Engineering Research Journal
journal homepage: https://erj.journals.ekb.eg/

دور تطبيقات تقنية النانو في العمارة لتحسين الأداء البيئي للمباني الخضراء أحد مباني أكاديمية القاهرة الجديدة "دراسة حالة"

The role of nanotechnology applications in architecture for enhancing the environmental performance of sustainable buildings (A case study on an existing university building in Cairo)

م/ شيرين نبيل كمال[1,*] ، أ.د/ محمد عماد نورالدين[2]، د/ أحمد حليم حسين[3].

[1] معيد بالمعهد العالي للهندسة والتكنولوجيا بالتجمع الخامس
[2] استاذ العمارة والاسكان - كلية الهندسة بالمطرية – جامعة حلوان
[3] مدرس بقسم الهندسة المعمارية - كليه الهندسة بالمطرية – جامعة حلوان.
* sherine-kamal@m-eng.helwan.edu.eg

الملخص

تلعب تطبيقات تقنية النانو في العمارة دورًا هامًا في تحسين الأداء البيئي للمباني المستدامة. يتم استخدام المواد النانوية في تنفيذ وبناء المباني لتحقيق كفاءة أعلى في استهلاك الطاقة وإدارة الموارد بشكل أفضل حيث تشمل التطبيقات النانوية في العمارة استخدام طلاءات نانوية متقدمة لتحسين عزل الحرارة والحماية من الأشعة فوق البنفسجية، واستخدام مواد بناء نانوية قوية وخفيفة الوزن لتحسين كفاءة استخدام المواد والهيكل البنائي. ويهدف البحث إلى التوصل إلى دور تطبيقات تقنية النانو في تحقيق الإستدامة في العمارة والتي تعزز الحفاظ على البيئة وتقلل من تأثيرات التغير المناخي. ومن ثم تطبيقها على مبنى جامعي قائم بالقاهرة، وتخلص الدراسة بأن تطبيقات تقنية النانو في العمارة تؤثر بشكل ايجابي على تحقيق الإستدامة ومن ثم تحقيق المعايير المطلوبة للحصول على تصنيف نظام الهرم الأخضر.

الكلمات المفتاحية: تطبيقات تقنية النانو– تحسين الأداء البيئي – المباني المستدامة – أنظمة التقييم العالمية – نظام تصنيف الهرم الأخضر.

1- المقدمة

تغطي تقنية النانو مجموعة واسعة من احتياجاتنا في كافة المجالات. فإذا أضفنا الاستهلاك المنخفض للطاقة والمواد لتفيد البيئة، فإن تقنية النانو ستوفر الكثير من الاحتمالات لحل العديد من المشكلات المرتبطة بالبيئة بطريقة أكثر استدامة. ويمكن استغلال تطبيقات النانو في العمارة وتطبيقها على المبنى لتحسين الأداء البيئي له وتحقيق الراحة الحرارية وجودة البيئة الداخلية للمستخدمين دون استهلاك كميات كبيرة من الطاقة أو زيادة الانبعاثات الكربونية التي تؤثر سلبا على البيئة مما يؤدي لتحقيق المبنى معايير التصنيف المعتمدة عالميا للتأكيد على مدى كفاءته وتحقيقه الاستدامة في البناء. ومن خلال تقنية النانو وتطبيقاتها في الهندسة المعمارية يتم الوصول إلى بيئة مستدامة تعتمد على تقنية بديلة بدلاً من التقنيات التقليدية. وكذلك لإيجاد بدائل مثل مواد البناء الذكية والمتجددة والقابلة لإعادة التدوير لتحقيق التوازن بين الذكاء التكنولوجي والاستدامة البيئية لتقليل استنفاد الطاقة والموارد الطبيعية لمواد البناء.

وتكمن مشكلة البحث في إهمال دور التطبيقات المعمارية للنانو كوسيلة لحل المشكلات البيئية للمباني، والخطوات الوقائية لمواجهة المشاكل المستقبلية الناتجة عن تفاعلات الطاقة والمواد مع البيئة، وأي مخاطر محتملة.

ويتبع البحث منهج دراسة الحالة ويهدف إلى قياس مدي تأثير تطبيقات النانو في تحسين الأداء البيئي للمباني الخضراء وتقييم درجة تأثير تطبيقات النانو عليها من خلال معايير نظام الهرم الاخضر

DOI: 10.21608/erj.2024.377326
Received 2 May 2024; Received in revised form 2 June 2024; Accepted 21 July2024
Available online 1 September 2024

2- تقنية النانو وتطبيقاتها في العمارة

تقوم تقنية النانو بتقديم مواد وأنظمة حديثة من شأنها أن تؤثر بشكل كبير على مواد البناء لذلك يجب دراسة أبعاد هذه التقنية في العمارة للوصول الي تصميم كفاءته عالية من النواحي البيئية والوظيفية والجمالية [i]. وتتعدد أهمية تطبيقات تقنية النانو في العمارة والتي يمكن تحديدها في النقاط التالية :

- تقوم تقنية النانو بتقديم العديد من الحلول البيئية الجديدة في البناء المستدام، والتي يمكن أن تؤدي إلى استخدام أفضل للموارد الطبيعية، والحصول على ميزة معينة أو خاصية ذات استخدام بسيط للمواد أو تساعد أيضًا في حل بعض المشكلات المتعلقة بقضايا الطاقة في البناء (الاستهلاك والتوليد).
- بالاضافة الى تحسين عمليات الإنتاج والمواد والمكونات للمباني الجديدة هناك أيضًا عناصر رئيسية وإمكانيات فريدة من نوعها للتجديد البيئي المبتكر للمباني القائمة والتي تمثل تحديًا رئيسيًا للبناء المستدام.
- إن الاستخدام الحالي والمحتمل لتقنيات النانو في مجال العمارة يدفعنا إلى مراجعة مواد البناء والتشييد مثل التدخل بخصائص المواد الأكثر استخدامًا في الإنشاءات باستحداث واستخدام مواد ذكية لتحفيز مفهوم استهلاك الطاقة وانتاج الأجهزة التي يمكن دمجها في المبنى المستدام وبدقة عالية [ii].

الجدول(1): يوضح تصنيف تطبيقات تقنية النانو في العمارة- المصدر: Enrico Ercolani, (2012), "Nano Materials For Architecture", P(1-18) -بتصرف الباحثة.

تصنيف تطبيقات تقنية النانو في العمارة		
مواد النانو	**المواد الانشائية**	الخرسانة الاسمنتية - حديد النانو - الخشب المعالج بتقنية النانو - المواد الانشائية الجديدة
	المواد الغير الانشائية أو المكملة	زجاج النانو - الالومنيوم المعالج بتقنية النانو - الحوائط الجافة
	الطلاءات	التنظيف الذاتي (تأثير اللوتس – التحفيز الضوئي)، سهل التنظيف، مضاد للبكتريا، مكافحة الكتابة على الجدران، مضاد للضباب، مضاد للانعكاس، مضاد للبصمة.
	المواد العازلة	العزل الحراري (الواح العزل المفرغة VIPs– الهلاميات الهوائية Aerogel – النانوجل – الاغشية الرقيقة)
أجهزة النانو	**الإضاءة**	النانو ليد Nano LED – نقاط الكم الضوئية QLED - شاشة الصمامات الثنائية العضوية الباعثة للضوء OLED
	تنقية الهواء	تنقية الهواء الداخلي – تنقية الهواء الخارجي
	تنقية المياه	
	الطاقة الشمسية	خلايا السيليكون الشمسية – خلايا الأغشية الرقيقة الشمسية
	تخزين الطاقة	الخلايا الكهروضوئية - المواد المتغيرة الطورPCMs

3- العمارة المستدامة والمباني الخضراء

العمارة المستدامة هي مصطلح عام يصف التصميم الصديق للبيئة باستخدام التقنيات في مجال العمارة. ويشار أيضا إلى العمارة المستدامة باسم العمارة الخضراء أو العمارة البيئية، وهو اتجاه يتحدى المهندسين المعماريين لإنتاج تصميمات ذكية واستخدام التقنيات المتاحة لضمان أن المباني تولد الحد الأدنى من الآثار الضارة للنظام البيئي والمجتمعات [iii]. وللعمارة الخضراء الكثير من الفوائد لخلق بيئة معيشية صحية (شكل رقم 1).

شكل (1) : فوائد العمارة الخضراء – https://attic-design.com/ (accessed 20/9/2023).

1-3 المنظومة الكاملة لتحقيق الاستدامة

يمكن الوصول الي منظومة مستدامة كاملة في العمارة [iv] بتطبيق الخصائص الأساسية للعمارة المستدامة التي يحتاجها المبني أثناء دورة حياته بالكامل وقياس نسبة تحقيقه لتلك الخصائص من خلال معايير أو مبادئ العمارة المستدامة ويوضح الشكل (2) المنظومة الكاملة لتحقيق الاستدامة.

شكل (2) : يوضح المنظومة الكاملة لتحقيق الاستدامة في العمارة
https://attic-design.com/ (accessed 20/9/2)

2-3 العمارة الخضراء وعلاقتها بالاستدامة

العمارة الخضراء أو المباني الخضراء هو مفهوم شامل يستهدف الحفاظ على البيئة صالحة وآمنة خارج المبنى وداخله، وترشيد استخدام الطاقة والمياه وغيرها من الموارد الطبيعية وخفض تكاليف الصيانة والتشغيل واعادة تدوير المياه ومواد البناء. وتعتبر العمارة الخضراء أحد التقنيات للتصميم الواعي بيئيًا في مجال الهندسة المعمارية [v] .

وترتبط المباني الخضراء بمنهجية مستدامة بتطبيق الممارسات الصديقة للبيئة بدءًا من عملية التصميم ومرورًا بعمليات البناء والتشييد و الصيانة والتشغيل حيث يتم تقييم المبنى عن طريق : الموقع ووسائل النقل، المواقع المستدامة والتركيز على البيئة المحيطة بالمبنى و العلاقة بين الحيز الداخلي والبيئة المحيطة، وكفاءة المياه وتوفيرأنظمة الانارة و التهوية الجيدة وجودة البيئة الداخلية المتمثلة في الراحة الحرارية والبصرية والضوئية.

