https://doi.org/10.33261/jaaru.2022.29.2.007 *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences (2022)29(2):55–66*

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences

مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية

كلية الهندسة - جامعة بغداد

جمعية كليات الهندسة اعضاء اتحاد الجامعات العربية

تطبيق نظم الجدران الخضراء كستراتيجية تصميمية منفعلة في ابنية المناطق الحارة الجافة

عبدالله عماد عليوي [1]* ، غادة محمد اسماعيل عبد الرزاق كمونة [2]

[1] قسم هندسة العمارة،كلية الهندسة،جامعة بغداد،بغداد،العراق، arch.abd.emad.94@gmail.com

[2] قسم هندسة العمارة،كلية الهندسة،جامعة بغداد ،بغداد،العراق، g.kamoona@coeng.uobaghdad.edu.iq

* الباحث الممثل:عبدالله عماد عليوي ، arch.abd.emad.94@gmail.com

نشر في: 30 حزيران 2022

الخلاصة –تُعد الجدران الخضراء(Green walls) إحدى الإستراتيجيات التصميمية المنفعلة المستدامة بيئيا والمهمة في المبنى بسبب كفاءتها العالية في تقليل درجات الحرارة في الفضاءات الداخلية ومن ثم تحقيق الراحة الحرارية للشاغلين نظرا لتقديمها مستوى عال من العزل الحراري عن طريق الاستفادة من الغطاء النباتي مما يسهم بدوره في تحقيق بيئة داخلية مريحة ومن ثم تقليل الطاقة المستهلكة لاغراض التبريد والتدفئة ومن ثم تحقيق كفاءة استخدام الطاقة،فضلا عن تقليل الاثر البيئي في محيط المبنى بواسطة تقليل انبعاثات الكربون والتلوث,ونظرا لارتفاع درجات الحرارة في المناطق الحارة الجافة ومنها العراق واستهلاك الابنية التجارية لكميات عالية من الطاقة الكهربائية،وبسبب فاعلية الجدران الخضراء في تحقيق كفاءة الاداء الطاقوي في البيئة الداخلية للمبنى وباسلوب منفعل،تحددت المشكلة البحثية ب:قلة المعرفة حول اليات تطبيق الجدران الخضراء في ابنية البيئة العمرانية العراقية ذات المناخ الحار الجاف ودورها الفاعل في تحقيق كفاءة استخدام الطاقة،وتمثل هدف البحث بتوضيح اليات تطبيق الجدران الخضراء في الابنية،لاسيما العراق ذو المناخ الحار الجاف،ومن ثم بيان اكفا الجدران الخضراء في تحقيق كفاءة استخدام الطاقة.ضم البحث جانبين هما،الجانب النظري والذي تناول الاطار المعرفي للجدران الخضراء واستعراض ايجابياتها وسلبياتها وبيان دورها الفاعل في تحقيق كفاءة استخدام الطاقة في الابنية التجارية،علاوة على قيود تطبيقها.والجانب التطبيقي الذي تضمن تصميم مبنى تجاري افتراضي متعدد طوابق في بغداد،وبنموذجين،الاول بواجهة تقليدية والثاني بواجهة خضراء من النوع غير المباشر ومن ثم قياس كفاءة استخدام الطاقة داخل فضاءات النموذجين بواسطة برنامج حاسوبي للاداء البيئي.وقد توصل البحث الى ان النموذج الثاني ذو الواجهة الخضراء غير المباشرة يتميز بفاعلية عالية في تحقيق كفاءة استخدام الطاقة داخل فضاءات المبنى وباسلوب منفعل.

الكلمات الرئيسية: – "الجدران الخضراء , "كفاءة استخدام الطاقة , " الواجهات الخضراء غير المباشرة , "البيئة الداخلية.

1. المقدمة

تعد الجدران الخضراء من الستراتيجيات التصميمية المنفعلة المستدامة بيئياً في الابنيه ، فهي تسهم في تقليل درجات حرارة البيئات الداخلية للمبنى ، حيث تمتلك نظم الجدران الخضراء القدرة على تقليل الطلب على الطاقة المصروفة لاغراض التبريد والتدفئة ومن ثم تحقيق كفاءة استخدام الطاقة داخل فضاءات المبنى كما يسهم الغطاء النباتي للواجهات الخضراء في تحسين المناخ الموضعي عن طريق تقليل درجات الحرارة المحيطة بالمبنى ، فضلاً عن تقليل انبعاثات الكربون والتلوث.من ثم, تتميز الجدران الخضراء بأمتلاكها القدرة على تقديم مستوى عالي من الاداء للمبنى,اذا ما تم مقارنتها بمثيلاتها من الواجهات التقليدية,كما تسهم في الحفاظ على صحة الانسان والبيئة,مما يؤدي بالنتيجة الى تحقيق بيئة داخلية ذات جودة عالية مما ينعكس بدورة على تحقيق كفاءة استخدام طاقة في داخل فضاءات المبنى.

2. المشكلة البحثية وهدف البحث

قلة المعرفة حول اليات تطبيق الجدران الخضراء في ابنية البيئة العمرانية العراقية ذات المناخ الحار الجاف ودورها الفاعل في تحقيق كفاءة استخدام الطاقة. وتمثل هدف البحث بتوضيح اليات تطبيق الجدران الخضراء في الابنية،لاسيما العراق ذو المناخ الحار الجاف،ومن ثم بيان اكفأ الجدران الخضراء في تحقيق كفاءة استخدام الطاقة.

3. منهجية البحث

سيتناول البحث دراسة الجدران الخضراء المنفعلة،ستضم المنهجية جانبين هما, الأول: الجانب النظري, والذي تناول الاطار المعرفي للجدران الخضراء واستعراض ايجابياتها وسلبياتها وبيان دورها الفاعل في تحقيق كفاءة استخدام الطاقة في الابنية التجارية،علاوة على قيود تطبيقها.والجانب التطبيقي الذي تضمن تصميم مبنى تجاري افتراضي متعدد طوابق في بغداد،وبنموذجين،الاول بواجهة تقليدية والثاني بواجهة خضراء من النوع غير المباشر ومن ثم قياس كفاءة استخدام الطاقةداخل فضاءات النموذجين بواسطة برنامج حاسوبي للاداء البيئي

4. مفهوم الجدران الخضراء

ازداد في الوقت الحالي,تطبيق الجدران الخضراء على واجهات المباني,وذلك لما تتمتع به من قدرة على توفير العزل الحراري مما يسهم في تقليل الاحمال الحرارية علاوة على توفير بيئة داخلية ذات جودة عالية للشاغلين خاصة في البيئات المناخية التي تمتاز بتفاوت كبير في ظروف

1726-4081© 2022The author(s). Published by Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences. This is an open access article under the CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

التبريد والتدفئة كما هو الحال في المناطق التي تمتاز بمناخ حار جاف. يعتمد مستوى العزل الحراري للجدران الخضراء ومدى قدرتها على توفير بيئة داخلية ذات جودة عالية للشاغلين على العديد من العوامل وهي: نسبة تغطية الطبقة النباتية للواجهة ،وكثافة أوراق النبات، واتجاه واجهة المبنى, علاوة على معامل امتصاص الطاقة الشمسية للأسطح المكشوفة ؛ مواصفات مواد البناء الخارجية ؛ ولون السطح الخارجي تأثير كبير على ملامح درجة حرارة غلاف المبنى. [24]

تُعرف دراسة (Green wall systems) لـ (Maria Manson)[1]عام 2014م الجدران الخضراء بأنها: الأنظمة التي تتيح اضافة واجهة خضراء على الغلاف اخارجي للمبنى عن طريق تطبيق مجموعة مختارة من أنواع النباتات على السطح الخارجي للواجهة، بما في ذلك جميع الحلول التي تضمن نمو النباتات على جدار مبنى[15].

كما تُعرّف دراسة (Vertical Greening Benefits and Threats) Green Façade لـ(Mehdi Rakhshandehroo)[2] عام 2015م، الجدران الخضراء بأنها نوع من الحدائق العمودية المثبتة على جدار المبنى، بحيث تتكون الواجهة بشكل عام من هيكل داعم ونباتات مثبته بها ، وقد تكون هذه النباتات نفضية أو دائمة الخضرة، واختيار نوع هذه النباتات في الحالتين يرتبط مباشرة بارتفاع المبنى، وهي مدعومة بكابلات فولاذية أو شبك أو تعريشة[4].

من أجل إثبات أهمية جدران في العمارة ، يجب تحديد مفهوم **الجدران الخضراء. فبشكل عام. يتم تعريفه على أنه:**

هي احد انواع الواجهات المستدامة المنفعلة تتالف من الحدائق العمودية المثبتة على الجدار الخارجي للمبنى يتم إنشاؤها عن طريق زراعة نباتات تتسلق صعودًا على واجهة المبنى، بحيث تتكون الواجهة بشكل عام من هيكل داعم ونباتات تتناسب مع مناخ المنطقة ولها القدرة على التمسك بهذا الهيكل والنمو لأعلى،تستغرق النباتات عادة 3-5 سنوات قبل أن تغطي واجهة المبنى باكمله. وتعمل الجدران الخضراء المستدامة بمثابة عازل حراري، مع تنظيمها لعملتي الإكتساب والفقدان الحراري من والى المبنى، فضلاً عن توفيرها الإضاءة الطبيعية لفضاءات المبنى وتنقية الهواء واعطاء طابع جمالي للمبنى، مما يعطيها بالنتيجة ميزة تحقيق كفاءة عالية في إستخدام الطاقة.

