The North African Journal of Scientific Publishing (NAJSP)
مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)
E-ISSN: 2959-4820
Volume 2, Issue 4, October - December 2024
Page No: 255-274
Website: https://najsp.com/index.php/home/index
SJIFactor 2024: 5.49 معامل التأثير العربي (AIF) 2024: 0.71 ISI 2024: 0.696

تطوير موارد وأنماط مواد البناء الصديقة للبيئة نحو تنمية مستدامة

سعاد ابوالقاسم تليش [1*]، محمد جابر محمد [2]، زهرة محمد الحناشي [3]، صلاح ابوالقاسم تليش [4]
[1،3،4] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة صبراتة، رقدالين، ليبيا
[2] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة طبرق، طبرق، ليبيا

Developing resources and patterns of environmentally friendly building materials towards sustainable development

Suad Abulgsem Tleish [1*], Mohamad Gabar [2], Zahra Alhannashi[1] Salah Tleish[1]
[1,3,4] Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Sabratha, Ragdalin, Libya
[2] Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Tobruk, Tobruk, Libya

*Corresponding author suad.tleish@sabu.edu.ly *المؤلف المراسل
تاريخ الاستلام: 2024-10-10 تاريخ القبول: 2024-12-16 تاريخ النشر: 2024-12-25

الملخص

شهدت تكنولوجيا البناء فى العقود الاخيرة عدة طفرات متلاحقة مما أدى إلى تطوير العديد من مواد البناء التقليدية واستخدام العديد من المواد الحديثة داخل المنشأت، مما أدى إلى حدوث الكثير من التغيرات السلبية التى أثرت على المنظومة البيئية وعدم تحقيق استدامة هذه المنشأت. مما دفع الكثير من المصممين والشركات المطورة لمواد البناء إلى التفكير فى إعادة تطوير هذه المواد الحديثة بما يحقق استدامة المواد والتوافق مع البيئة وذلك من خلال استخدام مواد محلية صديقة للبيئة ونظم إنشائية متطورة، وتمكن المشكلة البحثية حول الكثير من مواد البناء التى ظهرت خلال العقود الثلاثة الماضية تفتقر إلى العديد من المحددات والمعايير التى تتيح استخدامها بأسلوب متوافق مع البيئة، كما أن التطور التكنولوجى فى مواد البناء ونظم الإنشاء أنتج العديد من المواد الحديثة ذات الأثر السلبى على البيئة ولم يراعى تحقيق التوازن المطلوب بين الجوانب التصميمية واستخدام مواد البناء والتوافق البيئى، بالأضافة إلى تأثير بعض مواد البناء سلبيا على دورة حياة المبني، مما يضعنا أمام الاحتياج الفعلى إلى استخدام نظم إنشائية ومواد محلية صديقة للبيئة وذلك بهدف الحصول على استخدام مواد تتوافق مع البيئة المحلية وتراعى الجانب الاقتصادى وذلك لتحقيق عمارة مستدامة. وبناء على ذلك كانت الفرضية بحثية والتى تتطلب الاستدامة حيث أنه يمكن تنمية البيئات الحضرية بصورة متكاملة عن طريق استخدام مواد البناء المستدامة ونظم الإنشاء المتوافقة بيئياً. وبالتالى يتمثل الهدف البحثي فى البحث إلى طرح استخدام أساليب متكاملة لتطوير استخدام مواد البناء المحلية والنظم الإنشائية.

الكلمات المفتاحية: مواد البناء، التنمية المستدامة، تكنولوجيا البناء، المواد المعاد تدويرها، تدوير النفايات، تحقيق الإستدامة، حماية البيئة، الخرسانة الصديقة للبيئة.

Abstract

In recent decades, building technology has witnessed several successive booms, which led to the development of many traditional building materials and the use of many modern materials within the facilities, which led to many negative changes that affected the environmental system and the failure to achieve the sustainability of these facilities. This prompted many designers and companies developing building materials to think about redeveloping these modern materials in order to achieve sustainability of materials and compatibility with the environment through the use of environmentally friendly local materials and advanced construction systems. Also, the technological development in building materials and construction systems produced many modern materials that have a negative impact on the environment and did not take into account achieving the required balance between the design aspects and the use of building materials and environmental compatibility, in addition to the negative impact of some building materials on the life cycle of the building, which puts us in front of

the actual need to use construction systems and local environmentally friendly materials in order to obtain the use of materials that are compatible with the local environment and take into account the economic aspect in order to achieve sustainable architecture. Accordingly, the hypothesis was research, which requires sustainability, as it is possible to develop urban environments in an integrated manner through the use of sustainable building materials and environmentally compatible construction systems. Therefore, the research objective is to propose the use of integrated methods to develop the use of local building materials and construction systems.

Keywords: building materials; sustainable development; construction technology; recycled materials; waste recycling; achieving sustainability; environmental protection; Environmentally friendly concrete.

مقدمة:

إن مفهوم الإستدامة طرح لشرح نوع من التنمية أي (التنمية المستدامة)، فالتنمية المستدامة هي إيفاء إحتياجات الحاضر دون الإضرار بإحتياجات المستقبل، وإن الزيادة في عدد السكان حول العالم يقلل من المصادر المتوفره على الأرض، فالتنمية المستدامة تهدف الى تحقيق التوازن بين النواحي البيئية و الاقتصادية و الاجتماعية مع الاقرار باستمرار نسبة عدد السكان. تحاول التنمية المستدامة التقليل من التاثير السلبي للنشاطات البشرية على البيئة عن طريق التقييم المناسب والتصميم للصناعات المقامة, وان الموارد الطبيعية بدأت بالاستنزاف في الوقت الذي تزداد فيه كميات كبيرة من النفايات الصناعيه, لهذا السبب تتركز الابحاث خصوصاً في حقل الهندسة الانشائية بمواد بديلة بحيث تحقق التنمية المستدامة دون الاخلال بخواص المواد الاصلية, حيث تم إستخدام المواد الاسمنتية البديلة (Cementations Supplementary Materials) والمخلفات الصناعية الاخرى التي يمكن أن تقلل من التأثير البيئي الناتج من صناعة الخرسانة فاستدامة الخرسانة يمكن ان تحسن باستخدام المخلفات الصناعية, لأنَ هذه المواد سوف تساهم في الحفاظ على الطاقة وحماية البيئة والحفاظ على الموارد الطبيعية, ينتج عن صناعة البناء تأثيرات سلبية كبيرة على البيئة لذا من الضروري وبشكل عاجل دراسة صناعة البناء ضمن مفهوم وأهداف البناء المستدام، بدراسة اختيار مواد صديقة للبيئة المستخدمة للبناء نحو بناء مستدام.

تعتبر الخرسانة من أهم مواد البناء التي تؤثر على البيئة، حيث أن بلايين الاطنان من المواد الخام لمواد البناء تستهلك في صناعة الخرسانة والتي تؤثر سلبا على البيئة،إن إعادة التدوير والاستخدام للنفايات ومخلفات الهدم والازلة للخرسانة، واستخدام الرماد المتطاير ومخلفات تكسير الحصى والمرمر كبديل للأسمنت في صناعة الخرسانة يساهم بشكل كبير في تقليل الآثار البيئية للخرسانة، كما لوحظ أن انبعاث 0.9 طن من غاز ثاني اكسيد الكربون في إنتاج1طن من الاسمنت، عليه فان استخدام الخرسانة لمواد بناء صديقة للبيئة تعمل على التقليل من انبعاث غاز ثاني اكسيد الكربون، وان الخرسانة التي تساهم في تقليل الآثار السلبية علي البيئة تسمى بـ (الخرسانة الخضراء)، وهي خرسانة تستخدم في صناعتها مواد بناء صديقة لها تأثير محدود على البيئة، قليلة التكلفة، يتم استبدال مواد البناء الضارة بالبيئة واستخدام مواد البناء الصديقة للبيئة والمعاد تدويرها في صناعة الخرسانة، كما أن الخرسانة الخضراء تعد خرسانة عالية المقاومة وقابلية التشغيل مقارنة بالخرسانة التقليدية, ومع تزايد عدد السكان في العالم يزداد الطلب على الاسكان وبالتالي يزداد معدل استهلاك مواد البناء. أن تطور العديد من المواد التقليدية واستخدام مواد بناء حديثه في بناء المنشآت التي أدت إلى حدوث الكثير من التغيرات السلبية وايضاً أثرت في المنظومة البيئية بعدم تحقيق استدامة هذه المنشآت، كما أصبحت كلمة الاستدامة كلمه سائدة والمقصود بها **"**الحفاظ على التوازن البيئي عن طريق تجنب استنزاف الموارد الطبيعية**"**، لذا فإننا نحتاج لإستخدام الموارد الطبيعية لمواد البناء بمعدل يلبي احتياجاتنا واحتياجات الموارد الطبيعية واحتياجات الأجيال القادمة، وتعتبر مواد وطرق البناء السائدة حاليا غير مستدامة وينتج عنها كمية كبيرة من انبعاثات غاز ثاني اكسيد الكربون أثناء البناء وخلال العمر الافتراضي للمبنى, حيث أن أنشطة البناء في العالم تستهلك حوالي 3 بليون طن من المواد الخام سنويا والتي تمثل 40% من اجمالي الاستهلاك العالمي لمواد البناء، كما أن مواد البناء تستهلك حوالي 40% من الموارد الطبيعية، وحوالي 30% من الطاقة، كما يتولد عنها مابين(10-40%)من النفايات الصلبة في معظم دول العالم، وان استخدام مواد البناء الصديقة للبيئة (مواد البناء الخضراء) يقلل الآثار الضارة على البيئة كما يحافظ على المصادر الطبيعية كتقليل تأثير ناتج أعمال الحفر والتكسير من الموارد الطبيعية، النقل، عملية التصنيع.

- **تكمن المشكلة** في ان الموارد الطبيعية بدأت بالاستنزاف في الوقت الذي تزداد فيه كميات كبيرة من النفايات الصناعية، لهذا السبب تتركز الابحاث خصوصاً في حقل الهندسة الانشائية بمواد بديلة بحيث تحقق التنمية المستدامة دون الاخلال بخواص المواد الاصلية.

- **تتمثل أهمية البحث** في كيفية الاستفادة من المخلفات واستخدامها كمواد بديلة فتعالج هذه الدراسة كيفية الحفاظ على التوازن البيئي بأستخدام المخلفات الصناعية والتخلص من مصادر التلوث الناتج منها.

- **يهدف هذا البحث** لمعرفة استخدام هذه المخلفات كبديل للمواد الأولية وتاثيرها على الخلطات الخرسانية، وكذلك كيفية الحفاظ على التوازن البيئي بأستخدام المخلفات الصناعية والتخلص من مصادر التلوث الناتج منها.

تعبر الخرسانة الخضراء عن استخدام مواد صديقة للبيئة في تصنيع الخرسانة وقد تم اكتشافها بالدينامارك عام 1998م، ومن خلال عملية الإنتاج للخرسانة، فان الخرسانة الخضراء تسمى ايضا بالخرسانة المحافظة على الموارد الطبيعية، وخرسانة تقلل من التأثير على البيئة من معدل استهلاك الطاقة وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون خلال التصنيع، وتمتاز بأنها خرسانة بأقل تكاليف لاستخدام الاسمنت الناتج من عملية إعادة التصنيع والتدوير، واقل استهلاكا للطاقة أثناء عملية الإنتاج، مع تحسين قابلية التشغيل، كما تحتوي الخرسانة الخضراء على الأقل على 20% من الرماد المتطاير ورماد الفحم كبديل للاسمنت، بالإضافة إلى انه يمكن إضافة خبث الأفران أو الخرسانة المعاد تدويرها، وبالتالي تنتج خرسانة صديقة للبيئة.

مفهوم الخرسانة الصديقة للبيئة: الخرسانة الخضراء أو الخرسانة البيئية هي نفسها الخرسانة العادية، ولكنها مصنوعة من مواد النفايات والمخلفات أو مواد صديقة للبيئة. تعتبر الخرسانة الخضراء رخيصة جدًا في الإنتاج لأننا نستخدم منتجات النفايات كبديل جزئي للأسمنت والركام يتزايد استخدام الخرسانة في صناعة البناء بمعدل أسرع ومع تطور المجتمع الحضاري وحاجته زاد الطلب على مواد البناء.

الخرسانة الخضراء مصنوعة من النفايات الخرسانية مثل الخبث ونفايات محطات توليد الطاقة والخرسانة المعاد تدويرها ومخلفات التعدين والمحاجر وزجاج النفايات وبقايا المحارق والطين الأحمر والطين المحروق ونشارة الخشب ورماد الاحتراق ورمل المسبك. كما أن الهدف من مركز الخرسانة الخضراء هو تقليل التأثير البيئي للخرسانة، ولتمكين هذا تم تطوير تقنية جديدة تراعي التكنولوجيا جميع مراحل دورة حياة البناء الخرساني، أيّ التصميم الهيكلي والمواصفات والتصنيع والصيانة.

الخرسانة الخضراء هو مصطلح يطلق على الخرسانة التي اتخذت خطوات إضافية في تصميم الخلطة ووضعها لتأمين هيكل مستدام ودورة حياة طويلة مع سطح صيانة منخفض. على سبيل المثال توفير الطاقة، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مياه الصرف الصحي. تم تطوير التكنولوجيا الجديدة كالتالى: التصميم الإنشائي، المواصفات، التصنيع والصيانة. بالإضافة إلى ذلك تشمل جوانب الأداء التالية:

- الخواص الميكانيكية للخرسانة (المتانة- الإنكماش- الزحف...)
- مقاومة الحريق (التشظى - نقل الحرارة).
- الصنعة (قابلية التشغيل - المعالجة - زيادة المتانة).
- المتانة (الحماية من التآكل – الصقيع – آليات التدهور).
- الخصائص الحرارية والجوانب البيئية (كإنبعاثات ثاني أكسيد الكربون وإعادة التدوير).

الأهداف البيئية المتوقعة من استخدام الخرسانة الخضراء:

- تقليل معدل إنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة21%، وذلك وفقا للاتفاقية الدولية Kyoto Orotocol of (1997).
- زيادة استخدام المنتجات غير العضوية الناتجة من الصناعات المختلفة في صناعة الخرسانة بمعدل 20%.
- زيادة استخدام منتجات الوقود الأحفوري عن طريق زيادة استخدام النفايات المشتقة من الوقود في صناعة الاسمنت.
- عدم تأثير إنتاج واستخدام الخرسانة الخضراء على تدهور البيئة.
- ألا يؤثر الهيكل الخرساني تأثيراً ضاراً بالبيئة خلال فترة التشغيل للمبنى.

