استراتيجيات خفض التكلفة الأولية للمباني المستدامة في البيئة المحلية

الباحث/ مصطفى احمد السعيد موافي
ماجستير الهندسة المعمارية - كلية الهندسة بالمطرية – جامعة حلوان
mostafa.mwafy@m-eng.helwan.edu.eg

أ.د/حمدي صادق أحمد
أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية
كلية هندسة بالمطرية - جامعة حلوان

أ.م.د/إيناس عبد الصبور
أستاذ العمارة المساعد بقسم الهندسة المعمارية
كلية هندسة بالمطرية - جامعة حلوان

ملخـــــص

تناولت معظم الدراسات السابقة الخاصة بالإستدامة، الفوائد الإقتصادية للإستدامة من حيث إنخفاض تكلفة التشغيل للمباني المستدامة على المدى الطويل خلال دورة حياة المبنى، ولم تتطرق لإشكالية الإرتفاع الكبير في التكلفة الأولية لهذه المباني والذي تسبب في تعذر وندرة تنفيذ هذه المباني في مصر والبيئة المحلية وإستمرار التوجه نحو المباني التقليدية الضارة بالبيئة وصحة الإنسان. وتم في هذا البحث التطرق للاستراتيجات المختلفة التي يمكن استخدامها خلال عملية تصميم المبنى المستدام للوصول لمباني مستدامة منخفضة التكاليف يسهل إنتشارها في البيئة المحلية مع إستخدام الموارد الطبيعية والظروف المناخية للبيئة المحلية.

Summary

Most of the previous studies on sustainability dealt with the economic benefits of sustainability in terms of the low operating cost of sustainable buildings in the long term during the life cycle of the building, and did not address the problem of the significant rise in the initial cost of these buildings, which caused the impossibility and scarcity of implementing these buildings in Egypt and the local environment and the continuing trend towards Traditional buildings harmful to the environment and human health. In this research, various strategies that can be used during the sustainable building design process were discussed to reach sustainable low-cost buildings that are easy to spread in the local environment with the use of natural resources and climatic conditions of the local environment.

كلمات مفتاحية : التكلفة الأولية، التصميم المستدام، المباني المستدامة، البيئة المحلية.

Keywords: initial cost, sustainable design, sustainable buildings, local environment.

مقدمـــــة

إن إستخدام معايير تقييم عمارة مستدامة غير مناسبة للبيئة المحلية والإلتزام بتحقيق متطلباتها في المباني المستدامة الحديثة أدى الى ارتفاع التكلفة الأولية لهذه المباني مما أدى إلى ندرة مباني مستدامة حديثة في البيئة المحلية تتناسب مع الظروف المحلية والثقافة العامة وإحتياجات المستخدمين.

إن إستخدام التصميم التقليدي السطحي للمباني المستدامة بتصميم مبنى عادي ثم إضافة له التجهيزات الميكانيكية الباهظة المستوردة من الخارج لتحويله إلى مبنى مستدام دون النظر للبيئة المحيطة أو لهوية المبنى مما يدعو إلى الحاجة لإدارة جيدة لعملية تصميم المبنى المستدام تأخذ في إعتباراتها البيئة المحيطة وإحتياجات المستخدمين وهوية المبنى والتكلفة الأولية للتنفيذ.

أشكالية الدراسة

لقد أدى الارتفاع الكبير في تكلفة المباني المستدامة مقارنة بالمباني الغير مستدامة بنسبة مابين 30 إلى 50 بالمائة، إلى إنحصار تنفيذها على المشاريع الكبرى بغرض التسويق التجاري لها أو كما في بعض البلدان الغنية على المشاريع الممولة حكومياً أو من القطاع الخاص في حالة أن يستفيد مالك المشروع من خفض تكلفة تشغيل المبنى على المدى الطويل بالإضافة لسرعة وكبر حجم التسويق للمبنى وخاصة إذا صدر له شهادة إعتماد عالمية للمباني المستدامة مثل شهادة LEED. في حين أدى هذا الإرتفاع في التكلفة الأولية إلى عدم القدرة على تطبيق المباني المستدامة في المباني التي يجب أن تكون منخفضة التكاليف وخاصة في مصر والدول النامية.

هدف الدراسة

يهدف البحث إلى الوقوف على أسباب زيادة تكلفة المباني المستدامة، والعوامل المؤثرة على احتساب التكلفة الإجمالية للمباني المستدامة، ويمكن من خلال ذلك الوصول لمجموعة من المحاور الرئيسية لعملية تخفيض هذه التكلفة تعمل بمثابة حوافز لزيادة التوجه للمباني المستدامة.

فرضية الدراسة

تتلخص الفرضية الرئيسية لهذه الدراسة فى :أن استخدام التكامل في التصميم و بعض الاستراتيجيات لخفض تكلفة عناصر المباني المستدامة لتخفيض التكلفة الأولية لكامل المبنى المستدام مما ينتج عنه زيادة انتشار المباني المستدامة في البيئة المحلية و زيادة الإقبال عليها.

منهجية الدراسة

يتم اتباع مجموعة من الخطوات البحثية لتحقيق أهداف الدراسة وفق المناهج التالية:

أولا:- التعرف على مشكلة البحث وتحديد معالمها وجوانبها الأساسية.

ثانيا:- تحديد الهدف من البحث.

ثالثا:- طرح الفروض العلمية للبحث.

رابعا:- البحث في الإطار النظري للمشكلة.

خامسا :- الدراسة التحليلية و صياغة النموذج المقترح.

سادسا:- رصد النتائج ووضع التوصيات للتطبيق.

1 التكلفة الأولية للمباني المستدامة :

تقسم التكلفة الأولية للمباني المستدامة في الدول الغربية إلى (Soft Cost) تكلفة التصميمات والمتخصصون، وتكلفة تكنولوجيا الإستدامة، وتكلفة شهادة تقييم المبنى المستدام.

تكلفة التصميمات (Soft Cost) و تشمل ما يلي :

- تصميم المبنى المستدام (تكلفة إستشاريو التصميم)
- تكاليف التقييم (Commissioning)
- المحاكاة و التحليلات اللازمة
- شهادة المباني المستدامة
- تكاليف اعتماد المواد Finishing Application Materials Fee

إن الباحثون في الولايات المتحدة الأمريكية قد قاموا بتقدير تكلفة التصميمات Soft Cost لمشروعات LEED، بنحو من3 إلى5 % من تكلفة تنفيذ المبني الإجمالية فإنه كلما كان المشروع أصغر زادت نسبة تحمل تكلفة التصميمات من التكلفة الإجمالية. وهذه التكلفة تشمل تكاليف التصميم المستدام و التي تمثل حوالي ٠٠,٧٪ ، وتكلفة تقييم الإستدامة (Commissioning) بنحو ٠,٥% إلى ١,٥ % ، وتكلفة اعتماد المراد بنحو ٠,٠٥ إلى ٣,٨٪ .

