الفصل السادس

العمارة المستدامة

منذ الثورة الصناعية، شهد العالم إنجازات تكنولوجية لا تحصى، ورافق ذلك نمو سكاني كبير، أدى إلى زيادة هائلة في استخدام الموارد. ومع دخولنا إلى الألفية الجديدة، بدأنا نعترف بالآثار الجانبية لأنشطتنا، والمتمثلة في عدة مشكلات، من بينها: التلوث البيئي، والحجم المتزايد لمرادم مخلفات المدن، والنفايات السامة، والاحترار العالمي، ونضوب الموارد، واستنفاد طبقة الأوزون، وإزالة الغابات. وتؤثر هذه المشكلات في حدود "القدرة الاستيعابية carrying capacity" لكوكبنا الأرضي، وفي قدرته على توفير الموارد اللازمة لاستمرار الحياة مع الحفاظ على قدرته على تجديد تلك الموارد لصالح الأجيال القادمة[1].

ومع استمرار عدد سكان العالم في النمو، فإن المعالجة المثلى لقضية استخدام الموارد، واتخاذ ما يلزم من تدابير من أجل استدامتها، أصبح أمرا حتميا. ويتطلب تحقيق ذلك تبني تدابير فاعلة في جميع مجالات النشاط البشري، بما يكفل ضمان الكفاءة في استخدام الموارد.

وتعدّ بيئة المباني أحد الأمثلة الواضحة على تأثير النشاط البشري في موارد الأرض. فلأنشطة البناء تأثير كبير على البيئة، وإليها يعزى سدس كميات المياه العذبة المستهلكة في العالم، وربع كمية الأخشاب المنتجة فيه، وخمسي تدفقات المواد والطاقة. وتؤثر المباني أيضا في المناطق المحيطة بها، وهو الأمر الذي ينعكس سلبا على موارد المياه، وعلى نوعية الهواء، وأنماط النقل داخل الأحياء السكنية والتجمعات الحضرية[2]. ووفقا لمجلس الأعمال العالمي للتنمية المستدامة WBCSD، فإن المباني في جميع أنحاء العالم تستهلك 40 ٪ من إجمالي الإنتاج العالمي للطاقة، وما ينتج

(1) Loren E. Abraham et al., **Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design, Construction, and Operations**, Public Technology, Inc., Alexandria, VA, USA, 1996, Page vii.

(2) David Rodman and Nicolas Lenssen, **A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns Are Transforming Construction**, Worldwatch Paper 124, Washington, D.C., USA, March 1996, Page 6.

عنها من انبعاثات كربونية (تتألف من 40 ٪ من ثاني أكسيد الكربون (CO^2) يتجاوز بكثير تلك التي تنبعث من جميع وسائل النقل المشترك[1].

ويمثل نشاط البناء أحد القطاعات المحورية في الاقتصاد. وهذا القطاع مسئول عن استهلاك كميات ضخمة من المواد الإنتاجية الصناعية؛ حيث تبلغ كمية المواد التي يستهلكها نحو 40 في المائة من إجمالي المنتجات الصناعية. وبالإضافة إلى ذلك، تمتص المباني المشيدة في قارة أمريكا الشمالية نحو 65 في المائة من إجمالي الكهرباء التي يتم توليدها في هذه القارة، وفي الوقت نفسه، فإنها تقوم بتوليد نحو 30 في المائة من انبعاثات الغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري. كما أن 60 في المائة من المواد المستنزفة للأوزون الإستراتوسفيري في الولايات المتحدة الأمريكية تأتي من المباني وأنظمة البناء. ولهذا، فإن مواد البناء مهمة بسبب الآثار البيئية والاجتماعية الكبيرة الناجمة عن عمليات إنتاجها ومعالجتها وصيانتها.

فكرة المبنى المستدام

وتمثل المباني أيضا بيئاتنا الشخصية، والمواد المستخدمة في تشييدها تؤثر فينا بشكل مستمر؛ لأننا مغمورون في أجوائها وبينها ليلا ونهارا. وكما قال رئيس الوزراء البريطاني الأسبق (تشرشل Churchill)، فإننا "نشكل مبانينا، ومبانينا تشكلنا". وهي مقولة صحيحة، إذ إن مواد البناء تحيط بنا، ومن المؤسف أنها تتسلل أيضا إلى رئاتنا؛

(1) Yujun Liu, **Green Building Development in China: A Policy-Oriented Research with a Case Study of Shanghai**, Lund University Centre for Sustainability Studies, Lund University, Lund, Sweden, September 2012, Page 11.

حيث يتسرب جزء من جسيماتها وترابها إلى الهواء الذي نتنفسه. وباختصار، فإن لمواد البناء تأثيرا كبيرا على صحتنا وشخصياتنا وأرواحنا ورفاهيتنا. كما أن لها آثارا على بيئتنا واقتصادنا[1].

ولهذا؛ كان من الطبيعي أن تلفت هذه الآثار أنظار حماة البيئة والمعماريين أيضا. فبدأت أجراس الإنذار تدق من أجل إحداث تغيير في أساليب البناء بحيث يكون للمحافظة على البيئة فيها نصيب كبير من الاهتمام. ومع تنامي الوعي العام تجاه الآثار البيئية المصاحبة لأنشطة البناء، صار جليا أن التحدي الأساسي الذي يواجه القطاعات العمرانية إنما يتمثل في مقدرتها على الإيفاء بالتزاماتها وأداء دورها التنموي تجاه تحقيق مفاهيم التنمية المستدامة الشاملة. ومن هنا ظهرت فكرة العمارة المستدامة أو البناء الأخضر[2].

● ما هي العمارة المستدامة؟

نموذج لمبنى مستدام

يتكون مصطلح العمارة المستدامة من شقين، هما العمارة architecture

(1) Brian Milani, **Building Materials in a Green Economy: Community-based Strategies for Dematerialization**, Department of Adult Education, Community Development and Counseling Psychology, Institute for Studies in Education, and the Institute for Environmental Studies of the University of Toronto. Ontario, 2005, Page 2.

(2) علي بن محمد السواط، **الاستدامة كمدخل لتعزيز دور المهندسين السعوديين في بناء الاقتصاد الوطني**، ندوة «المهندس ودوره في بناء الاقتصاد الوطني» التي عقدت في مركز الملك فهد الثقافي بتاريخ 3 - 4 ربيع أول 1426 هـ الموافق 12 - 13 أبريل 2005 م، الرياض، صفحة 11.

والمستدامة Sustainable. وقد سبق لنا تعريف الشق الثاني (المستدامة). وبالنسبة للشق الأول، فقد عرّف ماركوس فيتروفيوس Marcus Vitruvius (70 ق. م. - 23 م) العمارة بأنها فن وطرق إقامة المنشآت، وذكر أنها تقوم على ثلاثة أركان رئيسية، هي: المتانة firmitas، والمنفعة (الاستخدام) utilitas، والجمال venustas[1].

أما ابن خلدون فقد عرّف العمارة بأنها "معرفة العمل في اتخاذ البيوت والمنازل للكنّ والمأوى للأبدان في المدن، وذلك أن الإنسان لما جبل عليه من الفكر في عواقب أحواله لا بد أن يفكر فيما يدفع عنه الأذى من الحر والبرد كاتخاذ البيوت المكتنفة بالسقف والحيطان من سائر جهاتها"[2].

وفي المراجع الحديثة تعرّف العمارة بأنها: "هي فن إقامة منشآت، كخلق فراغات معمارية ذات منفعة وبأشكال على درجة عالية من الجمال الحسي والتعبيري. وكل عمل يكون الجمال فيه عنصرا أساسيا يُعَدُّ فنا، ولكن العمارة تهدف بشكل رئيسي إلى وظيفة أساسية، فالبناء يُنشأ لكي يشغل وظيفة معينة، ويلبي ضرورة حيوية ضمن مجال معين"[3].

وهي تعرّف أيضا بأنها "فن وعلم تشييد وتصميم المباني ليغطي بها الإنسان احتياجاته المادية (كالسكن مثلا) أو المعنوية وذلك باستخدام مواد وأساليب إنشائية مناسبة"[4].

وعلى هذا فالعمارة المستدامة، أو البناء المستدام، يمكن تعريفها على أنها: "ممارسات البناء التي تسعى إلى الجودة المتكاملة (الاقتصادية - الاجتماعية - البيئية) بطرق شاملة، من خلال الاستخدام المنطقي للموارد الطبيعية، والإدارة الملائمة لمشروعات العمران، بما يسهم في إنقاذ الموارد المحدودة، وتقليل استهلاك الطاقة، وتحسين البيئة"[5]. وثمة من عرّف العمارة المستدامة على أنها مصطلح عام "يصف تقنيات التصميم الواعي بيئيا في مجال الهندسة المعمارية"[6]. أو "هي عملية

---

(1) Vitruvius, **The Ten Books on Architecture**, Translated bu: Morris Hicky Morgan, Harvard University Press, London, 1914, Pages 13: 16.

(2) عبد الرحمن بن محمد بن محمد بن خلدون الحضرمي، **تاريخ ابن خلدون**، تحقيق: خليل شحادة، دار الفكر، بيروت، الطبعة الثانية، 1408 هـ/ 1988 م، صفحة 507: 508.

(3) باسم محمد عايش، **تصميم الديكور الداخلي**، مكتبة المجتمع العربي للطباعة والنشر والتوزيع، عمان، 1426 هـ/ 2006م، صفحة 15.

(4) http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%D8%A9

(5) فريد صبح القيق، **مفاهيم الاستدامة كمنهجية شاملة لتقييم المخططات العمرانية**، المؤتمر الدولي الثالث للهندسة وإعمار غزة، كلية الهندسة، الجامعة الإسلامية بغزة، 10 - 11 أكتوبر 2010، صفحة 3.

(6) http://www.cebe.heacademy.ac.uk/learning/habitat/HABITAT4/beattie.html#_Toc397853444

تصميم المباني بأسلوب يحترم البيئة، مع الأخذ في الاعتبار تقليل استهلاك الطاقة والمواد والموارد، مع تقليل تأثيرات الإنشاء والاستعمال على البيئة، وتنظيم الانسجام مع الطبيعة"[1].

