مواد البناء الخضراء نحو مباني بيئية في الصحراء

Green Construction Materials Towards Environmental Desert Buildings

أ. م. د/ مي وهبة محمد مدكور

أستاذ مشارك في الهندسة المعمارية والتصميم الحضري، المدير العام السابق لبرنامج EAE ، كلية الهندسة ، جامعة طنطا ، مصر

Associ. Prof. Dr. Mai Wahba Mohamed Madkour

Associate Professor of Architecture and Urban Design, Former General Mannager – EAE Program, Faculty of Engineering, Tanta University, Egypt

mai_madkour@f-eng.tanta.edu.eg

ملخص البحث:

يشمل مفهوم المبانى الخضراء، المبنى الذى تم تصميمه أو بناؤه أو تشغيله أو صيانته أو إعادة استخدامه بهداف حماية صحة قاطنيه وتحسين انتاجية مستخدميه واستخدام الموارد الطبيعية بحكمة وتقليل التأثير البيئى. بمعنى آخر، تتضمن عملية البناء الأخضر الاعتبارات البيئية فى كل مرحلة من مراحل تشييد المبنى. حيث تركز هذه العملية على مراحل التصميم والبناء والتشغيل والصيانة وتأخذ فى الاعتبار التصميم الكمى وكفاءة التطوير، وكفاءة الطاقة والمياه والموارد، وجودة البيئة الداخلية، وصيانة المالك للمبنى والتأثير العام للمبنى على البيئة. لذلك يجب أن يبدأ تصميم المبانى الخضراء باختيار واستخدام مواد صديقة للبيئة ذات ميزات أفضل من مواد البناء التقليدية.

يوجد العديد من مواد البناء الخضراء والتي تعد أفضل من حيث استخدامها في عملية البناء عن الخرسانة. تستخدم الخرسانة كمادة بناء أساسية في تشييد العديد من المنشآت مثل الكباري والمباني الإدارية والمباني السكنية ...إلخ. ينتج عن استخدام الخرسانة كمادة بناء العديد من الغازات السامة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون والتي تضر بالبيئة كل عام مما يساهم في حدوث التغيرات المناخية. لذا يوجد حاجة ماسة للبحث عن مواد بناء جديدة لا تؤدي إلى تلوث الهواء وتكون بديلة للخرسانة ولديها أقل ما يمكن من التأثير السلبي على البيئة المحيطة.

ومن هذا المنطلق وطبقاً لبناء مباني جديدة بالصحراء يسلط هذا البحث الضوء على مواد البناء الخضراء كحل بديل لبناء منشآت صديقة للبيئة في الصحراء.

المشكلة البحثية: الضرر البالغ الواقع على البيئة المحيطة بشكل عام وفي البيئات الصحراوية بشكل خاص نتيجة التأثير السلبي للعديد من الغازات السامة مثل ثاني أكيد الكربون والتي تنبعث عند استخدام بعض مواد البناء مثل الخرسانة المسلحة.

أهمية البحث: تكمن أهمية البحث في الحاجة الماسة اليوم للبحث عن مواد بناء خضراء مستدامة والتي تعد أفضل من حيث استخدامها في عمليات البناء عن الخرسانة لا تؤدي إلى تلوث الهواء وتكون بديلة للخرسانة ولديها أقل ما يمكن من التأثير السلبي على البيئة المحيطة.

أهداف البحث: يهدف البحث إلى تسليط الضوء على استخدام مواد البناء الخضراء كحل بديل لمواد البناء التقليدية كالخرسانة للحد من آثارها السلبية على البيئة المحيطة ولبناء منشأت صديقة للبيئة الصحراوية.

منهجية البحث: تتضمن منهجية البحث:

- **الجزء النظري:** يشتمل على بعض المفاهيم الهامة لمواد البناء الخضراء، الإستدامة، المباني الصحراوية، مباديء ومميزات وعيوب مواد البناء الخضراء.

- **الجزء التحليلي**: يوضح البحث دراسة تحليلية لمواد البناء البيئية المستدامو والخضراء الصديقة للبيئة وكيف يمكن استخدامها كحلول بديلة لمثيلتها من مواد البناء التقليدية ويوضح بعض الأمثلة المحلية واالعالمية والتي تستخدم مواد بناء صديقة للبيئة ولا تضر بها للاسترشاد بها عند بناء أي منشا في الصحراء، **ويخلص** البحث الى نقطة هامة وإيجابية وهي أن استخدام مواد البناء الخضراء في تشييد المباني يعد طريقة يمكن تطبيقها لبناء مباني جديدة في الصحراء دون الإضرار بالبيئة المحيطة ويؤدي إلى إيجاد مدن مستدامة صديقة للبيئة في البيئات الصحراوية.

الكلمات المفتاحية:
مواد البناء الخضراء، الإستدامة، المباني الصحراوية، المصادر الطبيعية، المباني البيئية.

Abstract:

The concept of green buildings includes the building that is designed, built, operated, maintained or reused with the aim of protecting the health of its residents, improving the productivity of its users, using natural resources wisely and reducing the environmental impact. In other words, the green building process includes environmental considerations at every stage of the building's construction. This process focuses on the design, construction, operation and maintenance phases and takes into account quantitative design and development efficiency, energy, water and resource efficiency, internal environmental quality, owner maintenance of the building and the overall impact of the building on the environment. So green building design must start with choosing and using environmentally friendly materials that have better features than traditional building materials.

There are many green building materials that are much better than using concrete in buildings. Concrete as a building material is used in the construction of many buildings such as bridges, office buildings house buildings…etc. Concrete materials release tons of greenhouse gas carbon dioxide (CO2) every year, which leads to climatic change. So there's a great need to search for new construction materials that dosen't pollute the atmosphere and are alternative to concrete and have a lower impact on the sorrounding environment.

From this point of view and due to building new buildings in the desert this research briefs an overview of green construction materials as a principle source for building sustainable environmental buildings in the desert.

Research problem: the severe damage to the surrounding environment in general and to desert environments in particular, as a result of the negative impact of many toxic gases such as carbon dioxide, which are emitted when using some building materials such as reinforced concrete.

Research Importance: The importance of research lies in the urgent need today to search for sustainable green building materials that are better in terms of use in construction processes than concrete that does not lead to air pollution and is an alternative to concrete and has the least possible negative impact on the surrounding environment.

Research objectives: The research aims to shed light on the use of green building materials as an alternative solution to traditional building materials such as concrete to reduce their negative effects on the surrounding environment and to build facilities that are friendly to the desert environment.

Research methodology: The research methodology includes:

- **Theoretical part:** includes some important concepts and definitions of green building materials, sustainability, desert buildings, principles, advantages and disadvantages of green building materials.
- **Analytical part:** The research shows an analytical study of sustainable and green eco-friendly building materials and how they can be used as alternative solutions to similar traditional building materials and shows some local and global examples that use environmentally friendly building materials that do not harm them as a guide when building any building in the desert. The research concludes with a very positive note that using green construction materials is a feasible way for building in the desert that have a very lower impact on the environment and leads to sustainable environmental desert cities.

Key words:
Green construction materials, Sustainability, Desert buildings, Natural resources, Environmental buildings.

المقدمة:
تهدف العمارة المستدامة إلى تقليل التاثير السلبي للمباني على البيئة المحيطة عن طريق استهلاك أقل قدر ممكن من الطاقة واستخدام موارد، ومواد غير سامة لا تضر بالبيئة المحيطة .*(Hemeida, 2010)*

يشمل مفهوم المباني الخضراء، المبنى الذي تم تصميمه أو بناؤه أو تشغيله أو صيانته أو إعادة استخدامه بهداف حماية صحة قاطنيه وتحسين انتاجية مستخدميه واستخدام الموارد الطبيعية بحكمة وتقليل التأثير البيئي.

عادةً ما يتم اختيار مواد البناء من خلال المتطلبات الوظيفية والتقنية والاقتصادية. ولذا وتحت مظلة الاستدامة يمكن لقطاع البناء، الالتزام بالمساهمة في التنمية المستدامة من خلال إيجاد طرق أكثر ملاءمةً من الناحية البيئية للمبنى وتشييده. من بين توجيهات الحلول التي يمكن الحصول عليها من تطبيقات المواد الجديدة، وإعادة التدوير وإعادة الاستخدام، والإنتاج المستدام للمنتجات أو استخدام الموارد الخضراء.

الغرض الرئيسي لهذه الورقة البحثية هو تسليط الضوء على كيفية مساهمة مواد البناء الخضراء المستدامة في تقليل تأثير التدهور البيئي، وإنشاء مبانٍ بيئية مستدامة للمستخدمين وخاصةً في البيئات الصحراوية.

يشير المصطلح "أخضر" إلى الممارسات الصديقة للبيئة بدايةً من تصميم المباني وصولاً إلى التصميم العمراني وتنسيق الحدائق. لا ينطبق ذلك المصطلح على المواد فقط لكن ينطبق ايضاً على استراتيجيات التشييد وتصميم المباني وممارسات البناء ويعزز الصحة الاقتصادية ورفاهية المجتمعات. ومن هذا المنطلق وطبقاً لبناء مبانٍ بيئية في الصحراء، يقدم هذا البحث لمحة عامة عن مواد البناء الخضراء كمصدر أساسي لبناء المباني البيئية المستدامة في البيئات الصحراوية. *(Gutierrez Diana, 2018).*

من منظور الأثر البيئي، يتضح أن قطاع البناء له تأثير كبيرعلى البيئة بأكملها، حيث تمثل المباني السكنية الصحراوية نسبة كبيرة من البيئة الصحراوية المبنية، كما أن اختيار مواد البناء وتخطيط الموقع العام من الأمور الضرورية للاستدامة. يعتبرتبني مواد البناء الخضراء مدخل متميز لتحقيق الاستدامة إذ يعد اختيار مواد البناء التي لها الحد الأدنى من التاثيرات البيئية مفيد في التنمية المستدامة لعمليات البناء في الصحراء. وتم توضيح مدى فعالية تلك الاستراتيجية في نشر الأفكار حول أفضل ممارسات المدافعين عن البيئة الخضراء والبناة والأفراد الذين يسعون إلى وسيلة بديلة لتحديد عملية اختيار مواد البناء، ولا يتوفر إلا عدد قليل جدًا من هذه الأنظمة التي تدعم الاستخدام الفعال والجوهري لمواد البناء التقليدية المعاد

تدويرها. في مرحلة اتخاذ القرارات التصميمية لأي مبنى. *(Wang W, Zmeureanua R, Rivard H, 2005, Yudelson J, 2008)*

خلال الثلاثين إلى الأربعين عامًا الماضية، ظهر الاحتباس الحراري في العالم وبداية ثقب طبقة الأوزون، وقلة الموارد، وندرة الطاقة، والتسمم البيئي والبشري، وظهورالأمطار الحمضية، وما إلى ذلك، وأنذرت تلك العوامل، بل أجبرت البشرية على تغيير طريقة آدائها وتعايشها على سطح الأرض. ولا تساهم المباني الخضراء في التشييد البيئي المستدام فحسب، بل تجلب أيضًا الكثير من الفوائد المميزات لملاك ومستخدمي المباني. كذلك تساهم في خفض تكاليف التطوير والتشغيل، وتعمل على زيادة الراحة للمستخدمين، وتوفير بيئة داخلية جيدة أكثر صحة، وتحسين المتانة، وتقلل من تكاليف الصيانة. *(Cooper I, 1999)*

المباني الخضراء:

يشير مصطاح المباني الخضراء إلى المنشأ واستخدام طريقة بناء بيئية موفرة للموارد خلال دورة حياة المبنى، بداية من مرحلة إعداد التصميمات المعمارية والانشائية، وحتى عملية التشغيل والصيانة والتجديد والهدم.

يتم تصميم المباني الخضراء لتقليل تأثير البيئة المبنية على صحة الإنسان والبيئة الطبيعية من خلال:

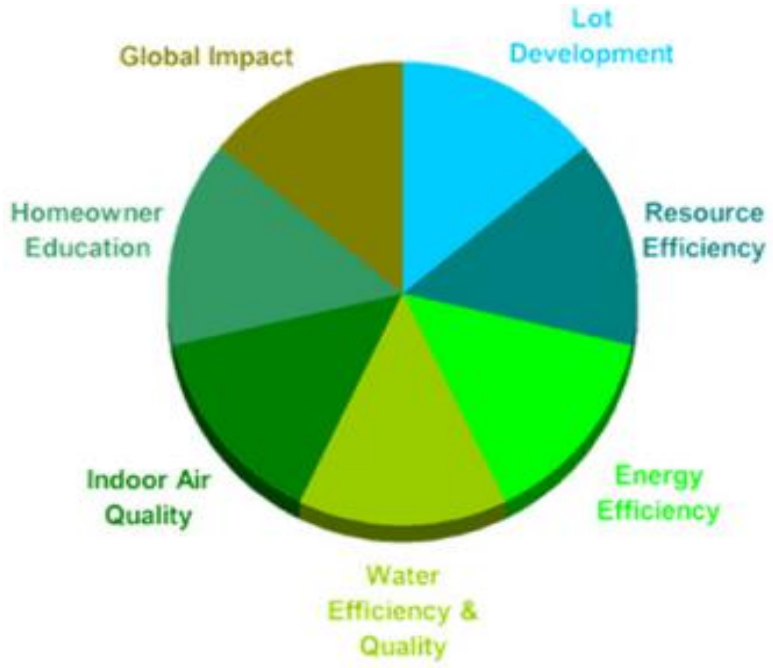
1- كفاءة استخدام الطاقة والمياه والموارد الأخرى.