1/1 علاقة التكلفة بمدي استدامة المبنى:

إن تكلفة المبنى المستدام لا تزيد كلما كان أكثر استدامة. فبينما هناك بعض المباني المستدامة في الولايات المتحدة الامريكيه تكلفتها أكثر من المتوسط بالنسبة للمباني العادية، إلا أن هناك مباني أخرى مستدامة تكلفتها أقل، وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على التكلفة الإجمالية للمباني.

2/1 خطوات حساب تكلفة المباني المستدامة :

- يحتاج مديرى المشروع الوصول بالمشروع لاستيفاء جميع متطلبات الاشتراطات التصميمية للوصول للتصميم المطلوب و يتم إحتساب تكلفة التنفيذ للتصميم بناءًا على الظروف الحالية للموقع و التربة الموجودة الموقع و بناءً على إشتراطات كفاءة الطاقة، ويتم إستخدام العديد من مختلف أنواع المواد صديقة البيئة.
- يحتاج مديري المشروع تقييم المشروع وذلك عن طريق تحقيق متطلبات معيار تقييم المباني المستدامة. وإن حساب التكلفة الأولية للاستدامة يختلف لكل مشروع عن الآخر عند تبني تكنولوجيا جديدة أو مقاييس جديدة للاستدامة وقد يحدث ذلك فارق كبير. فإن التجهيزات اللازمة لتوفير استهلاك الطاقة من 50 % إلى 65٪ قد تؤدي إلى ارتفاع هائل في التكلفة الأولية.
- خفض التكلفة الغير مباشرة (Indirect Cost) وذلك عن طريق زيادة تكلفة عنصر معين بالمبنى مثل عزل الغلاف الخارجي للمبني. مما يؤدى إلى خفض الحمل الحراري داخل المبنى، مما يقلل من السعة المطلوبة لأنظمة التبريد، والذي بدوره يعمل على خوض تكلفة تجهيزات نظام التبريد المطلوبة.

3/1 تقدير التكلفة الكلية:

- إذا كان أحد أهداف عملية التصميم المتكاملة هو تقليل حاجز التكلفة الأولى، فستكون هناك حاجة إلى منهجية واضحة وذات صلة لتقدير التكلفة. تكشف مراجعة الأدبيات ومسح السوق عن عدم وجود منهجية محددة لتقدير التكلفة المتكاملة. ويركز "دليل تصميم المبنى بالكامل" (NIBS2007) بشكل كبير على أداء الطاقة والأدوات ذات الصلة ولكنه لا يعالج بشكل كاف قضية التكلفة الأولى. تُظهر مراجعة "Estimating Today"، وهو منشور شهري من قبل الجمعية الأمريكية للمقيمين المحترفين، أن تقدير التكلفة للمباني عالية الأداء يُنظر إليه بشكل عام بواسطة مقدر التكلفة على أنه سلسلة عناصر التكلفة المضافة. (McDougall & Cole & Vaidya & Greden & Eijadi, 2008)

4/1 منهجية تقدير التكلفة الكلية:

وفقًا لوثيقة Whole Systems Integrated Design Process (Market Transformation to Sustainability 2006) ، يتم النظر في التوصيات التالية التي تنطبق على تكامل التكاليف:

- البحث عن الفرص التي تعمل على تحسين الترابط والتوليف بين أنظمة البناء
- تحسين التكاليف، وتحديدًا التكاليف الأولى باستخدام تكاليف البناء ذات الصلة بالمشروع.
- القضاء على التكرار وتبسيط الأنظمة بدقة باستخدام طريقة تحليل مدروسة بعناية

يبدأ تطوير المنهجية برسم خرائط عالية المستوى لطيف تكامل التكلفة. هنا، يتم استخدام مصطلح "التجميع bundling" للإشارة إلى تجميع تدابير الحفاظ على الطاقة الفردية معًا. يتضمن التجميع مفهوم التكامل، ولكن هناك مستويات مختلفة من التكامل عبر مجموعة من الطرق لتجميع تدابير الحفاظ على الطاقة.

تم تطوير المنهجية بشكل أكبر من خلال تقييم عوامل التصميم المختلفة، من زجاج النوافذ إلى عناصر التحكم في الإضاءة، لتفاعلات التكلفة. يتم تصنيف العوامل وفقاً لمستوى التأثير على الآخرين، ويتم تحديد التفاعلات الأولية.

مع زيادة فهم تكامل التكلفة ومستويات تفاعل التكلفة بين عوامل التصميم، تم تطوير أداة جدول بيانات يمكن استخدامها لفهم هذه العوامل لمشروع معين. تُستخدم الأداة للنظر في الآثار المترتبة على تكلفة منهجية التجميع بالإضافة إلى تأثير الحفاظ على الطاقة لعوامل التصميم المختلفة لمبنى مكتبي نموذجي.

5/1 تكلفة دورة الحياة للمباني المستدامة:

يوجد طريقة أخرى لتوضيح إشكالية التكلفة وهي الانتقال إلى تكلفة دورة حياة المبني. فبدلًا من التفكير فقط في التكلفة الأولية، يمكن للمصممين مساعدة المطورين لفهم التكلفة على المدى الطويل والتي بدورها تدخل في التشغيل والصيانة للمباني. فالمباني ذات الكفاءة العالية في الطاقة تكون عائدها ملفت. فعلى سبيل المثال يمكن استعادة زيادة التكلفة الأولية بنسبة ٣٠٪ في تحديث عنصر الاضاءة لمبني ما في حوالي 3 سنوات من التوفير في تكاليف التشغيل.

تم اســتخدام تكلفة دورة حياة المبنى في تقييم مقترحات المشــاريع كواحد من أهم محركات التغيير للبناء. في جوهوها، يمكن النظر إلى التطبيق المتزايد بسرعة لتكلفة دورة حياة المبنى بأكملها في صناعة البناء حيث أن الصــناعة قد اعترفت إلى حد كبير بالمزايا التي يمكن أن يجلبها اتخاذ القرار فى أســاس تكاليف دورة الحياة لتصــميم و تشــغيل لبناء. يعتقد كيركهام (Kirkham, R.J., 2005) أنه ربما يكون مؤشــراً على رغبة أوســع للصناعة في استهداف التصميم المستدام.