وترجع أهمية المباني الخضراء إلى توظيف الخامات ومواد البناء الخضراء الصديقة للبيئة واستغلال الطاقات المتجددة كالطاقة الشمسية والرياح والأمواج والمد والجزر، والتكيف مع المناخ باستخدام التكنولوجيا التي تراعي البيئة لتقليل استهلاك الطاقة الكهربائية، الحفاظ على مصادر المياه [vi] .

4- أنظمة تقييم المباني الخضراء

تعد أنظمة تقييم المباني الخضراء أداة موضوعية ووسيلة لقياس أداء المباني وتقييمها رقميًا ومقارنتها بغيرها، وعادة ما يكون ذلك في شكل قائمة تحتوي على فئات للتصنيف يتم اختيارها بعناية لتغطية جميع جوانب المباني الخضراء، ويتم تقييم كل عنصر وفقًا لمنهجية معينة. ثم يتم جمع هذه العناصر للحصول على قيمة إجمالية تعبر عن أداء المبنى من منظور المباني الخضراء. ويمكن القيام بهذه الخطوات ورقيا أو آليا من خلال النماذج الرقمية والبرامج الخاصة بها [vii].

وتسعى أنظمة التقييم الى تحقيق الأهداف التالية:

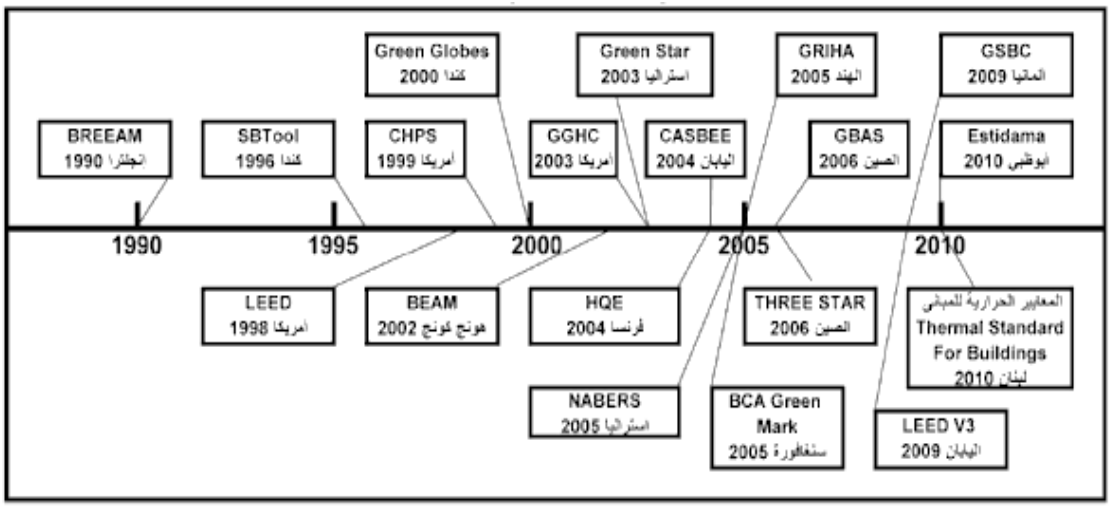
أ) تحقيق التحسين المستمر لأداء المباني وزيادة سوق المباني المستدامة مع تقليل الأثر البيئي لها.

ب) توفير مقياس لتأثير المبنى على البيئة المحيطة. وتشمل التأثيرات البيئية كل من (استخدام الطاقة – استهلاك المياه – استخدام الموارد – ظروف الموقع – معدل المخلفات).

ج) وضع معايير ذات مصداقية للمباني يمكن الحكم عليها بموضوعية [viii].

يوجد أكثر من 40 نظام لتقييم الجودة الشاملة والتي تسمى عادة أنظمة تصنيف المباني الخضراء (شكل 3) ومن أشهرهم LEEDفي الولايات المتحدة / نظام BREEAM في المملكة المتحدة / نظام CASBEE في اليابان / نظام Minergie في سويسرا / نظام HK Beam في هونغ كونغ / نظام التقييم اللؤلؤي ESTIDAMA في أبو ظبي الإمارات العربية المتحدة كما يوجد على المستوي المحلي نظام تصنيف الهرم الأخضر (GPRS) في مصر . وتقيس أنظمة التصنيف المستويات النسبية لأداء المباني مع الأهداف والمتطلبات، أي أنه بشكل عام الهدف هو إنشاء مشروعات مسؤولة بيئيًا مع استخدام الموارد بكفاءة طوال دورة حياة المشروع، فتشمل مزايا استخدام أنظمة التصنيف الأخضر ما يلي :

- يمكن تحديد التطلعات البيئية
- يمكن العمل على تحقيق أهداف واضحة.
- يمكن التحقق من الأداء البيئي.
- يمكن إثبات الأداء البيئي لأطراف ثالثة.
- يمكن قياس التحسن وإثباته.
- يمكن تسهيل وتشجيع التعليم الأخضر.
- يمكن إنشاء تسويق إيجابي.



شكل (3) تسلسل ظهور أنظمة تقييم المباني المستدامة - https://www.archdiwanya.com/2022/03/leed-breeam-casbee-green-globes.html (accessed 22/9/2023)

5- نظام الهرم الأخضر لتقييم المباني المستدامة GPRS

الهرم الأخضر هو نظام وطني محلي لتصنيف المباني الخضراء في مصر ويسمى نظام تصنيف الهرم الأخضر (GPRS) وتمت صياغته من قبل مركز بحوث الاسكان والبناء (HBRC) بالتعاون مع المجلس المصري للبناء الأخضر (EGBC)، وقد

كلف المجلس بتحديد إطار عمل نظام التصنيف وتم تشكيل لجنة وطنية لمراجعة النظام والموافقة عليه في نهاية المطاف، ووضع في عام 2010 إدراكًا للتحديات البيئية والصناعية والاجتماعية الفريدة في المنطقة [ix].

1-5 فئات تقييم نظام الهرم الأخضر

يتم تقييم المباني ضمن سبعة فئات مماثلة لنظام LEED وتقع ضمن كل فئة من الفئات مجموعة من المعايير الاختيارية والإلزامية، ولن يتم منحها تصنيفًا في هذه الفئة إذا لم يتم استيفاء الحد الأدنى من المتطلبات الإلزامية، وللحصول على شهادة الهرم الأخضر يجب أن تفي بجميع المتطلبات الدنيا الإلزامية المحددة من قبل البرنامج.[x]

الجدول(2): يوضح الفئات والنسب المئوية لكل فئة من فئات تصنيف النظام والنقاط الخاصة بها- المصدر: Green Pyramid Rating System (GPRS). The Egyptian Green Building Council. Egypt: Housing and Building National Research Center; 2017.

	الفئة (Category)	النسبة المئوية	النقاط (points)
1	الموقع المستدام - Sustainable Site	% 10	40
2	كفاءة الطاقة – Energy Efficiency	% 28	56
3	كفاءة المياه – Water Efficiency	% 30	60
4	المواد والموارد – Materials & Resources	% 12	24
5	جودة البيئة الداخلية - Indoor Environmental Quality	% 12	24
6	الإدارة - Management	% 8	16
7	الإبتكار والقيم المضافة - Innovation & Added Value	%5 إضافية	10
	الإجمالي	**%105**	**230**

2-5 مستويات نظام تصنيف الهرم الاخضر

للحصول على شهادة نظام تصنيف الهرم الأخضر "Green Pyramid"، يجب أن يفي المشروع بجميع المتطلبات الدنيا الإلزامية المذكورة، وقد يحصل على نقاط ائتمان من خلال استيفاء معايير معينة. سيتم تصنيف المشاريع بناءً على النقاط المتراكمة وفقًا لمستويات التصنيف حيث يتم جمع درجات فئات التقييم لينتج مُعدل درجات شامل للمبنى، والذي بدوره يصف ويُحدد مستوى المبنى وفقاً للنظام، ويُطلق على كل مستوي لقب "الأخضر" تأكيداً على أن الهدف الأساسي هو تعزيز حقيقة الوصول إلى المبنى الأخضر. ويوضح جدول (3) مستويات التقييم لنظام تصنيف الهرم الاخضر- المصدر: Green Pyramid Rating System (GPRS). The Egyptian Green Building Council. Egypt: Housing and Building National Research Center; 2017.

جدول (3) : مستويات التقييم لنظام تصنيف الهرم الاخضر

	الوزن النسبي	مستوي التصنيف	
1	**أقل من 30%**	**مرفوض - Denied**	
2	**≤%40> - %30**	**هرم واحد أخضر**	**معتمد - Certified**
3	**≤%50> - %40**	**هرمين أخضر**	**برونزي – Bronze**
4	**≤%65> - %50**	**3 أهراهات أخضر**	**فضي - Silver**
5	**≤%80> - %65**	**4 أهرامات أخضر**	**ذهبي - GOLD**
6	**%80 فأكثر**	**5 أهرامات أخضر**	**بلاتيني - Platinum**

3-5 إصدارات نظام تصنيف الهرم الاخضر

تم اصدار نسختين مختلفتين للهرم الأخضر وهما: الاصدار التجريبي (GPRS V1) والاصدار المعتمد (GPRS V2).