2- حماية صحة المستخدمين وتحسين إنتاجية العاملين.

3- الحد من الهدر والتلوث وتدهور البيئة. *(https://www.researchgate.net/publication/291345604)*

مميزات البناء الأخضر: يتميز البناء الأخضر بالعديد من المميزات منها:

- موفر لاستهلاك الطاقة لأنظمة التكييف والإضاءة واستخدام الطاقة المتجددة في الموقع.
- خطة القياس والتحقق لضمان توفير الطاقة والمياه.
- الحد من التأثير السلبي للمبنى على البيئة المحيطة.
- المحافظة على عناصر تنسيق الموقع قدر الامكان ومرعاة ظروف طبيعة الموقع.
- استخدام مواد البناء المعاد تدويرها والصديقة للبيئة.
- استخدام المواد غير السامة والمعاد تدويرها أو القابلة لإعادة التدوير.
- الاستخدام الفعال لإعادة تدوير المياه.
- تحسين جودة الهواء الداخلي من أجل سلامة وراحة الإنسان.
- استخدام مواد متجددة بشكل دائم.
- توفير الإضاءة الطبيعية للرؤية.



شكل 1: مميزات البناء الأخضر.
المصدر: *(Baker G, 2006)*

كفاءة الطاقة في البناء الأخضر:

بالنسبة لمبنى جديد أو يتم تجديده لتحقيق كفاءة الطاقة، لابد من اتباع الخطوات التالية:

- تصميم مشروع شامل ومتكامل.
- تحديد الأهداف والغايات والاستراتيجيات.
- تنفيذ تدابير كفاءة الطاقة بشكل شامل. *(Baker G, 2006)*

تقدم مبادئ دورة الحياة للتصميم إرشادات أساسية لاختيار مواد البناء ويتم فحص كل مرحلة من مراحل عملية الانتاج بدايةً من جمع المواد الخام والتصنيع والتوزيع والتركيب، إلى إعادة التدوير أو التخلص النهائي من أجل تأثيرها السلبي على البيئة. يمكن تنظيم دورة حياة المادة جيدًا من خلال ثلاث مراحل، ما قبل البناء، والبناء، وما بعد البناء. حيث تتوازى هذه المراحل مع مراحل دورة حياة المبنى نفسه.

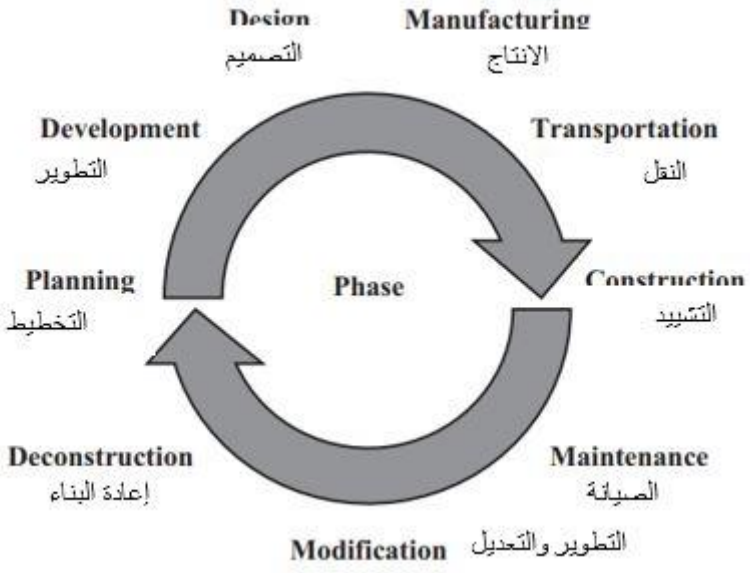
يتيح تقييم الأثر البيئي لمواد البناء في كل مرحلة تحليل التكلفة والعائد على مدى عمر المبنى، بدلاً من مجرد حساب تكاليف البناء الأولية فقط. *(Matthiessen LF, Morris P, 2007)*

تعريف مواد البناء الخضراء:

هناك تعريفات عديدة لـ مصطلح "الخضراء" المستخدمة في صناعة البناء، بدءاً من التعريفات البسيطة إلى تلك التي تتضمن معايير مفصلة. التعريف الجيد والبسيط هو أن مواد البناء الخضراء مسؤولة كلياً عن الحفاظ على البيئة المحيطة وتقليل تأثيرها السلبي على مر عمر مواد البناء. *(Spiegel & Meadows, 1999)*

طالما أن المادة لها تأثير إيجابي واحد على الأقل على البيئة، فيمكن اعتبارها خضراء. ومع ذلك، عند تحليلها بشكل أكبر، يمكن لهذه المادة أن تضر بالبيئة أكثر مما تفيد. لذلك، من المهم معرفة من يقوم بتسمية مادة ما بأنها خضراء. تتم تحت رعاية العديد من المنظمات تحديد طبيعة المواد من قبل مصانع مواد البناء، وبالتالي يمكن أن تطلق على مواد البناء خضراء بسهولة مما يعقد عملية التحديد الدقيق لمدى انطباق مصطلح المواد الخضراء عليها.

قد تكمن المشكلة في تحديد تعريف دقيق لمصطلح "خضراء" في غياب وجود تعريف مطلق. مما يؤدي إلى عدم وجود تعريف عام واضح. ومع ذلك، من خلال دراسة المشاكل التي تحدث عند تسمية المواد بالخضراء، يمكن محاولة التوصل لفهم المباديء التي تساهم في جعل مادة البناء خضراء وكيفية تطبيق هذه المبادئ في عمليات التصميم والبناء.



شكل 2: المراحل المختلفة التي تمر بها دورة حياة مواد البناء.
المصدر: *(Sinha, Gupta, Kutnar, 2012)*

مواد البناء البديلة:

قد يبدأ تقييم مواد البناء الخضراء والترويج لها على أنها مواد تقليدية لأنها تعد أكثر استخداماً. ولكن في حالة الاستدامة، يجب أن تتناسب مواد البناء مع عمليات النظام البيئي. ومن هنا يتضح معنى المواد البديلة. جميع مواد البناء تلك تستفيد بقدر كبير من الموارد المحلية ويتم إنتاجها بكمية طاقة قليلة جداً. تحتاج عمليات البناء الخاصة بها إلى العمالة الكبيرة وتكون موفرة للموارد حيث يتم معظمها عن طريق التجفيف الطبيعي ويمكن إعادة تدويرها وإعادة استخدامها. كما أنها غير سامة ينتج عنها حد قليل جداً من التلوث للبيئة. مثل المواد الترابية الأرضية "earthships" والبناء ببالات القش، حيث تعتبر استفادة جيدة من النفايات التي يمكن استغلالها.

مميزات مواد البناء الخضراء: توفر مواد البناء الخضراء مزايا محددة لمالك وشاغلي المبنى:

- انخفاض تكاليف الصيانة والاحلال على مدى عمر المبنى.
- الحفاظ على الطاقة.
- تحسين صحة وانتاجية شاغلي المبنى.
- انخفاض التكاليف المرتبطة بتغيير تكوينات الفراغات.
- المرونة الأكبر في التصميم.

تتكون مواد البناء الخضراء من مصادر متجددة. وتعتبر مسؤولة عن التاثير على مدى عمر المبنى. *(Spiegel, R & Meadows, D, 1999)*

يمكن أن يؤدي حماية مواد البناء وإعادة استخدامها إلى توفير الطاقة وتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري عن طريق تقليل الحاجة إلى استخراج المواد الخام ومعالجتها وشحن مواد جديدة من مسافات طويلة إلى مشاريع البناء. بالإضافة إلى ذلك، تقلل المواد الخضراء من الآثار البيئية والاقتصادية للتخلص من النفايات. *(Torgal, F. and Jalali, S., 2011)*

تقييم مواد البناء الخضراء:

اعتماداً على أهداف أي مشروع قد يتضمن تقييم المواد الخضراء تقييم واحد أو أكثر من المعايير التالية: *(Froeschle, LM., 1999)*

1- **كفاءة استخدام الموارد:** معاد تدويرها - طبيعية أو متوفرة أو متجددة - الكفاءة في استخدام الموارد عند عملية التصنيع - متاحة محلياً - تم حمايتها أو تجديدها أو إعادة تصنيعها - قابلة لإعادة الاستخدام أو إعادة التدوير - تغليف المنتجات المعاد تدويرها أو القابلة لإعادة التدوير - متانتها عالية.

2- **جودة الهواء الداخلي:** منخفضة أو غير سامة - لها الحد الأدنى من الانبعاثات الكيميائية - تجميع المركبات العضوية منخفضة التطاير (VOCs) - مقاومة الرطوبة – صحية - صيانة الأنظمة والمعدات.

3- **كفاءة الطاقة** - المواد والمكونات والأنظمة التي تساعد على تقليل استهلاك الطاقة في المباني والمنشآت: يدعم الأداء الموفر للطاقة - انخفاض الطاقة الناتجة.

4- **متوفرة**. *(Morison A. M., Hes D., Bates M., 2005)*

5- **الحفاظ على المياه**، والمواد والمكونات والأنظمة التي تساعد على تقليل استهلاك الطاقة في المباني والمنشآت: يدعم كفاءة أداء المياه - يقلل من استهلاك المياه.

6- **القدرة على تحمل التكاليف** وتوفير تكاليف الاستهلاك على المدى البعيد.

التقييم البيئي لمواد البناء الخضراء:

يمكن تقسيمه إلى ثلاث مراحل: البحث والتقييم والاختيار.

يعد البحث هو الأكثر استهلاكا للوقت بين المراحل الثلاثة وقد أن يكون التقييم معقدًا بالمثل ويعتمد على بيانات المنتج المقدمة من الشركات المصنعة والتي عادةً ما تكون غير مكتملة لأنها تتعلق بالقضايا البيئية. ونظراً لوجود تنسيق قياسي في الوقت الحالي لتوفير تفاصيل المنتج البيئية فقد يكون تحليل معلومات المنتج وتقييمها أمربالغ الصعوبة. كذلك يجب مراعاة المعايير البيئية والأخذ في الاعتبار التطبيقات المناسبة عند اختيار مواد البناء الخضراء.

(https://www.researchgate.net/publication/233996916)

شكل 3: التقييم البيني لمواد البناء الخضراء

المصدر: (https://www.researchgate.net/publication/233996916)

مواد البناء البيئية:

يستلزم تطبيق التقنيات البيئية أثناء عمليات البناء مصدر التعاون مع مقاول البناء حيث أنه في مجال العمارة المستدامة ليس من السهل دائمًا توفر مقاول لديه خبرة سابقة في عمليات البناء البيئي. نظراً لأنه من الضروري أن يتفهم المقاول العام والمقاولون من الباطن المتطلبات البيئية. يمكن أن تساهم مواد البناء المستخدمة أثناء الإنشاء والتشغيل بشكل كبير في تحديد ملامح بيئة المبنى. *(Happio A., Viitaniemi P., 2008)*.

يمكن للمنتجات المفضلة بيئياً أو الخضراء تقليل التأثيرالضار على البيئة. إذ لابد أن يشتمل هذا النوع من المواد على مكونات معاد تدويرها، أو يتم تكوينه من موارد بيولوجية متجددة أو يتم تصنيعه باستخدام عمليات تستخدم كميات قليلة من الطاقة وتنتج كميات منخفضة من الملوثات. يمكن أيضاً تكوينها لتقليل المخاطر الصحية مثل تلك الناتجة عن المركبات العضوية المتطايرة (VOCs).

