوسطة مما يؤكد الجدوى الفنية والبيئية لتوظيف مخلفات الهدم والبناء في صناعة منتجات الرصف الخرسانية.

دراسة Zhang و اخرون 2021

توصلت الدراسه الي انه أصبح استخدام نفايات البناء والهدم كاساس للطرق نهجا مستداما وصديقا للبيئة للتخلص منها. في هذه الدراسة وباستخدام المنهج التجريبي اجريت تجارب ومحاكاة عددية لتقييم خصائص سحق نفايات البناء والهدم المكونة من ثلاثة مكونات رئيسية وهي الحصى والطوب والبلاط. في اختبارات سحق الجسيمات المفردة كان الحصى هو الاقوى و اوصت الدراسه بانه يمكن استخدام مخلفات الهدم والبناء المعاد تدويرها بامان في طبقات اساس الطرق بشرط التحكم الدقيق في نسب المكونات.

دراسة حموده واخرون (2021)

قدمت الدراسه وصفا لمكونات مخلفات الهدم والبناء ومراحل اعاده تدويرها المختلفه وكيفيه الاستفاده بها في المجالات المختلفه وتحقيق الاستدامه وكذلك جدول بنسب اعاده التدوير في مجموعه من الدول اوضح ان اليابان تحتل المركز الاول في اعاده التدوير بنسبه 98% ودراسه لمصنع الامل المقاولون العرب بمدينه 6 اكتوبر (مغلق حاليا) اول مصنع للتخلص الامن واعاده تدوير مخلفات البناء والهدم في مصر واوصت الدراسه بانه يجب اقامه شراكه بين الحكومه والشركات الخاصه لاقامه مصانع تدوير المخلفات ووضع منظومه مقترحه للتعامل مع مخلفات الهدم في مصر و سن القوانين المنظمه لذلك و وضع كود خاص لمخلفات الهدم وانشاء مصانع لاعاده تدوير مخلفات الهدم متفرقه في جميع انحاء الدولة وعمل اتفاقيات دوليه لتطوير منظومه اعاده تدوير مخلفات الهدم وعمل تنبيهات ومنشورات لتوعيه المجتمع باهميه اعاده تدوير المخلفات الهدم والاستفاده منها وفصل المواد التي يمكن اعاده تدويرها والمواد الاخرى التي لا يمكن اعاده تدويرها لتوفير الوقت والتكلفه.

دراسة Behiry(2013)

هدفت الدراسة الى تقييم جدوى اعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء في مصر وبوجه خاص الركام الخرساني المعاد تدويره وامكانية استخدامه كبديل مستدام للركام الطبيعي في انشاء طبقات الاساس بالطرق وذلك في ظل تزايد مخلفات الهدم وتاثيرها البيئي. اعتمدت الدراسة على منهج تجريبي معملي من خلال بعض النتائج المعمليه قد أظهرت النتائج ان دمج الركام المعاد تدويره بنسبة تصل الى 75% يحسن من معامل المرونة ويقلل التشوهات الدائمة كما ان المعالجة بالاسمنت ترفع قوة التحمل بصورة واضحة مما يجعل الركام المعاد تدويره مناسبا للاستخدام في طبقات الطرق. واوصت الدراسة بتوسيع تطبيق اعادة تدوير مخلفات البناء في مشروعات البنية التحتية ووضع مواصفات محلية واضحة لضمان الجودة لما لذلك من دور في تقليل استنزاف الموارد الطبيعية وتعزيز التنمية المستدامة.

التعليق على الدراسات السابقة والفجوة البحثية:

ركزت بعض الدراسات السابقه على اجراء اختبارات معملية شملت التدرج الحبيبي للركام المعاد تدويره بالمقارنه بين الخلطات القياسية والخلطات المحتوية على مخلفات البناء والهدم، وقد أكدت النتائج على جودة الركام الناتج عن اعاده التدوير إذا ااستخدم بالنسب التي اوصت بها الدراسات السابقه كما توصلت الدراسات السابقه أيضاً إلى ان الخلطات التي تحتوي على نسب لا تتجاوز 50% من الركام المعاد تدويره اظهرت اداء مقاربا للخلطات التقليدية مع تحقيق عمر تصميمي مناسب في حين تتطلب النسب الاعلى مزيدا من الدراسات المستقبلية.

ورغم أهمية هذه المخرجات العلمية، إلا أن نطاق الدراسات السابقة اتسم بالطابع الفني المعملي البحت دون التطرق إلى الجوانب المؤسسية والتنظيمية ذات الصلة بمنظومة إدارة مخلفات الهدم والبناء في مصر. كما لم تعالج هذه الأدبيات إشكالية ضعف آليات تفعيل منظومة جمع وفرز المخلفات والرقابة على مواقع الإلقاء، ولم تتعرض لمدى جاهزية الإطار القانوني لدعم دمج الركام المعاد تدويره كخيار بديل للركام الطبيعي في قطاع الطرق ضمن ضوابط فنية ملزمة. وبذلك، ورغم ثبات الجدوى الفنية للمواد المعاد تدويرها، تظل عملية توظيف هذه النتائج في السياسات العامة وصنع القرار محدودة وغير قائمة على آليات تشريعية واضحة.

بناءً على تحليل الأدبيات، تتحدد الفجوة البحثية في الآتي:

- **فجوة تشريعية وتنظيمية:** غياب إطار قانوني ملزم يحدد شروط وآليات استخدام مخلفات الهدم والبناء في إنتاج الركام المعاد تدويره لأعمال الطرق، رغم ثبوت جدواه الفنية في الدراسات السابقة.
- **فجوة في التطبيق العملي للنتائج البحثية:** عدم وجود ربط مؤسسي بين نتائج البحوث الفنية والتجريبية وبين التشريعات التنفيذية، مما يحول دون ترجمة النتائج البحثية إلى معايير إلزامية أو إرشادات فنية قابلة للتطبيق.
- **فجوة في السياسات التحفيزية والتنفيذية:** غياب أدوات تشجيع اقتصادي وتشريعي (مثل الحوافز والاعفاءات والأولوية التعاقدية) التي تدعم تبني الشركات والمقاولين لاستخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق.
- **فجوة في منظومة الرقابة والإدارة الميدانية للمخلفات:** محدودية فعالية آليات جمع وفرز المخلفات وغياب منظومة رقابية تضمن توريدها لمصانع إعادة التدوير بدلًا من التخلص غير الآمن منها، مما يقلل من فرص توفير خامات مناسبة تدعم التوسع في التدوير.

ومن هنا كانت الحاجة الى تفعيل التشريعات وتنظم استخدام مخلفات الهدم والبناء في رصف الطرق وتحديد نسب الاستبدال واليات الفحص والرقابة ومتطلبات الاداء بما يدعم التحول نحو ممارسات أكثر استدامة.

10.المفاهيم البحثية:

التنمية المستدامة:

التنمية التي تلبي احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الاجيال القادمة على تلبية احتياجاتها (الأمم المتحدة ، 2015)

مخلفات الهدم والبناء :

المخلفات التى ليس لها اى رد فعل فيزيائي او كيميائي مثل المخلفات الناتجة عن استغلال المحاجر و الهدم و البناء و الانشاء و التطوير و التصليح و الطرق و الجسور و تنظيف الارض و انشاء المجاري (قانون تنظيم ادارة المخلفات رقم 202 لسنة 2020)

الاقتصاد الاخضر

الاقتصاد الأخضر هو ناتج تحسن الوضع الاقتصادي مع الحد من المخاطر البيئية وندرة الحياة البيئية والذي يؤدي إلى تحسين المساواة بين الإنسان ورفاهه الاجتماعي. الاقتصاد الأخضر هو نموذج للتنمية الاقتصادية على أساس التنمية المستدامة ومعرفة الاقتصاد البيئي. وهو نوع من الطرق المنظمة لإنشاء مجتمع وبيئة نظيفة ترفع من المستوى الاقتصادي وتدفع المجتمع نحو حياة أفضل وتحافظ على موازنة البيئة من جميع أشكال التنوع البيئي.(موقع وزارة البيئة, 2025 (https://www.eeaa.gov.eg/Topics/86/sub/176/index)

الاقتصاد الدائري

هو نهج تنموي يربط بين النمو الاقتصادي و حماية البيئة من خلال الاستخدام الكفء للموارد و تقليل النفايات (برنامج الامم المتحدة للبيئة UNEP،2015).

الركام المعاد تدويره

ركام يتم انتاجه من تكسير وفرز مخلفات الخرسانة والطوب الناتجة عن الهدم و يستخدم كبديل جزئي للركام الطبيعي (المركز القومي لبحوث الاسكان و البناء،2025)

الفصل الأول: الإطار النظري لدور الركام المعاد تدويره في استدامة مشاريع الطرق

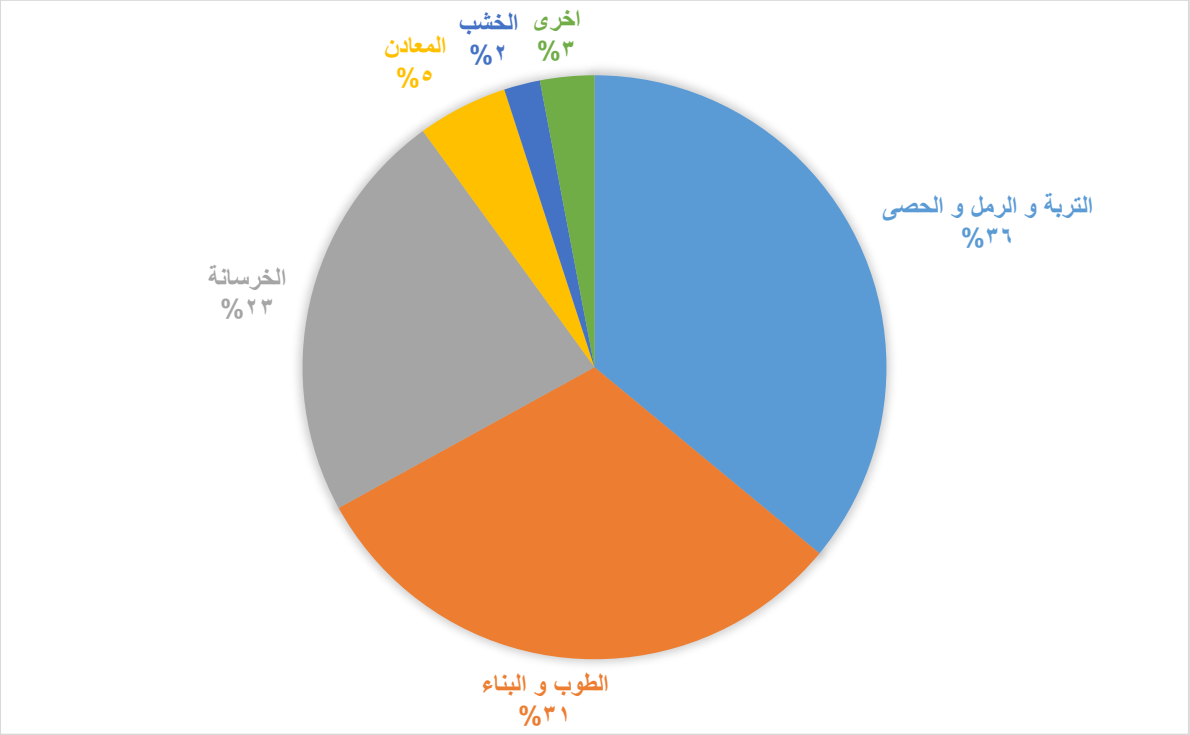
1.1 مخلفات الهدم والبناء:

تُعد مخلفات الهدم والبناء من أبرز أنواع المخلفات الصلبة الناتجة عن أنشطة البناء والتشييد والهدم والإحلال والترميم وأعمال الحفر، وتمثل نحو 5.3% من إجمالي المخلفات الصلبة في مصر. وتُقدَّر كميات هذه المخلفات بنحو 35–40 مليون طن سنويًا، مع زيادة سنوية تُقدر بحوالي 5 ملايين طن، وهو ما يعكس حجم التحدي البيئي والاقتصادي المرتبط بإدارتها (الشابوري والمتولي، 2023). وقد أصبحت هذه المخلفات تمثل تحديًا متزايدًا في ظل التوسع العمراني السريع وارتفاع معدلات التنمية العمرانية ومشروعات البنية التحتية (Daoud et al., 2020).

ويُعرف قانون تنظيم إدارة المخلفات رقم (202) لسنة 2020 مخلفات الهدم والبناء بأنها "المخلفات غير الخطرة الناتجة عن أعمال البناء والهدم والتشييد والتطوير والترميم وأعمال الطرق والجسور والحفر، والتي يمكن إعادة استخدامها أو تدويرها وفقًا للضوابط المنظمة لذلك". كما ألزم القانون بضرورة الالتزام بضوابط جمع هذه المخلفات ونقلها والتخلص منها في الأماكن المخصصة، وفقًا لأحكام قانون البناء الموحد رقم 119 لسنة 2008 ولائحته التنفيذية.

يوضح الشكل رقم (1) التوزيع النسبي لمكونات مخلفات الهدم والبناء، حيث تمثل مخلفات الحفر ـ وتشمل الأتربة والرمال والحصى الناتجة عن أعمال الحفر والتجهيزات الموقعية ـ النسبة الأكبر من إجمالي المخلفات بنسبة 36%. تليها مخلفات الطوب والبناء والمواد الركامية المختلفة بنسبة 31%، ثم الخرسانة بنسبة 23%، وهي من أكثر المكونات القابلة لإعادة التدوير وإعادة الاستخدام في تطبيقات الطرق والبنية التحتية والخرسانة غير الإنشائية. كما تشمل المخلفات مكونات أخرى مثل المعادن بنسبة 5%، والتي تتميز بقيمتها الاقتصادية العالية وإمكانية إعادة تدويرها بكفاءة، إضافة إلى الأخشاب بنسبة 2%، وتشمل الشدات الخشبية وبقايا الأبواب والنوافذ ومواد العزل، فضلًا عن المواد الصناعية وغير المعدنية الأخرى مثل الزجاج والبلاستيك والجبس والتي تمثل نحو 3% من إجمالي المخلفات (TIFAC، 2001).