أجريت الكثير من التجارب والاختبارات والدراسات على الخرسانة الخضراء لإثبات نجاحها وتطويرها، يحظى مفهوم الاستدامة في الوقت الحاضر على أولوية قصوى في صناعة البناء والتشييد، وحيث ان الخرسانة هي واحدة من مواد البناء الرئيسية المستخدمة في أنشطة البناء الحالية في جميع أنحاء العالم؛ لذلك، نشأت العديد من الابحاث المتعلقة بالاستدامة على المدى الطويل. كما أن ارتفاع استهلاك المصادر الطبيعية، وإنتاج كمية عالية من المخلفات الصناعية والتلوث البيئي يتطلب الحصول على حلول جديدة للتنمية المستدامة فيما يلي ملخص لبعض الورقات البحثية والدراسات السابقة التي تم فيها استخدام بدائل في الخلطات الخرسانية:

1. استخدام مخلفات الحديد.

1.1 مخلفات الحديد (خبث الافران).

توضح الدراسة [1] نتائج الاختبارات التي تم الحصول عليها من اختبار إمكانية الاستفادة من خبث أفران صهر الحديد المنتج محلياً بمصنع جياد الواقع جنوب مدينة الخرطوم- السودان. حيث اهتمت الدراسة بتحديد أثر إحلال نسبة من مكونات الخلطة الخرسانية بالخبث ودراسة أثره على مقاومة الانضغاط وقابلية التشغيل، صممت خلطة خرسانية مرجعية ثم تم في المرحلة الأولى إحلال الخبث بنسب (10،15،20) % من وزن الرمل وبديلاً عنه وفي المرحلة الثانية إحلال الخبث بنسب (15،25،35) % من وزن الإسمنت صممت الخلطات الخرسانية وفقاً لهذه النسب ومن ثم تم قياس الهبوط لكل العينات وكذلك مقاومة الانضغاط في (7،14،28) يوم. عند استخدام الخبث كبديل للرمل فقد أوضحت النتائج أن مقاومة الانضغاط قد زادت مع ارتفاع نسبة الخبث المستخدم في الخلطة وكذلك قابلية التشغيل، وفي حالة إحلال الخبث بنسب متفاوتة من وزن الإسمنت أظهرت النتائج زيادة في قابلية التشغيل مع زيادة نسبة الخبث بينما تلاحظ أن مقاومة الانضغاط قلت كلما زادت نسبة الخبث، و اعتبرت هذه النتائج موجبة للنسب التي استخدمت مما يعطي مؤشرات مقبولة لإمكانية الاستفادة من الخبث في الخلطات الخرسانية، أوصت الدراسة بإجراء ذات الاختبارات مع تعديل نسب الخبث المستخدم وذلك لتدعيم النتائج المتحصل عليها بصورة أقوى.

قام الباحث [2] بإضافة الخبث إلى الخرسانة بطريقتين الأولى بإحلال الخبث بالنسب (10، 20، 30، 40) % من وزن الإسمنت وبديلاً عنه والجزء الثاني بإضافة الخبث بالنسب (10، 20، 30، 40) % من وزن الإسمنت وبديلاً عن جزء من الرمل وللطريقتين تمت إضافة الملدن الفائق (Melment L10) بنسبة (5.5%) من وزن الإسمنت. حيث أظهرت النتائج تحسن لجميع الخلطات الخرسانية بالنسب المذكورة عند إحلال الخبث مع إضافة الملدن المتفوق في انتاج خرسانة ذات قابلية التشغيل عالية فحسنت من خواصها في الامتصاص السطحي الابتدائي، الامتصاص الكلي و المسامية بشكل واضح مقارنة بالخلطة المرجعية وعند استخدام الخبث (10، 20) % كمضاف عن جزء من الرمل تحسنت الخواص المذكورة قليلاً وعند استخدام (30، 40) % كمضاف عن جزء من الرمل أنتج خرسانة ذات قابلية تشغيل واطئة فازدادت نسبة الامتصاص السطحي الابتدائي، الامتصاص الكلي و المسامية.

توضح الدراسة [3] نتائج دراسة أجريت لمعرفة تأثير خبث الأفران و نوعين من الملدنات الفائقة على خواص الخرسانة ذاتية الدمك (SCC)، حيث تم استبدال الإسمنت بنسب (10، 15، 20، 25)% من خبث الأفران و تم استخدام نوعين من الملدنات الفائقة. الاول (البولي كربوكسيل) والثاني (كبريتات النفتالين)، وأجريت الاختبارات على الخرسانة في الحالة اللدنة منها اختبار الانسياب، و اختبار (V-Funnel) و اختبار (U-Box) و اختبار(J-Ring) و اختبار مقاومة الضغط. حيث أظهرت النتائج أن الخلطات الخرسانية التي استخدام فيها ملدن الفائق الذي يعتمد على (البولي كربوكسيل) تعطي قدرة أكبر في قابلية التشغيل و مقاومة الضغط في جميع الأعمار بالمقارنة بالخلطات الذي تم فيها استخدام ملدن الفائق المعتمد على (كبريتات النفتالين)، وقد لوحظ تحسن في قابلية التشغيل بنسبة تصل إلى (20٪) من محتوى الخبث مع محتوى مثالي بنسبة (15٪). تم الحصول على قابلية التشغيل لمدة 45 دقيقة تقريبًا بنسبة (15٪ و 20٪) من محتوى الخبث باستخدام الملدن المتفوق القائم على البولي كربوكسيل؛ وقلت قوة الضغط مع زيادة محتوى الخبث.

توضح الدراسة [4] تأثير استعمال خبث الأفران الشركة العامة للحديد و الصلب في البصرة على خواص الخرسانة حيث تم استعمال هذا الخبث كبديل عن جزء من الركام الناعم(الرمل) في الخرسانة دون التقليل من وزن الإسمنت و بنسب معينة و مقارنة نتائج مقاومة الضغط و الانثناء و الامتصاص السطحي مع الخلطة المرجعية، حيث تمت الاستفادة في هذه الدراسة من مادة الخبث كبديل عن جزء من الرمل في الخرسانة وبنسب(10؛20؛30؛40)% من وزن الرمل المستخدم في الخلطة وذلك بعد إجراء التحليل الكيميائي لهذا الخبث، حيث تم تكسير الخبث يدوياً حتى يصل تدرجه إلى نفس تدرج الرمل المستخدم في الخلطة وتم خلطة مع باقي مكونات الخرسانة والتي صممت خلطتها بنسب خلط وزنية هي(1:7 و1:5 و3) (إسمنت: رمل: حصى) على التوالي وتم استبدال جزء من الرمل بالخبث كنسبة مئوية من وزن الرمل وكما تم الذكر مع تثبيت نسبة الماء للإسمنت في جميع الخلطات، وعند استعراض نتائج الاختبارات لوحظ تحسن في خواص الخلطات الخرسانة مقارنة بالخلطة المرجعية من حيث زيادة في مقاومة الضغط مند الاعمار الاولى كذلك زيادة في مقاومة الانثناء و نقصان نسبة الامتصاص السطحي للماء.

الدراسة [5] توضح هذه الدراسة تأثير إسمنت الخبث على الخواص الفيزيائية و الميكانيكية ومن أهم هذه الخواص: النفاذية للماء، الامتصاص الحجمي و الكتلي، ظاهرة التجمد و الذوبان، التقلص و الانتفاخ، كما درست التشوهات الأنية و معامل المرونة، حيث من النتائج المتحصل عليها تثبت أن خبث الأفران العالية المنتج بمصنع الحجار يصلح لإنتاج العديد من أنواع الإسمنت المعدني وذلك حسب النسب المقترحة (0؛30؛50؛80)%، وتم الاستنتاج أن إسمنت الخبث يعتبر مادة رخيصة جداً و تقل تكلفتها كلما زادت نسبة خبث الأفران العالية المطحون بالإسمنت، وتم اثبات أن إسمنت الخبث ضعيف المقاومة عند عمر 28 يوم وذلك عندما كانت نسبة الخبث كبيرة بالبورتلند(80%) لكن هذا النقص يتلاشى مع مر الزمن، وهو ما يجعله جيد في بناء الإنجازات الكبرى كالسدود و الميترو، وحيث تم اثبات أن إسمنت الخبث مقاوم

جداً للأوساط الضارة، أي عديم النفاذية و مقاوم لظاهرة التجمد و الذوبان و معامل المرونة و معامل التشوهات الأنية أفضل بالإسمنت الخبث وهو ما يجعله أكثر استعمالاً في المستقبل.

يقدر الطلب على الركام المستخدم في الإنشاءات العامة حول العالم بحوالي 26.8 بليون طن سنويا (Fredonia2007)[6]، فالركام يمثل حوالي 70% من إجمالي حجم مكونات الخلطة الخرسانية، حيث في منتصف القرن العشرين بدأ البحث والاهتمام ينصب حول استخدام مواد غير مكلفة اقتصاديا في مراحل إنتاج وصناعة الخرسانة، والخبث من ضمن المخلفات الصناعية لعملية إنتاج الحديد، حيث تقدر الكمية التراكمية من مادة الخبث بمصنع الحديد والصلب بمدينة مصراتة – ليبيا بحدود (1.700.000) طن (LISC 2015) [7] إن هذه الكمية من الخبث بقدر ما هي مادة إستراتيجية تؤثر على المنطقة، ولهذا قامت عدة دراسات للاستفادة من هذه المادة. في دراسة قام بها (Tran2008) [8] وآخرون حول تقييم الخرسانة عالية المقاومة الحاوية على خبث الأفران العالية، حيث قيم الخبث من خلال تحليله الكيميائي والفيزيائي والتركيب البنيوي المعدني الدقيق، استبدل الركام الخشن بركام الخبث بنسبة 100% في الخرسانة ذات المقاومة التصميمية (60، 70، 80) MPA، وقد أظهرت النتائج أن قوة الخرسانة الحاوية علي ركام خبث الصلب تعادل الخرسانة التقليدية وأن مقاومة اختراق الكلوريدات للخرسانة كانت أفضل بالنسبة للخرسانة الحاوية علي ركام الخبث كما أن تمدد خرسانة ركام الخبث المغمورة في الماء كان مقبولا.

قام الباحث [9] بدراسة توضح نتائج الاختبارات التي تم الحصول عليها من اختبار إمكانية الاستفادة من خبث أفران صهر الحديد، حيث صممت في هذه الدراسة خلطة خرسانية مرجعية ثم تم إحلال الخبث بنسب (30،0، 60)% من وزن الركام الخشن ومعرفة تأثيراته علي خواص الخرسانة من خلال فحوصات (الهبوط، مقاومة الانضغاط، الشد والانكماش) حيث أظهرت النتائج انه مع إحلال الخبث عن الركام الخشن يحدث انخفاض في قابلية التشغيل للخرسانة حيث تعطي اقل قابلية تشغيل(من خلال فحص الهبوط) عن الخلطة المرجعية، وإن إحلال الخبث المحلي يؤدي إلي زيادة مقاومة الانضغاط لمختلف ظروف الفحص، كما إنه عند تعرض الخرسانة إلي الهواء بعد إنضاج لمدة (7) أيام في الماء ترتفع مقاومتها عن المغمورة بالماء بعمر (28) يوم بمقدار(4،6،5)% للخرسانة ذات نسبة إحلال الخبث (0، 30،60)% علي التوالي، وتنخفض بمقدار (10، 1، 15)% بعمر(90) يوم. عند إحلال الخبث عن الركام الخشن فإنه يحدث تحسن بمقاومة الشد، تبلغ الزيادة بالمقاومة للخرسانة ذات نسبة إحلال الخبث (30، 60)% كركام خشن من الخرسانة المرجعية بعمر(28)يوم بـ(10، 30)% علي التوالي، وأيضا عند إحلال الخبث المحلي عن الركام الخشن ينخفض مقدار الانكماش عن الخلطة المرجعية بعمر (60) يوم بـ(6.5)% للخرسانة ذات نسبة إحلال خبث (60)% علي الركام الخشن ولكافة الأعمار، كما أعطت الخرسانة ذات نسبة إحلال الخبث (30)% بعمر(28) يوم تحسن طفيف بمعامل المرونة وزيادة نسبة بواسن عن الخرسانة الخالية من الخبث علما بأن مقاومة الانضغاط للخرسانة ذات نسبة إحلال خبث (30)% كانت اعلي من مقاومة الانضغاط للخرسانة المرجعية.

قام الباحث [10] باستخدام مخلفات صناعة الحديد (الخبث) المورد من مصنع الحديد والصلب بمصراته في إنتاج الخرسانة عالية المقاومة عن طريق إحلاله بدلا عن الركام الطبيعي بنسبة 100% من الركام المكون للخرسانة ومعرفة تأثيره علي خواص الخرسانة من خلال اختباري قابلية التشغيل للهبوط ومقاومة الضغط والانكماش، إضافة إلي مقارنة خواص ركام الخبث مع خواص الركام العادي من حيث الوزن النوعي ومعامل التهشيم ومعامل الاهتراء والتحليل المنخلي والامتصاص وقد أعطت نتائج الاختبارات المعملية المتعلقة بالخصائص الهندسية للركام المدروس تفوق ملحوظ بالنسبة لركام الخبث. إن عملية إدماج ركام الخبث كأحدي مكونات الخلطة للخرسانة عالية المقاومة تقود إلى زيادة ملحوظة في المقاومة مقارنة بباقي أنواع الركام المدروس، حيث تم الحصول على مقاومة MPA 84 بعد 90 يوم من المعالجة وهذه المقاومة ليس من السهل الحصول عليها في الظروف العادية للركام العادي، كما يحدث انخفاض لقابلية التشغيل بالنسبة للخرسانة الحاوية على ركام الخبث، حيث أظهرت النتائج أن الشكل الغير منتظم لركام الخبث أدى إلى الحصول على قابلية تشغيل أقل (من خلال إختبار الهبوط) وذلك مقارنة بباقي أنواع الركام المدروس، وعند إدماج ركام الخبث في الخرسانة ينخفض الانكماش عن باقي الخلطات الأخرى عند كل الأعمار التي تم فيها قياس الانكماش وهذا بدوره يقلل من التشققات الناشئة من إجهاد الانكماش.