آداء مواد البناء الخضراء:

يختلف آداء مواد البناء الخضراء، كما هو الحال في منتجات البناء التقليدية، وفقاً لمتانة المنتج تطبيقاته المناسبة والصيانة الملائمة له. *(Froeschle L. M., 1999)*، وعادةً ما يتم دراسة وتحليل مواد البناء الخضراء بشكل كبير مقارنة بمواد البناء التقليدية المناقسة حيث أنها أحدث ولم يتم تجربتها بشكل كاف مثل مواد البناء التقليدية. *(Froeschle L. M., 1999)*

يتم استخدام مواد البناء الخضراء بشكل فعال في مشاريع البناء المستدامة مما يشير إلى أن المنتجات ذات المحتوى المعاد تدويره أو الانبعاثات الكيميائية الصغيرة يمكن أن تعمل بشكل جيد أو أفضل بكثير من منتجات البناء التقليدية. ويمكن تقييم استدامة مواد البناء من خلال معدل استخلاصها وقابلية إعادة تدوير مواد البناء المستخدمة سابقاً، وكذلك محتوى إعادة التدوير لمواد البناء الجديدة.

تصل المباني إلى نهاية عمرها الإفتراضي بشكل عام ليس نتيجة أي مشكلة إنشائية، ولكن بسبب الهدف الرئيسي من تغيير المبنى حيث لم تعد المباني الحالية تدعم أدوارها ووظائفها الجديدة. وفيما يتعلق بإعادة التصميم نجده سيعتمد بشكل أساسي على مدى مرونة المبنى الأصلي للتكيف مع وظائفه الجديدة.

مواد البناء الخضراء المثالية:

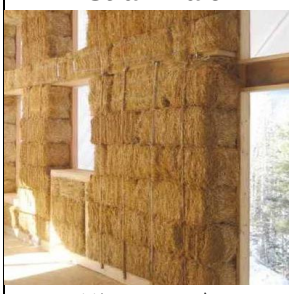
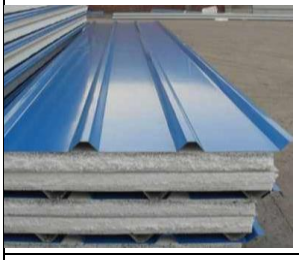
مواد البناء الخضراء المثالية هي مواد ليس لها أي آثار بيئية سلبية. علاوة على ذلك، يجب أن تكون هذه المواد قابلة لإعادة الاستخدام أو إعادة التدوير. لكن هذه المواد المثالية نادراً ما تكون متاحة. ومع ذلك، يمكن اعتبارها مواد بناء خضراء لقدرتها على القضاء على التأثيرات السلبية أو تقليلها.

لابد أن تستوفي مواد البناء الخضراء الاختبارات المعملية والمعايير التالية:

- أن تكون متجددة وذات كفاءة في استخدام الموارد.
- أن تدعم الصحة البيئية وتوفر بيئة صحية جيدة للمستخدمين، وتوفر بيئة داخلية جيدة التهوية.
- أن تكون ملاءمة في استخدامها واقتصادية.

مواد البناء الخضراء المستخدمة في تشييد المباني:

جدول 1: مواد البناء الخضراء المستخدمة في تشييد المباني

المواد الترابية Earthen Materials	الخشب Wood	الخيزران Bamboo	اللوحات الهيكلية المعزولة Structural Insulated Panels
 منشأ من الطوب اللبن	 خشب يستخدم في البناء	 منشأ من الخيزران	 SIPs
قوالب الخرسانة المعزولة Insulated Concrete Forms	الألواح الخشبية Cordwood	بالات القش Straw Bale	أكياس ترابية Earth Bags
 حوائط من قوالب الخرسانة المعزولة	 حائط من جزوع الشجر	 حائط من بالات القش	 حوائط من الأكياس الترابية
أسقف صخرية Slate/ Stone Roofing	الحديد Steel	القش Thatch	الوحدات المركبة Comosites
			
الألياف الطبيعية Natural Fiber	البولي يوريثين Polyurethane	الألياف الزجاجية Fiber Glass	السليلوزCellulose

عازل من القطن	عزل بالبولي يوريثين	رول ألياف زجاجية	عزل بفوم السليلوز
ألواح الفلين Cork	البوليسترين والأيزوسيانورات &Polystyrene Isocyanurate	الطين الطبيعي Natural Clay	الدهانات العضوية منخفضة التطاير Non- VOCs paints
عزل بألواح الفلين	لوحات عزل بوليسترين	حوائط من الطين الطبيعي	
أرضيات ألياف طبيعية	أسمنت ليفي Fiber cement	الأحجار Stone	
سجاد من الألياف الطبيعية	ألواح من الأسمنت الليفي	حائط من الأحجار	

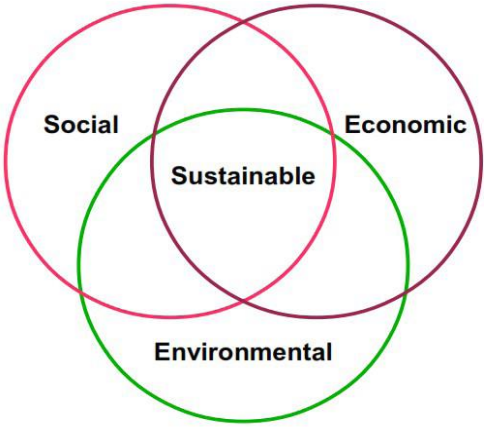
الاستدامة:

فكرة الاستدامة:

يستخدم المصطلحان "الاستدامة" و"الأخضر" غالبًا "بالتبادل" في قضايا الهندسة المعمارية والبناء منذ العقود القليلة الماضية. *(Korkmaz, K., Erten, D., Syal, M., & Potbhare, V., 2009)*، وهناك الكثير من الجهود المبذولة لصياغة تعريف محدد للاستدامة نظرا لوجود العديد من التعريفات. وعلى سبيل المثال، يوجد حوالي 27 تعريفاً للاستدامة. *(Dusek, V., 2006)*. ففي علم البيئة، تعرف الاستدامة على أنها كيفية جعل النظم البيولوجية متنوعة ومنتجة. ولقد وضحت اللجنة العالمية للبيئة والتنمية في عام 1987م الاستدامة على أنها "مشروع لتلبية الاحتياجات الحالية دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتهم". *(Goudie A. 2005)*. وطبقاً لـ "Dusek" *(Dusek, V., 2006)*، تعرف "التنمية المستدامة" على أنها مصطلح آخر للاستدامة تم ابتكاره قبل فكرة "الاستدامة" بشكل عام، ويشمل التعريف الشامل للاستدامة:

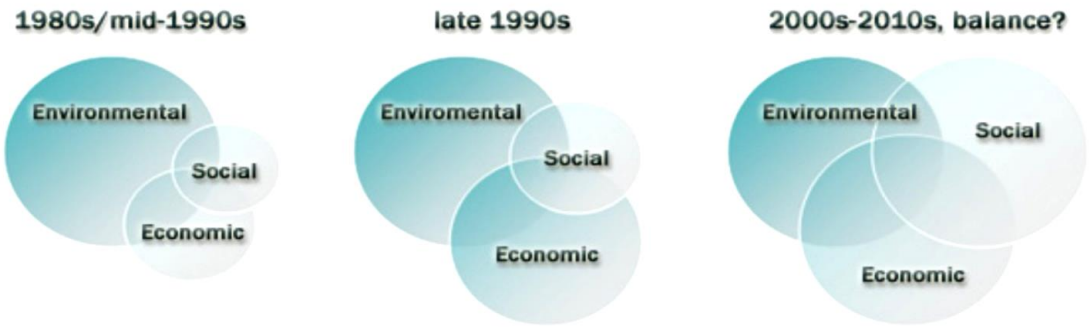
- صيانة الموارد وخاصة استخدام الموارد المتجددة.
- نقل الموارد والبيئة والمنافع الاجتماعية للأجيال القادمة.
- الحفاظ على التنوع البيولوجي وسلامة البيئة.
- الحفاظ على التطور التكنولوجي والاقتصادي، وتعزيز رفاهية المستخدمين.
- تعزيز وتحسين أسلوب حياة مريح ومرضي للبشرية.

ومع ذلك، فإن الاستدامة لا تتعلق فقط بالتكلفة، ولكنها تقدم أيضاً فوائد اقتصادية وبيئية ومجتمعية متساوية. بمعنى آخر، يمكن تفسير مفهوم الاستدامة على أنه التداخل المتزن بين البيئة والاقتصاد والمجتمع كما هو موضح بشكل 4. *(Widok (A., 2009*



شكل 4: فكرة الاستدامة (التداخل المتزن بين البيئة والاقتصاد والمجتمع)
المصدر: *MPRA Paper No. 76588* https://mpra.ub.uni-muenchen.de/76588/

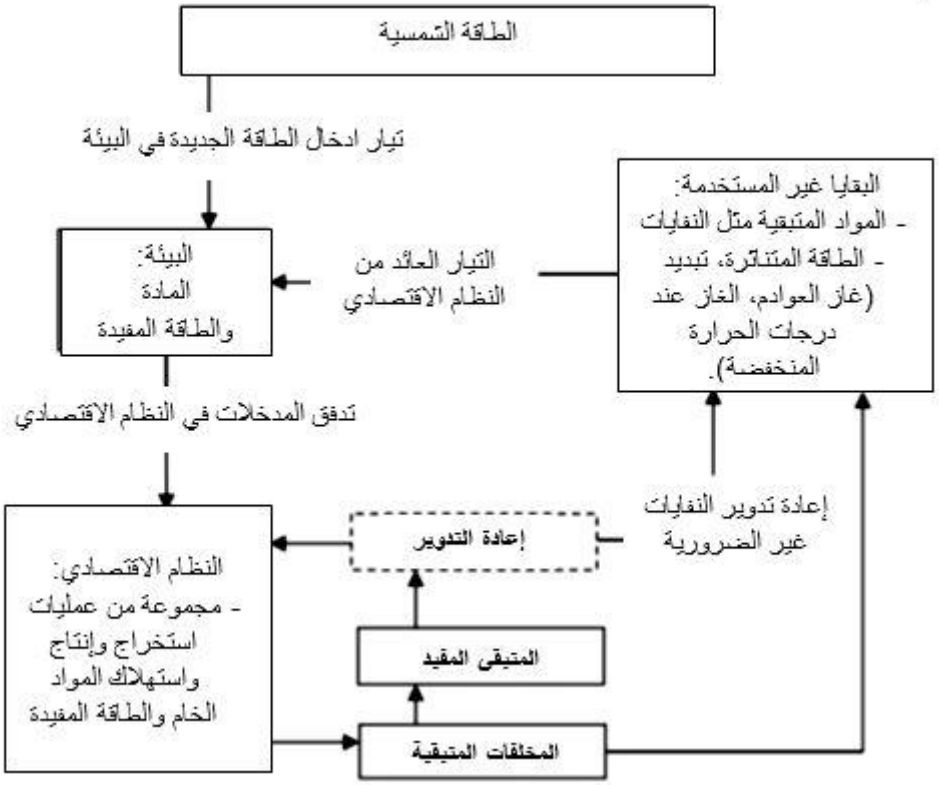
علاوة على ذلك، لا تعتبر التنمية المستدامة في جوهرها القضية القيمة الوحيدة، ولكنها بمثابة أداة متميزة تجمع بين العوامل الاقتصادية والبيئية والاجتماعية للحفاظ على المجتمع بشكل أفضل. *(Torgal, F. and Jalali, S., 2011)*
يؤكد التعريف العام للاستدامة إلى حد كبير على أن الجوانب الاقتصادية والبيئية والاجتماعية من المفترض أن تعطى وزناً متساوياً. مع مراعاة متطلبات كل منها. كما هو موضح في شكل 5. *(Widok A., 2009)*



شكل 5: التغير في اتزان الثلاثة عوامل الرئيسية للاستدامة منذ عام 1980 حتى 2010م على مستوى العالم - المصدر: *USGBC 2016.*

البناء المستدام:
الهدف الرئيسي لتصميم المباني المستدامة هو تطوير "ممارسات البناء الصديقة للبيئة" التي تساهم في توفير الطاقة والمياه والمواد الخام والتقليل من فائض المياه وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري وإعادة استخدام وتدوير المواد، من أجل إنشاء مبانٍ مريحة ونظيفة وآمنة ومنتجة. الاستدامة في البناء هي فلسفة وعملية تصميم متكاملة وليس فقط أسلوب بناء. (Yun, W., 2014, Nalewaik, A. & Venters, V., 2008)
ذكر "Duskes" أن الاستدامة أصبحت الطريقة الرئيسية للتعبير عن المخاوف البيئية بشأن الاقتصاد والتكنولوجيا اليوم. لذلك غالباً ما يشار إلى المبنى المستدام بالمبنى "الأخضر" أو "السليم بيئياً". ويشير البعض الآخر إلى أن المباني المستدامة هي المباني التي تمتلك تقنيات عالية، أو حتى "المباني الذكية". *(Torgal, F. and Jalali, S., 2011)*