ويعكس هذا التوزيع الطبيعة الغالبة لمخلفات البناء والهدم باعتبارها ناتجة أساسًا من المواد الثقيلة والخاملة ذات الكثافات العالية. كما يُظهر الشكل أن المواد الثقيلة المتمثلة في التربة والركام الخرساني والطوب تهيمن على التركيب النسبي للمخلفات بنسبة تتجاوز 90% من إجمالي المخلفات، وهو ما يبرز الأهمية الكبيرة للاستفادة منها وتقليل أثارها البيئية.



شكل رقم (1): التركيب النسبي لمكونات مخلفات الهدم والبناء في مصر

***المصدر: (TIFAC، 2001)**

ويوضح جدول (2) إمكانية مدى إمكانية الاستفادة من المكونات الرئيسية لمخلفات الهدم والبناء ولتطبيقات الهندسية المرتبطة بها، حيث تعد المواد الخرسانية والطوب والبناء من أكثر المكونات القابلة لإعادة التدوير، إذ يمكن تكسيرها ومعالجتها لإنتاج ركام معاد تدويره يستخدم في طبقات أساس وفرش الطرق وكذلك في الخرسانة غير الإنشائية. كما تتميز المخلفات المعدنية ـ مثل حديد التسليح وقطاعات الصلب والمواسير المعدنية ـ بإمكانية إعادة تدوير مرتفعة جدًا من خلال عمليات الصهر وإعادة التشكيل الصناعي، مما يسمح بإعادة استخدامها في تصنيع العناصر المعدنية المختلفة. أما الأخشاب فتتميز بإمكانية إعادة الاستخدام المباشر في أعمال الشدات أو تصنيع بعض المنتجات الخشبية، إضافة إلى إمكانية تحويلها إلى نشارة خشب للاستخدامات الزراعية والحدائق. كذلك تشمل المخلفات الأخرى الزجاج والبلاستيك والجبس بورد، والتي تختلف إمكانية إعادة تدويرها تبعًا لنوع المادة ودرجة نقائها، حيث يمكن إعادة صهر الزجاج، وإعادة تصنيع البلاستيك، وإنتاج ألواح جبسية جديدة. كما تستخدم مخلفات الحفر المكونة من الأتربة والحصى والصخور بصورة واسعة في أعمال الردم وتسوية المواقع. ويؤكد الجدول أن الجزء الأكبر من مخلفات الهدم والبناء يتمتع بقابلية مرتفعة لإعادة التدوير وإعادة الاستخدام، خاصة المواد الركامية الثقيلة، وهو ما يعزز الاتجاه نحو الاستفادة من الركام المعاد تدويره في التطبيقات الهندسية المختلفة وتقليل الاعتماد على الموارد الطبيعية التقليدية.

جدول رقم (1): **المكونات الرئيسية لمخلفات الهدم والبناء والتطبيقات الهندسية للمواد المعاد تدويرها**

الفئة الرئيسية	المكونات الفرعية	امكانية الاستفادة (إعادة التدوير)	التطبيقات الهندسية
المواد الخرسانية وطوب البناء	خرسانة – طوب – مونة – بلاط – سيراميك	**عالية** – يمكن تكسيرها واعادة استخدامها كركام	طبقات اساس وطبقات فرش الطرق
			خرسانة غير انشائية
المعادن	حديد تسليح – قطاعات صلب – مواسيرمعدنيه	مرتفعة جدا – اعادة الصهر والتشكيل الصناعي	تصنيع حديد التسليح والبلاطات المعدنية
			مواسير وهياكل معدنية
الخشب	اخشاب شدات – ابواب – نوافذ	متوسطة – يمكن اعادة الاستخدام المباشر أو التدوير المحدود	إعاده استخدام كشدات خشبية او اثاث
			انتاج نشارة الخشب للحدائق
أخري	زجاج – بلاستيك – جبس بورد	متفاوتة – تعتمد على نوع المادة ونقاوتها	زجاج: اعادة صهر وصناعة بلاط او واجهات
			بلاستيك: اعادة تصنيع او انتاج حاويات
			جبس: انتاج الواح جديدة او اعمال تشطيبات
مخلفات الحفر	اتربة – حصي – صخور	متوسطة – تستخدم في الردم وتسوية الاراضي	اعمال الردم وتسوية المواقع

***المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادًا على قانون تنظيم ادارة المخلفات رقم 202 لسنة 2020 وكود البناء المصري وكود الطرق**

1.2 الآثار البيئية والاقتصادية والإدارة المستدامة لمخلفات الهدم والبناء:

يعتبر قطاع التشييد والبناء من أكثر القطاعات استهلاكًا للموارد الطبيعية والطاقة وتوليدًا للمخلفات الصلبة على مستوى العالم، إذ يستهلك ما يزيد عن 40% من الموارد الطبيعية العالمية، كما يسهم بنحو 32–34% من إجمالي استهلاك الطاقة عالميًا، بالإضافة إلى مساهمته بحوالي 34–39% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة ومواد البناء، خاصة الأسمنت والصلب. كما يعتمد القطاع بصورة أساسية على **مواد الركام مثل الرمال والزلط، والتي تمثل ثاني أكثر الموارد الطبيعية استهلاكًا بعد المياه**، حيث يستهلك عالميًا ما يقرب من 50 مليار طن من الركام سنويًا. وتعكس هذه المؤشرات التأثير البيئي الكبير لأنشطة البناء والهدم، مما يفرض ضرورة تبني نظم الإدارة المستدامة لمخلفات البناء والهدم (United Nations Environment Programme [UNEP], 2025; RICS, 2020).

ولا تقتصر آثار مخلفات الهدم والبناء على الجوانب البيئية فقط، بل تمتد لتشمل آثارًا اقتصادية متعددة، حيث يؤدي التخلص العشوائي من المخلفات إلى زيادة الأعباء المالية المرتبطة بعمليات النقل والتجميع والتخلص النهائي، فضلًا عن ارتفاع تكاليف إنشاء المدافن وإدارتها. كما يتسبب الاعتماد المستمر على المواد الخام الطبيعية في زيادة تكاليف استخراج ونقل الركام الطبيعي مع تزايد معدلات استنزاف الموارد الطبيعية وارتفاع أسعار الطاقة. وفي المقابل، تمثل إعادة تدوير مخلفات البناء والهدم فرصة اقتصادية مهمة من خلال تقليل تكلفة الحصول على مواد البناء، وخفض تكاليف التخلص من المخلفات، بالإضافة إلى خلق فرص استثمارية ووظائف جديدة في مجالات الجمع والمعالجة وإعادة التدوير، بما يدعم توجهات الاقتصاد الدائري والاستخدام الكفء للموارد.

وقد أدى التوسع العمراني السريع وزيادة معدلات الهدم والتشييد إلى تنامي الاهتمام العالمي بتطبيق مبادئ التنمية المستدامة والاقتصاد الدائري في قطاع البناء، بهدف تقليل استنزاف الموارد الطبيعية وخفض الانبعاثات الكربونية الناتجة عن استخراج المواد الخام والتصنيع والنقل. ويقوم مفهوم الإدارة المستدامة لمخلفات الهدم والبناء على تقليل المخلفات الناتجة عن الأنشطة الإنشائية، وتعظيم الاستفادة من الموارد من خلال إعادة الاستخدام وإعادة التدوير، بما يحقق التوازن بين الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية للتنمية.

ويرتبط هذا التوجه بعدد من أهداف التنمية المستدامة، وعلى رأسها الهدف (11) الخاص بالمدن والمجتمعات المستدامة، والهدف (12) الخاص بالاستهلاك والإنتاج المسؤولين، والهدف (13) الخاص بالعمل المناخي. وفي هذا الإطار تتبنى مصر، من خلال رؤية مصر 2030، توجهًا يستهدف تعزيز الاقتصاد الأخضر وتحقيق الإدارة المتكاملة للمخلفات وتحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية.

وتبرز أهمية التوجه نحو الإدارة المستدامة لمخلفات الهدم والبناء في ظل ما تسببه الزيادة المستمرة في كميات المخلفات من ضغوط بيئية واقتصادية على الموارد والبنية التحتية، فضلًا عن تأثيرها على زيادة الانبعاثات الكربونية. وتشير تقارير وزارة البيئة المصرية إلى أن تطوير منظومة المخلفات والتوسع في إعادة التدوير يسهمان في تقليل الانبعاثات الناتجة عن الحرق العشوائي واستخدام الوقود الأحفوري، كما أسهمت مشروعات تحويل المخلفات إلى طاقة في إنتاج نحو 2.2 مليون متر مكعب من الغاز الحيوي سنويًا، بما يعادل استبدال حوالي 87 ألف أسطوانة بوتاجاز (تقرير حالة البيئة المصرية، 2023).

ويوضح جدول رقم (2) مقارنة مؤشرات قطاع البناء عالميًا وفقًا لتقريري برنامج الأمم المتحدة للبيئة لعامي (2023) و(2024–2025)، حيث تُظهر المقارنة تحسنًا نسبيًا في كفاءة استخدام الطاقة والتوسع في تطبيقات الاقتصاد الدائري وإعادة التدوير، وهو ما انعكس على انخفاض كثافة الطاقة في القطاع خلال السنوات الأخيرة. كما يوضح الجدول أهمية إعادة التدوير في تقليل الاعتماد على المواد كثيفة الاستهلاك للطاقة مثل الأسمنت والحديد، إلى جانب دور الطاقة المتجددة في الحد من البصمة الكربونية لقطاع البناء والتشييد.

جدول رقم (2) مقارنة مؤشرات قطاع البناء عالمي وفقًا لتقريري برنامج ألامم المتحدة للبيئة لسنه (2023) و (2024- 2025)

المؤشر	2023 (UNEP)	2024–2025 (UNEP)
استهلاك الطاقة في قطاع البناء والتشييد	34% من إجمالي استهلاك الطاقة العالمي	ثابت تقريبًا عند 32% من الطاقة العالمية رغم التحسن في الكفاءة
تأثير إعادة التدوير على الطاقة	إعادة استخدام المواد يقلل الطاقة المستخدمة في استخراج ومعالجة المواد الخام	تعزيز الاقتصاد الدائري يقلل الطلب على الطاقة الأولية بشكل كبير
كفاءة استخدام الطاقة	تحسن تدريجي بسبب سياسات كفاءة استخدام الطاقة مع انخفاض طفيف في كثافه الطاقه (~3%) في 2022	انخفاض كثافة الطاقة بنسبة تقارب 10% خلال العقد الأخير مع الحاجة لخفضها بنسبة 37% بحلول 2030 لتحقيق أهداف المناخ
دور المواد المعاد تدويرها	يقلل الاعتماد على مواد كثيفة الطاقة (مثل الأسمنت والصلب)	المواد (أسمنت وحديد) تمثل حوالي 18% من الانبعاثات المرتبطة بالطاقة
دور الطاقة المتجددة في القطاع	زيادة محدودة في الاعتماد على الطاقة النظيفة	ارتفاع مساهمة الطاقة المتجددة بحوالي 5% في استهلاك القطاع
العلاقة بين المخلفات والطاقة	زيادة المخلفات يساوي زيادة استهلاك الطاقة في الإنتاج والنقل	التوسع في إعادة التدوير يقلل استهلاك الطاقة ويخفض الانبعاثات

***المصدر: تقريري برنامج ألامم المتحدة للبيئة لسنتي (2023) و (2024- 2025)**

وتشير الدراسات الحديثة التي تعتمد على تقييم دورة الحياة (LCA) إلى أن استخدام الركام المعاد تدويره بدلًا من الركام الطبيعي يسهم في خفض الانبعاثات الكربونية وتقليل استهلاك الطاقة والحد من استنزاف الموارد الطبيعية، وذلك نتيجة تقليل عمليات استخراج المواد الخام والنقل والتخلص من المخلفات. ومن ثم يمثل إعادة تدوير مخلفات البناء والهدم أحد الحلول المهمة لدعم الإدارة المستدامة وتقليل الآثار البيئية والاقتصادية لقطاع التشييد والبناء.

1.3 دور الركام المعاد تدويره واستدامة مشروعات الطرق:

يحظى قطاع الطرق باهتمام متزايد في مجال إعادة إعادة التدوير باعتباره من أكثر القطاعات استهلاكًا لمواد الركام المستخدمة في طبقات الرصف والخلطات الأسفلتية وطبقات الأساس والفرش. ويعتبر الركام المكون الرئيسي في خلطات الطرق، حيث تتراوح نسبته في الخلطات الأسفلتية بين 93% و96% من الوزن الكلي للخلطة، مما يجعل قطاع الطرق من أكثر القطاعات القادرة على استيعاب كميات كبيرة من الركام المعاد تدويره والاستفادة منه بصورة فعالة. إذا يتوافر به الخصائص اللازمة لطبقات الطرق.

وتزداد أهمية إنتاج الركام المعاد تدويره في ظل التوسع الكبير في مشروعات البنية التحتية والطرق، وما يرتبط بذلك من ارتفاع الطلب على الركام الطبيعي وما يسببه من استنزاف للموارد الطبيعية وارتفاع تكاليف الاستخراج والنقل، فضلًا عن الآثار البيئية الناتجة عن التخلص من مخلفات الهدم والبناء بطرق غير سليمة. ومن ثم يمثل استخدام الركام المعاد تدويره أحد الحلول المستدامة التي تسهم في تقليل الاعتماد على المواد الخام الطبيعية، وخفض كميات المخلفات الموجهة إلى المدافن، وتقليل الانبعاثات الكربونية المرتبطة بعمليات الإنتاج والنقل.

