Mansoura Engineering Journal

Volume 48 | Issue 3 Article 8

2023

Green Walls as A Tool to Achieve Thermal Comfort in University Spaces Simulation Study Using (Design Builder) Program

Noha Roshdy Mohamed Mahmoud Atia
Architectural Engineering Dept, Nile Higher Institute of Engineering & Technology, Egypt,
nohamohamed95@yahoo.com

Mona Elwazier
Assistant Professor of Architectural Engineering Department, faculty of Engineering, Mansoura University), mawazir@mans.edu.eg

Esraa Elazab
Lecturer at Architectural Engineering Department, Faculty of Engineering, Mansoura University,
esraaelazab@mans.edu.eg

Follow this and additional works at: https://mej.researchcommons.org/home

Part of the Architecture Commons, and the Engineering Commons

Recommended Citation

Atia, Noha Roshdy Mohamed Mahmoud; Elwazier, Mona; and Elazab, Esraa (2023) "Green Walls as A Tool to Achieve Thermal Comfort in University Spaces Simulation Study Using (Design Builder) Program," *Mansoura Engineering Journal*: Vol. 48 : Iss. 3 , Article 8.
Available at: https://doi.org/10.58491/2735-4202.3037

This Case Study is brought to you for free and open access by Mansoura Engineering Journal. It has been accepted for inclusion in Mansoura Engineering Journal by an authorized editor of Mansoura Engineering Journal. For more information, please contact mej@mans.edu.eg.

Case Study

Green Walls as A Tool to Achieve Thermal Comfort in University Spaces Simulation Study Using (Design Builder) Program

Noha Roshdy Mohamed Atia[a,*], Mona Elwazier[b], Esraa Elazab[b]

[a] Architectural Engineering Dept, Nile Higher Institute of Engineering & Technology, Egypt
[b] Architectural Engineering Department, faculty of Engineering, Mansoura University, Mansoura, Egypt

Abstract

The research introduces a study on the efficiency of green walls in achieving thermal comfort in educational interior spaces. Green walls can reduce energy consumption and carbon dioxide emissions through reducing heating and cooling loads. The research methodology depends on measuring the efficiency of green walls by using design builder a software simulation tool, to assess the thermal comfort in an educational interior space. Results show that energy decreases by 34% and carbon dioxide decreases by 30%.

Keywords: **Thermal Comfort - Vertical Greening Systems - Green Walls - Energy Consumption**

1 المقدمة

تعد الحوائط الخضراء من الادوات التصميمية المستدامة بيئيا, فهي تعمل علي خفض درجات الحرارة للفراغات الداخلية للمبنى، والحوائط الخضراء لها قدرة علي تقليل الطلب على الطاقة المستخدمة في التبريد والتدفئة ومن ثم تحقيق كفاءة استخدام الطاقة داخل فراغات المبنى , كما تساهم الحوائط الخضراء في تحسين المناخ المحيط بالمبني عن طريق تقليل درجات الحرارة , وايضا تقليل انبعاثات الكربون التي قد تؤدي الي مشاكل صحية (Flores-Larsen and Filippín, 2021), وتعتبر عملية التصميم البصري المكمل الرئيسي للبيئة العمرانية وهي أحد عناصر الجذب للفراغات الحضرية والتي تُضفي إليها نوعاً من التميز والتشويق والغنى والانتماء، وفي وصف KEVIN LYNCH عن البيئة العمرانية وتأثيرها على توجيه الفرد فأشار إلى: أن (صورة البيئة الأفضل تعطي الإحساس بالطمأنينة والراحة النفسية وتحقيق الذات)، كما تلعب الوجهات الخارجية للمباني تلعب دورا مهما في ترشيد الطاقة المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية في مساحات المباني الداخلية، وبناءً علي التصاميم المختلفة والتكوينات المعمارية ،خاصة في المناخات الدافئة والرطبة ,ومعظم البلدان النامية تحاول الاستيراد والنقل للتكنولوجيا الحديثة، دون الإهتمام الكافي بمدي ملائمتها بالبيئة المحلية، وبطبيعة البشر والثقافات الموروثة ، وواقع التكنولوجيا متنوع وله تأثير علي الهيكل الفسيولوجي البشري والصحة العامة، وكذلك الصحة العقلية، وأحيانا يتطرق للخصائص الشخصية للفرد، بما في ذلك السلوكيات داخل الفراغ .وبموجب الأزمة الاقتصادية العالمية والمشاكل البيئية يصبح من الضروري أن نسهم في حل المشاكل البيئية العالمية من خلال التقليل من الطاقة، وتوفيرها واستغلالها بأفضل الطرق، من خلال العثور على أفضل المعالجات المعمارية البيئة، ومع تطوير التكنولوجيا والتقنيات التي ظهرت مؤخرا، أصبح ممكنا توفيرالراحة الحرارية الداخلية للمباني، وتحسين توزيع أشعة الشمس في الفراغ والتحكم بأشعة الشمس المباشرة.(Saaroni et al., 2018) حيث شهدت واجهات المنشآت تغيراً بشكل كبيرفي جودة المواد المستخدمة والألوان والأشكال وغيرها، بسبب التقنيات الحديثة في مواد الإنشاء والتشطيبات وأساليب البناء، أدى هذا التقدم إلى ظهور آلية جديدة في الفكر المعمارى، التي غيرت طريق الفكر والبناء المعماري، سواء كانت سلبية أو إيجابية، بالإضافة إلى توضيح الخصائص المعمارية لجميع الجوانب التكنولوجية للبناء. وتعد أنظمة الحوائط الخضراء مجالا جديدا في التكنولوجيا والبحوث حيث يتم تداولها كتدبير واعد لمعالجة الآثار السلبية لتغير المناخ. حيث تعاني معظم المدن في جميع أنحاء العالم من رداءة نوعية الهواء لفترة طويلة ، والواجهات الخضراء يمكن أن تساعد في تحسين جودة الهواء عن طريق خفض مستويات التلوث (Borràs et al., 2022)

تتلخص المشكلة البحثية ان المباني التعليمية تتاثرفيها الراحة الحرارية بعدة عوامل سلبية نهارا . منها عامل ظاهرة الجزر الحرارية وهي ظاهرة طقسية تعمل علي ارتفاع في درجات الحرارة وذلك يحدث خلال تعرض حوائط الواجهات لاشعة الشمس وبالتالي تؤثر سلبا علي زيادة نسبة استهلاك الطاقة نظرا لاستخدام المبردات.ومن خلال هذه الدراسة تم توضيح اهمية الحوائط الخضراء علي واجهة المبني من حيث تحقق الراحة الحرارية داخل الفراغ وايضا التوفير في استهلاك الطاقة بدلا من استهلاكها في التبريد والتدفئة ,كما انها ساهمت في خفض نسبة ثاني اكسيد الكربون.

2 المنهجية

تعتمد علي المنهج النظرى الذي تناول نظام الحوائط الخضراء ودراسة ايجابياتها ودورها الفعال في تحقيق الراحة الحرارية وتوفير استهلاك الطاقة وايضا دراسة سلبياتها وقيود تطبيقها, ثم المنهج التحليلي الذي تناول بعض امثلة المباني التي قامت بتنفيذ الحوائط الخضراء علي واجهة المبني التعلمي , ثم استخدام المنهج التطبيقي حيث يتم استخدام اسلوب نهج قائم على النمذجة يجمع بين نموذج المناخ المحلي (climate consultant)ونموذج طاقة المبنى (Energy Plus علي مبني قائم ذات

Received: 11 January 2023; Revised: 27 March 2023; Accepted: 29 March 2023
Available online (29 August 2023)

* Corresponding Author. Architectural Engineering Dept, Nile Higher Institute of Engineering & Technology
E-mail addresses: nohamohamed95@yahoo.com (N.R. Atia)

https://doi.org/10.58491/2735-4202.3037
2735-4202/© 2023 Faculty of Engineering, Mansoura University. This is an open access article under the CC BY 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

واجهة تقليدية متعدد الطوابق ويطبق عليه نظام الحوائط الخضراء ويتم قياس الراحة الحرارية والطاقة قبل وبعد التطبيق باستخدام برنامج (Design Builder).وكان التركيز الرئيسي من استخدام البرنامج علي قياس درجة الحرارة وقياس الراحة الحرارية وقياس نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون واظهرت النتائج ان البرنامج(Design Builder) يمكنه التنبؤ بدرجة الحرارة وقياس الراحة الحرارية داخل الفراغ.

تمت دراسة سهولة استخدام برنامج DesignBuilder في أبحاث أخرى ، وطُلب من مجموعة من طلاب الهندسة المعمارية محاكاة مبنى تعليمي موجود في كامبريدج ومقارنة مخرجاتهم بالقياسات التجريبية. أظهرت النتائج أنه ليس فقط طلاب التصميم قادرون على تعلم المحاكاة ، ولكنهم يتعلمون أيضًا فيزياء المبنى في هذه العملية. يسمح DesignBuilder أيضًا للطلاب ببناء نماذج طاقة ذات مغزى يمكن استخدامها في المراحل الأولية من التصميمات ويشار إليه أيضًا كدرس أساسي أنه عندما لا تتوفر بيانات الطقس لمنطقة معينة ، يمكن لبيانات الطقس الخاصة ببرنامج DesignBuilder يمكن استخدامه وهو خيار اقتصادي لتصميم الفريق.

3 مراجعة الادبيات

حاول العديد من الباحثين سد الفجوة، ولكن لم تتم دراسة جزء منها. وحقق الباحثون طريقتين رئيسيتين لتحقيق الراحة الحرارية من خلال التكوين العمراني وهندسة الشكل والطبقة المعالجه المضافة علي حوائط المباني. ولكن لم تتطرق الابحاث لدراسة الحوائط الخضراء لتحقيق الراحة الحرارية عن طريقها والعديد من الابحاث التي تطرقت للحوائط الخضراء درست الاثر النفسي منها وايضا اهميتها في الحد من تلوثات الهواء وحاول البحث سد الفجوه من خلال استخدام الحوائط الخضراء لتحقيق الراحة الحرارية في الفراغات التعليمية . وهذا عرض للابحاث التي تناولت هذا الموضوع :

1 Green walls for mitigating urban particulate matter pollution—A review. (Ysebaert et al., 2021)
2 Psychological and physiological effects of a green wall on occupants: A cross-over study in virtual reality. (Yeom et al., 2021)
3 Are green wall technologies suitable for major transport infrastructure construction projects? (ReinaIligan ab, PeterIrgaa.2021). (Iligan and Irga, 2021)
4 Green walls: A form of constructed wetland in green buildings. (Addo-Bankas et al., 2021)
5 Green wall plant tolerance to ambient urban air pollution. (Paull et al., 2021)

4 هدف البحث

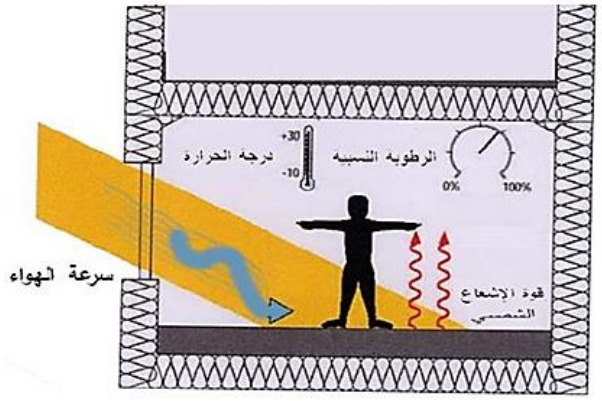
الهدف من هذه الدراسة هو التحقيق في التغيرات المناخية الحضرية الناجمة عن الحوائط الخضراء وواجهات المنشآت كتدبير لتخفيف النمو المدفوع بتغير المناخ لاستهلاك الطاقة في المباني في المناخات الحالية والمستقبلية مع استراتيجيات تبريد مختلفة مطبقة على مقياس المبنى من خلال استخدام برنامج المحاكاه (Design Builder) لتحسين كفاءة الراحة الحرارية.

5 الحوائط الخضراء وعلاقتها بتحقيق الراحة الحرارية

5-1 تعاريف

1. *الراحة الحرارية(Thermal comfort):*يعريف واطسون *الراحة الحرارية :* بأنها "هى حالة عقلية يشعر معها الإنسان بالرضى عن ظروف البيئة المحيطة به".)(عباس, 2017)

2. الراحة الحرارية والمبني *:*تمثل الراحة الحرارية أهمية كبيرة في فراغات المباني التعليمية الجامعية بصفة عامة ، حيث يقضي الطالب معظم اوقات اليوم داخل المبنى. ومن هنا يتأثر الطالب بالراحة الحرارية داخل تلك الفراغات حيث ترتفع درجات الحرارة مع إنعدام التهوية الطبيعية داخل المبنى، وارتفاع حرارة اسطح الحوائط الداخلية للفراغات وارتفاع الرطوبة،تتضح هذه التاثيرات علي الانسان كما هو مبين ب شكل 1 , كل هذه المشاكل تؤثر علي أداء المستخدمين لهذه الفراغات، وبالتالي فإنه يتطلب ظهور الحاجة إلي تقييم الأداء الحراري للفراغات التعليمية لمعرفة مدي تحقيقها للراحة الحرارية للطلاب .ويوضح سزوكلي ان تحقيق الارتياح الحراري داخل المبني التعليمي يتطلب دراسة التفاعل الكلي لجميع عناصر المناخ ,التي تضمن الحرارة ,الرطوبة النسبية ,الاشعاع ,سرعة الهواء ,وتاثير هذه العناصر علي مدي شعور المستخدم للفراغ بالراحة . (يامين, 2016)



شكل 1. صورة توضيحية للعناصر المؤثرة علي الراحة الحرارية داخل المبني.(يامين, 2016)

3. *الحوائط الخضراء (green walls):* عبارة عن جدار مغطي بالنباتات المزروعة ويكون قائم بحد ذاتة او يغطي جزئيا أو كليا واجهات المباني ويمكن تقسيمها الى نوعين: الواجهات الخضراء, الحوائط الحية. (Manso and Castro-Gomes, 2015)
4. *الواجهات الخضراء(green facades):* عبارة عن حوائط الواجهة أو الغلاف للمنشأ يتم *تغطيتها* بواسطة نباتات عشبية أو نباتات متسلقة . (الزقل, 2017)
5. *النظام الانشائي للواجهات الخضراء* : عباره عن هيكل معدني مصنوع من (الاستنلس , الاستيل ,الاسلاك) ويكون مستقل عن المبني لحماية المبني من الرطوبة, يثبت عليه الحائط الاخضر من النباتات ويسمح بحملها وتسلقها . (Akadiri et al., 2012)

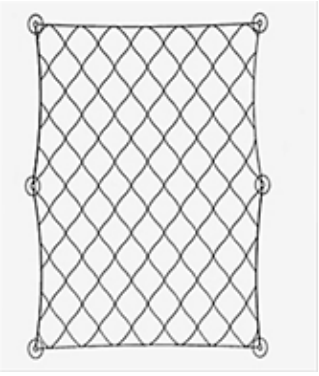
5-2 النظم الانشائية للواجهات الخضراء: تنقسم الي نباتات جذورها فى التربة كما هو ب شكل 2 بالقطاع (b), شكل 3بالقطاع (a) ونباتات جذورها فى وحدات أو ركائز صناعية كما هو مبين بشكل 5 . (MA, 2011)

5-3 النظام الانشائي الذي تم تطبيقة: نباتات جذورها فى وحدات أو ركائز صناعية كما هو بشكل 5.