ووفقاً لذلك، يتم إضفاء الطابع الرسمي على العمل التجميعي للبناء المستدام في نماذج موازنة المواد مع العلاقات المتبادلة بين النظام الاقتصادي والبيئة، كما هو موضح في شكل 6. وفي هذا الإطار يكون "النظام الاقتصادي" "مفتوحاً" و"دائرياً"، محدداً بمجموعة من "عمليات استخراج المادة والطاقة من البيئة"، ثم المعالجة الأساسية والإنتاج والاستهلاك. أيضاً تستند جميع هذه العمليات والإنتاج والاستهلاك إلى الاستدامة في مبنى بهدف إنشاء مبنى منتج واقتصادي مع الحد من الاضرار بالبيئة المحيطة بشكل كبير. *(Dragulanescu, N. ,2013, December)*



شكل 6: العلاقة المتبادلة بين النظام الاقتصادي والبيئة في البناء المستدام - المصدر: *(Dragulanescu, N. ,2013, December)*

تصميم المبنى المستدام (الأخضر) هو ممارسة لإنشاء الهياكل واستخدام العمليات المسؤولة بيئياً طوال دورة حياة المبنى، مثل "اختيار الموقع"، "التصميم"، "البناء"، "التشغيل والصيانة"، "التجديد" "و" الهدم"على التوالي. توسع هذه الممارسة وتكمل تصميم المبنى الكلاسيكي فيما يتعلق بالاقتصاد والمرافق والمتانة والراحة. *(Yun, W., 2014)*. يُعرف البناء المستدام أيضاً باسم البناء الأخضر أو عالي الأداء وذلك حسب ما ذكرته وكالة حماية البيئة الأمريكية. *(USEPA, 2009)*

تعريف التشييد المستدام:

التشييد المستدام هو اعتماد المواد والمنتجات في المباني والإنشاءات التي ستتطلب استخداماً أقل للموارد الطبيعية وزيادة قابلية إعادة استخدام هذه المواد والمنتجات لنفس الغرض أو لغرض مشابه، وبالتالي تقليل النفايات مما يعزز التشييد المستدام، كذلك مرونة الصناعة حيث تتوفر هذه المواد بسهولة في السوق العالمية. يعد الفولاذ والمعادن الأخرى والزجاج والأجزاء سابقة التجهيز بالإضافة إلى البدائل القابلة لإعادة التدوير للخرسانة أمثلة على المواد والمنتجات المستدامة. *(Sustainable Construction Materials for Buildings)*

"الاستدامة هي طريقة للتفاعل مع العالم والتي توفق بين رغبة الإنسان في كل مكان في الحصول على جودة حياة جيدة في ظل الواقع العالمي. كتنمية تلبي احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها الخاصة، ويشمل

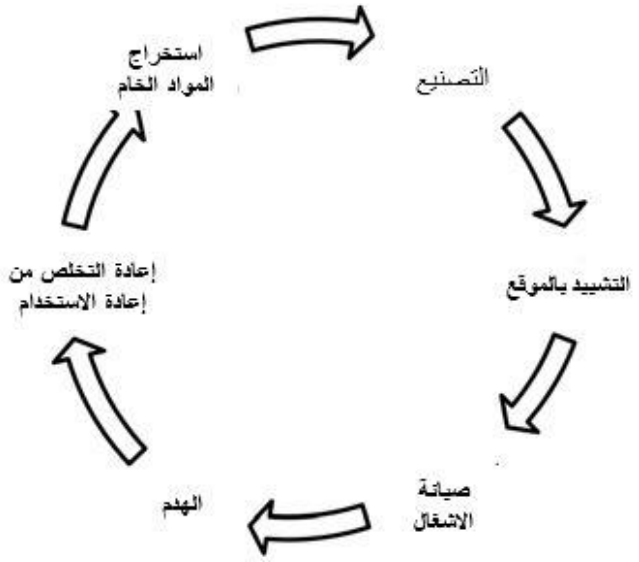
مصطلح "التنمية" الأنشطة عبر قطاعات الصناعة المختلفة. نظرًا لأن تأثير صناعة البناء يؤثرعلى معدلات البيئة باعتبارها واحدة من أعلى المعدلات بين جميع الصناعات، فإن الفحص الدقيق لصناعة البناء ضروري لتقليل تأثيرها على البيئة، ومن هنا نشأ مصطلح "التشييد المستدام"، وتشير كلمة "تشييد" إلى عملية تبدأ قبل وقت طويل من بدء نشاط البناء الفعلي في الموقع وتمتد إلى ما بعد بناء الموقع مثل التشغيل وإدارة الأصول وفي الواقع تغطي دورة حياة تطوير المشروع بالكامل. تم اقتراح مصطلح التشييد المستدام في الأصل لوصف مسؤولية صناعة البناء في تحقيق الاستدامة.

لقد حدد "Hill & Bowen". *(Hill, R.C. and Bowen, P.A., 1997)* أربع سمات للاستدامة - الاجتماعية والاقتصادية والطبيعية الحيوية والتقنية - لتعزيز فهم مفهوم البناء المستدام. *(Kibert, C. J., 1994)* يرى *(Lawson, W. R., 1992)* البناء المستدام على أنه إيجاد بيئة مبنية صحية باستخدام مبادئ ذات كفاءة في استخدام الموارد وقائمة على البيئة. طبقاً لـ "Finland & Wyatt" *(Wyatt, D.P., 1994)* يشمل البناء المستدام تقييم "من المهد إلى اللحد"، والذي يتضمن إدارة صلاحية المبنى خلال دورة حياته وتفكيك وإعادة تدوير الموارد في نهاية المطاف لتقليل تدفق النفايات المرتبط عادةً بالهدم. *(Bourdeau, L., Halliday, S., Huovila, P. and Richter, C., 1997)* يتم تحديد البناء المستدام على أنه إنشاء وصيانة مسؤولة لبيئة مبنية صحية على أساس كفاءة الموارد والمبادئ البيئية.

يمكن تصنيف جوانب الاستدامة فيما يتعلق بمواد البناء إلى فئتين: الجوانب البيئية والجوانب الاجتماعية والاقتصادية. وكلا الجانبين مهم في سياق البلدان النامية.

1- الجوانب البيئية: للجوانب البيئية لمواد البناء معياران:

- التأثير البيئي على البيئة نتيجة تصنيع مواد البناء وكذلك عملية البناء.
- جودة البيئة الداخلية (IEQ) التي تشير إليها درجة الحرارة والرطوبة الداخلية حيث ترتبط الجوانب البيئية بدورة حياة مواد البناء.



شكل 7: دورة حياة مواد البناء

2- الجوانب الاجتماعية - الاقتصادية: ترتبط الجوانب الاجتماعية والاقتصادية لمواد البناء بطبيعة ومستوى التكنولوجيا لعملية الإنتاج، وتكلفة المادة، وكذلك مدى تقبل المجتمع.

مميزات مواد البناء المستدامة:

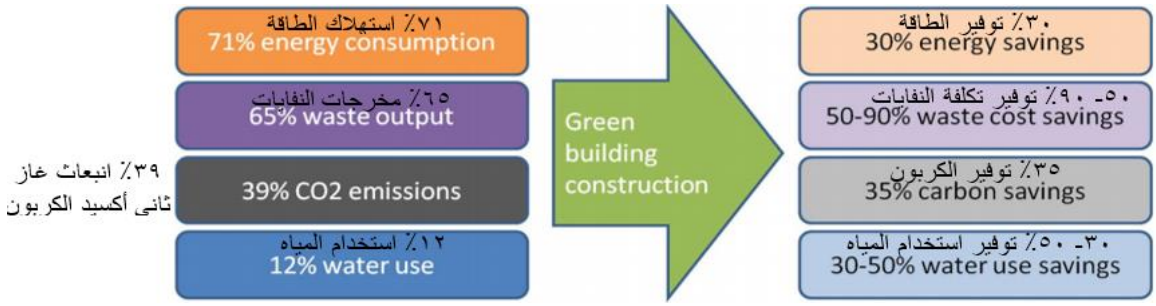
الحد من التلوث والنفايات في التصنيع - المحتوى المعاد تدويره - تقليل الطاقة المستهلكة - استخدام المواد الطبيعية - الحد من مخلفات البناء - استخدام المواد المحلية - كفاءة الطاقة - معالجة المياه والحفاظ عليها - استخدام مواد غير سامة أو أقل سمية - أنظمة الطاقة المتجددة - متانة أعلى لعمر المادة - إعادة الاستخدام - إعادة التدوير - قابلية التحلل البيولوجي. (www.umich.edu/~nppcpub/)

مواد البناء المستدامة:

يتم استخدام أكثر من ثلاثة مليارات طن متري من المواد الخام كل عام لتصنيع مواد البناء والمنتجات في جميع أنحاء العالم. يُقدر تضمين التدفقات الخفية بأكثر من ضعف استهلاك الموارد للمواد. *(Calkins, M., 2009)*

يجب أن يكون المبدأ التوجيهي الرئيسي للمستقبل هو التخفيض الشديد في استخدام المواد الخام.

تأثيرات تشييد المباني على البيئة:



شكل 8: متوسط التكلفة في تشييد المباني الخضراء – المصدر: *(Aquastat., 2005)*

العوامل الرئيسية لاختيار مواد البناء هي التجديد، والمتانة، وكفاءة الموارد، والمحتوى المحلي، والمواد المناسبة إقليمياً، وانخفاض تكلفة دورة حياة المادة ومتطلبات الصيانة، والمواد المعاد استخدامها وإعادة تدوير الموارد. *(Council, P. (T.-U., 1996*

تم وضع جميع تعريفات البناء المستدام في إطار نحو إيجاد بيئة مبنية صحية من خلال عمليات فعالة من حيث الموارد وسليمة بيئياً، والحفاظ على النظم البيئية والتوازن الطبيعي بين التنمية والقدرة الاستيعابية للبيئة المحيطة. *(Hill, R.C. (and Bowen, P.A., 1997*

مصادر مواد البناء المستدامة:

مع ظهور الحاجة إلى مواد البناء المستدامة في مجال العمارة والتشييد اليوم ظهرت الحاجة إلى المصادر التي ستزود المعماريين والمهندسين الانشائيين بالخامات اللازمة. كرست العديد من المنظمات وفرق البحث خلال العقد الماضي جهودها في محاولة لإيجاد طرق لإنتاج مواد بناء مستدامة تعمل كعناصر هيكلية وجمالية تساهم في وجود مباني بيئية خضراء مستدامة.

وبعد سنوات من الأبحاث والتجارب، وجد الباحثون العديد من المصادر الفعالة لمواد البناء البيئية المستدامة كالتالي:

جدول 3: مصادر مواد البناء المستدامة

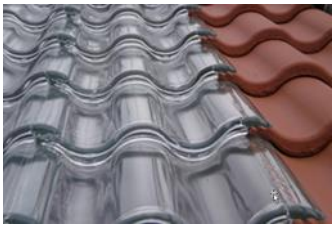
مصدر الحصول على مواد بناء مستدامة	أمثلة
المواد المعاد تدويرها Recycled Materials إعادة تدوير المواد هي عملية تحويل النفايات والمنتجات التي يتم التخلص منها إلى مواد جديدة. لن تتطلب المواد المعاد تدويرها موادًا جديدة أقل لم يتم استخدامها من قبل فحسب، ولكنها أيضًا تستخدم طاقة ومواد كيميائية أقل لإنتاج مواد جديدة. علاوة على ذلك، يمكن أن تساهم المواد المعاد تدويرها أيضًا في تقليل تكلفة المبنى بسبب أسعارها المنخفضة نسبيًا. على سبيل المثال: • معظم الهياكل الفولاذية في الوقت الحاضر مصنوعة من 90٪ من المواد المعاد تدويرها. • يتم استخدام الأسفلت المسحوق المعاد تدويره أيضًا في رصف الطرق السريعة والشوارع.	 **مبنى مبني بالخرسانة المعاد تدويرها والزجاجات المملوءة بالرمال** **استخدام الإطارات المعاد تدويرها في النوافذ الحفاظ على طبيعة البيئة المحيطة** **المالك: تيمور الحريري، الموقع: الشيخ زايد – القاهرة "بيئة صحراوية"** **المصدر: https://linesmag.com/el-hadidi-builds-his-house-with-recycled-materials-in-egypt/** **Accessed: October 2020**
المواد المعاد استخدامها Reused materials إعادة استخدام المواد هي عملية استخدام المواد المستخدمة سابقًا والتي لا يزال من الممكن استخدامها في المباني. تعتبر المواد المعاد استخدامها أفضل وأكثر فاعلية في البناء المستدام من المواد المعاد تدويرها لأنها	 **إعادة استخدام البالات الخشبية في البناء** **المصدر:** **https://abouteverythingintheworld.blogspot.com/2010/09/worlds-greenest-cargo-container-wood.html Accessed: October 2020**