وفي هذا الإطار، شهدت مصر خلال الفترة (2014–2025) توسعًا كبيرًا في تنفيذ مشروعات الطرق والمحاور القومية ضمن الخطة الشاملة لتطوير منظومة النقل، بتكلفة إجمالية تجاوزت 2 تريليون جنيه. ويُعد المشروع القومي للطرق من أبرز هذه المشروعات، حيث يستهدف ربط شبكة الطرق بخطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية وتحقيق الاستغلال الأمثل للموارد القومية وتسهيل حركة النقل وتقليل أزمنة الرحلات واستهلاك الوقود والحد من الآثار البيئية السلبية.

وقد تم التخطيط لإنشاء طرق جديدة بإجمالي أطوال بلغت نحو 7000 كم، تم تنفيذ حوالي 6600 كم منها، بالإضافة إلى تطوير ورفع كفاءة نحو 10 آلاف كم من شبكة الطرق الحالية، فضلًا عن تطوير الطرق المحلية ضمن المبادرة الرئاسية "حياة كريمة" (وزارة النقل، 2026/01/12). ويعكس هذا التوسع الكبير في مشروعات الطرق حجم الطلب المتزايد على مواد الركام، الأمر الذي يعزز أهمية التوجه نحو استخدام الركام المعاد تدويره كبديل مستدام يدعم كفاءة استخدام الموارد ويحقق أبعاد التنمية المستدامة في قطاع التشييد والبنية التحتية.

ونظرًا لاعتماد كفاءة الرصف بصورة أساسية على خواص الركام المستخدم، فقد اتجهت العديد من الدراسات إلى تقييم الخصائص الهندسية والميكانيكية للركام المعاد تدويره ومدى ملاءمته للاستخدام في تطبيقات الطرق المختلفة، وهو ما سيتم تناوله في الجزء التالي من الدراسة.

1.4 الخصائص الفنية والفيزيائية للركام المعاد تدويره:

تمر عملية إعادة تدوير الخرسانة بعدة مراحل رئيسية تبدأ بالفرز الأولي لإزالة الشوائب والمواد غير المرغوب فيها، يليها التكسير الميكانيكي للكتل الخرسانية، ثم الفصل المغناطيسي لحديد التسليح، وأخيرًا الغربلة للحصول على تدرج حبيبي مطابق للمواصفات القياسية، بما يتيح إعادة استخدام الركام الناتج في التطبيقات الهندسية المختلفة، خاصة في طبقات أساس الطرق وبعض الاستخدامات الخرسانية غير الإنشائية.

وقد أشارت الدراسات إلى إمكانية استخدام الركام الخرساني المعاد تدويره كبديل مستدام للركام الطبيعي في مشروعات البنية التحتية، خاصة في طبقات الطرق، مع تحقيق أداء جيد عند التحكم في نسب الإحلال والمعالجة المناسبة، حيث يمكن أن يسهم في تحسين بعض الخصائص مثل معامل المرونة وتقليل التشوهات الدائمة، خاصة عند دمجه مع مواد رابطة مناسبة (Behiry, 2013).

وفيما يخص الخصائص الفيزيائية، يتميز الركام المعاد تدويره بتباين واضح عن الركام الطبيعي فيما يلي:

- **الكثافة:** يظهر الركام المعاد تدويره كثافة أقل من الركام الطبيعي نتيجة وجود المونة الأسمنتية الملتصقة. وقد أظهرت الدراسات التجريبية والمحاكاة العددية لمخلفات البناء والهدم المكونة من الحصى والطوب والملاط أن الحصى يمثل المكون الأكثر مقاومة، بينما تؤثر المكونات الأخرى على تقليل الكثافة الكلية. كما أوضحت اختبارات الضغط المحصور متعدد الجسيمات وجود سلوك إنشائي مقبول، مع إمكانية استخدامه بأمان في طبقات الأساس بشرط التحكم في نسب المكونات، خاصة الحصى(Hua-Lin Zhang et al., 2021) .
- **امتصاص الماء:** يمتاز الركام المعاد تدويره بارتفاع كبير في معدل الامتصاص نتيجة المسامية العالية الناتجة عن بقايا المونة الأسمنتية.
- **مقاومة التآكل:** تكون مقاومته للتآكل أقل مقارنة بالركام الطبيعي، وهو ما يرتبط بضعف البنية السطحية نسبيًا.
- **طبيعة السطح والشكل:** يتميز بسطح خشن وغير منتظم ومسام، مع شكل غير منتظم للحبيبات، مما يزيد من الاحتكاك الداخلي ويُحسن الاستقرار في بعض التطبيقات (وزارة البيئة، 2022).
- **قابلية التكسر:** تُعد من أهم الخصائص المؤثرة، حيث يتعرض الركام للتكسر أثناء عمليات الخلط والدمك، مما يؤدي إلى تغير التدرج الحبيبي نتيجة تحول الحبيبات الكبيرة إلى دقيقة .
- **زيادة الامتصاص والمسامية بعد التشغيل:** انخفاض نسبي في الكثافة والمقاومات الميكانيكية، إلا أنه يظل ضمن الحدود المقبولة هندسيًا عند نسب إحلال 25% إلى 50 .%

يوضح الجدول رقم (3) أن الركام الطبيعي يتفوق من حيث الخواص الميكانيكية، والكثافة، ومقاومة الأحمال، مما يجعله الخيار التقليدي المستخدم في مختلف طبقات الرصف، وخاصة الطبقات السطحية. في المقابل، يُعد الركام المعاد تدويره بديلًا اقتصاديًا وبيئيًا مستدامًا، إذ يسهم في تقليل استنزاف الموارد الطبيعية وخفض كميات مخلفات الهدم والبناء.

ومع ذلك، يواجه استخدامه بعض التحديات الفنية، من أبرزها ارتفاع نسبة الامتصاص وانخفاض الكثافة النسبية، ويرجع ذلك إلى بقايا المونة الأسمنتية الملتصقة بحبيباته، وهو ما قد يؤثر على أداء الخلطة إذا لم يتم التحكم في التدرج الحبيبي وعمليات المعالجة بشكل مناسب. وتشير المواصفات الفنية للطرق إلى إمكانية استخدام الركام المعاد تدويره بنسب محددة، خاصة في طبقات الأساس أو الخلطات الأسفلتية غير السطحية، بشرط الالتزام بمتطلبات الجودة بما يحقق التوازن بين الأداء الفني ومعايير الاستدامة (وزارة البيئة، 2022)، وكذلك وفقًا للاشتراطات الفنية الواردة في كود الطرق.

جدول رقم (3): خصائص الركام الطبيعي والركام المعاد تدويره

العنصر	الركام الطبيعي	الركام المعاد تدويره
المصدر	محاجر طبيعية	مخلفات الهدم والبناء
الجودة الميكانيكية	عالية ومستقرة	أقل نسبيًا بسبب وجود شوائب ومونة أسمنتية ملتصقة
الامتصاص	منخفض	مرتفع نسبيًا
الكثافة	أعلى	أقل قليلًا
التحمل للأحمال	ممتاز	جيد إلى متوسط
التدرج الحبيبي	يمكن التحكم فيه بدقة	يحتاج معالجة وفرز جيد
التكلفة	أعلى (استخراج + نقل)	أقل (إعادة استخدام المخلفات)
الأثر البيئي	استنزاف موارد طبيعية	يقلل المخلفات ويحقق الاستدامة
الاستخدام في الطرق	جميع طبقات الرصف	غالبًا في الطبقات السفلية أو بنسب جزئية في الأسفلت

***المصدر: من اعداد الباحثه اعتمادا على الدراسات السابقه وكذا تقرير حاله البيئه وزارة البيئة (2022)، وكود الطرق المصري**

1.5 الجدوى الاقتصادية والبيئية لاعادة استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق

يعتمد البحث على أسلوب صافي القيمة الحالية (Net Present Value – NPV) لتقييم الجدوى الاقتصادية لاستخدام الركام المعاد تدويره مقارنة بالركام الطبيعي في طبقات الأساس، حيث يُستخدم صافي القيمة الحالية لقياس القيمة الاقتصادية للتكاليف المستقبلية في صورتها الحالية، من خلال معادلة الخصم التالية:

$$PV=C/(1+r)^{n}$$

حيث:

- PV: القيمة الحالية للتكلفة(Present Value)
- C: التدفق النقدي المستقبلي (Future Cost)
- r: معدل الخصم (Discount Rate) ويقدر في هذا البحث في هذه الدراسة 19 %
- n: عدد السنوات

ويعتمد التقييم على مقارنة إجمالي التكاليف على مدى العمر الافتراضي للطريق (20 سنة وفق كود الطرق المصري)، وليس فقط تكاليف الإنشاء، بل يشمل تكاليف الصيانة الدورية وتكاليف الاستبدال.

البيانات المستخدمة:

تم الاعتماد في إعداد هذه الدراسة على بيانات مستمدة من تقديرات سوق الركام المحلي بمحافظة القاهرة لعام 2026، بالإضافة إلى الاشتراطات والمواصفات الفنية الواردة في كود الطرق المصري، وذلك لضمان واقعية المدخلات المستخدمة في التحليل

الاقتصادي، وتعزيز دقة النتائج بما يعكس الظروف الفعلية لسوق مواد البناء في مصر. وتُعد هذه البيانات مرجعًا أساسيًا في تحديد أسعار الركام الطبيعي والمعاد تدويره، وكذلك في تحديد السمك التصميمي لطبقات الرصف ومتطلبات التنفيذ، بما يضمن توافق النموذج التحليلي مع المعايير الهندسية المعتمدة ويعزز من موثوقية نتائج صافي القيمة الحالية في تقييم الجدوى الاقتصادية للمقارنة بين البدائل المختلفة.

فقد تم تقدير صافي القيمة الحالية لطريق بطول 1 كم وعرض 10 م في القاهرة لعام 2026، وفق البيانات التالية:

- سمك طبقة الأساس = 25 سم
- حجم الركام المطلوب = 2500 م³
- سعر الركام الطبيعي (متوسط 2026) = 400 جنيه/م³
- سعر الركام المعاد تدويره = 280 جنيه/م³ (أقل بنسبة 20–30%)

أولاً: تكاليف الإنشاء

- **الركام الطبيعي:(NA)**

تكلفة ابتدائية = 2500 × 400 = **1,000,000 جنيه**

- **الركام المعاد تدويره:(RCA)**

تكلفة ابتدائية = 2500 × 280 = **700,000 جنيه**

ثانياً: تكاليف الصيانة الدورية

لضمان المقارنة العادلة تم إدخال تكاليف الصيانة الدورية ضمن معادلة صافي القيمة الحالية لإيجاد القيمة الحالية للمصروفات المستقبلية:

- الركام الطبيعي: صيانة كل 5 سنوات بنسبة 10% من التكلفة الابتدائية = 100,000 جنيه
- الركام المعاد تدويره: صيانة كل 4 سنوات بنسبة 12% = 84,000 جنيه

حساب صافي القيمة الحالية(NPV)

تم خصم جميع التكاليف المستقبلية باستخدام معدل خصم 19% لتحويلها إلى قيم حالية قابلة للمقارنة. كما هو موضح:

الركام الطبيعي

السنة	التكلفة	PV
0	1,000,000	1000000.00
5	100,000	41904.94
10	100,000	17560.24
15	100,000	7358.61
جتيها	1066823.78	Total PV

الركام المعاد تدويره

السنة	التكلفة	PV
0	700,000	700,000.00
4	84,000	41,888.18
8	84,000	20,888.32
12	84,000	10,416.35
16	84,000	5,194.31
جنيها	778387.16	PV Total

النوع	Total PV
الركام الطبيعي	≈1066823.78 جنيه
الركام المعاد تدويره	≈778387.16جنيه

التفسير الاقتصادي للنتائج:

تظهر النتائج أن استخدام الركام المعاد تدويره يحقق وفورات اقتصادية تتراوح بين 25% إلى 30% مقارنة بالركام الطبيعي خلال العمر الافتراضي للطريق، ويرجع هذا الإنخفاض إلى:

- انخفاض التكلفة الابتدائية للإنتاج والنقل
- قرب مواقع إعادة التدوير من مواقع الهدم
- تقليل تكاليف التخلص من المخلفات
- انخفاض الضغط على المحاجر واستخراج المواد الخام

وفي المقابل، وعلى الرغم من افتراض وجود فروق طفيفة في تكاليف الصيانة الدورية لصالح الركام الطبيعي، فإن تطبيق معامل الخصم (19%) يؤدي إلى خفض القيمة الحالية لهذه التكاليف المستقبلية، مما يقلل من أثرها النسبي على إجمالي التكلفة.

وبناءً عليه، فإن الركام الطبيعي يظهر تكلفة كلية أعلى نتيجة ارتفاع الاستثمار الأولي واستمرار تكاليف الصيانة على مدار العمر الافتراضي، بينما يحقق الركام المعاد تدويره تكلفة كلية أقل عند القياس بالقيمة الحالية، وذلك نتيجة انخفاض التكلفة الابتدائية وانعكاس أثر الخصم على التدفقات النقدية المستقبلية، وهو ما يعزز جدواه الاقتصادية مقارنة بالبديل التقليدي.