شكل1:يوضح شكل الجدران الخضراء من الخارج,[6].

5. كفاءة استخدام الطاقة في المبنى

تعد كفاءة استخدام الطاقة(Energy Efficiency) من الوسائل التي يمكن عن طريقها حل الكثيرمن المشكلات كونها تمتاز بفوائدها العديدة مثل: الحد من استهلاك الطاقة داخل فضاءات المبنى علاوة على تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون،وتلعب دورًا حيويًا متزايدًا لا سيما فيالجانب البيئي والذي كان المحفز الرئيس لتبني هذا المفهوم بشكل عام وفي قطاع البناء بشكل خاص،لغرض تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة الناضبة، وإحدى الطرق لتحقيق ذلك هي التأكد من استخدام الطاقة بأكبر قدر ممكن من الكفاءة.

أشارت دراسة لـ (غادة محمد اسماعيل)[3] لمفهوم كفاءة استخدام الطاقة حيث عرفتهاعلى انها: مقدار الطاقة المطلوب لاداء وظيفة ما, علاوة على القدرة على تقديم مستوى اعلى من الخدمات التي ترتبط بأستهلاك الطاقة مثل توفير(انارة عالية الجودة،وتقليل الطاقة المستخدمة لاغراض تكييف الهواء/علاوة على رفع مستويات الراحة الحرارية للشاغلين)وبأسلوب يسهم في تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية والكلفة معا[2]

أشارت دراسة لـ راميا ليكسمانان (Ramya Lekshmanan)[4] لمفهوم كفاءة استخدام الطاقة حيث عرفتهاعلى انها: استخدام طاقة أقل لتقديم نفس الخدمة ,و استمرار الشيء لفترة أطول اذا كان يعمل بشكل أفضل من الإصدار التقليدي ولكنه يستخدم نفس كمية الطاقة. أي تقليل الطاقة المستهلكة بأقل قدر ممكن وعدم ترك أي شيء يضيع. [5]

ويعد المبنى كفوءا طاقويا حينما يستخدم طاقة لاغراض تبريد وتدفئة المبنى ولكن بكمية اقل دون التاثير على راحة شاغلين الفضاء وتوفير بيئة داخلية ذات جودة عالية مما يسهم بدوره في تقليل الكلف واستهلاك الوقود الاحفوري ومصادر الطاقة الناضبة والتقليل من التلوث مما ينعكس بصورة ايجابية على صحة الشاغلين وتوفير بيئة داخلية ذات جودة اعلى.ويمكن تحقيق ذلك بأعتماد النظم المنفعلة(Pasive Systems) ودمجها في المبنى،خاصة تركيز تطبيقها على غلاف المبنى الخارجي.[2]

وتعد واجهات المبنى التي تمثل الجزء العمودي من غلاف المبنى , واحدة من أهم الطرق التي يمكن عن طريقها المساهمة في توفير الطاقة الكهربائية في المبنى,لذا يتعين الاهتمام بتصميمها بصورة مدروسة تتوافق مع طبيعة المبنى والبيئة المحيطة به للتكُيف مع المناخ الموضعي لفضاءات المبنى، وبإسلوب يسهم في تقليل الطاقة الحرارية الشمسية الداخلة للفضاء مما يسهم بدورة في تحقيق الراحة الحرارية لشاغليه/ومن ثم تقليل استهلاك الطاقة. [3]

6. كفاءة استخدام الطاقة والجدران الخضراء

تساعد الاستراتيجية التصميمية المنفعلة المتمثلة بالجدران الأخضراء المباني على أن تصبح أكثر كفاءة في استخدام الطاقة وذلك عن طريق عملها كحاجز وقائي يوفر حماية أفضل من ألاشعة الشمسية مما يساهم في تقليل الاحمال الحرارية الداخلة الى الفضاء ,وذلك لكون أسطح النباتات لا تخزن فيها الطاقة الشمسية، بل تعكسها,كما تساعد على تبريد الهواء بشكل فعال في الصيف عن طريق عملية تسمى التبخر ، مما يقلل بدورة من الاحمال الحرارية في البيئة الداخلية مما يعمل على رفع جودتها ,الامر الذي ينعكس بدوره على تقليل الحاجة الى استهلاك الطاقة لاغراض التبريد في الصيف والتدفئة في الشتاء، علاوة على انها تؤدي إلى تقليل انبعاثات الكربون,مما ينعكس ايجابا على البيئة. [3]

أشارت دراسة(Green Façade) (Vertical Greening Benefits and Threats) إلى أن الجدران الخضراء تقلل من اكتساب الحرارة ، وأن درجة حرارة سطحها أقل من الجدار المكشوف. كما أظهرت الدراسات أن السطح الخارجي للجدار الأخضر أبرد حتى 10 درجات مئوية من الجدار المكشوف ؛ ومن ثم فإن قيمة U للجدار الأخضر تكون عادة أقل وتساعد على تقليل أحمال التبريد. في فصل الشتاء ، تعمل تقنيات الجدار الأخضر كطبقة عازلة عن طريق تحريك الهواء بين النبات والجدار وإنشاء حاجز ضد الرياح

---

[1] راميا ليكسمانان (Ramya Lekshmanan): استاذ في جامعة إلينوي في أوربانا شامبين(University of Illinois at Urbana-Champaign),اختصاص عمارة مستدامة

[2] Mehdi Rakhshandehroo(مهدي راكشنديرو): محاضر أول ورئيس قسم التعمير ،دكتورا في هندسة العمارة,تخصص عمارة مستدامة، فرع بريزا ، جامعة آزاد الإسلامية ، إيران. [4].

[3] غادة محمد اسماعيل: استاذ مساعد دكتوراه في الهندسة المعمارية جامعة بغداد[1].اختصاص استدامة

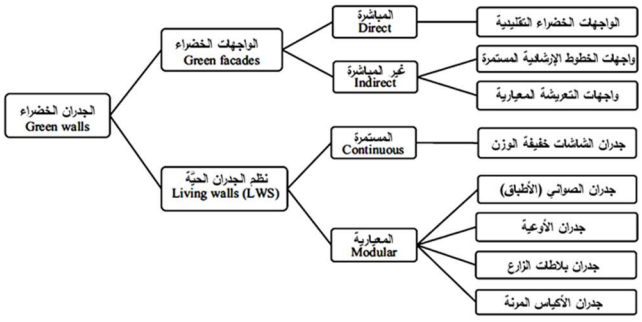
مما يقلل من دخول الهواء البارد. ويعتمد مستوى توفير الطاقة على العديد من العوامل مثل المناخ ، ونوع قشرة المبنى ، وكثافة تغطية النبات. [9]

7. نظم الجدران الخضراء

الجدار الاخضر هو استراتيجية تصميمية تسهم في تقليل سطح الجدار المعرض للاشعة الشمسية وكذلك تقليل درجات حرارة الفضاء الداخلي عن طريق تقليل اكتساب الحرارة الناتج عن النباتات. [11] يمكن أن يقلل الجدار النباتي من ذروة الطلب على طاقة تكييف الهواء. كما أنه يقلل من تأثير الرياح ويساعد على التحكم في الرطوبة داخل فضاءات المبنى.ويستخدم الجدران الأخضراء كمصطلح لبيان كل من النظم الرئيسة هما (الشكل 2),منظومة الواجهات الخضراء و منظومة الجدران الحيَّة.

أولاً, منظومة الواجهات الخضراء (Green Facades System): تعتمد منظومة الواجهات الخضراء على النباتات المتسلقة التي تنمو على طول الجدار الذي تغطيه, وتكون فيها النباتات مثبتة في التربة.[25] عادة ما يستخدم نظام الري بالتنقيط في أنظمة الواجهات الخضراء. ينقل هذا النظام المواد الغذائية والمياه إلى النباتات. فالهدف من نظام الري هو وصول هذه المواد إلى منطقة جذر النباتات بشكل صحيح. تصنف نظم الواجهات الخضراء إلى نوعين، بحيث يمكن أن تتصل النباتات مباشرة بواجهة المبنى وتسمى بالواجهة الخضراء المباشرة، أو يمكن دعمها على هيكل مستقل عن المبنى وتسمى الواجهة الخضراء غير المباشرة[13]

ثانياً, منظومة الجدران الحيَّة (Living Walls System): هي حدائق رأسية مكتفية ذاتيًا مرتبطة بالجدران الخارجية أو الداخلية للمبنى تعد مجال حديث للغاية للابتكار في تغليف الجدران.تم اختراع الجدار الحي من قبل (ستانلي هارت وايت) الذي حصل على براءة اختراع نظام الجدار الأخضر في أواخر الثلاثينيات [14]. يتكون نظام الجدار الحيّ من ألواح معيارية مبنية بحيث يحتوي كل جزء على تربته الخاصة أو وسط نمو صناعي ، على سبيل المثال ، البيرلايت ، اللباد ، الرغوة ، والصوف المعدني.تدعم الجدران الحيَّة مجموعة متنوعة من النباتات وتساعد في تحقيق نمو موحد على طول سطح الجدار الذي تغطيه, وتكون فيها جذور النباتات في وحدات معلقة أو مثبتة على واجهة المبنى. وينقسم الى نوعين هما/نظام جدار الحي الأخضر المعياري،نظام الجدار الحي المستمر[13]



شكل2:نظم الجدران الخضراء,[25].