ومن ناحية أخرى، فقد عُرِّف البناء المستدام بأنه "إيجاد إدارة بيئية صحية تعتمد على كفاءة استخدام الموارد، واحترام المبادئ المؤدية إلى التجانس مع البيئة"[2]. فالمباني المصممة بأسلوب مستدام تهدف إلى خفض آثارها السلبية على البيئة من خلال كفاءة استخدام الطاقة والموارد. وعلى هذا، يجب التأكيد على أن مفاهيم وتطبيقات الاستدامة في العمران ليست ترفاً علمياً، وإنما هي أسلوب عملي جديد للممارسة المهنية الهادفة[3].

ومن هذا المنطلق، تتوجه أغلب البحوث الحديثة والدراسات العالمية نحو تطبيق أبعاد وإستراتيجيات التنمية المستدامة على مدن العالم المختلفة. ويبرز من بين هذه البحوث تلك المختصة بالعمارة الخضراء المرتبطة بالتنمية المستدامة للمدن، والبرامج العالمية المقترحة لمدن مستدامة[4].

والاستدامة تؤثر على كل مستويات التخطيط العمراني من المبنى الواحد إلى كامل المنطقة العمرانية[5].

• العلاقة بين المباني المستدامة والمباني الخضراء

يرى بعض الباحثين أن محاولة التفريق بين مصطلحي المباني المستدامة والمباني الخضراء لن يقودنا إلى اختلافات جوهرية، فالتداخل بين المصطلحين كبير، كما أن كثيرا من الكتاب يستخدمون كلا المصطلحين باعتبارهما مترادفين. ولهذا يرى (جون فان دورين) John Van Doren أن أي جهد يبذل في هذا الصدد سيكون أشبه بإعادة ترتيب الكراسي على سطح سفينة مثل (تايتانيك Titanic).

ويرى فريق ثان أن فكرة استخدام الطاقة بكفاءة، والمباني الصحية، معروفة منذ

---

(1) http://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_architecture

(2) رشيد أكرم شلهوب، العمارة الخضراء، انظر الموقع التالي:

http://www.qatargreenleaders.com/arabic-section/617-%D8%A7%D984%%D8%B9%D985%%D8%A7%D8%B1%D8%A9-%D8%A7%D984%%D8%AE%D8%B6%D8%B1%D8%A7%D8%A1.html

(3) فريد صبح القيق، **مفاهيم الاستدامة كمنهجية شاملة لتقييم المخططات العمرانية**، مرجع سابق، صفحة 3.

(4) سناء ساطع عباس ولبنى العزاوي، **دور النمو التقني للأقطاب في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة للمدن (مدينة البصرة نموذجا)**، مجلة الهندسة والتكنولوجيا (تصدر عن الجامعة التكنولوجية - بغداد)، المجلد 31، الجزء A، العدد الخامس، 2013، صفحة 87.

(5) فريد صبح القيق، **مفاهيم الاستدامة كمنهجية شاملة لتقييم المخططات العمرانية**، مرجع سابق، صفحة 3.

فترة طويلة. أما شيوع مفهوم "المباني الخضراء" أو "المباني المستدامة" في أدبيات العمارة حاليا فهو رد فعل لبزوغ عدة مشكلات بيئية واقتصادية واجتماعية مثل الاحترار العالمي، وارتفاع تكاليف الطاقة، وتراجع احتياطيات النفط، والمخاوف من نقص إمدادات المياه، وزيادة الوعي البيئي بمسئولية المجتمع عن الآثار الصحية المرتبطة بـ "متلازمة المباني المريضة Sick Building Syndrome"، وغيرها. وأيا كان السبب أو الأسباب، فإن مفهوم البناء المستدام هو مفهوم حان وقته، ووجب تعميمه ونشره[1].

ومع أن مصطلح المباني المستدامة أقل شيوعا في الاستعمال من مصطلح المباني الخضراء، إذ لم يتم التركيز عليه إلا في الآونة الأخيرة، فإن هذا المصطلح يرتبط ارتباطا وثيقا بمفهوم الاستدامة، في حين يرتبط مصطلح المباني الخضراء بالحركة الخضراء التي نشطت ابتداء من عقد السبعينيات الماضي[2].

ويُعَدُّ مفهوم المباني المستدامة أشمل من مفهوم المباني الخضراء، فمفهوم المباني المستدامة أعم، ومفهوم المباني الخضراء أخص. ويتمثل الفرق الرئيسي بينهما في أن المباني المستدامة عبارة عن عدد من الأنشطة يتم من خلالها تحويل غاية الأبنية الخضراء إلى أهداف محددة نستطيع على أساسها تقييم المباني.

ويمكن تلخيص المقصد الأساسي للمباني المستدامة بأنه تقليل تأثير البيئة المشيدة على البيئة الطبيعية، وتحسين فاعلية المبنى لضمان حياة ذات جودة عالية للأجيال المستقبلية[3].

أما المباني الخضراء فيمكن تعريفها بأنها "الأبنية التي تأخذ بالاعتبار وتحترم الترتيب الطبيعي للأشياء، وهو التصميم الذي يقلل التأثير السلبي للإنسان على الطبيعة المحيطة من مواد وموارد، بالإضافة إلى النظم السائدة في الطبيعة"[4]. وقد عرفت وكالة حماية البيئة (EPA) الأمريكية البناء الأخضر بأنه الممارسات الخاصة بإيجاد إنشاءات تقوم على استخدام عمليات مسئولة بيئيا، وتتسم بكفاءة مواردها طيلة فترة حياة المبنى، بدءا من مرحلة التصميم، ثم التشييد، فالتشغيل، فالصيانة، فالترميم، ثم الهدم"[5]. كما عرّف المكتب الاتحادي التنفيذي للبيئة Office of the Federal Environmental Executive المباني الخضراء بأنها الممارسات الخاصة بما يلي:

(1) http://sunhomedesign.wordpress.com/what-is-sustainable-design/

(2) http://www.khayma.com/almoudaress/takafah/albiaa.htm

(3) http://www.fewa.gov.ae/_arabic/community/environment/environment1.html

(4) http://www.academia.edu/6726841_/

(5) Sam Kubba, **Handbook of Green Building Design and Construction**, Elsevier/ Butterworth - Heinemann, Waltham, MA, USA, 2012, Page 1.

1 - زيادة كفاءة المباني ومواقعها في مجالات استخدام الطاقة والمياه، والمواد.

2 - الحد من تأثير المباني على صحة الإنسان والبيئة، من خلال تحسين عمليات تحديد المواقع، والتصميم والبناء والتشغيل والصيانة والإزالة، طوال دورة الحياة الكاملة للمباني[1].

• تاريخ العمارة المستدامة

يتصل تاريخ حركة العمارة المستدامة اتصالا وثيقا بتاريخ العمارة البيئية، التي يعود جذورها إلى الحضارات القديمة؛ حيث ظهرت في صورة محاولة الإنسان للتأقلم والتعايش في بيئته. وقد تباينت صور هذا التأقلم من استخدام المواد المتاحة في البيئة المحلية في العمران، مرورا بطرق استخدامها، وانتهاء بالأساليب التي اتبعها للتعامل مع عناصر البيئة ومحدداتها من الأمطار والرياح والحرارة وضوء الشمس وغيرها. ففي مصر نجد أن إنسان الحضارات القديمة استخدم الأحجار الطبيعية، ونحت في الجبال منظوماته المعمارية المقدسة مثل المعابد، في حين استخدم المواد المحلية من الطوب اللبن والبردي والأخشاب في منظوماته المعمارية الخاصة، مثل مساكن العمال[2]. كما أن مخازن قمح الرامسيوم بالأقصر، التي يعود تاريخها إلى أكثر من 2500 سنة، بنيت بخامة الطوب اللبن وسُقِّفَت بالقباب والأقبية؛ وكانت من القوة والمتانة بحيث ظلت باقية حتى يومنا هذا[3].

وفي العمارة الإسلامية اتجه المعماريون إلى العديد من المعالجات البيئية مثل استخدام الملاقف والقباب والأقبية والفراغات الداخلية، وكذلك الأخشاب في المشربيات وغيرها. وكل ذلك كان في إطار التأقلم مع البيئة[4]. ومن الملاحظ أنه رغم تفاوت الظروف المناخية في بلدان العالم الإسلامي، فإن المعماريين المسلمين حرصوا على تكييف المنشآت العمرانية مع تلك الظروف. فمن الناحية التخطيطية، اتبع هؤلاء المعماريون نظاما خاصا حاولوا من خلاله معالجة الظروف المناخية المحيطة بالمبنى، لاسيما درجات الحرارة وأشعة الشمس المحرقة خلال فصل الصيف الحار، وذلك عن طريق عزل داخل البيت عن المحيط الخارجي، وخلق بيئة خاصة به لا علاقة مباشرة بينها وبين المناخ في الخارج، واستعملوا لذلك نظام الفناء

(1) Sam Kubba, **Handbook of Green Building Design and Construction**, Op. Cit., Page 1. See also: OFFE, **The Federal Commitment to Green Building: Experiences and Expectations**, Office of the Federal Environmental Executive, Washington, DC, 18 September 2003, Page 2.

(2) tp://architect.hiablog.com/post/77611

(3) http://archive.today/ABoL

(4) http://arrafid.ae/189_p14.html

الداخلي أو ما يعرف بصحن الدار[1]. ويكون البيت ذو الفناء الداخلي على شكل فناء تحيط بجوانبه الأربعة صفوف من الغرف المتجاورة. ومن أهم مميزات هذه البيوت أنها توفر أكبر قدر من المساحة السطحية الضرورية لإشعاع الحرارة خاصة في الليل. ويتسبب الفناء الداخلي في إدخال الهواء البارد ليلا إلى قلب المسكن، ولهذا، يكون البيت في هذه الحالة مثل أي مبرّد جيد التصميم؛ حيث تتعرض أكبر مساحة من سطحه الخارجي للتبريد بفعل الهواء. كما أن هذه الأفنية توفر الضوء، وتمدّ المنزل من الداخل بالإنارة الطبيعية والهواء العليل. وفي المدن التي تقع في نطاق صحراوي أو شبه صحراوي، مثل طهران وشيراز وأصفهان وحلب والقدس وعمان والرياض والمدينة المنورة ومكة المكرمة، كان يتم بناء المنشآت بحيث تظل درجات الحرارة داخلها باردة في ساعات النهار، ودافئة في الليل. فالجدران والأسقف السميكة، مثلا، تلطف الحرارة نهارا، وتخفف شدة البرودة ليلا، والشوارع والأزقة الضيقة تردّ غائلة القيظ ووهج الشمس، وتقي سكان المباني من العواصف الترابية. وساعد توفر بعض مواد البناء، كالطين والأحجار، محليا على استخدام هذه المواد في المنشآت العمرانية بشكل أكسبها متانة وقوة وجمالا.