الجدول(4): يوضح مقارنة عامة بين الاصدارين التجريبي والمعتمد - المصدر: Eman M. E. Attiya, Mohamed A. Shebl, and Mai M. Nasser (March-2020), "A Comparative Analysis of LEED and GPRS for the Applicability in Egyptian Office Buildings", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 9 Issue 03

وجه المقارنة	GPRS V1	GPRS V2
الإصدار	تجريبي	معتمد
النشأة	مصر (محلي)	مصر (محلي)
الجهة المنظمة	المجلس المصري للأبنية الخضراء (EGGBC)	المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء (HBRC)
تاريخ الاصدار	2011	2017
تقييم المباني	المباني الجديدة	المباني الجديدة – التجديدات الرئيسية
الفئات الرئيسية و أوزانها النسبية	1. الموقع المستدام (15%) 2. كفاءة الطاقة (25%) 3. كفاءة المياه (30%) 4. المواد والموارد (10%) 5. جودة البيئة الداخلية (10%) 6. الإدارة (10%) 7. الإبتكار والقيم المضافة (Bonus - 5%)	1. الموقع المستدام (10%) 2. كفاءة الطاقة (28%) 3. كفاءة المياه (30%) 4. المواد والموارد (12%) 5. جودة البيئة الداخلية (12%) 6. بروتوكولات الإدارة (8%) 7. الإبتكار والقيم المضافة (Bonus - 5%)
نقاط التقييم	180 نقطة	230 نقطة
مستويات التقييم	1. غير معتمد : أقل من 40 نقطة 2. معتمد : 40-49 نقطة 3. الهرم الفضي : 50-59 نقطة 4. الهرم الذهبي : 60-79 نقطة 5. الهرم الأخضر : 80 نقطة فأكثر	1. مرفوض : أقل من 30% 2. هرم واحد أخضر (معتمد) : 30%-40% 3. هرمين (برونزي) : 40-50% 4. 3 أهراهات (فضي) : 50-65% 5. 4 أهرامات (ذهبي) : 65-80% 6. 5 أهرامات (بلاتيني) : 80% فأكثر

من خلال قراءة جدول رقم (4) يلاحظ أنه تم تعديل أوزان الفئات في الإصدار الثاني من نظام تصنيف الهرم الأخضر، فاعتمد التعديل على إعادة تقييم أهمية كل جانب أو فئة ومساهمتها في "المبنى الأخضر". وترجع أسباب ذلك إلى ما يلي :

- تحسين الأداء والمرونة
- تحسين وتطوير النظام ليتماشى مع التغييرات في البيئة والتطورات الحديثة في مجال التكنولوجيا والمعلومات.
- تحسين أداء النظام نفسه، وتحسين التقنيات والمعايير التي يحققها النظام.
- إن الطاقة والمياه تقدر بنسبة 50% من النتيجة بالنظر إلى أن مصر تعاني بالفعل من فقر مائي وتواجه ضغوطًا هائلة على مواردها من الطاقة [xi].

6- الخطوات المتبعة في الدراسة التطبيقية

تم اختيار المبني موضوع دراسة الحالة (أحد مباني أكاديمية القاهرة الجديدة) بناء على إمكانية الوصول للمعلومات الأساسية له من خلال الزيارات الميدانية ودراسة تصميم وتوجيه المبني وارتفاع وعدد الأدوار وأبعاد النوافذ ومكونات طبقات الحوائط الخارجية والسقف النهائي وسمك كلا منها، ومن خلال تلك المعلومات قامت الباحثة برسم مجسم للمبني وبواسطة بعض البرامج المساعدة تم دراسة مدى كفاءة الغلاف الخارجي للمبني وتوافقه مع المناخ المحيط بمنطقة الدراسة، وذلك بواسطة المعادلات الحسابية، وقد تبين أن المبني يعتمد اعتماد أساسي على التهوية والاضاءة الصناعية، مما يزيد من معدلات استهلاك الطاقة وبالتالي زيادة الآثار السلبية على البيئة، ويركز البحث على محاولة خفض الاكتساب الحراري لتحسين كفاءة الغلاف الخارجي للمبني التعليمي القائم بواسطة تطبيقات تقنية النانو على العناصر المكونة للمبنى بشكل دقيق، ومقارنتها بمتطلبات الكود المصري لترشيد الطاقة بالمباني وتحسين الأداء البيئي للمبنى، وتقييم المبنى وفقا لنظام تصنيف الهرم الأخضر المعتمد محليا، واقتراح معالجة يمكن تطبيقها بشكل فعلى لتحقق متطلبات الكود دون هدم الغلاف الخارجي او إيقاف سير العمل داخل المبني وفي أقل وقت ممكن.

7- دراسة تطبيقية على أحد مباني أكاديمية القاهرة الجديدة

هو أحد مباني مجموعة المعاهد الخاصة بأكاديمية القاهرة الجديدة التي تم تأسيسها في يونيو 2001م. ويوضح جدول(5) المعلومات الأساسية لمبنى هندسة بأكاديمية القاهرة الجديدة – (الباحثة، 2024).

الموقع	التجمع الخامس – القاهرة الجديدة وإحداثيات المبنى 59’40° 29 شمالا، 26’08° 36 شرقا	
اسم المؤسسة التعليمية	أكاديمية القاهرة الجديدة (مجموعة معاهد القاهرة الجديدة حاليا)	
نوع المؤسسة التعليمية	معهد خاص	
استخدام المبنى	تعليمي - اداري	
تاريخ الانشاء	2001م	
المساحة	مسطح الدور الواحد في المبنى 1500 م^2 بإجمالي 4500 م^2 للمبنى	
الغلاف الخارجي	الجدران الخارجية من الطوب والحجر والرخام	
سطح المبنى	خرسانة مسلحة	
الفراغات الداخلية	يشمل المبنى قاعات للرسم المعماري والمدرجات والمكاتب الادارية ومكاتب اعضاء هيئة التدريس ودورات المياة	
السلالم	3 سلالم خرسانية	
التشطيبات الداخلية	حوائط	دهانات
	أرضيات	سيراميك 60*60 سم
	أسقف	سقف معلق من البلاطات الجبسية 60*60 لجميع فراغات المبنى
	فتحات	ألومنيوم به زجاج شفاف مفرد شفاف بسمك 6مم

1-7 وصف المبنى:

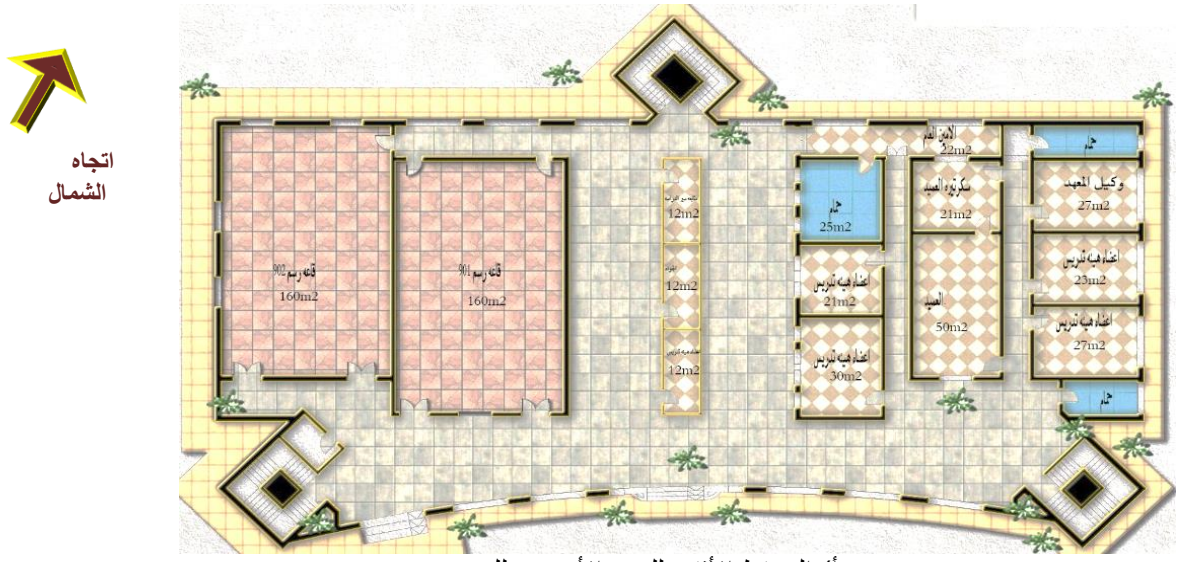
يتكون المبنى من ثلاثة أدوار (الأرضي والأول والثاني) ويشتمل على العناصر التالية :

الدور الأرضى يتكون من قاعات رسم لقسم العمارة بسعة 50 طالب لكل قاعة بالاضافة الى فراغات إدارية (مكتب عميد المعهد والسكرتارية الخاصة به ومكتب وكيل المعهد ومكتب الأمين العام وشؤون العاملين ومكاتب أعضاء هيئة التدريس وبعض المكاتب الادارية الأخرى).

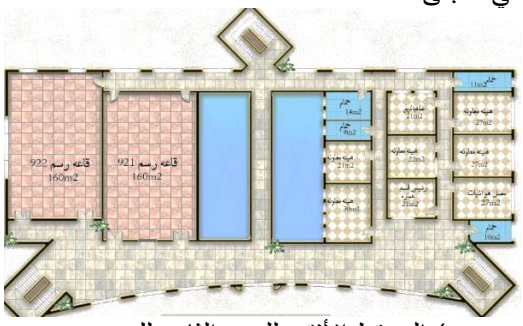
الد ور الأول يشمل على 4 مدرجات للمحاضرات للأقسام المختلفة بسعة 100 طالب لكل مدرج.

الدور الثاني يشمل جزء إداري خاص بمكاتب أعضاء هيئة التدريس للأقسام المختلفة (عمارة - إتصالات - هندسة كهربية - هندسة مدنية) بالاضافة الى قاعتين رسم لقسم العمارة بسعة 50 طالب لكل قاعة.