سيركز البحث على نظم الواجهات الخضراء بصورة اكبر وسيتم تطبيقها في الجانب العملي عوضا عن نظم الجدار الحي وذلك للاسباب الاتية: [8], [11]

- اقل تعقيدا من نظم الجدار الحي
- ذات تكلفة اقل وصيانة اقل.
- سهولة تنفيذها محليا
- تعمل على تقليل الضوضاء و خفض درجة الحرارة بصورة اكثر فاعلية من نظم الجدار الحي.
- تساهم في إزالة الملوثات من الهواء بصورة اكثر فاعلية. كما تساعد الواجهات الخضراء ذات الكثافة العالية على حجب الاشعة الشمسية.
- تنوع اكبر في التصميم وسهولة التشييد مع اعطاء امكانيات اكبر في تنوع النباتات المختارة.
- ذات تأثير سلبي اقل على غلاف المبنى الخارجي مقارنة بنظم الجدار الحي

8. عناصر ومكونات الجدران الخضراء

تساعد الجدران الخضراء في تقليل استهلاك الطاقة عن طريق توفير التظليل من تأثيرات أشعة الشمس المباشرة.أيضا، لا تخزن فيها الطاقة الشمسية ولكي تعمل الجدران الخضراء بكفاءة عالية هناك مجموعة عوامل مهمة يتعين اخذها بالحسبان عن تصميم الجدران الخضراء يمكن تلخيصها بما يلي:

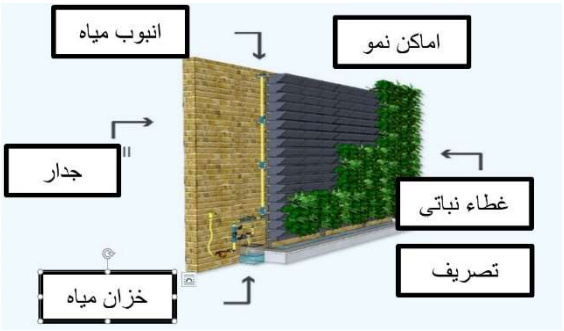
1) العناصر الداعمة : تحتاج الواجهات الخضراء الى: الكابلات ، الحبال ، الشباك ، التعريشة من الفولاذ المقاوم للصدأ ، الفولاذ المجلفن ، الخشب ، البلاستيك ، الألياف الزجاجية.بينما يحتاج جدار الحي المستمر الى :لباد للتكسية الارضية. بينما يحتاج جدار الحي المعياري الى الفولاذ المجلفن والفولاذ المقاوم للصدأ وخفيف الوزن و البوليمرات المرنة والسيراميك،في شكل(1),شكل(3). [5]

2) وسط للنمو: تحتاج الواجهات الخضراء الى: التربة الأرضية أو الأوعية المليئة بالمواد الغذائية. بينما يحتاج جدار الحي المستمر والمعياري الى: خليط مواد بما في ذلك المركبات العضوية و غير العضوية ,[2]

3) طبيعة النباتات المستخدمة: تستخدم في الواجهات الخضراء كل من نباتات التسلق (دائمة الخضرة أو المتساقطة الأوراق).بينما يستخدم في الجدران الحية المستمرة: الشجيرات والأعشاب والنباتات المعمرة.اما جدار حي المعياري: الشجيرات والأعشاب والنباتات المعمرة والنباتات النضرة. [3]

4) تصريف المياه: تستخدم الاوعية ذات الثقوب السفلية لتصريف المياه في الواجهات الخضراء والجدار الحي المستمر.اما في جدار الحي المعياري:تستخدم الثقوب الجانبية والسفلية تساعد في عملية التصريف. [5]

5) الري : يستخدم تقطير الخطي داخل الاوعية في الواجهات الخضراء.اما في جدار حي المستمر:يستخدم خط التنقيط أعلى الجدار.بينما في جدار حي المعياري: خط بالتنقيط أعلى كل وحدة ,[3].



الشكل3:يوضح عناصر ومكونات الجدران الخضراء,[5].

9. الاعتبارات التي يجب ان تؤخذ عند تصميم الجدران الخضراء

بينت اطروحة الدكتوراه(منظومات العمارة الخضراء)ل(غادة محمد سماعيل)عام 2015 ودراسة (Green Façade Vertical) Greening

(Benefits and Threats لـ (Mehdi Rakhshandehroo) عام 2015م،ان هنالك اعتبارات يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار هي: [3] [14].

1) يمكن للنباتات ان تقوم بتغليف الجدار الخارجي بالكامل لكنها تستغرق وقتا طويلا قد يصل بعضها الى(25)سنة.وجود هيكل التعريشة(trellis structure) الذي يعد من الهياكل الخاصة لاسناد النباتات وتسلقها على طول الجدار.متطلبات الصيانة ونضام الري يجب ان تؤخذ بالحسبان.

2) ينبغي ان اخذ الاستشارة من متخصص في انواع النواع النباتات لمعرفة الانواع التي تتلائم مع البيئة المكان.تحتاج الحدائق العمودية إلى الرعاية لأنها أنظمة حية وتعتمد على نوع الحديقة العمودية والظروف المناخية وأنواع النباتات. اما بما يخص البيئة العراقية الحارة والجافة فإن الواجهات الخضراء قد تحتاج الى الكثير من العناية نظرا للحرارة الشديدة والجو الجاف.

3)تعد الواجهات الخضراء العمودية عالية التكلفة فعناصر العمل تكلفة تطبيقها على سطح عمودي أكثر من السطح الأفقي. اما[5] العناصر الباهظة الثمن في الحديقة العمودية تصنف على النحو الاتي:انظمة التثبيت، مادة العزل، مكونات نظام الري، نظام الصرف الصحي، وسائط نمو النبات، أنواع النبات، تكاليف الصيانة الدورية.

10. ايجابيات وسلبيات الجدران الخضراء

تمتلك الجدران الخضراء العديد من الايجابيات والتي يمكن تلخيصها في النقاط الاتية.[3]. [1]

1) تعد عناصر تصميم موفرة للطاقة اذ تعمل على تقليل الاشعة الشمسية ومن ثم تقليل الاحمال الحرارية الداخلة الى الفضاء الداخلي اذ تحسن من قدرة العزل الحراري عن طريق الطبقة النباتية الخضراء وتنظيم درجة الحرارةومن ثم تقليل استهلاك الطاقة.

2) يمكن أن يُكسب المناطق الحضرية مساحات خضراء،تعمل على تحسين جودة الهواء وتقليل الجزر الحرارية الحضرية،تضفي الواجهة الخضراء بعداً جمالياً على واجهات المباني.

3) يحمي هذا النوع من الجدران هيكل المبنى من التأثيرات الخارجية،كما تعد طريقة فعالة لتحسين جودة الهواء داخل وخارج المبنى.

4) تعمل السطوح النباتية على تقليل مناسيب الضوضاء الداخلية في المبنى

من جهة أخرى, تمتلك الواجهات الخضراء مجموعة من السلبيات, أهمها: [9]. [18]

1) الصيانة المستمرة ونظام الري. حيث أن تكرار الصيانة يعتمد على نوع الحديقة العمودية والظروف المناخية وأنواع النباتات، و بما يخص البيئة العراقية الحارة والجافة فإن الواجهات الخضراء قد تحتاج الى الكثير من اعمال الصيانة نظرا للحرارة الشديدة والجو الجاف.

2) تعد الواجهات الخضراء العمودية ذات عناصر متعددة من حيث انظمة التثبيت، مادة العزل، مكونات نظام الري، نظام الصرف الصحي، وسائط نمو النبات، أنواع النبات، وتكاليف الصيانة الدورية.

3) تجمد مياه الري في الشتاء، ولكن نظرا لبيئة الدراسة لا يؤخذ هذا العيب في الحسبان نظرا لاعتدال الحرارة في الشتاء.