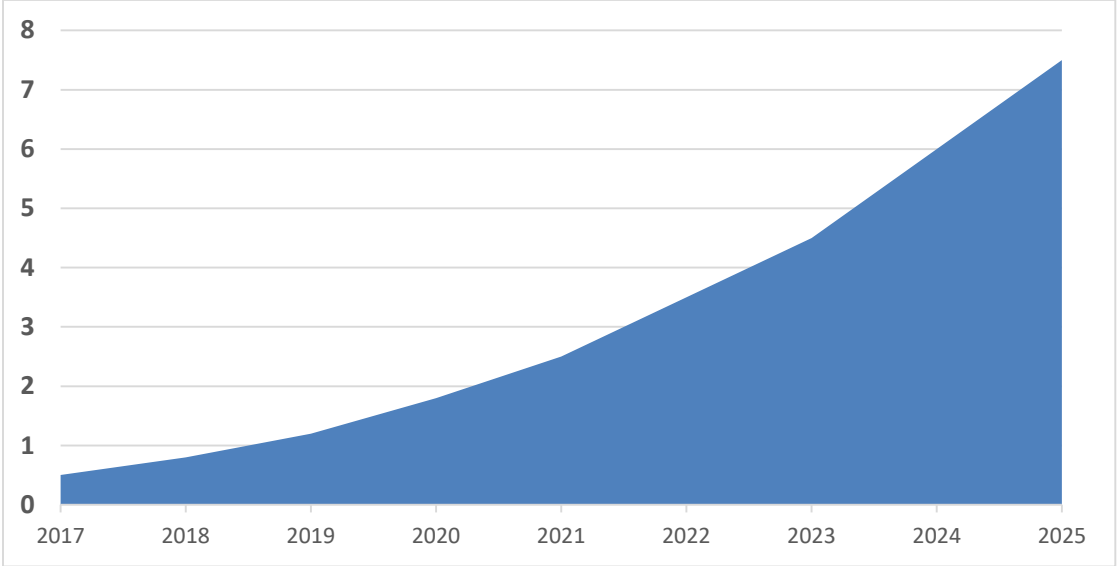
ومن منظور تحليلي أشمل، **فإن هذه النتائج لا تقتصر على البعد الاقتصادي فقط، بل تتكامل مع البعد البيئي**، حيث يساهم استخدام الركام المعاد تدويره في تقليل استنزاف الموارد الطبيعية وخفض كميات المخلفات المتجهة إلى المدافن، بما يدعم أهداف الاستدامة في قطاع الطرق والبنية التحتية.

وفي هذا السياق، يوضح الجدول (4) والشكل رقم (2) وجود إتجاه تصاعدي واضح في كميات الركام المعاد تدويره خلال الفترة (2017–2025)، وهو ما يعكس التوسع العمراني المتزايد في مصر، وزيادة الاعتماد على ممارسات إعادة التدوير كأحد مكونات إدارة مخلفات البناء والهدم. حيث بدأت الكميات عند نحو النصف مليون طن سنويًا في عام 2017، ثم شهدت نموًا تدريجيًا حتى عام 2021، تلاه تسارع ملحوظ في معدلات الزيادة خلال الفترة (2022–2025)، بما يعكس تطور البنية المؤسسية والفنية لمنظومة إعادة التدوير، وزيادة الاهتمام بتطبيق حلول الاقتصاد الدائري في قطاع التشييد.

الجدول رقم (4): معدلات اعاده تدوير مخلفات الهدم والبناء في الفتره من 2017 الي 2025

السنة	الكمية التقديرية للركام المعاد تدويره (مليون طن/سنة)	الأساس العلمي للتقدير
2017	0.5	بداية محدودة لمشروعات إعادة التدوير واعتماد أغلب المخلفات على الردم العشوائي
2018	0.8	زيادة الاهتمام البيئي بمخلفات البناء والهدم
2019	1.2	توسع الدراسات والتجارب التطبيقية بالمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
2020	1.8	بدء تطوير منظومة المخلفات والتحول نحو الاقتصاد الدائري
2021	2.5	تحديث المواصفات القياسية المصرية لإعادة تدوير مخلفات البناء والهدم رسميًا
2022	3.5	شراء كسارات وتوسع المحافظات في معالجة مخلفات الهدم والبناء
2023	4.5	زيادة الطلب على الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق
2024	6	توقيع بروتوكول زيرو كاربون وهيئة المجتمعات العمرانية
2025	7.5	التشغيل الفعلي لمشروع بيت الوطن والتوسع المتوقع في استخدام "السن الأخضر"

***المصدر: من اعداد الباحثه اعتمادا على الدراسات السابقه وكذا تقرير حاله البيئه وزارة البيئة (2022)، وكود الطرق المصري**



شكل رقم (2): كمية الركام المعاد تدويره (مليون طن لكل سنه)

***المصدر: من اعداد الباحثه اعتمادا على الهيئة العامة لتنظيم إدارة المخلفات – وزارة البيئة المصرية خلال (2018 – 2025)**

1.6 جهود الدوله في مواجهه تحديات مخلفات الهدم والبناء

شهدت مصر خلال السنوات الأخيرة اهتمامًا متزايدًا بملف إدارة المخلفات ضمن توجهات التنمية المستدامة، ويأتي قطاع مخلفات البناء والهدم في مقدمة القطاعات ذات الأولوية نظرًا لضخامة حجم المخلفات الناتجة عنه وما يترتب عليها من آثار بيئية واقتصادية. وفي هذا الإطار، تم تنفيذ عدد من الدراسات الفنية والاقتصادية ضمن مشروعات تستهدف إنشاء منشآت متكاملة لتدوير ومعالجة مخلفات البناء والهدم لخدمة إقليم القاهرة الكبرى (القاهرة، الجيزة، القليوبية)، بما يعكس توجه الدولة نحو التحول إلى نظم إدارة أكثر استدامة وكفاءة.

وتشير تقديرات وزارة البيئة المصرية (2026) إلى أن محافظة القاهرة تعد من أكبر المحافظات إنتاجًا لمخلفات البناء والهدم، حيث تتراوح الكميات اليومية بين 4000 إلى 5000 متر مكعب يوميًا، وهو ما يعكس حجم الضغط الناتج عن الأنشطة العمرانية المتسارعة. وعلى الرغم من ذلك، لا تزال البيانات الرسمية الدقيقة محدودة، حيث تعتمد معظم التقديرات على دراسات ومشروعات تطبيقية محددة، مثل مشروعات القاهرة الجديدة التي تعالج نحو 3.3 مليون متر مكعب من المخلفات، باعتبارها من أبرز التجارب العملية في هذا المجال.

كما لا توجد حتى الآن إحصاءات رسمية دقيقة معلنة لعدد مصانع ومرافق تدوير مخلفات الهدم والبناء في مصر، إلا أن القطاع يشهد توسعًا تدريجيًا ويعتمد بشكل رئيسي على عدد محدود من المشروعات التجريبية والاستثمارية، من أهمها مشروع القاهرة الجديدة (بيت الوطن)، والذي يعد أحد النماذج التطبيقية المهمة في إطار الاستراتيجية الوطنية لإدارة المخلفات.

وعلى المستوى التشريعي، يمثل قانون تنظيم إدارة المخلفات رقم 202 لسنة 2020 نقلة نوعية في تنظيم هذا القطاع، حيث أنشأ جهازًا مختصًا بتنظيم وإدارة المخلفات، ومنح التراخيص لمزاولي أنشطة جمع ونقل ومعالجة المخلفات، مع إلزام الجهات والأفراد عند تنفيذ أعمال البناء أو الهدم بالتعاقد مع شركات مرخصة لإدارة المخلفات الناتجة. كما ربط القانون بين إصدار تراخيص البناء والهدم وتقديم ما يثبت التعاقد مع جهة مرخصة لنقل ومعالجة المخلفات، بهدف الحد من الممارسات العشوائية في التخلص من مخلفات الهدم والبناء. وفي السياق نفسه، عزز القانون من أدوات الرقابة والتطبيق من خلال فرض غرامات على التخلص غير الآمن من المخلفات أو إلقائها في غير الأماكن المخصصة، حيث تتراوح الغرامة بين 500 إلى 2000 جنيه وفقًا لأحكام التعديلات الواردة على قانون النظافة العامة رقم 38 لسنة 1967 والمعدل بالقانون رقم 202 لسنة 2020، بما يدعم فرض الانضباط في منظومة إدارة المخلفات. وبذلك يتضح أن جهود الدولة في هذا المجال تتكامل بين البعد المؤسسي من خلال إنشاء أجهزة تنظيمية متخصصة، والبعد التشريعي عبر وضع إطار قانوني ملزم، والبعد التنفيذي من خلال تنفيذ مشروعات إعادة التدوير، إلا أن القطاع لا يزال في مرحلة النمو والتوسع، حيث لاتوجد احصائيه رسميه دقيقه معلنه لعدد مصانع تدوير مخلفات الهدم والبناء في مصر، ويعتمد بشكل كبير على المشروعات التجريبية والاستثمارية كنواة لتعميم التجربة على نطاق أوسع خلال الفترة القادمة.

1.7 الإطار التشريعي والمؤسسي لإدارة مخلفات الهدم والبناء في مصر ورصد مدى كفايتهما

تعتبر التشريعات البيئية أحد الركائز الأساسية في منظومة حماية البيئة، إذ تعرف بأنها مجموعة القوانين واللوائح والقرارات التنظيمية التي تهدف إلى حماية البيئة ومنع التلوث والسيطرة عليه والحد من آثاره، بصرف النظر عن مصدره، من خلال أطر قانونية تنظم السلوك الإنساني والأنشطة التنموية. وبذلك فهي تمثل جزءًا أصيلًا من النظام القانوني لحماية البيئة داخل المجتمع، وتؤكد حق الإنسان في العيش في بيئة صحية وآمنة ونظيفة، إلى جانب وضع المعايير والضوابط اللازمة لتحقيق التنمية المستدامة.

وعلى الرغم من التطور التدريجي في التشريعات البيئية عالميًا، إلا أن العديد من الدول النامية ذات الدخل المنخفض لا تزال تعاني من محدودية في تطبيق أو تحديث هذه التشريعات بصورة فعّالة، خاصة في القطاعات ذات التأثير البيئي المرتفع مثل قطاع التشييد والبناء وإدارة المخلفات.

وفي مصر، تمثل إدارة مخلفات البناء والهدم أحد المجالات التي شهدت تطورًا تشريعيًا ملحوظًا خلال العقدين الأخيرين، إلا أن هذا التطور مر بمراحل متفاوتة من حيث التكامل والوضوح المؤسسي.

أولًا: الإطار التشريعي المنظم لقطاع البناء والهدم

يُعد قانون البناء الموحد رقم 119 لسنة 2008 أحد أهم القوانين المنظمة لقطاع التشييد في مصر، حيث يركز بشكل أساسي على تنظيم أعمال التخطيط العمراني، وإجراءات الترخيص، وضبط اشتراطات البناء والهدم، وتحديد المسؤوليات الإدارية والرقابية. إلا أن هذا القانون—سواء في نصوصه أو لائحته التنفيذية—لا يتضمن معالجة تفصيلية ومباشرة لموضوع مخلفات الهدم والحفر، مثل

آليات الجمع أو النقل أو المعالجة أو إعادة التدوير، حيث يقتصر دوره على تنظيم العملية الإنشائية ذاتها دون التطرق لمنظومة إدارة المخلفات الناتجة عنها بشكل مستقل.

وفي السياق نفسه، جاءت قوانين التصالح في مخالفات البناء (القانون رقم 17 لسنة 2019 والمعدل بالقانون رقم 187 لسنة 2023) لتسهم بشكل غير مباشر في الحد من المخلفات الناتجة عن الهدم العشوائي، من خلال تقنين الأوضاع المخالفة وتقليل معدلات الإزالة غير المنظمة، بما ينعكس إيجابًا على تقليل حجم مخلفات البناء غير المدارة.

ثانيًا: قانون تنظيم وإدارة المخلفات كإطار حديث شامل

يمثل قانون تنظيم وإدارة المخلفات رقم 202 لسنة 2020 التحول التشريعي الأهم في هذا المجال، حيث وضع إطارًا متكاملًا لإدارة جميع أنواع المخلفات، بما في ذلك مخلفات البناء والهدم. وقد تبنى القانون نهجًا قائمًا على الإدارة المتكاملة للمخلفات، بما يشمل الجمع والنقل والمعالجة وإعادة التدوير والتخلص الآمن.

وتُعد المادة (42) من القانون من المواد المحورية، حيث تُلزم جميع الجهات والأفراد عند القيام بأعمال البناء أو الهدم بإدارة المخلفات بطريقة بيئية سليمة، ومن خلال جهات مرخص لها، مع منع التصرف العشوائي فيها، وإلزام المخالفين بتحمل تكلفة المعالجة أو الإزالة على نفقتهم الخاصة في حال التقصير. ويهدف هذا النص إلى ضمان الإدارة الآمنة للمخلفات عبر جميع مراحلها بدءًا من المصدر وحتى التخلص النهائي أو إعادة التدوير.

كما تأتي المادة (43) لتشكل آلية تنظيمية مهمة، إذ تربط بين إصدار تراخيص البناء أو الهدم وبين وجود تعاقد مسبق مع جهة مرخص لها بإدارة مخلفات الهدم والبناء، وهو ما يضمن دمج الاعتبارات البيئية داخل منظومة الترخيص العمراني، ويحول دون تنفيذ أي أعمال إنشائية دون وجود مسار قانوني واضح للتعامل مع المخلفات الناتجة عنها. كما تدعم هذه المادة توجه الدولة نحو تشجيع الاستثمار في إعادة التدوير من خلال تمكين جهاز تنظيم إدارة المخلفات من وضع آليات تحفيزية للقطاع الخاص.

ثالثًا: دور أحكام اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم وإدارة المخلفات

جاءت اللائحة التنفيذية للقانون رقم 202 لسنة 2020 لتكمل الإطار التشريعي من خلال تفصيل آليات التطبيق، حيث قامت بتصنيف مخلفات الهدم والبناء ضمن منظومة المخلفات الصلبة، وحددت مراحل إدارتها بشكل متكامل يشمل الجمع، والفرز، والنقل، والمعالجة، وإعادة التدوير، والتخلص النهائي في المواقع المخصصة لذلك وفق اشتراطات بيئية وفنية محددة.

كما حددت اللائحة الأدوار المؤسسية لكل من جهاز تنظيم إدارة المخلفات والجهات الإدارية المختصة، بما يضمن التنسيق بين الجهات المختلفة، إلى جانب وضع اشتراطات الترخيص للمشروعات العاملة في هذا المجال، ومتطلبات السلامة المهنية، ومعايير تشغيل مواقع المعالجة وإعادة التدوير.