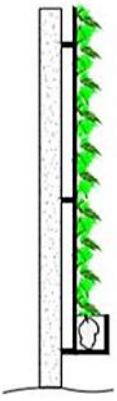
هذا النوع من النظام تنمو النباتات فى وحدات مخصصة مع توافر تربة بداخلها. ويمكن أن تكون هذه النباتات إما فى أسفل الواجهة أو فى الأعلى ويسمى بالنظام المعلق. حيث استخدم في التجربة هذا النوع من النظام وتكون مصنوعه من البلاستيك وتكون هذة الوحدات مثبتة علي نظام انشائي شبكة الاسلاك مصنوع من الفولاذ الملحوم المجلفن مع ترك تجويف هوائي بين حائط واجهة المبني وبين شبكة الاسلاك بسمك 40سم.(MA, 2011)

شكل 2. يوضح نظام النباتات المتسلقة المعلقة بأنظمة إنشائية على الواجهة.(greenscreen)

شكل 3. يوضح نظام النباتات المتسلقة مباشرة على الواجهة.(greenscreen)



شكل 4. رسم تخطيطي لنظام شبكة الاسلاك(greenscreen)



شكل 5. صورة توضيحية لنظام الحائط الاخضر في وحدات علي واجهة المبني ومثبت علي الشبكه.(greenscreen)

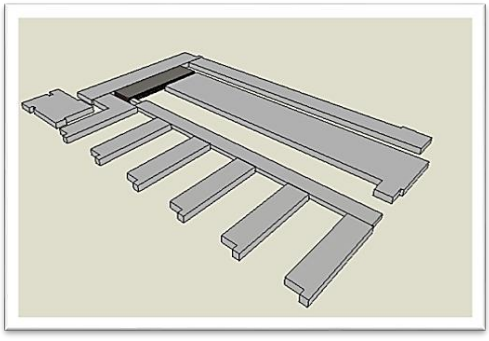
5-4 الغطاء النباتي(Vegetation) : تم اختيار نوع النباتات بناء على عدد من العوامل وهي علي النحو التالي: (Melzer et al., 2012)

1. موقع الجدار بالنسبة للتوجية : هوالمحرك الرئيسي فيما يتعلق بدرجة الحرارة ومستويات الإضاءة والتعرض للعناصر هذه ستحدد وظيفة الجدار أيضًا النباتات المطلوبة. حيث توجية الجدارالمطبق علية الغطاء النباتي هو الجنوب حيث تسقط عليه اشعة الشمس بشكل مباشر علي مدار اليوم مما يتسبب في ارتفاع درجة حرارة الفراغ بالداخل .
2. التوصيل الحرارى : تم اختيار نبات ذات توصيل حراري ضعيف لمنع اشعة الشمس من التاثير علي الفراغ بالداخل .
3. كثافة الورق : تكون كثافة عالية لتعمل النباتات كاكسرات شمسية لاشعة الشمس .
4. مساحة الورق : تكون مساحتها كبيرة الحجم مما يعطى النبات كفاءة أكبر فى التظليل.

6 الدراسة الميدانية

6-1 التعريف عن الموقع:

1. الموقع : يقع مبني المعامل داخل جامعة المنصورة بكلية الهندسة .
2. السمات والخصائص : تكون حوائط المبني مصمتة بها فتحات اعلي الواجهة من كل دور ياخذ الواجهة التي يتم تنفيذ الحائط الاخضر عليها توجية الجنوب .
3. المميزات : من مميزات الموقع انه يطل علي ساحة تجميعية للطلاب .



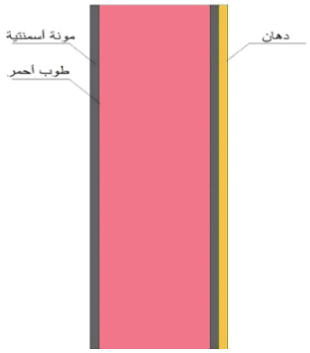
شكل 6. يوضح مبني كلية الهندسة بجامعة المنصورة والكتلة مستخرجة من برنامج المحاكاة design builder (المصدر الباحثة ,2023)

شكل 7. يوضح ادوار نموذج التجربة العملية (المصدر/ الباحثة,2022)

2-6 واجهة المبني: شكل 8

1. تتكون من ثلاث طوابق بكل طابق نافذة زجاج تكون بارتفاع 90. متر
2. شكل واجهة المبني كما يتضح ب شكل 8 يتبين ان الواجهة للمبني بها فتحات (نوافذ بالدور الاول والدور الثاني) ,(ابواب بالدور الارضي)

شكل 8. يوضح واجهة المبني علي الوضع الحالي , تم التقاط الصورة في فصل الشتاء في شهر ديسمبر ويتضح تعامد الشمس علي الواجهة . (المصدر /الباحثة ,2022)



شكل 9. قطاع في حائط المبني يوضح طبقات المبني قبل زراعة الواجهة (Ysebaert et al., 2021) تم التصرف 2022

1-2-6. النظام الانشائي المستخدم في المبني: النظام الانشائي الهيكلي

3-6 التجويف الهوائي(air cavity) : (Holm, 1989)

سمك التجويف الهوائي : ٤٠سم
الكثافة : ١.٣كجم /متر مكعب
التوصيل الحراري : ٠٢٦, وات/متر كلفن
الحرارة النوعية: ١٠٠٤جول/كجم كلفن

4-6. نوع النبات المستخدم: Hedra Helix (Ivy) كما هو مبين ب شكل 10.

تم اختيار هذا النوع من النبات لان من خصائصة الحرارية :(Yoshimi and Altan, 2011)
التوصيل الحراري : ٣٦, وات/متر كلفن
الحرارة النوعية للنبات : ٢,٨جول/كجم كلفن
كثافة ورق النبات :١٠٠٠مم/٣,مم*٢٠٠*٨,جم =٥٣٣٣٣٣جم / متر مكعب
=٥٣٣كجم /متر مكعب

مساحة الورقة الواحده من النبات المستخدم ٠,٠٠٥ متر مربع .
وايضا يتميز باللون الاخضر الغامق والعروق البارزة من اوراقة حيث تزداد اوراقة في التغطية للحوائط وتعطي نتائج افضل واقل النباتات توصيل للحرارة.(MA, 2011)

شكل 10. يوضح نبات اللباب المستخدم لتغطية الواجهه(carolinanature)

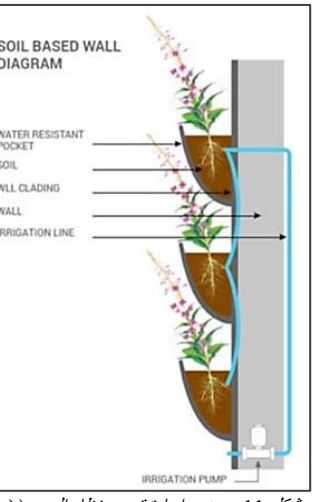
5-6 نظام الري(Irrigation system) : (Moawad et al., 2019)

1-5-6. النظام الرئيسي : نظام الري المعاد تدويره (الرى الأوتوماتيكى) حيث يقوم بإعادة تدوير المياه باستخدام خزان الري كمصدر للمياه يمكن التحكم فيه عن بعد أو تثبيته مباشرة تحت الجدار. لكي يوفر هذا الخزان إمدادًا كافيًا من مياه الري ، يجب ملؤه يدويًا بشكل منتظم ثم يتم ضخ المياه من الخزان وتوزيعها على النباتات الموجودة في الجدار. ثم تلعب الجاذبية دور سحب الماء الزائد إلى أسفل. يتم بعد ذلك جمع مياه الصرف الفائض في الجزء السفلي من الجدار وإرسالها مرة أخرى إلى الخزان لإعادة استخدامها مرارًا وتكرارًاكما هو مبين ب شكل 11 .

2-5-6. النظام الثانوي: الري بالطرق الطبيعية حيث النباتات المزروعة يمكن ريها بالطرق الطبيعية من مياه الأمطارحيث تتوفر بواجهة المبني مواسير صرف لمياه الامطار.

6-6. الصرف(Drainage): (Johnston and Newton, 2004)

- يحدث تصريف للمياه الفائضة عن طريق الجاذبية حيث ثم تلعب الجاذبية دور سحب الماء الزائد إلى أسفل. يتم بعد ذلك جمع مياه الصرف الفائض في الجزء السفلي من الجدار وإرسالها مرة أخرى إلى الخزان لإعادة استخدامها مرارًا وتكرارًا .
- معالتجويف الهوائى بين الواجهة والنظام الإنشائى لا يحتاج لعزل الحائط حيث أن التجويف يمنع حركة المياه بين الحائط والنظام الإنشائى المستخدم فى الواجهات الخضراء, كما يعمل على منع نمو العفن الناتج عن الرطوبة والأملاح الذائبة فى الأسمدة. (Sidonie Carpenter, 2014)



شكل 11. يوضح اعادة تدوير نظام الري. ((greenscreen)

7-6. الصيانه(maintenance) (Johnston and Newton, 2004)

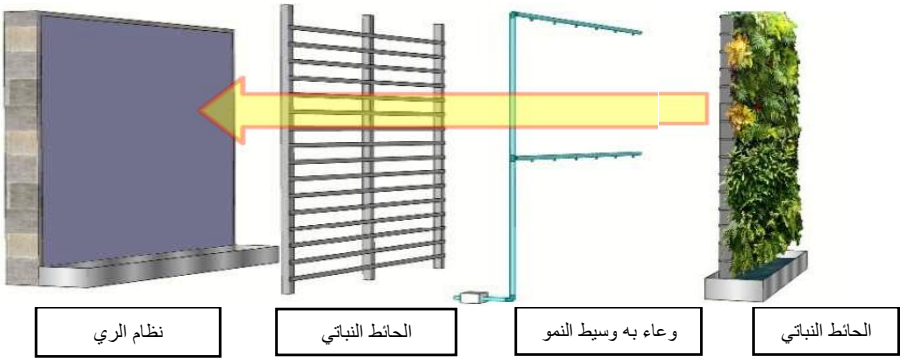
الصيانة خلال أول عامين من التركيب : تشمل هذه المرحلة التقليم ومكافحة الأعشاب الضارة والرى لضمان نمو النباتات بصورة سليمة وصحية.

- *الصيانة الروتينية والمتكررة للحفاظ علي مظهر النباتات* : تشمل هذه المرحلة الحفاظ على سلامة مظهر ووظائف النباتات مثل: إزالة الأعشاب الضارة والتقليم والأوراق المتساقطة وفى بعض الأحيان القص.
- *الصيانة الدورية* : تشمل الحفاظ على هيكل المبنى الأساسى وأيضا الصيانة الدورية للهيكل الإنشائى للواجهات الخضراء.

8-6. حياة النبات ومقاومة الحشرات :

مشكلة الحشرات لم يتم تحديدها على إنها مشكلة أساسية لواجهات المبانى المزروعة, حيث أنها تمثل محاولة متعمدة لدمج بين مواد البناء للمبنى والنباتات لخلق أكبر تنوع بيولوجى دون إختلال التوازن بين الإنسان والكائنات الحية ولكن اذا زاد التنوع البيولوجي الناتج من الجدار الاخضر فيتم العلاج كالاتي: (yourhome)

- الوقاية من الحشرات والنمل: عن طريق عمل خندق فى التربة حول النباتات بعرض 40 سم .
- الوقاية من الذبابة البيضاء: عن طريق رش النباتات بالمبيدات .
- الوقاية من الفئران :عن طريق رش المبيدات فى التربة منذ بدء الزراعة



شكل 12. يوضح ترتيب طبقات نظام الحائط الاخضر(Abdullah Fawaz Sultan, 2019) , تم التصرف

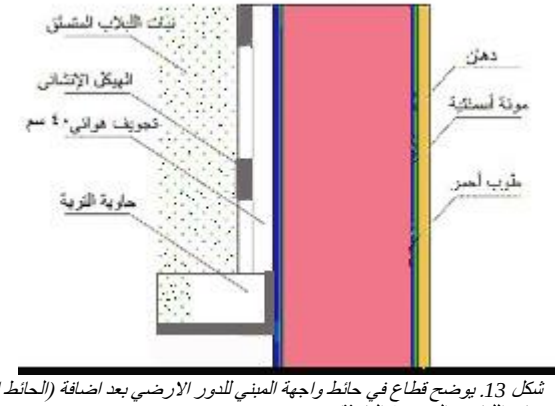
7 النتائج للدراسة الميدانية

تم تصميم المبني بنموذجين النموذج الاول تصميم المبني بالواجهة الجنوبية التقليدية كما بالوضع الحالي للمبني والنموذج الثاني بالواجهه الجنوبية المطبق عليها نظام الحائط الاخضر وذلك باستخدام برنامج المحاكاه (design builder) يتم قياس درجات الحرارة ,وايضا قياس كمية الطاقة المستهلكة ,وقياس نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون قبل اضافة الحائط الاخضرويتضح طبقات الحائط كما في شكل 9 ويتضح النتائج في السنة الواحده كما هو مبين في الشكل 14,الشكل 18,الشكل 22, والنتائج لكل شهر كما هو مبين في الشكل 16,الشكل 20,الشكل 24 لكل دور حيث ان المبني يتكون من ثلاث طوابق لكل طابق استخدام مختلف في النشاط داخل الفراغ حيث داخل فراغ الدور الارضي (معمل انتقال الحرارة والتكييف) ,فراغ الدور الأول (٢ غرفة معمل الحاسب الالي), فراغ الدورالثاني (معمل ESU LAB) ,(صالة رسم عمارة).

بعداضافة الحائط الاخضر للواجهة تم قياس درجات الحرارة ,وايضا قياس كمية الطاقة المستهلكة ,وقياس نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون بواسطة برنامج المحاكاة (design builder) اتضحت النتائج في السنة الواحده في الشكل 15,الشكل 19,الشكل 23, والنتائج لكل شهر كما هو مبين في الشكل 17,الشكل 21,الشكل 25,وجد انخفاض في درجات الحرارة وانخفاض في كمية الطاقة المستهلكة وايضا انخفاض نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون حيث اثبتت النتائج ان الحوائط الخضراء للواجهات المباني التعليمية تحقق الراحة الحرارية حيث عملت الحوائط الخضراء علي خفض معدل استهلاك الطاقة في واجهة المبني متعدد الطوابق بنسبة (٣٣,٩%) وخفض نسبة ثاني اكسيد الكربون بنسبة (٣٠,٨١%) وخفض درجة الحرارة بنسبة (٩,٧٩%) هذه النسب ناتجة فقط عن استخدام الجدار النباتي للواجهة الخارجية للمبني دون استخدام انظمة عزل لباقي الحوائط وايضا دون استخدام نوافذ عاكسة لاشعة الشمس او اختيار خامات تؤثر علي الطاقة داخل المبني كما هو مبين بجدول 1 يوضح طبقات الجدار قبل اضافة الحائط الاخضر والقطاع بشكل 13 بعد زراعة الواجهة بالنباتات يوضح الطبقات المستخدمة .

جدول 1. الخصائص الحرارية لطبقات المبني الأصلى قبل زراعة الواجهة (المصدر/ الباحثة,2022.)

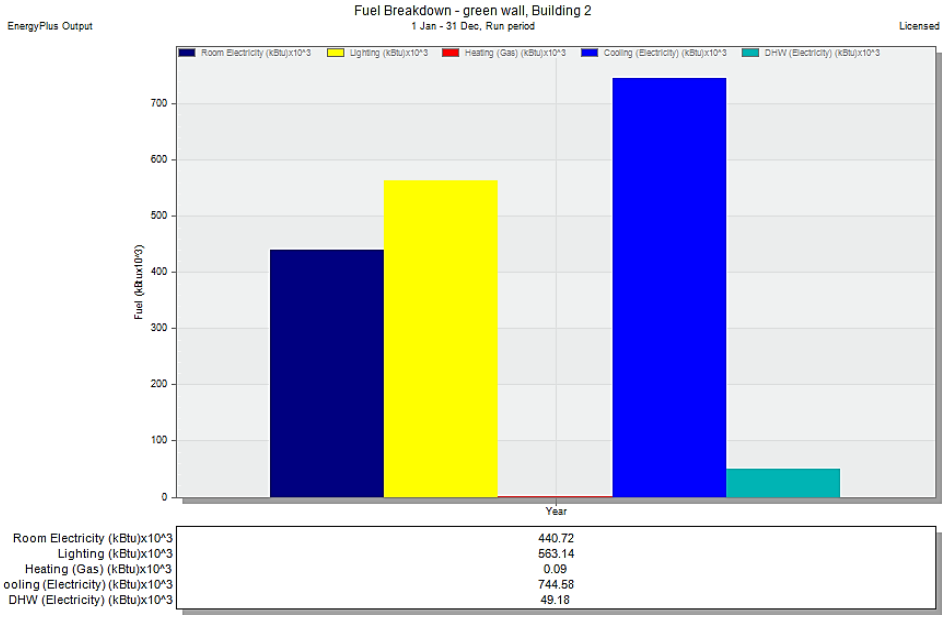
اسم الطبقة	السمك (م)	الكثافة (كجم/متر مكعب)	الحرارة النوعية (جول/ كجم-كلفن)	التوصيل (وات/م-كلفن)
دهان	0.005	600	1000	0.016
مونة	0.025	1570	896	1.00
طوب	0.120	1790	838	0.600
مونة	0.025	1570	896	1.00