11. الواجهات الخضراء هي حل للاقتصاد والمشاكل البيئية

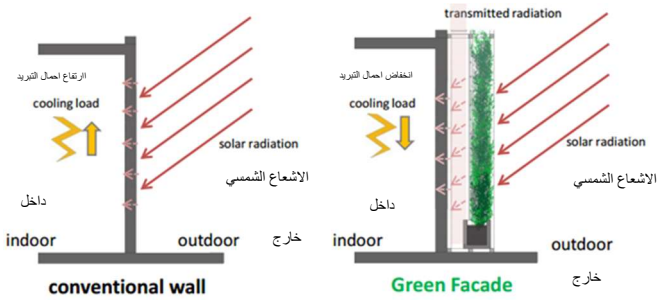
توفر الواجهات الخضراء العديد من المنافع لبيئتها المحيطة بما في ذلك تقليل درجات حرارة المبنى ، وتبريد درجة حرارة الهواء المحلي ، وتوفير تنقية للهواء، وتخفيف تلوث الضوضاء ، وإزالة الكربون من الهواء ، وتوفير الظل ،وفي كثير من الحالات ، تهدف الواجهات الخضراء إلى أن تكون مبهجة من الناحية الجمالية علاوة على منافعها في تحقيق كفاءة استخدام الطاقة[27],اذ يمكن أن تقلل الواجهات الخضراء من استهلاك الطاقة. عن طريق قيامها بتظليل غلاف المبنى ، فضلاً عن تبريد المناطق المحيطة بواسطة عملية التبخر. يمكن ان تقلل الواجهات الخضراء درجات حرارة سطح الجدار بما يصل إلى 25 درجة فهرنهايت (14 درجة مئوية) مقارنة بأسطح الجدران المكشوفة وهذا يؤدي بدورة الى تحسين مستويات الراحة الحرارية. [26]

من المنافع الاخرى التي تقدمها الواجهات الخضراء هو خفضها لدرجات حرارة غلاف المبنى ، وكذلك درجة حرارة الهواء المحيط ، مما يسهم لبدوره إلى التخفيف من تأثير الجزر الحرارية الحضرية. [1]

12. نظم الواجهات الخضراء (Green facades)

الواجهة الخضراء عبارة عن جدار مغطى كليًا أو جزئيًا بطبقة من النباتات,تعمل على حجب الاشعة الشمسية وتنقية الهواء وتقليل تأثير الجزر الحرارية الحضرية علاوة على ذلك. توفر الواجهات الخضراء فوائد اقتصادية وبيئية وجمالية للمبنى. [8]

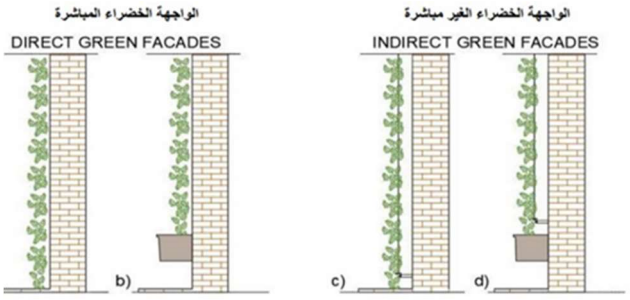
يتم إنشاء الواجهة الخضراء عن طريق زراعة نباتات التسلق للأعلى عبر واجهة المبنى، وذلك عن طريق زراعة الحاويات المثبتة على مستويات مختلفة عبر المبنى، اذ اوضحت دراسة (Green Façade Vertical Greening Benefits and Threats) انه يمكن أن تلتصق نباتات التسلق مباشرة بسطح المبنى، أو يمكن دعمها على هيكل مستقل عن المبنى و يمكن إدارة درجة كثافة تغطية الواجهة لتناسب الوظيفة المطلوبة. على سبيل المثال ، سيكون للواجهة المصممة لتظليل جدار المبنى كثافة أوراق الشجر بشكل أفضل من شاشة مثبتة بالقرب من نافذة مصممة للسماح بمشاهدة جزئية للبيئة خارج الواجهة [11].



شكل 4:يوضح الفرق بين تطبيق الواجهة الخضراء,قبل وبعد., [23].

تصنف نظم الواجهات الخضراء إلى نوعين الواجهة الخضراء المباشرة، الواجهة الخضراء غير المباشرة،شكل(5),[3].

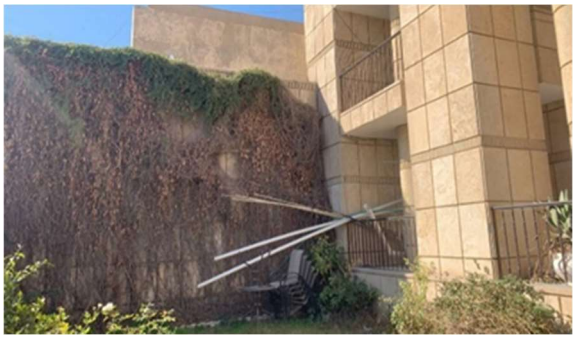
[5] الراحة الحرارية: حالة العقل التي تشير الى القبول بالبيئة الحرارية المحيطة بالشاغلين وهذا يدل على ان الانسان لا يفضل في ظل تلك الظروف لا بيئة ابرد او اكثر دفئا من تلك البئية التي يتواجد فيها. [3]



شكل 5:يوضح انواع الواجهات الخضراء, [2].

اولا/الواجهة الخضراء المباشرة(Direct system of green façade).

بينت اطروحة الدكتورا (منظومات العمارة الخضراء)ل(غادة محمد سماعيل) ودراسة(Green Facades as a New Sustainable Approach)ل(Dr. Samar Mohamed) عام 2012 انه يتم إنشاء الواجهة الخضراء المباشرة عن طريق زراعة نباتات التسلق أعلى وعبر واجهة المبنى، وذلك إما من النباتات التي تزرع في أحواض الحدائق في قاعدتها، أو عن طريق زرع الحاويات المثبتة على مستويات مختلفة عبر المبنى وتكون مثبتة على واجهة المبنى بشكل مباشر. في هذه الحالة ، تكون النباتات المتسلقة المزروعة في الأرض عند قاعدة المبنى وذلك للحصول على الواجهة الخضراء وتعد هذه الطريقة ذات تكلفة قليلة [3]،علاوة على ذلك فالنباتات ذاتية اللصق، التي يتم استخدامها بشكل متكرر، لها بنية ملتصقة تسمح لها بالارتباط مباشرة بالجدار وتغطي الواجهة بالكامل. لكن لا يمكن تطبيقها على جميع واجهات المباني فهذه النباتات يمكن أن تؤثر على هيكل المبنى وغلافه الخارجي وأن تسبب بعض المشاكل للصيانة،شكل(5)،[11].



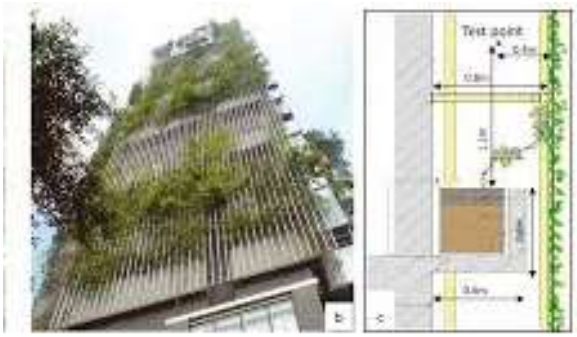
شكل 6: الواجهة الخضراء المباشرة،مصدر(تصوير الباحثان).

ثانيا/ الواجهة الخضراء غير المباشرة(Indirect system of green façade)

يكون الغطاء النباتي فيها مدعوم بكابلات أو شبكات مع إبعادها عن واجهة المبنى المراد تطبيق النباتات عليها. في مثل هذا النوع من الممكن استخدام مواد مختلفة مثل الألومنيوم والبلاستيك والخشب والفولاذ (الفولاذ المقاوم للصدأ والفولاذ المطلي والفولاذ المجلفن) كدعم للتسلق الغير المباشر بحيث تسبب كل مادة تغييرات في الخصائص الوظيفية والجمالية بسبب سمك المظهر الجانبي والوزن المختلف والمتانة [7]. يمكن دمج نظام التخضير غير المباشر مع صناديق الغراس على مستويات مختلفة من الواجهة. في هذه الحالة ، يتطلب النظام عناصر غذائية ونظامًا للري إذا كانت مساحة التجذير غير كافية .

يمكن تعريف **الواجهة الخضراء غير المباشرة** على أنها: نوع من نظام الجدار الحي ، ولكن هنالك نظامين غير مباشرين للواجهة الخضراء يتم تطبيقهما بشكل شائع هما "وحدات لوحة التعريشة "وأنظمة" شبكة الاسلاك.تتضمن بعض أنظمة الواجهات الخضراء غير المباشرة [13].

ومعظمها تعريشات معيارية ، أواني مملوءة بالركيزة وهياكل الدعم الفردية ، مما يسمح بتعليق العناصر على طول الجدار على ارتفاعات مختلفة. تتضمن الأشكال الجديدة من التعريشات المعيارية شبكة منحنية لإعطاء إيقاع للواجهة وثلاثي الأبعاد للجدار. [7].



شكل 7:يوضح تفصيل الواجهة خضراء غير المباشرة, [7].

1) نظام الشبكة او السلك((Cable or Wire-Rope Net System):
هو نظام يستخدم كابلات فولاذية عالية الشد ومثبتات ومعدات تكميلية تسهم في استيعاب العديد من الانواع حيث يتم ربط الحبال السلكية الرأسية والأفقية المرنة بواسطة المشابك المتقاطعة. غالبًا ما تُستخدم الشبكات السلكية التي تكون أكثر مرونة من الكابلات وتوفر درجة أكبر من التصميم المستخدم في النباتات البطيئة النمو،ولكن يتم استخدام الكابلات للواجهات الخضراء المصممة لدعم المتسلق الأسرع نموًا بأوراق الشجر الأكثر كثافة ، ،شكل(8) [1].

شكل 8:يوضح نظام الشبكة او السلك, [1].

2) نظام لوحة التعريشة المعياري (Modular Trellis Panel System): هونظام يتكون من لوحة ثلاثية الأبعاد وصلبة وخفيفة الوزن ومصممة لإبقاء الواجهة الخضراء خارج غشاء المبنى لأن المواد النباتية لا

تلتصق مباشرة بواجهة المباني. عادة ما تكون الألواح مصنوعة من الفولاذ وصلبة بما يكفي لتمتد بين الهياكل ويتم تطبيقها كواجهات خضراء قائمة بذاتها ويمكن تثبيتها ودمجها لتغطية الأجزاء الكبيرة وتصميمها لتشكيل أشكال مختلفة، شكل(9) [8].