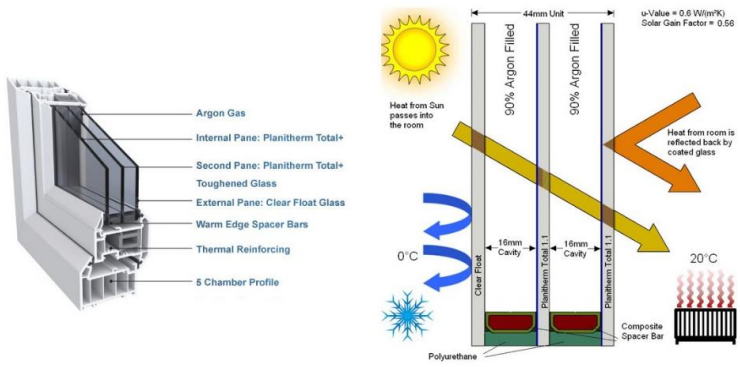
تتطلب تصنيعًا أقل وبالتالي توفر المزيد من الطاقة وتحد من تلوث المياه والهواء. يلعب الخشب دوراًكبيراً في صناعة البناء كمادة معاد استخدامها. حيث يمكن إزالة الأبواب والأرضيات وإطارات النوافذ والخزائن الخشبية بعناية لإعادة استخدامها مرة أخرى. ومن المواد التي يمكن إعادة استخدامها في البناء: البالات الخشبية "pallets"، حاويات السفن " Shipping Containers"، إطارات السيارات.	 إعادة استخدام حاويات السفن في البناء إعادة استخدام إطارات السيارات في البناء (فندق "Stow-Away") بلندن المصدر: https://www.homedit.com/london المصدر: https://www.survivopedia.com/how-recycle- /-hotel-made-from-shipping-containers tires-for-homestead Accessed: October 2020 Accessed: October 2020
الحصاد المستدام Sustainable harvesting هو عملية زراعة واستبدال الأشجار المقطوعة فيما يسمى بالغابات العاملة. حيث تزرع المنظمات الغابات ليتم حصادها بمجرد نمو الأشجار لتوفير الأخشاب لشركات البناء لتحل محل الخرسانة والحديد الصلب من أجل الاستدامة وتقليل انبعاثات الكربون وتوفير الطاقة.	 المصدر:-https://www.e-architect.co.uk/vancouver/harvest-green-project

المصدر: الباحثة

مواد البناء الخضراء المستدامة التي يمكن أن تجعل المبنى بيئي

جدول 4: مواد البناء الخضراء المستدامة التي يمكن أن تجعل المبنى بيئي

المادة	شكلها/ أمثلة
طوب الصوف Wool bricks تم تكوينه بواسطة متخصصين إسبان وأسكتلنديين مع التخطيط للحصول على مركب أكثر استدامة وغير ضار، باستخدام مواد محلية غنية من شأنها تحسين جودة الكتل ميكانيكيًا من خلال تضمين الصوف والبوليمر الطبيعي الموجود في الأعشاب البحرية مع الكتلة الطينية، فتزداد قوة الكتلة بنسبة 37٪ مقارنةً بالكتل الأخرى، وتتمتع بمقاومة أكبر للجو البارد الرطب في الشتاء. بالإضافة إلى ذلك، فهي تجف بشكل كبير، وبالتالي فهي تقلل من انبعاث الغازات الضارة أثناء التصنيع.	 **استخدام طوب الصوف في واجهات مبنى تبادل الفواكه والصوف في لندن** **المصدر: Source: https://www.e-architect.co.uk/london/london-fruit-wool-exchange**
القرميد الشمسي Solar tiles توفر درع حماية للمبنى من العوامل الخارجية كما أنها تعمل على امتصاص الطاقة الشمسية. في ضوء ذلك، تقوم العديد من المنظمات حاليًا بانتاج بلاط شمسي. على عكس معظم الوحدات الموجهة للشمس والتي يتم تغييرها فوق المواد الموجودة، يتم دمج البلاط الذي يعمل بالطاقة الشمسية بالكامل في المبنى، مما يحميه من العوامل المناخية ويوفر الطاقة لشاغليه.	 **القرميد الشمسي - المصدر:** **http://www.jetsongreen.com/2009/11/srs-energy-us-tile-clay-solar-roof-tile.html**
الأسمنت المستدام Sustainable cement هناك حوالي 5٪ من غاز ثاني أكسيد الكربون ينبعث إلى البيئة من خلال دورة حياة المبنى، وهناك طرق ممكنة لتقليل هذه النسبة. نجد أن الأسمنت يعتبرمنتجاً	 **الأسمنت المستدام** **المصدر: https://www.oulu.fi**

مثالياً نظراً لأنه يتم استخدامه عند بناء معظم المباني، ومع ذلك ونظراً لأنه ينتج 7-10٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في جميع أنحاء العالم فإنه توجد أنواع أكثر استدامة من الخرسانة التي تستخدم مواد معاد تدويرها عند عمل مزيج الأسمنت، تشمل الزجاج المحطم، ورقائق الخشب أو الخبث، ومنتج ثانوي لتجميع الصلب. يعمل ذلك المزيج المستدام على الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.	المصدر: http://www.californiagreensolutions.com Accessed: October 2020
العازل الورقي Paper Insulation يتم إنتاج العوازل الورقية باستخدام الورق والكرتون المعاد تدويره يومياً، وهي خيار أفضل من الرغاوي الاصطناعية. كلاهما مقاوم للحشرات ومثبط للحريق، يمكن ضخ الورق في تجويفات الحوائط، وملء جميع الشقوق.	 العازل الورقي - المصدر: http://www.coolearth.ca
النوافذ ثلاثية الطبقات Triple-Glazed Windows يعد مصطلح النوافذ فائقة الكفاءة وصفًا دقيقا للنوافذ ثلاثية الزجاج حيث تقوم طبقات الزجاج الثلاث بحفظ درجة حرارة المبنى، بالاستعانة باطارات النوافذ المعزولة تمامًا. في معظم النوافذ ذات الزجاج المزدوج، يتم ضخ غاز الأرجون بين كل طبقة من الزجاج للمساعدة في الحماية. مع الأخذ في الاعتبار أن الكريبتون مادة كيميائية يفضل استخدامها في العزل علماً بأن تكلفتها عالية. بالإضافة إلى ذلك، يتم توصيل الطلاءات منخفضة الانبعاثية بالزجاج، مما يمنع فقدان درجات الحرارة.	 المصدر: https://warmglowuk.co.uk/upvc-windows

المصدر: http://www.greenerspace.com	

المصدر: ***(Peach, J., 2010)***

معايير اختيار مواد البناء المستدامة:

1- كفاءة الطاقة:

يمكن تحقيق كفاءة استخدام الموارد باستخدام مواد تحقق الشروط التالية:

- **المحتوى المعاد تدويره:** المنتجات ذات المحتوى المعاد تدويره القابل للتحديد، بما في ذلك محتوى ما بعد الصناعة مع تفضيل محتوى ما بعد الاستهلاك.
- **المواد الطبيعية أو المتجددة:** المواد التي يتم الحصول عليها من مصادر مدارة بشكل مستدام ويفضل أن تكون حاصلة على شهادة مستقلة (مثل الخشب المعتمد) ومصدقة من قبل جهة خارجية مستقلة.
- **عملية التصنيع ذات الكفاءة في استخدام الموارد:** المنتجات المصنعة باستخدام عمليات ذات كفاءة في استخدام الموارد، بما في ذلك تقليل استهلاك الطاقة، وتقليل النفايات (المعاد تدويرها، والقابلة لإعادة التدوير، و / أو تغليف المنتجات المخفضة المصدر)، وتقليل غازات الاحتباس الحراري.
- **متوفرة محلياً:** توفر مواد البناء والمكونات والأنظمة الموجودة محلياً أو إقليمياً لتوفير الطاقة والموارد في النقل إلى موقع المشروع.
- **تم الحصول عليها أو تجديدها أو إعادة تصنيعها:** يشمل توفير مادة بدلاً من التخلص منها وتجديدها أو إصلاحها أو ترميمها أو تحسين مظهر المنتج أو آدائه أو جودته أو وظيفته أو قيمته بشكل عام.
- **قابلة لإعادة الاستخدام أو قابلة لإعادة التدوير:** تحدد المواد التي يمكن تفكيكها بسهولة وإعادة استخدامها أو إعادة تدويرها في نهاية عمرها الإنتاجي.
- **تغليف المنتجات المعاد تدويرها أو القابلة لإعادة التدوير**: تغلف المنتجات المرفقة في محتوى معاد تدويره أو عبوات قابلة لإعادة التدوير.
- **متينة:** المواد التي تدوم طويلاً أو التي يمكن مقارنتها بالمنتجات التقليدية ذات العمر المتوقع الطويل.

2- جودة الهواء الداخلي "Internal Air Quality IAQ":

يتم تحسين جودة الهواء الداخلي (IAQ) من خلال استخدام المواد التي تحقق المعايير التالية: منخفضة أو غير سامة - الحد الأدنى من الانبعاثات الكيميائية - تجميع منخفض للمركبات العضوية المتطايرة - مقاومة للرطوبة - صحية - الأنظمة أو المعدات.

3- كفاءة الطاقة: يمكن تعظيم كفاءة الطاقة باستخدام المواد والأنظمة التي تؤكد صحة المواد والمكونات والأنظمة التي تساعد على تقليل استهلاك الطاقة في المباني والمنشآت.

4- الحفاظ على المياه: يمكن تحقيق الحفاظ على المياه باستخدام مواد وأنظمة تستوفي المعايير التالية:

- المنتجات والأنظمة التي تساعد على تقليل استهلاك المياه في المباني وتوفير المياه في البيئات الطبيعية.

5- القدرة على تحمل التكاليف: يمكن النظر في القدرة على تحمل التكاليف عندما تكون تكاليف دورة حياة المنتج قابلة للمقارنة مع المواد التقليدية أو تكون ضمن نسبة محددة من الميزانية الإجمالية للمشروع.

مواد البناء الخضراء المستدامة التي يتكون منها المبنى:

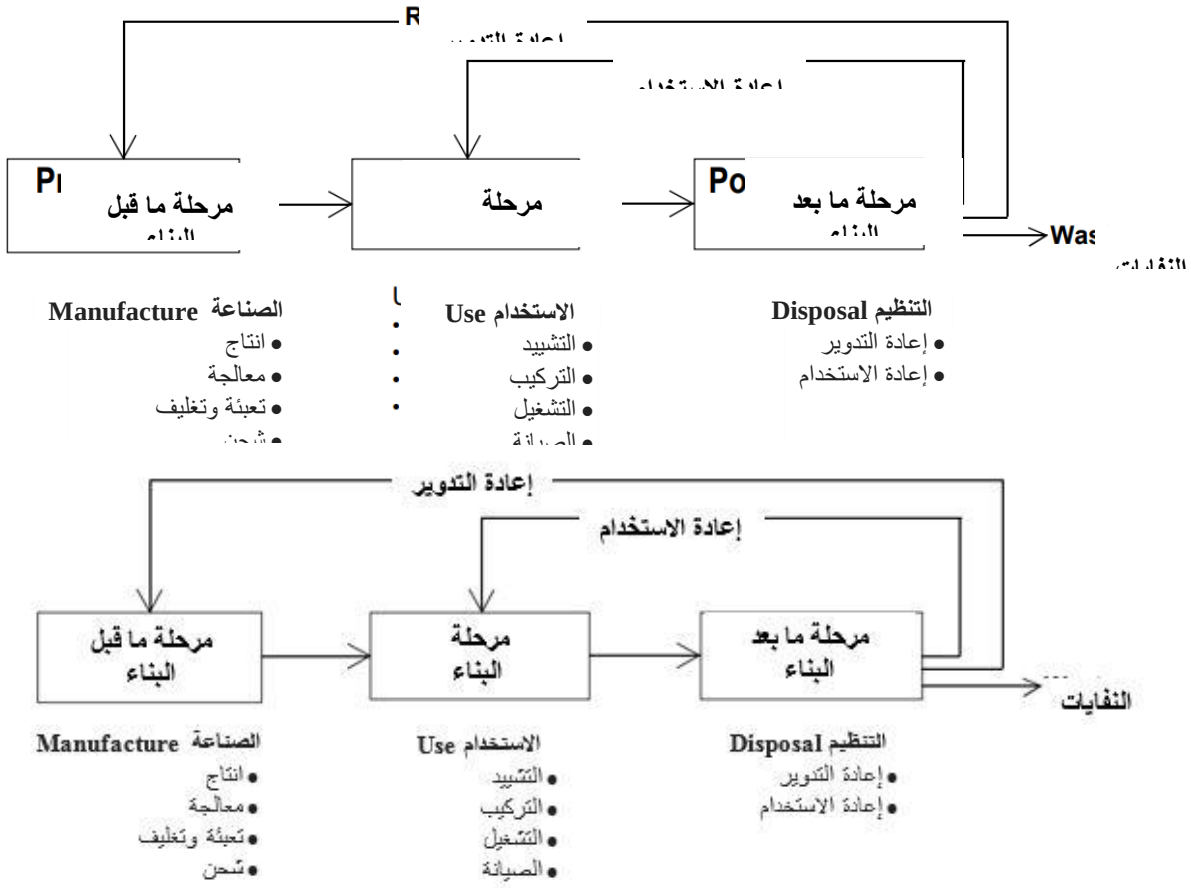
شكل 9: مواد البناء الخضراء المستدامة –

المصدر: ***http: //www. ecochicli ving.ca/reno. Htnil***

المراحل التي تمر بها دورة حياة مواد البناء:

تتعلق مراحل دورة حياة المبنى بمدى انتاج المواد خلال عمر المبنى (انظر شكل 10).