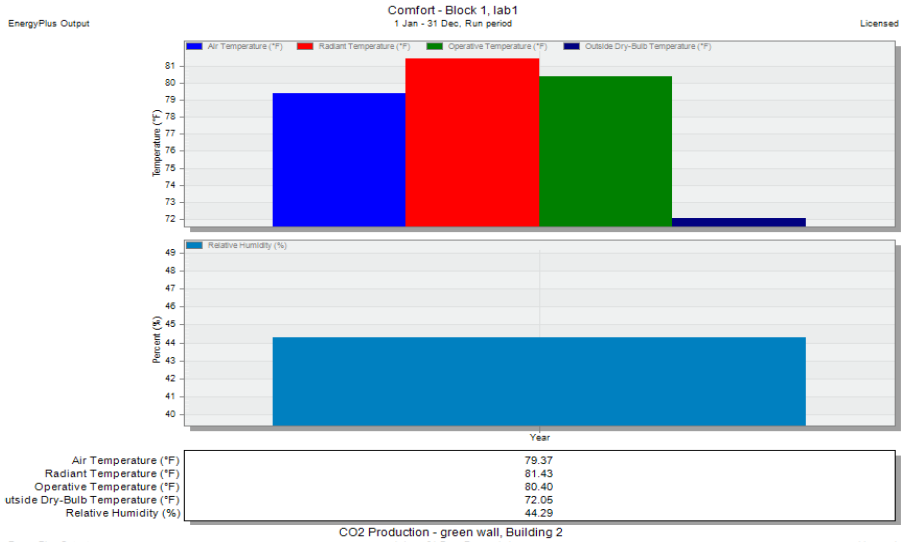


شكل 13. يوضح قطاع في حائط واجهة المبني للدور الارضي بعد اضافة (الحائط الاخضر) نبات اللبلاب. (المصدر/ الباحثة,2022)

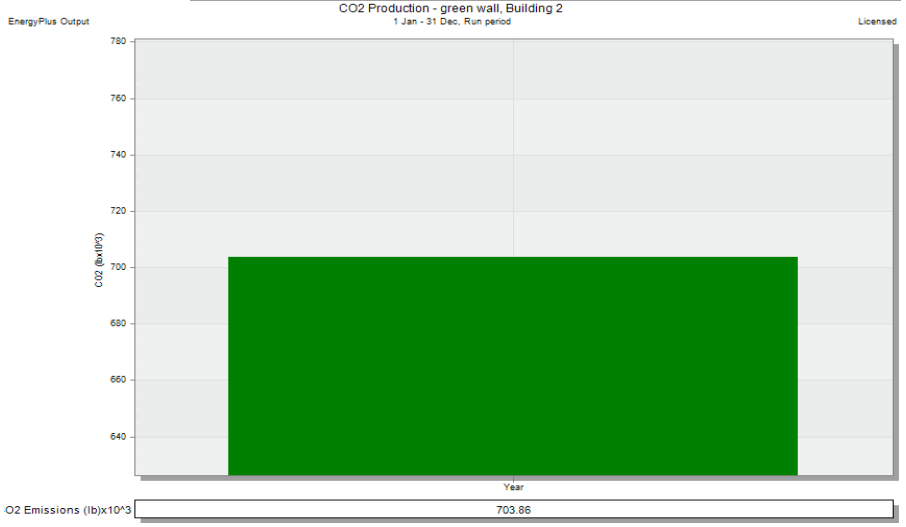
7-1 نتائج الدور الارضي فراغ (ا)

7-1-أ النتائج السنوية قبل استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات وبعد استخدامها.

عناصر المقارنة	النتائج قبل استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات
الطاقة التي تستهلكها الوحدة	



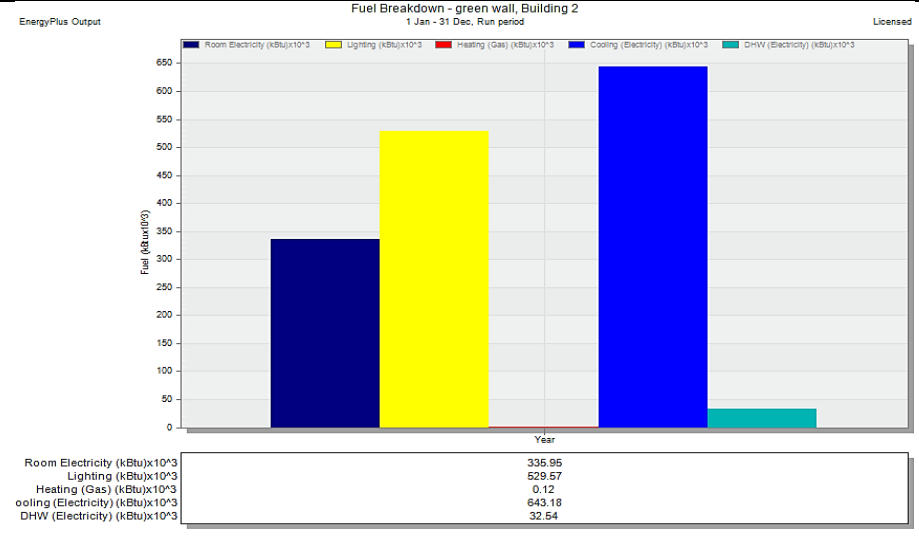
الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ . نسبة الرطوبة .



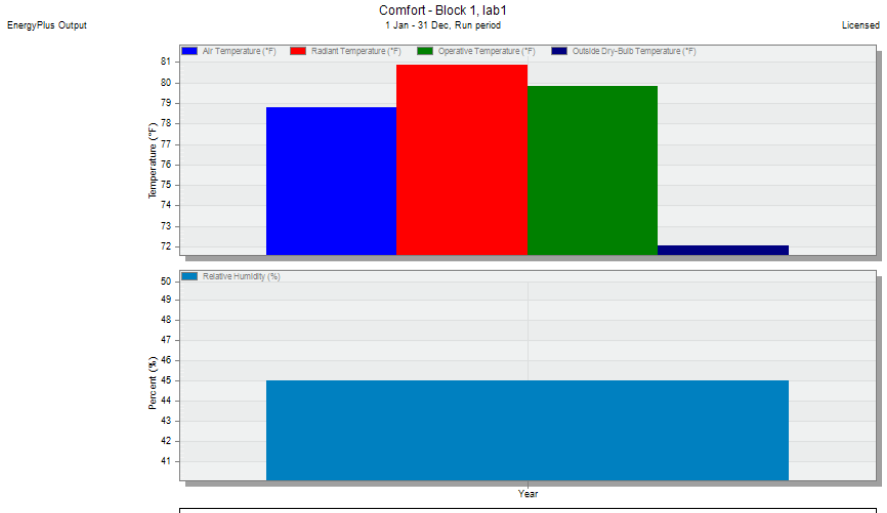
نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ

شكل 14. يوضح النتائج سنويا لنسبة الطاقة التي يستهلكها فراغ معمل انتقال الحرارة والتكييف قبل استخدام الحائط الاخضر وقياس الراحة الحرارية ونسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ. (المصدر/ الباحثة,2022,بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

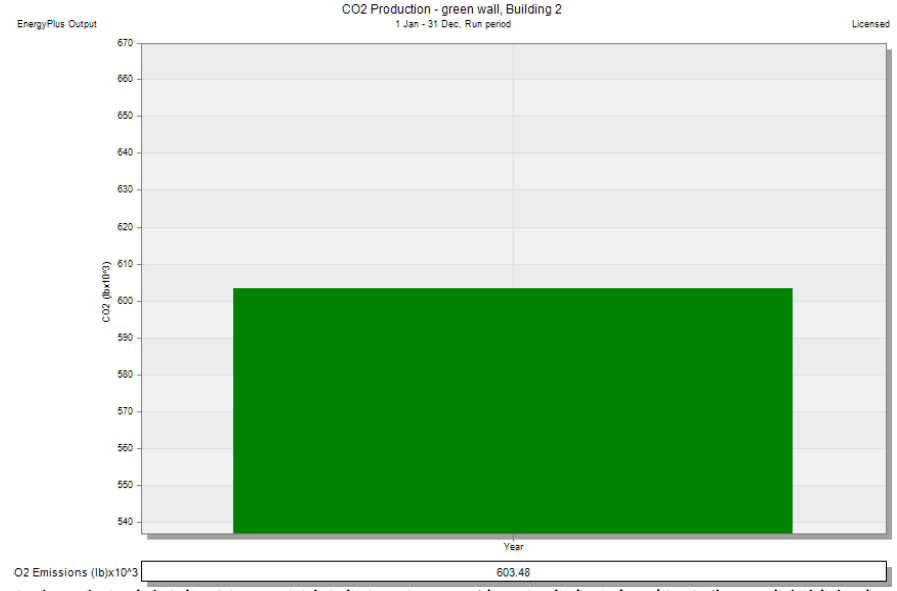
عناصر المقارنة	النتائج بعد استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات



الطاقة التي تستهلكها الوحدة



الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ . نسبة الرطوبة .



نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ

شكل 15. يوضح النتائج سنويالنسبة الطاقة التي يستهلكها فراغ معمل انتقال الحرارة والتكييف بعد استخدام الحائط الاخضر وقياس الراحة الحرارية ونسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ. (المصدر/ الباحثة,2022بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

جدول 2. يوضح مقدار الطاقة التي يستهلكها الفراغ (معمل انتقال الحرارة والتكييف) ودرجة الحراره ونسبة غاز ثاني اكسيد الكربون قبل استخدام الحائط الاخضر وبعد استخدامه (المصدر/ الباحثة,2022 بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

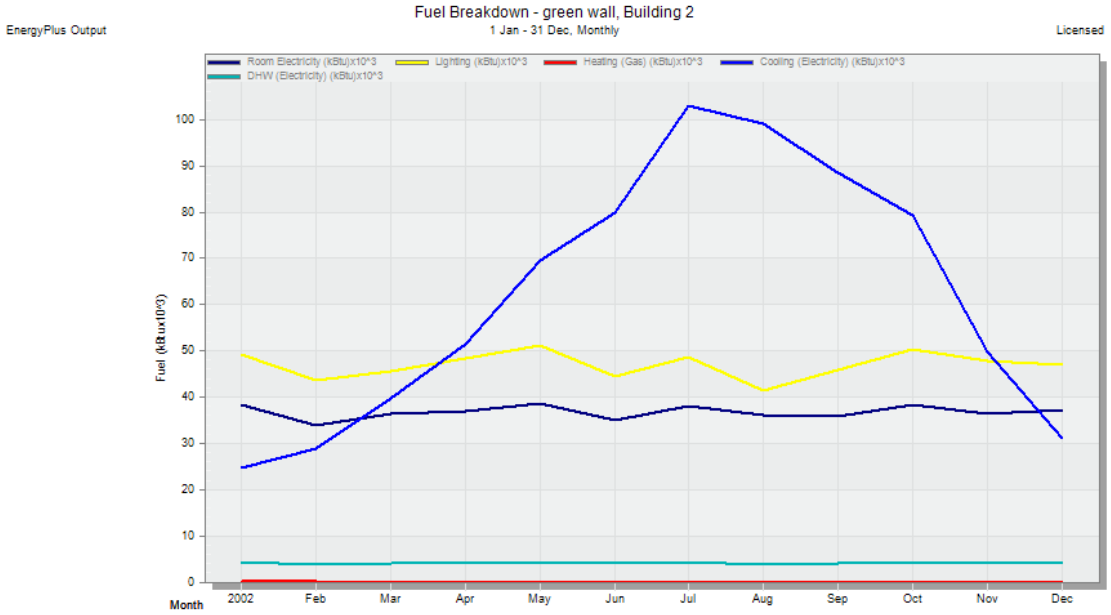
	النموذج الاصلي (قبل اضافة الحائط الاخضر)	الفراغ بعد اضافة الحائط الاخضر للواجهة
كمية الطاقة المستهلكة سنويا (كيلو وات /ساعة)	٤٤٠,٧٢	٣٣٥,٩٥
درجة الحرارة سيليزي	٢٦,٣١	٢٥
نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون	٧٠٣,٠٦	٦٠٣

يتبين انه بعد تطبيق نظام الحوائط الخضراء لفراغ(أ) معمل انتقال الحرارة والتكيف بالدور الارضي تم الاتي

- خفض نسبة الطاقة : ٢٣,٧%
- خفض نسبة درجة الحرارة : ٤,٩%
- خفض نسبة ثاني اكسيد الكربون : ١٤,٢٣%

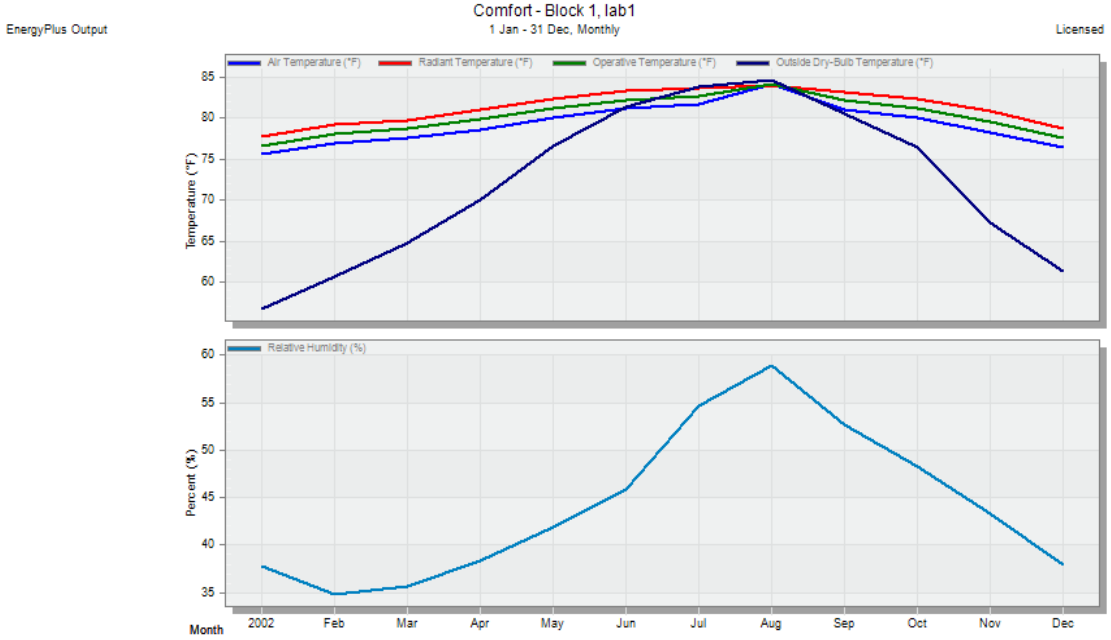
7-1- ب: *النتائج شهريا*

عناصر المقارنة	النتائج قبل استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات



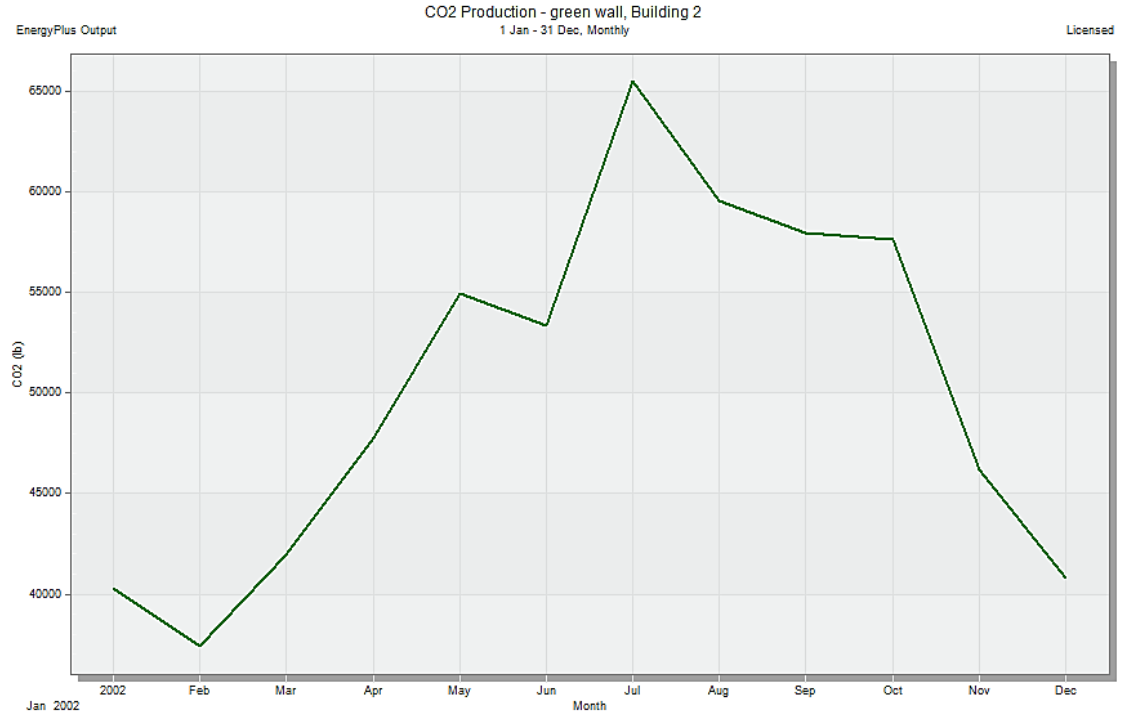
	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Room Electricity (kBtu)x10^3	38.20	33.95	36.38	36.94	38.56	35.02	37.93	36.17	35.77	38.40	36.28	37.13
Lighting (kBtu)x10^3	49.19	43.70	45.47	48.36	51.25	44.36	48.76	41.37	45.75	50.24	47.79	46.90
Heating (Gas) (kBtu)x10^3	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
ooling (Electricity) (kBtu)x10^3	24.59	28.75	39.61	51.52	69.66	79.99	103.01	99.22	88.39	79.23	49.63	30.97
DHW (Electricity) (kBtu)x10^3	4.24	3.78	4.04	4.14	4.33	3.94	4.28	3.87	4.04	4.28	4.10	4.14