كما حددها أديس وتالبوت (Addis, B. and Talbot, R. ,2001) ، فإن المكونات الرئيســية لتكاليف دورة الحياة هي: (1) التكاليف الأولية (2) تكاليف التشغيل (3) تكاليف الصيانة (4) تكاليف الإدارة (5) تكاليف التخلص (6) تكاليف الفرصة البديلة و (7) التكاليف الأخرى.

يمكن للعملاء التطوير من أجل الربح أو الاستخدام أو الأغراض الاجتماعية. وإذا تم توسيع هدف العميل ليشمل الاستدامة، فإن تطبيق تكلفة دورة الحياة يصبح وسيلة منطقية لتقييم وتحقيق أفضل قيمة للتصميم والمشتريات من أجل التطوير. ببساطة، العميل هو من يتخذ القرار الأولي بالتطوير والطريقة التي يتم بها التصميم والمشتريات. يؤثر هذا على كمية المنتجات والممارسات الصديقة للبيئة (أو المستدامة) التي سيتم استخدامها في المشروع. بالنسبة لمعظم المطورين، تسترشد القرارات بالتكلفة ويتم اتخاذ معظم هذه القرارات أثناء إعداد الميزانية في مرحلة جدوى المشروع. (Bee Hua Goh)

6/1 عيوب حساب التكلفة خلال دورة الحياة :

إن عملية تقدير تكلفة الطاقة خلال دورة الحياة عملية صــــعبة و ليســــت دقيقة، وذلك يرجع إلى العديد من العوامل المؤثرة علي تكلفة الطاقة، مثل تغير طرق إستهلاك الطاقة المسعرة إذا ظلت بنفس السعر، أو تغير سعر الطاقة المستهلكة إذا ظلت تستهلك بنفس المقدار ومن هذه المتغيرات، وجود الغاز الطبيعي بعد عقود، و إستخدام الفحم الذي سيندثر ببطء، وتغير مقدار الطاقة المستهلكة يوميا لدى المستهلك، و أيضًا تغير أسعار الطاقة في كل دولة عن دولة أخرى وتوقعات أسعار الطاقة فيها لا تكون واحدة:

فترة استرداد التكلفة الزائدة : وتعرف فترة السداد أيضا بفترة الرجوع إلى التكلفة الأصلية.

و إن فترة ســداد الزيادة في التكلفة الأولية تعكس أيضــاً مؤشــرات أرباح المشــروع والفترة الزمنية اللازمة لبداية جني الأرباح من المشــــروع حيث أن عامل الوقت نســــبي في كلا الأمرين. وعند اعتبار الوقت مقابل المال يمكن تقسيم فترة السداد إلى فترة سداد ديناميكية وفترة سداد استاتيكية للزيادة في التكلفة الأولية.

2 العوامل الرئيسية المؤثرة على زيادة التكلفة الأولية:

1) الأثر الرئيسي للعوامل التكنولوجية:
بناءاً على الأبحاث السابقة عن تكلفة المباني المستدامة، تبين أن نحو ٤٨,٢ ٪ من الزيادة في التكلفة تكون في المواد، والموقع، و تجهزات توفير وحفظ الطاقة وتجهزات العدادات والمقاييس، و نحو 7,5٪ في البيئة الداخلية و ٢,٦% لتوفير المياه و 23.2 % للغلاف الخارجي للمبنى.

2) العوامل الجغرافية:
تختلف الزيادة في التكلفة الأولية للمبني المستدام بإختلاف موقعه الجغرافي من بلد إلى أخر أو من مكان إلى آخر في نفس البلد، و ذلك يتوقف علي عوامل كثيرة مثل فكر إدارة المشروعات المستدامة الاستراتيجي والمواد المستدامة و تكنولوجيا الاستدامة و غيرها.

3) دراسة الجدوي للمبني المستدام:
التخطيط و التصميم المبكر للمباني المستدامة له أثر مباشر على خفض تكلفة المبنى المستدام، كما أن إستخدام إستراتيجيات معينة في التصميم المستدام مثل التصميم السلبي و التوجيه و شكل المبني و غلاف المبنى لتحقيق متطلبات الاستدامة بأقل تكلفة يساعد علي خفض التكلفة الأولية.

4) الزيادة في تكنولوجيا الاستدامة المصنعة خصيصا للمباني المستدامة من البداية، مثل أنظمة الطاقة المتجددة وأنظمة معالجة المياه.

5) زيادة تكلفة التكنولوجيا المحسنة لتصبح أكثر كفاء و مناسبة للمباني المستدامة، مثل مواد العزل المحسنة، والمواد منخفضة إنبعاث الكربون، ومضخات المياه عالية الكفاءة، و مصادر الاضاءة عالية الكفاءة.

6) دمج هذه التكنولوجيا معًا يؤثر بشكل تراكمي على التكلفة (Interactive Costs). فعلي سبيل المثال في الغلاف الخارجي للمبنى فإن زيادة العزل تؤدي إلى خفض الحِمل الحراري لنظام التكيف مما يؤدي إلى خفض التكلفة الأولية لتجهيزات نظام التبريد.

بعض العناصر الآخرى المؤثرة على تكلفة المباني المستدامة

- الأسطح الخضراء
- الأرض ذات النفاذية
- غلاف المبني عالي الكفاءة
- نظام التبريد على الكفاءة
- أنظمة الإضاءة عالية الكفاءة
- العدادات والمقاييس
- عناصر الطاقة المتجددة
- أنظمة معالجة المياه
- تجهيزات توفير المياه

- نظام الري الموفر للمياه

لذا فإنه يمكن استنتاج ما يلي :

الزيادة في تكلفة تكنولوجيا الإستدامة = تكلفة المبنى المستدام- تكلفة المبني العادي

_+ فرق تكلفة التكامل Interactive Cost

3 إستراتيجيات خفض تكلفة مواد البناء المستدامة في البيئة المحلية

بالإضافة إلى أن تكون المباني المستدامة أقل ضررًا بالبيئة ، و تحقيق جودة لبيئة داخلية صحية ، و إستخدام مصادر الطاقة المتجددة ، فإن تكنولوجيا المباني الخضراء يمكن أن تكون منخفضة التكاليف.
فالمباني ذات كفاءة الطاقة و التي تستهلك طاقة أقل من المباني التقليدية المماثلة يمكن أن تكون بتكلفة يستطيع تحملها العائلات منخفضة الدخل ، و يمكن إستخدام بها مواد طبيعية أقل و تحقيق كفاءة في إستخدام المصادر الطبيعية ، علي سبيل المثال التكنولوجيا المستخدمة لقش الأرز و الطوب من التربة المدكوكة.