وقد استطاع المعماريون في المدن الإسلامية الواقعة في الصحراء أن يستفيدوا من ظاهرة انخفاض درجات الحرارة ليلا، من خلال استغلالهم الجيد لما يعرف علميا باسم الكتلة الحرارية thermal mass، ويتمثل ذلك في بنائهم منشآت يستخدمون فيها مواد ثقيلة وذات كثافة عالية بحيث يمكنها امتصاص كميات كبيرة من حرارة الشمس أثناء النهار. فالطين والحجارة لهما كتلة حرارية عالية، ولهذا فإن الجدران والأسقف، التي تشيد بهما تحتفظ بالحرارة، التي تتراكم في كل منهما خلال النهار، إلى أن يأتي الليل ويبرد الجو، فتبثّ الجدران والأسقف آنئذ الحرارة إلى داخل المبنى. ومع حلول الصباح تكون الجدران والأسقف قد بردت من الخارج (بفعل الانخفاض الكبير في درجة حرارة الهواء ليلا)، واحتفظت بقدر كاف من البرودة في مكوّناتها، ولهذا عندما يشتد القيظ نهارا فإن هذه الجدران والأسقف تساعد على تبريد داخل المباني، فلا يشعر المقيمون فيها بالحرارة. وفي بعض البلدان، مثل (مطماطة بتونس)، تمّت مواجهة مشكلة التفاوت الكبير بين درجات الحرارة نهارا وليلا ببناء البيوت تحت سطح الأرض. وفي مثل هذه البيوت، فإن التربة التي تحيط بها تعمل بمثابة مستودع كبير للكتلة الحرارية؛ حيث تزودها بقدر جيد من الحرارة، وهو الأمر الذي يجعل درجة الحرارة داخل هذه البيوت منتظما وثابتا تقريبا في ساعات الليل والنهار، تماما كما هو

(1) سليمة عبد الرسول، **المباني التراثية في بغداد: دراسة ميدانية لجانب الكرخ**، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، دار الحرية للطباعة، بغداد، 1987، صفحة 24.

الوضع داخل الكهوف. وفي بعض المناطق، التي تتصف بالتغيرات البيئية الكبيرة، مثل إيران، شاع استخدام أبراج الرياح في المباني. فإذا كانت الرياح لطيفة النسائم تهب بصورة متكررة من اتجاه واحد مثلا، فإن فتحة البرج تكون في الجهة المواجهة لهبوب هذه الرياح، بحيث تسمح بدخول النسيم وبتوجيهه إلى حجرات المنزل. وإذا كان من المعتاد أن تتغير اتجاهات الرياح، ففي مثل هذه الحالة تفتح الأبراج من أكثر من جهة لاستقبال الرياح. وتكون الأبراج طويلة نسبيا، وهو الأمر الذي يساعدها على "اقتناص" النسائم بمعدلات كبيرة يجعلها وسيلة من وسائل التهوية في الأوقات التي لا تهب فيها الرياح. وفي بعض المنشآت المعمارية يتم توجيه الهواء البارد الآتي من البرج ليمر عبر مياه نافورة أو بركة، أو يتم دفعه إلى المرور خلال نفق رطب، بهدف الاستفادة من ظاهرة التبريد التي تنجم عن تبخير المياه، وهو الأمر الذي يضاعف من برودة الهواء. ومن المعروف أن جراما واحدا من الماء يحتاج إلى 80 سعرة حرارية لكي يتم تبخيره. واستخلاص هذا القدر من الحرارة من داخل المنزل يكون له تأثير تبريدي قوي.

ومن الملاحظ أن الأسس العلمية، التي طبقها المعماريون في المدن الصحراوية بالعالم الإسلامي، هي نفس الأسس التي يسعى المهندسون المعماريون إلى محاولة تطبيقها في المناطق ذات المناخات المعتدلة بالعالم، ولكن من خلال الاستغلال الفاعل لتقنيات الطاقة الشمسية. وفي الوقت الذي أثبت فيه الواقع الفعلي أن أجهزة الطاقة الشمسية (من مجمعات شمسية وأجهزة لتخزين الحرارة) معقدة جدا وعالية التكاليف، فإن نظم التبريد والتدفئة المقابلة، التي طورها المعماريون في صحاري العالم الإسلامي، أثبتت نجاحها وفاعليتها[1].

وخارج نطاق العالم الإسلامي، كانت هناك شعوب وقبائل تستخدم أساليب خاصة بها في بناء المنازل لكي تواجه بها المشكلات المناخية، وكانت تستخدم مواد من البيئة لتساعدها على ذلك. وقد كان هذا الاتجاه سائدا على مر العصور والأزمان، فلم يتجه الإنسان إلى تجاهل الظروف البيئية المحيطة به مطلقا، وإنما حاول بشتى الطرق التأقلم مع عناصرها، إلى أن قامت الثورة الصناعية[2].

ومع بداية الثورة الصناعية في القرن الثامن عشر الميلادي تغيرت كل النظريات المعمارية التقليدية، وبرز تركيز كامل وشديد على الوظيفة والكفاءة الاقتصادية كمنبع للتصميم. وتجاهل المعماريون إرضاء حاجات الإنسان الفيزيائية كدرجة

(1) وارن جونسون، **المحافظة على التبريد والتدفئة في العمارة الإسلامية**، ترجمة: محمد عبد القادر الفقي، مجلة القافلة (التي تصدر عن شركة أرامكو السعودية)، العدد الثامن، المجلد الخامس والأربعون، شعبان 1417 هـ/ ديسمبر 1996 - يناير 1997، صفحة 37: 42.

(2) http://arrafid.ae/189_p14.html

الحرارة ونسبة الرطوبة وشدة الإضاءة، وغير الفيزيائية كتحقيق الراحة النفسية ومراعاة الجوانب الثقافية والحضارية والاجتماعية. كما اتجه المعماريون إلى توحيد المفردات المعمارية عالميا، وعاملوا المنشآت كما لو كانت آلات. ومن هنا ظهرت فجوة واسعة عميقة بين العمارة والبيئة. وقد سمى المهتمون بدراسة الطبيعة والاتزان البيئي هذه العمارة باسم "العمارة المدمرة destructive architecture" لأنها أثرت سلبا على البيئة واتزانها الطبيعي. وفي الوقت نفسه، بدأت صيحات الاحتجاج تنطلق ضد هذه العمارة، وإن لم تكن قوية بما يكفي لوقف تلك العمارة.

وكان "جون راسكن John Ruskin" 1819 - 1900م من أوائل من رصدوا أضرار التقدم الصناعي، ونادى بأن على العمارة أن تتجاوب مع البيئة وكتب في مؤلفاته بأن "الله أعارنا الأرض لنحيا عليها بعض الوقت، لكن ملكيتها تؤول لأبنائنا وأحفادنا أكثر مما تعود لنا، وليس لدينا أدنى حق في أن نتجاهلهم أو أن نشركهم في عقاب على جرائم لم يقترفوها، أو حتى أن نحرمهم من نعم وهبها الله لهم". وبالإضافة إلى ذلك، أسهمت الاكتشافات العلمية التي تمت في منتصف القرن التاسع عشر على أيدي "تشارلز داروين Charles Darwin" و"تشارلز ليل Charles Lyell" وآخرين في إعادة فهم الإنسان للطبيعة. كما حدثت تطورات ملحوظة في تقنيات الإنشاء والتشييد المعماري خصوصا في مجال استخدام الزجاج والمعادن والتطور في تقنيات الإضاءة الصناعية والتكييف[1]. وفي أواخر القرن التاسع عشر الميلادي، بدأت إرهاصات البناء الأخضر في الظهور. ووفقا لديفيد جيسين David Gissen، أمين متحف البناء في واشنطن العاصمة، فإن بعض الإنشاءات مثل القصر البلوري (كريستال بالاس) Crystal Palace في لندن وجاليري فيتوريو عمانويل الثاني Galleria Vittorio Emanuele II في ميلانو استخدمت فيها الأساليب التي تخفض من تأثير المبنى على البيئة. فعلى سبيل المثال، استخدمت منذ وقت مبكر أنظمة أسقف التهوية الطبيعيةroof[2] ventilators، والغرف التحت أرضية لتبريد الهواء underground aircooling chambers، وذلك للتحكم في درجة الحرارة داخل المباني[3].

وفي وقت مبكر من القرن العشرين، شكلت ناطحات السحاب نقطة تحول في

(1) http://archive.today/ABoL#selection-491.0-497.383

(2) يعدّ هذا النظام من أفضل وأسهل طرق التهوية الطبيعية، حيث يتحكم في عملية التهوية مولد ذكي يركب في أعلى المبنى ليعطي المبنى من الداخل تهوية باردة إذا كان الجو حاراً أو تهوية دافئة إذا كان الجو بارداً. انظر:

http://racksha.com/ventilation-roofs/natural-ventilation-roof-tettofacile-%D8%A7%D8%B3%D9%82%D9%81-%D8%AA%D9%87%D9%88%D9%8A%D9%87-%D8%B7%D8%A8%D9%8A%D8%B9%D9%8A%D9%87-%D9%84%D9%84%D8%A3%D8%AC%D9%88%D8%A7%D8%A1-%D8%A7%D9%84%D8%AD%D8%A7/

(3) Building Design and Construction, **White Paper on Sustainability**, November 2006, Page 4.