الطاقة التي تستهلكها الوحدة

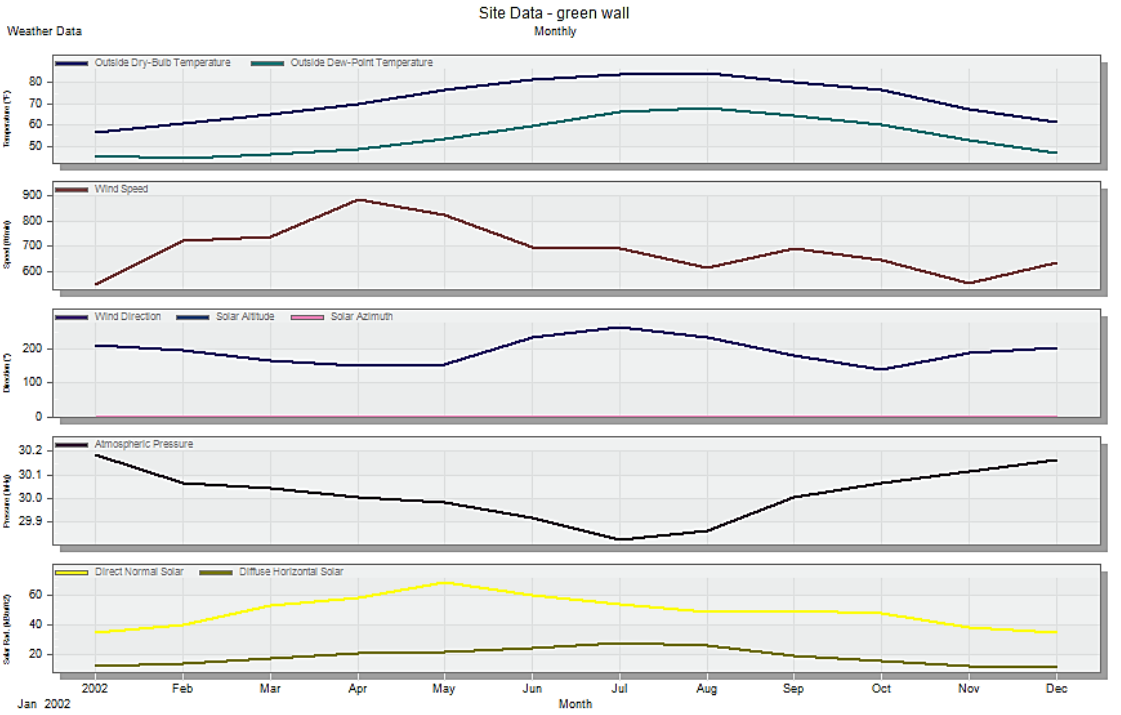


	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°F)	75.55	76.85	77.64	78.63	80.08	81.25	81.67	84.21	81.01	80.04	78.27	76.46
Radiant Temperature (°F)	77.76	79.20	79.75	81.08	82.42	83.27	83.67	84.03	83.21	82.42	80.88	78.72
Operative Temperature (°F)	76.66	78.03	78.70	79.85	81.25	82.26	82.67	84.12	82.11	81.23	79.58	77.59
utside Dry-Bulb Temperature (°F)	56.74	60.60	64.76	70.07	76.58	81.33	83.76	84.64	80.52	76.41	67.21	61.29
Relative Humidity (%)	37.81	34.80	35.72	38.36	41.97	45.96	54.72	58.98	52.76	48.25	43.40	37.90

الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ (نسبة الرطوبة).



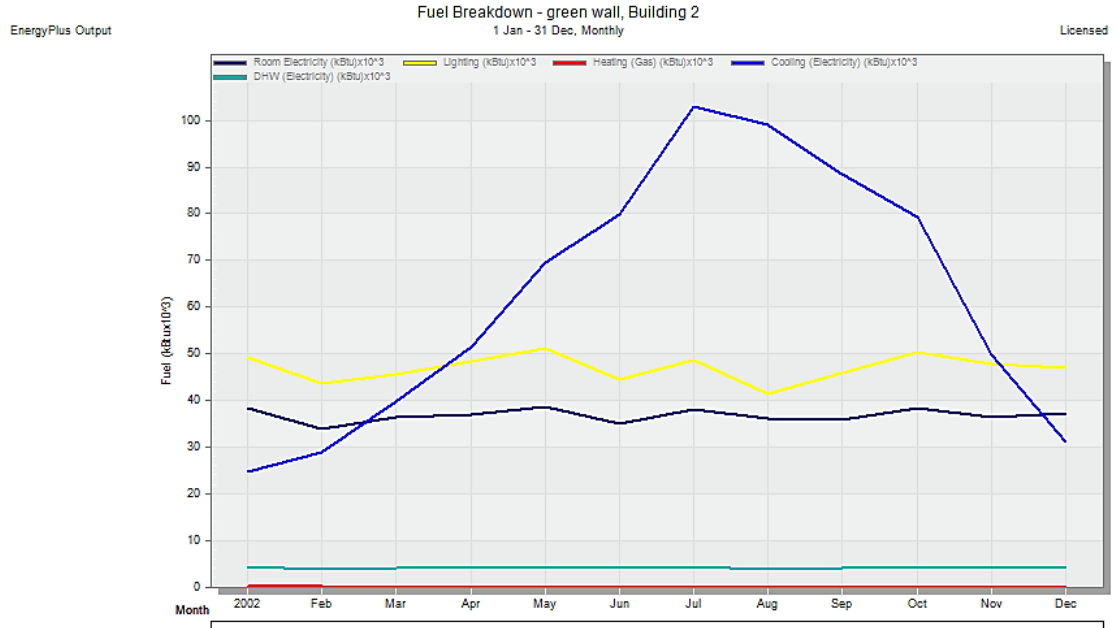
نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ



درجة الحرارة الجافة وسرعة الرياح

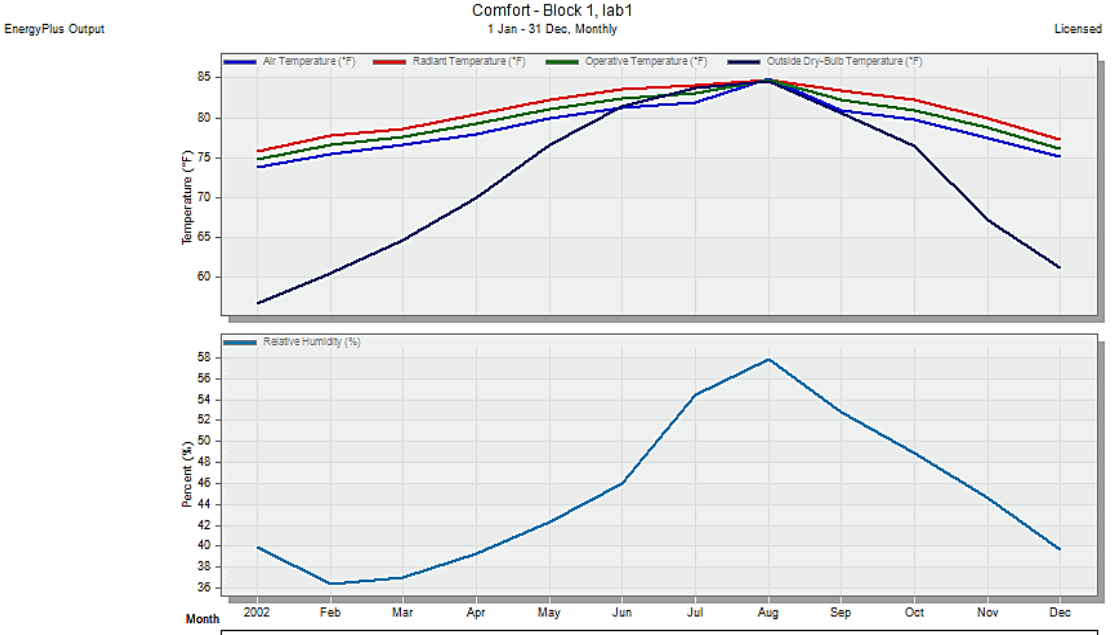
شكل 16. يوضح النتائج لكل شهرفي نسب الطاقة المستهلكة لفراغ معمل انتقال الحرارة والتكييف قبل استخدام الحائط الاخضرونسب الراحة الحرارية ونسب غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ و درجة الحرارة الجافة وسرعة الرياح. (المصدر/ الباحثة,2022 بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

عناصر المقارنة	النتائج بعد استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات



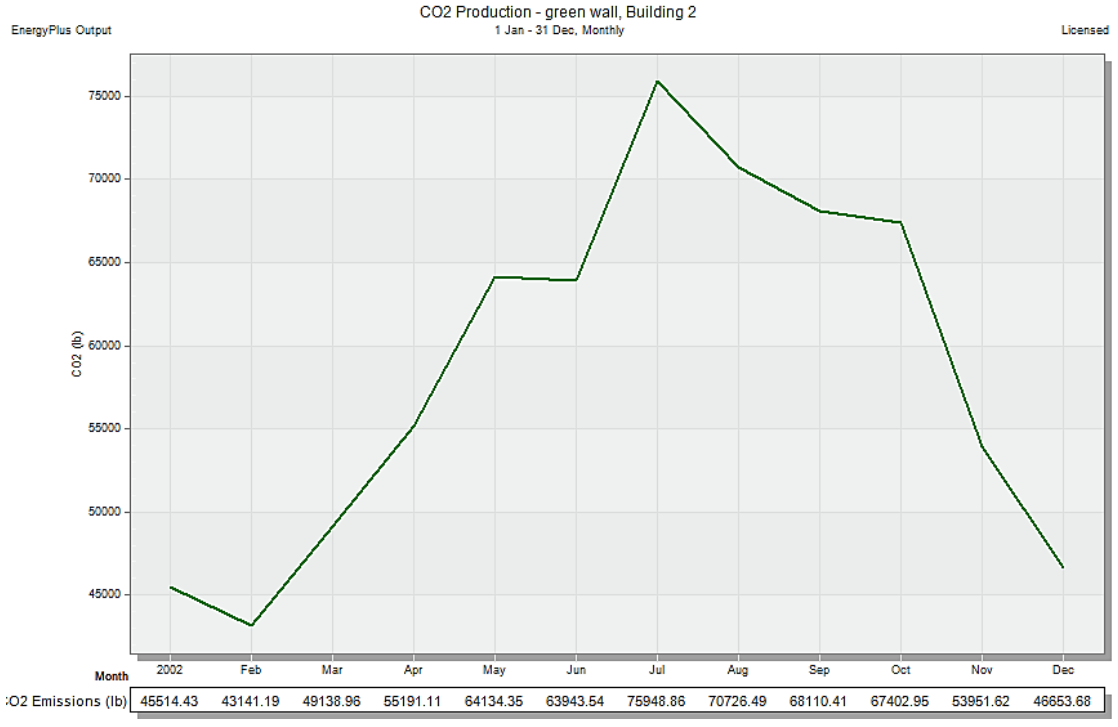
	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Room Electricity (kBtu)x10^3	38.19	33.94	36.36	36.92	38.54	35.00	37.91	36.16	35.76	38.38	36.26	37.11
Lighting (kBtu)x10^3	49.17	43.68	45.45	48.34	51.24	44.35	48.74	41.36	45.73	50.22	47.77	46.89
Heating (Gas) (kBtu)x10^3	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
ooling (Electricity) (kBtu)x10^3	24.58	28.74	39.60	51.50	69.63	79.96	102.97	99.19	88.36	79.20	49.61	30.96
DHW (Electricity) (kBtu)x10^3	4.24	3.77	4.04	4.14	4.33	3.94	4.27	3.87	4.04	4.27	4.09	4.14

الطاقة التي تستهلكها الوحدة



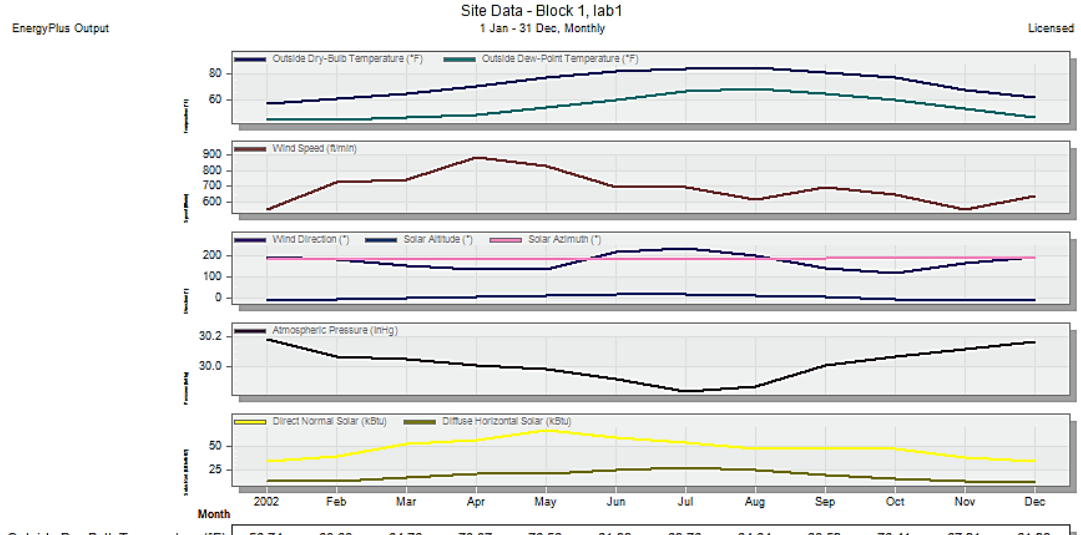
	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°F)	73.85	75.52	76.64	78.00	79.85	81.31	81.85	84.89	80.99	79.70	77.43	75.09
Radiant Temperature (°F)	75.82	77.71	78.66	80.47	82.32	83.54	84.12	84.72	83.40	82.24	79.94	77.20
Operative Temperature (°F)	74.84	76.62	77.65	79.23	81.09	82.43	82.99	84.80	82.19	80.97	78.69	76.14
utside Dry-Bulb Temperature (°F)	56.74	60.60	64.76	70.07	76.58	81.33	83.76	84.64	80.52	76.41	67.21	61.29
Relative Humidity (%)	39.98	36.39	37.00	39.26	42.37	45.96	54.45	57.87	52.82	48.86	44.61	39.69

الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ (نسبة الرطوبة).