2.1 مخلفات الحديد (برادة الحديد)

درس الباحث محمد واخرون (2018) تأثير براده الحديد في الخلطة الخرسانية على مقاومتي الضغط والشد عند 28 يوم، حيث قسمت هذه الدراسة الى جزئين، الجزء الأول دراسة تأثير استبدال برادة الحديد بدل من الاسمنت بنسب (10,5 ,15)% اما الجزء الثاني استبدال برادة الحديد بنفس النسب السابقة بدل من الركام الناعم، واظهرت النتائج ان مقاومه الضغط اقل من مقاومة الضغط للخلطة المرجعية لجميع العينات المحتوية على برادة الحديد بدل من الاسمنت، وتزاد مقاومه الضغط عن الخلطة المرجعية لجميع العيانات التي تحتوي علي النسب (15,10,5)% عند استبدال الركام الناعم ببرادة الحديد. كذلك لاحظ ان مقاومة الشد عند 28يوم تزداد كلما زادت نسبه برادة الحديد بدل من الاسمنت وبدل من الركام الناعم في الخلطة مقارنه بالخلطة المرجعية وتبين ان نسبة 15% من برادة الحديد تعطي زيادة بنسبة

11.6% عند استبدال برادة الحديد بالأسمنت و92% عند استبدال برادة الحديد بالركام الناعم [11]. قام الباحث علي(2014) بدراسة تأثير برادة الحديد كأحد مكونات الخلطة الخرسانية على مقاومتي الضغط والشد للخرسانة حيث تم إضافة ثلاثة نسب مختلفة من برادة الحديد الى خليط الخرسانة لقياس الاختلاف الذي يمكن الحصول عليه في كل من مقاومة الضغط والشد للخرسانة بعد28 يوما، وفي هذه الدراسة تم إحلال برادة الحديد بنسب (30,20,10) % بدل من الاسمنت وأظهرت النتائج زيادة مقاومه الضغط تدريجيا عند اضافه برادة الحديد وعند إضافة 30% من برادة الحديد الى الخلطة الخرسانية زادت مقاومه الضغط للخرسانة بنسبة 17% مقارنة بالخلطة المرجعية. وزادت مقاومه الشد بنسبة 13% مقارنه بالخلطة المرجعية عند إضافة 10% من برادة الحديد بدلاً من الاسمنت للخلطة الخرسانية[12] .

قام Shehdeh واخرون(2016) بدراسة إحلال مسحوق برادة الحديد والجرانيت كبديل جزئي للرمل في الخلطة الخرسانية ومدى تأثيرها على مقاومتي الضغط والشد عند (7،28)يوم، تنقسم هذه الدراسة الى جزين الأول استبدال مسحوق برادة الحديد كبديل جزئي للركام الناعم بنسب (20,15,10,5)% اما الجزء الثاني استبدال الجرانيت بنفس النسب السابقة كبديل جزئي للركام الناعم ومعرفة تأثيراته على خواص الخرسانة من خلال اختبارات (مقاومه الضغط، الشد، الانحناء) حيث لاحظ الباحثون ان إحلال مسحوق برادة الحديد محل الركام الناعم يؤدي الى زيادة مقاومة الانضغاط والشد والانحناء لمختلف النسب على عكس الجرانيت. كما لوحظ ازدياد مقاومة الضغط للخرسانة بإضافة مسحوق الجرانيت كبديل جزئي للركام الناعم كحد أقصى عند نسبتي (5, 10)% وكانت اعلى زيادة (36%) في مقاومة الضغط عند إضافة 10% من مسحوق برادة الحديد للخلطة الخرسانية مقارنه بالخلطة المرجعية .اما مقاومة الشد فكانت الزيادة في النسب 5,%,10,%15% اما 20% فكانت اقل من الخلطة المرجعية [13].

درس الباحث Festus واخرون (2016) خصائص الخرسانة الناتجة من استبدال برادة الحديد كبديل جزئي للرمل بنسب (30,20,10,0) % حيث أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بعد 28 يوم ان مقاومة الضغط للخرسانة زادت عند نسبة 10% و20% من احلال برادة الحديد محل الرمل ثم انخفضت عند نسبة 30%، وكانت اعلى مقاومه للشد عند نسبة 10%[14]. أجرى Prema واخرون (2014) بحثا لدراسة تأثير استبدال الرمل في الخرسانة الاسمنتية مع مخلفات خام الحديد، واظهرت نتائج الدراسة ان مقاومه الضغط تزداد حتى نسبة 40% ثم تنخفض عند نسبة (100,80,60)%.[15] درس الباحث Tayeh استخدام مسحوق الحديد المعاد تدويره لانتاج الخرسانة في الظروف العادية حيث تم اجراء اختبار الهبوط والاختبار في الحالة المتصلدة للحصول على مقاومة الضغط والانحناء لها ومن ذلك تم تقييم ومقارنة تأثير إضافة مسحوق الحديد بنسب (10،20،30،40)% كبديل للرمل الطبيعي. لوحظ ان نفايات الحديد تظهر توزيعاً لحجم الجسيمات مشابهاً لتوزيع الرمل المستخدم في الخلطات وانخفظت مقاومة الضغط مع زيادة النسب[16].

2. استخدام المخلفات البلاستيكية.

البلاستيك عبارة عن مادة تم تطويرها من اجل استخدامها في تطبيقات مختلفة لكن للأسف فإن هذه المادة المرنة والقوية غير قابلة للتحلل مما يجعل من طرق التخلص منها تهديد على البيئة حيث أصبحت النفايات البلاستيكية المنزلية والصناعية مصدر قلق بيئي رئيسي في العالم خاصة أن التلوث بهذه النفايات وصل إلى بحار ومحيطات العالم حيث تتسلل سنويا حوالي 6.4 مليون طن من النفايات إلى البحار والمحيطات والأنهار وتشكل النفايات البلاستكية75% منها. حيث انتشرت ظاهرة إلقاء المخلفات بمختلف أنواعها والتي من بينها مخلفات اللدائن في الأماكن العامة وعلى جوانب الطرق أو في المياه والشواطئ وأصبحت هذه المخلفات تتناقلها الرياح في الطرقات والشوارع مما يسبب تلوثاً خطيراً للبيئة ويسئ إلى المظهر العام للمدن والقرى [17] تحاول هذه الدراسة تطبيق مفهوم الاستدامة للحد من التلوث البيئي عن طريق استخدام (مخلفات البلاستيك) من النوع (PET1) وتقطيعها يدوياً على شكل ألياف صغيرة تضاف إلى الخرسانة ذاتية الدمك، حيث تم إضافتها بنسب (0.5-1-1.5)% من وزن الإسمنت لغرض الإستفادة من مزايا هذه الألياف في تحسين الخصائص الهندسية للخرسانة والتقليل من المخلفات البيئية. حيث اجريت العديد من الدراسات باستخدام المخلفات البلاستيكية في الخرسانية.

توضح الدراسة [18] نتائج الاختبارات لمحاولة تم تنفيذها لتطوير بعض الخصائص للخرسانة ذاتية الدمك (SCC) عن طريق إضافة ألياف من البلاستيك (WPF) الناتجة من نفايات قطع زجاج المشروبات. حيث أجريت بعض التجارب لدراسة مضاعفات تأثير إضافة الألياف البلاستيكية على الخواص اللدنة والخواص المتصلدة فتم تصميم ثمانية خلطات محتوية على الألياف البلاستيكية بنسب حجمية (0، 0.25، 0.5، 0.75، 1.75، 1.5،1.25،1.0 و2.0)%، ومحتوى مائي ثابت 0.35 وتم قياس خصائص قابلية التشغيل للخلطات بقياس قطر الانتشار وT50 لتدفق الانتشار، وقياس زمن تدفق V-Funnel ونسبة إرتفاع L-Box، وتم قياس مقاومة الضغط والانحناء لها خلال (7-14-28) يوم، وأظهرت النتائج بأن الألياف البلاستيكية تأثيرها سلبي على الخواص اللدنة للخرسانة ذاتية الدمك ولكن يتحسن تأثيرها في الخواص المتصلدة. الدراسة [19] قدمت بحثاً علمياً لخواص الخرسانة ذاتية الدمك المسلحة والمحتوية على ألياف الفضلات البلاستيكية تم إضافة نواتج التقطيع اليدوي للقناني البلاستيكية (حفظ المشروبات الغازية) حيث تم تقطيعها بنسبة

(الطول/العرض) مساوية لـ(28) لتوضيح تأثير الألياف البلاستيكية على سلوك الخرسانة، تم اختبارها على الخواص الطرية والخواص المتصلبة (الميكانيكية) والتي تشمل مقاومة الانضغاط، الانثناء (معامل الكسر) والموجات فوق الصوتية. تم تصميم خلطة مرجعية واحدة والتي تم اعتمادها كأساس لتطوير الخلطات الأخرى، تم صب (8) خلطات محتوية على نسب حجمية مختلفة من الألياف البلاستيكية %(Vf)، حيث كانت تلك النسب (0.25، 0.5، 0.75، 1.0، 1.25،1.5، 1.75و2) % لغرض المقارنة مع الخلطة المرجعية. أوضحت النتائج أن إضافة الألياف البلاستيكية إلى (SCC) كان لها تأثير إيجابي في زيادة مقاومة الانضغاط ومقاومة الانثناء، حيث كان مقدار الزيادة بعمر (28) يوم يساوي (42.30%) و (73.12%) على التوالي عند نسبة المزج (1.5%) بالمقارنة مع الخلطة المرجعية والتي تمثل أفضل نسبة حجمية للألياف، كما بينت نتائج الفحوصات الطرية للخلطات الخرسانية الحاوية على الألياف البلاستيكية بأن إضافة الألياف يؤدي إلى إنخفاض في قابلية التشغيل للخرسانة ذاتية الدمك.

الدراسة [20] توضح تأثير إضافة مخلفات البلاستيك الصناعي الناتج من عملية التقطيع اليدوي للقناني البلاستيكية المستخدمة كحاويات لحفظ المشروبات الغازية على بعض خواص الخرسانة المحورة بالبوليمر مثل مقاومة الانضغاط ومقاومة الانثناء. تم إضافة ألياف البلاستيك بنسبتين حجميتين مختلفتين قدرهما (1.6% و 3.25%) في حين استخدمت خلطة مرجعية لأغراض المقارنة، وأضيفت نسبة وزنية ثابتة من بوليمر.SBR مساوية (10%) من وزن الإسمنت لجميع الخلطات الخرسانية، ومن ضمنها الخرسانة المرجعية. أظهرت النتائج تحسناً في الخواص الميكانيكية للخرسانة المحورة بالبوليمر مع زيادة نسبة الألياف وكان التحسن الأكثر وضوحاً هو لمقاومة الانثناء متمثلة بقيمة معاير الكسر حيث وصلت هذه الزيادة بعمر 28 يوم إلى (24.4%) لنسبة ألياف حجمية قدرها (4.1%) عن الخرسانة المرجعية ولنفس نسبة الألياف وبنفس عمر الاختبار، كما أظهرت النتائج عدم وجود تأثير واضح على كثافة الخرسانة بزيادة نسبة الألياف.

تحاول الدراسة [21] أن تطبق مفهوم الاستدامة للحد من التلوث البيئي عن طريق تقطيع قناني المشروبات البلاستيكية على شكل ألياف صغيرة تضاف إلى الخرسانة العادية لتحسين مقاومة القص والشد للكمرات الخرسانية المسلحة، ولتحقيق هذا الغرض، تم إجراء الفحص المختبري لدارسة تأثير ألياف النفايات البلاستيكية(PET) على سلوك القص لسبع كمرات خرسانية مسلحة بأبعاد (100*150*1200)ملم، وكانت النسب المئوية (0.25،0.5،0.75،1،1.25،1.5)% للألياف المستخدمة. كما تم دراسة تأثير ألياف البولي إثيلين تيريفثالات (PET) على الخواص الميكانيكية للخرسانة مثل قابلية التشغيل، مقاومة الانضغاط، ومقاومة شد الانشطار، معامل المرونة وسرعة الموجات فوق الصوتية. وتوضح نتائج الاختبارات أن الألياف البلاستيكية أعطت نتائج عالية لمقاومة الضغط عند نسبة 1% من الألياف البلاستيكية، وبالنسبة لمقاومة الشد أعطت مقاومة عالية بزيادة نسبة الألياف البلاستيكية وكانت أفضل نسبة 1.5% عند 28 يوم.

قام الباحثان [22] بدراسة الخصائص الميكانيكية للخرسانة الحاوية على فضلات بلاستيكية الناتجة من التقطيع اليدوي للقناني البلاستيكية المستخدمة في حفظ المشروبات الغازية بنسب حجمية مختلفة تتراوح من (0.5%-2%).أظهرت النتائج أن استخدام ألالياف بنسبة (0.75%) أدى إلى تحسين مقاومة الانضغاط بنسبة (5.1%) مقارنة مع الخلطة المرجعية بعمر 28 يوم، وكذلك يمكن ملاحظة أن كل من مقاومة الانثناء ومقاومة الشد بالانشطار تزداد بمقدار (12.5%) عن المقاومة للخلطة المرجعية.

3. استخدام مخلفات الاطارات.

1.3 اضافة مفروم الإطارات المطاطية المستهلكة:

ان للتطور الكبير في النقل والزيادة الهائلة في اعداد السيارات بشكل كبير ولد مشاكل مختلفة اهمها التلوث البيئي خلف احتراق ملايين الاطنان من نفايات الاطارات مشاكل خطيرة جدًا [23] على سبيل المثال في سنة 1990 اكثر من 240 مليون اطار مستهلك تم رميها في الولايات المتحدة، وفي العراق خمن مليونا اطار يرمى الى البيئة في السنة [24] ان بلدان مثل الولايات المتحدة وبريطانيا تبنيا طريقة دفن الاطارات المستهلكة تحت الارض للتخلص منها لتفادي التلوث الاخر الذي قد ينتج من احتراق هذه المواد [25] لتفادي التاثير الخطر لذلك من الغازات الكيميائية الذي ينتج من عملية الاحتراق مثل ثاني اوكسيد الكبريت وتوزيع جزئيات الكاربون في الهواء. سعت العديد من البحوث لاستعمال الكميات الهائلة من نفايات مطاط الاطارات ولتقليل التلوث البيئي بمزجها مع الاسفلت لانتاج خلطات تستعمل في تبليط الطرق لما لها من مرونة عالية لامتصاص الصدمات، من الناحية الاخرى تستعمل بعض البلدان هذه الاطارات المستهلكة لصناعة طبقات حماية الصدمة للارصفة. ان فكرة استعمال مادة الاطارات المستهلكة المقطعة في صناعة مواد البناء لما تتمتع به من خصائص مناسبة مثل المقاومة العالية للاحوال الجوية من درجة حرارة ورطوبة ووزن خفيف مقارنة بالمواد الاخرى، وقدرتهاالعالية للعزل ان استعمال الاطارات المستهلكة المقطعة في اعمال الخرسانة والبناء له عدة منافع اقتصادية[26] ،[27] .