شكل9:يوضح نظام لوحة التعريشة المعياري, [8].

13. امثلة عالمية

بعد ان تم التعرف على انواع الجدران الخضراء المستدامة وعلاقتها بمفهوم كفاءة استخدام الطاقة،سيتم في هذا الجزء عرض بعض الابنية التي استخدمت هذه الجدران في تحقيق كفاءة استخدام الطاقة لاستكمال الإطار النظري لأنواع الجدران الخضراء المستدامة. فقد تم اختيار عدد تمثل من الامثلة العالمية لابنية متوسطة الارتفاع تم فيها استخدام الواجهات الخضراء المستدامة المنفعلة التي تم اختيارها ووفق ثلاث مؤشرات اساس وهي كلاتي:معايير تحقيق كفاءة استخدام الطاقة,ثانيا:المعالجات المستخدمة في تحسين الاداء الحراري لغلاف المبنى,ثالثا:طرق تحقيق كفاءة استخدام الطاقة في المبنى ونسب توفيرها.

13.1 مثال (1) مبنى (Liwa International School, Al-Ain)

تقع مدرسة ليوا الدولية في الطرف الجنوبي الغربي من مدينة العين في الامارات العربية المتحدة ذات المناخ حار.يهدف هذا المشروع إلى تحويل المدرسة من مبنى تقليدي إلى مبنى أخضر مستدام عن طريق تقليل استهلاك الطاقة وزيادة كفاءة الطاقة.تم اعتماد ثلاثة أنظمة: أ) تطبيق الجدار الأخضر بهدف تقليل اكتساب الحرارة ؛ ب) الألواح الكهروضوئية المركبة على السطح لتوفير الطاقة لأنظمة الإضاءة والري ؛ ج) نظام إعادة تدوير المياه الرمادية.

كجزء من العمل التجريبي المستمر الذي، تم فحص الواجهة الخضراء لـ LIS كدراسة حالة للتحقق من أداء واجهة المبنى المتكاملة في المناخ الحار لمدينة العين . تم تركيب جدار نباتي على واجهات المبنى كما هو موضح في الشكل 11. يتكون النظام من صناديق بلاستيكية (30 × 3025 سم) مثبتة بشكل متصل على الواجهات. [23]

تم تبني استخدام الواجهة الخضراء بنجاح في إمارة أبو ظبي ، لزيادة كفاءة الطاقة في المباني وتقليل الأثر البيئي. كما أنه يزيد من عزل الصوت ويخلق المزيد من المساحات الداخلية وتحسين جودة الهواء. يتم تحقيق انخفاض درجة الحرارة على الواجهات الخضراء عن طريق: أ) انخفاض اكتساب الحرارة في الواجهة بسبب منه الاحمال الحرارية من الاختراق بواسطة أوراق الغطاء النباتي وكتلة التربة ؛ ب) التبريد التبخيري الناتج عن مياه الري للنباتات ؛ ج) مقاومة الحرارة بسبب الموصلية الحرارية المنخفضة للنباتات التي تعمل كعوازل للحرارة لاكتساب الحرارة المحيطة بواسطة الجدار. يمكن لهذه التقنية أن تقلل درجة حرارة الهواء الداخلي خلال النهار بمقدار 5 درجات مئوية لشهر يوليو 2011 ، وتقليل الطلب على طاقة تكييف الهواء بنسبة تصل إلى 20٪[21]

شكل 10:يوضح مبنى (Liwa International School, Al-Ain)،[23].

شكل 11:يوضح تفصيل الواجهة الخضراء في المبنى(Liwa International School, Al-Ain)،[23].

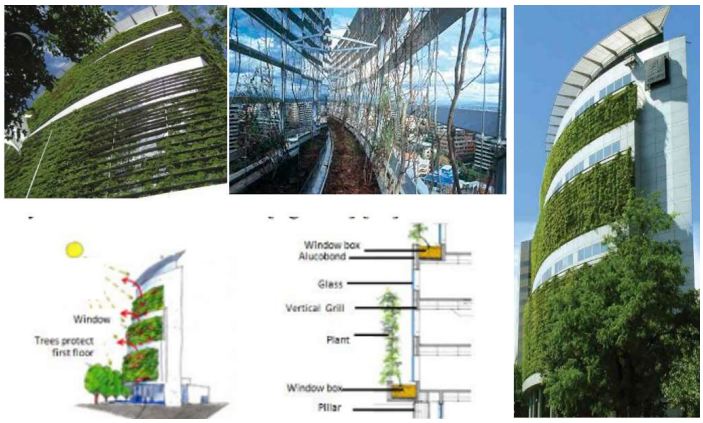
13.2 مثال(2) مبنى Consorcio Santiago Building

هو مبنى اداري يقع في مدينة سنتياكو(santiago) ذات المناخ الحار ,وبارتفاع 17 طابق وبتوجيه شمالي غربي.تم استخدام عدة استراتيجيات تصميمية فيه لمعالجة مشاكل الواجهة ومنها: استخدام واجهة خضراء غير مباشرة تم تثبيتها على شرائح أفقية من الألومنيوم ، تقع على بعد 1.4 متر من الواجهة ، تدعم نباتات المتسلقة التي يزيد ارتفاعها عن 2-4 طوابق.

الواجهة الخضراء المستخدمة مقسمة إلى ثلاثة أقسام منفصلة رأسياً ، كل منها يتم دعمة بحوض للغرس أفقي عند القاعدة ،كما تساهم النباتات المتساقطة على توفير الظل في الصيف ،وتسمح بأدخال كمية اكبر من الضوء خلال ألاشهر التي تكون فيها الاوراق متساقطة.

اظهرت نتائج تحليل الطاقة الذي تم على هذا المبنى, أن النظام الواجهات الخضراء يساهم في تحسين أداء الطاقة عن طريق تقليل الاستخدام النهائي السنوي والطلب على طاقة التبريد فيه.واوضحت انه يمكن أن يكون للنباتات المستخدمة خصائص عازلة ودور في تظليل اجزاء المبنى المعرضة للاحمال الحرارية، مما يساعد على منع الحرارة من التسرب عبر غلاف المبنى إلى البيئة الداخلية ، ويحد من اكتساب الطاقة الشمسية إلى السطح الخارجي للجدار أو من الانتقال عبر الزجاج.

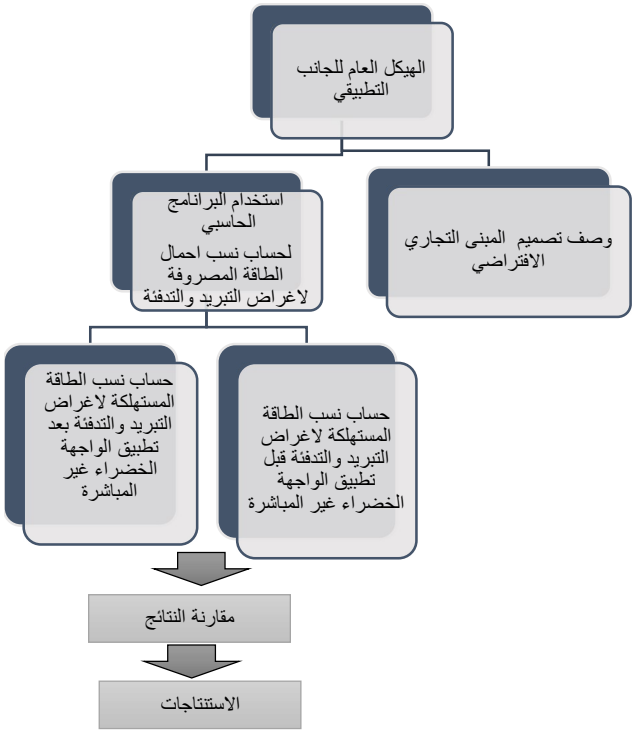
وهذا بدوره يسهم في تقليل الاحمال الحرارية ،والذي بدوره سيساهم في ضبط مستويات الراحة الحرارية في البيئة الداخلية ،ومن ثم تحقيق كفاءة استخدام الطاقة.شكل(12)،[16]



شكل12: مبنى Consorcio Santiago Building ،[16]

14. حالة دراسية

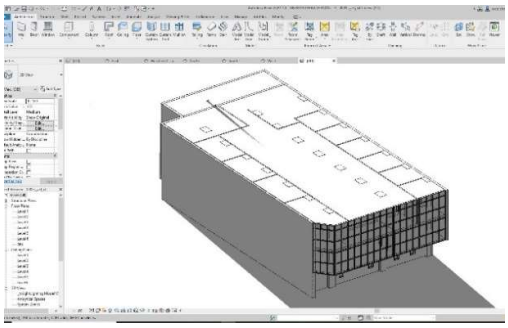
تم تصميم مبنى تجاري افتراضي متعدد الطوابق في بغداد لغرض اثبات فاعلية الواجهة الخضراء في تقليل الطاقة المستهلكة لاغراض التدفئة والتبريد.