رابعًا: رصد كفاية الإطار التشريعي والمؤسسي لإدارة المخلفات

على الرغم من التطور الملحوظ الذي شهدته التشريعات المنظمة لإدارة مخلفات البناء والهدم في مصر، خاصة بعد صدور قانون تنظيم وإدارة المخلفات رقم 202 لسنة 2020، فإن تقييم كفاية الإطار التشريعي والمؤسسي يتطلب النظر إلى جانبين أساسيين، هما: مدى كفاية النصوص القانونية ذاتها، ومدى فاعلية التطبيق العملي والمؤسسي لهذه النصوص على أرض الواقع. (أنظر شكل 3)

أ. **تقييم الإطار التشريعي**

1. نقاط القوة في الإطار التشريعي

يحسب للإطار التشريعي المصري أنه انتقل من مرحلة غياب التنظيم المباشر لمخلفات البناء والهدم إلى وجود قانون متخصص يتبنى مفهوم الإدارة المتكاملة للمخلفات. وقد انعكس ذلك في عدة جوانب إيجابية، أهمها:

- وجود أساس قانوني واضح يُلزم الجهات والأفراد بالتعامل الآمن مع مخلفات البناء والهدم، مع تحديد المسؤوليات القانونية للمخالفين .
- ربط استخراج تراخيص البناء والهدم بوجود تعاقد مع جهات مرخص لها لإدارة المخلفات، وهو ما يمثل تطورًا مهمًا في دمج البعد البيئي داخل منظومة التراخيص العمرانية .
- الاعتراف الرسمي بأهمية إعادة التدوير وإعادة استخدام المخلفات باعتبارها موردًا اقتصاديًا يمكن الاستفادة منه بدلًا من التخلص التقليدي .
- منح جهاز تنظيم إدارة المخلفات صلاحيات تنظيمية ورقابية تسهم في توحيد الرؤية العامة للقطاع .
- وجود لائحة تنفيذية تحدد الجوانب الفنية والإجرائية، وهو ما يقلل من الغموض التشريعي ويعزز إمكانية التطبيق .

وتعكس هذه الجوانب توجه الدولة نحو التحول التدريجي من الإدارة التقليدية للمخلفات إلى مفهوم الاقتصاد الدائري والاستدامة البيئية.

2. أوجه القصور التشريعي

على الرغم من أهمية التشريعات الحالية، فإنها لا تزال تعاني من بعض أوجه القصور التي تحد من كفاءتها، ومن أبرزها:

- عدم وجود تشريع مستقل ومتخصص بالكامل لمخلفات البناء والهدم، حيث تندرج هذه المخلفات ضمن قانون عام يشمل جميع أنواع المخلفات، رغم خصوصيتها الفنية والاقتصادية .
- محدودية النصوص المتعلقة بإلزام الجهات المنفذة باستخدام المواد المعاد تدويرها في مشروعات البناء، وهو ما يضعف سوق إعادة التدوير ويقلل الجدوى الاقتصادية للاستثمار فيه .

- عدم وضوح بعض الآليات التنفيذية المتعلقة بتتبع حركة المخلفات من المصدر حتى مواقع المعالجة أو التخلص النهائي، مما يسمح باستمرار بعض الممارسات العشوائية .
- ضعف العقوبات الرادعة مقارنة بحجم المخالفات والأرباح الناتجة عن التخلص غير القانوني من المخلفات في بعض المناطق .
- غياب حوافز اقتصادية وتشجيعية كافية للقطاع الخاص للاستثمار في تدوير مخلفات البناء والهدم، مثل الإعفاءات الضريبية أو التيسيرات التمويلية .

ب. تقييم الإطار التشريعي

رغم تعدد الجهات المسؤولة عن إدارة مخلفات البناء والهدم، فإن هذا التعدد لا ينعكس دائمًا بصورة إيجابية على كفاءة الإدارة، بل يؤدي في بعض الأحيان إلى تداخل الاختصاصات وضعف التنسيق.

فجهاز تنظيم إدارة المخلفات يتولى مسؤولية التنظيم ووضع السياسات العامة، بينما تتولى المحافظات والإدارات المحلية التنفيذ الميداني، وتشارك وزارة الإسكان في تنظيم أعمال البناء، إضافة إلى أدوار وزارة البيئة وهيئات المجتمعات العمرانية. إلا أن غياب منظومة تنسيق مؤسسي متكاملة يؤدي إلى عدد من المشكلات، أهمها:

- تضارب أو تداخل الاختصاصات بين بعض الجهات .
- تفاوت مستوى الأداء والإمكانات الفنية بين المحافظات .
- ضعف الرقابة الميدانية على عمليات النقل والتخلص النهائي .
- نقص قواعد البيانات الدقيقة المتعلقة بكميات المخلفات ومساراتها ومواقع التخلص منها .
- محدودية الكوادر الفنية المدربة في بعض الإدارات المحلية .

كما أن الإدارة المحلية تمثل الحلقة الأضعف في كثير من الأحيان، نظرًا لضعف الإمكانات المالية والفنية مقارنة بحجم التحديات الميدانية، خاصة في المناطق ذات معدلات البناء المرتفعة.

ج. تقييم واقع التطبيق العملي

يُظهر الواقع العملي وجود فجوة نسبية بين التشريع والتطبيق، حيث لا تزال بعض مظاهر الإدارة غير الرسمية لمخلفات البناء والهدم قائمة، مثل:

- الإلقاء العشوائي للمخلفات على جوانب الطرق أو الأراضي الفضاء .
- نقل المخلفات بواسطة متعهدين غير مرخصين .
- محدودية منشآت إعادة التدوير مقارنة بحجم المخلفات المنتجة .
- ضعف الالتزام الكامل بتطبيق اشتراطات التعاقد مع جهات مرخصة قبل استخراج التراخيص في بعض المناطق .

ويرجع ذلك إلى عدة عوامل، من بينها ضعف الرقابة، وارتفاع تكلفة النقل والمعالجة الرسمية، وضعف الوعي البيئي لدى بعض الأفراد والمتعاملين في القطاع.

د. مدى كفاية الإطار الحالي وتحقيق الاستدامة

يمكن القول إن الإطار التشريعي والمؤسسي الحالي يُعد مناسبًا من حيث المبدأ، ويعكس تطورًا مهمًا مقارنة بالمراحل السابقة، إلا أن كفايته العملية لا تزال "جزئية" وليست كاملة، بسبب التحديات التنفيذية والمؤسسية القائمة.

فالتشريعات الحالية توفر الأساس القانوني اللازم للإدارة المستدامة، لكنها تحتاج إلى:

- تعزيز آليات التنفيذ والرقابة الميدانية .
- تطوير نظم التتبع والرقمنة وقواعد البيانات .
- زيادة التكامل بين التشريعات العمرانية والبيئية .
- التوسع في إنشاء مصانع ومراكز إعادة التدوير .
- تشجيع استخدام نواتج التدوير في مشروعات البنية التحتية والإنشاءات .
- دعم الشراكة مع القطاع الخاص وتحفيز الاستثمار الأخضر .
- رفع الوعي المجتمعي والمهني بأهمية الإدارة السليمة لمخلفات البناء والهدم .

وبالتالي، فإن نجاح المنظومة لا يعتمد فقط على إصدار القوانين، وإنما على قدرة المؤسسات المختلفة على تنفيذها بفاعلية، وتحويلها إلى ممارسات تطبيقية تحقق الأهداف البيئية والاقتصادية والتنموية المرجوة

شكل رقم (3): تقييم الإطار التشريعي والمؤسسي لإدارة مخلفات الهدم والبناء

***المصدر: من عمل الباحثة**

الفصل الثاني: الدراسة الميدانية والتطبيقية

2.1 منهجية الدراسة الميدانية والتطبيقية

يهدف هذا الفصل إلى الانتقال من الجانب النظري والتشريعي إلى الجانب التطبيقي، من خلال دراسة الواقع العملي لإدارة مخلفات البناء والهدم وإمكانية الاستفادة من ناتج إعادة تدويرها لإنتاج ركام معاد تدويره، خاصة في مشروعات الطرق. ويعتمد هذا الفصل على مجموعة من الأدوات الميدانية التي تسهم في تكوين رؤية شاملة حول واقع المنظومة، والتحديات المرتبطة بها، ومدى تقبل الجهات المعنية لاستخدام الركام المعاد تدويره كبديل أو مكمل لمواد البناء التقليدية.

وقد تم تنفيذ الدراسة الميدانية من خلال ثلاثة محاور رئيسية تكمل بعضها البعض؛ حيث تمثل المحور الأول في إجراء دراسة حالة لإحدى الشركات العاملة في مجال إدارة وإعادة تدوير مخلفات البناء والهدم، وهي شركة زيرو كاربون، بهدف التعرف على آليات العمل والتقنيات المستخدمة والتحديات التشغيلية المرتبطة بهذا القطاع.

أما المحور الثاني، فقد اعتمد على إجراء مقابلات مقننة مع عدد من المسؤولين وذوي الخبرة بمديرية الطرق بمحافظة القاهرة، بالإضافة إلى لقاء مع مدير إدارة الطرق، وذلك بهدف الوقوف على الرؤية المؤسسية والفنية تجاه استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق، والتعرف على أبرز المعوقات والإمكانات المتاحة للتطبيق.

بينما تمثل المحور الثالث في تصميم وتنفيذ استبيان موجه إلى مجموعة من أصحاب المصلحة، شملت مهندسين، ومقاولين، وأكاديميين، ومسؤولين حكوميين، وذلك بهدف قياس مستوى الوعي والمعرفة المتعلقة بإدارة مخلفات البناء والهدم، ورصد أبرز التحديات، وقياس مدى تقبل استخدام الركام المعاد تدويره في تنفيذ مشروعات الطرق. وقد بلغ عدد الاستبيانات الصحيحة التي تم تحليلها (46) استبانة.

ويهدف هذا الفصل إلى تحليل نتائج الدراسة الميدانية وربطها بالإطار النظري والتشريعي السابق عرضه، بما يسهم في تقييم واقع إدارة مخلفات البناء والهدم في مصر، واستكشاف فرص تطوير منظومة إعادة التدوير وتعزيز الاستفادة من المواد المعاد تدويرها في قطاع الطرق والبنية التحتية.

2.2 دراسة حالة: دراسة حالة شركة زيرو كاربون لإدارة مخلفات البناء والهدم

أُجريت زيارة ميدانية إلى موقع معالجة وتدوير مخلفات الهدم والبناء التابع لشركة "زيرو كاربون" بمنطقة بيت الوطن بالقاهرة الجديدة، وذلك بهدف التعرف على آليات التشغيل والإدارة داخل الموقع، ومراحل إعادة التدوير، والوقوف على الإمكانات الفنية والإنتاجية للمشروع.

وقد تضمنت الدراسة إجراء مقابلة مع المسؤول التنفيذي عن الاستدامة بالمشروع، باستخدام استمارة استبيان شبه مقننة (ملحق 1)، بهدف جمع بيانات تفصيلية حول طبيعة المخلفات المستقبلة، والعمليات التشغيلية بالموقع، والقدرات الإنتاجية، بالإضافة إلى رصد الجوانب الاقتصادية والبيئية والتشريعية المرتبطة بعمليات إعادة التدوير.

2.2.1 نبذة عامة عن موقع المشروع

يقع موقع معالجة وتدوير مخلفات البناء والهدم بمنطقة بيت الوطن بالقاهرة الجديدة، وقد تم اختيار هذا الموقع بصورة استراتيجية للاستفادة من الكميات الكبيرة من مخلفات الحفر والبناء الناتجة عن أعمال تنفيذ مشروع "بيت الوطن" والبنية التحتية المرتبطة به، والذي يمتد على مساحة تُقدر بحوالي 135 فدانًا. وقد أشار المسؤول التنفيذي بالمشروع إلى أن حجم مخلفات البناء والهدم والحفر الناتجة عن المشروع يقدر بنحو 3.3 مليون متر مكعب، وهو ما وفر مصدرًا مستمرًا للمخلفات القابلة للمعالجة وإعادة التدوير.

ويتعامل المصنع مع ما يقرب من 2000 طن يوميًا من مخلفات الهدم والبناء، تشمل مخلفات الخرسانة، والطوب، والحجر الجيري، والسيراميك، والطفلة، والأتربة الناتجة عن أعمال الحفر والهدم. وبعد إجراء عمليات المعالجة المختلفة، ينتج المصنع ما بين 1500 إلى 1800 طن يوميًا من الركام المعاد تدويره أو ما يُعرف بالـ "سن الأخضر"، والذي يمكن استخدامه في أعمال الطرق والبنية التحتية وبعض الاستخدامات الإنشائية الأخرى.

2.2.2 العمليات التشغيلية داخل الموقع

تعتمد منظومة التشغيل داخل الموقع على مجموعة من المراحل المتتابعة التي تهدف إلى تحويل مخلفات البناء والهدم إلى مواد قابلة لإعادة الاستخدام. وتبدأ العملية بمرحلة الفرز الأولي للمخلفات، حيث يتم فصل المواد غير المناسبة أو كبيرة الحجم، تمهيدًا لإدخال المواد القابلة للتدوير إلى مراحل المعالجة.

بعد ذلك تتم أعمال التسوية بالموقع لضبط مناسيب الأرض وتسهيل حركة المعدات والآلات، ثم تنقل المخلفات إلى وحدات التغذية الخاصة بالكسارات، حيث يتم إدخال كميات محددة بصورة منتظمة لضمان كفاءة التشغيل. وتخضع المخلفات بعد ذلك إلى عمليات تكسير متعددة المراحل باستخدام الكسارات والمعدات الثقيلة، بهدف إنتاج ركام بأحجام مختلفة، ومن بينها "سن 6" المستخدم في بعض تطبيقات الطرق وأعمال الإحلال والردم.

كما أوضح المسؤول التنفيذي أن المشروع يهدف إلى تحقيق الاستفادة القصوى من مخلفات الهدم والبناء بدلًا من التخلص العشوائي منها، وذلك من خلال إعادة تدويرها واستخدامها كبديل جزئي للمواد الطبيعية المستخدمة في أعمال الطرق والإنشاءات، بما يسهم في تقليل التأثيرات البيئية الناتجة عن تراكم المخلفات، والحفاظ على الموارد الطبيعية.