CO2 Emissions (lb)	45514.43	43141.19	49138.96	55191.11	64134.35	63943.54	75948.86	70726.49	68110.41	67402.95	53951.62	46653.68

نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ



Outside Dry-Bulb Temperature (°F)	56.74	60.60	64.76	70.07	76.58	81.33	83.76	84.64	80.52	76.41	67.21	61.29
utside Dew-Point Temperature (°F)	45.80	44.26	46.18	48.86	53.71	59.62	66.35	68.07	64.36	60.00	53.17	46.86
Wind Speed (ft/min)	548.31	722.99	737.19	886.31	826.16	695.29	691.37	616.86	690.30	644.65	554.84	636.87
Wind Direction (°)	193.24	180.59	153.31	132.79	132.17	216.01	238.00	199.97	140.46	118.76	167.24	195.65
Solar Altitude (°)	-13.88	-8.81	-1.38	6.54	12.55	15.26	14.15	9.38	2.12	-5.83	-12.24	-15.23
Solar Azimuth (°)	182.85	181.68	182.95	184.98	185.88	185.03	183.77	184.11	186.12	188.06	187.91	185.57
Atmospheric Pressure (InHg)	30.19	30.07	30.05	30.01	29.98	29.92	29.82	29.86	30.00	30.06	30.12	30.17
Direct Normal Solar (kBtu)	34.14	39.48	52.94	57.51	68.49	59.75	53.93	48.39	49.04	47.34	38.19	34.06
Diffuse Horizontal Solar (kBtu)	11.96	13.14	17.02	20.23	21.25	24.13	27.05	25.42	18.76	15.52	12.14	10.78

درجة الحرارة الجافة وسرعة الرياح

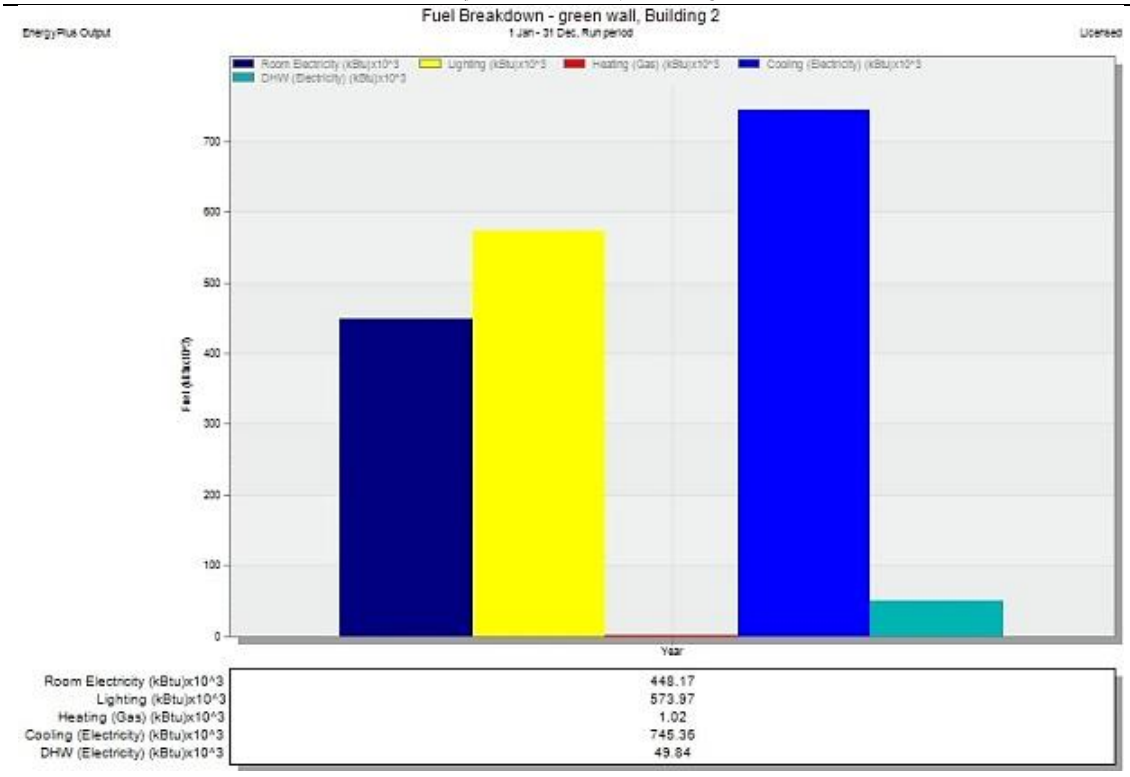
شكل 17. يوضح النتائج لكل شهرفي نسب الطاقة المستهلكة لفراغ معمل انتقال الحرارة والتكييف بعد استخدام الحائط الاخضرونسب الراحة الحرارية ونسب غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ و درجة الحرارة الجافة وسرعة الرياح (المصدر/ الباحثة,2022بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

7-2 نتائج الدور الارضي فراغ (ب)

7-2-أ النتائج السنوية

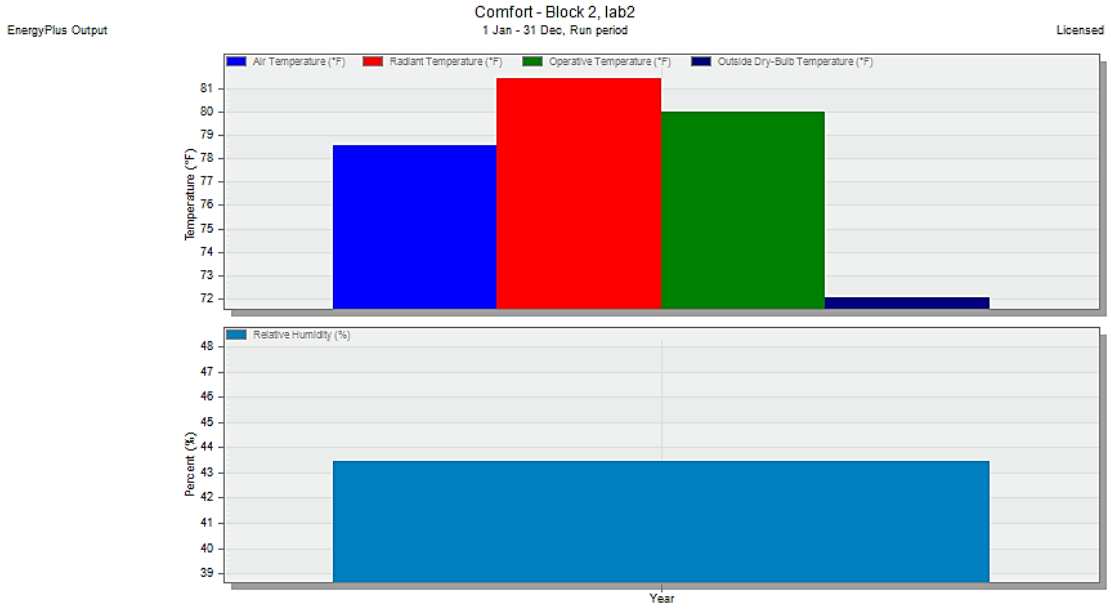
وجهة المقارنة	النتائج قبل استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات

الطاقة التي تستهلكها الوحدة

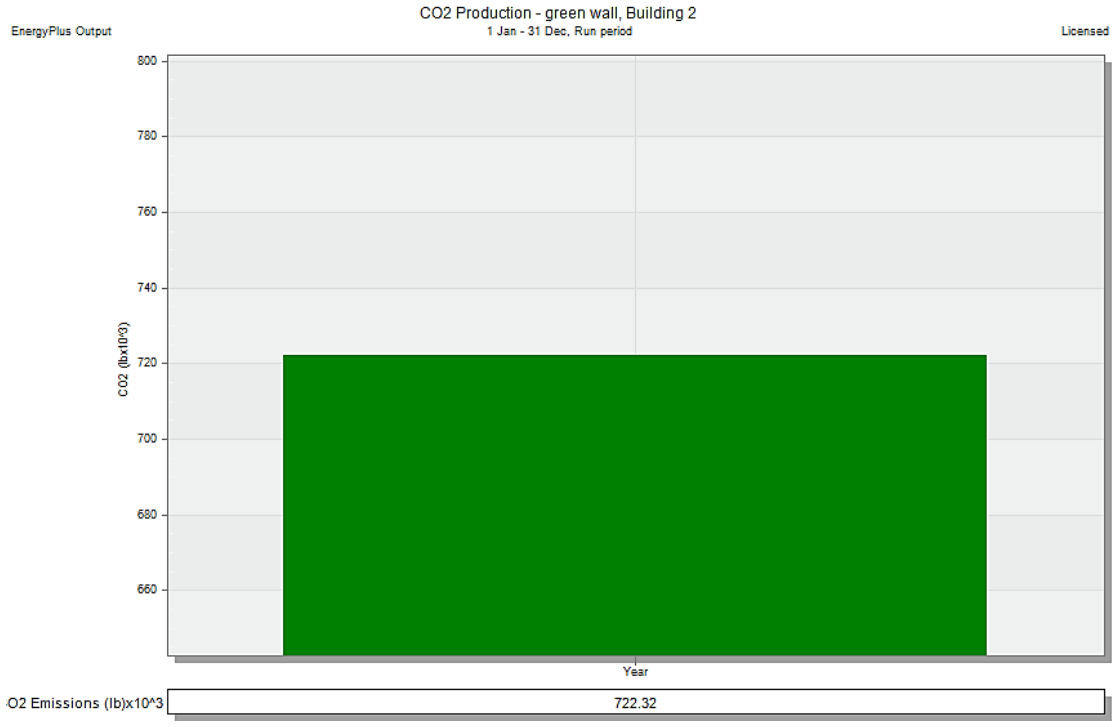


Room Electricity (kBtu)x10^3	448.17
Lighting (kBtu)x10^3	573.97
Heating (Gas) (kBtu)x10^3	1.02
Cooling (Electricity) (kBtu)x10^3	745.36
DHW (Electricity) (kBtu)x10^3	49.84

الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ ونسبة الرطوبة .



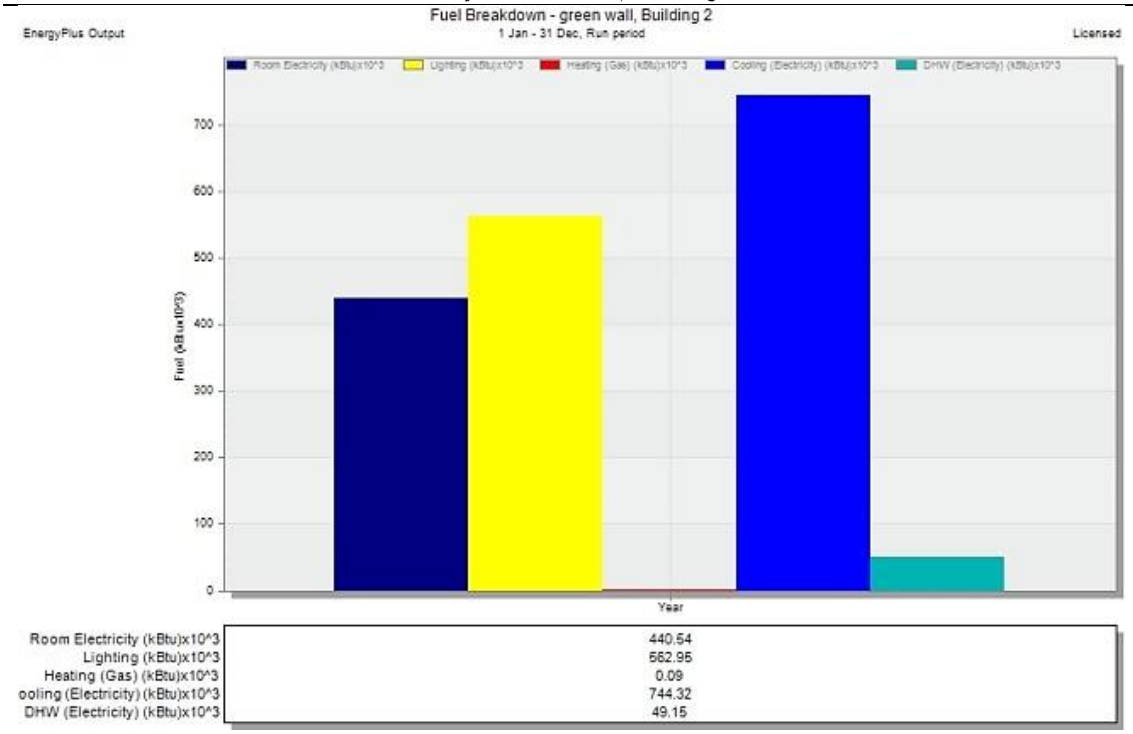
Air Temperature (°F)	78.54
Radiant Temperature (°F)	81.42
Operative Temperature (°F)	79.98
utside Dry-Bulb Temperature (°F)	72.05
Relative Humidity (%)	43.45



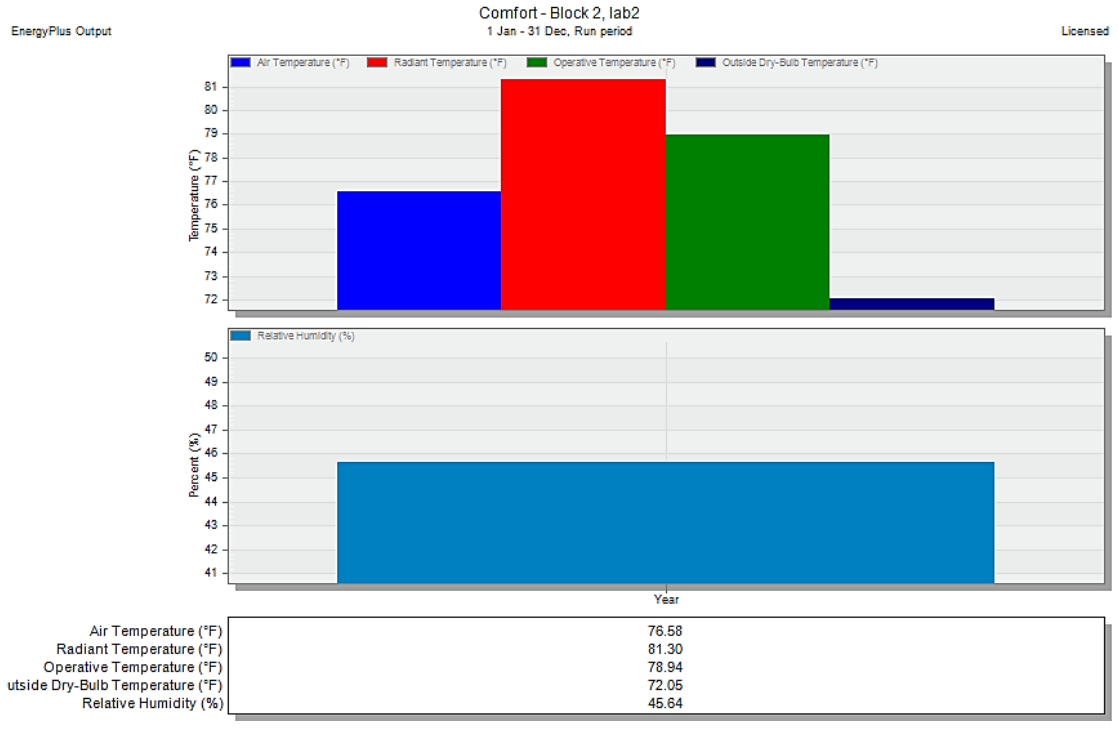
نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ

شكل 18. يوضح النتائج سنويا لنسبة الطاقة المستهلكة لفراغين معمل الحاسب الالي قبل استخدام الحائط الاخضروقياس الراحة الحرارية ونسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ (المصدر/ الباحثة,2022بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

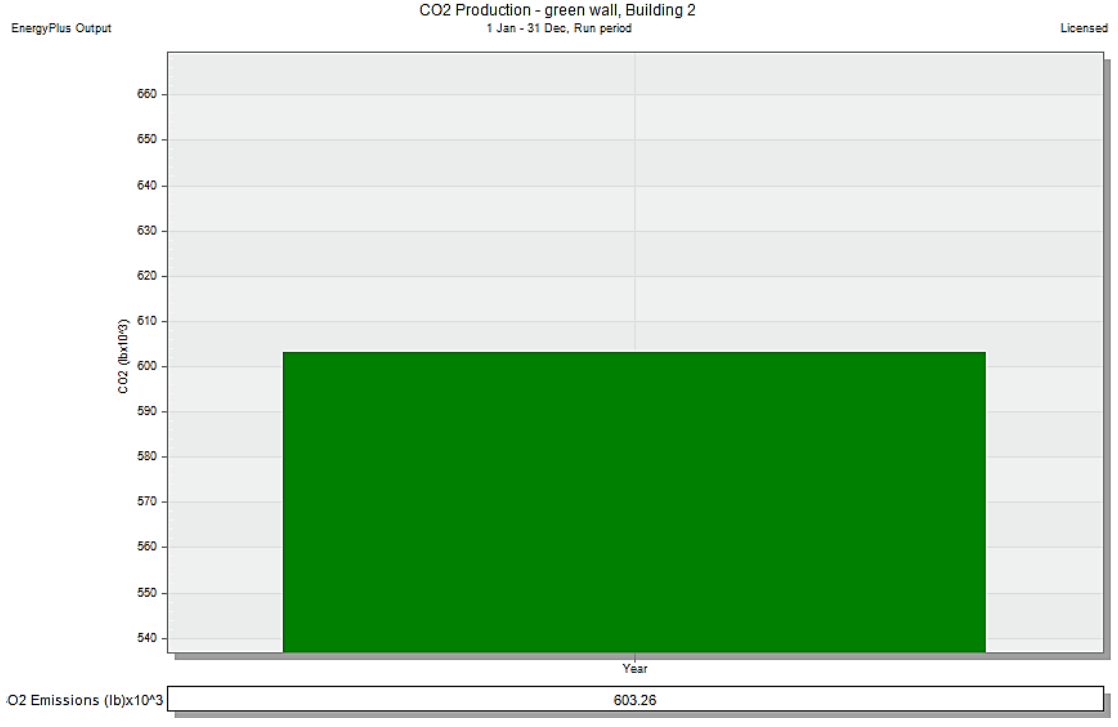
عناصر المقارنة	النتائج بعد استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات



الطاقة التي تستهلكها الوحدة



الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ ونسبة الرطوبة



نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ

شكل 19. يوضح النتائج سنويا لنسبة الطاقة المستهلكة لفراغين معمل الحاسب الالي بعد استخدام الحائط الاخضروقياس الراحة الحرارية ونسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ (المصدر/ الباحثة,2022بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

7-2-ب *النتائج شهريا*

نتائج الدور الارضي فراغ (ب)