1- مرحلة ما قبل البناء: تصف مرحلة ما قبل البناء بعملية الإنتاج والتسليم للمادة. يتضمن ذلك اكتشاف المواد الخام في الطبيعة وكذلك الاستخراج والتصنيع والتعبئة والنقل إلى موقع البناء. وهذه من المحتمل أن تتسبب في الإضرار بالبيئة المحيطة. يؤدي فهم التأثيرات البيئية في مرحلة ما قبل البناء إلى الاختيار الحكيم والدقيق لنوعية مواد البناء. كذلك يوجد العديد من العواقب البيئية لطرق شراء المواد الخام، وعملية التصنيع والإنتاج نفسها، والمسافة من موقع التصنيع إلى موقع البناء والتي يجب عدم اغفالها. www.umich.edu/~nppcpub/



سشكل 10: مراحل دورة حياة مواد البناء - المصدر: www.umich.edu/~nppcpub/

2- مرحلة البناء: تشير مرحلة البناء إلى العمر الإنتاجي لمادة البناء. تبدأ هذه المرحلة عند نقطة تجميع المواد في هيكل، وتشمل صيانة وإصلاح المواد، وتمتد طوال عمر المادة داخل المبنى أو كجزء منه.

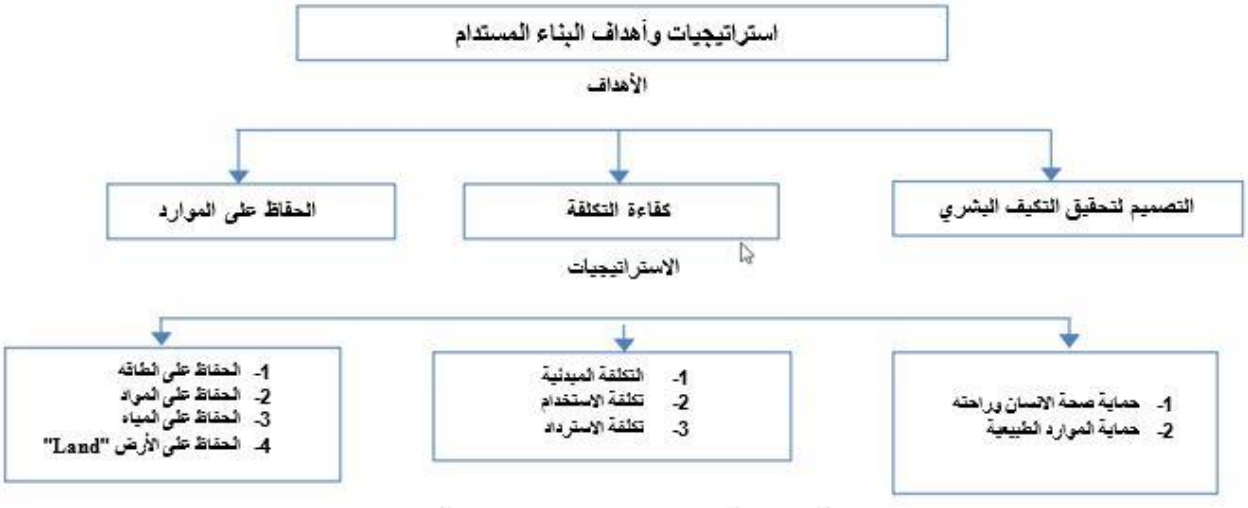
التشييد: يمكن أن تكون نفايات المواد الناتجة في موقع تشييد المبنى كبيرة. ويعد اختيار مواد البناء لتقليل نفايات البناء والنفايات التي يمكن إعادة تدويرها أمراً بالغ الأهمية في هذه المرحلة من دورة حياة المبنى.

الاستخدام / الصيانة: قد يكون التعرض طويل المدى لبعض مواد البناء خطراً على صحة شاغلي المبنى. حتى مع تزايد الوعي بقضايا الصحة البيئية المتعلقة بالتعرض لبعض المنتجات، يقل التركيز على عملية اختيار المواد بناءاً على قدرتها على إطلاق الغازات الكيميائية الخطرة، والتي تتطلب صيانة متكررة مع هذه المواد الكيميائية، أو تتطلب بدائل تؤدي إلى استمرار دورة التعرض.

3- مرحلة ما بعد البناء: تشير مرحلة ما بعد البناء إلى مواد البناء عندما تنتهي فائدتها في المبنى. يمكن خلال هذه المرحلة إعادة استخدام المادة بأكملها، أو إعادة تدوير مكوناتها مرة أخرى في منتجات أخرى، أو التخلص منها تماماً. من وجهة نظر المصمم، ربما تحدث المرحلة الأقل اعتباراً والأقل فهماً من دورة حياة المبنى عندما يتم استنفاد العمر الإنتاجي للمبنى أو المادة. ولهدم المباني والتخلص من النفايات الناتجة عنها تكلفة بيئية عالية حيث قد تنتج المواد القابلة للتحلل نفايات سامة سواء كانت بمفردها أو كونها مع مواد أخرى. سوف تنضب الطاقة المستخدمة في تشييد المبنى وإنتاج هذه مواد البناء إذا لم يتم استخدام هذه "الموارد" بشكل صحيح. (www.umich.edu/~nppcpub/ page 11)

لإيجاد ميزة تنافسية باستخدام ممارسات البناء الصديقة للبيئة، يجب أن تكون دورة حياة المباني بأكملها هي السياق الذي يتم من خلاله تنفيذ هذه الممارسات. هناك ثلاثة أهداف عامة يجب أن تشكل إطارًا لتنفيذ التصميم والبناء المستدام (شكل 11)، مع عدم اغفال مبادئ الاستدامة (الاجتماعية والبيئية والاقتصادية). وتتمثل هذه الأهداف في:

1. الحفاظ على الموارد.
2. كفاءة التكلفة.
3. التصميم من أجل تحقيق التكيف البشري.



شكل 11: إطار تحقيق الاستدامة في تشييد المباني

استدامة دورة حياة المباني الصحراوية:

في معظم البلدان الصناعية، يمثل قطاع البناء ما بين ثلث ونصف إجمالي الطاقة المستهلكة. ومن أجل تخفيف هذا العبء البيئي، يجب إجراء تحسينات جذرية في عملية كفاءة الطاقة، أو كمية الطاقة المطلوبة للحفاظ على مستوى معين من الجودة والراحة. *(Langston, C. A. and Ding, G. C. K., 2001)*

بديل (الخرسانة) رمال الصحراء منخفضة الكربون:

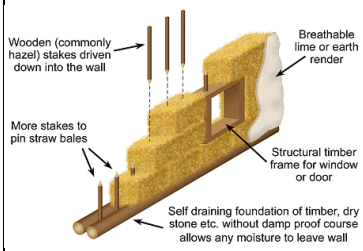
طور العلماء في المملكة المتحدة مادة بناء منخفضة الكربون باستخدام رمال الصحراء التي يمكن أن تزيل الضغط عن الموارد الطبيعية النادرة بشكل متزايد.

شكل 12: رمال الصحراء منخفضة الكربون.

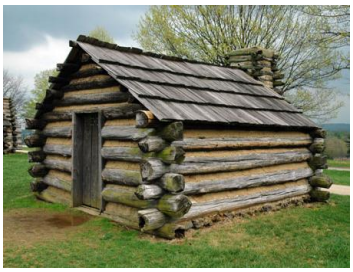
مواد البناء الصديقة للبيئة كحل بديل للخرسانة ذات تأثير قليل على البيئة المحيطة:

تعد الخرسانة مادة بناء تستخدم في معظم دول العالم لبناء المباني بكافة أنواعها، وتشييد الطرق والارصفة والجسور. ولا يمكن إغفال أهميتها. لكن إنتاج المواد الخرسانية التجارية يطلق أطناناً من غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) كل عام، مما قد يؤدي إلى كارثة تغير المناخ. ومن هنا جاء التفكير في انتاج مواد ذات تاثير سلبي قليل أو منعدم على المحيط الحيوي كبديل لمادة الخرسانة ومنها ما يلي:

جدول 5: مواد البناء الصديقة للبيئة

المادة	شكل المادة	أمثلة
بالات القش Straw Bales يعود البناء بالقش إلى حيث كان يتم البناء بالمواد الطبيعية المتاحة محلياً قديماً. تُستخدم بالات القش لإنشاء حوائط المباني داخل إطار لتحل محل مواد البناء التقليدية مثل الخرسانة أوالخشب أو الحجر أوالجبس أوالألياف الزجاجية. تعتبر مادة جيدة جداً لعزل المباني في المناخ الحار أو البارد. وتعتبر إحدى مواد البناء المستدامة نظرا لأنها من الموراد المتجددة والمتوفرة بأسعار معقولة.		
الخرسانة العشبية Grasscrete هي طريقة لوضع الأرضيات الخرسانية والممرات والأرصفة بطريقة توجد بها أجزاء نمطية مفتوحة تسمح بنمو العشب أو النباتات الأخرى بداخلها. مما يعمل على تقليل كمية استخدام الخرسانة لتحسين امتصاص مياه الأمطار والصرف.		
التراب المكبوس Rammed Earth استخدمته الحضارات البشرية المختلفة في البناء منذ آلاف السنين، حيث يوفر دورة حياة طويلة جداً للمبنى. ويمكن جعل المباني الترابية الحديثة أكثر أمانًا من خلال استخدام حديد التسليح أو الخيزران، كما تقلل الدكّاكات الميكانيكية من كمية العمالة المطلوبة لإنشاء حوائط متينة.		

خرسانة القنب HempCrete هو مادة تشبه الخرسانة تم تكوينها من الألياف الخشبية الداخلية لنبات القنب. حيث ترتبط ألياف القنب بالجير لإنشاء أشكال تشبه الخرسانة قوية التحمل وخفيفة الوزن. كتل HempCrete خفيفة الوزن للغاية ويمكن أن تقلل بشكل كبير من الطاقة المستخدمة لنقل الكتل. يعد القنب مورد متجدد سريع النمو.		
الخيزران Bamboo يعتبر الخيزران مادة بناء محلية في العديد من دول العالم منذ آلاف السنين. ما يجعل منه مادة بناء واعدة للمباني الحديثة حيث أنه يتمتع بقوة الشد والوزن الخفيف والطبيعة المتجددة سريعة النمو. يستخدم الخيزران لانشاء هياكل العديد من المباني، ويمكن أن يحل محل المواد المستوردة باهظة الثمن والثقيلة ويعتبر بديلاً للبناء بالخرسانة وحديد التسليح. ويمكن استخدامه عند إعادة البناء بعد حدوث الكوارث وكذلك للبناء في المناطق ذات الدخل المنخفض.	 	
البلاستيك المعاد تدويره Recycled Plastic يقوم الباحثون بتكوين خرسانة تحتوي مواد بلاستيكية مطحونة معاد تدويرها ونفايات، والتي لا تمل على تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري فحسب بل تقلل الوزن وتوفر استخداماً جديدًا لنفايات البلاستيك التي تسد مخارج النفايات.		