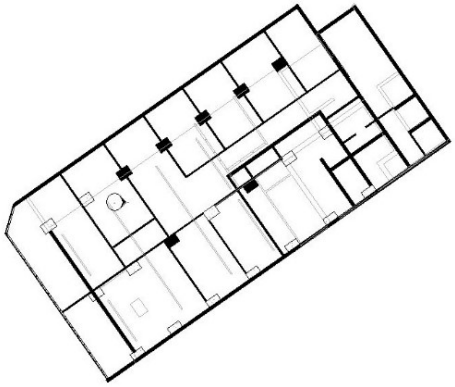
شكل13: الهيكل العام للجانب التطبيقي،(مصدر الباحثان)

تم تصميم المبنى بنموذجين الاول(واجهة منفردة التزجيج)والثاني(تطبيق واجهة خضراء من النوع غير المباشر) وبتوجيه جنوبي غربي كحالة دراسية والظاهر في شكل (12) وذلك لإظهار إمكانات الجدران الخضراء،اذ تم عمل نموذج افتراضي باستخدام برنامج(revit) وتم حساب الطاقة المستهلكة باستخدام برنامج(Green building studio).وذلك لتقليل استهلاك الطاقة لاغراض التبريد والتدفئة. يقع مبنى التجاري الافتراضي، في منطقة مكتظة بالمباني ويطل على الشارع العام كما في الشكل (14),مما يعني تعرضه للعوامل البيئية والمناخية بشكل مباشر.

والمبنى شكل مخططه مستطيل تقريباً بأبعاد (15متر-32متر) بمساحة (500 متر مربع) وبتوجيه (جنوبي غربي)للواجهة الرئيسية المطلة على الشارع العام ، وبارتفاع (12 متر). موزع على (3) طوابق طبقا للشكل (14)،(15)،(16)وتُعد المساحة السطحية لغلاف المبنى والتي تتالف من واجهة زجاجية بالكامل (واجهة زجاجية مفردة) والمعرضة لأشعة الشمس كبيرة.



شكل14: مبنى تجاري افتراضي ،(مصدر الباحثان)

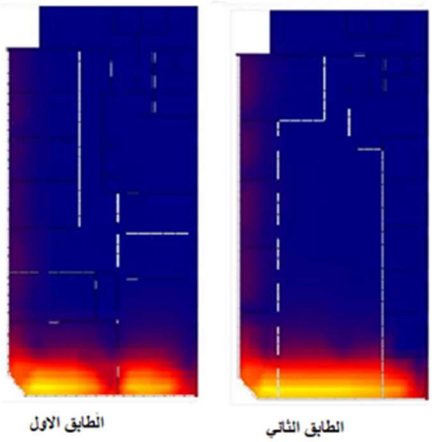


شكل15: مخطط المبنى التجاري الافتراضي ،(مصدر الباحثان)

شكل16:الواجهة الجنوبية الغربية للمبنى التجاري الافتراضي ،(مصدر: الباحثان)

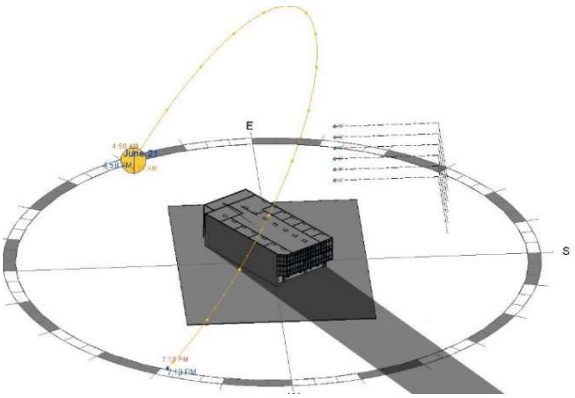
عمد البحث الى اعتماد الواجهة الخضراء المستدامة المنفعلة وتطبيقها في الجانب العملي من البحث على واجهة مبنى التجاري، لمقارنة استهلاك الطاقة مع الواجهة المبنى الاعتيادية,وذلك لتحقيق كفاءة استخدام الطاقة في كلتا الحالتين قبل وبعد تطبيق الواجهة الخضراء.ستكون المخرجات من عملية المحاكاة الحرارية بواسطة برنامج(Revit and Green Building Studio):

تم توضيح الأحمال الحرارية المسلطة على واجهات مبنى التجاري الافتراضي بناءاً على معطيات الموقع و البيانات التي تم ادخالها . ، كما ان الواجهتين الجنوبي الشرقي والشمال الشرقي والشمال الغربي لا يوجد لهم نوافذ ومظللات من المباني المجاوره (الملاصقة) مما يمنع التهوية الطبيعية من تلك الجهات .



شكل17:توضيح الاحمال الحرارية المسلطة على مبنى تجاري افتراضي قبل تطبيق الواجهة الخضراء (مصدر: الباحثان)

بالنسبة النوافذ الموجوده في المبنى التجاري المفرد التزجيج فان تركيز النوافذ على الواجهة الجنوبية الغربية حيث انها مزججة بالكامل وهذه النوافذ التي سيتم تطبيق الواجهات المستدامة عليها .في حين ان الواجهتان الجنوب الشرقي و الشمال الشرقي من دون نوافذ ع يوضح الشكل (17),(18)

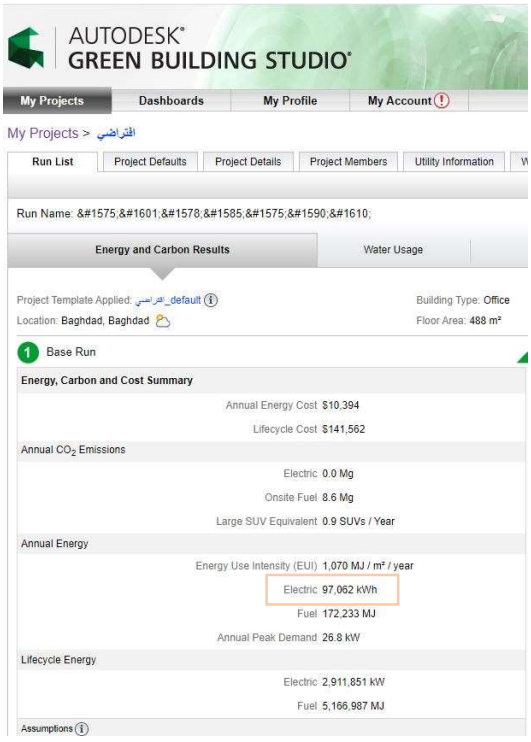


شكل18: توضيح مسار الشمس في تطبيق افتراضي على مبنى تجاري افتراضي في بغداد

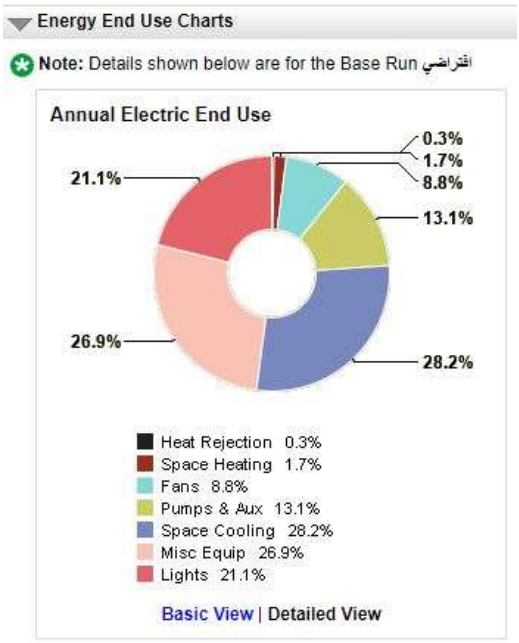
15. التطبيق العملي

15.1 الاختبار الاول:حساب الاداء الحراري والطاقة المصروفة لمبنى التجاري بواقع الحال

تم اختبار وتحليل المبنى لتحديد مقدار استهلاك الطاقة للمبنى التجاري الافتراضي والذي تم استخدام النوافذ مفردة التزجيج باستخدام برنامج Revit (Insight Plugin +Green Building Studio) كما هو موضح بالأشكال الاتية،شكل(19)،(20)،وجدول(1):



شكل19:مقدار الطاقة المستهلكة في حالة النوافذ مفردة التزجيج



شكل20:مخطط بياني يوضح نسب كل مقدار استهلاك الطاقة للتبريد والتدفئة في حالة النوافذ مفردة التزجيج

جدول1:جدول بياني يوضح نسب كل مقدار استهلاك الطاقة للتبريد والتدفئة في حالة النوافذ مفردة التزجيج

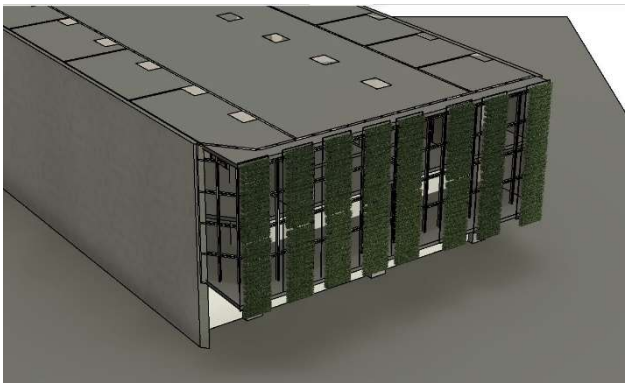
مقدار المقاومة الحرارية	نسب استخدام التدفئة	نسب استخدام التبريد	نسب استخدام الاضاءة
0.3%	1.7%	%28،2	%21

15.2 الاختبارالثاني:حساب الاداء الحراري والطاقة المصروفة لمبنى التجاري بعد تطبيق الواجهة الخضراء غير المباشرة.