- تقليل التلوث البيئي ومنع تراكم الاطارات المستهلكة دون الحاجة إلى حرقها.

- تصنيع خرسانة عازلة ذات وزن خفيف، توفير عزل حراري عالي دون الحاجة الى استخدام اجهزة تبريد وتدفئة.
- ان تصنيع طابوق من الخرسانة الخفيفة له تاثير اقتصادي على الكلفة الكلية للبناء، اذ يقلل من وزن الاحمال الميتة على الاسس وزمن الانجاز وتوفير في كلف النقل والبناء.

دراسة تأثير اضافة مفروم الإطارات المطاطية المستهلكة وبنسب وزنيه (10-20-30%) الى الخرسانة على شكل قطع صغيرة بأبعاد(7×7×10) ملم كجزء مستبدل من وزن الركام الخشن (الحصى) وتم اجراء اختبارات (مقاومة الانضغاط- الامتصاص-الكثافة)، ومن خلال دراسة النتائج تبين ان اضافة مفروم الاطارات المطاطية المستهلكة يؤثر بشكل سلبي في مقاومة الانضغاط نسبة الى الخرسانة المرجعية بعمر 28 يوم هي(15-22-31%) للخرسانة المستبدلة(10-20-30%) من مفروم الاطارات المطاطية المستهلكة كنسبة وزنية من الركام الخشن على التوالي وكذلك زيادة في نسبة الامتصاص الكلي نسبة الى الخرسانة المرجعية بعمر28 يوم هي(33-63-72%) للخرسانة المستبدلة(10-20-30%) من مفروم الاطارات المستهلكة على التوالي. كما ان هناك انخفاض في الكثافة الرطبة نسبة الى الخرسانة المرجعية بعمر 28 يوم هي (3-7-15%) للكثافة الجافة نسبة الى الخرسانة المرجعية لنفس العمر للخرسانة المستبدلة بـ (10-20-30%) من مفروم الاطارات المطاطية المستهلكة على التوالي وهذا يؤدي الى تقليل في الوزن للاحمال الميتة وبالتالي على الاسس ونوعيتها، وقد كان لاضافة مفروم الاطارات المستهلكة أثر كبير ومهم على خواص هذه الخلطات مما يشير بفائدة كبيرة في الصناعة الانشائية اذ يمكن انتاج خرسانة مطاطية خفيفة الوزن وعازلة [28]. مع الزيادة في الوعي البيئي اتجه النظر لاستعمال منتجات النفايات الصناعية مثل نفايات الاطارات كمضاف الى الخرسانة ففي احد البحوث[29] تم استعمال مفروم الاطارات المستهلكة بنسب (10،20،30،40)% وبحجم من(19-10)ملم كبديل عن جزء من الركام الخشن باستعمال (W/C=0.55) لجميع النماذج الخرسانية، وتم استعمال نسبة خلط للخرسانة(1:5،1:3) واظهرت النتائج ان هناك انخفاض في قوة الانضغاط والكثافة في الخرسانة الحاوية على مفروم الاطارات حيث بلغت نسبة الفقدان في قوة الانضغاط لعمر28يوم (12،21،30،39)% للخرسانة المستبدلة بـ(10،20،30،40)% من مفروم الاطارات المطاطية المستهلكة كنسبة من وزن الركام الخشن على التوالي. وقد توصلت دراسة علمية بحثية عربية الى امكانية الاستفادة من الاطارات المستهلكة في تنفيذ خرسانة مطاطية باحلال اربع نسب من اطارات السيارات بدلا من الرمل كنسب حجمية لانتاج اربع خلطات من خرسانة المحتوية على مخلفات المطاط بنسب(15،30،50،100)% بالاضافة الى الخلطة الاساسية بدون مطاط وكان الغرض الاساسي هو دراسة سلوك الخرسانة المطاطية ومقاومتها للتوصيل الحراري بالاضافة الى دراسة سلوك هذه الخرسانة في العزل الصوتي وبيان امكانية استخدامها في الاجواء الحارة. وقد اظهرت النتائج كفاءة مذهلة في استخدام الخرسانة المطاطية للعزل الصوتي والحراري [29]،[30] .

2.3 اضافة الالياف الفولاذية المستخرجة من الإطارات المطاطية المستهلكة.

تعتبر الخرسانة مادة غير متجانسة حيث انها تحتوي على ركام خشن وناعم موزع عشوائيا ضمن العجينة الإسمنتية مما يجعل سلوكها يختلف كثيرا عن سلوك المواد المتجانسة كالمعادن، تصنف الخرسانة كمادة هشة ذات مقاومة ضعيفة على الشد ولها سعة تشوهات قليلة وذات متانة منخفضة، يتشكل التسليح التقليدي للخرسانة من قضبان تسليح مستمرة في أماكن محددة لمقاومة تأثيرات الشد والقص فمنذ العام 1960 بدأت الأبحاث لاستخدام الألياف كنوع آخر من التسليح في الخرسانة والألياف هي عناصر منقطعة غير مستمرة موزعة عشوائيا ضمن الخلطة الخرسانية فتستخدم للخرسانة عدة أنواع من الألياف منها الطبيعي والصناعي والمعدني. من الناحية الصناعية هي خرسانة معززة بالألياف المعدنية تحمل من المواصفات الميكانيكية ما يسمح باستخدامها في تطبيقات هندسية متعددة، حيث سالمتها الإنشائية مشروطة بمطاوعتها العالية نسبيا، ومن الناحية الاقتصادية هي مدخل لإنتاج خرسانة تلبي في بنائها وتشكيلها معيار التوفير في كلفة الإنتاج على مستوى الإنفاق الخاص والإنفاق العام كما أظهرت الأبحاث أن استخدام الألياف الفولاذية المستخرجة من الإطارات المستهلكة في الخرسانة يطور سلوك الانكسار لاسيما فيما يتعلق بالمتانة وسلوك الخرسانة بعد التشقق، وهكذا فإن استخدام هذه الألياف يؤمن فوائد إضافية مثل الكلفة المنخفضة للمواد الخام والاستفادة منها، بالإضافة إلى التخلص من النفايات الصلبة.

أما أهم تطبيقات الخرسانة المعززة بالألياف المعدنية المعاد تدويرها فأظهرت الدراسات إمكانية استخدامها في مجالات متعددة منها (أرضيات المعامل للحد من الأضرار الناجمة عن الاهتراء والصدم، أساسات الآلات للحد من الأضرار الناجمة عن الاهتزازات والأحمال الديناميكية، انشاء الطرق ومهابط المطارات كطبقة تغطية للحد من التشققات). مع بداية القرن العشرين كانت الخرسانة تجاهد لكي تقف بين مواد البناء الأخرى وكانت مقاومة الضغط تصل الى 140 كغم/م^3 وتعتبر قيمة كبيرة ولها اعتبارها، أكدت عدة دراسات ان هناك كميات كبيرة ومتنوعة من النفايات الصلبة وبالإمكان استعمالها كعامل مزدوج أي لتحسين خواص الخرسانة حيث اثبتت نتائج الدراسات [31-32] التي أجريت لغرض دراسة تأثير إضافة الألياف على الخواص الميكانيكية للخرسانة أن إضافتها أدى إلى زيادة مقاومة الضغط و الشد بنسب وصلت إلى (25،75،80)% علي التوالي. قام الباحث [33] بدراسة تأثير إضافة ألياف الحديد على سلوك تشقق الانحناء في الكمرات الخرسانية حيث اختبرت عينات ذات ابعاد (100×200×1000) مم اظهرت النتائج مدى التأثير

الإيجابي لإضافة هذا النوع من الالياف على تقليل عدد التشققات واتساعها في منطقة الانحناء بالإضافة الى زيادة حمل التشقق الأول وتقليل قيم الترخيم. الباحث[34] قام بدراسة سلوك الانحناء للكمرات الخرسانية المسلحة بألياف الحديد حيث أظهرت النتائج حدوث زيادة من 30% الى 200% في مقاومة الانحناء و المتانة و ذلك عند إضافة الياف الحديد بنسبة حجمية بمقدار0.5%،0.75% على التوالي، كما قام الباحث[35] باختبار الضغط على عينات مكعبية 150مم، وعينات اسطوانية 150×300مم، والياف فولاذية معكوفة بطول22 مم ومقاومة شد (350-400) ميغا باسكال ونسبة نحافة 40 وبنسب مزج حجمية 1-6، 1-3% بالإضافة الى عينات مرجعية، حيث أظهرت النتائج إن إضافة الألياف بنسبة1% تزيد من مقاومة الضغط مقاومة الشد.

اجري الباحث[36] بجامعة شيفيلد البريطانية اختبار على عينات مكعبية مسلحة بألياف فولاذية وفقا للمواصفة البريطانية BS121996 حيث استخدمت خمس أنواع من الألياف الفولاذية منها مستخرج من اطارات السيارات المستهلكة وألياف فولاذية تقليدية بنسب ألياف وزنية تتراوح من (0.5، 6)% بينت النتائج زيادة في المقاومة للعينات المسلحة بها، كما أدى إضافة الألياف الى نقصان هبوط المخروط من 200مم الى 140مم لنسبة ألياف6% وزنا، كما قام الباحث [37] بتجارب على عينات خرسانية بنسبة اسمنت350 $kg\backslash m^3$ ومسلحة بألياف من اطارات السيارات المستهلكة بالطريقة الجرارية وازدادت المقاومة من 31.63 الى 39.68 ميغا باسكال أي بمقدار21% لنسبة ألياف% 0.46 حجما، أما هبوط المخروط فقد انخفض من 215 الى 210 مم، بالمقابل فإن البحوث التي قام بها كل من الباحثين[38-39] فقد بينت أن إضافة الألياف له تأثير محدود على مقاومة الخرسانة، قام الباحث[40] باختبارات على ألياف فولاذية اطارات السيارات المستهلكة بطريقة الحرق باطوال (20،40،60) مم وبنسب اسمنت (340،430،550) كغم/م^3، ازدادت مقاومة الخرسانة بنسب مختلفة وفقا لنسب مزج الألياف وطولها وبعضها أعطى مقاومات اقل من العينات المرجعية حوالي 1% ووصلت أكبر زيادة في المقاومة الى 11.77% للخلطة بنسبة اسمنت 340كغم/م^3 وألياف بنسبة 1.5 %وبطول 40 مم.

4. استخدام مخلفات الرخام.

إن مخلفات صناعة الرخام لها تأثير سلبي على البيئة التي ترمى بها باعتبارها نفايات صناعية ولا يستعمل منها إلا القدر القليل في بعض الأشغال فهذه الكميات الكبيرة من المخلفات قد تقلل مسامية التربة ونفاذيتها لامتصاص الماء مما يسبب بعض أمراض الجهاز التنفسي للسكان القريبين من المنطقة ويسبب تلوث المياه الجوفية .كما يؤثر ذلك سلبا على المظهر الطبيعي للمنطقة لذلك تم الاهتمام باستخدام مخلفات ورش الرخام كركام خشن بديل للركام المحلي في تصنيع الخرسانة العادية. حيث يتم تقييم مدي صلاحية استخدام ركام مخلفات الرخام من خلال عدد من الاختبارات المتمثلة في الاختبارات الميكانيكية والفيزيائية للركام المدروس، إضافة الى اختبارات الخرسانة المعروفة مثل تحديد الخواص التشغيلية ومقاومة الضغط. النتائج التي تم الحصول عليها شجعت على استخدام مخلفات الرخام كركام خشن في الخرسانة العادية. فقد وجد أن الخواص الميكانيكية لركام الرخام كانت ضمن حدود المواصفات. أما بالنسبة لمقاومة الضغط فقد لوحظ أن الخرسانة الحاوية على ركام مخلفات ورش الرخام اعطت قيم لمقاومة الضغط تعادل المقاومة المتحصل عليها في الخلطات المصنعة من الركام المحلي (التفجير والحرث) بناءً على هذه النتائج ينصح باستخدام ركام مخلفات ورش صناعة الرخام كبديل للركام المحلي وذلك وفقا لحدود هذا البحث[41].

يقدر الطلب على الركام المستخدم في الانشاءات حول العالم بحوالي26.8 بليون طن سنويا [42](Fredonia,2007)، فالركام يمثل حوالي70-80% من اجمالي حجم مكونات الخلطة الخرسانية على الصعيد المحلي، تشهد ليبيا تطوراً في الابنية سواء على المستوى الحكومي او الخاص، وهذا أدى الى زيادة كبيرة في استخدام الركام الطبيعي. ففي منتصف القرن العشرين بدأ البحث والاهتمام ينصب حول استخدام مواد غير مكلفة اقتصاديا في مراحل إنتاج وصناعة الخرسانة. احدى هذه الصناعات التي شملها هذا الاهتمام هو صناعة الركام من مصادر غير تقليدية على سبيل المثال المخلفات الصناعية وبقايا مواد البناء ومخلفات تصنيع مواد البناء. ان استخدام مثل هذه المواد يمكن ان يزداد اذا استخدمت كركام ناعم او خشن في المونة الاسمنتية و الخرسانة، فاستخدام مواد النفايات يمكن أن يحل مشاكل نقص الركام في مختلف مواقع البناء، ومن جهة أخرى تكلفة مواد البناء تتزايد يوما بعد يوم بسبب ارتفاع الطلب وندرة المواد الخام وارتفاع أسعار الطاقة. من المنظور الاقتصادي في استهلاك الطاقة والمحافظة على الموارد الطبيعية فإن استخدام مكونات بديلة لمواد البناء هو الآن مصدر اهتمام عالمي لهذا يتعين البحث ويتوجه نحو استكشاف مصادر جديدة لإنتاج مواد البناء تحقق الاستدامة وتكون صديقة للبيئة.