و استراتيجيات خفض تكلفة مواد البناء المستدامة هي كما يلي:

- دعم إستخدام المواد عالية الكفاءة المصنعة هندسياً و التي تقدم القوة و المتانة بكمية أقل من المواد، و التي يمكن استخدامها في الأنظمة الإنشائية (الخرسانية و المعدنية و غيرها ..) ،العناصر الإنشائية الجاهزة المعزولة، الجمالونات الهندسية، المواد المركبة، العناصر الإنشائية المعزولة (سابقة الإجهاد)، و أيضاً الأساسات العميقة.
- إيجاد الطرق لتقليل كمية المواد المستخدمة، و تقليل كمية الهالك عن طريق تنفيذ خطة خفض مخلفات البناء.
- تبني سياسة إعادة إستخدام مخلفات البناء ،حيث أن ٧٥٪ أو أكثر من إجمالي مخلفات البناء يتم فصلها لإعادة التدوير و إستخدامها في بعض صناعات المواد و المنتجات مستقبلًا بدلًا من إلقاءها في مكب النفايات.
- تنفيذ برنامج صارم لإعادة تدوير مخلفات البناء، و فصل كل مادة في حاوية خاصة بتعريف واضح.
- تدريب جميع طاقم المشروع علي هذه السياسة و الحرص علي تنفيذها.
- إيجاد الطرق لإستخدام المواد المعاد تدويرها في مختلف أجزاء المبني من النظام الإنشائي و حتي التشطيبات.
- مراعات إستخدام جميع أنواع المواد معادة الاستخدام، مثل الخرسانة المخلطة Blend Concreteو الرماد المتطاير(Fly ash) و البقايا المعدنية، البلوكات الخرسانية المعاد تدويرها، و الحديد الإنشائي المحتوي علي مواد معاد تدويرها، و حشوات السجاد و بلاطات الاسقف و الأرضيات، و تكسيات الأرضيات، و الألواح الجبسية للحوائط.

- إستخدام بعض العناصر الإنشائية المعزولة الجاهزة و المصنعة من مواد حيوية، و إستخدام المواد المصنعة من أساس حيوي مثل ألواح العزل المصنعة من المخلفات الزراعية مثل القش و القمح و الشعير و المواد الأخرى.
- إستخدام منتجات الأخشاب من الغابات المعتمدة و المتحكم بها بيئيًا، حيث يتم بها زراعة الأشجار المتجددة بشكل مستدام.
- تقييم كل المنتجات و الأنظمة علي أن يتم إعادة تدويرها في نهاية دورة إستخدامها.
- الاهتمام بالمواد و الأنظمة التي يسهل فصلها و إعادة تدويرها دون هدر كبير في الطاقة.
- إدراك تأثير النقل علي الطاقة الكامنة(Embodied Energy) لجزء من المنتج أو مواد البناء
- علي قدر الإمكان، إستخدام المواد المستخرجة المصنعة محليًا، لدعم الاقتصاد المحلي، تقليل مسافات النقل و إستهلاك الطاقة و الانبعاثات.

وفيما يلي سيتم سرد بعض الاستراتيجيات الأكثر شيوعاً لخفض التكلفة.

1/3 خفض تكلفة مواد البناء المستدامة:

- إستخدام أقل كمية من المواد.
- إستخدام المواد ذات الطاقة الكامنة الأقل.
- إستخدام المواد المنتجةمن مصادر متجددة و المصنعة محليًا.
- إستخدام المواد معادة التدوير.
- إستخدام عناصر بالمبني من مباني سابقة تم هدمها .
- استخدام المواد عالية المتانة، و كفاءة الطاقة، و سريعة في التركيب والتي تتطلب مهارات بسيطة في التصنيع.

1/1/3 مقارنة التكلفة لبدائل المواد المستدامة:

تم حساب تكلفة البناء لنموذج غرفة بمساحة ٣*٣ م بإرتفاع ٣ م تعلوها قبة، و تم عمل ستة بدائل للمواد الخضراء السابقة و مقارنتها بالنموذج التقليدي المبني بإستخدام الطوب الأسمنتي. و اعتمدت الدراسة علي استخدام المواد المحلية من السوق المصري و الأسعار بالجنيه المصري.

حوائط المبنى عبارة عن حوائط حاملة لدور و احد. الأساسات لبشة خرسانة مسلحة لجميع النماذج. البدائل الستة هم الطين اللبن و أكياس الرمل و الورق المقوي و قش الأرز و الخرسانة الخفيفة و الأربطة الخشبية.

2/1/3 تحليل التكلفة:

عند تحليل وفر التكلفة المباشر، و بالمقارنة بالطوب الأسمنتي، تم توفير ٣٣٪ تقريبًا من التكلفة عند إستخدام قش الأرز، و ٣٦٪ عند إستخدام أكياس الرمل، و ٤٠ ٪ عند إستخدام الطين اللبن، و ٣٨ ٪ عند إستخدام الأربطة الخشبية، و ٣٠ ٪ عند إستخدام الورق المقوى، و علي العكس زادت تكلفة الخرسانة الخفيفة ١٧ ٪ عن الطوب الأسمنتي .

و بتحليل وفر التكلفة الغير مباشرة، فأظهرت دراسة المقارنة لكفاءة الطاقة بين النظام الخرساني و الطوب الأسمنتي التقليدي و بين تقنيات البناء الأخضر البديلة، أن تقنيات البناء الأخضر تعمل على الراحة و الصحة للبيئة المبنية، بينما تزيد من إستخدام مصادر الطاقة المتجددة (الإستخدام الإيجابي و السلبي) و تقلل من التكلفة الإجمالية خلال دورة حياة المواد .

هذا الوفر المباشر في التكلفة يضاف إلي الفوائد البيئية لخفض معدلات استهلاك الطاقة الناتجة من الأسمنت و منتجات الحديد المسلح .