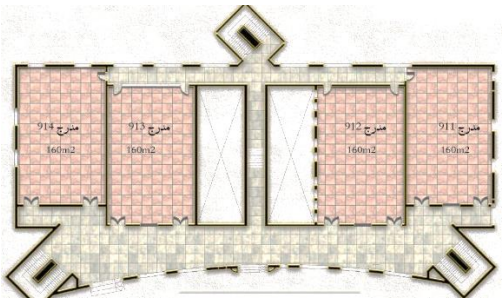
شكل (4) منظور للمبنى من خلال برنامجAutodesk Revit Architecture (الباحثة، 2024)



أ) المسقط الأفقي للدور الأرضي للمبنى



ج) المسقط الأفقي للدور الثاني للمبنى

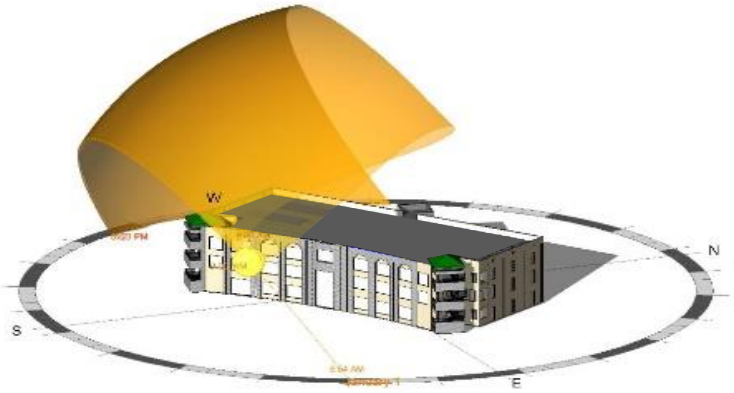


ب) المسقط الأفقي للدور الأول للمبنى

شكل (5) المساقط الأفقية للمبنى – (الباحثة،2024)

2-7 توجيه المبنى:

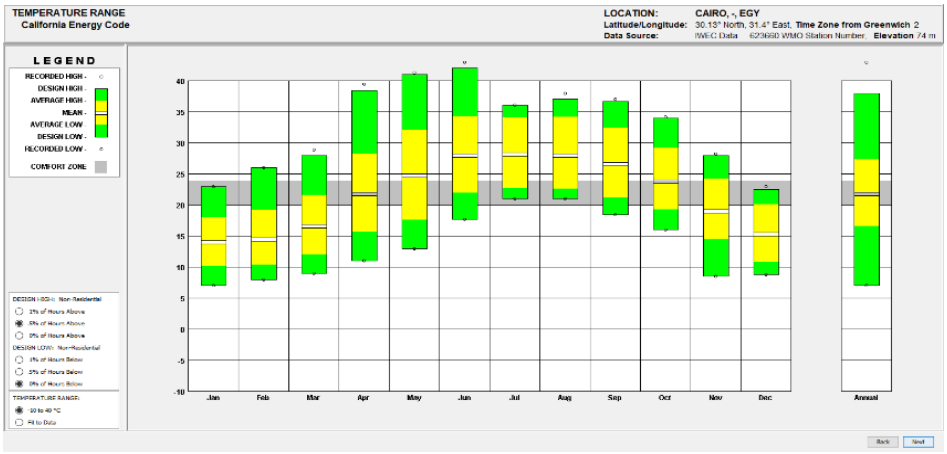
تم توجيه المبنى بحيث يواجه الممر الأمامى الواجهة الجنوبية الشرقية بينما صالات الرسم والمدرجات تم توجيهها شمال غرب اما بالنسبة للفرغات الادارية وغرف أعضاء هيئة التدريس فتوجيهها شمال شرق والبعض منها ليس له تهوية أواضاءة طبيعية مما يؤثر سلبا على المستخدمين.



شكل (6) توجيه المبنى طبقا للاتجاهات الأصلية وحركة الشمس بالنسبة للواجهات على مدار اليوم - (الباحثة بواسطة برنامج " Climate Consultant")

3-7 البيانات المناخية المستخدمة في المحاكاة

تم تطبيق محاكاة دراسة الحالة في المنطقة المحيطة بالمبنى "منطقة القاهرة الجديدة"، وتم عمل الدراسات المناخية باستخدام برنامج "Climate Consultant" الذي يوفر البيانات المناخية وفقًا لموقع المبنى. ويوضح شكل (7) يوضح التحليلات المناخية لدرجات الحرارة ويتضح منها أن أعلى معدل لدرجات الحرارة هي 42 درجة مئوية والمسجلة في شهر يونيو.



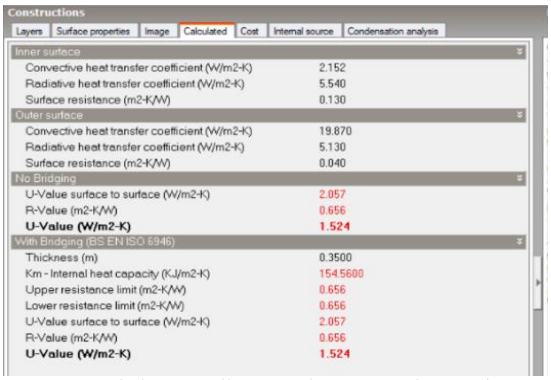
شكل (7) متوسط درجات الحرارة للمنطقة المحيطة بالمبنى – (الباحثة بواسطة برنامج "Climate Consultant")

4- الغلاف الخارجي للمبنى

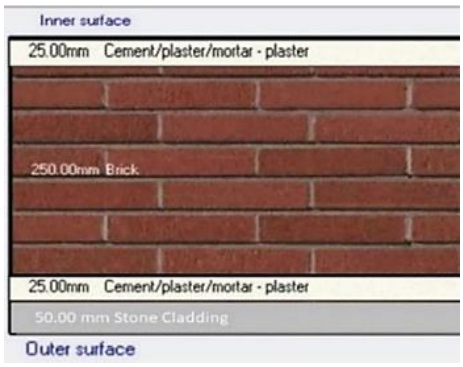
تمت المحاكاة للوضع الحالي للمبنى باستخدام مواد الغلاف الخارجي الحالية له ويتم تقسيمها كالتالي:

- **مواد الجدران**

تتكون الجدران من الطوب المحروق بسمك 25 سم وعليه كسوات من الحجر بسمك 2سم في الواجهة الرئيسية، أما الواجهات الجانبية بها طبقتين من المحارة والدهانات بسماكة 2 سم.



شكل (8) الخصائص الفيزيائية للجدران الخارجية – (الباحثة بواسطة برنامج Design Builder)



شكل (9) طبقات الحائط الخارجي للواجهة الرئيسية - (الباحثة بواسطة برنامج Design Builder)

- **الفتحات (الشبابيك)**

الشبابيك المستخدمة في كامل المبنى من الألومنيوم والزجاج المستخدم مفرد شفاف بسمك 6 مم. ويوضح جدول (6) الخواص الفيزيائية للزجاج المستخدم في دراسة الحالة.

جدول (6) : الخواص الفيزيائية للزجاج المستخدم في دراسة الحالة			
نوع الزجاج	الاكتساب الحراري للشمس (SHGC)	معامل النفاذية للضوء (VT)	النفاذية الحرارية (U-value)
زجاج مفرد شفاف (6مم)	0.819	0.881	5.778

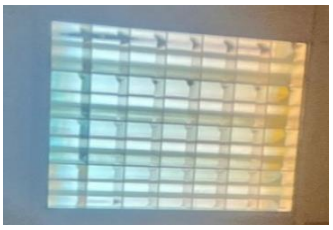
- **مواد الأسقف**

يتكون سقف المبنى من 7 طبقات بسمك اجمالي 38 سم للخرسانة المسلحة وعزل البيتومين وطبقة العزل الحراري وخرسانة الميول والرمل والمونة الأسمنتية والبلاط السنجابي. ويوضح جدول (7) الخصائص الفيزيائية لسطح المبنى والطبقات المكونة له – (الباحثة بواسطة برنامج Design Builder)

جدول (7) : الخواص الفيزيائية لطبقات السطح في المبنى	
With Bridging (BS EN ISO 6946) Thickness (m) 0.3500 Km - Internal heat capacity (KJ/m2-K) 0.0000 Upper resistance limit (m2-K/W) 1.252 Lower resistance limit (m2-K/W) 1.252 U-Value surface to surface (W/m2-K) 0.899 R-Value (m2-K/W) 1.252 **U-Value (W/m2-K) 0.799**	
شكل (10) طبقات الدور المتكرر في المبنى	شكل (11) طبقات السطح في المبنى

5-7 وسائل التهوية والإضاءة في المبنى

بالنسبة للتهوية فتعمل التكييفات فقط في أيام الحرارة المرتفعة عن 23 درجة مئوية والتكييف المستخدم في المبنى من نوع الاسبليت ويتم إهمال التهوية بالممرات والحمامات، والتكييف لا يعمل من أجل التدفئة، ويستخدم في الفراغات الإدارية فقط، أما القاعات التدريسية فيستخدم فيها المراوح وهي لا تحقق الراحة الحرارية بالنسبة للمستخدمين، ويعتبر المبنى لا يحقق تهوية طبيعية بالشكل المطلوب من خلال تقييم الوضع الراهن له، وبالتالي تقييم مدى تأثير المعالجات في البديل المقترح على استهلاك الطاقة.
أما الإضاءة في كامل فراغات المبنى فهي عبارة عن كشافات بكل كشاف 4 لمبات من نوع الفلورسنت كومبكت 80 وات للوحدة


أ) وحدة الاضاءة المستخدمة في المبنى

ب) المراوح المستخدمة في القاعات التدريسية في المبنى

ج) التكييف الاسبليت المستخدم في المكاتب الادارية

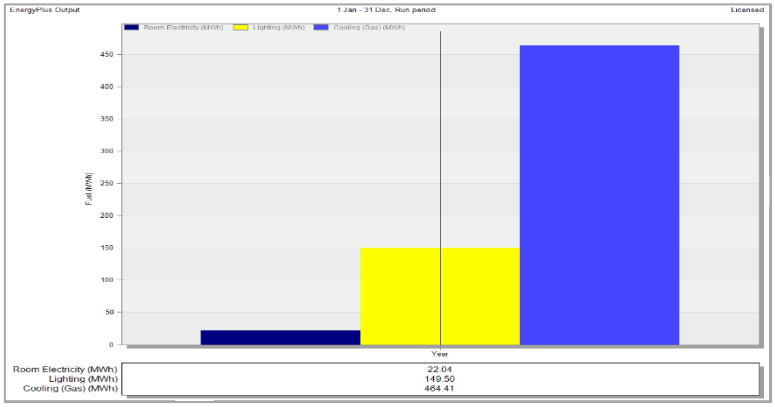
شكل (12) وسائل التهوية والإضاءة في المبنى – (الباحثة، 2024)

6-7 المعلومات المستخرجة من البرنامج

تم استنتاج النقاط التالية بعد محاكاة الوضع الراهن للمبنى على برنامج Design Builder:

أولا : معدل استهلاك الطاقة للمساحات الداخلية

تم استنتاج المعدل السنوي لاستهلاك الطاقة داخل المبنى والتي تنقسم الى (الإضاءة – أجهزة الكمبيوتر – أحمال التبريد)



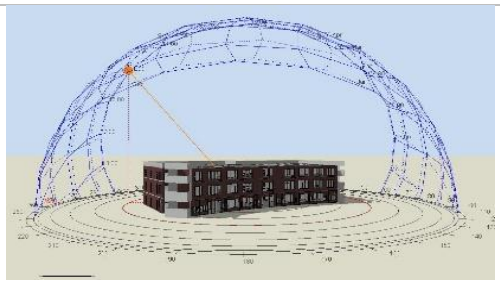
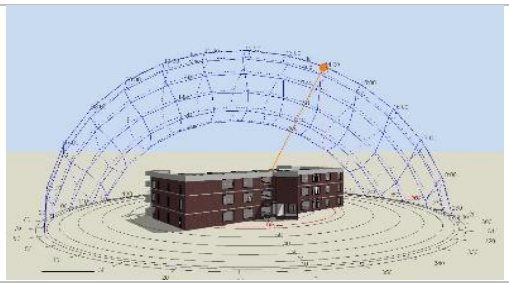
شكل (13) استهلاك الطاقة سنويا في المبنى ويشمل الإضاءة واجهزة الكمبيوتر واحمال التبريد (ميجا وات ساعة) - (الباحثة بواسطة برنامج Design Builder)

ومما سبق ينتج أن:
- اجمالي استهلاك الطاقة في اضاءة المبنى سنويا = 149.5 ميجا وات ساعة
- اجمالي استهلاك الطاقة في اجهزة الكمبيوتر بالمبنى سنويا = 22.04ميجا وات ساعة
- اجمالي استهلاك الطاقة في تبريد المبنى سنويا =484.41 ميجا وات ساعة
- اجمالي استهلاك الطاقة الكلي للمبنى سنويا = 635.95 ميجا وات ساعة

وبذلك فإن أكبر استهلاك للطاقة يكون لتبريد المبنى ويليها الاضاءة وأقل استهلاك للمبنى ناتج من أجهزة الكمبيوتر.

ثانيا : الاكتساب الحراري من الخارج خلال اليوم

يختلف تأثر المبنى بالاكتساب الشمسي بإختلاف عدد ساعات تعرض كل واجهة من واجهات المبنى لأشعة الشمس المباشرة مع اختلاف زاوية ميل الشمس وفصول السنة المختلفة، ويوضح شكل (14) حركة الشمس على المبنى. كما يوضح جدول (8) الاكتساب الحراري الكلي لعناصر المبنى علي مدار اليوم.

	
أ) حركة الشمس على الواجهة الجنوبية الغربية صيفا: الساعة 2 ظهرا يوم 21 يوليو	ب) حركة الشمس على الواجهة الشمالية الغربية صيفا: الساعة 2 ظهرا يوم 21 يوليو
شكل (14) حركة الشمس صيفا على واجهات المبنى المختلفة - (الباحثة، بواسطة برنامج Design Builder)	

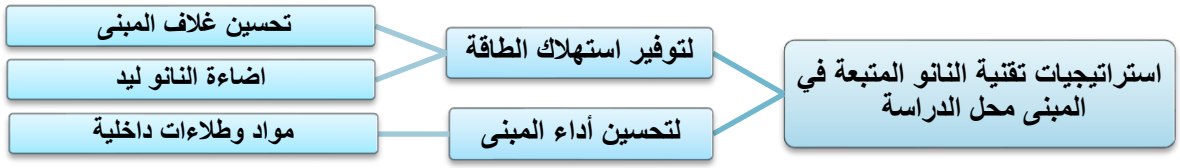
جدول (8) الاكتساب الحراري الكلي لعناصر المبنى علي مدار اليوم (الباحثة بواسطة برنامج Design Builder)

Glaszing Gains (KW)	Wall Gains (KW)	Roof & Ceiling Gains (KW)	Solar Gains (KW)
38.7	52.4	17.86	172.6

ومن نتائج المحاكاة السابقة يتضح التالي:
- تتعرض حوائط المبنى الخارجية لأعلى نسبة من الإكتساب الشمسي (52.4 كيلو وات) ويليها زجاج الفتحات (38.7 كيلو وات) ولذلك يتم تركيز المعالجات على الجدران الخارجية والفتحات.
- يتعرض سطح المبنى لأقل كمية من الاشعاع الشمسي بالمقارنة بعناصر غلاف المبنى الأخرى وذلك لزيادة كمية الإظلال الناتج من الخلايا الشمسية الموجودة على سطح المبنى، ولذلك تم اهمال سطح المبنى في المعالجات الخاصة بغلاف المبنى الخارجي.

8- استراتيجية تطبيق تقنية النانو علي المبنى لتوفير استهلاك الطاقة وتحسين الأداء البيئي للمبنى

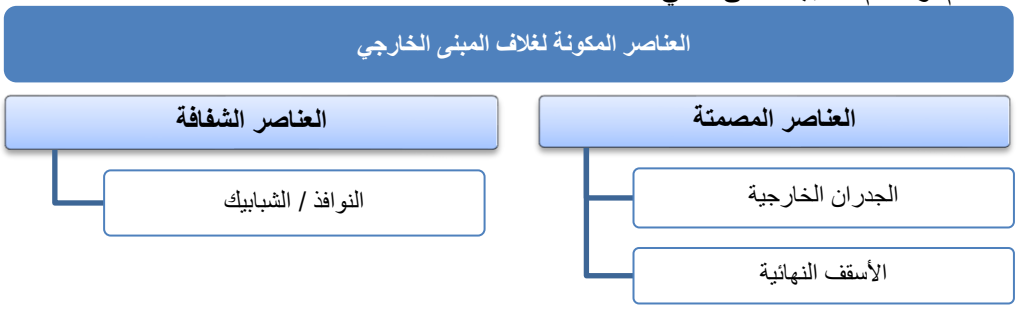
وفرت تطبيقات تقنية النانو إمكانية تحسين أداء المبنى وتطويره لتحقيق الاستدامة ولتقليل المشاكل البيئية المستقبلية ولتوفير أفضل بيئة داخلية تبعا لوظيفته الأساسية وخصوصا توفير الطاقة المستهلكة باستخدام مواد النانو. وتم أخذ النقاط التالية في الإعتبار عند اختيار معالجات المبنى التعليمي القائم محل الدراسة:
- مراعاة الجانب الاقتصادي (عدم ازالة أي عنصر من عناصر المبنى واعادة بناءه).
- عدم تعطيل العملية الدراسية (وظيفة المبنى).
- مراعاة متطلبات الكود المصري للمباني وخاصة كود العزل الحراري.



شكل (15) استراتيجيات تقنية النانو المتبعة في المبنى محل الدراسة – (الباحثة، 2024)

8-1 تطبيقات تقنية النانو المستخدمة في غلاف المبنى

تم تطبيق بعض تطبيقات تقنية النانو على المبنى محل الدراسة والتي تساهم في توفير استهلاك الطاقة بشكل خاص وتحسين أداء المبنى بشكل عام. وتنقسم التطبيقات الى التالي:

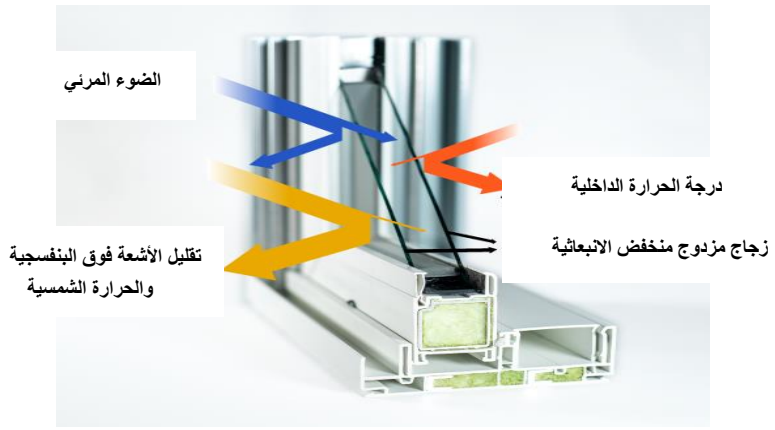


شكل (16) العناصر المكونة لغلاف المبنى الخارجي – (الباحثة، 2024)

8-1-1 الفتحات (زجاج النانو المزدوج منخفض الإنبعاثية (Low-E Glass

تم استخدام الزجاج المنخفض الانبعاثية في كامل فراغات المبنى وخاصة القاعات التدريسية وذلك بسبب تعرض القاعات إلى نسبة عالية جدا من الإشعاع الشمسى المباشر الذي يؤدى إلى الوهج مما يزعج مستخدمى الفراغات أو الطلاب (شكل 17). حيث يستخدم طلاء خاص على الزجاج يطلق عليه E-Low ويعطي الزجاج الخصائص التالية [xii] :

1) يسمح بدخول الضوء المرئي فقط إلى الفراغ
2) يوفر الحماية من الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء
3) يضفي خاصية العزل الحراري على الزجاج
4) يعمل كحاجز بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية، وبالتالي يمنع نقل الطاقة.