إن استخدام ركام الرخام في الخرسانة يعتبر من الأبحاث الجديدة في حقل تكنولوجيا الخرسانة والبحوث المتعلقة بهذا الموضوع تكاد تكون معدومة، ومن ضمن الدراسات القليلة التي تم اجراؤها الدراسة التي قام بها Hebhoub et. [43] al.(2011) حيث درسوا امكانية استخدام مخلفات ركام الرخام كبديل لركام الطبيعي لإنتاج خرسانة ذات خواص جيدة. حيث تم استخدام ثلاثة خلطات خرسانية الخلطة الأولى تم فيها احلال الركام الطبيعي الخشن بركام الرخام الخشن، وفي الخلطة الثانية تم استبدال الرمل الطبيعي بركام الرخام الناعم. أما في الخلطة الثالثة فتم استخدام كلا من الركامين(الناعم

والخشن) بدلا من الركام الطبيعي المكون للخلطة حيث كانت نسب الإحلال (25،50،75،100)% وفي كل الخلطات كانت نسبة الماء إلى الإسمنت ثابتة 0.5.أوضحت نتائج هذه الدراسة إمكانية استخدام مخلفات الرخام في الخرسانة وذلك يؤذي إلى تحسين بعض خواص الخرسانة مثل مقاومة الضغط والشد عندما تكون نسب الاحلال (25،50،75)% إضافة إلى ذلك لوحظ أن نسبة الهواء المحبوس كانت اقل عندما كانت نسبة الاحلال بين(25-75)% أما تشغيلية الخرسانة فتقل كلما زادت نسبة الإحلال. وفي دراسة أخرى قام بها Corinaldesi et. Al. (2010) [44] تبين أن إحلال 10% من مخلفات ركام الرخام المستخدم كرمل أعطي أعلى مقاومة ضغط عند نفس درجة التشغيلية. إن استخدام مخلفات الرخام لم يقتصر فقط على الخرسانة بل تم استخدامه في الانواع الاخرى من مواد البناء، حيث بينت الدراسة التي قام بها Saboy et. al. (2007) [45] أن استخدام مسحوق الرخام بنسبة تتراوح (15-20) % في صناعة السيراميك الاحمر يمكن ان يحسن الخواص الميكانيكية لطوب السيراميك. في دراسة أخرى قام بها Akbulut et. al. (2007) [46] أوضحت أن الخواص الفيزيائية لركام مخلفات الرخام كانت ضمن الحدود المنصوص عليها ويمكن أن تستخدم في طبقات الرصف الاسفلتية الخفيفة والمتوسطة. أما من ناحية الجدوى الاقتصادية قد وجد أن عند استخدام مخلفات ورش صناعة الرخام في الخرسانة تحقق عائد اقتصادي مقارنة بالأنواع الاخرى من الركام التقليدي.

5. استخدام مخلفات البناء.

إن إعادة استخدام مخلفات البناء في إنتاج خرسانة جديدة يحقق غايتين معًا، الأولى هي إزالة كميات كبيرة من مصادر التلوث البيئي الناتج من هذه المخلفات، والثانية هي توفير مصادر رخيصة لركام الخرسانة. وقد تضمنت هذه الدراسة اختبار خصائص خلطة خرسانية معدة باستخدام ركام خشن من مخلفات الخرسانة المحلية بعد إزالة قطع الحصى الكبيرة منها، أي استخدام مونة هذه المخلفات بعد تكسيرها وتدريجها وغسلها. أوضحت النتائج أن هذا الركام المعاد استخدامه له وزن نوعي أقل وامتصاص أعلى مقارنة بالركام الاعتيادي المستخدم في العرا ق. كما أوضحت النتائج أن الخرسانة المعدة من هذا الركام لها مقاومة انضغاط وامتصاص مقبولين، كما أن لها مقاومة انثناء جيدة، وكثافة جافة واطئة مقارنة بالخرسانة المعدة من الركام الاعتيادي المحلي، إن هذه الخرسانة مناسبة للاستعمال في تبليط الشوارع والارصفة والساحات والمماشي وعمل كتل البناء الخرسانية [47].

مخلفات الخرسانة هي الأنقاض الناتجة عن عمليات البناء والهدم للمنشآت المختلفة، إذ تنتج من الترميم للمنشآت القائمة أو هدم القديم منها أو بناء أبنية جديدة، كما تنتج هذه المخلفات من معامل إنتاج القطع الكونكريتية الجاهزة مثل الكاشي والبلوك وغيرها وكذلك معامل البناء الجاهز، وهي تتألف من قطع الحجارة أو الطابوق أو الخرسانة أو المونة مختلفة الأحجام، هذه المخلفات ترمى في أماكن تجميع المخلفات وتتراكم سنويًا بكميات كبيرة لأنها ذات ديمومة عالية فلا تتفسخ أو تتحلل طبيعيًا وبالتالي فقد اصبحت مشكلة تلوث متزايدة سنويًا في جميع انحاء العالم، ففي السويد مثلا ينتج مليون ونصف المليون طن سنويًا من مخلفات البناء [48]. اما في بولندا فينتج منها ثلاثة ملايين ونصف مليون طن سنويًا وهي في زيادة، وإن الذي يعاد استخدامه منها لا يتجاوز (5%) أما الباقي فيطرح في مواقع طمر النفايات[49]، من طرائق إعادة استخدام هذه المخلفات المتبعة حاليًا هو استخدامها بدل الركام الاعتيادي جزئيًا أو كليًا لإنتاج خرسانة جديدة وذلك بتكسير الكتل النظيفة غير الحاوية على قطع الخشب أو قضبان التسليح أو مخلفات المنتجات الجبسية إلى أحجام مشابهة لحجوم حبيبات الحصى ثم غسلها وتدريجها أي فصلها على غرابيل إلى أحجام مختلفة، وهي بهذا تكون مصدرًا رخيصًا لركام الخرسانة خاصة في الدول التي لا تحتوي على الحصى أو الحجارة المكسرة المناسبة للخرسانة طبيعيًا. كما يقلل استخدام هذا النوع من الركام عمليات استخراج طبقات ا لحصى أو تكسير الصخور لتهيئة الركام الطبيعي، إذ أن هذه العمليات تسبب اتلاف مساحات واسعة من البيئة الطبيعية في العالم.

إن الركام المعاد استخدامه الناتج من مخلفات البناء والهدم والذي اصبح يعرف بـ (Recycled Aggregate) يحمل خصائص الخرسانة التي أنتج منها ويحوي نفس مركباتها، وقد يكون خليطًا من خرسانات مختلفة، وهذا يؤثر على خصائص الخرسانة المنتجة من هذا الركام، لذلك شاع استعمالها في تبليط الطرق أو صب الارصفة والساحات أو انتاج القطع الخرسانية الجاهزة المستعملة في حافات الطرق أو لرصف المماشي، وهي قليلة الاستخدام لانتاج الخرسانة الانشائية إذ لا يستخدم منها أكثر من 20% من مجموع الركام المستخدم في هذه الخرسانة وهي تخلط مع الركام العادي لإنتاج هذه الخرسانة إن استعملت[50]. إن اختيار مصدر الركام المعاد تدويره بشكل جيد من الممكن أن يرفع من خصائص الخرسانة الناتجة ففي فنلندا أمكن إنتاج خرسانة من الركام المعاد تدويره أعطت مقاومة زادت مرتين إلى ثلاث مرات عن الخرسانة المنتجة من الصخور المكسرة المحلية [48]. إن الركام المعاد هو ذو وزن نوعي أقل وإمتصاص اعلى وقابلية تشغيل أقل لأنه خشن السطح إذا ما قورن بالركام الاعتيادي المستعمل في العراق، وهو بهذا يحتاج إلى كميات أكبر من الماء للحصول على خرسانة ذات قابلية تشغيل مساوية لتلك المنتجة من الركام الاعتيادي، وهو يمتص الماء اثناء وبعد عمليات الخلط لذلك يفضل خلطه وهو مشبع بالماء عند انتاج الخرسانة، واشار الباحث [51] بانه تعتبر عمليات التدوير لمخلفات البناء فى مصر ضعيفة اذا ماقورنت بعمليات التدوير فى البلاد الاخرى وذلك بسبب عدم وجود ثقافة التدوير واهميتها للحفاظ على الموارد الطبيعية وعدم وجود كودات ومواصفات خاصة بالمواد المراد تدويرها وعدم

وجود محطات مركزية نظرا لارتفاع تكلفة المعدات حيث ان الدول التى يتم فيها عملية التدوير تضع فى اعتبارها عدة عوامل اساسية اهمها:

- أن تكون المواد المراد تدويرها تستهلك كثيرًا من الموارد الطبيعية، توافق الخواص المراد تدويرها مع المواد الأخرى.
- معرفة الخواص الكيميائية للمواد المراد تدويرها.
- دراسة اقتصاديات إعادة التدوير بحيث تكون المادة المنتجة بنفس خواص ومميزات المادة الاصلية وتكلفتها اقل من تكلفة انتاج مادة جديدة من نفس النوع.

تطبيقات الخرسانة الصديقة للبيئة (الخضراء)

تستخدم الخرسانة الخضراء في مشاريع البناء الضخمة مثل الجسور والسدود والجدران الاستنادية وما إلى ذلك، تستخدم على نطاق واسع في تشييد المباني، تستخدم في بناء الطرق، يتم إستخدامها في بناء الركائز.

المواد وطرق العمل: (الدراسات العملية التي تم تطبيقها بمواد محلية في ليبيا)

المواد(المخلفات) التي استخدمت كبديل للمواد الأولية في الخلطات الخرسانية: توجد العديد من المواد (المخلفات) التي تستخدم كبديل جزئي أو كلي عن المواد الأولية في الخلطات الخرسانية والتي تم استخدامها في عدة دول من خلال الدراسات السابقة وفي هذه الدراسة سنقوم بتوضيح الدراسات التي اجريناها في ليبيا وباستخدام مواد محلية ومقارنتها مع الدراسات السابقة ومن هذه المخلفات الأتي:

دراسة تأثير خبث الأفران كبديل جزئي للرمل على الخواص الهندسية للخرسانة ذاتية الدمك[52].

الخبث من المخلفات الصناعية لعملية انتاج الحديد والذي يتسبب وجوده في مشكلة بئيية لايمكن التخلص منها عند عدم استعماله لذلك تم استخدام الخبث الليبي المنتج من افران القوس الكهربائي بطريقة التبريد البطيء في هذا البحث والذي يعتبر لحد الان مادة فائضة وليس هناك جهود في الوقت الحاضر لاستخدامه في الصناعة. هذه الورقة توضح نتائج دراسة اجريت حديثاً لاختبار إمكانية الاستفادة من خبث افران صهر الحديد المنتج محلياً بمصنع الحديد والصلب بمدينة مصراته- ليبيا حيث اهتمت الدراسة بتحديد أثر إحلال نسبة من مكونات الخلطة الخرسانية بالخبث و دراسة أثره على مقاومة الانضغاط و الشد وقابلية التشغيل ونسبة الامتصاص. صممت خلطة خرسانية مرجعية ثم تم إضافة الخبث إلى الخرسانة ذاتية الدمك بإحلال الخبث بنسب (20، 30، 40، 50)% من وزن الرمل وبديلاً عنه، وتم إضافة الملدن الفائق (Viscocrete-5930) بنسبة ثابتة (0.9) % من وزن الإسمنت وكان تصميم الخلطات الخرسانية وفقاً لهذه النسب ومن ثم تم اختبار الخرسانة في الحالة اللدنة التي تشمل (قابلية الانسياب، الانتشار،المرور ومقاومة الانعزال)، وكذلك في الحالة المتصلدة (مقاومة الضغط لعمر (7-28-56) يوم- مقاومة الشد لعمر (28) يوم - نسبة الامتصاص لعمر(56) يوم). أوضحت نتائج الإختبارات أن إضافة الخبث إلى الخرسانة ذاتية الدمك كان له تأثير إيجابي في زيادة مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد بالمقارنة مع الخلطة المرجعية، كما بينت نتائج الإختبارات الطرية للخلطات الخرسانية الحاوية على الخبث بأن إضافة الخبث يؤدي إلى زيادة في قابلية التشغيل للخرسانة ذاتية الدمك.

الجدول (1) نتائج التحليل الكيميائي للخبث.

الأكاسيد	النتيجة (%)
Al_2O_3	5.270
MnO	2.003
CaO	44.246
MgO	10.263
Na_2O	0.107
K_2O	0.010
Fe_2O_3	12.182
Cr_2O_3	0.159
SiO_2	17.006
TiO_2	0.654
P_2O_5	0.581
كبريت	0.033
المتبقي	7.486

الجدول (2) التحليل الكيميائي للخبث في بعض الدول.

الاكسيد	العراق	السودان	الجزائر	ليبيا	جنوب أفريقيا	روسيا	فرنسا	ألمانيا	بريطانيا
CaO	26.8	3.05	43.01	44.246	28-39	29-48	40-48	38-46	36-43
SiO_2	34.4	16.15	-	17.006	28-38	34-35	29-36	29-35	28-36
Al_2O_3	7.1	5.086	5.2	5.270	10-22	5-23	13-19	10-16	12-22
MgO	12.41	1.25	6.4	10.263	7-21	0-18	2-8	4-12	4-11
Fe_2O_3	17.9	10.75	3.57	12.182	0.4-3	-2.4 0.3	-3.8 0.5	0.2-1	0.3-0.7
Na_2O	0.2	-	-	0.107	-	-	-	-	-
K_2O	0.04	0.03	-	0.010	-	-	-	-	-

الجدول (3) يبين الخواص الفيزيائية والكيميائية للخبث المحلي.

الخواص الفيزيائية			المكونات الكيميائية الرئيسية (%)					
خردة حديدية (%)	الكثافة (طن/م^3)	الحجم الحبيبي (مم)	أكسيد الكالسيوم CaO	أكسيد الماغنسيوم MgO	أكسيد السليكون SiO_2	أكسيد الألمونيوم Al_2O_3	أكسيد الحديد Fe_2O_3	أكسيد المنجنيز MnO
2-4	3.3	1-300	30-45	4-10	15-25	4-8	15-25	1-3

الشكل (1) يوضح كمية الخبث في المصنع وعينة منه.

الشكل (2) يوضح مراحل طحن الخبث.