عناصر المقارنة	النتائج قبل استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات

الطاقة التي تستهلكها الوحدة

Fuel Breakdown - green wall, Building 2

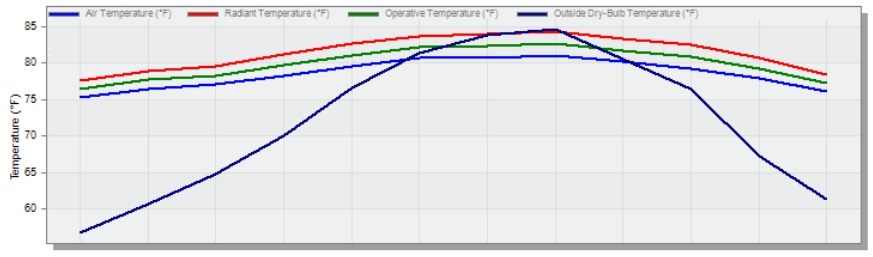
EnergyPlus Output — 1 Jan - 31 Dec, Monthly — Licensed

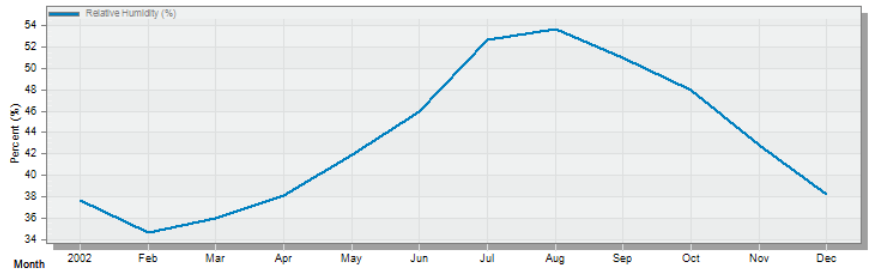
Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Room Electricity (kBtu)	29414.91	25761.87	27149.06	28375.32	29682.04	26109.47	29521.77	27480.60	27242.39	29521.77	27402.67	28281.99
Lighting (kBtu)	46561.12	40854.55	42307.02	45783.22	48247.56	41529.13	47235.70	39374.73	43656.18	47235.70	44668.04	44434.07
Heating (Gas) (kBtu)	119.83	5.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.27
ooling (Electricity) (kBtu)	23645.99	26146.89	34698.79	45017.28	59618.47	66324.76	87828.64	82365.22	74920.01	67881.29	43276.92	28470.88
DHW (Electricity) (kBtu)	2861.08	2507.18	2601.50	2802.24	2949.77	2542.66	2896.56	2465.21	2672.45	2896.56	2725.67	2731.29

الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ (نسبة الرطوبة).

Comfort - Block 2, lab2

EnergyPlus Output — 1 Jan - 31 Dec, Monthly — Licensed



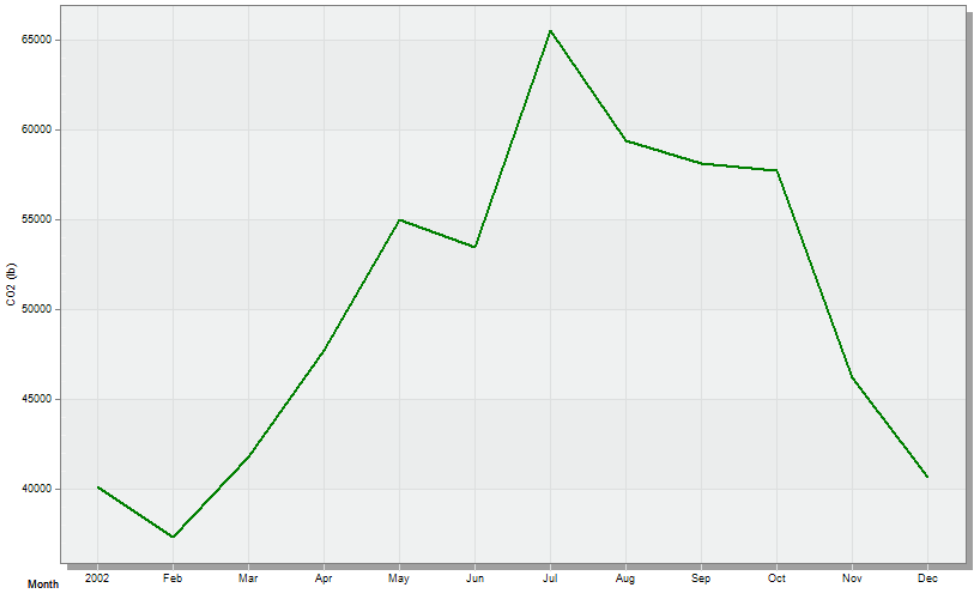


Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°F)	75.35	76.46	77.03	78.24	79.49	80.66	80.67	81.09	80.16	79.28	77.86	76.12
Radiant Temperature (°F)	77.59	78.96	79.59	81.14	82.66	83.69	84.02	84.30	83.33	82.49	80.70	78.44
Operative Temperature (°F)	76.47	77.71	78.31	79.69	81.07	82.18	82.35	82.70	81.75	80.88	79.28	77.28
utside Dry-Bulb Temperature (°F)	56.74	60.60	64.76	70.07	76.58	81.33	83.76	84.64	80.52	76.41	67.21	61.29
Relative Humidity (%)	37.64	34.62	36.00	38.14	41.93	45.91	52.68	53.71	51.03	47.96	42.81	38.25

نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ

CO2 Production - green wall, Building 2

EnergyPlus Output — 1 Jan - 31 Dec, Monthly — Licensed



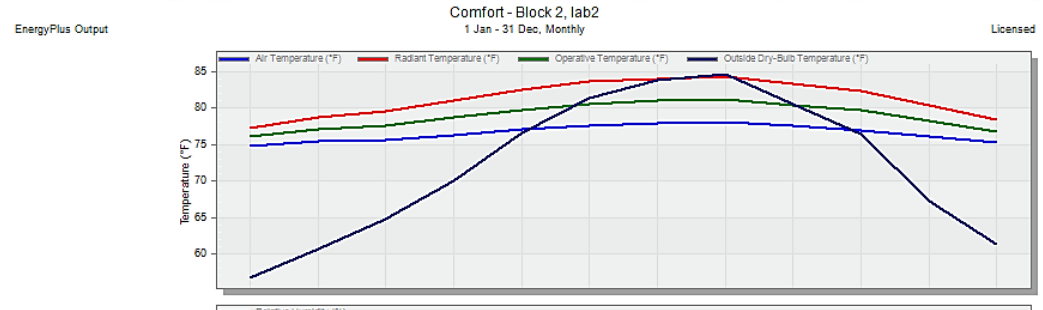
Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
:O2 Emissions (lb)	40141.06	37303.16	41799.70	47759.65	55010.95	53447.96	65576.66	59391.49	58140.61	57766.41	46230.77	40693.82

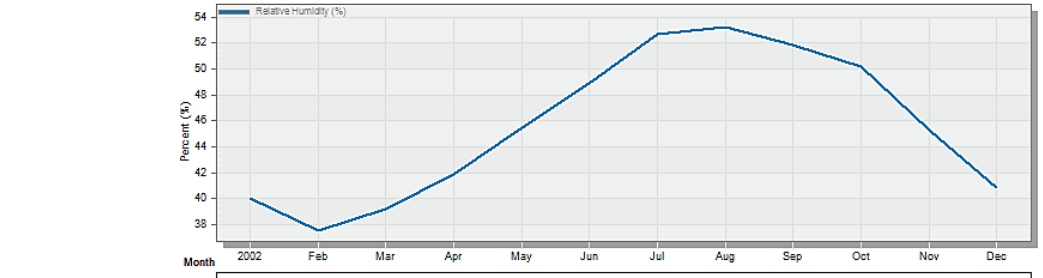
شكل 20. يوضح النتائج لنسبة الطاقة المستهلكة لكل شهر لفراغين معمل الحاسب الالي قبل استخدام الحائط الاخضر وقياس الراحة الحرارية ونسبة ثاني اكسيد الكربون (المصدر/ الباحثة,2022بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

النتائج بعد استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات

Month												
Room Electricity (Btu/ft2)	1393.97	1236.94	1327.33	1347.73	1406.87	1277.63	1384.01	1319.82	1305.23	1401.03	1323.72	1354.78
Lighting (Btu/ft2)	1795.01	1594.68	1659.22	1764.62	1870.26	1618.76	1779.31	1509.61	1669.25	1833.35	1743.71	1711.54
Heating (Gas) (Btu/ft2)	2.47	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78
ooling (Electricity) (Btu/ft2)	897.17	1049.15	1445.48	1879.89	2541.86	2918.89	3758.81	3620.86	3225.50	2891.20	1810.92	1130.19
DHW (Electricity) (Btu/ft2)	154.70	137.75	147.36	151.21	157.94	143.87	155.99	141.33	147.54	155.99	149.48	151.03

الطاقة التي تستهلكها الوحدة





Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°F)	74.80	75.38	75.69	76.34	77.05	77.58	77.93	78.15	77.56	76.96	76.08	75.32
Radiant Temperature (°F)	77.28	78.73	79.53	81.01	82.54	83.59	84.04	84.31	83.35	82.37	80.38	78.35
Operative Temperature (°F)	76.04	77.05	77.61	78.67	79.80	80.59	80.99	81.23	80.45	79.66	78.23	76.83
utside Dry-Bulb Temperature (°F)	56.74	60.60	64.76	70.07	76.58	81.33	83.76	84.64	80.52	76.41	67.21	61.29
Relative Humidity (%)	40.07	37.56	39.25	41.86	45.44	48.87	52.65	53.21	51.84	50.20	45.32	40.85

الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ (نسبة الرطوبة).

Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
:O2 Emissions (lb)	1660.77	1574.17	1793.03	2013.88	2340.22	2333.27	2771.39	2580.90	2485.33	2459.51	1968.61	1702.35

نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ

شكل 21. يوضح النتائج لكل شهر من نسبة الطاقة المستهلكة لفراغين معمل الحاسب الالي بعد استخدام الحائط الاخضر وقياس نسبة الرطوبة ونسبة ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ (المصدر/ الباحثة,2022,بواسطة برنامج المحاكاة designen builder)

جدول 3. يوضح مقدار الطاقة التي يستهلكها فراغي (الحاسب الالي) ودرجة الحراره ونسبة غاز ثاني اكسيد الكربون قبل استخدام الحائط الاخضر وبعد استخدامه.(المصدر/ الباحثة, 2022, بواسطة برنامج المحاكاة designbuilder)

	النموذج الاصلي (قبل اضافة الحائط الاخضر)	الفراغ بعد اضافة الحائط الاخضر للواجهة
كمية الطاقة المستهلكة سنويا (كيلو وات /ساعة)	٤٤٨,٧	٤٤٠,٥٤
درجة الحرارة سيليزي	٢٥,٥	٢٤,٧
نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون	٧٢٢,٣٢	٦٠٣,٢٦

يتبين انه بعد تطبيق نظام الحوائط الخضراء فراغي (الحاسب الالي) بالدور الاول تم الاتي :

خفض نسبة الطاقة : ١,٧%

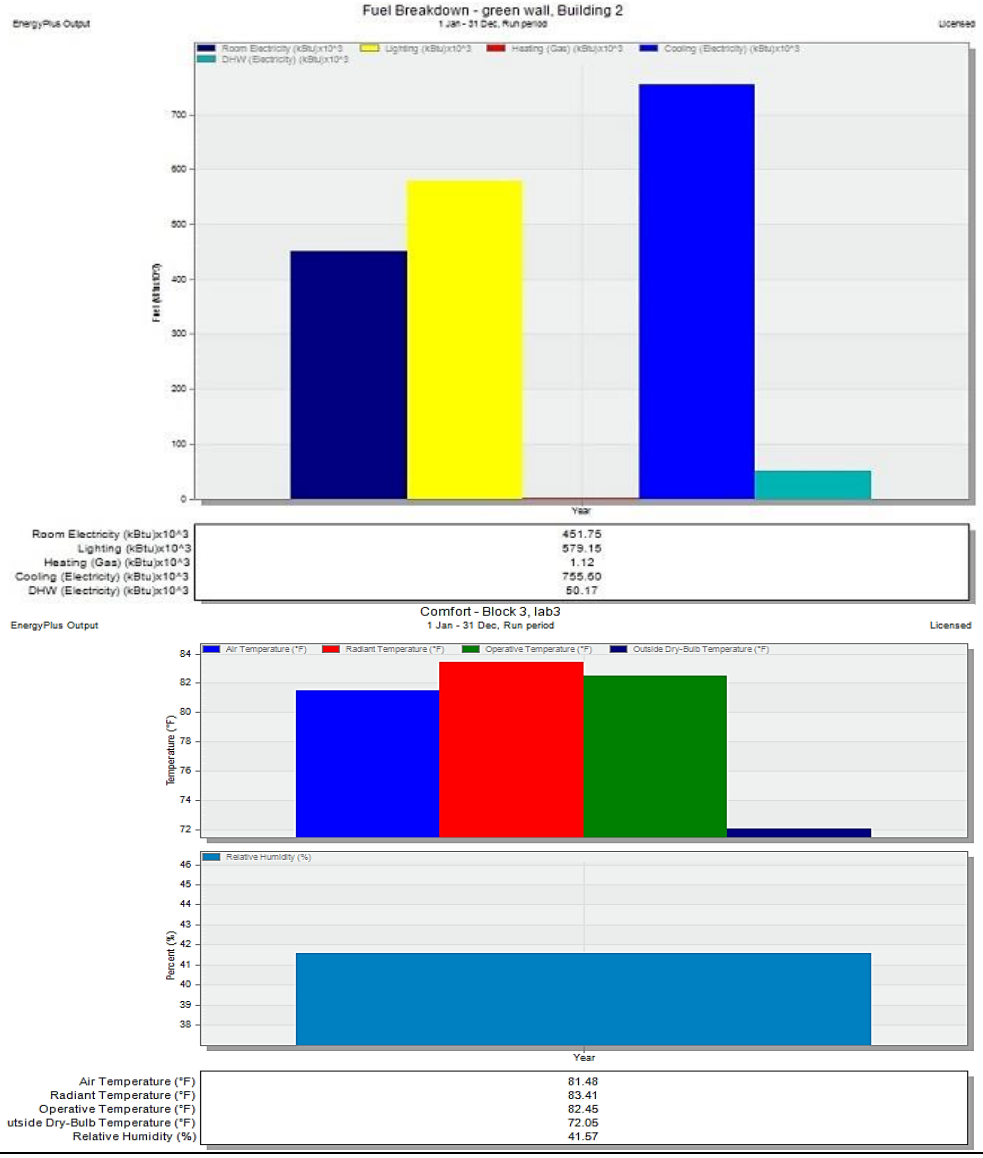
خفض نسبة درجة الحرارة :٣,١٣%

خفض نسبة ثاني اكسيد الكربون :١٦,٤٨%

3-7 نتائج الدور الارضي فراغ (ج)