الخشب Wood لا يزال الخشب القديم البسيط يحتفظ بالعديد من المميزات مقارنة بمواد البناء الصناعية مثل الخرسانة أو الفولاذ. حيث لا تمتص الأشجار ثاني أكسيد الكربون أثناء نموها فحسب بل تتطلب أساليب أقل استهلاكاً للطاقة بكثير للمعالجة في منتجات البناء. تعد الغابات من الموارد القابلة للتجديد وتعد موطناً للتنوع البيولوجي.		
Mycelium عبارة عن مادة بناء مستقبلية حرة وطبيعية تمامًا. تتكون من البنية الجذرية للفطريات والفطر. يمكن تحفيز Mycelium على النمو حول مركب من مواد طبيعية أخرى، مثل القش المطحون في قوالب أو أشكال ثم يجفف بالهواء لإنشاء طوب خفيف الوزن وقوي التحمل.		
الحديد Ferrock هي مادة جديدة قيد البحث تستخدم مواد معاد تدويرها بما في ذلك غبار الفولاذ من صناعة الصلب لإنشاء مادة بناء شبيهة بالخرسانة بحيث تكون أقوى من الخرسانة. علاوة على ذلك تمتص هذه المادة ثاني أكسيد الكربون وتحبسه كجزء من عملية التجفيف والتصلب مما يجعلها أقل كثافة من ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالخرسانة التقليدية.		
خرسانة الرماد AshCrete تعتبر بديل ملموس يستخدم الرماد المتطاير بدلاً من الأسمنت التقليدي. وهي منتج ثانوي لحرق الفحم. حيث أنه يمكن استبدال 97% من مكونات الخرسانة التقليدية بمواد معاد تدويرها.		

خرسانة نشارة الخشب Timbercrete هي عبارة عن مزيج من نشارة الخشب والخرسانة مختلطة معاً. ونظراً لأنها أخف من الخرسانة فإنها تقلل انبعاثات النقل، كما أن نشارة الخشب تعيد استخدام منتج النفايات وتحل محل بعض المكونات كثيفة الاستهلاك للطاقة في الخرسانة التقليدية. يمكن تشكيل خرسانة الأخشاب إلى أشكال تقليدية مثل الكتل والطوب والأرضيات.		

المصدر: الباحثة نقلاً عن https://inhabitat.com/11-green-building-materials-that-are-way-better-than-concrete/

أفضل الممارسات في البناء الأخضر:

تتضمن أفضل الممارسات في البناء الأخضر وضع خطة تصميم وإدارة مدمجة بالكامل تدمج التصميم الأخضر والمواد والتحسين. تتضمن أفضل الممارسات اختيار المواد الخضراء ودرايةً بدورة حياة وتأثيرات مواد البناء والتأثيرات الإضافية عليها، ومراعاة الفوائد النسبية مقارنة بالبدائل.

ما هي أفضل مواد بناء يمكن استخدامها في البيئة الصحراوية؟ لا يزال البناء الأخضر مجال جديد إلى حد كبير بالنسبة للهيئات والمؤسسات والمصممين، حيث وضحت الدراسات أن المباني ذات البيئة الصحية توفر إنتاجية أكبر لمستخدمي المبنى مما يدر مكاسب مالية أعلى لرجال الأعمال مما يؤدي إلى زيادة الاستثمار وكفاءة الطاقة. ومن خلال ما سبق ذكره أعلاه في هذه الورقة البحثية يتضح أفضل مواد البناء الخضراء التي يمكن استخدامها في بناء مباني بيئية مستدامة في البيئات الصحراوية لتقليل والحد من الآثار السلبية على المحيط الحيوي مع الحفاظ على الطاقة والمياه والموارد الطبيعية.

توافق وتلاؤم المباني مع البيئة والمناخ الصحراوي: لا تحقق المدن التوافق والتلاؤم مع بيئة الصحراء وذلك لما يلي:

- تتعرض المباني للعواصف الترابية والإبهار الخارجي وزيادة المسطحات المعرضة للإشعاع الشمسي.
- الفراغات والشوارع مكشوفة وغير مظللة مما يحد من الحركة والتنقل وخصوصاً في ساعات النهار.
- تعرض معظم واجهات ومسطحات الأرض لأشعة الشمس وللعوامل الخارجية، وعدم توفر الظلال الكافية أثناء السير بالطرقات.

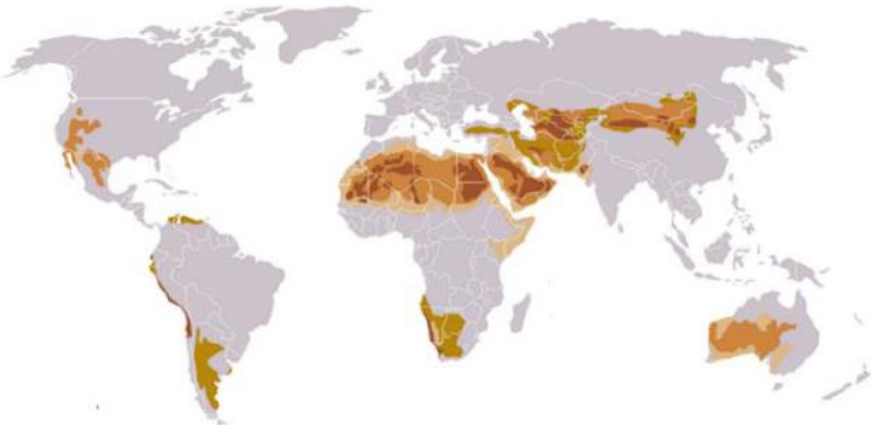
الجوانب الاقتصادية للمباني في البيئة الصحراوية:

يؤدي نمط البناء إلى زيادة الطلب على الطاقة نتيجة لتعرض معظم واجهات ومسطحات المباني لأشعة الشمس طوال اليوم مما يزيد من استهلاك كم هائل من الطاقة الكهربائية، إضافة إلى استعمال السيارات بشكل كبير. كذلك الإسراف الشديد في استهلاك المياه لري الساحات الكبيرة المكشوفة والحدائق الخارجية المعرضة لأشعة الشمس المحرقة. كذلك اختلت النسب بين ارتفاعات المباني وعروض الطرقات فقلت نسبة الأماكن المظللة.

تتكامل عناصر التصميم المستدام مع الفكر التصميمي للعمارة التقليدية، باستخدام مواد بناء محلية وبتقنيات بسيطة مدروسة نابعة من بيئتها المحلية حيث الحلول فعالة ومتفاعلة مع البيئة والموارد متوفرة. *(Paul O., 1997)*

مناخ البيئة الصحراوية:

تتمثل البيئة الصحراوية في المناطق الحارة الجامفة والحارة الرطبة والحارة الجافة الرطبة والتي تغطي معظم الدول العربية وتمثل حوالي 40% من المسطح الكلي للكرة الرضية ويمكن تحديد الخصائص الطبيعية والمناخية لها بأنها منطقة جافة تنعدم فيها الأمطار تقريباً وتتميز بسطوع السمش الحارة طول العام باستثناء فصل الشتاء وتصل درجة الحرارة أثناء النهار إلى أعلى معد لها إلا أنها تهبط بسرعة في الليل.



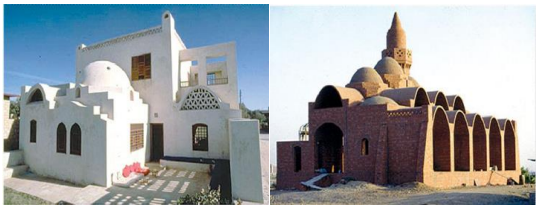
شكل13: توزيع مناطق الصحاري وشبه الصحاري الحارة الجافة والرطبة على العالم

لمحة حول أهم المعالجات البيئية المستخدمة في الأبنية الصحراوية:

يجب أن يتكيف المبنى مع المناخ وعناصره المختلفة، ففي اللحظة التي ينتهي فيها البناء يصبح جزءا من البيئة، ويصبح معرضاً لنفس تأثيرات الشمس أو الأمطارأو الرياح، فإذا استطاع المبنى أن يواجه الضغوط والمشكلات المناخية وفي نفس الوقت يستغل جميع الموارد المناخية والطبيعية المتاحة من أجل تحقيق راحة الإنسان داخل المبنى فيمكن أن يطلق على هذا المبنى بأنه متوازن مناخياً.

جدول 6: المعالجات البيئية التقليدية للمباني في البيئة الصحراوية

الفناء الداخلي يقوم بتخزين الهواء البارد ليلاً لمواجهة الحرارة الشديدة نهاراً في المناخ الحار الجاف ، ويعطي الفناء الداخلي إمكانية أكبر لتوجيه الفتحات في الاتجاهات السليمة كما ينظم عملية التبادل الحراري للمبنى.	
الملقف هو عبارة عن مهوى يعلو عن المبنى وله فتحة مقابلة لاتجاه هبوب الرياح السائدة لاصطياد الهواء المار فوق المبنى والذي يكون عادة أبرد ودفعه إلى داخل المبنى.	

النافورة توضع في وسط الفناء الخاص بالمنزل ويقصد بالنافورة إكساب الفناء المظهر الجمالي وامتزاج الهواء بالماء وترطيبه و من ثم انتقاله إلى الفراغات الداخلية.	
المشربية عبارة عن فتحات منخلية شبكية خشبية ذات مقطع دائري تفصل بينها مسافات محددة ومنتظمة بشكل هندسي زخرفي دقيق وبالغ التعقيد وتعمل على ضبط الهواء والضوء إضافة لتوفيرها الخصوصية.	
الأسقف : السقوف المقببة على شكل نصف كرة أو نصف أسطوانة تكون مظللة دائماً إلا وقت الظهيرة كما تزيد سرعة الهواء المار فوق سطوحها المنحنية مما يعمل على خفض درجة حرارة هذه السقوف.	

المصدر: الباحثة بتصرف

مواد البناء البيئية في البيئات الصحراوية:

للظروف المناخية تأثير واضح على عناصر العمارة البيئة فى مناطق الصحراء والتى تكيفت وتأقلمت مع أصعب الظروف البيئية على مر العصور ومع عدم اغفال تطبيق مباديء العمارة التقليدية بالصحراء بل ومحاولة الحفاظ عليها وتطويرها للتلاءم مع متطلبات المستخدمين وتوفر في مقدار الطاقة المستهلكة لتشغيل المباني كان لابد من التفكير في تسليط الضوء على طبيعة مواد البناء الخضراء والتي يمكن استخدامها لتوفير مباني بيئية خضراء ومستدامة في البيئة الصحراوية.

- إن استخدام مواد بناء من البيئة الصحراوية مثل البناء بالحجر والطوب اللبن والكرشيف (أحجار الملح الطبيعى) والطوب المحروق المبنى بمونة القصروكل هذة المواد البيئية لها القدرة على العزل الحراري حيث تبنى بقطاعات كبيرة.

أمثلة لمدن ومبان في البيئة الصحراوية:

جدول 7: مدن ومباني في البيئة الصحراوية

	فندق أدرير أميلال - سيوة - مصر	مدينة غرداية - وادي ميزاب - الجزائر	مدينة أجاديس - النيجر
الموقع	يقع في صحراء سيوة المصرية التي تبعد حوالي 300 كم عن ساحل البحر المتوسط إلى الجنوب الغربي من مرسى مطروح.	تقع مدينة غرداية بوادي ميزاب الذى يقع فى المنطقة الوسطى من جمهورية الجزائر فى ولاية غرداية، وهي هضبة صخرية كلسية، تقع شمالي الصحراء الإفريقية الكبرى.	هى عاصمة منطقة أجاديس وتقع شمال النيجر. تعرف باسم "بوابة الصحراء"، وتقع في الطرف الجنوبي من الصحراء الكبرى.
المناخ	المناخ القاري الصحراوي، شديد الحرارة صيفاً، أما الشتاء فدافئ نهاراً شديد البرودة ليلاً.	يتميزال مناخ بالهواء شديد الجفاف، ومما يزيده جفافا الرياح المثيرة للرمال القادمة من الجنوب الغربي.	مناخ صحراوي قاري شديد الجفاف.
النسيج العمراني		يتسم تخطيط البلدة القديمة لمدينة غرداية على النسيج العضوى المتضام المتجة الى المركز	السمة المميزة للنسيج العمرانى لمدينة اجاديس البلدة القديمة هي التخطيط العضوى المتضام الذي يغلب عليه الطابع الشبكي.
الطابع المعماري			

مواد البناء	تم بناء الجدران بالكامل من الرمال والتربة السيوية، التي يطلق عليها اسم "الكيرشيف"، وهي عبارة عن الملح المغلف بالطفلة "طين"، وثُبت علميا أنها مادة بناء عازل جيد للحرارة، مثل الطوب اللبِن، ويستخدمها البناءون المحليون في سيوة منذ آلاف السنين استخدمت مواد البناء البيئية، ويتميز الفندق بأبواب ترابية تمتص الحرارة في النهار ثم تعكسها في الليل لتمنح الدفء فقد صنعت من خشب الزيتون الممزوج بالتراب السيوي. والأسقف مبنية من النخيل وتتم إنارة المبنى بالشموع. 	استخدم سكان وادي ميزاب مواد البناء المحلية المتوفرة في الطبيعة، لتناسبها مع متطلبات المتانة والعزل دون إهمال الناحية الجمالية. بنوا بالحجر والحجر الجيري استخدم التمشمت وهو جبس محلي ذو لون أبيض مائل إلى الرمادي كذلك استخدموا الطوب المصنوع من قوالب الطين.	أستخدم فى مدينة اجاديس فى البلدة القديمة مواد النهو البيئية التى تتكون من الطين والطوب اللبن على نطاق واسع بقطاعات حوائط تصل ال ٨٠ سم فى بعض المبانى، وبالنسبة الى مواد البناء مثل الخشب والاسمنت والحجر تتوفر بشكل نادرا في صحراء اجاديس، وتتكون المباني في مدينة اجاديس الصحراوية من المواد المحلية وهي الطين والقش والحصى، وهذا المزيج يجف مع أشعة الشمس، وعليه تم انتاج مادة قوية إلى حد ما تسمى بانكو وهي نوع من طين ذو قدرة عالية على التماسك وتحمل الظروف المناخية القاسية فى المناطق الصحراوية عامةً ومدينة اجاديس بصفة خاصة.