النتائج التي تم الحصول عليها عند استخدام خبث الأفران بنسب معينة من وزن الرمل و بديلاً عنه الأتي:

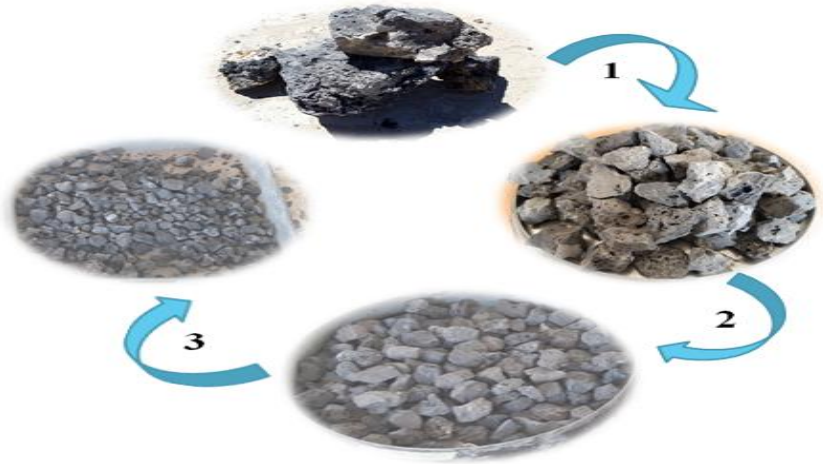
- لوحظ تأثيرها على خواص الخرسانة اللدنة حيث ظهر ماء النضح في الخلطات وكانت الخلطات ذات لزوجة عالية كلما زادت نسبة الخبث.
- لوحظ زيادة في مقاومة الضغط بالمقارنة بالخلطة المرجعية، حيث انه كلما زادت نسبة الخبث في الخلطة كلما تحصلنا على مقاومة ضغط جيدة، وكذلك زادت مقاومة الشد للخرسانة.
- قلت نسبة الامتصاص لنسبة معينة من إضافة خبث الأفران، ولكن عندما زادت نسبة الخبث عن 30% زادت نسبة الامتصاص تدريجياً.
- إن أفضل نسبة خبث والتي أعطت خواص جيدة في الحالة اللدنة وداخل حدود المواصفة هي 20%

كبديل عن الرمل بينما أعطت النسبة 50% كبديل عن الرمل أكبر مقاومة ضغط ومقاومة شد.

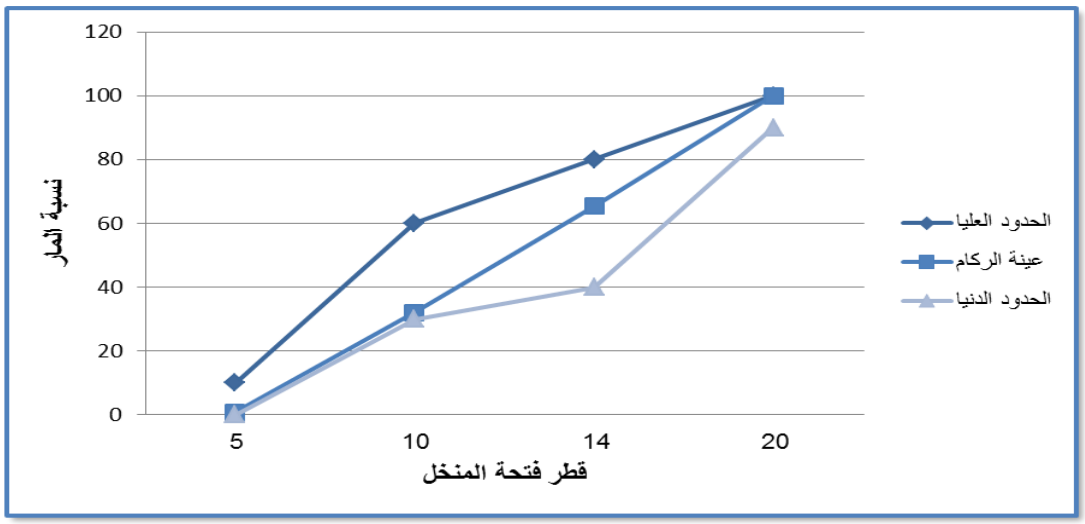
- بمقارنة نتائج هذه الدراسة بالدراسات السابقة فقد أثبت الخبث تحسين في الخواص المتصلدة للخرسانة من ناحية مقاومة الضغط والشد ونسبة الامتصاص.

دراسة عن المخلفات الصناعية (خبث الأفران) بإستخدامه كبديل جزئي للركام الخشن وتأثيره على الخواص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة[53].

توضح هذه الدراسة نتائج دراسة اجريت حديثاً لاختبار إمكانية الاستفادة من خبث افران صهر الحديد المنتج محلياً بـ(شركة الحديد والصلب بمدينة مصراته- ليبيا) حيث اهتمت الدراسة بتحديد أثر إحلال نسبة من مكونات الخلطة الخرسانية بالخبث ودراسة أثره على قابلية التشغيل ومقاومة الضغط والشد ونسبة الامتصاص، فتم تصميم خلطة خرسانية مرجعية ومن ثم تم إضافة الخبث إلى الخرسانة عالية المقاومة بإحلاله بنسب مختلفة(20، 30،40،50،60)% من وزن الركام الخشن وبديلاً عنه، وتم إضافة الملدن الفائق (Viscocrete tempo12) بنسبة ثابتة (1%) من وزن الإسمنت وكان تصميم الخلطات الخرسانية وفقاً لهذه النسب وتم اختبار الخرسانة في الحالة اللدنة(قابلية الانسياب)، وفي الحالة المتصلدة(مقاومة الضغط لعمر(7-14-28) يوم، مقاومة الشد،نسبة الامتصاص لعمر28 يوم)، وقد أوضحت نتائج الإختبارات إن إضافة الخبث إلى الخرسانة عالية المقاومة كان له تأثير إيجابي في زيادة مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد بالمقارنة مع الخلطة المرجعية حيث إن اكبر مقاومة ضغط سجلت عند نسبة 60% بمقدار(66.54MPa) كما بينت نتائج الإختبارات الطرية للخلطات الخرسانية الحاوية على الخبث بأن إضافة الخبث يؤدي إلى تقليل قابلية التشغيل للخرسانة، أي إنه كلما زادت نسبة الخبث قلت قابلية التشغيل في الخرسانة وبإضافة الملدن تم تحسينها، وكان هناك تحسنا بسيط في نسبة الامتصاص.



الشكل (3) يوضح مراحل تكسير الخبث.



الشكل (4) يوضح منحنى التدرج الحبيبي للخبث.

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة الاتي:

- نلاحظ انخفاض في قابلية التشغيل للخرسانة، وهذا يدل على إن الشكل الغير منتظم لركام الخبث أدى إلى انخفاض قابلية التشغيل (من خلال اختبار الهطول) وذلك بمقارنته بالخلطة المرجعية.
- اضافة المادة الملدنة (Tempo 12) زادت من تشغيلية الخرسانة اثناء الخلط بدون حدوث انفصال حبيبي، وكذلك اعطت نتائج جيدة عند اجراء اختبار مقاومة الضغط للخرسانة.
- أعطت مكعبات الخرسانة نتائج جيدة لجميع الاعمار وذلك لجودة المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية وأيضا عدم وجود فراغات تعشيش في المكعبات وذلك لدمكها جيدا اثناء الصب.
- اضافة الخبث يؤدي لزيادة مقاومة الانضغاط، فكلما زادت نسبة الخبث في الخلطة زادت مقاومة الضغط ومقاومة الشد بنسب ملحوظة. بينما كلما زادت نسبة الخبث قلت نسبة الامتصاص مقارنة بالخلطة المرجعية.
- من النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة فإن أفضل نسبة خبث والتي أعطت خواص جيدة في الحالة اللدنة و داخل الحدود المطلوبة للمواصفة هي 20% كبديل عن الركام، بينما كانت أفضل نسبة خبث والتي أعطت أكبر مقاومة ضغط و شد هي 60% كبديل جزئي عن الركام الخشن.
- بمقارنة نتائج هذه الدراسة بالدراسات السابقة فقد أثبت استخدام الخبث كبديل جزئي عن الركام الخشن تحسين في الخواص المتصلدة للخرسانة من ناحية مقاومة الضغط والشد و نسبة الامتصاص.
- إن استعمال الخبث كبديل جزئي عن الركام الخشن المستخدم في الخرسانة يعتبر ذا مردود اقتصادي ممتاز نظراً لتوفر مادة الخبث وخلوها من الأملاح الغير مرغوب فيها.

دراسة تأثير إضافة برادة الحديد كبديل جزئي عن الركام الناعم على بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة[54].

الخرسانة الخضراء هي شكل من أشكال الخرسانة الصديقة للبيئة التي يتم تصنيعها باستخدام النفايات أوالمواد المتبقية من الصناعات المختلفة، وتتطلب كمية أقل من الطاقة للإنتاج مقارنة بالخرسانة التقليدية وتسهم في تخفيف العبء على الموارد الطبيعية وهذا يحقق الحصول على بيئة نظيفة خالية من التلوث وذلك يحقق اهداف التنمية المستدامة. تحاول هذه الدراسة تطبيق مفهوم التنمية المستدامة للحد من التلوث البيئي عن طريق اضافة مسحوق الحديد (البرادة) حيث تم أخذها من معمل الحدادة بمدينة (الجميل)، وتم استخدامها بنسب (5،10،15،20)% من وزن الرمل (الركام الناعم) و كبديل جزئي عنه في جميع الخلطات، وذلك لمعرفة تأثير هذه النسب على الخواص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة ومقارنتها بالخلطة المرجعية. اجريت الاختبارات للخرسانة في الحالة اللدنة لتقييم أدائها، وتم ذلك عن طريق اجراء اختبار الهبوط Slump Flow، كما تم اختبار الخرسانة في الحالة المتصلدة حيث تم تنفيذ اختبار مقاومة الضغط، والكثافة على المكعبات الخرسانية عند أعمار مختلفة (7،14،28) يوم، وكذلك تم اجراء اختبار مقاومة الشد البرازيلي على اسطوانات قياسية عند عمر 28 يوم. اوضحت نتائج الاختبارات ان إحلال مسحوق الحديد(البرادة) كبديل جزئي للرمل أعطت نتائج جيدة للخرسانة في حالتها اللدنة ولكن قيمة الهبوط اقل مقارنة بالخلطة المرجعية، وكذلك إضافة مسحوق الحديد كان له اثر إيجابي في زيادة مقاومتي الضغط والشد مقارنة بالخلطة المرجعية فكانت اعلى قيمة لهما عند نسبة 20%، وايضاً زادت قيمة الكثافة بزيادة نسبة المسحوق.

الجدول (4) يبين المكونات الكيميائية الرئيسية لبرادة الحديد.[13]

Chemical compound	Weight (%)
أكسيد السليكون **SiO2**	2.41
ثاني أكسيد التيتانيوم **TiO2**	0.72
أكسيد الألمونيوم **AL2O3**	1.81
أكسيد الحديد **Fe2O3**	89.0
أكسيد الماغنيسيوم **MgO**	0.23
أكسيد المنجنيز **MnO**	2.16
أكسيد الكالسيوم **CaO**	0.45
أكسيد الصوديوم **Na2O**	0.66
أكسيد البوتاسيوم **K2O**	1.64
خامس أكسيد الفسفور **P2O5**	0.34
نحاس **Cu**	0.003
نيكل **Ni**	0.002

الشكل (5) يوضح شكل برادة الحديد (مصنع داخل مدينة الجميل).

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة الأتي:

- اعطيت اختبارات الخرسانة نتائج جيدة لجميع الاعمار، وذلك يدل على جودة المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية، وكذلك عدم وجود فراغات(تعشيش) في المكعبات وذلك لدمكها جيدا اثناء الصب.
- انخفاض قابلية التشغيل للخرسانة بشكل ضئيل وذلك بإحلال مسحوق الحديد عن الركام الناعم للخرسانة ولكن جميع الخلطات حققت الهبوط المطلوب (60-120) مم حيث كانت أفضل نسبة لمسحوق الحديد(البرادة) والتي أعطت خواص جيدة وداخل الحدود المطلوبة هي 5% كبديل جزئي للركام الناعم فكانت قيمة الهبوط 8.8cm وهي اقل من قيمة الهبوط في الخلطة المرجعية.
- احلال مسحوق الحديد لجميع النسب يؤدي الى زيادة مقاومة الانضغاط لمختلف ظروف الاختبار. حيث كلما زادت نسبة مسحوق الحديد في الخلطة زادت مقاومه الانضغاط والشد بنسب ملحوظه لجميع الاعمار، وذلك يعزى الى قوة وصلابة برادة الحديد وكذلك خواصها البوزولانية.
- اعلى قيمة لمقاومة الضغط (51.43 MPa)، اعلى قيمة لمقاومة الشد(4.105MPa) عند نسبة استبدال 20% وهي اعلى نسبة مقترحة في البحث ومقارنة بالخطة المرجعية.
- بالمقارنة بالخلطة المرجعية فإن كثافة الخرسانة زادت لجميع الخلطات التي تحتوي على نسب مختلفة من مسحوق الحديد فكانت (2541.9MPa،2543.1،2577.4،2594.3) على التوالي حيث كانت اعلى قيمة لاختبار الكثافة (2594.3MPa) عند نسبة استبدال 20% وهي اعلى نسبة مقترحة في البحث أي انه يمكن استخدامها لانتاج خرسانة ثقيلة ذات كثافة عالية..
- بمقارنه نتائج هذه الدراسة بالدراسات السابقة فقد اثبتت ان إضافة مسحوق الحديد الى الخرسانة يؤدي الى تحسين في الخواص المتصلدة للخرسانة من ناحية مقاومه الضغط والشد.
- إضافة المادة الملدن (Tempo12) زادت من تشغيلية الخرسانة اثناء الخلط بدون حدوث انفصال حبيبي، واعطت المادة المضافة للخرسانة نتائج جيدة عند اجراء اختبار مقاومه الضغط للخرسانة.
- ان استعمال مادة مسحوق الحديد في الخرسانة يساعد على التقليل من المخلفات حيث انها تزداد بكميات كبيره داخل معامل الحدادة وذلك يؤدي الى تلوث البيئة بشكل كبير.
- تم تحسين الخصائص الميكانيكية للخرسانة عند إضافة برادة الحديد كبديل جزئي للرمل بنسب محددة بالإضافة الي ذلك فأنها تقلل من استهلاك الرمال في البناء وبذلك تتم المحافظة على الموارد الطبيعية.
- استخدام هذا النوع من المخلفات في الخرسانة سيؤدي الى تحسين انتاج إدارة النفايات البيئية والاستخدام المربح للنفايات الصناعية.