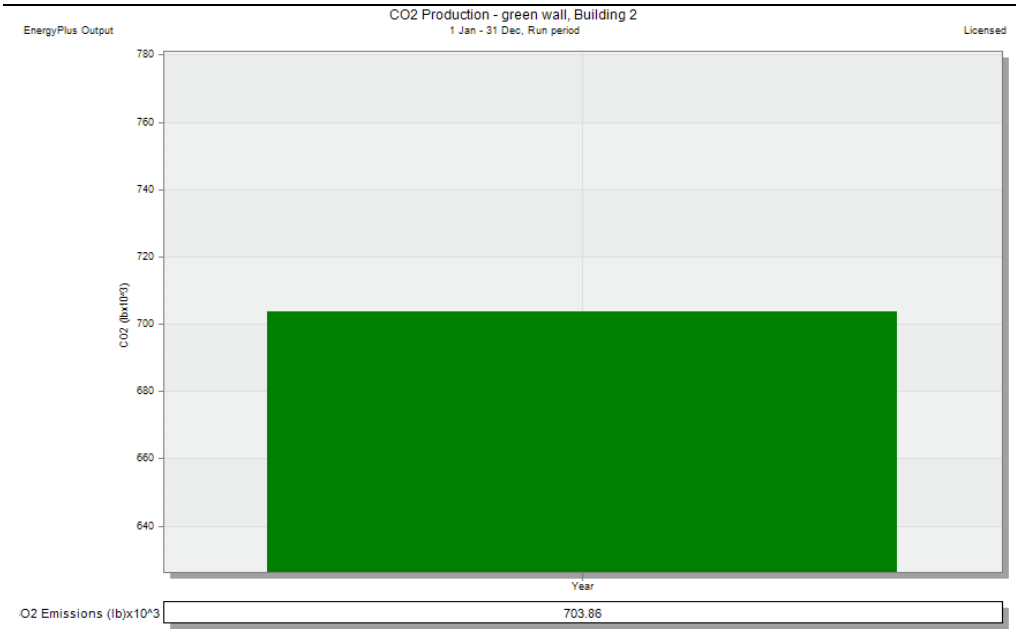
3-7أ النتائج السنوية

النتائج قبل استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات



الطاقة التي تستهلكها الوحدة

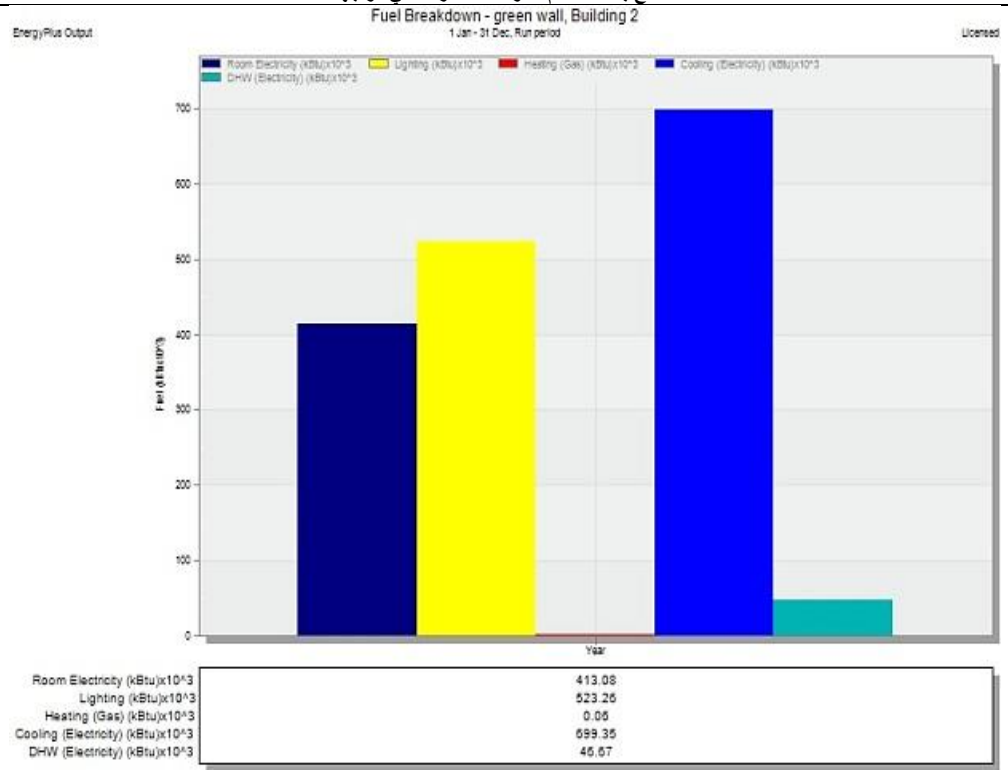
الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ ونسبة الرطوبة



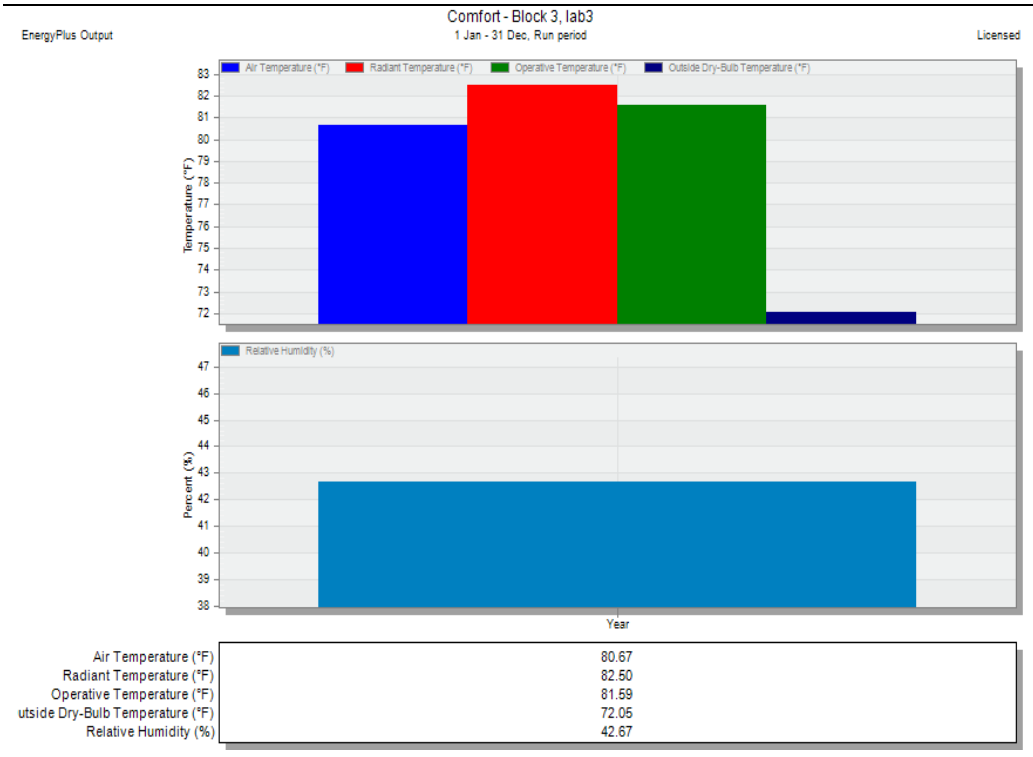
نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ

شكل 22. يوضح النتائج لنسبة الطاقة المستهلكة سنويا لفراغين معمل ESU و صالة رسم عمارة قبل استخدام الحائط الاخضروقياس لراحة الحرارية ونسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ. (المصدر/ الباحثة,2022بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

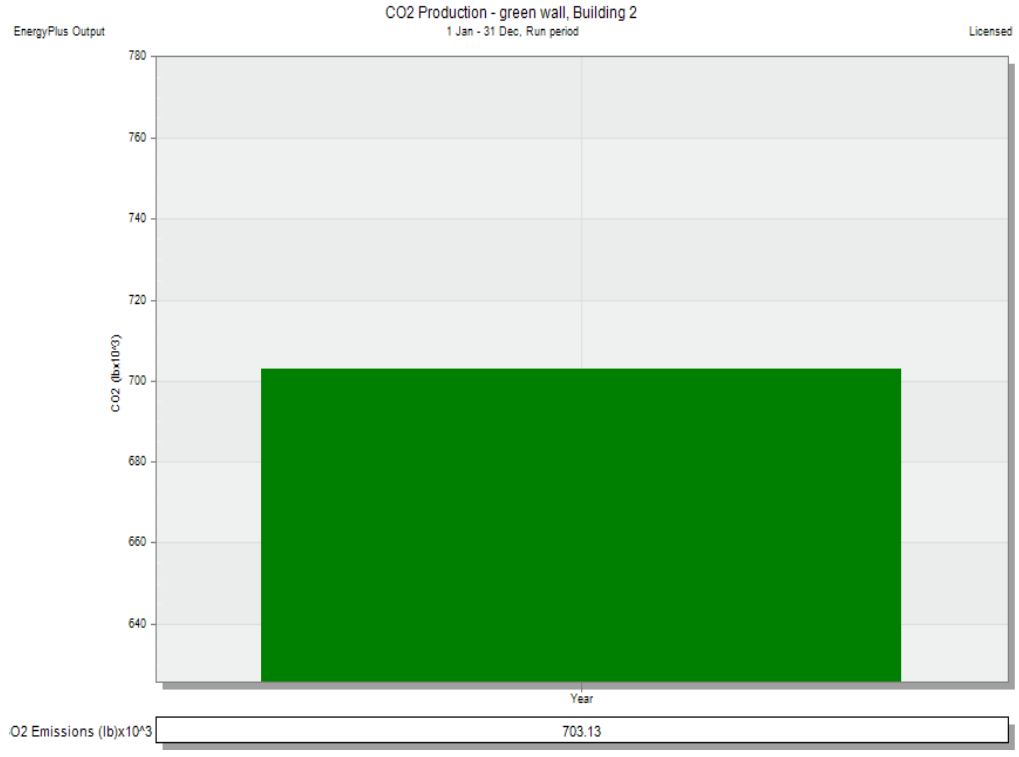
النتائج بعد استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات



الطاقة التي تستهلكها الوحدة



الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ ونسبة الرطوبة



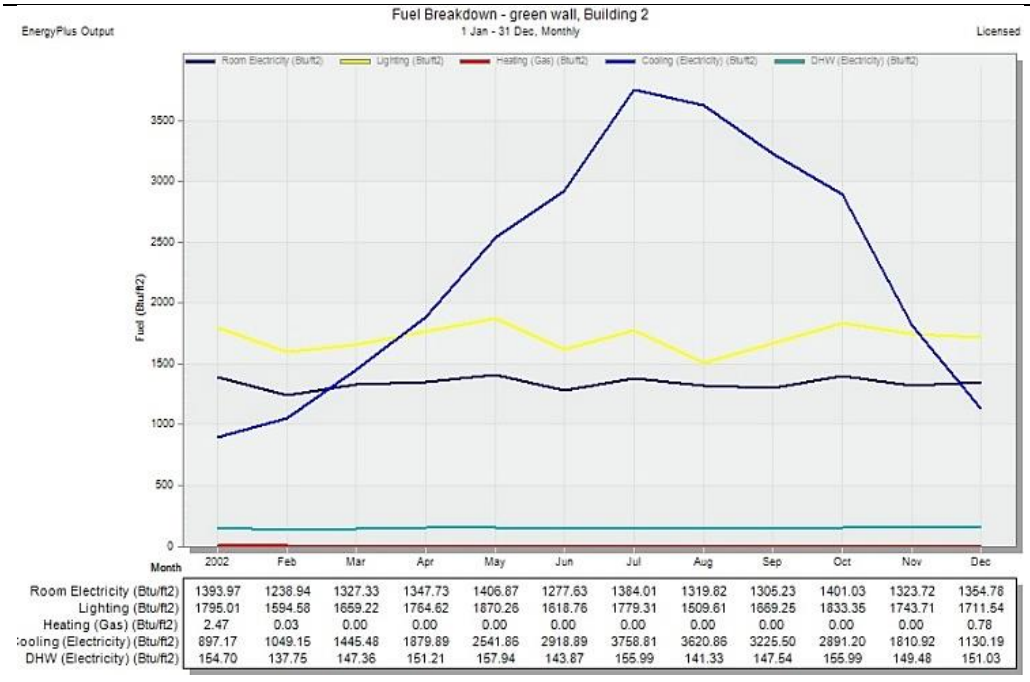
نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ

شكل 23 . يوضح النتائج لنسبة الطاقة المستهلكة سنويا لفراغين معمل ESU و صالة رسم عمارة بعداستخدام الحائط الاخضروقياس لراحة الحرارية ونسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ. (المصدر/ الباحثة,2022بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

7-3- ب: النتائج شهريا

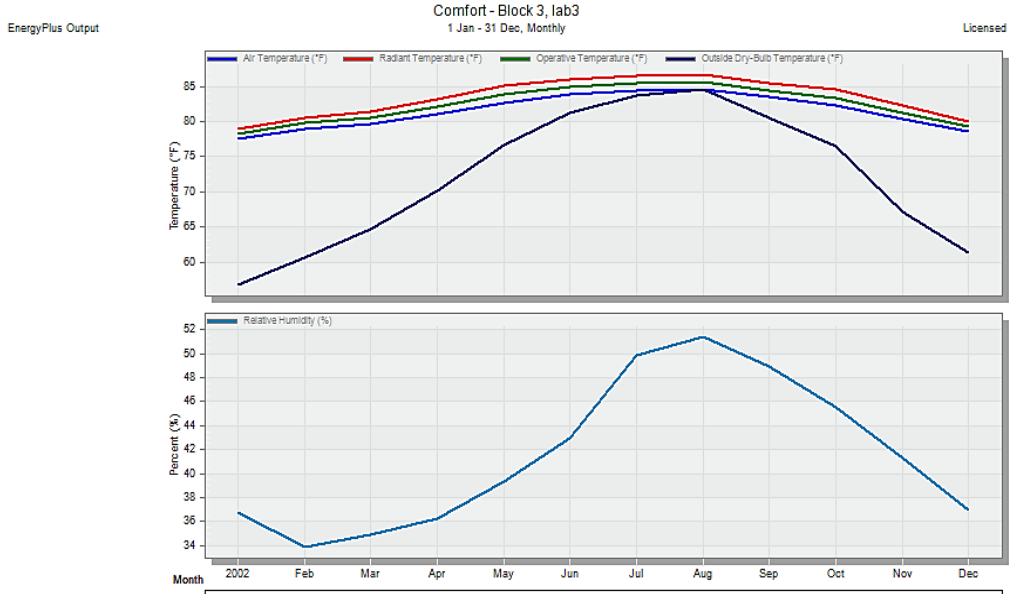
النتائج قبل استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات

الطاقة التي تستهلكها الوحدة

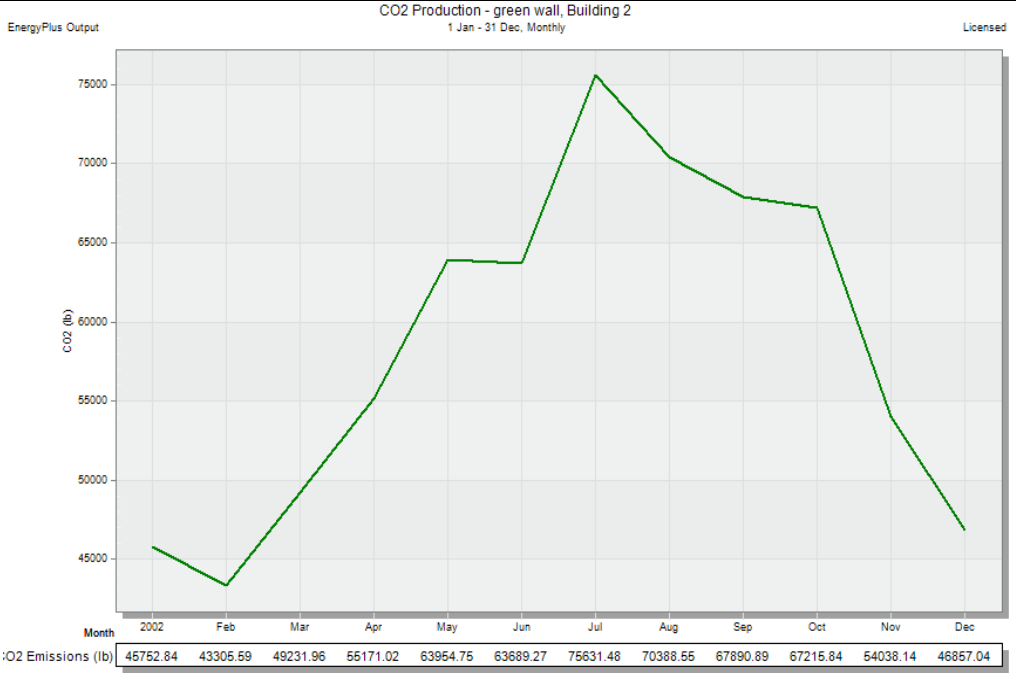


	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Room Electricity (Btu/ft2)	1393.97	1238.94	1327.33	1347.73	1406.87	1277.63	1384.01	1319.82	1305.23	1401.03	1323.72	1354.78
Lighting (Btu/ft2)	1795.01	1594.58	1659.22	1764.62	1870.26	1618.76	1779.31	1509.61	1669.25	1833.35	1743.71	1711.54
Heating (Gas) (Btu/ft2)	2.47	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78
ooling (Electricity) (Btu/ft2)	897.17	1049.15	1445.48	1879.89	2541.86	2918.89	3758.81	3620.86	3225.50	2891.20	1810.92	1130.19
DHW (Electricity) (Btu/ft2)	154.70	137.75	147.36	151.21	157.94	143.87	155.99	141.33	147.54	155.99	149.48	151.03

الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ (نسبة الرطوبة).