وقد أظهرت الزيارة الميدانية وجود مجموعة من المعدات والكسارات المستخدمة في عمليات التكسير والمعالجة، بالإضافة إلى مناطق مخصصة لتجميع وفرز المخلفات وتخزين الركام الناتج، كما هو موضح في الشكل رقم (4) الخاص بموقع الشركة، والمعدات والكسارات المستخدمة في عمليات إعادة التدوير.

شكل (4): شركة زيرو كاربون لإدارة مخلفات البناء والهدم

2.2.3 نتائج دراسة الحالة

أوضحت النتائج أن الشركة تطبق منظومة اختبارات جودة دقيقة على الركام المعاد تدويره، تشمل اختبارات فيزيائية مثل الكثافة والوزن الحجمي وامتصاص الماء، بالإضافة إلى اختبارات ميكانيكية تتضمن مقاومة الضغط واختبارات التآكل مثل Los Angeles Abrasion، وذلك لضمان مطابقة المنتج للمواصفات الفنية المطلوبة. ورغم ذلك، لا يُعد الركام المعاد تدويره المنتج الوحيد داخل المنظومة، حيث تنتج الشركة أيضًا منتجات أخرى مرتبطة بإعادة التدوير.

وفيما يتعلق بالاستخدامات، تبين أن الركام المعاد تدويره يُستخدم بشكل واسع في أعمال الردم، بينما لا يزال استخدامه في طبقات الأساس للطرق محدودًا نسبيًا، ويرجع ذلك إلى وجود بعض المعوقات، أبرزها ارتفاع التكلفة، إضافة إلى وجود تحديات مؤسسية وفنية تتعلق بعدم التفعيل الكامل للأطر التنظيمية وضعف آليات الحوكمة الخاصة بسوق المواد المعاد تدويرها.

كما أشارت الدراسة إلى أن إعادة التدوير تحقق عائدًا بيئيًا واضحًا يتمثل في تقليل حجم المخلفات وتقليل الضغط على الموارد الطبيعية، إلى جانب تحقيق وفر اقتصادي نسبي، إلا أن هذا الوفر لا يزال غير مستغل بالشكل الأمثل بسبب محدودية الطلب وعدم استقرار السوق. ومن ناحية أخرى، لا توجد منظومة واضحة من الحوافز أو العقوبات الفعالة لتوريد مخلفات الهدم والبناء أو ضمان التزام المقاولين، مما يحد من كفاءة سلسلة الإمداد.

كما أكدت الشركة أن الدعم المؤسسي الحالي من الجهات الحكومية، بما في ذلك وزارة البيئة، ما زال في نطاق متوسط وغير كافٍ لتحفيز التوسع في هذا القطاع، في حين أن فعالية القوانين الحالية، مثل قانون إدارة المخلفات، تُقيَّم على أنها متوسطة من حيث التطبيق الفعلي وليس من حيث الإطار التشريعي نفسه، ويرجع ذلك إلى ضعف آليات التنفيذ وعدم وجود حوافز اقتصادية واضحة.

وأخيرًا، أظهرت المقابلة أن أبرز التحديات التي تواجه الشركة تتمثل في الجوانب المالية وارتفاع التكلفة التشغيلية، إلى جانب ضعف الطلب في السوق، بينما تتمثل أهم المقترحات في ضرورة وضع حوافز اقتصادية وتشريعية واضحة، وإجراء دراسات مالية واقعية تدعم استخدام الركام المعاد تدويره. كما تتوقع الشركة زيادة مستقبلية في الطلب على منتجاتها في حال تم تفعيل السياسات الداعمة ورفع مستوى الوعي وتطبيق اشتراطات إلزامية لاستخدام المواد المعاد تدويرها في مشروعات البنية التحتية.

وفي المقابل، أشارت الدراسة إلى وجود بعض التحديات والتي كان من أهمها:

- ضعف انتشار ثقافة استخدام المواد المعاد تدويرها
- ضرورة الحاجة إلى مزيد من الدعم التشريعي والفني لتشجيع استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق بصورة أوسع
- أهمية وضع مواصفات قياسية واضحة تنظم استخدام هذه المواد وتعزز الثقة في كفاءتها الفنية.

2.3 المقابلات شبه المقننة: مقابلات مع خبراء مديرية الطرق بمحافظة القاهرة

في إطار الدراسة الميدانية، تم إجراء مقابلة شبه مقننة مع المسؤولين وزوي الخبرة بمديرية الطرق بمحافظة القاهرة، بهدف التعرف على الرؤية الفنية والتنفيذية المتعلقة باستخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق، ومدى إدراجه ضمن المواصفات أو كراسات الشروط الخاصة بالمشروعات، بالإضافة إلى الوقوف على موقف الجهات التنفيذية من استخدامه مقارنةً بالركام الطبيعي.

وقد اعتمدت المقابلة على مجموعة من الأسئلة المنظمة التي تناولت الجوانب الفنية والإدارية المرتبطة باستخدام الركام المعاد تدويره، وجاءت الإجابات كما يوضحها الجدول رقم (5).

جدول رقم (5): تائج المقابلة شبه المقننة مع خبراء ومسؤولي مديرية الطرق

السؤال	الجواب
هل يتم اضافه بند الركام المعاد تدويره في كراسات الشروط المطروحه لمشروعات الطرق عند الاستلام	ليس من الضروري وضع بند الركام المعاد تدويره في كراسات الشروط المطروحه لمشروعات الطرق
هل يوجد ما يلزم المقاول باستخدام الركام المعاد تدويره	لايشترط وضع ركام معاد تدويره ضمن مكونات طبقات الاساس للطرق
عند اخذ العينات واجراء التجارب هل الركام المعاد تدويره يكون افضل ام الركام الطبيعي	الاهم ان تكون نتائج تجارب العينات ايجابيه
هل هناك فارق اذا استخدم المقاول اي نوع من الركام المعاد تدويره ام الطبيعي	لا – وما يحكمنا هو نتائج العينات وليس نوع الركام المستخدم
هل يوجد اي حوافز للمقاولين الذين يستخدمون الركام المعاد تدويره	لا يوجد حوافز للمقاولين فلافرق سواء تم استخدام الركام المعاد تدويره ام الركام الطبيعي
هل الاداره على علم بنوعيه الركام المستخدم سواء معاد تدوير ام طبيعي	لا اعرف ماتم وضعه بطبقه الاساس ونتائج التجارب هي الفيصل

2.3.1 نتائج المقابلات شبه المقننة:

تشير نتائج المقابلة إلى أن الجهات التنفيذية المعنية بمشروعات الطرق لا تمانع من حيث المبدأ استخدام الركام المعاد تدويره، طالما أنه يحقق الاشتراطات الفنية المطلوبة ونتائج الاختبارات المعملية المعتمدة. وهو ما يعكس وجود درجة من المرونة الفنية تجاه استخدام المواد البديلة في مشروعات الطرق.

وفي المقابل، أوضحت النتائج عدم وجود توجه مؤسسي واضح نحو تشجيع استخدام الركام المعاد تدويره، حيث لا يتم النص عليه بصورة مباشرة ضمن كراسات الشروط أو المواصفات الفنية، كما لا توجد أي حوافز أو اشتراطات تُلزم المقاولين باستخدامه. ويعكس ذلك أن استخدام الركام المعاد تدويره لا يزال يعتمد بصورة أساسية على قرار المقاول أو الجهة المنفذة، وليس ضمن سياسة تنفيذية واضحة تدعم التوسع في استخدامه.

كما أظهرت المقابلة أن معيار القبول الأساسي لدى الجهات التنفيذية يتمثل في نتائج الاختبارات الفنية للعينات، بغض النظر عن مصدر الركام المستخدم، وهو ما يمكن اعتباره مؤشرًا إيجابيًا يفتح المجال أمام إمكانية استخدام الركام المعاد تدويره مستقبلًا، بشرط إثبات كفاءته الفنية وفق المعايير المطلوبة.

إلا أن غياب المتابعة الدقيقة لنوعية الركام المستخدم، وعدم وجود تمييز واضح بين الركام الطبيعي والمعاد تدويره داخل منظومة التنفيذ، يشير إلى محدودية الاهتمام المؤسسي الحالي بتتبع مواد البناء المستدامة، وهو ما قد يحد من فرص التوسع في تطبيق مفاهيم الاقتصاد الدائري وإعادة التدوير داخل قطاع الطرق.

وبناءً على ذلك، يمكن استنتاج أن التحدي الرئيسي لا يتمثل في الرفض الفني لاستخدام الركام المعاد تدويره، وإنما في غياب الأطر التنظيمية والتحفيزية التي تشجع على استخدامه بصورة أوسع داخل مشروعات الطرق والبنية التحتية.

2.4 الدراسة الميدانية: قياس اتجاهات أصحاب المصلحة نحو تطبيق الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق

في إطار الدراسة الميدانية للبحث، تم تصميم استبيان موجه إلى مجموعة من أصحاب المصلحة المرتبطين بقطاع التشييد والبناء وإدارة المخلفات، بهدف التعرف على واقع استخدام الركام المعاد تدويره في مصر، وقياس مستوى الوعي والمعرفة المرتبط بإعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء، بالإضافة إلى رصد أبرز التحديات والمعوقات التي تواجه التوسع في استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق.

وقد استهدف الاستبيان عددً من الفئات المهنية ذات الصلة، شملت مهندسين مدنيين ومعماريين، ومقاولين، ومطورين عقاريين، وأكاديميين وباحثين، ومسؤولين حكوميين، وجهات استشارية وتنفيذية، لما لهذه الفئات من دور مؤثر في عمليات التصميم والتنفيذ واتخاذ القرار داخل قطاع البناء والطرق.

وتضمن الاستبيان مجموعة من المحاور الرئيسية، تمثلت في:

- مدى استخدام الركام المعاد تدويره في المشروعات .
- أهم استخداماته الحالية .
- المعوقات الفنية والاقتصادية والتشريعية المرتبطة باستخدامه .
- تقييم فعالية القوانين الحالية المنظمة لإدارة المخلفات .
- الحوافز والدعم المطلوب لتشجيع إعادة التدوير .
- التوقعات المستقبلية لزيادة الطلب على الركام المعاد تدويره .

وقد بلغ عدد الاستجابات (46) مفردة، وتم تحليل النتائج بهدف الوصول إلى مؤشرات تعكس اتجاهات وآراء أصحاب المصلحة تجاه استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات الطرق.

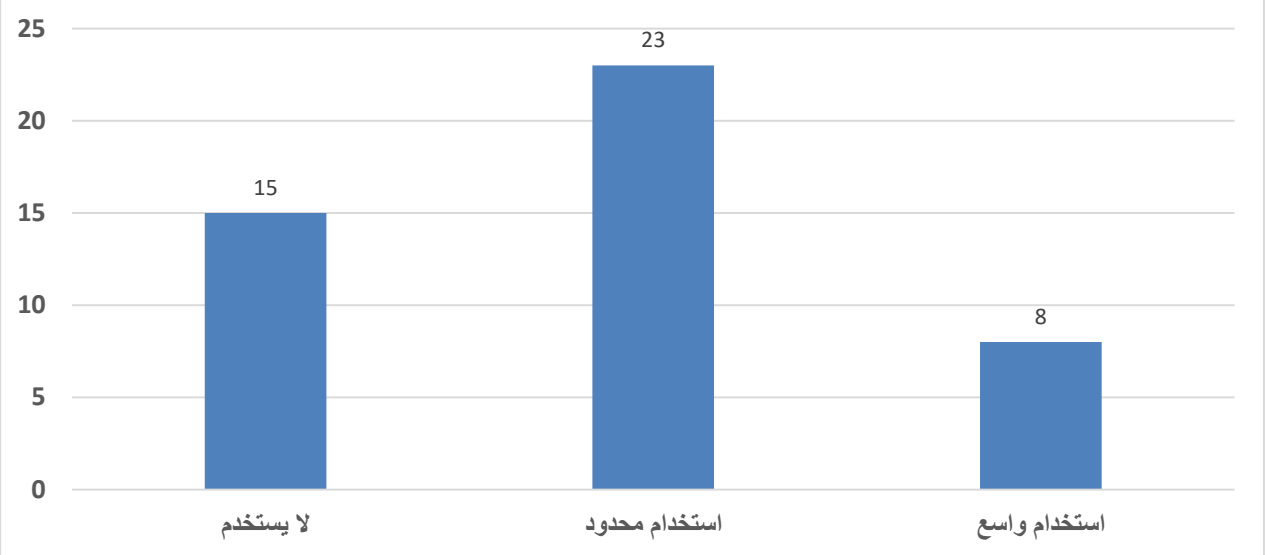
2.4.1 نتائج الاستبيان

أولًا: وصف العينة (التوزيع المهني للمشاركين وسنوات الخبرة)

يوضح توزيع عينة الدراسة تنوعًا مهنيًا واضحًا بين المشاركين، حيث بلغ إجمالي الاستمارات (46) استمارة. وقد شكل المهندسون (مدني/معماري) النسبة الأكبر من العينة بنسبة (67.4%)، يليهم الأكاديميون والباحثون بنسبة (13.0%)، ثم المطورون العقاريون والجهات الاستشارية بنسبة (10.9%)، وأخيرًا المسؤولون الحكوميون بنسبة (8.7%)، و توضح النتائج أيضًا أن غالبية أفراد العينة من ذوي الخبرة المتوسطة والعالية، حيث بلغت نسبة من لديهم أكثر من 20 سنة خبرة (39.1%)، يليهم من لديهم خبرة من 10 إلى 20 سنة بنسبة (34.8%)، ثم أقل من 10 سنوات بنسبة (26.1%).