أظهرت نتائج هذه الدراسة وكذلك الدراسات والابحاث السابقة لعدة دول جدوى الإنتاج للخرسانة مع مسحوق الحديد الذي يعتبر من المنتجات الثانوية، وهذا سوف يشجع المنتجين والجماعات البيئية لمواصلة جمع وتخزين هذه المواد الخطرة على صحة الانسان والبيئة.

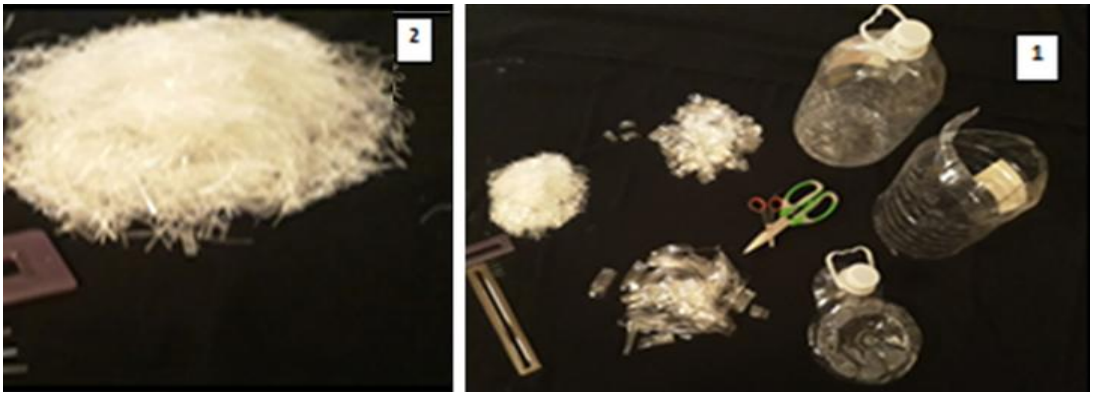
دراسة تأثير اضافة الياف المخلفات البلاستيكية على الخواص الهندسية للخرسانة ذاتية الدمك[55].

تم تطوير مفهوم الاستدامة في السنوات الماضية لتشمل صناعة البناء والتشييد لحل القضايا التي تتعلق بالاستهلاك المرتفع للمصادر الطبيعية والتلوث البيئي وانتاج كميات عالية من النفايات الصلبة ومن ناحية اخرى فإن انتاج البلاستيك ينمو بشكل كبير في كل عام وخاصة انواع من (PET_1) التي تستخدم لانتاج قناني مياه الشرب.تحاول هذه الدراسة تطبيق مفهوم الاستدامة للحد من التلوث البيئي عن طريق تقطيع قناني المياه البلاستيكية على شكل ألياف صغيرة تضاف إلى الخرسانة ذاتية الدمك لتحسين خواصها.لتحقيق هذا الغرض ولتوضيح تأثير الألياف البلاستيكية على سلوك الخرسانة ذاتية الدمك تم تقسيم هذه الدراسة إلى جزئين، الجزء الأول يوضح تأثير الألياف البلاستيكية على الخواص الطرية للخرسانة ذاتية الدمك والتي تشمل قابلية الانسياب، الانتشار،المرور ومقاومة الانعزال،في حين كان الجزء الثاني يشمل تقييم الخواص المتصلبة (الميكانيكية) والتي تشمل مقاومة الانضغاط والشد. تم تصميم خلطة مرجعية واحدة في هذا

البحث والتي تم اعتمادها كأساس لتطوير الخلطات الأخرى، في حين تم صب ثلاث خلطات محتوية على نسب مختلفة من الألياف البلاستيكية،حيث كانت تلك النسب (0.5، 1.0،1.5)% من وزن الاسمنت لغرض المقارنة مع الخلطة المرجعية، تم صب ثلاث مكعبات لفحص مقاومة الانضغاط،اسطوانة واحدة لإختبار(الشد الانشطاري).أوضحت نتائج الإختبارات أن إضافة الألياف البلاستيكية إلى الخرسانة ذاتية الدمك كان لها تأثير إيجابي في زيادة مقاومة الانضغاط و الشد،حيث كان مقدار الزيادة بعمر(28) يوم (10.49%) و(42%) على التوالي عند نسبة الياف (0.5-1)% بالمقارنة مع الخلطة المرجعية والتي تمثل أفضل نسبة للألياف، كما بينت نتائج الإختبارات الطرية للخلطات الخرسانية الحاوية على الألياف البلاستيكية بأن إضافة الألياف يؤدي إلى إنخفاض في قابلية التشغيل للخرسانة ذاتية الدمك.

الجدول (5) يوضح خصائص الألياف البلاستيكية.

Fiber Type	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Density (Kg/m^3)	Aspect Ratio(l/d)	Tensile strength	Modulus of elasticity (Gpa)
P. F	15	1	0.03	1100	28	101	0.19



الشكل (6) يوضح مراحل تقطيع البلاستيك.

عند إضافة مخلفات الألياف البلاستيكية للخرسانة ذاتية الدمك نلاحظ الآتي:

- عدم وجود أي نضح أو انفصال حبيبي وجميع الخلطات ذات استقرار مثالي (VSI= 0).
- بالنسبة لنتائج الحالة اللدنة فإنه كلما زادت نسبة الألياف قلت قيمة قطر الانتشار لاختبار (Slump Flow) وزاد زمن (T_{50}) وزادت نسبة الإعاقة واحتجاز الركام لاختبار(J-Ring) و(L-Box) بينما كانت جميع قيم اختبار (V-Funnel) داخل حدود المواصفة، ولم يلاحظ تأثير كبير على الخواص اللدنة أي أن جميع الخلطات متجانسة ومستقرة والقيم كانت قريبة من حدود المواصفات.
- لوحظ زيادة في مقاومة الضغط مقارنة بالخلطة المرجعية، حيث تبين أنه كلما زادت نسبة الألياف البلاستيكية في الخلطة كلما تحصلنا على مقاومة ضغط جيدة إلى أن نصل إلى نسبة معينة، وفي 28 يوم زادت مقاومة الضغط لنسب الألياف (0.5-1)% بنسبة (6.51-10.49)% على التوالي مقارنة بالخلطة المرجعية بينما قلت مقاومة الضغط عن الخلطة المرجعية لنسبة (1.5%) من الألياف البلاستيكية، حيث سجلت أفضل مقاومة ضغط عند 28 يوم لنسبة ألياف بلاستيكية 0.5% وكانت (43.09MPa) بنسبة زيادة عن الخلطة المرجعية مساوية لـ (10.49%).
- كلما زادت نسبة الألياف البلاستيكية زادت مقاومة الشد للخرسانة ذاتية الدمك أي أنها علاقة طردية. حيث كانت الزيادة لنسب الألياف (0.5-1-1.5)% بنسبة زيادة مساوية (37-42-34)%على التوالي وسجلت أفضل قراءة لمقاومة الشد عند 28 يوم لنسبة ألياف 1% (2.84MPa) حيث كانت نسبة الزيادة عن الخلطة المرجعية (42%).
- بمقارنة نتائج هذه الدراسة بالدراسات السابقة فقد أثبتت أن الألياف البلاستيكية تحسن من خواص الخرسانة المتصلدة وخاصة مقاومة الشد فقد تحسنت بشكل ممتاز.
- ان استخدام تلك القناني بأضافتها إلى الخرسانة ذاتية الدمك كألياف له أثر بيئي جيد يتمثل في التخلص من تلك المخلفات والتي عند طرحها للبيئة يسبب أثر بيئي سيء.
- إن استعمال الألياف البلاستيكية في الخرسانة يساعد على تحسين البيئة حيث أن انتاجها بصورة كبيرة والكمية المعاد تدويريها في العالم بالكامل لا تتجاوز 20% من إنتاج البلاستيك الكلي، فإن ذلك يؤدي إلى تلوث البيئة بشكل كبير.

تأثير إضافة الألياف الفولاذية المعاد تدويرها من الإطارات على خواص الخرسانة[56].

تعتبر الخرسانة بطبيعتها الفيزيائية والميكانيكية من المواد غير المتجانسة، حيث تتصرف مكوناتها والأسلاك الفولاذية ضمنا كمجموعة من المكونات الجزئية وفق قوانينها الفيزيائية والميكانيكية الموضعية وشروطها الحدية الخاصة حيث تحتوي إطارات السيارات على (14-15)% من وزنها ألياف فولاذية، يعتبر استخدام الألياف في مواد البناء لتحسين سلوكها مفهوما قديما ومعروفا، لذلك تستخدم في العصر الحديث مجموعة من الألياف لتحسين خصائص المواد الهندسية مثل قوة الشد والضغط ومعامل المرونة ومقاومة التشققات والتحكم بها والديمومة ومقاومة الصدم وتحسين الخصائص الحرارية ومقاومة الحرائق. يأتي هذا البحث ضمن منظور توظيف البحث العلمي ونتائجه التطبيقية في عملية تنمية المجتمع، حيث يسلط الضوء على مدخل لاستثمار أحد مواد النفايات (الألياف الفولاذية المعاد تدويرها من الإطارات المطاطية المستهلكة) لإنتاج خرسانة نوعية. اهتمت الأبحاث باستخدامها في الخرسانة، حيث ان امكانية استخدامها في ليبيا هو موضوع لم يدخل حيز الدراسات أو التطبيق العملي لذلك فان الدراسات حول هذا الموضوع مازالت واعدة وفي مراحل مبكرة مما شكل حافزا لإجراء البحث، وفي سبيل اعطاء قيمة مضافة للأبحاث الجارية لاسيما استخدام الاضافات للخرسانة حيث استخدمت ألياف بأطوال مختلفة (15-60)مم وبقطر0.1مم وبنسب حجمية (0.5،1،1.5)% واختبرت الخرسانة في الحالة اللدنة والمتصلدة (مقاومة الضغط والشد الغير مباشر والكثافة) لعمر(7،28) يوم، بينت النتائج تحسنا في خصائص الخرسانة بالإضافة الى زيادة في مقاومتها للضغط والشد بزيادة نسب المزج بالألياف مقارنة مع الخلطة المرجعية، ولذلك يتم استعمالها في تطبيقات هندسية عديدة مثل رصف المهابط في المطارات وأرضيات المعامل والمنشآت المائية نظرا لمقاومة هذه الخرسانة للتآكل بسبب جاريان الماء وغيرها من التطبيقات.

الشكل (7) يوضح شكل الالياف الفولاذية.

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة نستنتج الاتي:

- لوحظ تناقص في اختبار الهبوط كلما زادت نسب المزج بالألياف لذلك تم استخدام الملدنات لتحسين قابلية التشغيل.
- إضافة الملدن يضفي تأثيرات إيجابية على الخرسانة الطرية مثل زيادة الهبوط دون الحاجة الي كمية ماء إضافية وتقليل نسبة (W\C) لقيمة هبوط ثابتة، وتحسين قابلية التشغيل وتسهيل عملية الضخ للخرسانة.
- ان سلوك الخرسانة المسلحة بألياف الحديد يماثل سلوك الخرسانة المسلحة بالألياف الفولاذية من حيث تحسن مقاومة الضغط ومقاومة الشد مقارنة بدراسة الباحث[5] مما يبرر اضافة هذه الألياف للخرسانة.
- زادت مقاومة الضغط بزيادة نسب الألياف مقارنة بالخلطة المرجعية حيث وصلت المقاومة الى 49.73MPa عند إضافة الياف بنسبة 0.5% للخلطة، تم الحصول على اعلى مقاومة ضغط للخرسانة عند إضافة الالياف والملدن معا فكانت 61.47 MPa عند عمر 28 يوم، زيادة نسبة الألياف إلى 1.5% لها تأثير على انخفاض مقاومة الضغط للعينات.
- تزداد مقاومة الشد للخرسانة بإضافة الالياف مما يؤدي الى منع حدوث تشققات الانكماش.
- إضافة الألياف الفولاذية أدت إلى زيادة كثافة الخرسانة لجميع نسب الألياف مقارنة بالخلطة المرجعية.
- استخدام الالياف الفولاذية المستخرجة من الإطارات المستهلكة يؤمن فوائد إضافية مثل الكلفة المنخفضة للمواد الخام والاستفادة منها بالإضافة الي التخلص من النفايات الصلبة.

النتائج

- تعد مواد البناء من العناصر المهمة للتنفيذ والبناء، تعتبر مواد البناء وأساليب التنفيذ من أهم مصادر انبعاثات الغازات والاستهلاك للطاقة.
- استخدام مواد البناء الصديقة للبيئة المحلية سيكون له الاثر البالغ في توفير العديد من المزايا وبشكل مستدام وبما يخدم المدن وسكانها والبيئة أيضا.
- إن صناعة وانتاج الخرسانة الخضراء بمواد بناء صديقة للبيئة يعد ثورة لتطور البناء والتي تؤدي إلى بناء مستدام يحافظ على الموارد الطبيعية ويقلل من الانبعاثات الكربونية ومعدل استهلاك الطاقة لمواد البناء في مراحل الاستخراج والتصنيع والنقل والبناء.