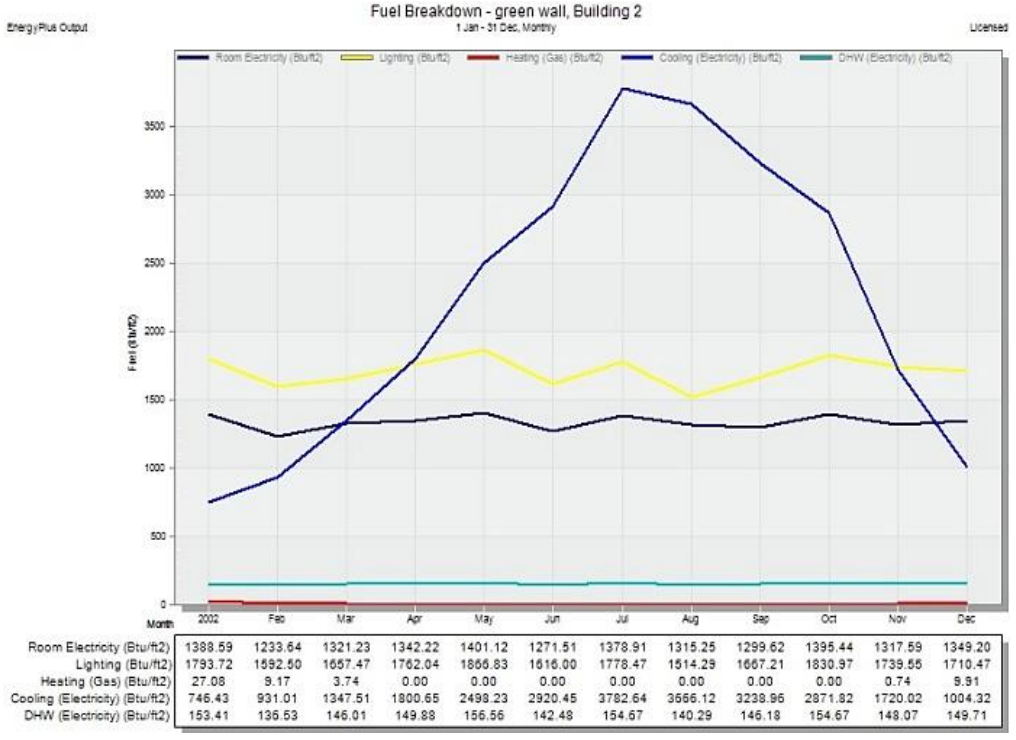
	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°F)	77.60	79.03	79.71	81.12	82.71	83.81	84.35	84.53	83.49	82.26	80.42	78.63
Radiant Temperature (°F)	78.88	80.61	81.45	83.14	85.10	86.09	86.53	86.71	85.52	84.55	82.24	79.93
Operative Temperature (°F)	78.24	79.82	80.58	82.13	83.91	84.95	85.44	85.62	84.50	83.40	81.33	79.28
utside Dry-Bulb Temperature (°F)	56.74	60.60	64.76	70.07	76.58	81.33	83.76	84.64	80.52	76.41	67.21	61.29
Relative Humidity (%)	36.80	33.88	34.92	36.28	39.31	42.96	49.89	51.40	48.95	45.57	41.26	37.01



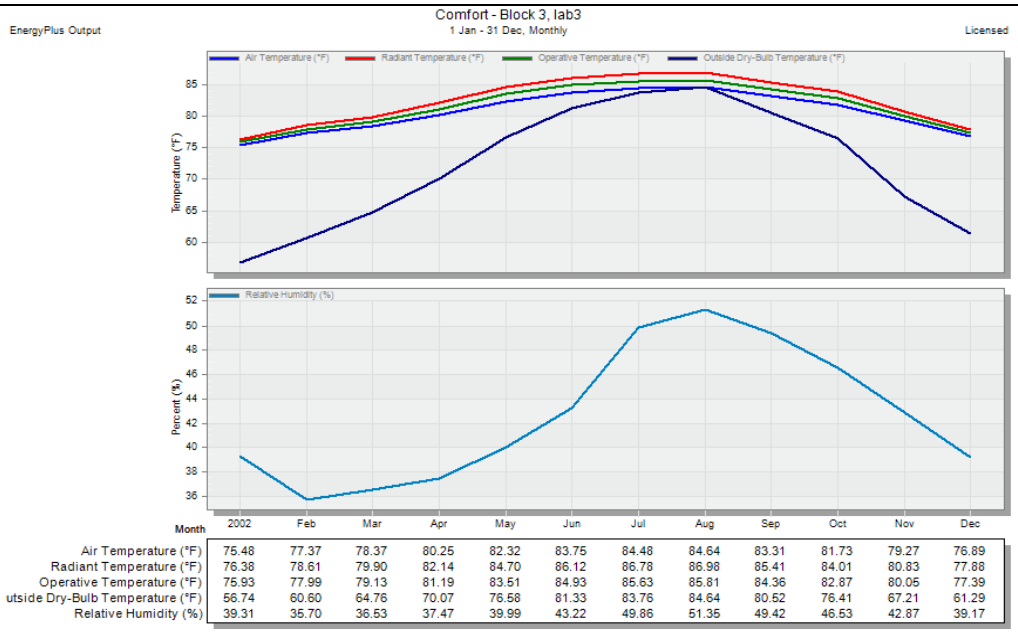
نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ

شكل 24. : يوضح النتائج لكل شهر من نسبة الطاقة المستهلكة لفراغين معمل ESU و صالة رسم عمارة قبل استخدام الحائط الاخضر وقياس الراحة الحرارية ونسبة غاز ثاني اكسيد الكربون.(المصدر/ الباحثة,2022,بواسطة برنامج المحاكاة designbuilder)

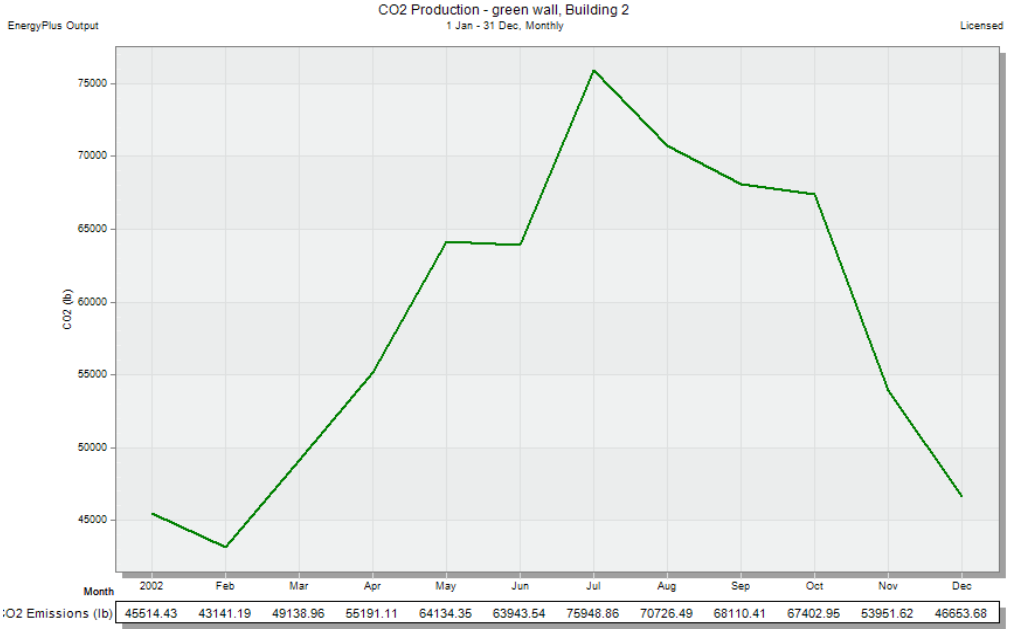
النتائج بعد استخدام الحوائط الخضراء علي الواجهات



الطاقة التي تستهلكها الوحدة



الراحة الحرارية داخل الفراغ من خلال درجة حرارة الفراغ (نسبة الرطوبة).



نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغ

شكل 25. يوضح النتائج لكل شهر من نسبة الطاقة المستهلكة لفراغين معمل ESU و صالة رسم عمارة بعد استخدام الحائط الاخضر وقياس الراحة الحرارية ونسبة غاز ثاني اكسيد الكربون.(المصدر/ الباحثة,2022 , بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

جدول (4). يوضح مقدار الطاقة التي يستهلكها بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder لفراغين معمل ESU و صالة رسم عمارة ودرجة الحراره ونسبة غاز ثاني اكسيد الكربون قبل استخدام الحائط الاخضر وبعد استخدامه.(المصدر/ الباحثة,2022,بواسطة برنامج المحاكاة desigen builder)

	النموذج الاصلي (قبل اضافة الحائط الاخضر)	الفراغ بعد اضافة الحائط الاخضر للواجهة
كمية الطاقة المستهلكة سنويا (كيلو وات /ساعة)	٤٥١,٧٥	٤١٣,٠٨
درجة الحرارة سيليزي	٢٧,٤٨	٢٧
نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون	٧٠٣,٨٦	٧٠٣,١٣

يتبين انه بعد تطبيق نظام الحوائط الخضراء لفراغين معمل ESU و صالة رسم عمارة بالدور الثاني تم الاتي :

خفض نسبة الطاقة : ٨,٥%

خفض نسبة درجة الحرارة :١,٧٦%

خفض نسبة ثاني اكسيد الكربون :١٠,%

8 الخاتمة

- الحوائط الخضراء تحقق الكثير من الفوائد البيئية مثل تقليل الطاقة المستهلكة لأغراض التبريد والتدفئة, وتقليل انبعاثات ثاني اكسيد الكربون الذي يؤدي بدوره الي تحقيق الراحة الحرارية داخل الحيزات المعمارية وتنقية الهواء الداخلي من ملوثات الهواء .
- اعتبارا لأهمية الحوائط الخضراء في تقليل التأثير الضار لبيئة البناء علي البيئة الطبيعية, حددت الكثير من الدول سياسات لتشجيع الملاك والمصممين علي زيادة تغطية الواجهات الرأسية بالواجهات النباتية .
- جاءت الدراسة العملية بأفضل النتائج عند تركيب الحوائط الخضراء علي الواجهة الجنوبية لمبني متعدد الطوابق وترك تجويف هوائي سمك 40سم بين الحائط النباتي وجدار واجهة المبني, فقد خفض معدل استهلاك الطاقة بنسبة (٣٣,٩%), وخفض نسبة ثاني اكسيد الكربون بنسبة (٣٠,٨١%), وخفض درجة الحرارة بنسبة (٩,٧٩%), هذه النسب ناتجة فقط عن استخدام الجدار النباتي للواجهة الخارجية للمبني دون استخدام انظمة عزل لباقي الحوائط وايضا دون استخدام نوافذ عاكسة لاشعة الشمس او اختيار خامات تؤثر علي الطاقة داخل المبني.
- لتحقيق افضل النتائج من استخدام نظام الحوائط الخضراء, يجب اجراء صيانة دورية للنظام الهيكلي, والنباتات, بالاضافة الي صيانة واجهة المبني لضمان سلامته .

9 التوصيات

من خلال ماتم توضيحه من النتائج لتطبيق الحوائط الخضراء علي وجهات المبني سواء كان مبني تعليمي او غيره فلابد ان تؤخذ بعين الاعتبار لاهميتها في تحقيق الراحة الحرارية وخفض استهلاك الطاقة وتندرج هذه التوصيات للمعمارين فيما يلي :

- تحديد الواجهة ذلك عن طريق اولا :اختيار الواجهه التي تتعرض لاشعة الشمس المباشرة , ثانيا : اختيارالواجهة التي لا يوجد بها فتحات او كاسرات شمسية او معالجات بيئية ويجب تحديد الواجهة قبل التصميم لتنفيذ الحوائط الخضراء عليها للحصول علي افضل النتائج .
- مراعاه تحديد نوع النظام الانشائي للحوائط الخضراء الذي يتم تحديده بناءا علي الحالة العامة للمبني ومدي تحمل المبني للنظام الانشائي للنبات وامكانية تثبيتة فيي الواجهة قبل تنفيذ المبني .
- عند تصميم الحوائط الخضراء يراعي وجود تجويف هوائي سمك 40سم للحفاظ علي المبني من مياه ري النباتات وايضا الحصول علي افضل النتائج من الحوائط الخضراء .
- يراعي ايضا اختيار نوع النباتات ذات العمر الطويل والتي لا تحتاج للصيانه المستمره مع طرق الصيانه التي تتناسب مع نظام المبني الانشائي ومراعاه نظام الري مع انشاء المبني للتوفير في مواد الخام المستخدمة .
- الاتجاه الي انظمة الحوائط الخضراء ونشر ثقافتها والتوعية بين المواطنين والحفاظ علي النباتات وكذلك بين طلاب اقسام العمارة .
- تشجيع المكاتب المعمارية علي التصميم بالفكر البيئي والمعالجات الطبيعية مثل الحوائط الخضراء .

10 المراجع

ABDULLAH FAWAZ SULTAN, A. 2019. Interior Green Walls and Its Employment in Sustainable Commercial Spaces. *International Journal of Advanced Research on Planning and Sustainable Development*, 2**,** 1-28.

ADDO-BANKAS, O., ZHAO, Y., VYMAZAL, J., YUAN, Y., FU, J. & WEI, T. 2021. Green walls: A form of constructed wetland in green buildings. *Ecological Engineering*, 169**,** 106321.

AKADIRI, P. O., CHINYIO, E. A. & OLOMOLAIYE, P. O. 2012. Design of a sustainable building: A conceptual framework for implementing sustainability in the building sector. *Buildings*, 2**,** 126-152.

BORRAS, J. G., LERMA, C., MAS, Á., VERCHER, J. & GIL, E. 2022. Energy Efficiency Evaluation of Green Roofs as an Intervention Strategy in Residential Buildings in the Field of Spanish Climate. *Buildings*, 12**,** 959.

CAROLINANATURE. Available: www.carolinanature.com [Accessed 2022].

FLORES-LARSEN, S. & FILIPPíN, C. 2021. Energy efficiency, thermal resilience, and health during extreme heat events in low-income housing in Argentina. *Energy and Buildings*, 231**,** 110576.

GREENSCREEN. *Direct Vertical Greening Systems Principles* [Online]. Available: www.greenscreen.com [Accessed October, 2022].

HOLM, D. 1989. Thermal improvement by means of leaf cover on external walls—a simulation model. *Energy and buildings*, 14**,** 19-30.

ILIGAN, R. & IRGA, P. 2021. Are green wall technologies suitable for major transport infrastructure construction projects? *Urban Forestry & Urban Greening*, 65**,** 127313.

JOHNSTON, J. & NEWTON, J. 2004. *Building Green A guide to using plants on roofs, walls and pavements*, Mayor of London. Greater London Authority.

MA, M. 2011. *Green Facades and Building Technology*. M.Sc, Delft University of Technology.

MANSO, M. & CASTRO-GOMES, J. 2015. Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and sustainable energy reviews*, 41**,** 863-871.

MELZER, B., SEIDEL, R., STEINBRECHER, T. & SPECK, T. 2012. Structure, attachment properties, and ecological importance of the attachment system of English ivy (Hedera helix). *Journal of experimental botany*, 63**,** 191-201.

MOAWAD, A. M., ELGENEADY, N. & HESHAM AL-ATTAR, N. 2019. Review of Sustainable: Living Walls.

PAULL, N. J., KRIX, D., IRGA, P. J. & TORPY, F. R. 2021. Green wall plant tolerance to ambient urban air pollution. *Urban Forestry & Urban Greening*, 63**,** 127201.

SAARONI, H., AMORIM, J. H., HIEMSTRA, J. & PEARLMUTTER, D. 2018. Urban Green Infrastructure as a tool for urban heat mitigation: Survey of research methodologies and findings across different climatic regions. *Urban climate*, 24**,** 94-110.

SIDONIE CARPENTER 2014. *Growing Green Guide: A guide to green roofs, walls and facades*.

YEOM, S., KIM, H. & HONG, T. 2021. Psychological and physiological effects of a green wall on occupants: A cross-over study in virtual reality. *Building and Environment*, 204**,** 108134.

YOSHIMI, J. & ALTAN, H. 2011. Thermal simulations on the effects of vegetated walls on indoor building environments. *Proceedings of Building Simulation*.

YOURHOME. *Green roofs and walls* [Online]. Available: http://www.yourhome.gov.au/materials/green-roofs-and-walls [Accessed].

YSEBAERT, T., KOCH, K., SAMSON, R. & DENYS, S. J. U. F. 2021. Green walls for mitigating urban particulate matter pollution—A review. *Urban forestry urban greening*, 59**,** 127014.

الزقل, م. ه. س. 2017. الواجهات الخضراء وتأثيرها على كفاءة إستهلاك الطاقة فى المبانى (دراسة لإستخدام النباتات على واجهات المبانى السكنية ذات التوجيه الواحد بالمجتمعات العمرانية الجديدة) رسالة ماجستير, جامعة القاهرة.

عباس, آ. ع. ا. ا. 2017. أثر التصميم المناخي علي تحقيق الراحة الحرارية للمستخدمين دراسة حالة (بعض المباني الإدارية بمدينة الخرطوم) رسالة ماجستير, جامعة السودان للعولم والتكنولوجي.

يامين, د. م. ع. ا. 2016. تعديل تصميم المباني السكنية القائمة في فلسطين للتكييف مع بيئتها في ظل ظاهرة التغير المناخي. رسالة ماجستير, جامعة النجاح الوطنية.