المصدر: الباحثة بتصرف

خلاصة وتوصيات البحث:

- تساهم تقنيات البناء الأخضر بشكل كبير في العمل على تقليل نسبة انبعاثات الكربون على مستوى العالم.
- تقلل مواد البناء المحلية من تكاليف النقل وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ويمكن الحصول عليها من المواد المعاد استخدامها، ولها تأثير بيئي أقل على المحيط الحيوي، وفعالة حرارياً، وتحتاج إلى كمية طاقة أقل من المواد التقليدية، وتستخدم موارد متجددة لا ينتج عنها انبعاثات ضارة وتعتبر مستدامة اقتصاديًا.
- يجب الحث على التوجه إلى استخدام مواد البناء الخضراء المستدامة بشكل صحيح عند تنمية المجتمعات العمرانية وعند البناء في الصحراء.
- تحتاج عملية انتاج مواد البناء إلى تحسين كفائتها وفعاليتها لأنها تساهم بشكل رئيسي في التأثير بشكل سلبي على البيئة المحيطة.
- لابد من عدم اغفال تطوير تقنيات تقييم دورة الحياة ودورها في تقييم البناء المستدام نظراً لأهميتها الكبيرة ومحاولة تطوير تقنيات البناء بشكل أفضل.
- تحتاج مباديء التنمية المستدامة " إلى التطوير المستمر.
- تعتبرعملية استدامة المباني من الأمور الهامة التي يجب أن ياخذها كل من ممارسي البناء صانعي القرار في اعتبارهم وذلك للحد من الانبعاثات الضارة وتقليل الاحتباس الحراري.
- لابد أن تبدأ جميع الشركات والمؤسسات التي تعمل في مجال البناء في استخدام المواد المستدامة والخضراء لأنها تحسن من عملية تشييد المبنى وتزيد من كفائته وتسمح بالعيش في بيئة مستدامة ونظيفة وآمنة.
- تتميز مواد البناء الخضراء بتوفير جودة الهواء الداخلي والمناخ الصحي وتزيد من كفاءة استهلاك الطاقة وتوفير الموارد والحفاظ على المياه، وتحسين بيئة البناء وتحافظ وتزيد من كفاءة البيئة الطبيعية المحيطة البيئة الطبيعية المحسنة وتكون اقتصادية بشكل أكبر.
- تساهم مواد البناء الخضراء في مستقبل أكثر استدامة حيث أنها سوف تحل محل مواد البناء التقليدية عاجلاً أم آجلا لذا لابد أن تتوفر خطوط انتاج متعددة بأسعار تنافسية للمساهمة في توفير مواد البناء الخضراء بشكل أكبرلاستخدامها في عمليات البناء والتشييد المستدام.
- يعمل استخدام مواد البناء الخضراء المستدامة بشكل صحيح على تنمية المجتمعات حيث لا يقتصر تطبيق مواد البناء المستدامة على تقليل تكاليف النقل وانبعاثات الكربون وتكاليف المواد في معظم الحالات فحسب، بل يساهم في توفير فرص العمل وتنمية المهارات لأفراد المجتمع.
- يتولى قطاع البناءالذي يتسبب بشكل مباشر أو غير مباشر في جزء كبير من التدمير البيئي السنوي لالتزام بتعزيز التنمية المستدامة من خلال إيجاد طرق أكثر ملاءمة بيئيًا للتشييد والبناء.
- لعبت مواد البناء البيئية دورا بارزاً في صمود التجمعات العمرانية في الصحراء أمام الظروف المناخية وتعتبر معظم تلك المواد مستدامة ولابد من الحفاظ على ستخدامها في البناء وتطويرها واللجوء لاستخدام مواد البناء الخضراء كخطوة على الطريق لبناء مباني خضراء مستدامة في البيئات الصحراوية.

مراجع البحث:

- Aquastat. (2005). Irrigation in Africa in figures.
- Baker G (2006) "Certification impacts private sector". Environmental Design and Construction 9(6): 80-82.
- Bourdeau, L., Halliday, S., Huovila, P. and Richter, C. (1997) Sustainable development and the future of construction. Proceedings Second International Conference on Buildings and the Environment, CSTB and CIB, Vol. 2, Paris, June, pp. 497-504.
- Building and Construction Authority "Sustainable Construction Materials for Buildings" Copyright @ 2007, Singapore. All rights reserved ISBN 978-981-05-7990-6
- Calkins, M. (2009). "Materials for Sustainable Sites". New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Cooper I (1999) "Which focus for building assessment methods: Environmental performance or sustainability?" Build Res Inf 27: 321- 331.
- Cooper, I. and Cur-well, S. (1997) BEQUEST – "Building Environmental Quality Evaluation for Sustainability through Time". Proceedings Second International Conference on Buildings and the Environment, CSTB and CIB, Vol. 2, Paris, June, pp. 515-23.
- Council, P. T.-U. (1996). "Sustainable Building Technical Manual - Green Building Design, Construction, and Operations". United States of America: Public Technology Inc. - US Green Building Council.
- Diana Gutierrez (2018) "How Do Green Building Principles Support Energy Efficiency?" Straughan Environmental, USA. 2. Indunil D. Batuwangala (2018) "An Overview of the Green Building Concept". Dubai. 3. Pulselli RM, Simoncini E, Pulselli FM, Bastianoni S (2007) Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: building indices to evaluate housing sustainability. Energy and Buildings 39(5): 620-628.
- Dragulanescu, N. (2013, December). "Some Theories of Environmental Sustainability." Romanian Statistical Review. 12(2013), pp. 14-22. Retrieved [Online] Available from: http://www.revistadestatistica.ro/wpcontent/ uploads/2014/04/RRS_12_2013_A1_en.pdf (Accessed in Oct., 2019).
- Dusek, V. (2006). "Philosophy of Technology: An Introduction". Garsington Road, Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Froeschle, LM (1999), 'Environmental Assessment and Specification of Green Building Materials', The Construction Specifier, p. 53.
- Goudie A. (2005). "The Human Impact on the Natural Environment (6th ed)." Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Haapio A., Viitaniemi P., (2008). "A critical review of building environmental assessment tools Environmental Impact Assessment Review" 28 469–482.
- Hemeida F., (2010). "Green Nanoarchitecture". Master thesis, Faculty of Engineering, University of Alexandria.
- Hill, R.C. and Bowen, P.A. (1997) "Sustainable construction: principles and a framework". Construction Management and Economics, Vol. 15, pp. 223-39.
- Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 6(6), pp. 2904-2913. "A Review on Sustainable Building (Green Building)" Behnam Neyestani Department of Civil Engineering,

De La Salle University, Manila, Philippines 30 January 2017 Online at https://mpra.ub.uni-muenchen.de/76588/ MPRA Paper No. 76588, posted 4 February 2017 10:09 UTC

- Kibert, C. J. (1994) "Final session of First International Conference of CIB TG16 on Sustainable Construction", Tampa, Florida, November.
- Kim J. "Sustainable Architecture Module: Qualities, Use, and Examples of Sustainable Building Materials", Edited by Jonathan Graves, Project Intern; College of Architecture and Urban Planning The University of Michigan Published by National Pollution Prevention Center for Higher Education, 430 E. University Ave., Ann Arbor, MI 48109-1115 734.764.1412 • fax: 734.647.5841 • nppc@umich.edu website: www.umich.edu/~nppcpub/
- Korkmaz, K., Erten, D., Syal, M., & Potbhare, V. (2009). "A Review of Green Building Movement Time lines in Developed and Developing Countries to Build an International Adoption Framework," Proceedings of Fifth International Conference on Construction in the 21st Century "Collaboration and Integration in Engineering, Management and Technology" May 20-22, 2009, Istanbul, Turkey. Retrieved [Online] Available from: https://www.researchgate.net/profile/Duygu_Erten/publication 228989835_A_Review_of_Green_Building_Movement_Timelines_in_Developed_and_Developing_Countries_to_Build_an_International_Adoption_Framework/links/563badab08ae45b5d286982e.pdf (Accessed in Sep., 2020).
- L. M. Froeschle, (1999) – "Environmental assessment and specification of green building materials".
- Langston, C. A. and Ding, G. C. K. (2001), "Sustainable practices in the built environment. Butterworth Heinemann".,
- Lawson, W. R. (1992) "Capital energy costs of building and the recycling of building materials". Proceedings of Construction Beyond 2000, Espoo, Finland.
- Matthiessen LF, Morris P (2007) "The cost of green revisited: reexamining the feasibility and cost impact of sustainable design in the light of increased market adoption". Davis Langdon.
- Morison A. W., Hes D., (2005) "Margaret Bates Materials selection in green buildings and the CH_2 Experience" - Sponsored by AusIndustry page 6,7
- Nalewaik, A. & Venters, V. (2008). "Costs and Benefits of Building Green," AACE International Transactions, 15(2), pp. 1-9.
- Paul, O., (1997) "Encyclopaedia of Vernacular Architecture", Phaidon Press Ltd, London, P2.
- Peach, J. (2010). "Five Sustainable Building Materials that Could Transform Construction". this big city. Retrieved from http://thisbigcity.net/five-sustainable-building-materials-that-could-transform-construction/
- See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/291345604 - "Green Building Materials and their Common Use in Everyday Life Research" · January 2016 - DOI: 10.13140/RG.2.1.1635.4323
- Sinha, Gupta, Kutnar, (2013) "Sustainable Development and Green Buildings" DRVNA INDUSTRIJA 64 (1) 45-53 doi:10.5552/drind.2013.1205
- Spiegel, R & Meadows, D (1999), "Green Building Materials: A Guide to Product Selection and Specification", New York: John Wiley & Sons.

- Torgal, F. and Jalali, S. (2011). "Eco-efficient Construction and Building Materials," Verlag, London: Springer Limited.
- USEPA (2009). "Green Building Basic Information. Retrieved: U.S. Environmental Protection Agency." (October 28, 2009, Retrieved Available from: http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/about.htm (Accessed in Oct. 11, 2016).
- USGBC (2016). "LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System." (2016 revision) Washington, DC: US Green Building Council Publications, p. 44. Retrieved [Online] Available from: http://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%202009%20RS_NC_07.01.14_clean_0.pdf. (Accessed in Nov., 2019).
- View publicationSee discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/233996916 - "Impact of Environmental Assessment of Green Building Materials on Sustainable Rating System Article "· December 2012 - DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.689.398
- Wang W, Zmeureanua R, Rivard H (2005) "Applying multi-objective genetic algorithms in green building design optimization". Building and Environment 40(11): 1512-1525.
- WCED (World Commission on Environment and Development), Our common future, Oxford: Oxford University Press, 1987
- Widok A. (2009). "Social Sustainability: Theories, Concepts, Practicability; Environmental Informatics and Industrial Environmental Protection: Concepts, Methods and Tools,", pp.43-51. Retrieved [Online] Available from: http://enviroinfo.eu/sites/default/files/pdfs/vol122/0043.pdf (Accessed in Sep. 26, 2016).
- Woolley, T. (1997) "The Green Building Digest - experience of providing information to construction professionals". Proceedings Second International Conference on Buildings and the Environment, CSTB and CIB, Vol. 1, Paris, June.
- Wyatt, D.P. (1994) "Recycling and serviceability: the twin approach to securing sustainable construction". Proceedings First International Conference of CIB TGI 6 on Sustainable Construction, Tampa, Florida, November, pp. 69-78.
- Yudelson J (2008) "The green building revolution". Washington DC: Island Press. 6. Venkatarama Reddy BV, Jagadish KS (2003) Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. Energy and Buildings 35(2): 129-137. 7. Ries R, Bilec M, Gokhan NM, Needy KL (2006) The economic benefits of green buildings: a comprehensive case study. The Engineering Economist 51(3): 259-295.
- Yun, W. (2014). "Modular construction and evaluation of green building technology system based on LEED,".