شكل (17) زجاج النانو المقترح لتجنب الوهج في القاعة - https://boniankom.com/low-e-glass/ (accessed 26/6/2023)

جدول (9) الخصائص الفيزيائية للزجاج المستخدم في المحاكاة – (الباحثة بواسطة برنامج Design Builder)

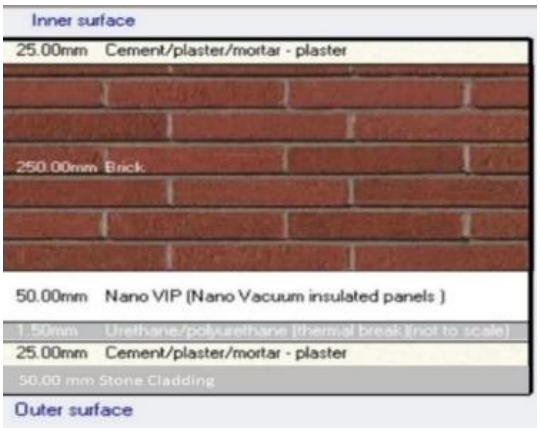
نوع الزجاج	الاكتساب الحراري للشمس (SHGC)	معامل النفاذية للضوء (VT)	النفاذية الحرارية (U-Value)
زجاج مزدوج منخفض الانبعاثية	0.291	0.208	1.628

8-1-2 الحوائط الخارجية (ألواح العزل المفرغة Nano Vacuum Insulation Panels (VIP

تم استخدام هذه الألواح لعزل الحوائط بسمك 5 سم كما في شكل (19) وخواصها كالتالي [xiii] :

1) مقاومة حرارية أعلى من العزل التقليدي
2) سمك الألواح منخفض وقابلة لإعادة التدوير
3) عزل حراري عالي الأداء
4) تجديد مناسب للمباني القائمة

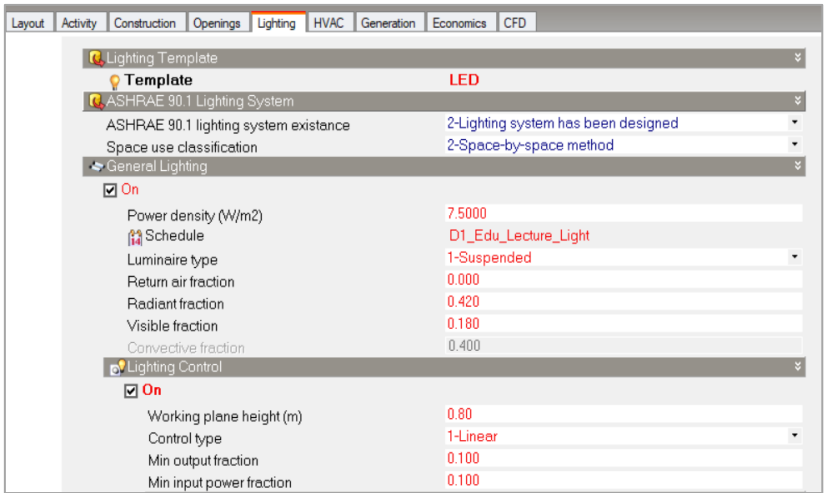
شكل (18) الخصائص الفيزيائية للحائط بعد استخدام الواح العزل المفرغة - (الباحثة بواسطة برنامج Design Builder)



شكل (19) طبقات الحائط بعد استخدام الواح العزل المفرغة - (الباحثة بواسطة برنامج Design Builder)

2-8 تطبيقات تقنية النانو المستخدمة في فراغات المبنى الداخلية لتوفير الطاقة:

من الممكن تنفيذ بعض المعالجات داخل المبنى لرفع كفاءة الطاقة من خلال تبديل الإضاءة التقليدية بتقنية النانو ليد "Nano LED Light" وبالتالي تقليل الطاقة الكهربية المستهلكة في الإضاءة، وفي المحاكاة تم توفير الطاقة المستهلكة في الإضاءة بنسبة 79% حيث أن الطاقة المستهلكة في الإضاءة التقليدية قبل المعالجات 149.50 ميجا وات وبعد المحاكاة باستخدام النانو ليد أصبحت 31.25 ميجا وات سنويا.



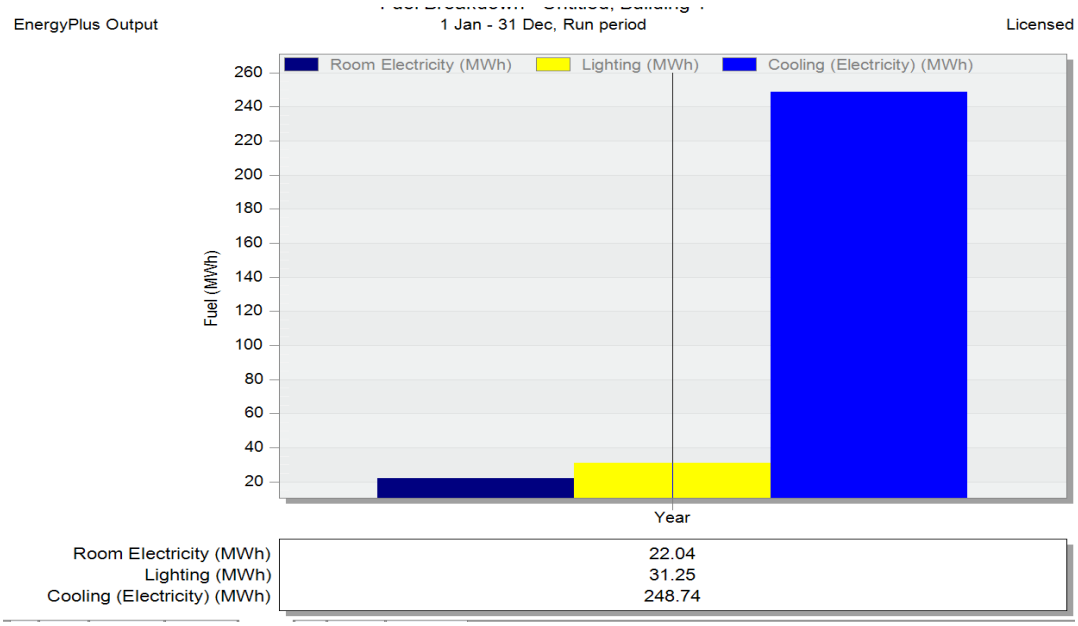
شكل (20) خصائص وحدات الإضاءة LED المستخدمة في المحاكاة بواسطة برنامج Design Builder

3-8 النتائج المستخرجة من البرنامج بعد تطبيق تقنية النانو

من خلال تحقيق المعالجات المعمارية الناتجة من تطبيقات تقنية النانو في المبنى تم التوصل إلى النتائج التالية:

1-3-8 معدل استهلاك الطاقة للمساحات الداخلية

يتضح من تطبيق المعالجات التغير الملحوظ في نسبة استهلاك المبنى للطاقة وخاصة أحمال التبريد، وتم استنتاج الاستهلاك السنوي للطاقة الكهربائية الكلية للمبنى والتي تشمل الإضاءة وأجهزة الكمبيوتر وأحمال التبريد كما هو موضح في شكل (21).



شكل (21) استهلاك الطاقة السنوي في المبـنى بعد تطبيق معالجات النانو ويشمل الإضاءة واجهزة الكمبيوتر واحمال التبريد (ميجا وات ساعة) - (الباحثة بواسطة برنامج Design Builder)

والذي يمكن من خلاله استنتاج ما يلي :

- اجمالي استهلاك الطاقة في اضاءة المبنى سنويا = 31.25 ميجا وات ساعة
- اجمالي استهلاك الطاقة في اجهزة الكمبيوتر بالمبنى سنويا = 22.04ميجا وات ساعة
- اجمالي استهلاك الطاقة في تبريد المبنى سنويا = 248.74ميجا وات ساعة
- اجمالي استهلاك الطاقة الكلي للمبنى سنويا = 302.03 ميجا وات ساعة

8-3-2 الاكتساب الحراري من الخارج خلال اليوم:

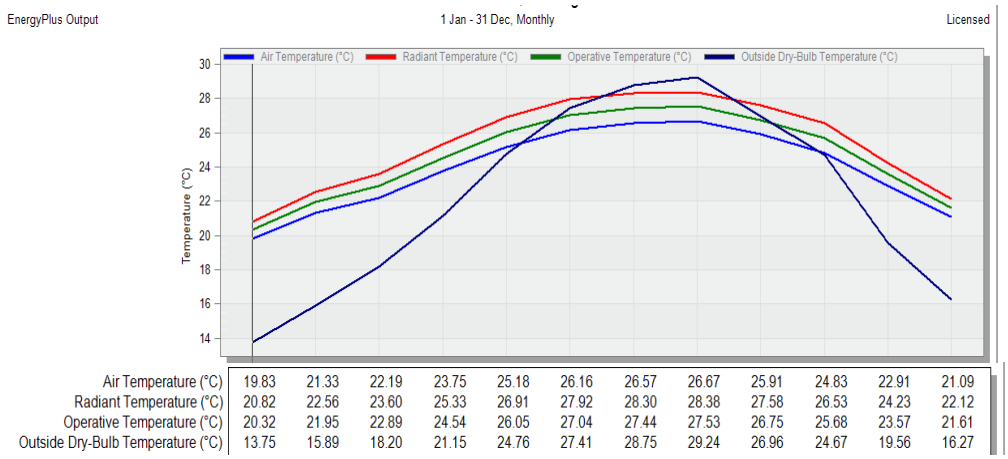
انخفضت نسبة الاكتساب الحراري لعناصر غلاف المبنى (الحوائط – زجاج الفتحات). ويوضح جدول (10) الاكتساب الحراري لعناصر المبـنى من الخارج بعد تطبيق معالجات النانو (كيلو وات) - (الباحثة بواسطة برنامج Design Builder)

جدول (10) الاكتساب الحراري لعناصر المبـنى من الخارج بعد تطبيق معالجات النانو (كيلو وات)

Glaszing Gains (KW)	Wall Gains (KW)	Roof & Ceiling Gains (KW)	Solar Gains (KW)
20.88	3.37	17.86	123.08

8-3-3 درجة الحرارة الداخلية للمبنى

أدت المعالجات الى انخفاض كل من درجة حرارة الهواء الداخلي ودرجة حرارة التشغيل والإشعاع الحراري والتي ترتفع بالتوازي على مدار شهور السنة، فتصل للحد الأقصى الذي لا يتعدى 27 درجة مئويـة في شهري (يوليه – أغسطس) بينما تقل للحد الأنى والذي لا يقل عن 19 درجة مئوية في شهري (يناير – ديسمبر) كما يتضح في شكل (22).