العمارة الحديثة، حيث دخل الزجاج والصلب في تكوينات العمارة[1]. وقد استخدمت مجموعة النوافذ العميقة deep-set windows وقتذاك في العديد من ناطحات السحاب مثل مبنى فلاتيرون Flatiron Building ومبنى صحيفة نيويورك تايمز في نيويورك. أما متجر كارسون بيري سكوت Carson Pirie Scott department store في شيكاغو فقد استخدم المظلات القابلة للسحب retractable awnings. وأفاد استخدام هذين الأسلوبين في التحكم بفاعلية في درجة الحرارة داخل المبنى وتقليل تأثير المبنى على البيئة[2]. وخلال الفترة من عام 1930 إلى عام 1960، أدى التفكير في تطوير طرق التبريد المذكورة أعلاه إلى إفساح الطريق أمام بعض التقنيات المعمارية الجديدة التي أسهمت في تغيير أساليب تشييد المباني داخل المدن بشكل كبير. فقد أسهم اختراع أجهزة تكييف الهواء، والزجاج العاكس reflective glass، والفولاذ الإنشائي structural steel في انتشار المباني ذات الواجهات الزجاجية المغلقة والمباني المشيدة من الصلب التي تتسم بها المدن الأمريكية اليوم. وفي هذه المباني استخدمت نظم التبريد والتسخين والتكييف والتهوية الضخمة التي تستهلك كميات كبيرة من الوقود الأحفوري الرخيص والمتاح في الأسواق[3]. ولتوفير الطاقة المطلوبة لهذه المباني كان الأمر يتطلب استهلاك كميات هائلة من الطاقة التي تعتمد اعتمادا كليا على مدى توافرها وتكاليفها.

ولا نستطيع تجاوز هذه المرحلة دون الالتفات إلى ما حدث في "الغورنة"، تلك القرية التي ظهر فيها فكر المعماري "حسن فتحي" عام 1946 م، والتي أُعتبِرت العمود الفقري لحركة العمارة الخضراء في مصر. فقد ابتعث نمط بيوت النوبة المبنية بالطين والمسقفة بالقبب والأقبية؛ إذ وجد فيه الحل المناسب لتوفير بيت متين وواسع ومريح وجميل لكل فلاح فقير، بتكلفة اقتصادية منخفضة، بالإضافة إلى تناسب تلك البيوت وتجاوبها مع البيئة المحيطة. كما أن خامة الطين، التي تُعَدّ مادة البناء الأساسية في هذه البيوت، موجودة ومتوافرة في البيئة الريفية[4].

وزهاء عام 1970م، أصبحت أبراج "الصناديق الزجاجية glass box" الشاهقة هي النمط السائد في عمارة المدن الأمريكية. ووقتذاك، بدأت مجموعة من المهندسين المعماريين والبيئيين والإيكولوجيين في التأثر بالحركة البيئية[5] التي أخذت في

(1) Isabel Kuhl, **Architecture: The Groundbreaking Moments**, Prestel, USA, June 2012, Page 8.

(2) Scott C. Lardner, **Green Building: History of Green Building**, Marble Institute of America, Cleveland, Ohio, USA, 2007, Page 5.

(3) Building Design and Construction, **White Paper on Sustainability**, Op. Cit., Page 4.

(4) http://archive.today/ABoL

(5) Ibid, Page 4.

التنامي، متأثرة بارتفاع أسعار الوقود عقب الأزمة النفطية التي سادت خلال عقد السبعينيات[1]. وفي نهاية المطاف، أدى ذلك إلى ظهور حركة البناء الأخضر الحديثة.

استخدام خامة الطين في بناء قرية القرنة بمصر من قبل حسن فتحي

وفي يوم الأرض الأول، الذي تم الاحتفال به في أبريل 1970م، تم إضفاء بعض المصداقية على مفهوم البناء الأخضر، ولكن الحظر النفطي الذي فرضته منظمة الأقطار المصدرة للبترول (OPEC) في عام 1973م أعطى الحركة البيئية المتنامية دفعة جديدة، كما أعطى أسلوب البناء الأخضر مبررات تبنّيه، وأبرز أهمية البدء فيه. ومع مدّ خطوط الغاز إلى المباني التقليدية، بدأ بعض الأميركيين في التشكك في فلسفة الاعتماد التقليدي على الوقود الأحفوري وحده (من نفط وفحم) كمصدر للطاقة في المباني[2]. وكنتيجة للحظر النفطي، بالإضافة إلى المخاوف الأخرى من نضوب موارد الطاقة الأحفورية والتكلفة العالية لمصادر الطاقة البديلة، قام المعهد الأمريكي للمهندسين المعماريين (AIA) بتشكيل لجنة الطاقة التي تم تقسيمها إلى مجموعتين، عنيت إحداهما بالأداء الحراري السلبي، مثل مواد التسقيف العاكسة لأشعة الشمس reflective roofing materials، وتحديد المواقع المفيدة بيئيا للمباني، وذلك لتحقيق وفورات في الطاقة، في حين عنيت المجموعة الأخرى بالتركيز بشكل أكبر على الحلول التكنولوجية، مثل استخدام النوافذ ذوات التزجيج الثلاثي triple-glazed windows[3].

(1) http://www.nyc.gov/html/nycwasteless/html/in_business/green_building.shtml

(2) Building Design and Construction, **White Paper on Sustainability**, Op. Cit., page 4.

(3) Ibid, Page 4.

في المباني المستدامة يستفاد من ضوء الشمس لتقليل استهلاك الكهرباء

ومع تضاؤل حدة المخاوف من تفاقم مشكلة الطاقة، تباطأت عجلة كل من البناء الأخضر والحركة البيئية بصفة عامة، ولكن مجموعة من المهندسين المعماريين المتخصصين واصلت جهودها لدفع مسيرة البناء الأخضر إلى الأمام.

ومن المباني البارزة التي شيدت خلال عقد السبعينيات والتي استخدمت فيها مفاهيم التصميم الأخضر ما يلي:

1 - مقر شركتي ويليس فابر Willis Faber ودوماس Dumas في إنجلترا، اللذين استخدم العشب فيهما لتغطية السقف، واستخدم ضوء الشمس والنوافذ الزجاجية لإنارة الردهات نهارا.

2 - مبنى بيتسون جريجوري Gregory Bateson Building في كاليفورنيا، الذي استخدمت فيه الخلايا الشمسية (الخلايا الفولتاضوئية الحساسة للطاقة الشمسية) تحت الأرض، وأنظمة التبريد بتخزين الحرارة تحت الأرضيات في الصخر under-floor rockstore cooling systems، وأجهزة السيطرة على مناخ المنطقة climate control devices[1].

وخلال أواخر السبعينيات، وطوال فترة الثمانينيات، وإلى أوائل التسعينيات، أجري العديد من الأبحاث حول العمليات التي تتصف بكفاءتها في استخدام الطاقة. وأسفرت هذه الأبحاث عن إنتاج ألواح شمسية أكثر فاعلية، وأنظمة حوائط مسبقة الصنع ذات كفاءة عالية في العزل الحراري، ونظم استصلاح المياه water reclamations systems،

(1) Sam Kubba, **Handbook of Green Building Design and Construction**, Op. Cit., Pages 8: 9.

ووحدات بناء نموذجية modular construction units، والاستخدام المباشر للضوء من خلال النوافذ من أجل تقليل استهلاك الطاقة خلال ساعات النهار[1].

وعندما انتخب بيل كلينتون Bill Clinton رئيسا للولايات المتحدة الأمريكية في عام 1992، بدأت فكرة المباني المستدامة في الانتشار، ونادى بعضهم بتخضير البيت الأبيض. وبعد ثلاثة وعشرين عاما من الاحتفال بيوم الأرض الأول، أعلن بيل كلينتون عن خطة لجعل البيت الأبيض "نموذجا للكفاءة في استخدام الطاقة والحد من النفايات[2]. وقد تم تصميم برنامج (تخضير البيت الأبيض) بهدف تحسين "كفاءة الطاقة والأداء البيئي لمجمع البيت الأبيض، وذلك عن طريق تحديد مجالات الحد من النفايات، وتخفيض استخدام الطاقة، والاستخدام الملائم للموارد المتجددة renewable resources، مع تحسين جودة الهواء داخل المجمع. وفي 13 مارس 1996، أفيد أنه خلال السنتين الأوليين من مشروع تخضير البيت الأبيض تم توفير أكثر من 150000 دولار سنويا من تكاليف الطاقة والمياه، ونفقات الحدائق، وتكاليف الحد من النفايات الصلبة. ومنذ عام 1996، تم توفير 300000 دولار سنويا بسبب تنفيذ مشروعات خضراء إضافية. وبوجه عام، تمت إزالة 845 طنا متريا سنويا من انبعاثات الكربون خلال فترة رئاسة كلينتون للولايات المتحدة[3].

وقد استخدمت في تخضير البيت الأبيض عدة أساليب، من بينها ما يلي:

1 - بالنسبة للهيكل الخارجي للمبنى: تخفيض فقدان الطاقة من خلال السقف والنوافذ والجدران... إلخ.

2 - بالنسبة للإضاءة: استخدام المصابيح الموفرة للطاقة، والاستفادة القصوى من الضوء الطبيعي.

3 - بالنسبة للأحمال الكهربائية: استخدام المعدات المكتبية الموفرة للطاقة، واستخدام أنواع حديثة من الثلاجات والبرادات تتسم بكونها أكثر كفاءة في استخدام الطاقة من الأنواع القديمة.

4 - بالنسبة للنفايات: تنفيذ برنامج إعادة تدوير شامل.

5 - بالنسبة للمَرْكبات: تأجير العديد من المركبات التي تستخدم الوقود النظيف.

6 - بالنسبة للحدائق: ترشيد استخدام مياه الري والحد من استخدام مبيدات الآفات غير الضرورية[4].

---

(1) Building Design and Construction, **White Paper on Sustainability**, Op. Cit., Page 4.

(2) William D. Browning, **Greening the White House: A Comprehensive Energy and Environmental Retrofit**, Rocky Mountain Institute, Snowmass, Colorado, USA, 2002, Page 1.

(3) Scott C. Lardner, **Green Building: History of Green Building**, Op. Cit., Page 6.