- إن عملية إعادة تدوير واستخدام مواد البناء تقلل من استنزاف الموارد الطبيعية لمواد البناء كما انها تساعد على التقليل من التأثيرات السلبية على البيئة والناتجة عن انبعاث غاز ثاني اكسيد الكربون الناتج من صناعة الاسمنت على البيئة وكذلك التقليل من معدل استهلاك الطاقة لمواد البناء.
- عملية إعادة تدوير مخلفات الخرسانة ومواد البناء تقلل من أماكن الطمر ورمي النفايات لمواد البناء الصلبة.
- تسبب المخلفات نسبة كبيرة من التلوث البيئي والبصري لعدم وجود نشرات توضح اهمية استخدام مخلفات البناء.
- المخلفات الناتجة عن الهدم او البناء او المحاجر تمثل ثروة قومية لم تستغل بعد.
- إنتشار التلوث البيئى بشكل ملحوظ نتيجة التناطؤ فى عمليات نقل المخلفات والتخلص الآمن منها.
- استعمال مادة خبث الأفران في الخرسانة يساعد على تحسين البيئة حيث أن انتاجها بصورة كبيرة وتخزينها خارج المنشآت وبكميات تصل إلى مئات الألاف من الأطنان سنوياً يؤدي إلى تلوث البيئة بشكل كبير.
- استعمال الخبث كبديل جزئي للرمل المستخدم في الخرسانة يعتبر ذات مردود اقتصادي ممتاز نظراً لتوفر مادة الخبث وخلوها من الأملاح الغير مرغوب فيها.
- إن استعمال المخلفات الصناعية (خبث الأفران) في الخرسانة يساعد على تحسين البيئة حيث إن انتاجها بصورة كبيرة وتخزينها خارج المنشآت وبكميات تصل إلى مئات الألاف من الأطنان سنوياً كما تم ذكره سابقاً يؤدي إلى تلوث البيئة بشكل كبير.
- الخرسانة الخضراء هي شكل من أشكال الخرسانة الصديقة للبيئة التي يتم تصنيعها باستخدام النفايات أو المواد المتبقية من الصناعات المختلفة، وتتطلب كمية أقل من الطاقة للإنتاج مقارنة بالخرسانة التقليدية وتسهم في تخفيف العبء على الموارد الطبيعية وهذا يحقق الحصول على بيئة نظيفة خالية من التلوث وذلك يحقق اهداف التنمية المستدامة.

التوصيات

- البحث في مرحلة تحسين كفاءة إدارة الإنشاء باختيار مواد بناء صديقة للبيئة.
- البحث على إمكانية ترشيد استهلاك الطاقة بدءاً من تصنيع وانتاج المواد الخام ثم عملية النقل حتى عملية التشغيل.
- التوجه نحو الاستدامة البيئية لجميع مراحل العمل الإنشائي حفاظاً على البيئة.
- توفير عدة بدائل للمعماري للاختيار فيما بينها مما تسبب تقليل الاستهلاك للطاقة والانبعاث الكربونية لمواد البناء المختلفة، وطرق الإنشاء وأساليب النقل والتشغيل لتلك المواد.
- إصدار القوانين والتشريعات اللازمة التي تسمح للقطاع الخاص بالاستثمار في مجال اعادة تدوير مواد البناء من اجل خلق بيئة مستدامة.
- العمل على الرفع وتحسين الطلب على مواد البناء المتوافقة مع برنامج الاستدامة.
- العمل على الترشيد والتوعية عن طريق وسائل الاعلام والاعلانات والمدارس والجامعات للتوعية بمفهوم التنمية المستدامة.
- البحث في تطوير موارد وأنماط بناء صديقة للبيئة نحو تنمية مستدامة.
- التدخل الحكومى بالاشتراك مع الشركات الخاصة لاقامة عدة محطات لتدوير المخلفات ووضع اسس ومعايير لكيفية الاستفادة من المخلفات.
- المطالبة بأن يكون هناك تنسيق بين وزارة الاسكان ووزارة البيئة للبدء فى وضع استراتيجية قومية لاستغلال المخلفات الناتجة عن التشيد والبناء.

قائمة المراجع

1. الشيخ الطاهر أبوالقاسم محمد وآخرون (دراسة أثر إضافة خبث الحديد المحلي على بعض خواص الخرسانة) - جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا – 2016.
2. فيصل كاظم عبد الحسين وآخرون (تأثير استخدام الخبث المحلي على الامتصاص ومسامية الخرسانة عالية الأداء) – معهد التكنولوجيا بغداد – 2009.
3. الحاج القادري (أثار خبث الأفران وأنواع الملدنات الفائقة على الخواص اللدنة ومقاومة الضغط على الخرسانة ذاتية الدمك) – جامعة سيرجي بونتواز فرنسا – 2012.
4. (استخدام خبث أفران الحديد والصلب كبديل عن الرمل في الخرسانة) – معهد التكنولوجيا بغداد.
5. مزغيش وآخرون – (دراسة إسمنت الخبث والخرسانة المنتجة على أساسه) – جامعة محمد كهيدر الجزائر – 2004.
6. Fredonia, f. (2007). World Construction Aggregate — Industry study with forecasts for 2011 and 2016, The Fredonia Group, USA.
7. Libyan Iron & Steel Company LISC (2015) Brief description about slag. Accessed on 25th September 2015.
8. *Tran, M., Van Nguyen, C., Toyoharu, N. A. W. A., & Stitmannaithum, B. (2008). Properties of high strength concrete using steel slag coarse aggregate. Construction and Building Materials, 16(2), 543-550.*

9. عباس سالم عباس الاميري، سهيلة غازي مطر، (استخدام الخبث المحلي كركام خشن في الخرسانة).
10. نور الدين محمد الطوير، زكريا محمد أميمن (دراسة الخواص الميكانيكة لركام خبث الافران العالية بمصنع الحديد والصلب بمصراتة وتأثيره على خواص الخرسانة عالية المقاومة)، المؤتمر الثاني لعلوم البيئة، زليتن، ليبيا 15-17 ديسمبر (2015).
11. Mohammed Noori Hussein al-hashimi wisam Abdullah najim performance of concrete containing iron filling. Journal of university of Babylon for engineering sciences.2018.vol. (26).no (6).
12. Ali N. Alzaed. Effect of Iron Filings in Concrete Compression and Tensile Strength. International Journal of Recent Development in Engineering and Technology Website: www.ijrdet.com (ISSN 2347 – 64 35 (Online)) Volume 3, Issue 4, October 2014)
13. Shehdeh Ghannama, Husam Najmb, Rosa Vasconez .Experimental Study of Concrete Made with Granite And Iron Powders As Partial Replacement Of Sand.*2016*
14. Festus Adeyemi Olutoge1, Michael Attah Onugba1 and Amana Ocholi. Strength Properties of Concrete Produced with Iron Filings as Sand Replacement. 2016.ISSN:
15. Prema KWP, Ananthayya MB, Vijay K. Effect of replacing sand by iron ore tailings on the compressive strength of concrete and flexural strength of reinforced concrete beams. International Journal of Engineering Research and Technology. 2014;3(7):1374-1376.
16. Tayeh, Bassam A., and Doha M. Al Saffar. (Utilization of waste iron powder as fine aggregate in cement mortar). Journal of Engineering Research and Technology 5.2(2018).
17. محمد رشيد العود واخرون (النفايات البلاستيكية وآثارها على البيئة والانسان والطرق الحديثة للاستفادة والتخلص منها) مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية المجلد (1) العدد (2) ديسمبر 2015.
18. Dr. Abdulakader Ismail AL-Alhadithi, Nahla Naji Hilal," The possibility of enhancing some properties of self-compacting concrete by adding waste. plastic fibers", Journal of Building Engineering, University of Anbar, 2016.
19. Dr. Abdulakader Ismail AL-Alhadithi, waseem khairi Mosleh Frhaan," The Effects of Adding Waste Plastic Fibers (WPFs) on Some Properties of Self Compacting Concrete using Iraqi local Materials", Iraqi Journal of civil Engineering, 2017, Vol.11, pp 1-20.
20. د. عبد القادر إسماعيل الحديثي، الآنسة شيلان محمود حمه - ورقة بحثية بعنوان (بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة البوليميرية المعززة بألياف الفضلات البلاستيكية) - المجلة العراقية للهندسة الميكانيكية وهندسة المواد.
21. Dr. Abdulkader Ismail Al- Hadithi, Mustafa Ahmed Abbas," The Effects of adding Waste Plastic Fibers on the Mechnical Properties and Shear Strenght of Reinforced Concrete Beams", Iraqi Journal of Civil Engineering Vol.12, No.1, pp.110-124.
22. Khalil Ibrahim Aziz, Huda Al Moqbel Kuhair," MECHANICAL PROPERTIES FOR ORDINARY CONCRETE CONTANING WASTE PLASTIC FIBERS", Iraqi Journal of Civil Engineering, University of Anbar, 2017, pp.33-44.
23. الدراسة الفنية والاقتصادية لتوسيع طاقة انتاج الاطارات في العراق، المنشأة العامة للصناعات المطاطية، .تشرين الثاني، 1987.
24. *Garrick, G.M. "Analysis and Testing of waste tire fiber Modified concrete ", M.sc., Thesis, University of Louisiana state , U.S.A , Louisiana ,2005.*
25. Najim, Khalid Battal, "Mechanical properties of fiber waste tire concrete Dep.of civil Engineering , university of Anbar. June ,2007
26. Al_Sakini, Jafaar Sadiq , "Behaviour and characteristics of chopped worn-out tires light weight concrete , Thesis , university of technology Baghdad , Feb.1998.
27. Al-khamisi ,D.T. "study of the Material characteristics and structural behavior of light weight chopped worn-out tires concrete Masony wales" M.sc, thesis, university of technology , Baghdad ,1999.
28. استعمال مفروم الاطارات المطاطية المستهلكة كركام ناعم في صناعة الخرسانة، المؤتمر العلمي الفني السادس/ تونس، مركز بحوث البناء، 1998.
29. الندوة العالمية للتنمية العمرانية في المناطق الصحراوية ومشكلات البناء، وزارة الاشغال العامة والاسكان، جمهورية مصر العربية 2008.
30. انتصار قدوري جمعة واخرون (تاثير مفروم الاطارات المطاطية على بعض خواص الخرسانة العالية المقاومة) معهد التكنولوجيا – بغداد سنة 2011.
31. ACI COMMITTEE 544. Design Considerations for Steel Fiber Reinforced Concrete (ACI 544.4 R-09). American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan,2009.

32. THOMAS,job; RAMASWAMY, Ananth. Mechanical properties of steel fiber-reinforced concrete. journal of materials in civil engineering,2007,19.5;385-392.
33. SOUTSOS, M.N.; LE, T.T; LAMPROPOULOS, A.P, Flexural performance of fiber reinforced concrete made with steel and synthetic fibres. Construction and building materials, 2012 , 36 ;704 – 710
34. ABDALKADER, Ashraf; ELZAROUG, Omer; ABUBAKER, Farhat. Flexural cracking behavior of steel fiber reinforced concrete beams, international journal of scientific & technology research, volume 6, issue 08,2017,273-27.
35. KANG, Thomas HK, et al. shear-flexure coupling behavior of steel fiber – reinforced concrete beams. ACI structural journal, 2012, 109.4.
36. BENCARDINO, F., RIZZUTI, L., SPADEA, G. Experimental tests vs. theoretical modeling for FRC in compression. In Proc. 6th Int. Conf. on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures - FraMCoS-6, Catania, Italy, 2007.
37. TLEMAT, H., PILAKOUTAS, K., NEOCLEOUS, K. Stress-strain characteristic of SFRC using recycled fibers, Materials and Structures, (2006), 39 (3), pp. 365-377.
38. AIELLO; LEONE: steel fibers from waste tires as reinforcement in concrete: a mechanical characterization. department of innovation engineering, university of salento, via monteroni, 73100, lecce, Italy.
39. OLIVITO R.S., ZUCCARELLO F.A. “An experimental study on the tensile strength of steel fiber reinforced concrete”, Composites Part B: Engineering, (2010)41 Issue 3, 246-255.
40. BURATTI N., MAZZOTTI C., SAVOIA M., “Post-cracking behavior of steel and macro synthetic fiber-reinforced concretes”, Construction and Building Materials, (2011), 25 Issue 5,2713-2722.
41. نورالدين محمد الطوير واخرون (امكانية استخدام مخلفات ورش الرخام كركام خشن لإنتاج الخرسانة العادية) المؤتمر الاقتصادي الأول للاستثمار والتنمية في منطقة الخمس *27 - 25* ديسمبر *2017*
42. Fredonia, F. (2007), "World Construction Aggregates", Industry study with forecasts for 2011 and 2016, The Freedonia Group, USA.
43. Hebhoub H., Aoun H., Belachia M., Houari H., Ghorbel E. (2011), "Use of Waste Marble Aggregate in Concrete", Construction and Building Materials, 25 (8) pp: 1167-1171.
44. Saboy F., Vavier G., Alexander J. (2007), "Use of the Powder Marble By– product to Enhance the Properties of Brick Ceramic", Construction and Building Materials, 21 (5) pp: 1950 –1960.
45. Corinaldesi V., Giacomo G., Tarun R. (2010), "Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete", Construction and Building Materials, 24 (2) pp: 113-117.
46. Akbulut H., Gurer C. (2007), "Use of Aggregate Produced From Marble Quarry Waste In Asphalt Pavements", Building and Environments, 42 (7) pp:1921-1930.
47. مازن طه حامد القطان واخرون (استخدام مخلفات البناء في الخلطات الخرسانية) المعهد التقني/الموصل سنة 2011م.
48. Karlsson M. "Reactivety in Recycled concrete Aggregare", 1, available via internet at the web site: http://www.vbt/bme.hu/phdsymp/2nd phd/proceedings/ Karlsson.pdf., 1998.
49. Boltryk M., Malaszkiewicz D. and Pawluczk E. " Basis Technical properties of Recycled Aggregate concrete", available via internet at the web site: http://www.vgtu.lt/leidniai /lidykla/mbm-2007/1pdf/ boltryk_ mal 2.pdf. , 2007.
50. Poon C.S., kou S. and Lam L. " Use of Recycled Aggregates in Molded Concrete Bricks and Blocks", available via internet at the web site: http://www.cedd.gov.hk/eng/services/recycling/doc/use _rec_agg.pdf., 2011.
51. www.ara b.eng.org/vb/t169456html.
52. سعاد ابوالقاسم تليش، عبدالله حمدان، محمد كشير (دراسة عن المخلفات الصناعية (خبث الأفران) بإستخدامه كبديل جزئي للركام الخشن وتأثيره على الخواص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة) المؤتمر الدولـي الأول للعلوم الهندسية *(ICES2022)* مارس 2022م كلية الهندسة – جامعة سرت – ليبيا.
53. سعاد ابوالقاسم تليش، ذكرى المشمر، محمد ضو (دراسة تأثير إضافة برادة الحديد كبديل جزئي عن الركام الناعم على بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة) المؤتمر الهندسي الرابع لنقابة المهن الهندسية الزاوية (الطاقات المتجددة ومواجهة التغير المناخي لتحقيق التنمية المستدامة) ديسمبر2023م.