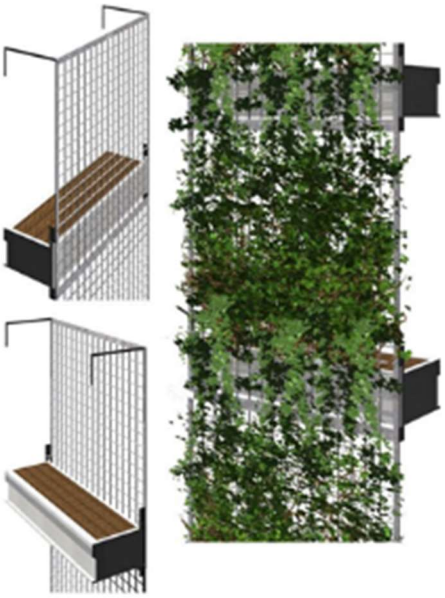
تعد الواجهةالخضراء غير المباشرة(Indirect system of green façade)،النوع الثالث من الواجهات المستدامة المنفعلة التي سيتم تطبيقها على مبنى الاداري,وذلك لتقييم الاداء الحراري في فضاءاته الداخلية،وقد تم تنفيذ نموذج الثلاثي الابعاد لمبنى الاداري بتطبيق الواجهات الخضراء غير المباشرة باستخدام برنامج Revit (Insight Plugin +Green Building Studio) كما هو موضح بالأشكال الاتية:

1) تم تصميم الواجهة بواسطة اضافة الواجهة الخضراء غير المباشرة كما هو موضح بشكل (21).تم استخدام صناديق الزراعة و الستيل المجلفن لمنظومة الواجهة الخضراء الغير مباشره المطبقة ،كما هو موضح بالشكل (22)، وتم اعتماد نبات المتسلق دائم الخضرة (Hedera helix).حيث تساعد هذه النباتات على توفير بيئة حيوية ذات تاثير ايجابي لشاغلي المبنى ،فضلا عن ترطيب الهواء في البيئة الخارجية بالمبنى .سيتم اضافة هيكل انشائي إضافي للواجهتين الجنوبية الغربية والشمالية الغربية للاسناد.

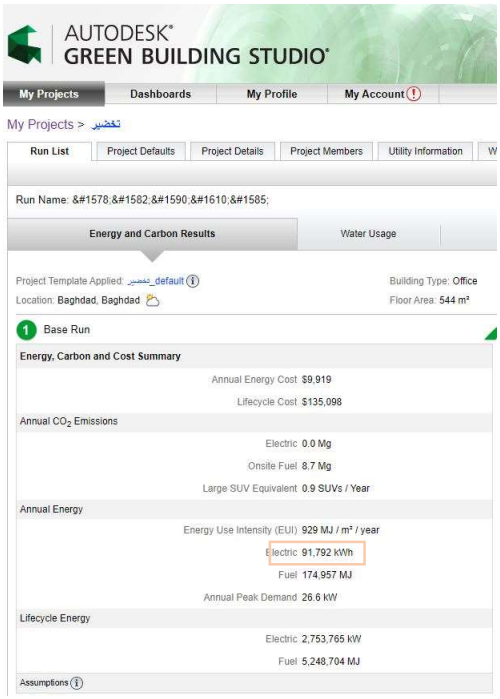
2) سيتم وضع صناديق المزروعات على الواجه الجنوبية الغربية بصوره عمودية كما هو موضح بالشكل (22).



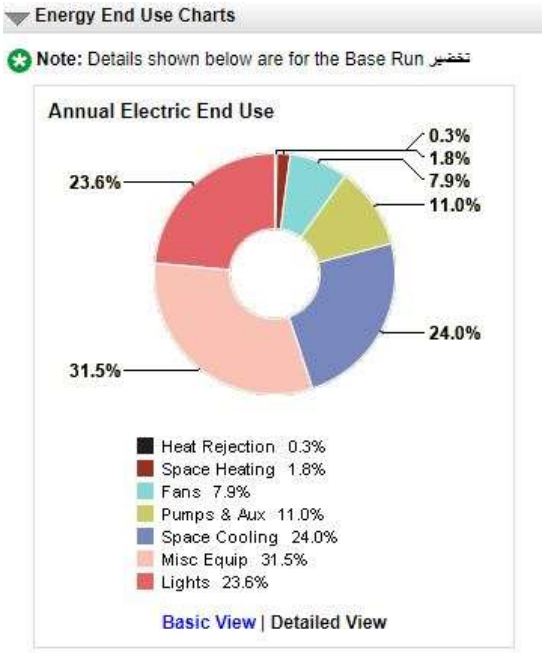
شكل21: تنفيذ عملية تخضير بواسطة اضافة الواجهة الخضراء غير المباشرة على واجهة المبنى الافتراضي



شكل22: وضع صناديق المزروعات على الواجهة الجنوبية الغربية



شكل23:مقدار الطاقة المستهلكة بعد تطبيق الواجهة الخضراء غير المباشرة على مبنى التجاري الافتراضي(مصدر: الباحثان)

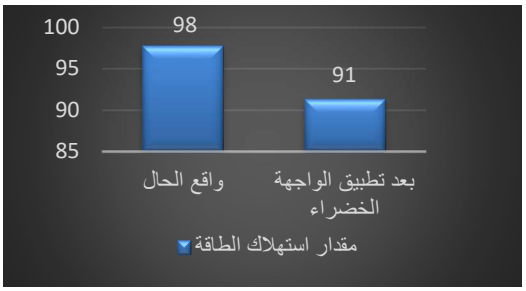


شكل24:مخطط بياني يوضح نسب كل مقدار استهلاك الطاقة للتبريد والتدفئة بعد تطبيق الواجهة خضراء غير المباشرة على المبنى التجاري الافتراضي

جدول 2 : جدول بياني يوضح نسب كل مقدار استهلاك الطاقة للتبريد والتدفئة بعد تطبيق الواجهة خضراء غير المباشرة (مصدر: الباحثان)

مقدار الممانعة الحراري	نسب استخدام التدفئة	نسب استخدام التبريد	نسب استخدام الاضاءة
0.3%	1.8%	24%	23.3%

16. مقارنة بين واقع الحال وتطبيق الواجهة الخضراء.



شكل25:مقارنة بين مكقدار استهلاك الطاقة قبل وبعد تطبيق الواجهة الخضراء المستدامة على المبنى التجاري الافتراضي

17. الاستنتاجات

1) اثبت البرنامج الحاسبي (Revit) ان اضافة الواجهات المنفعلة من نوع الخضراء غير المباشرة اسهم بشكل كبير في تقليل الطاقة المستهلكة لاغراض التبريد

2) ثبت أن الجدران الخضراء والحدائق العمودية تقلل من جزيرة الحرارة الحضرية ، وتقلل من استهلاك الطاقة في المباني وتحسن جودة الهواء.

3) تتصف برامج الحاسوب البيئية ، لا سيما البرنامج الحاسبي ال (Revit and Green Building Studio) ، بالدقة والكفاءة العالية ، مما يساعد المهندس المعماري في اختبار العديد من الستراتيجيات التصميمية،عن طريق نموذج ثلاثي الأبعاد

4) تسهم برامج الحاسوب البيئية مثل(Revit and Green Building Studio) وبرامج الاظهار والمحاكاه الواقعية على مساعدة المصمم المعماري في اختبار قرارته التصميمة قبل تنفيذ المشروع ،خاصة ان هذة البرامج تعطي تصور للنتائج وبصورة قريبة بشكل كبير الى الحقيقة كونها تستند الى قيم ومعلومات حقيقة مثل معلومات المناخ ومعلومات مواد المبنى واجهزة التكييف والانارة.

5) تعد الجدران الخضراء المنفعلة احدى الركائز الاساس لتحقيق جودة عالية في البيئة الداخلية للمبنى،لما لها من دور في عمليات التحكم والسيطرة الحرارية وتوفير التهوية والاضاءة الطبيعية بأسلوب منفعل.

6) تسهم الواجهة الخضراء بشكل كبير في تحسين قدرة غلاف المبنى بشكل مستدام على مقاومة الاحمال الحرارية مما ينعكس بدوره على رفع جودة البيئة الداخلية وضبط مستويات الراحة الحرارية.كونها تمثل الحد الفاصل بين البيئة الداخلية والخارجية.

7) كفاءة استخدام الطاقة هي امكانية المبنى على تقليل من استهلاك الطاقة دون تأثير على راحة الشاغلين ومستويات الراحة الحرارية في البيئة الداخلية

8) اهمية التركيز على استراتيجيات التصميم المنفعلة التي تساهم في تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية التي تستهلك لاغراض التبريد والتدفئة وخاصة في مناخات الحارة الجافة.

9) اثبت استخدام البرنامج الحاسبي(Revit) وجود فروقات في استهلاك الطاقة في البيئة الداخلية للمبنى التجاري عن تطبيق فرضية الواجهة الخضراء المستدامة ومقارنتها بالواجهة الزجاجية الاعتيادية،اذ تمثلت الفروقات بتقليل الطاقة المصروفة لاغراض التبريد والتدفئة،حيث اثبتت النتائج المستحصلة لاغراض التكييف فاعلية الواجهة الخضراء .