(4) http://clinton3.nara.gov/Initiatives/Climate/greeningsummary.html

ومع النجاح الساحق لمشروع (تخضير البيت الأبيض)، بدأت مؤسسات حكومية أخرى في التحول إلى البناء الأخضر، ومن بينها: البنتاجون، ووزارة الطاقة الأميركية، وغيرها[1].

وخلال الفترة من التسعينيات إلى وقتنا الحاضر، حدثت مجموعة كبيرة من التطورات الجديدة والمثيرة في مجال التصميم المعماري المستدام. وكانت جهود إزيو مانزيني Ezio Manzini جزءا من حركة متنامية لتوسيع اختصاص المصممين، بحيث يشمل خلق رؤية للحياة اليومية المستدامة تشمل مختلف أنواع السلع والخدمات. ونتيجة لذلك، أصبح لدينا نهج جديد من التصميم يقوم على مراعاة النظم البيولوجية والإيكولوجية في الإنتاج[2]. وهكذا، انتشر مفهوم المباني الخضراء والبناء المستدام على نطاق واسع، وإن كانت الأغلبية لم تفهم المراد من هذين المصطلحين بشكل صحيح. واليوم، أصبحت تقنية المباني الخضراء والمستدامة واحدة من أكثر تقنيات التصميم المعماري والبناء نموا. وفي كل شهر تصدر مجلات جديدة ترصد ذلك النمو. كما أصبح المهندسون المعماريون، والمصممون، وملاك المنازل، أكثر اهتماما بالبناء الأخضر والمستدام، وذلك من خلال دراسة إمكانيات التوفير في التكاليف، واستخدام الأساليب الموفرة للطاقة، واختيار الشكل الحديث للمبنى، وكيفية تحقيق التناغم بين المبنى والطبيعة المجاورة[3].

ويعدّ المجلس الأمريكي للأبنية الخضراء (U.S. Green Building Council) (USGBC) الرائد الأول في عالم المباني الخضراء اليوم. وهو عبارة عن منظمة أمريكية غير ربحية تأسست عام 1993، وتقوم على تعزيز الاستدامة في هياكل المباني وتصاميمها وبنائها وتشغيلها. وقد قام هذا المجلس بتطوير نظام الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة (LEED) للمباني الخضراء. وكان واحدا من ثمانية مجالس وطنية للبناء الأخضر في العالم، التي ساعدت على تأسيس المجلس العالمي للأبنية الخضراء في عام 1999[4].

• تاريخ التصميم المعماري المستدام Sustainable Design

فيما يتعلق بالتصميم البيئي (الإيكولوجي) eco-design، الذي يراعى فيه دمج الاعتبارات البيئية في تصميم المباني والمنشآت، يدلنا استقراء المراجع التي أرّخت

(1) Scott C. Lardner, **Green Building: History of Green Building**, Op. Cit., Page 7.

(2) Julie Richardson, Terry Irwin & Chris Sherwin, **Design & Sustainability**, the Department of Trade and Industry, the Department of Environment & Food and Rural Affairs, London, 2005, Page 23.

(3) Scott C. Lardner, **Green Building: History of Green Building**, Op. Cit., Page 7.

(4) http://en.wikipedia.org/wiki/U.S._Green_Building_Council

للتصميم المستدام أن هذا الفرع من فروع التصميم المعماري لم يظهر كعلم مستقل حتى منتصف عام 1970م. ومع ذلك، فإن جذوره تعود إلى ما قبل ذلك بعدة عقود؛ حيث نجد بعض الإشارات ذات الصلة الوثيقة به في كتابات بعض علماء البيئة مثل: ليوبولدLeopold 1887 - 1948م، ونايس Naess 1912م، ودارسي طومسون D'Arcy Thompson 1921م. كما نجدها في بعض الرؤى الاجتماعية والاقتصادية والسياسية لعالم أكثر استدامة لبعض الشخصيات الشهيرة مثل: مومفوردMumford 1895 - 1990م، وبوكتشن Bookchin 1921م، وباكارد Packard 1914 - 1996م؛ ونادرNader 1934م، وشوماخر Schumacher 1911 - 1977م. ويرى العديد من الباحثين أن ما كتبته راشيل كارسون Rachel Carson في (الربيع الصامت Silent Spring) في عام 1962م، وفيكتور بابانك Victor Papanek في (التصميم لعالم حقيقي Design for the Real World) في عام 1971م، قد أدى إلى ظهور حركة التصميم البيئي (الإيكولوجي)[1].

• الفرق بين التصميم الأخضر والتصميم المستدام

يرى بعض الباحثين أن التفريق بين مصطلحي التصميم الأخضر والتصميم المستدام يعتمد على تعريف المراد بالأخضر أو المستدام.

فتصميم المنزل يكون أخضر إذا كان يعمل على تقليل الكثير من الآثار الضارة التي تلحقها المباني بمن فيها وما حولها ببيئتنا. ويدور تصميم المنزل الأخضر حول أربع قضايا رئيسية:

1 - التصميم الذي يكفل استخدام الطاقة بكفاءة، بما في ذلك استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل: الرياح، والطاقة الحرارية الأرضية، والطاقة الشمسية.

2 - التصميم الذي يؤدي إلى إيجاد بيئة داخلية ذات هواء صحي وتهوية كافية، ويختار مواد تشييد تقلل من انبعاث المركبات العضوية المتطايرة (VOC's)، والغازات الضارة داخل المنزل.

3 - التصميم الذي يقوم على تحديد مواد وموارد مستدامة للبناء، تسهم في خفض استهلاك الطاقة، وتنتج الحد الأدنى من الآثار البيئية غير المحمودة.

4 - التصميم الذي:

أ- يحرص على استخدام المياه بكفاءة، عن طريق اختيار أنواع خاصة من الأجهزة، والصنابير، والمرشات.

(1) Julie Richardson, Terry Irwin & Chris Sherwin, **Design & Sustainability**, Op. Cit., Page 23.

ب- لا يسمح بالتسرب، ويحافظ على ما هو متوافر من الماء لاسيما في المناطق ذات المناخات الجافة.

ج- يعمل على إعادة تدوير المياه الرمادية.

د- يستخدم مياه الأمطار في زراعة الحدائق المنزلية، وفي الاستعمالات الأخرى غير الشرب.

ومع ذلك، فإنه غالبا ما يستخدم لفظ "الأخضر" و "المستدام" بالتبادل، وكأن كلا منهما مرادف للآخر أو بديل له. ولكن لفظ المستدام أكثر دقة في معناه، ولهذا، فإنه قليلا ما يتم استخدامه من قبل العاملين في تسويق "الحركة" الخضراء. وفي سياق البيئة المشيدة، فإن المراد من كون المباني مستدامة هو مثل المراد من وصف الزراعة بأنها "مستدامة". فإذا كانت الزراعة المستدامة هي: "القدرة على إنتاج الغذاء... إلى أجل غير مسمى، دون التسبب في ضرر لا يمكن إصلاحه بصحة النظم الإيكولوجية"، فإنه - استنادا إلى ذلك - يكون تعريف مفهوم المباني المستدامة بحاجة إلى إعادة النظر فيه. فالمنزل الذي يستخدم أجهزة ومصابيح قليلة الاستهلاك للطاقة، وأرضياته عازلة للحرارة، قد يكون "أخضر"، لكنه ليس مستداما. ومع وجود مشكلات مثل الاحترار العالمي، ووصول معدلات إنتاج النفط والغاز إلى ذروتها، فإن المنزل الذي يكون استهلاك الطاقة فيه مساويا صفرا يمكن اعتباره مستداما([1]).

ووفقا للجنة العالمية للبيئة والتنمية (المعروفة باسم لجنة برونتلاند)، يُعرّف البناء المستدام بأنه هو "البناء الذي يوفر لجميع الناس سبل العيش الآمن، بطرق لا تعرض للخطر قدرة الأجيال المقبلة على العيش الآمن". ويُعرّف العيش بأنه الحصول على الغذاء وما يكفي من النقد لتلبية الاحتياجات الأساسية. وتشير كلمة الآمن إلى توافر الملكية، أو الوصول إلى الموارد والأنشطة المدرّة للدخل، بما في ذلك الاحتياطيات والأصول اللازمة لتعويض المخاطر، وتخفيف الصدمات، ومواجهة الحالات الطارئة.

ويدل لفظ المستدام على صون أو تعزيز إنتاجية الموارد لفترة طويلة الأجل. ويكون البناء مستداما إذا كانت الأجيال القادمة قادرة أيضا على البناء، وتحمّل العيش في منازل مماثلة.

ويجب أن تتوافر في خدمات المباني المستدامة السمات التالية:

1 - أن تكون المواد المستخدمة في هذه المباني من مصادر متجددة، وليست ثابتة، وأن تكون محلية وقابلة لإعادة الاستخدام، وتستهلك أقل قدر ممكن من الطاقة لإنتاجها وتوريدها.

(1) http://sunhomedesign.wordpress.com/what-is-sustainable-design/

2 - أن تكون خدمات هذه المباني من مصادر متجددة، مثل أنظمة حصاد المياه water harvesting.

3 - ألا تنتج عنها مخرجات ملوثة، بمعنى أن تحتوي المباني مثلا على أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي.

4 - أن تستخدم دهانات ذات أساس طيني clay based paints.

5 - ألا ينتج عنها هيدروكربونات غير محترقة (مثل الدخان).

6 - أن يكون لها تأثير إيجابي على المجتمع المحلي.

7 - أن تكون على مقربة من المحلات التجارية والمدارس والخدمات الصحية وأماكن العمل... إلخ[1].