إضافة إلي ذلك فإن تقنيات البناء الأخضر البديلة لديها مستويات منخفضة من التوصيل الصوتي و نقل الضوضاء و الإمكانية لإعادة التدوير و الصيانة.

2/3 خفض تكلفة النظام الإنشائي:

إن التكلفة الأولية للنظام الإنشائي بنظام البلاطات المفرغة (Hollow Block) تعتبرتقريبًا نفس التكلفة لنظام (Flat Slab) بينما يعتبر الوزن الإجمالي لنظام (Hollow Block) أخف بمقدار ٣٠٪ تقريبًا من النظام الأخر .

تقل كمية الحديد و الأسمنت في نظام (Hollow Block) ما يقرب من ٣٢ إلي ٥٠٪ عنها في نظام (Flat Slab) . لذلك تكون كمية الطاقة المستهلكة في نظام (Hollow Block) اقل منها في الأنظمة الإنشائية التقليدية بما يقارب ٥٠٪

كما أن نظام (Hollow Block) يناسب إستخدامه للطوابق الإضافية أعلي مبني قائم و ذلك لقلة وزنه و قلة كمية الطاقة المستخدمة في تنفيذه.

أما عن نظام الحوائط الحاملة فتعد تكلفته الأولية أقل من نظام (Flat Slab) في حالة بناء طابق و احد بمقدار ٢٠٪ تقريبًا.

و بزيادة عدد الأدوار يقل الفرق في التكلفة بين النظامين حتي تتساوى التكلفة بينهما عند بناء خمسة طوابق و بذلك يكون نظام (Flat Slab) أنسب لبناء المباني إبتداءً من خمسة طوابق فما أعلي .

3/3 استخدام BIM في خفض تكلفة المباني:

من الضروري وجود نظام معلومات إدارة مشروعات متكامل لحل الاتصالات المجزأة الحالية والمعلومات المقيدة ، وتقليل تعارض البيانات وإعادة الأعمال غير الضرورية.

استجابة لذلك ، يقوم العديد من الباحثين باستكشاف تقنيات المعلومات والاتصالات المختلفة(ICT) ، و BIMمعترف به باعتباره تكنولوجيا معلومات واتصالات جديدة لدمج قدر كبير من المعلومات والوثائق لتحسين الإنتاجية في صناعة البناء (*Sungho K. & Kim K. 2014*).

التحديات التي تواجه إنشاء مشاريع الإسكان منخفضة التكلفة خطيرة وتهدد نجاح هذه المشاريع

الموجهة بشكل رئيسي إلى المواطنين ذوي الدخل المنخفض، **ومن بين هذه التحديات ما يلي:**

- التناقض في رسومات البناء الناتج عن سوء التنسيق أثناء مرحلة التصميم.
- قلة المعلومات المعطاة للمقاول خلال مرحلة تقديم العطاءات أو مرحلة البناء مما يؤدي إلى إعطاء عملية عالية لتجنب مخاطر المجهول. عادة تكون هذه المعلومات موجودة في رسومات البناء والمستندات (المواصفات وفاتورة الكميات) .
- نقص المعلومات المعطاة للمقاول في رسومات البناء والتوثيق مما يؤدي إلى إثارة الكثير منRFI (طلب المعلومات) أو TQs (الأسئلة الفنية) التي تؤدي إلى زيادة مدة المشروع وزيادة ميزانية المشروع.
- التناقض بين ما تم تقديمه للعميل في مرحلة الفكرة التصميمية وما هو موجود برسومات البناء وما سيبنيه المقاول، هذا يرجع إلى أن فريق التصميم لا يقدمون للعميل ما سيتم بناؤه، إنما يقدمون نماذج خيالية لا تستند إلى نموذج البناء.

1/3/3 تأثير BIM على عمليات تصـــميم وبناء المســـاكن منخفضـــة التكلفة (Ayman Ahmed Hassan):

- تحسين التصميم.
- تحسين الكفاءة (الإدارة الفعالة لمعلومات المشروع).
- تعزيز الاستدامة.
- خفض التكلفة أو التحكم فيها.
- تقليل الوقت أو التحكم فيه.
- تحسين الاتصال.
- تحسين التنسيق وزيادة الجودة أو التحكم فيها .

4/3 التصميم المتكامل لخفض التكلفة الأولية للمباني المستدامة:

يعد التكامل في التصميم منهجية لتحقيق التصميم المستدام حيث يتطلب مزيد من الوقت المطلوب في العملية التصـــميمية مما يترتب عليه خفض في التكلفة في النهاية. إن الزيادة في التكلفة الأولية في أجزاء معينة غالبا مـا تؤثر على جميع الأجزاء الأخرى من المبنى. فعلى ســـبيـل المثـال قـام Wesex water Headquarters في سكوتلندا ، بإستخدام الألواح سابقة التجهيز بديلا عن البلوكات الخرسانية بزيادة في التكلفة حوالي 10 ٪. وخلال التنفيذ أدي التوفير في وقت التنفيذ وقلة العيوب لخفض التكلفة لما يقرب من النصف.

5/3 اختيار التجهيزات منخفضة التكلفة في الأعمال الصحية (Usama Elfiky,2015):

هناك عدد من الاستراتيجيات التي يمكن استخدامها لتقليل كمية المياه المستهلكة في المنشأة. بشكل عام، تشمل هذه الطرق: تحسين النظام (أي تصميم أنظمة المياه بكفاءة، واكتشاف التسرب، والإصلاح) ؛ تدابير الحفاظ على المياه ؛ وأنظمة إعادة استخدام / إعادة تدوير المياه.