Air Temperature (°C)	19.83	21.33	22.19	23.75	25.18	26.16	26.57	26.67	25.91	24.83	22.91	21.09
Radiant Temperature (°C)	20.82	22.56	23.60	25.33	26.91	27.92	28.30	28.38	27.58	26.53	24.23	22.12
Operative Temperature (°C)	20.32	21.95	22.89	24.54	26.05	27.04	27.44	27.53	26.75	25.68	23.57	21.61
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	13.75	15.89	18.20	21.15	24.76	27.41	28.75	29.24	26.96	24.67	19.56	16.27

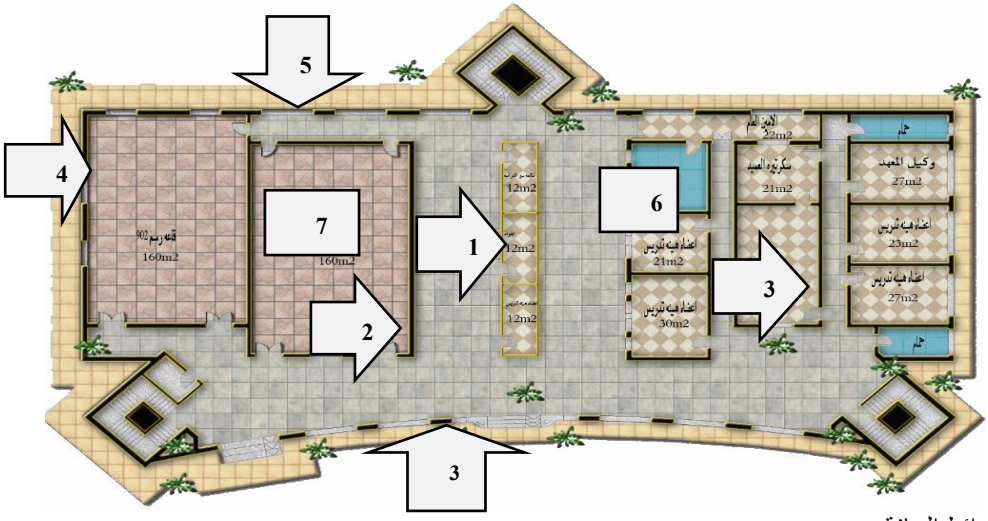
شكل (22) معدل درجة الحرارة الداخلية للمبنى على مدار شهور السنة بعد تطبيق معالجات النانو - (الباحثة بواسطة برنامج Design Builder)

4-8 ملخص معالجات النانو المستخدمة كليا في المبنى محل الدراسة (مواد وأجهزة)

تتلخص معالجات تقنية النانو المستخدمة في المبنى محل الدراسة في كل من مواد النانو ، أجهزة النانو

ويوضح جدول (11) يوضح معالجات تقنية النانو المستخدمة في الفراغات الداخلية الخاصة بالمبنى محل الدراسة لتحسين أداءه وتقليل الحاجة للصيانة بشكل دوري – (الباحثة، 2024).

جدول (11) معالجات تقنية النانو المستخدمة في الفراغات الداخلية الخاصة بالمبنى محل الدراسة



1- الحوائط الجافة
2- دهانات النانو المقاومة للكتابة
3- دهانات النانو ذاتية التنظيف
4- ألواح العزل النانوية في الحوائط الخارجية
5- زجاج النانو منخفض الانبعاثية
6- سيراميك مقاوم للبكتريا
7- سيراميك مقاوم للخدش

شكل (23) المسقط الأفقي للدور الأرضي موضحا عليه معالجات تقنية النانو المستخدمة – (الباحثة، 2024)

ملخص معالجات النانو المستخدمة كليا في المبنى محل الدراسة (مواد وأجهزة)			
مواد النانو	1- الحوائط الداخلية		الحوائط الجافة Dry Walls وهي من الجبس المقوى بسمك 10سم ويمكن دهانها بشكل مباشر دون تجهيز متتميز بكونها: خفيفة الوزن - مقاومة للمياة وللعفن – الصلابة.
	2- الحوائط الخارجية		استخدام ألواح العزل النانوية (VIP) كعازل حراري وصوتي
	3- الطلاءات الخارجية		طلاءات التحفيز الضوئي ذاتية التنظيف
	4- الطلاءات الداخلية	القاعات والمدرجات	دهانات النانو المقاومة للكتابة على الحوائط
		الفراغات الادارية	دهانات النانو ذاتية التنظيف
	5- الأرضيات	الحمامات	سيراميك النانو سهل التنظيف والمقاوم للبكتريا
		الفراغات الداخلية	سيراميك النانو سهل التنظيف والمقاوم للخدش
	6- النوافذ		زجاج مزدوج بطلاء منخفض الانبعاثية بسمك 6مم
أجهزة النانو	7- وحدات الإضاءة		استخدام وحدات إضاءة النانو ليد Nano-LED بدلا من الإضاءات التقليدية.

9- إستراتيجيات تحقيق الاستدامة في المبنى من خلال معايير GPRS

يهدف البحث بشكل أساسي لتحسين الأداء البيئي للمباني باستخدام تطبيقات ومعالجات تقنية النانو، وفيما يلي يتم استعراض مدى تحقيق المبنى محل الدراسة لمعايير نظام تصنيف الهرم الأخضر GPRS المعتمد من قبل مركز البحوث والاسكان المصري .

ويوضح جدول (12) المعايير الخاصة بنظام تقييم الهرم الأخضر التي حققها المبنى – (الباحثة، 2024).

جدول (12) يوضح معالجات تقنية النانو المستخدمة في الفراغات الداخلية الخاصة بالمبنى محل الدراسة

المعيار	النقاط التي حققها المبنى
المواقع المستدامة	- مكافحة الملوثات الهوائية وعدم التأثير السلبي على الموقع - تحقيق التناسب بين المباني والمساحات المفتوحة - تنسيق الموقع يسمح بالتهوية والإضاءة الطبيعية لفراغات المبنى الداخلية - التفاعل الإيجابي للمبنى مع البيئة المحيطة
كفاءة الطاقة	- استخدام ألواح العزل النانوية VIP في الحوائط الخارجية لتوفير استهلاك الطاقة في الفراغات الداخلية - التوفير في الطاقة المستهلكة للصيانة باستخدام طلاءات التحفيز الضوئي ذاتية التنظيف والطلاءات المقاومة للبكتريا - استخدام مواد قليلة الاستهلاك للطاقة وغير ملوثة للبيئة المحيطة - استخدام الطاقات المتجددة والاعتماد عليها
كفاءة المياه	- الحوائط ذاتية التنظيف لتقليل استهلاك المياه - تخزين ميه الأمطار في الخزانات الأرضية لمعالجتها واعادة استخدامها
المواد والموارد	- مواد قابلة لإعادة التدوير - مواد غير ملوثة للبيئة سواء في تصنيعها أو أثناء مرحلة التشغيل - مواد موفرة لإستهلاك الطاقة - مواد توفر في الحاجة لأعمال الصيانة
جودة البيئة الداخلية	- تحقيق الإضاءة والتهوية الطبيعية للفراغات الداخلية للمبنى - المساحات الداخلية مناسبة للأنشطة والإستخدامات الخاصة بها
بروتوكولات الإدارة	- تصميم نموذج BIM ثلاثي الابعاد للمبنى - التوجه لأقل الحلول المعمارية تأثير على البيئة المحيطة بالسلب - تقليل الحاجة للصيانة بسبب استخدام مواد النانو - امكانية التخلص من النفايات بشكل سليم ودوريا
الإبتكار والقيم المضافة	- دمج الحلول المعمارية والتقنية للتفاعل مع البيئة المحيطة والمساهمة في تحسين الأداء البيئي - استخدام مواد النانو التي لها فوائد بيئية كبيرة

وتم الاعتماد على الCHECKLIST الخاصة بالنظام لقياس مدى تحقيق المبنى محل الدراسة لمعايير نظام تصنيف الهرم الأخضر. ويوضح جدول (13) ال CHECKLIST الخاصة بنظام تقييم الهرم الأخضر (GPRS) – Green Pyramid Rating System (GPRS). The Egyptian Green Building Council. Egypt: Housing and Building National Research Center; 2017. – بتصرف الباحثة.

جدول (13) ال CHECKLIST الخاصة بنظام تقييم الهرم الأخضر (GPRS)