ثانيًا: مدى استخدام الركام المعاد تدويره

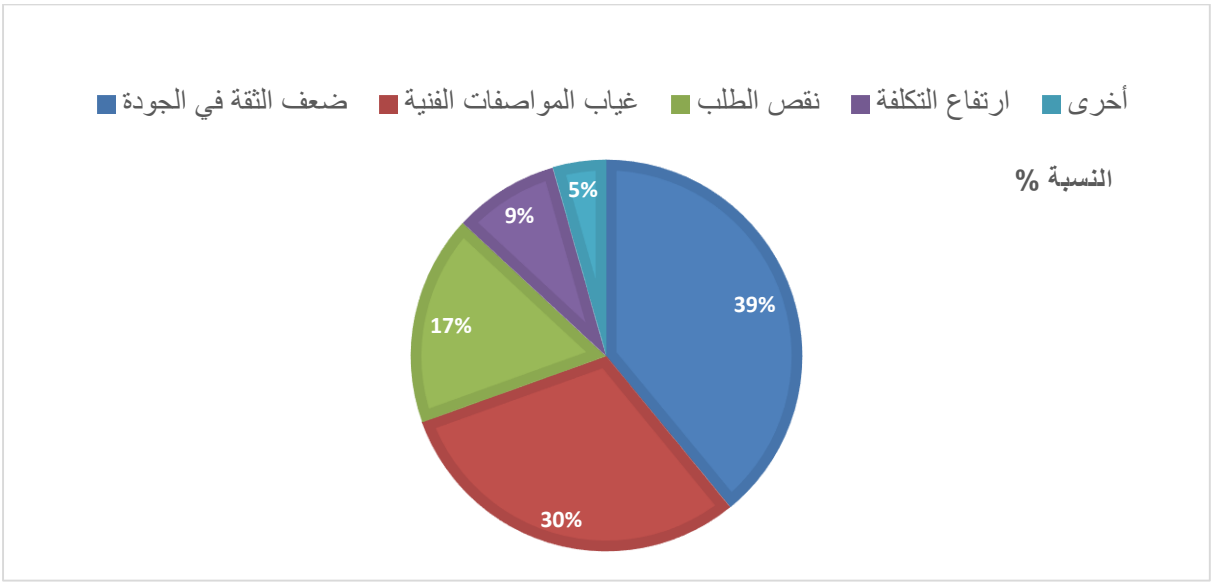
كما هو موضح بالشكل رقم (5) أن استخدام الركام المعاد تدويره لا يزال محدودًا داخل قطاع التشييد في مصر، حيث إن 50% من العينة أشارت إلى استخدامه بشكل محدود، بينما 32.6% لا تستخدمه نهائيًا، في حين 17.4% فقط أكدوا استخدامه بشكل واسع.



شكل رقم (5): مدى استخدام الركام المعاد تدويره

ثالثاً: المعوقات الرئيسية لاستخدام الركام المعاد تدويره

تشير النتائج إلى أن أهم معوقين لاستخدام الركام المعاد تدويره هما ضعف الثقة في الجودة وغياب المواصفات الفنية، حيث شكلا معًا ما يقرب من 70% من إجمالي الإجابات (شكل 6).



شكل (6): المعوقات الرئيسية لاستخدام الركام المعاد تدويره

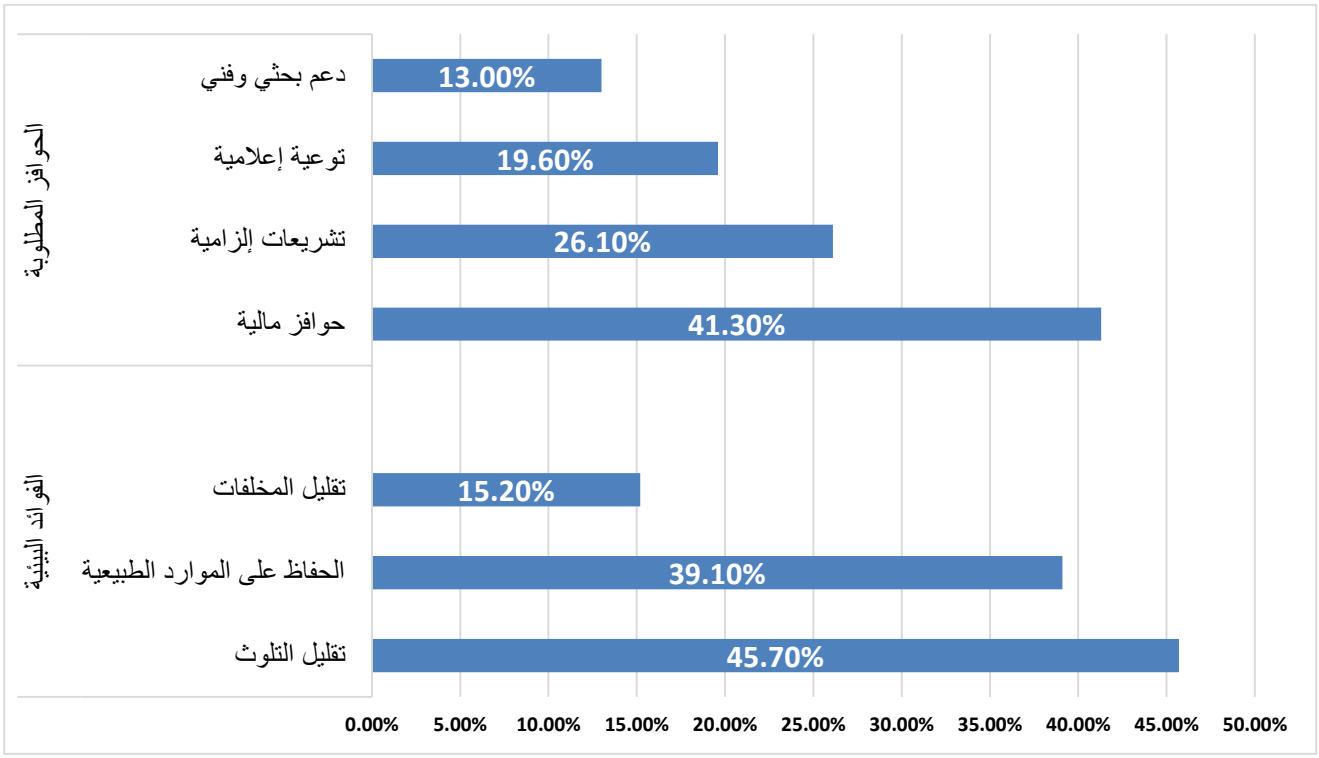
رابعًا: تقييم القوانين الحالية والتوقعات المستقبلية

أظهرت النتائج أن أكثر من نصف العينة (54.3%) ترى أن القوانين الحالية ضعيفة من حيث الفاعلية، بينما 37% ترى أنها متوسطة، و8.7% فقط تعتبرها فعالة. وفيما يخص التوقعات المستقبلية من استخدام الركام المعاد تدويره، فقد اشارت النتائج إلى وجود تفاؤل كبير بشأن مستقبل استخدام الركام المعاد تدويره، حيث يرى 71.7% من المشاركين أن الطلب سيزداد مستقبلًا، مقابل 19.6% غير متأكدين، و8.7% لا يتوقعون زيادة.

خامسًا: الفوائد البيئية والحوافز المطلوبة لاستخدام الركام المعاد تدويره

تشير نتائج الاستبيان إلى وجود ارتباط واضح بين الإدراك البيئي للمشاركين وبين نوعية الحوافز المطلوبة لتشجيع استخدام الركام المعاد تدويره في مشروعات البناء والطرق. فقد أوضحت النتائج أن المشاركين يدركون بشكل كبير الفوائد البيئية المرتبطة بإعادة التدوير، وفي مقدمتها تقليل التلوث والحفاظ على الموارد الطبيعية وتقليل المخلفات الناتجة عن أعمال الهدم والبناء.

وفي المقابل، برزت الحوافز المالية والتشريعية والتوعوية كأهم أدوات ممكنة لتحفيز الاستخدام الفعلي لهذا النوع من المواد، مما يعكس أن التحول نحو تطبيق أوسع لا يرتبط فقط بالوعي البيئي، وإنما يتطلب أيضًا دعمًا اقتصاديًا وتنظيميًا وتشريعيًا متكاملًا.



شكل (7): الفوائد البيئية والحوافز المطلوبة لاستخدام الركام المعاد تدويره

2.4.2 التحليل العام للنتائج

تشير النتائج الإحصائية إلى أن استخدام الركام المعاد تدويره في مصر لا يزال محدودًا، حيث إن (82.6%) من العينة لا تستخدمه أو تستخدمه بشكل جزئي فقط، مما يعكس أن التطبيق الفعلي ما زال في مرحلة مبكرة.

كما تبين أن أهم المعوقات تتمثل في:

- ضعف الثقة في الجودة (39.1%)
- غياب المواصفات الفنية (30.4%)

وهو ما يمثل نحو (69.5%) من إجمالي المعوقات، مما يشير إلى أن المشكلة الأساسية ليست في توفر المادة ولكن في الإطار الفني والتنظيمي.

في المقابل، أظهرت النتائج وجود وعي بيئي مرتفع (84.8%) وتفاؤل مستقبلي واضح (71.7%) بزيادة استخدام الركام المعاد تدويره، مما يعكس وجود قبول للفكرة مع ضعف في التطبيق العملي.

الفصل الثالث: توصيات البحث

في ضوء ما أسفرت عنه الدراسة الميدانية من نتائج، وما تم رصده من خلال دراسة الحالة والمقابلات المقننة مع الجهات المعنية، يتضح أن استخدام الركام المعاد تدويره في مصر لا يزال يواجه مجموعة من التحديات المؤسسية والفنية والاقتصادية، والتي تحد من تحقيق الاستفادة الكاملة من هذا المورد البديل في قطاع التشييد والبنية التحتية، وعلى رأسها ضعف الثقة في الجودة، وغياب المواصفات الفنية الموحدة، وضعف الحوافز الاقتصادية والتشريعية الداعمة.

وعلى الرغم من وجود إطار تشريعي حديث نسبيًا يتمثل في قانون تنظيم وإدارة المخلفات رقم 202 لسنة 2020، إلا أن النتائج أوضحت وجود فجوة واضحة بين الإطار التشريعي والتطبيق الفعلي على أرض الواقع، الأمر الذي يستدعي تطوير سياسات وآليات تنفيذية أكثر فاعلية تضمن دمج الركام المعاد تدويره ضمن منظومة الاقتصاد الدائري في قطاع التشييد.

وبناءً عليه، يهدف هذا الفصل إلى تقديم مجموعة من السياسات والآليات العملية المقترحة التي يمكن أن تسهم في تعزيز الاستخدام المستدام للركام المعاد تدويره، ومعالجة التحديات الفنية والمؤسسية، وتحفيز القطاعين العام والخاص نحو تبني هذا التوجه بشكل أوسع وأكثر كفاءة.

أولًا: سياسات تشريعية وتنظيمية

1. إصدار كود وطني متخصص للركام المعاد تدويره في أعمال الطرق
2. يتضمن اشتراطات واضحة لنسب الإحلال المسموح بها في طبقات الرصف المختلفة (أساس – تحت الأساس – طبقات غير إنشائية)، ومعايير الجودة والاختبارات الإلزامية.
3. تعديل كراسات الشروط والمواصفات القياسية لمشروعات الطرق بحيث تتضمن بندًا إلزاميًا أو تفضيليًا لاستخدام نسبة من الركام المعاد تدويره في المشروعات الحكومية، خاصة في طبقات الأساس وتحت الأساس.
4. تفعيل نظام تتبع رقمي لمخلفات البناء والهدم من المصدر حتى إعادة التدوير لمنع الفقد والتخلص العشوائي وضمان توجيه المخلفات للمصانع المعتمدة.

ثانيًا: السياسات الاقتصادية والتحفيزية

1. تطبيق حوافز مالية وضريبية، مثل:
   - إعفاءات ضريبية جزئية لمصانع إعادة التدوير
   - تخفيض رسوم الترخيص للمقاولين الملتزمين باستخدام المواد المعاد تدويرها
   - دعم تكلفة النقل من مواقع الهدم إلى المصانع
2. فرض رسوم على التخلص غير الآمن من المخلفات لتقليل التخلص العشوائي وتحفيز إعادة التدوير اقتصاديًا.

3. تطبيق نظام تسعير تفضيلي في المشروعات الحكومية يمنح أفضلية للعروض التي تستخدم نسبة أعلى من الركام المعاد تدويره عند تقييم المناقصات.

ثالثًا: سياسات مؤسسية وحوكمة

1. تعزيز التنسيق بين الجهات المعنية

(وزارة البيئة – وزارة الإسكان – هيئة الطرق والكباري – المحافظات – جهاز تنظيم المخلفات) من خلال إنشاء وحدة مركزية مشتركة لإدارة مخلفات البناء والهدم.

2. إنشاء قاعدة بيانات وطنية لمخلفات البناء والهدم تشمل الكميات، المواقع، المصانع، ونسب إعادة التدوير، بما يدعم اتخاذ القرار المبني على البيانات.
3. رفع كفاءة الإدارة المحلية من خلال تدريب الكوادر الفنية وتزويدها بآليات رقابة ميدانية فعالة.

رابعًا: السياسات الفنية وضبط الجودة

1. اعتماد نظام اعتماد وشهادات جودة للركام المعاد تدويره بحيث لا يُستخدم في المشروعات إلا الركام الصادر من مصانع معتمدة ومعه شهادة مطابقة.
2. توحيد اختبارات الجودة القياسية (الكثافة – الامتصاص – التدرج – مقاومة التآكل – مقاومة الضغط) وإلزام جميع المصانع والمشروعات بها.
3. تحديد استخدامات فنية واضحة مثل:

- طبقات الردم: استخدام مرتفع
- طبقات الأساس: استخدام جزئي
- الطبقات السطحية: استخدام محدود أو مشروط

خامسًا: سياسات سوقية وتنمية الطلب

1. تحفيز الطلب من خلال المشروعات القومية مثل إدراج نسب إلزامية في مشروعات الطرق الكبرى ضمن رؤية مصر 2030.
2. دعم الشراكة مع القطاع الخاص لإنشاء وتشغيل مصانع إعادة التدوير بنظام الامتياز أو المشاركة في الإدارة.
3. خلق سوق رسمي للمواد المعاد تدويرها من خلال منصات بيع وتداول معتمدة تقلل الاعتماد على السوق غير الرسمي.