جدول (1) استراتيجيات الحفظ الشائعة

رقم	منطقة الحفظ Area of conservation	العنصر	الاستهلاك	التكلفة الأولية	الموصى به من قبل الباحث
1	تنسيق حدائق Landscaping	رشاشات آلية Automatic sprinklers	مرتفع	مرتفعة	
2		الري بالتنقيط Drip irrigation	منخفض	متوسطة	
3		خرطوم مع فوهة Hose with a nozzle	مرتفع	منخفضة	✓
4	دورات مياه Toilets	مرحاض بمياه الدفق Flush valve toilet	مرتفع	منخفضة	
5		مرحاض يعمل بالضغط Pressure-assisted toilet	منخفض	مرتفعة	
6		مرحاض الجاذبية Gravity toilet	منخفض	منخفضة	✓
7		مرحاض شفط كهربائي Vacuum Assist	منخفض	مرتفعة	
8		مراحيض مزدوجة Dual Flush Toilets	متوسط	متوسطة	
9		مرحاض يستخدم تقنية الغسل Toilet uses a wash-down technic	منخفض	متوسطة	
10		مرحاض السماد Composting toilet	منخفض	مرتفعة	
11		مراحيض الحرق Incinerator toilets	منخفض	مرتفعة	
12	المبولات Urinals	مبولة سيفون جت Siphon jet urinal	مرتفع	منخفضة	
13		الغسل و الغسيل Washout and wash-down	مرتفع	متوسطة	
14		البلو أوت Blowout	منخفض	متوسطة	
15		بدون ماء Waterless	منخفض	متوسطة	✓
16	رؤوس الدش Shower heads	البخاخات Atomizers	مرتفع	منخفضة	
17		النابضات Pulsators	متوسط	مرتفعة	
18		مهويات	منخفض	متوسطة	✓

			Aerators		
19	الحنفيات Faucets	الصمامات Metered valve	مرتفع	منخفضة	
20		الإغلاق الذاتي Self-closing	منخفض	متوسطة	✓
21		حساس بالموجات فوق الصوتية و الأشعة تحت الحمراء Utrasonic and infrared sensor	منخفض	مرتفعة	
22	إعادة الاستخدام و إعادة التدوير Reuse and Recycling	إعادة استخدام المياه في الموقع On-site water reuse	منخفض	متوسطة	✓
23		المياه المعالجة (شبكة الأنابيب المزدوجة) Reclaimed water (dual piping network)	منخفض	مرتفعة	
24		أنظمة أنابيب المياه الرمادية Gray water piping systems	منخفض	مرتفعة	
25		أنظمة تجميع المياه Water catchment systems	متوسط	متوسطة	

المصدر: أسامة الفقي 2015 و الباحث

في الجدول السابق تم اضافة التكلفة لكل عنصر من العناصر، مع اختيار العنصر الأفضل حسب التكلفة وكمية الاستهلاك معا.

4 الدراسة التحليلية

تم اختيار نموذج تحليلي من المشروعات المعتمدة لدى تصنيف LEED في البيئة المحلية (تم اختياره في المملكة العربية السعودية)ومقارنة تكلفة عناصر الاستدامة المستخدمة بالمبنى .

شكل (1) مشروع فندق البحر الأحمر Redsea Hotel

المصدر: www.amanabuildings.com

مشروع فندق البحر الأحمر
Redsea Hotel

مدينة أملج – المملكة العربية السعودية

1/4 بيانات المشروع:

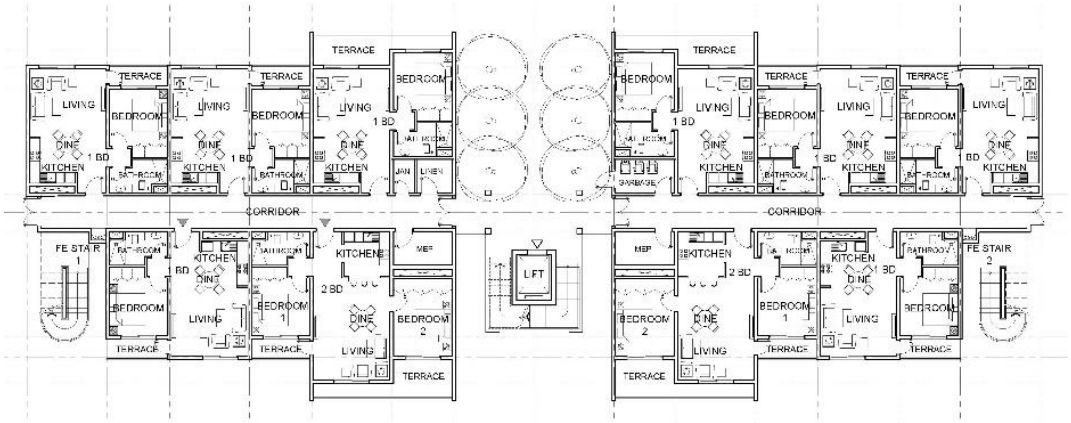
الموقع:
مدينة أملج – المملكة العربية السعودية

المعماري:
Saudi Amana

المساحة:
2,471 مترا مربعا

معيار العمارة المستدامة المستخدم:
LEED V4.1 Residential Multifamily - GOLD

شكل (2) مسقط أفقي للمشروع



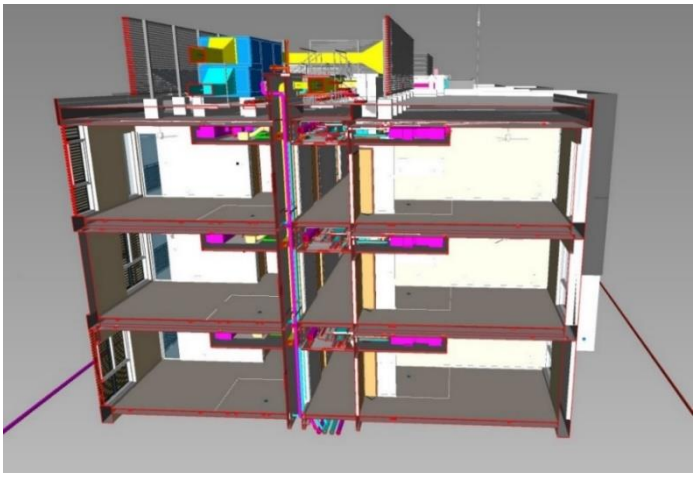
المصدر: www.amanabuildings.com

وهو مشروع سكني فندقي يقع في مدينة أملج على شاطئ البحر الأحمر غرب المملكة العربية السعودية، تم تسجيله في معيار Leed عام 2020 للحصول على شهادة LEED Gold

شكل (3) التصميم المعماري للمبنى

3/3 نموذج BIM للمبنى:

ويتكون المبني من ثلاثة طوابق (أرضي و أول و ثاني) تحتوي جميعها الغرف الفندقية وخدمات الفندق



المصدر: www.amanabuildings.com

4/4 معيار LEED المستخدم :