• قوانين البناء المستدام

قام (جون فان دورين) John Van Doren باستلهام ما يمكن أن نسميه قوانين البناء المستدام في الولايات المتحدة الأمريكية من قوانين الاستدامة التي وضعها (ألبرت بارليت Albert A. Bartlett). ونظرا لأهميتها وصلاحيتها للتطبيق في كثير من البلدان التي تتبع نمط البناء الخرساني، فإننا نوردها هنا:

- القانون الأول: إن الزحف العمراني urban sprawl، والنمو في أحجام المنازل، وما يصاحب ذلك من زيادة في مستويات استهلاك الطاقة والموارد يتنافى مع مبدأ الاستدامة.
- القانون الثاني: إن الارتقاء بمستوى ملايين المنازل القائمة حاليا إلى مستوى الاستدامة يكاد يكون مهمة ضخمة وصعبة، لاسيما وأن هذه المنازل ضعيفة البناء وذات عزل رقيق، إن كان ثمة عزل بها.
- القانون الثالث: مع تنامي مشكلة الاحترار العالمي، ووصول معدلات إنتاج النفط والغاز الطبيعي إلى ذروتها، فإن بناء أية وحدات سكنية جديدة أو تحديثه، وترميم أية وحدات قديمة، يجب أن يكون على أساس أن معيار صافي الطاقة المستهلكة بالوحدة السكنية هو الصفر net zero energy standard.
- القانون الرابع: ثمة علاقة عكسية بين عدد السكان الذين يمكن أن يوجدوا بحالة مستدامة في مبنى مستدام (أي ما يمكن أن نسميه بالقدرة الاستيعابية للمبنى) وبين متوسط استهلاك الموارد في هذا المبنى المستدام. وبعبارة أخرى، إذا زاد

(1) https://answers.yahoo.com/question/index?qid=20060611005002AAs3iMy

عدد السكان في المبنى، فيجب تخفيض حجم الموارد التي يتم استهلاكها في ذلك المبنى حتى يمكن تحقيق توازن مستدام sustainable balance.

- القانون الخامس: لا يمكن تحقيق الاستدامة للمنازل العادية في دولة مثل الولايات المتحدة الأمريكية إذا كان متوسط أحجام هذه المنازل يزيد على متوسط حجم غيرها من المنازل بالبلدان المتقدمة بأكثر من الضعف.
- القانون السادس: لا يمكن أن تكون المباني مستدامة في جميع البلدان في وقت واحد في ظل اعتماد بعض الدول على استيراد الوقود الأحفوري.
- القانون السابع: إن استيراد الوقود الأحفوري بمعدلاته الحالية في الدول المتقدمة يتعارض مع مبادئ الاستدامة، ويجعل أنماط ومعايير البناء فيها ضعيفة للغاية من منظور الاستدامة.
- القانون الثامن: إن فوائد البناء في مناطق الزحف العمراني بالضواحي تعود على شركات تسويق العقار وشركات بيع السيارات، في حين تستفيد شركات الطاقة والمرافق العامة من انخفاض كفاءة الطاقة ومن تدنّي معايير الاستدامة؛ ولكن الجميع يتحمل تكاليف الآثار البيئية الناجمة عن ذلك.
- القانون التاسع: إن عدم كفاءة معايير استهلاك الطاقة في المباني يسهم في الاستنفاد السريع لموارد الغاز الطبيعي ومصادر الوقود الأحفوري الأخرى.
- القانون العاشر: إن تطبيق المعايير الخاصة بأن يكون صافي استهلاك الطاقة في المبنى صفرا أمرٌ ضروري للحد من استنزاف الوقود الأحفوري.
- القانون الحادي عشر: يجب حظر البناء على الأراضي الزراعية. فأفضل استخدام للأرض هو الزراعة.
- القانون الثاني عشر: إن النقص في موارد الطاقة سوف يؤدي في نهاية الأمر إلى إبطاء النمو العمراني، والاستفادة من المساكن غير المستغلة حاليا.
- القانون الثالث عشر: إن الذين يعيشون في أحياء فقيرة لا يهتمون بالإسكان المستدام sustainable housing.
- القانون الرابع عشر: إن إضافة عبارة "المباني المستدامة" أو "المباني الخضراء" أو "التنمية المستدامة" إلى معاجمنا اللغوية ليس كافيا لضمان أن بيئتنا المشيدة أصبحت مستدامة[1].

(1) http://sunhomedesign.wordpress.com/what-is-sustainable-design/

- **مبادئ العمارة المستدامة**

ترتكز العمارة المستدامة على مجموعة من المبادئ، يمكن تلخيصها في العناصر التالية:

1 - ترشيد استهلاك الموارد والمواد المستخدمة في المباني في أثناء عمليات التشييد والتشغيل والصيانة.

2 - إعادة استخدام الموارد والمواد المستخدمة في التشييد والتشغيل.

3 - استخدام موارد ومواد قابلة للتدوير في أعمال البناء والتشغيل والصيانة. فالمبنى يجب أن يصمم ويشيد بأسلوب يتم فيه تقليل الاحتياج للوقود الأحفوري والاعتماد بصورة أكبر علي موارد الطاقة الطبيعية كالطاقة الشمسية والرياح والكتلة الحية. كما يجب تصميم المبنى وإنشاؤه بأسلوب يجعله هو نفسه أو بعض عناصره في نهاية العمر الافتراضي له مصدرا وموردا للمباني الأخرى.

4 - التركيز علي الجودة المتكاملة (الاقتصادية - الاجتماعية - البيئية) بطريقة واضحة[1].

5 - احترام الموقع، بمعنى ألا يحدث وجود المبنى في منطقة ما تغيرات جوهرية في معالم ذلك الموقع. وإذا تمت إزالة المبنى أو تحريكه من موقعه، فإن الموقع يعود كسابق حالته قبل أن يتم بناء المبنى[2].

6 - حماية البيئة بمنع التلوث الخارجي والإضرار بالمحيط الحيوي حول المبنى، والتخلص من السموم والملوثات التي قد تنجم أثناء تشييد المبنى أو تشغيله أو صيانته أو إزالته.

7 - مراعاة التكامل في أثناء تصميم المبنى وفي جميع مراحل تشييد المبنى وتسليمه وتشغيله وصيانته، وحتى هدمه أو إزالته. ويتضمن ذلك أيضا: تحديد الموقع المناسب بما لا يتعارض مع سلامة البيئة والنظم الإيكولوجية، واستخدام موارد الطاقة، والمياه، والمواد، وضمان سلامة وجودة البيئة الداخلية[3].

(1) Sam C. M. Hui, **Principles of Sustainable Building**, The University of Hong Kong, Hong Kong, March 2012, Pages 41: 52.

(2) http://www.4shared.com/web/preview/doc/rwbtKKam?locale=en#sdfootnote34sym

(3) ISWG, **High Performance and Sustainable Buildings Guidance**, The Interagency Sustainability Working Group, Washington DC, USA, 2010, Page 6.

8 - الالتزام باستخدام تقنيات ومواد ومنتجات تضمن الاستفادة من مصادر الطاقة الطبيعية وتحول دون إطلاق انبعاثات ضارة أو تصريف نفايات سائلة أو صلبة، وتمنع تأثر الأحياء بما في ذلك الطيور التي تستوطن المنطقة أو تمر بها في أثناء هجرتها[1].

- **مواصفات المواد والمنتجات المستخدمة في المباني المستدامة**

تخضع المواد والمنتجات المستخدمة في المباني المستدامة لواحد أو أكثر من المواصفات والمعايير التالية:

أ- ألا يكون لها تأثير ضار على البيئة والصحة العامة خلال فترة حياتها، بدءا من مراحل تجهيزها، فتصنيعها، وانتهاء بعمليات نقلها والتخلص منها.

ب- ألا يكون لها آثار بيئية ضارة في أثناء عمليات تركيبها أو ترميمها أو إزالتها.

ج- ألا يكون لها آثار بيئية ضارة في أثناء تشغيل المبنى أو صيانته.

د- أن تسهم في إيجاد بيئة صحية داخل المبنى وخارجه.

هـ- يجب أن تكون هذه المواد والمنتجات عديمة السمية، وقابلة لإعادة الاستخدام والتجديد refurbished، وتحتوي على مواد قابلة للتدوير أو الاستعمال، وتحدّ من استهلاك الطاقة والماء والمواد[2].

وباختصار يمكن القول بأن المباني المستدامة ضرورية لتوفير الراحة والسلامة والأمان البيئي والاجتماعي والمعيشي لمستخدميها وجيرانهم، وتحقيق ذلك بأقل تكلفة اقتصادية ممكنة، مع الحدّ من الآثار البيئية السلبية على المستوى المحلي والإقليمي والعالمي طوال دورة حياة المبنى وبعد إزالته[3].

- **المفاتيح السبعة للتكلفة الفاعلة للبناء الأخضر:**

وفقا لرودني ماكدونالد Rodney McDonald، ثمة سبعة مفاتيح للتكلفة الفاعلة للبناء الأخضر، هي:

1. **التفكير بعقلية الاستدامة:**

يقصد من تعبير التفكير بعقلية الاستدامة: مراعاة مبادئ الاستدامة عند دراسة أي مشروع من مشروعات البناء، بحيث تكون أهداف الاستدامة واضحة

(1) Christopher Voutsinas, **Sustainable Building Principles**, Build Toronto Corporation, Toronto, Canada, 2013, Page 1.

(2) Sherrie Gruder, **Building Green Guide: Sustainable Product Choices**, Solid & Hazardous Waste Education Center, Madison, WI, USA, 2005, Page 1.

(3) Sam C. M. Hui, **Principles of Sustainable Building**, Op. Cit., Page 32.

في أذهان المخططين والمصممين والمنفذين والقائمين بالتشغيل أو الصيانة، وحتى عند إزالة هذه المباني. ومن هذا المنطلق، فإن التفكير بعقلية الاستدامة إحدى الوسائل التي تسهم في جعل تكلفة المباني الخضراء فاعلة[1].

نموذج لمبنى أخضر

وحول مشروعات المباني الخضراء التي حققت أهدافها البيئية دون أية زيادة في تكلفة رأس المال، يقول بيل ريد Bill Reed: "إن القاسم المشترك في هذه المشروعات هو رغبة كل من العميل وفريق التصميم المعماري في تحقيق النجاح. فالتفكير بعقلية الاستدامة يجعل كلا من الطرفين مصرًا على تحقيق الاستدامة، لا أن يحاول أحدهما أو كلاهما تحقيقها. كما أن التفكير بعقلية الاستدامة يجعل من الأهمية بمكان التوافق مع الاعتبارات والمعايير التي تراعَى في المباني الخضراء الأخرى الناجحة، سواء فيما يتعلق بطريقة التفكير في البناء، أو في عملية التصميم المتكامل للمبنى، أو في تطبيق نظام الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة (LEED) أو غيره من النظم (مثل معايير مكتب كفاءة الطاقة لملاك ومطوري المباني بكندا EE4)، أو استخدام المعدات والمنتجات التي تسهم في تحقيق الاستدامة (على سبيل المثال: المراجل عالية الكفاءة، والسجاجيد الخضراء green carpets)، أو غير ذلك[2].