سادسًا: الوعي وبناء القدرات

1. برامج تدريب إلزامية للمهندسين والمقاولين حول استخدام الركام المعاد تدويره ومعاييره الفنية.
2. حملات توعية وطنية تستهدف القطاع الإنشائي والمجتمع لتعزيز قبول المواد المعاد تدويرها.
3. دمج مفاهيم الاقتصاد الدائري في التعليم الهندسي لضمان استدامة الفكرة على المدى الطويل

ملحق (1)

استمارة مقابلة شبه مقننة لدراسة حالة شركة زيرزو كاربون لإعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء – موقع بيت الوطن بمحافظة القاهرة"

أولاً: البيانات الأساسية

- اسم الشركة:
- اسم المسؤول
- الوظيف :
- سنوات الخبرة
- تاريخ المقابلة

ثانياً: معلومات عامة عن الشركة

- ما هي شركة Zero Carbon؟ (تعريف بالشركة)

- ما هي مجالات أعمالها (أهم منتجاتها)؟

- هل من ضمن أعمال الشركة إنتاج الركام المعاد تدويره؟

☐نعم ☐ لا

ثالثاً: معلومات عن المخلفات والإنتاج

1. ما نوع المخلفات التي تتعامل معها الشركة؟

☐مخلفات هدم ☐ مخلفات بناء ☐

أخرى:.....

2. ما هي كمية مخلفات الهدم والبناء التي تورد حاليًا للمصنع يوميًا؟

.....طن

3. ما هي كمية الركام المعاد تدويره المنتجة يوميًا؟

.....طن

4. هل الركام المعاد تدويره هو المنتج الوحيد الناتج عن إعادة التدوير؟

☐نعم ☐ لا

إذا لا، ما هي المنتجات الأخرى؟ .....

رابعاً: عمليات إعادة التدوير

1. ما المراحل الأساسية لإعادة تدوير المخلفات داخل المصنع؟

فرز – تكسير – غربلة ... –

2. هل يتم اختبار جودة الركام المعاد تدويره؟

☐نعم ☐ لا

إذا نعم، ما نوع الاختبارات؟ .....

خامساً: استخدام الركام المعاد تدويره

1. هل يستخدم الركام المعاد تدويره في طبقات الأساس للطرق؟

☐نعم ☐ لا

2. ما أهم استخداماته الأخرى؟

☐خرسانة ☐ ردم ☐ طبقات طرق ☐ أخرى.....

3. هل يتم استخدامه في مشروعات الطرق:

☐بشكل واسع ☐ بشكل محدود ☐ لا يستخدم

4. ما أهم المعوقات لاستخدامه في الطرق؟

☐ضعف الثقة في الجودة

☐غياب المواصفات الفنية

☐ارتفاع التكلفة

☐نقص الطلب

☐أخرى :.....

سادساً: الجوانب الاقتصادية والبيئية

1. هل إعادة التدوير تحقق وفر اقتصادي مقارنة بالركام الطبيعي؟

☐نعم ☐ لا ☐ إلى حد ما

2. ما أهم الفوائد البيئية التي تسعى الشركة إلى تحقيقها من عملية إعادة تدوير المخلفات؟

☐تقليل المخلفات

☐تقليل التلوث

☐الحفاظ على الموارد الطبيعية

☐تقليل الانبعاثات

سابعاً: الإطار المؤسسي والتشريعي

3. هل توجد محفزات لتوريد مخلفات الهدم والبناء للمصنع؟

☐نعم ☐ لا

4. هل يتم تطبيق مخالفات على المقاولين الذين لا يوردون المخلفات؟

☐نعم ☐ لا

5. ما هو الدعم الموجه من وزارة البيئة لهذه المشروعات؟

.....

6. ما تقييمك لفعالية القوانين الحالية (مثل قانون إدارة المخلفات)؟

☐فعالة ☐ متوسطة ☐ ضعيفة

لماذا:.....

ثامناً: التحديات والمقترحات

1. ما أهم التحديات التي تواجه الشركة؟

☐فنية ☐ مالية ☐ تشريعية ☐ تسويقية

2. ما المقترحات التي ترونها ضرورية لتوسيع استخدام الركام المعاد تدويره؟

.....

تاسعاً: الرؤية المستقبلية

1. هل تتوقع زيادة الطلب على الركام المعاد تدويره ؟(أو أي منتجات معاد تدويرها من إنتاج الشركة) مستقبلا في مصر؟

☐نعم ☐ لا ☐ غير متأكد

2. ما المطلوب لتحقيق ذلك؟

.....

ملحق 2

تم إصدار النتيجة: 21 أبريل 9:32 م

استمارة استبيان لدراسة دور اعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء في تعزيز التنمية المستدامة في مصر بالتركيز على الركام المعاد تدويره في انشاء الطرق

*تشير إلى أنّ السؤال مطلوب

في ظل التحديات البيئية والاقتصادية التي يواجهها قطاع التشييد في مصر تبرز مشكلة تزايد مخلفات الهدم والبناء كأحد أبرز التحديات لما يسببه من ضغوط بيئية و استنزاف للمساحات . ويعد إعادة تدوير هذه المخلفات وإنتاج الركام المعاد تدويره واستخدامه في إنشاء الطرق من الحلول المستدامة التي تسهم في خفض الآثار البيئية ورغم أهمية هذا التوجه لا يزال تطبيقه محدودًا في السوق المصري نتيجة لعدة معوقات تشريعية واقتصادية وفنية.

لذا يهدف هذا الاستبيان إلى استطلاع آراء المتخصصين حول واقع استخدام الركام المعاد تدويره في انشاء الطرق ومن المتوقع أن تسهم نتائجه في دعم البحث العلمي وتقديم بعض التوصيات بما يدعم تحقيق التنمية المستدامة في مصر.

🔻معلومات هامة للمشارك:

✓المشاركة في هذا الاستبيان طوعية تمامًا

✓جميع البيانات ستُعالج بشكل مجهول ولأغراض بحثية فقط

✓لن يتم نشر أي معلومات شخصية يمكنها التعرف على هويتكم

✓لا توجد إجابات "صحيحة" أو "خاطئة" — نريد رأيكم الصادق فقط

البيانات الأساسية

اسم الشركة:

اسم المسؤول:

التخصص المهني*

◊ مهندس معماري

◊ مهندس مدني

◊ مطور عقاري

◊ مقاول

◊ اكاديمي باحث

◊ مسؤول حكومي

◊ أخرى:

سنوات الخبرة*

تاريخ الاستبيان*

تعريف بالشركة:

ماهى مجالات اعمالها ؟

هل من ضمن اعمال الشركة انتاج او استخدام الركام المعاد تدويره؟*

◊ نعم

◊ لا

استخدام الركام المعاد تدويره

هل يستخدم الركام المعاد تدويره في طبقات الأساس للطرق؟*

◊ نعم

◊ لا

◊ أخرى:

ما أهم استخداماته الأخرى؟*

◊ خرسانة

◊ ردم

◊ طبقات طرق

◊ أخرى:

هل يتم استخدامه في مشروعات الطرق ؟*

◊ بشكل واسع

◊ بشكل محدود

◊ لا يستخدم

◊ أخرى:

ما أهم المعوقات لاستخدامه في الطرق؟*

◊ ضعف الثقة في الجودة

◊ غياب المواصفات الفنية

◊ ارتفاع التكلفة

◊ نقص الطلب

◊ أخرى:

الجوانب الاقتصادية والبيئية

هل إعادة التدوير تحقق وفر اقتصادي مقارنة بالركام الطبيعي؟*

◊ نعم

◊ لا

◊ الى حد ما

ما أهم الفوائد البيئية التي تسعى الشركة إلى تحقيقها من عملية إعادة تدوير المخلفات؟*

◊ تقليل المخلفات

◊ تقليل التلوث

◊ الحفاظ على الموارد الطبيعية

◊ تقليل الانبعاثات

◊ أخرى:

الإطار المؤسسي والتشريعي

هل توجد محفزات لتوريد مخلفات الهدم والبناء للمصنع؟*

◊ نعم

◊ لا

◊ أخرى:

◊ لا اعرف

هل يتم تطبيق مخالفات على المقاولين الذين لا يوردون المخلفات؟*

◊ نعم

◊ لا

ما هو الدعم الموجه من وزارة البيئة لهذه المشروعات؟*

ما تقييمك لفعالية القوانين الحالية (مثل قانون إدارة المخلفات)؟*

◊ فعالة

◊ متوسطة

◊ ضعيفة

لماذا ؟*

معلومات عن المخلفات والإنتاج

ما نوع المخلفات التي تتعامل معها الشركة؟

◊ مخلفات هدم

◊ مخلفات بناء

◊ أخرى:

التحديات والمقترحات

ما أهم التحديات التي تواجه الشركة؟*

◊ فنية

◊ مالية

◊ تشريعية

◊ تسويقية

ما المقترحات التي ترونها ضرورية لتوسيع استخدام الركام المعاد تدويره؟

الرؤية المستقبلية

هل تتوقع زيادة الطلب على الركام المعاد تدويره ؟(أو أي منتجات معاد تدويرها من إنتاج الشركة) مستقبلا في مصر؟*

◊ نعم

◊ لا

◊ غير متأكد

ما المطلوب لتحقيق ذلك؟*

المراجع

اولا: المراجع باللغة العربية

- برنامج الامم المتحدة للبيئة . (2015) . UNEP . امكانات التعاون الاقتصادي و التكامل الاقليمي في جنوب اسيا
- جريده الوقائع الرسميه . (2008) قانون البناء الموحد رقم 119
- جريده الوقائع الرسميه . (2023) قانون التصالح في مخلفات البناء رقم 187
- عابدين . ا . ر & الرفاعي .ا. ع (2022) تقدير حجم مخلفات البناء و الهدم في مشاريع الاسكان الاجتماعي مرجعية خاصة للمجتمعات العمرانية الجديدة (مدينة حدائق اكتوبر)
- غالب ع .أ. ع، القادري ع . ق ، & الاهدل ، ع . ق (2025). إعادة تدوير مخلفات البناء لتحويل التحديات البيئية إلى فرص هندسية واستخدامها كمواد أساسية في الخرسانة .*مجلة جامعة السعيد للعلوم التطبيقية*.147-126 ,(1)*8* ,
- المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء . (2008) . الكود المصري لتصميم الطرق الجزء الخاص بتصميم الرصف
- وزارة البيئة المصرية . (2022) . تقرير حالة البيئة في مصر
- وزارة البيئة المصرية . (2023) . تقرير حاله البيئه في مصر
- وزارة التخطيط و التنمية الاقتصادية . (2022) . تقرير عن مستهدفات قطاع التنميه العمرانيه بخطه عام 2020 - 2021
- وزارة العلوم و التكنولوجيا بالهند .(2001). تقرير مجلس معلومات التكنولوجيا و التنبؤ و التقييم التكنولوجي.TIFAC
- وزاره الاسكان والمرافق و المجتمعات العمرانيه . (2024) . بروتوكول تعاون بين هيئه المجتمعات العمرانيه وشركه زيرو كاربون
- وزاره البيئه المصريه . (2020) . قانون تنظيم ادارة المخلفات رقم 202 لسنة
- وزاره الكهرباء والطاقه المتجدد التقرير . (2023/2022). التقرير السنوي للشركة القابضة للكهرباء .

ثانيا: المراجع باللغة الإنجليزية

- Al-Otaibi, A., Bowan, P. A., Abdel Daiem, M. M., Said, N., Ebohon, J. O., Alabdullatief, A., ... & Watts, G. (2022). Identifying the barriers to sustainable management of construction and demolition waste in developed and developing countries. *Sustainability*, *14*(13), 7532.
- Bakr Hamoda, S. A. S., Fawzy, W., & Afifi, E. H. (2021). Recycling building waste for a sustainable environment|. *Engineering Research Journal (Shoubra)*, *49*(1), 253-268
- Contreras-Llanes, M., Romero, M., Gázquez, M. J., & Bolívar, J. P. (2021). Recycled aggregates from construction and demolition waste in the manufacture of urban pavements. *Materials*, *14*(21), 6605.
- Elshaboury, N., & AlMetwaly, W. M. (2023). Modeling construction and demolition waste quantities in Tanta City, Egypt: a synergistic approach of remote sensing, geographic information system, and

hybrid fuzzy neural networks. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(48), 106533-106548.

- Ismail, E. R., El-Mahdy, G. M., Ibrahim, A. H., & Daoud, A. O. (2023). A comprehensive framework towards safe disposal of construction and demolition waste: The case of Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, *74*, 359-369.
- Kareem, A. I., Ezzat, E. N., Khaled, T. T., & Al-Hamd, R. (2025). Effects of breakage of construction and demolition waste materials (C&DWMs) at asphalt mixtures. *Al-Qadisiyah Journal for Engineering Sciences*, *18*(1), 54-64.
- Khan, Z. A., Balunaini, U., & Costa, S. (2024). Environmental feasibility and implications in using recycled construction and demolition waste aggregates in road construction based on leaching and life cycle assessment–A state-of-the-art review. *Cleaner Materials*, *12*, 100239.
- Kineber, A. F., Mostafa, S., Ali, A. H., Mohamed, S., & Daoud, A. O. (2025). Breaking barriers: enhancing construction and demolition waste management in Egyptian residential projects. *Clean Technologies and Environmental Policy*, *27*(7), 3169-3188.
- Zhang, H. L., Tang, Y., Meng, T., & Zhan, L. T. (2021). Evaluating the crushing characteristics of recycled construction and demolition waste for use in road bases. Transportation Geotechnics, 28, 100543.

ثالثا: الروابط الإلكترونية

- https://hbrc.edu.eg/ar/
- https://mediadr.sis.gov.eg/handle/123456789/55193
- https://mped.gov.eg/
- https://www.eeaa.gov.eg/
- https://www.eeaa.gov.eg/Laws/56/index
- https://www.eeaa.gov.eg/Reports/1146/Details
- https://www.eeaa.gov.eg/Reports/1147/Details
- https://www.eeaa.gov.eg/Topics/86/sub/176/indexL
- https://www.unep.org/ar