تم تسجيل المشروع للحصول على شهادة LEED V4 for BD+C للمستوي Silver

شكل (4) نقاط LEED المعتمدة للمشروع

LEED v4.1 Residential: Multifamily
Project Checklist

Project Name: CV- Linear Apartments Type A & B
Date: 22-Jun-20

Y	?	N			
0	0	1	Credit	Integrative Process	1
7	2	6	**Location and Transportation**		15
0	0	15	Credit	LEED for Neighborhood Development Location	15
1	0	1	Credit	Sensitive Land Protection	2
0	0	1	Credit	High Priority Site	1
2	2	1	Credit	Surrounding Density and Diverse Uses	5
1	0	2	Credit	Access to Quality Transit	3
1	0	0	Credit	Bicycle Facilities	1
1	0	0	Credit	Reduced Parking Footprint	1
1	0	1	Credit	Electric Vehicles	2
5	2	2	**Sustainable Sites**		9
Y			Prereq	Construction Activity Pollution Prevention	Required
1	0	0	Credit	Site Assessment	1
0	0	1	Credit	Protect or Restore Habitat	1
1	0	0	Credit	Open Space	1
2	0	1	Credit	Rainwater Management	3
1	1	0	Credit	Heat Island Reduction	2
0	1	0	Credit	Light Pollution Reduction	1
7	1	4	**Water Efficiency**		12
Y			Prereq	Water Use Reduction	Required
Y			Prereq	Building-Level Water Metering	Required
6	1	3	Credit	Water Use Reduction	10
1	0	1	Credit	Water Metering	2
30	0	4	**Energy and Atmosphere**		34
Y			Prereq	Fundamental Commissioning and Verification	Required
Y			Prereq	Minimum Energy Performance	Required
Y			Prereq	Energy Metering	Required
Y			Prereq	Fundamental Refrigerant Management	Required
5	0	1	Credit	Enhanced Commissioning	6
18	0	0	Credit	Optimize Energy Performance	18
1	0	0	Credit	Whole Building Energy Monitoring and Reporting	1
0	0	2	Credit	Grid Harmonization	2
5	0	0	Credit	Renewable Energy	5
0	0	1	Credit	Enhanced Refrigerant Management	1
1	0	0	Credit	Domestic Hot Water Pipe Insulation	1
3	2	8	**Materials and Resources**		13
Y			Prereq	Storage and Collection of Recyclables	Required
Y			Prereq	Construction and Demolition Waste Management Planning	Required
1	1	3	Credit	Building Life-Cycle Impact Reduction	5
0	1	5	Credit	Environmentally Preferable Products	6
2	0	0	Credit	Construction and Demolition Waste Management	2
7	0	9	**Indoor Environmental Quality**		16
Y			Prereq	Minimum Indoor Air Quality Performance	Required
Y			Prereq	Combustion Venting	Required
Y			Prereq	Garage Pollutant Protection	Required
Y			Prereq	Radon-Resistant Construction	Required
Y			Prereq	Interior Moisture Management	Required
Y			Prereq	Environmental Tobacco Smoke Control	Required
Y			Prereq	Compartmentalization	Required
0	0	1	Credit	Enhanced Compartmentalization	1
0	0	1	Credit	No Environmental Tobacco Smoke	1
1	0	3	Credit	Enhanced Indoor Air Quality Strategies	4
2	0	2	Credit	Low-Emitting Materials	4
2	0	0	Credit	Indoor Air Quality Assessment	2
1	0	0	Credit	Thermal Comfort	1
1	0	0	Credit	Daylight and Quality Views	1
0	0	2	Credit	Acoustic Performance	2
4	0	2	**Innovation**		6
3	0	2	Credit	Innovation	5
1	0	0	Credit	LEED Accredited Professional	1
4	0	0	**Regional Priority**		4
1	0	0	Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
1	0	0	Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
1	0	0	Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
1	0	0	Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
67	7	36	**TOTALS**		Possible Points: 110

Certified: 40 to 49 points, Silver: 50 to 59 points, Gold: 60 to 79 points, Platinum: 80 to 110

المصدر: www.amanabuildings.com

5/4 استراتيجيات المباني المستدامة المستخدمة:

و قد روعي الالتزام بمتطلبات ومعايير العمارة المستدامة للحصول علي مقياس جولد و ذلك كالاتي :

- تجهيزات التبريد عالية الكفاءة.
- تجهيزات توفير الطاقة.
- تجهيزات المياه منخفضة الاستهلاك.
- إدارة المخلفات.
- استخدام المواد المعاد تدويرها.

6/4 التكلفة الأولية للمشروع :

تكلفة المشروع المحتسبة حسب الأسعار في السوق السعودي في شهر يوليو 2020 هي:
146,650,000 ريال سعودي أي ما يعادل 39,200,000 دولار أمريكي تقريبا

7/4 تحليل التكلفة :

تم في هذا الجدول تحليل فرق التكلفة بين المبنى العادي و التحديث المطلوب للمبنى و تجهيزاته لتصنيفه من شهادة LEED

شكل (5) تحليل تكلفة عناصر الاستدامة

رقم	وصف	التصميم الحالي	متطلبات LEED	تأثير التكلفة: كمية	وحدة	معدل	مبلغ (ريال سعودي)	ملاحظات
أ	**رفع عناصر العمل التالية من أجل تصنيف LEED الذهبي**							
1	تقليل تأثير الجزر الحرارية	SRI 78 كحد أدنى لانعكاس مادة السطح	SRI 82 كحد أدنى لانعكاس مادة السطح	8,404	$م^2$	16	133,936.00	تغيير نوع حصى السطح
2	تقليل استخدام المياه	يجب أن يكون معدل التدفق الأقصى للتركيبات	يجب أن يكون معدل التدفق الأقصى للتركيبات					
	رأس دش الحمام	8 لترات في الدقيقة	5.75 لترات في الدقيقة @ 5.5 بار	384	Nos	6	2,304.00	تمت إضافة مهويات معادلة للضغط
	أحواض غسيل اليد	6 لترات في الدقيقة	4.5 لترات في الدقيقة @4.15 بار	384	Nos	6	2,304.00	تمت إضافة مهويات معادلة للضغط
	صنبور المطبخ	7 لترات في الدقيقة	4.5 لترات في الدقيقة @ 4.15 بار	288	Nos	6	1,728.00	تمت إضافة مهويات معادلة للضغط