ويجب أن يبدأ فريق تصميم المباني الخضراء بمراعاة المنتجات التي سوف تستخدم في البناء، والأدوات التي سوف تستعمل في التشييد، ثم في عملية البناء نفسها.

(1) Rodney C. McDonald, **The Economics of Green Building in Canada: Highlighting Seven Keys to Cost Effective Green Building**, Royal Roads University, Victoria, Canada, 2005, Page 47.

(2) B. Reed, G. Hubbard & B. Batshalom, **Managing the Integrated Design Process**, Proceedings of Greenbuild International Conference & Expo, Portland, Oregon, 12 November 2004, Page 116.

2. وضع رؤية واضحة، وتحديد الأهداف:

من الصعب رسم مخطط مبنى دون وجود رؤية vision عامة له ووظيفته، وينطبق ذلك على كل المنشآت، بما في ذلك المباني الخضراء. فوجود رؤية واضحة للمشروع، تنطلق من فلسفة التصميم المستدام، يعد عاملا أساسيا لنجاحه[1]. وكما قال (كوتر Kotter)، فإن الرؤية هي "صورة للمستقبل. وتخدم الرؤية الجيدة ثلاثة أهداف مهمة:

أولا.: من خلال توضيح الاتجاه العام للتغيير، يمكن ببساطة اتخاذ العديد من القرارات الأكثر تفصيلا.

ثانيا: تحفيز المعنيين على اتخاذ إجراءات مناسبة في الاتجاه الصحيح.

ثالثا: المساعدة على تنسيق مختلف الأعمال، للعديد من الأفراد المنخرطين والمعنيين بالمشروع، وذلك بطريقة سريعة وفاعلة"[2].

إن الأهداف الواضحة تنبع من الرؤية الواضحة لمشروع البناء الأخضر. ولهذا؛ فإن تحديد الأهداف في بداية المشروع يعدّ شرطا مسبقا لجعل تكلفة المباني الخضراء أكثر فاعلية. ويؤكد ماتيسين Matthiessen وموريس Morris في تقرير لهما عن تكاليف تلك المباني على أن "المشروعات الأكثر نجاحا في البقاء ضمن ميزانياتها الأصلية هي تلك التي كانت منذ البداية ذات أهداف محددة وواضحة وواقعية وقابلة للقياس، والتي أعدّت لها قاعدة بيانات متكاملة تشمل: الأهداف البيئية للمشروع، والتكلفة، والمنهجية المتبعة في البناء، والموازنة العامة للمشروع"[3].

3. التكامل في عملية التصميم:

عند التخطيط لتنفيذ أي مشروع للبناء الأخضر، من الأهمية بمكان تحقيق التكامل في عملية التصميم، حتى تكون التكلفة ذات فاعلية. ويرى لارسون Larsson وكلارك Clark أن المشروعات التي يحرص منفذوها على إعداد تصميم متكامل لها، عادة ما تحقق أعلى مستويات الأداء لاسيما في مجال استهلاك الطاقة[4]. كما أنها أيضا لا تعاني في كثير من الأحيان من أية تكلفة رأسمالية إضافية[5]. ويذهب (كول Cole) إلى

(1) Rodney C. McDonald, **The Economics of Green Building in Canada: Highlighting Seven Keys to Cost Effective Green Building**, Op. Cit., Page 48.

(2) J. P. Kotter, **Leading Change**, Harvard Business School Press, Boston, 1996, Page 68.

(3) L. F. Matthiessen & P. Morris, **Costing Green: A Comprehensive Cost Database and Budgeting Methodology**, Davis Langdon, London, July 2004, Page 24.

(4) N. Larsson & J. Clark, **Incremental Costs Within the Design Process for Energy Efficient Buildings**, Building Research & Information, Volume 28, Issue 5/6, 2000, Page 414.

(5) R. McDonald & A. Dale, **The Economics of Green Buildings in Canada**, Royal Roads University, Victoria, British Columbia, Canada, October 2004, Page 21.

أن "التكامل في عملية التصميم يعدّ وسيلة منطقية لتسليم مبانٍ خضراء ذات أداء أعلى في ظل قيود التكلفة الحالية"[1]. وقد اكتشف ماتيسين Matthiessen وموريس Morris أن "تكاليف مشروعات المباني الخضراء تتفاوت على نطاق واسع؛ حيث تكون في بعضها كبيرة، في حين يحقق بعضها وفرا في ميزانياتها المرصودة لها. وفي جميع الحالات، فإن التكامل في عملية التصميم والالتزام المبكر بالتصميم المستدام يساعد على تحقيق إنجازات عالية"[2].

ويزعم بعض المهندسين المدنيين والمعماريين والميكانيكيين والكهربائيين، والسباكين، والمقاولين، ومديري البناء، ممن لديهم خبرة محدودة في تصميم المباني الخضراء واستخدام المواد والتكنولوجيات الخضراء أن "البناء الأخضر" يكون أكثر كلفة من البناء التقليدي. وتتردد هذه المقولة - على وجه الخصوص - من أولئك الذين يخفقون في تنفيذ عملية تصميم متكامل للمباني الخضراء يراعون فيه تكامل جميع العناصر والأنظمة المستخدمة في البناء. وهذا الزعم غير صحيح، وينقضه ما سبق أن ذكرناه من أقوال الخبراء والمتخصصين.

ومن الضروري مراعاة التكامل في عملية التصميم في المرحلة المبكرة لتخطيط أي مشروع من مشروعات البناء الأخضر. ويذكر بيل ريد Bill Reed أن تكاليف إيجاد حلول فاعلة للتصميم البيئي للبناء الأخضر تنخفض مع مرور الوقت، وأن هذه التكاليف تزداد بشكل أكبر إذا أدمجت تلك الحلول في وقت لاحق في عملية التصميم[3].

4. نشر المعرفة:

وفقا لماكدونالدز McDonald وديل Dale، "فإن هناك العديد من المباني التي يتم تصميمها وفقا لرغبة المصمم، دون إيلاء أي اهتمام لكيفية معيشة من سيسكن فيها أو يعمل بها أو يتعامل بها مع ما فيها من حيز وفراغ"[4]. ويحدث ذلك - بشكل جزئي - بسبب التركيز على كفاءة efficiency المبنى بدلا من فاعلية effectiveness ذلك المبنى[5]. وفي كثير من الأحيان، يبدو وكأن المصممين المعماريين يتناسون دور قاطني المبنى في إدارة ذلك المبنى. فعلى سبيل المثال، قد يهتم المصممون كثيرا بتركيب نظام ميكانيكي فاعل لتكييف الهواء في المبنى، ويحرص منفذو التصميم

(1) R. J. Cole, **Cost and Value in Green Building**, Building Research & Information, Volume 28, Issue 5/6, 2000, Page 304.

(2) L. F. Matthiessen & P. Morris, **Costing Green: A Comprehensive Cost Database and Budgeting Methodology**, Op, Cit., Page 9.

(3) B. Reed, G. Hubbard & B. Batshalom, **Managing the Integrated Design Process**, Op, Cit., Page 117.

(4) R. McDonald & A. Dale, **The Economics of Green Buildings in Canada**, Op, Cit., Page 6.

(5) W. McDonough & M. Braungart, **Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things**, North Point Press, New York, 2002, Page 6.

على اختيار هذا النظام من بين أكثر الأجهزة المتاحة في الأسواق كفاءة. وبدلا من ذلك، فإنه يمكن اللجوء إلى حلول أفضل وأكثر فاعلية وأقل تكلفة وأنظف بيئيا، مثل زراعة الأشجار حول المبنى لحمايته من حرارة الشمس في الصيف، وتصميم الغرف والمساحات الداخلية بحيث تسمح بالتهوية الطبيعية فيها، وتثقيف شاغلي المبنى حول أفضل السبل للاستفادة من ظروف الطقس والمناخ السائدة في المنطقة، مثل فتح النوافذ للسماح للهواء البارد بالدخول في حالة الرغبة في تقليل درجة الحرارة العالية في أجواء المبنى، أو إغلاق النوافذ والستائر لمنع تسلل الإشعاع الشمسي إلى داخل المبنى ورفع حرارته في حالة الحاجة إلى المحافظة على برودة الأجواء الداخلية للمبنى. ويرى (ديريك هسلوب Derek Heslop) أن من سيشغلون المبنى سيكونون بحاجة إلى فهم أفضل لما يمكن توقعه عن أداء المبني، فإذا فهموا فلن توجد عموما بعد ذلك أي شكوى منه. ولكي يتحقق ذلك الفهم، لا بد من إشراكهم - ولو بشكل جزئي - في عملية التصميم المتكامل لمشروع المبنى.

إن نشر المعرفة حول مشروعات المباني الخضراء، وتثقيف من سيقطنها والمقاولين بطرق تشغيلها واستخدامها وصيانتها بشكل مستدام، بما في ذلك إشراكهم في عمليات التصميم والبناء المشروع، لهو أمر مهم جدا، ويمكن أن يساعد على تحقيق الهدف من تشييد تلك المباني، وجعل تكلفتها أكثر فاعلية[1].

5. تطبيق طريقة تحديد كلفة دورة حياة life-cycle costing المبنى، وإيجاد نفق خلال حاجز التكلفة tunnel through the cost barrier:

إن كلفة دورة الحياة (LCC) هي إجمالي التدفقات النقدية المقدرة بدءا من كون المشروع فكرة إلى مرحلة التصميم construction والتشييد design والتشغيل operation والصيانة maintenance، وترتيب كل تلك التدفقات في نظام خاص ينتهي عند نهاية العمر المجدي للمشروع. ومن الممكن أن تكون تدفقات التشغيل النقدية لمشروع ما أكبر من رأس المال الأولي المستثمر، والعكس صحيح، فقد نصادف نظام تشييد بتكاليف استثمار وتكاليف تصميم عالية، في حين أن تكاليف تشغيله أو صيانته أقل وذلك خلال عمر الخدمة الذي هو دورة حياة نظام الكلفة الأقل أو الأقصر.