10) اوضحت نتائج ان أن أعلى نسبة للمقاومة الحرارية هو عند تصميم الواجهة الخضراء غير المباشرة على الجزء الجنوبي الغربي وهذا يدل على أن الراحة الحرارية بالمبنى عند تطبيق هذا الحل هو الأفضل.

11) **النتائج الاقتصادية:** لعبت الواجهة الخضراء في هذا البحث دورًا اقتصاديًا مهمًا ، اذ ساهمت في تقليل استهلاك الطاقة للمبنى ومن ثم المساهمة في تحقيق مفهوم كفاءة الطاقة وكذلك التحكم في الطاقة الحرارية التي تدخل الحيز داخل المبنى. كل هذه القدرات لها جانب اقتصادي إيجابي على المدى الطويل.

12) لها دور في تعزيز فكرة الاستدامة في البيئة المحلية.فقبل الشروع في أي عملية لبناء أي عنصر من عناصر المبنى.تعتمد اقتصاديات الجدران الخضراء أيضًا على الظروف المناخية ، وتكلفة المواد ، وتكلفة العمالة ، ونوع البناء،وما إلى ذلك. علاوة على ذلك ، يمكن اعتبار الفوائد الاقتصادية للواجهة الخضراء على أنها تساهم في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وخلق تدفق الهواء في المنطقة المجاورة.

13) تساهم الواجهة الخضراء في توفر طاقة للتبريد والتدفئة مع إدخال الضوء و تقليل الوهج في فضاءات المبنى الداخلية، علاوة على ذلك تنتج الجدران الخضراء فرقًا كبيرًا في تقليل التلوث على الجانب البيئي .أهمية تعليم دور الواجهات الخضراء المستدامة في تحقيق كفاءة استخدام الطاقة لتثقيف المصممين المعماريين، والشارع العام واصحاب الاختصاص لحثهم وتوعيتهم بأهمية هذا الموضوع وأبعاده في تقليل الآثار البيئية السلبية على البيئة العراقية..

المصادر العربية

[1] ابراهيم, سوزان عبد حسن، ،اثر الكاسرات الستائرية الخضراء في تحسين البيئة الداخلية للمباني في العراق. قسم هندسة العمارة ،كلية الهندسة,جامعة النهرين, 2016.

[2] كمونة, غادة محمد اسماعيل عبد الرزاق, تأثير الواجهات مزدوجة القشرة على كفاءة إستخدام الطاقة في الأبنية, مجلة إتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية, العدد 3, المجلد 25, بغداد, العراق. 2018

[3] كمونة, غادة محمد اسماعيل عبد الرزاق, اطروحة دكتوراه، ،منظومات العمارة الخضراء في التصميم البيئي المستدام.قسم هندسة العمارة , كلية الهندسة،جامعة بغداد,بغداد،العراق 2015.

[4] الزلقة,مروة هشام سالم, رسالة ماجستير، ،الواجهات الخضراء وتأثيرها على كفاءة إستهلاك الطاقة فى المبانى(دراسة إلستخدام النباتات على واجهات المبانى السكنية ذات التوجيه الواحد بالمجتمعات العمرانية) قسم العمارة ،كلية الهندسة,جامعة القاهرة, 2017.

المصادر الاجنبية

[5] Akadiri, Peter, Design of A Sustainable Building: A Conceptual Framework for Implementing Sustainability in the Building Sector.2012

[6] Bjerre LA. Green Walls. MSc Thesis, VIA University College, Horsens, Denmark, pp. 13. (2011)

[7] Bahrami, Payam. Green Walls in High-Rise Buildings .(2015)

[8] Carpenter, Sidonie Growing Green Guide: A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria, Australia.(2014).

[9] Dikmen, Ç. B.. Exemplifying energy efficient building design criteria. Politeknik Journal, 14 (2), 121-.134(2011)

[10] Dr. Samar Mohamed Sheweka a, Arch. Nourhan Magdy Mohamed. Green Facades as a New Sustainable Approach Towards Climate Change. .(2012)

[11] Francis R, Lorimer, Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls.2011

[12] H. D. van Bohemen, M. Ottelé, and A. L. A. Fraaij, "Ecological Engineering; green roofs and the greening of vertical walls of buildings," Landsc. Archit., vol. 1, pp. 42–49, 2009.

[13] Köhler, M. Green facades—a view back and some .visions. Urban Ecosystems, 11(4), 423. (2008)

[14] M., Mohd Yusof, M. J., & Deghati Najd, M.. Green façade (Vertical Greening): Benefits and Threats. In Applied Mechanics and Materials (Vol. 747, pp. 12-.15). Trans Tech Publications Ltd(2015)

[15] Maria Manson, João Castro-Gomes. Green wall systems: A review of their characteristics.(2014)

[16] Ming Lu, Alin Lin. Research on the Modular Living Walls System Based on Microclimate Adjustment in Severe Cold Areas of ChinRakhshandehroo.(2015)

[17] M. Ottelé, K. Perini, a. L. a. L. A. Fraaij, E. M. M. Haas, and R. Raiteri, "Comparative life cycle analysis for green façades and living wall systems," Energy Build., vol. 43, no. 12, pp. 3419–3429, Dec. 2011

[18] M. M. Hasan, A. Karim, R. J. Brown, M. Perkins, and D. Joyce, "Estimation of energy saving of commercial building by living wall and green facade in sub-tropical climate of Australia," 2012

[19] M. A. Haggag, S. K. Elmasry & A. Hassan, Design with nature: ntegrating green façades into sustainable buildings with reference to Abu Dhabi,2016

[20] N. H. Wong, A. Y. Kwang Tan, Y. Chen, K. Sekar, P. Y. Tan, D. Chan, K. Chiang, and N. C. Wong, "Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls," Build. Environ., vol. 45, no. 3, pp. 663–672, 2010

[21] Ottele M The Green Building Envelope Vertical Greening. PhD Thesis, Delft University of Technology, Delft, Holland, pp. 36-39(2011).

[22] Perini, K., Ottelé, M., Haas, E. M., & Raiteri, R.. Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. Open Journal of Ecology, 1(2011) ,(01)

[23] R. Sharp, J. Sable, F. Bertram, E. Mohan, and S. Peck, "Introduction to Green Walls: technology, benefits & design," Toronto Green Roofs Heal. Cities, 2008.

[24] Sharp, R., Sable, J., Bertram, F., Mohan, E., & Peck, S. Introduction to Green Walls: technology, benefits & design. Toronto: Green Roofs for Healthy Cities. (2008)

[25] Tarboush, Ola. "Living Walls and Green Facades: A Study in Nicosia", A Thesis Submitted to the Graduate School of Applied Sciences of Near East University, in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Architecture, Nicosia – Cyprus. , 2019

[26] Yeung, J. S. K.. Application of Green Wall Panels In Noise Barriers. Hong Kong, 9(2008)

The Application of Green Wall Systems as a Passive Design Strategy in the Buildings of Hot Aired Areas

Abdullah Emad Aliwi[1], and Ghada Mohammed Ismael Abdul Razzaq Kamoona[2]*

[1]*Department of Architecture, College of Engineering, University of Baghdad, Baghdad, Iraq, arch.abd.emad.94@gmail.com*

[2]*Department of Architecture, College of Engineering, University of Baghdad, Baghdad, Iraq, Baghdad, Iraq, g.kamoona@coeng.uobaghdad.edu.iq*

**Corresponding author: Abdallah Emad Aliwi, arch.abd.emad.94@gmail.com*

Published online: 30 June 2022

Abstract— Green walls are one of the environmentally sustainable and important passive design strategies in the building because of their high efficiency in reducing temperatures in the interior spaces and thus achieving thermal comfort for the occupants due to providing a high level of thermal insulation by taking advantage of the vegetation cover, which in turn contributes to achieving Comfortable indoor environment and then reduce the energy consumed for cooling and heating purposes and then achieve energy efficiency, as well as reducing the environmental impact in the vicinity of the building by reducing carbon emissions and pollution, and given the high temperatures in hot and dry areas, including Iraq, and the consumption of high amounts of electric energy by commercial buildings And because of the effectiveness of green walls in achieving energy performance efficiency in the internal environment of the building and in a passive manner, the research problem was determined by: Lack of knowledge about the mechanisms of applying green walls in the buildings of the Iraqi urban environment with a hot dry climate and their active role in achieving energy efficiency. The mechanisms of applying green walls in buildings, especially Iraq, which has a hot, dry climate, and then The most efficient green walls in achieving energy efficiency. The research included two aspects: the theoretical side, which dealt with the cognitive framework of green walls, reviewing its pros and cons, and indicating its effective role in achieving energy efficiency in commercial buildings, in addition to the restrictions of its application. And the practical side, which included the design of a commercial building. A virtual multi-storey building in Baghdad, with two models, the first with a traditional interface and the second with a green interface of the indirect type, and then measuring energy efficiency within the spaces of the two models by means of a computer program for environmental performance. The research found that the second model with an indirect green interface is highly effective in achieving Energy efficiency within the building spaces and in passive manner.

Keywords— Green Walls, Energy Efficiency, Indirect Green Facade, indoor environment.