	مراحيض مزدوجة	6 لترات في الدقيقة / 3 لترات في الدقيقة	4 لترات في الدقيقة / 2.5 لترات في الدقيقة						لا يوجد تأثير على التكلفة
	غسالة	غير محدد	يجب أن يكون أقل من IWF 9.5						لا يوجد تأثير على التكلفة
3	أداء الطاقة الأدنى / تحسين أداء الطاقة	تستدعي مواصفات أداء الهندسة الكهربائية والميكانيكية استخدام LEED لنهج التصميم وتشير أيضًا إلى ASHRAE 90-1 - 2010	ضمان FAHU والإمداد وإعادة SFP إلى 1.5 W / L / s و 1.0 W / L / s ، على التوالي التأكد من تقليل الإضاءة الداخلية LPD إلى 30٪ أقل من قيم ASHRAE 90.1-2016 لكل نوع مساحة						لا يوجد تأثير على التكلفة
4	تخزين وجمع المواد القابلة لإعادة التدوير	غير محدد	أنواع المواد المعاد تدويرها وأحجامها وحاويات التخزين المطلوبة لتلبية استراتيجية فرز النفايات وجمعها .TRSDC توفير صناديق إعادة التدوير منفصلة في كل طابق وكل جناح من أجنحة المباني.						المدرجة أدناه
5	تخطيط / إدارة مخلفات البناء والهدم	CWDMP 50٪ تم تحويلها من مكب النفايات	حد أدنى 75٪ من المخلفات المحولة من مكب النفايات (هذا مطلب مسبق ولا يمكن بالضرورة حسابه بدقة ، لذلك هناك طريقة بديلة للحساب للحصول على نقاط الائتمان حسب النسبة المئوية للمخلفات عن طريق مساحة البناء	7	شهر	100,000	700,000.00		

					التي يجب على المقاول أخذها في الاعتبار)			
6	نسبة الكربون	لا حاجة إلى مستشعرات أول أكسيد الكربون			يتوافق مع LEED نسخة 4.1 منازل متعددة العائلات ، يجب تركيب شاشات أول أكسيد الكربون في جميع أنواع الوحدات ، بغض النظر عن نوع المعدات المثبتة في الوحدة. »تأكيد موقع أجهزة مراقبة أول أكسيد الكربون يتم تقديمها من خلال المخططات والرسومات			
	التعديل المطلوب للحصول على LEED							
	أول أكسيد الكربون (CO) جهاز استشعار لكل شقة		288	Nos	900	259,200.00		
	مثبط تعديل الهواء النقي بجانب العرض في كل شقة		288	Nos	740	213,120.00		
	مستشعر سحب الهواء الخارجي لـ FAHU		20	Nos	750	15,000.00		
	كابل BMS في قناة GI		9,040	LM	13	121,240.00		

7	التثبيت والربط والاختبار والتكليف			1	Lot	72,125	72,125.00	
8	خدمات الاستشارات البيئية و LEED							
			تحليل الفجوة في مرحلة تصميم LEED ودعم التصميم لتتوافق مع جميع RFIs ذات الصلة بـ LEED حتى يتم منح LEED كما هو موضح أعلاه.	1	LS	88,000	88,000.00	
			خدمات استشارية لمرحلة البناء من LEED وفقًا لنطاق وصف العمل المذكور أعلاه	7	شهر	27,000	189,000.00	7 شهور

المصدر: الباحث بالتعاون مع شركة أمانة السعودية

تبين من الجدول السابق ما يلي:

1) تركيز الزيادة في التكلفة للمباني المستدامة في الأجهزة و التجهيزات الإلكترونية مثل حساسات الكربون و حساسات الهواء النقي و نظام إدارة المبنى BMS.
2) الزيادة في تكلفة أرضيات سطح المبنى ذات المواصفات الخاصة.
3) الزيادة في تكلفة الأجهزة الصحية و خلاطات الحمامات و المطابخ و الأحواض ذات المواصفات الخاصة.
4) الزيادة في التكلفة الناتجة من التخلص من مخلفات البناء.

تم مراعاة الاستراتيجيات التالية لخفض التكلفة الأولية واستخدام البدائل منخفضة التكلفة مع الحفاظ على نقاط تصنيف LEED للعمارة الخضراء و تم حصول المبنى بالفعل على التصنيف:

1) زيادة استخدام المواد معادة التدوير و تقليل مخلفات البناء مما أدى إلى خفض التكلفة الخاصة بالتخلص من مخلفات البناء.

2) استبدال الأجهزة الصحية و الخلاطات في الحمامات و المطابخ و الأحواض بأجهزة عالية الكفاءة تعتمد على خفض دفق المياه و دمج الهواء مع المياه دون استخدام الحساسات و الكهرباء.
3) استخدام أجهزة تكييف عالية الكفاءة مع دمج حساسات الهواء النقي لتوفير تكلفة الحساسات المنفصلة.
4) الغاء نظام تدوير المياه الرمادية gray water system و الإكتفاء بإعادة استخدام المياه في أعمال الري و تجميع مياه الأمطار.

5 النتائج والتوصيات

- يتضح من البحث الأثر الكبير من ارتفاع التكلفة الأولية للمباني المستدامة على قلة وندرة تطبيقها بالشكل الأمثل المطلوب في البيئة المحلية.
- ويبرز أهمية أخذ استراتيجيات محددة لخفض هذه التكلفة الأولية للمبنى المستدام ابتداءا من مراحل التصميم الأولية للمساهمة في انتشار هذه المباني.
- يوصي البحث في الأبحاث القادمة بتصنيف المباني حسب الاستخدام، ومن ثم تصنيف الاستراتيجيات المتبعة لخفض التكلفة حسب استخدام كل مبنى والموقع الجغرافي وبيئته المحلية.

قائمة المراجع

Addis, B. and Talbot, R. (2001). Sustainable Construction Procurement – A Guide to Delivering Environmentally Responsible Projects. Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), C571, U.K.

Ayman Ahmed Hassan, Adopting Building Information Modelling (BIM) to Improve Design & Construction Efficiency for Low Cost Housing, Page 10

Bee Hua Goh. Integrating green building rating systems with BIM using cost-based decision rules, Singapore, p-4.

Kirkham, R.J. (2005). Re-engineering the whole life cycle costing process. Construction Management and Economics, 23(1), 9-14.

Prasad Vaidya & Lara Greden & David Eijadi & Tom McDougall & Ray Cole, Integrated cost-estimation methodology to support high-performance building design, 2008

Sungho K. & Kim K. 2014

Usama Elfiky, A new strategy for water conservation within the building in not arid region: Egypt as a case study, PLEA, Bologna, Italy,2015