ولعل أهمية كلفة دورة حياة المبنى تنبع من الدور المهم الذي تقوم به؛ لكونها تهتم بالتكاليف الكلية التي قد تكون ذات تأثير أكبر من التكاليف الابتدائية المقتصرة على التملك، ويكون بعد ذلك اختيار البناء أو التجهيز قائما على أساس الكلفة الإجمالية

(1) Rodney C. McDonald, **The Economics of Green Building in Canada: Highlighting Seven Keys to Cost Effective Green Building**, Op. Cit., Page 52.

وليس اعتمادا على الكلفة الابتدائية. وفي الماضي كان مالكو المباني يتجاهلون التكاليف المستقبلية، ولكن اليوم يتم اتخاذ قرارات التصميم بحيث تتضمن قيمة التكاليف المستقبلية، وهذا ما تقدمه كلفة دورة الحياة، فهي تحاول تقدير كل التكاليف المتعلقة بالمشروع المراد تصميمه وتنفيذه في الحالتين الحالية والمستقبلية، وذلك في مرحلة اتخاذ القرار لاختيار الحل الأمثل من بين مجموعة البدائل المتنوعة.

وعلى هذا، فإن تقديرات الكلفة العامة المطلوبة في دراسة كلفة دورة حياة المبنى تشمل: التصميم، والتطوير، والعمل الهندسي، ورأس المال المستثمر الأولي، والتمويل، والتشغيل، والصيانة، والاستخدام الوظيفي، والاستبدال، والتعديل، وإعادة الهيكلة، والتحسين، والقيمة المتبقية عند انتهاء العمر المفيد للمبنى.

إن كلفة دورة حياة المبنى تتأثر بالتلف الممكن وقوعه نتيجة للحوادث أو التخريب أو الإهمال أو لعدة عوامل اقتصادية أو تكنولوجية. وعند كون الإهمال في عدم استعمال المبنى وما فيه من أنظمة - أي اهتلاكها المعنوي - هو العامل المؤثر على انتهاء دورة حياة هذا المبنى وأنظمته، فإننا في هذه الحالة بحاجة إلى رأي جدير بالثقة؛ لأن عدم الاستعمال قد يؤدي إلى انتهاء العمر المفيد للمبنى بشكل مفاجئ، وقد يكون ذلك نتيجة لاعتماد تصاميم قديمة أو لسوء إدارة المبنى[1].

أما فيما يتعلق بإيجاد نفق خلال حاجز التكلفةtunnelling through the cost barrier بالنسبة للمباني الخضراء فإنه أمر يخالف التفكير الاقتصادي التقليدي، لاسيما فيما يخص التكاليف الناجمة عن اتباع التدابير التي تحقق كفاءة الطاقة في تلك المباني. ففي التفكير الاقتصادي التقليدي فإن كل زيادة تدريجية في كفاءة استخدام الطاقة تحمل معها في المقابل زيادة تدريجية في التكلفة، وهو ما يعني تناقص معدل العوائد الحدّية marginal returns. وعلى النقيض من ذلك، فإن توفير المزيد من الطاقة في المباني الخضراء يمكّن في كثير من الأحيان من إيجاد نفق في حاجز التكلفة، أي يجعل التكلفة تقلّ والعائد على الاستثمار يرتفع"[2].

ولكن كيف يَعمل "نفق حاجز التكلفة"؟ لتوضيح ذلك يذكر رودني ماكدونالد Rodney McDonald أنه في أثناء عملية التصميم المتكامل لمبنى مكتب حماية البيئة في بنسلفانيا تم اقتراح استخدام نوافذ عالية الأداء high performance windows بتكلفة إضافية قدرها 15 ألف دولار. وعلى الرغم من أن الجهة الراعية

(1) هديل الكفري، **تحليل الكلفة في المشروعات الهندسية**، قسم الإدارة الهندسية والإنشاء بكلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق، 2007، صفحة 13: 15.

(2) P. Hawken, A. Lovins and L. H. Lovins, **Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution**, Little, Brown and Company, Boston, USA, 1999, Page 114.

للمشروع أحجمت في البداية عن الإنفاق على ذلك، فإنها لما تبنت هذا الموضوع لاحقا ساعدها على إلغاء نظام التدفئة المحيطية perimeter heating system (مما أدى إلى توفير 25 ألف دولار)، والحد من حجم التدفئة المركزية ونظام التبريد (مما أدى إلى توفير 10 ألف دولار). وهكذا، فإن إنفاق 15 ألف دولار إضافية على النوافذ عالية الأداء أسفر عن توفير في التكاليف الرأسمالية قدره 35 ألف دولار.

وثمة مثال آخر يستشهد به (بيل ريد Bill Reed) عن فاعلية تطبيق "نفق حاجز التكلفة". ففي إنشاء مجمع سكني، تم استثمار مبلغ إضافي قدره 2000 دولار في تركيب نوافذ أفضل و 1000 دولار لتحقيق مزيد من العزل في الجدران الخارجية، وهو الأمر الذي أسفر عن الاستغناء عن نظام التدفئة المحيطية، مما أدى إلى توفير 3000 دولار، أي ما يعادل الاستثمار الأولي. كما تم تحقيق توفير أيضا في التكلفة الإضافية نتيجة الاستغناء عن نظام التدفئة المحيطية حيث انتفت الحاجة إلى استخدام مرجل boiler كبير (مما أدى إلى توفير 4000 دولار)، استخدم بدلا منه سخان ماء water heater ومبادل حراري heat exchanger تكلفة كل منهما ألف دولار. ومن ثم فإن المبلغ الذي تم إنفاقه أولا (أي الثلاثة آلاف دولار) أدى إلى تحقيق وفورات صافية قدرها 2000 دولار[1].

6. التعويض المادي عن فكر العقول لا المواد والتجهيزات والمعدات:

في الوقت الحالي، فإن معظم المصممين الاستشاريين (بما في ذلك المهندسون الميكانيكيون) يحصلون على نسبة مئوية من التكلفة الرأسمالية للمعدات التي يحددونها للبناء، كتعويض عن أتعابهم. ولا يمثل ذلك التصرف حافزا للحد من عدد أو حجم المعدات التي ستستعمل في البناء، كما أنه لا يسهم في الاستغناء عما ليس ضروريا أو كفؤا من المعدات والأجهزة. بل على النقيض من ذلك، يمكن القول بأن هذا التصرف يشجع بعض محترفي التصميم على أن تكون لهم مصلحة في اختيار مواد ومعدات وأنظمة أكبر تكلفة وأعظم حجما ولكنها أقل فاعلية، بدلا من اختيار ما هو أصغر حجما وأكبر كفاءة وأقل تكلفة.

ولمعالجة هذه المشكلة، يقترح ماكدونالدز McDonald وديل Dale تعويض المصممين الاستشاريين عن الفكر الذي يقدمونه بدلا من تخصيص نسبة مئوية لهم من رأس مال التصنيع؛ أي مكافأتهم على نتاج عقولهم وليس على كمّ الأشياء التي يوصون باستخدامها في المبنى[2]. وأحد فوائد هذا الحل هو أنه يمثل استثمارا في

(1) Rodney C. McDonald, **The Economics of Green Building in Canada: Highlighting Seven Keys to Cost Effective Green Building**, Op. Cit., Pages 52: 54.

(2) R. McDonald & A. Dale, **The Economics of Green Buildings in Canada**, Op., Cit., Page 7.

القدرات والمعارف بدلا من مواد ومنتجات البناء. ومن المؤكد أن الاستثمار في رأس المال البشري هو الخيار الأفضل من أجل الحد من استنزاف رأس المال الطبيعي وتدهوره. وهذا في حد ذاته مكسب اجتماعي للبناء الأخضر، إذ إنه يزيد من رأس المال الفكري والاجتماعي حيث يعمل مهندسو التصميم والإسكان[1].

7. استفد من الحوافز التمويلية:

تتوافر حوافز تمويلية للمشروعات التي تهتم بتدابير كفاءة الطاقة فيها، مثل برنامج حوافز البناء التجاري (CPIB)، الذي تقدمه إدارة الموارد الطبيعية في كندا. ويوفر هذا البرنامج منحا لمشروعات المباني التجارية التي تحقق تحسنا بنسبة 25 % في كفاءة الطاقة[2].

● نظام الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة

يعدّ نظام الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة Leadership in Energy and Environmental Design (اختصارا LEED بالإنجليزية) نظاما معترفا به دوليا لكونه مقياس تصميم وإنشاء وتشغيل المباني المراعية للبيئة وعالية الأداء؛ حيث يقيّم نظام التصنيف ويقيس أثر أية منشأة وأداءها، من خلال مراعاتها عدة نقاط منها: اختيار الموقع، وتوفير الطاقة، والكفاءة المائية، وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وتحسين البيئة الداخلية للتصميم، وغيرها. ويتم تصنيف المباني التي تنال شهادة هذا النظام إلى ثلاث مراتب حسب تطبيقها للمعايير المطلوبة، وهي: المرتبة البلاتينية، والذهبية، والفضية.

وقد تم تطوير هذا النظام من قبل المجلس الأمريكي للأبنية الخضراء US Green Building Council (USGBC) في عام 1998. وهو يهدف إلى توفير أُطر لمالكي هذه الأبنية، لتحديد وتنفيذ عملية تصميم المباني الخضراء، وعمليات الصيانة وحلولها[3].

(1) A. Dale, **At the Edge: Sustainable Development in the 21st Century**, UBC Press, Vancouver, British Columbia, Canada, 2001, Page 24.

(2) Rodney C. McDonald, **The Economics of Green Building in Canada: Highlighting Seven Keys to Cost Effective Green Building**, Op., Cit., Pages 47: 55.

(3) http://en.wikipedia.org/wiki/Leadership_in_Energy_and_Environmental_Design