	الفئة الأساسية والمعايير الفرعية الخاصة بها	تحقيق المعايير	النقاط المعطاة	النسبة المئوية المعطاة	النقاط الاساسية	النسبة المئوية الأساسية
المواقع المستدامة Sustainable sites (SS)	**1- اختيار الموقع Site Selection**					
	تشجيع التنمية على أراض صحراوية في مستوطنات جديدة أو مدن جديدة (8 نقاط)، أو:	✓	8	%2	12	%3
	إعادة تأهيل المواقع المتضررة لتقليل الضغط على الأراضي غير المطورة (6 نقاط)	-				
	2- خدمات المجتمع والاتصال Community Services & Connectivity					
	اختيار المواقع القريبة من خدمات المدينة (8 نقاط)	✓	8	%2	8	%2
	3- الوصول إلى وسائل النقل العام وحركة المشاة Public Transportation Access and pedstrain access					
	الوصول إلى وسائل النقل العام (5 نقاط)		7	1.75 %	8	%2
	(محطة النقل العام تقع على بعد 500 متر، أو	✓				
	تبادل أكثر من وسيلة نقل يقع على بعد كيلومتر واحد (مثل:الحافلات، المترو، القطار، العبارة)، أو	-				
	في حالة التجمعات السكنية، توجد وصلات نقل داخلية (خدمة نقل خاصة) إلى مواقع النقل العام)	-				
	جودة الوصول المخصص للمشاة (3 نقاط)					
	ممرات وأرصفة للمشاة والمعاقين لربط المنشأة بمحطات النقل العام (نقطتان)، أو	✓				
	ممرات وأرصفة مغطاة بظلال مصنعة أو ظلال طبيعية تغطي مدخل المشاة (3 نقاط).	-				
	4- مسارات مخصصة للدراجات ومواقف للسيارات					
	توفر مسارات للدراجات (نقطتان)	-	2	%0.5	4	%1
	مواقف مخصصة للدراجات (2 نقطة). أو	-				
	توفير أماكن وقوف السيارات بظلال مصنعة أو ظلال طبيعية، مع توفير الأشجار على مسافات منتظمة تغطي ما لا يقل عن 50٪ من أماكن الانتظار. (نقطتان)	✓				
	5- تأثير الجزر الحرارية (Softscape – Hardscape)					
	تأثير الجزر الحرارية للمساحات الخضراء (soft scape)		4	%1	8	%2
	مباني منخفضة الارتفاع (أقل من: أرضي + 4 طوابق): توفير مساحة خضراء مع نباتات أصلية وقابلة للتكيف 15٪ -35٪ من مساحة الأرض (نقطتان). أو	✓				
	مباني عالية الارتفاع (لأكثر من: أرضي + 4 طوابق): توفير مساحة خضراء مع نباتات أصلية وقابلة للتكيف 36٪ -55٪ من مساحة الأرض (4 نقاط).	-				
	تأثير الجزر الحرارية للعناصر الصلبة (Hardscape)					
	توفير الظل لما لا يقل عن 50٪ من ساحة انتظار السيارات من الأشجار و / أو المظلات (نقطتان).	-				
	استخدام الألوان الفاتحة مع ما لا يقل عن 50٪ من مواد الموقع الصلبة (نقطتان).	✓				
	إجمالي نقاط المواقع المستدامة		29	7.25 %	40	%10
كفاءة الطاقة Energy Efficiency (EE)	**1- تحسين غلاف المبنى**					
	يمكن الحصول على 12 نقطة كحد أقصى من خلال تحسين نسبة توفير الطاقة (X) مقارنة بالحالة الأساسية (Base Case)		10	%5	14	%7
	نسبة توفير الطاقة X>5% (نقطتين)	-				
	نسبة توفير الطاقة X≥10% (نقطتين)	-				
	نسبة توفير الطاقة X≥15% (4 نقاط)	-				
	نسبة توفير الطاقة X≥20% (6 نقاط)	-				
	نسبة توفير الطاقة X≥30% (8 نقاط)	-				
	نسبة توفير الطاقة X≥40% (10 نقاط)	✓				
	نسبة توفير الطاقة X≥50% (12 نقطة)	-				
	2- الحد من اكتساب الحرارة السلبية					
	يمكن الحصول على 10 نقاط كحد أقصى من خلال تحسين توفير الطاقة مقارنة بالحالة الأساسية (Base Case)		8	%4	10	%5
	نسبة تحسين توفير الطاقة 5 : 11% (4 نقاط)	-				
	نسبة تحسين توفير الطاقة 12 : 18% (6 نقاط)	-				
	نسبة تحسين توفير الطاقة 19 : 25% (8 نقاط)	✓				

	نسبة تحسين توفير الطاقة 26% فأكثر (10 نقاط)	-				
	3- مصادر الطاقة المتجددة					
	تطبيق أنظمة الطاقة المتجددة التي ستقلل من استهلاك الطاقة بالكامل					
	تطبيق أنظمة الطاقة المتجددة بنسبة 5 : 10% (نقطتين)	-				
	تطبيق أنظمة الطاقة المتجددة بنسبة 11 : 15% (4 نقاط)	-				
	تطبيق أنظمة الطاقة المتجددة بنسبة 16 : 20% (6 نقاط)	✓	6	%3	10	%5
	تطبيق أنظمة الطاقة المتجددة بنسبة 21 : 25% (8 نقاط)	-				
	تطبيق أنظمة الطاقة المتجددة بنسبة 26% فأكثر (10 نقاط)	-				
	4- أنظمة HVAC الموفرة للطاقة					
	يمكن الحصول على 8 نقاط كحد أقصى باستخدام أنظمة HVAC مع ملصق كفاءة الطاقة المصري.					
	درجة أنظمة الطاقة D ... (0 نقطة)	-				
	درجة أنظمة الطاقة C ... (نقطتان)	-				
	درجة أنظمة الطاقة B ... (4 نقاط)	-	2	%1	8	%4
	درجة أنظمة الطاقة A ... (6 نقاط)	-				
	استخدام مستشعرات الحركة لإبطاء عمل أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) خلال ساعات عدم شغلها. (نقطة واحدة)	✓				
	قيام أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) بتركيب نظام دائم لاكتشاف تسرب المبردات (نقطة واحدة)	✓				
	5- كفاءة أنظمة الإضاءة الصناعية					
	المبنى بأكمله مجهز بنظام إضاءة فعال للطاقة (4 نقاط)	✓				
	كفاءة المصباح أكبر من 60 لومن / وات (نقطتان)	✓	8	%4	8	%4
	أنظمة الإضاءة باستخدام التحكم في الإضاءة (التحكم في ضوء النهار، مستشعرات الإشغال، التعتيم، إلخ) (نقطتان)	✓				
	6- أنظمة الانتقال الرأسي					
	أنظمة الانتقال الرأسية مرئية وقريبة من المدخل. (نقطة واحدة)	✓				
	المصاعد قريبة من السلالم الرئيسية. (نقطة واحدة)	-	1	%0.5	6	%3
	السلالم المتحركة لها وظيفة تشغيل / إيقاف آلية. (نقطتان)	-				
	جميع أنظمة الإنتقال الرأسية تحمل ملصق كفاءة الطاقة (B) على الأقل. (نقطتان)	-				
	إجمالي نقاط كفاءة الطاقة		35	17.5 %	56	%28
كفاءة المياه WATER EFFICIENCY (WE)	**1- إعادة استخدام مياه الصرف الصحي**					
	معالجة وإعادة استخدام ≤ 10٪ من مياه الصرف الصحي (رمادية) مما يؤدي إلى تقليل استهلاك مياه الشرب (10 نقاط) أو معالجة وإعادة استخدام ≤ 30٪ مياه الصرف الصحي (الرمادي) مما يؤدي إلى تقليل استهلاك المياه الصالحة للشرب (20 نقطة)	-	-	-	20	%10
	2- كفاءة استخدام المياه في عناصر تنسيق الموقع					
	تقليل استهلاك المياه الصالحة للشرب لري النباتات بنسبة ≤ 50٪ (من خلال استخدام النباتات المحلية لتقليل المتطلبات) (5 نقاط) أو لا تستخدم مياه الشرب على الإطلاق لري النباتات (10 نقاط)	✓	5	%2.5	10	%5
	3- تركيبات وأنظمة موفرة للمياه					
	- تقليل الاستهلاك السنوي لمياه الشرب بنسبة ≤ 10٪ (5 نقاط)، أو - تقليل الاستهلاك السنوي لمياه الشرب بنسبة ≤ 30٪ (10 نقاط)، أو - تقليل الاستهلاك السنوي لمياه الشرب بنسبة ≤ 40٪ (15 نقطة)، أو - تقليل الاستهلاك السنوي لمياه الشرب بنسبة ≤ 50% (20 نقطة).	✓	5	%2.5	20	%10
	4- مراقبة استخدام المياه وكشف التسرب					
	استخدام العدادات الفرعية لمراقبة وإدارة الاستخدام الرئيسي للمياه لأبراج التبريد والري والمطابخ. (5 نقاط) ربط جميع عدادات المياه الفرعية بنظام الإدارة البيئية (EMS) لتسهيل الكشف المبكر عن تسرب المياه (10 نقاط))	✓	10	%5	10	%5
	إجمالي نقاط كفاءة المياه		20	%10	60	%30
المواد والموارد MATERIALS AND RESOURCES (MR)	**1- استخدام مواد متجددة ومصادر الطاقة المتجددة للمواد**					
	مواد متجددة يتم تصنيعها باستخدام مواد وموارد متجددة للطاقة المتجددة	✓	4	%2	4	%2
	2- المواد المشتراة إقليميا " المواد المحلية " للحد من الأثر البيئي للنقل					
	مسافة نقل المواد / المنتجات الأصلية إلى موقع المشروع 250-500 كم (3 نقاط)، أو مسافة نقل المواد / المنتجات إلى موقع المشروع أقل من 250 كم (6 نقاط).	✓	6	%3	6	%3
	3- الحد من الاستخدام الكلي للمواد					
	استخدام 90 ٪ من التشطيبات القياسية وتقليل المساحات ذات التشطيب المتميز (4 نقاط) استخدم 20٪ من المواد التي لا تتطلب تشطيب (4 نقاط).	✓	8	%4	8	%4
	4- استخدام المواد الصديقة للبيئة والعازلة للصوت والحرارة					

	مواد خالية من مركبات الكربون الكلورية والأبخرة السامة، والمركبات العضوية المتطايرة لا تزيد عن 0.1 (6 نقاط).	✓	6	%3	6	%3
	إجمالي نقاط المواد والموارد		24	%12	24	%12
جودة البيئة الداخلية INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY (IEQ)	**1- جودة التهوية**					
	زيادة التهوية الداخلية لجميع المساحات بنسبة 15٪ على الأقل فوق الحد الأدنى للمعدلات المطلوبة بموجب الكود المصري لأنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (نقطة واحدة)	✓	6	%3	8	%4
	توفير أنظمة تهوية طبيعية للأماكن المشغولة التي تفي بالمتطلبات التي حددها معيار التهوية وجودة الهواء الداخلي "ASHRAE 62.1-2010 " (4 نقاط)	✓				
	تزيد مخارج الهواء والعادم بالمبنى عن 5.00 م "مسافة حرة متباعدة للمباني المكيفة والمختلطة" (نقطة واحدة)	✓				
	مراقبة تركيزات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) داخل كل منطقة حرارية. (نقطة واحدة)	-				
	توفير نظام تهوية يوفر الهواء الخارجي للأماكن المشغولة التي تحتوي على مرشحات جسيمات أو جهاز لتنقية الهواء. (نقطة واحدة)	-				
	2- السيطرة على التدخين داخل وحول المبنى					
	1-منع التدخين في المبنى ووجود منطقة مخصصة للتدخين (نقطة واحدة). 2-التقاط وإزالة ETS " نظام تداول الانبعاثات" من المساحات الداخلية (نقطة واحدة).	✓	1	%0.5	2	%1
	3- الراحة الحرارية					
	1. إثبات أن ظروف الراحة الحرارية (درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الهواء) تفي بمتطلبات معيار ASHRAE 55 للإشغال البشري أو الطريقة المكافئة (نقطتان) 2. إثبات أن هناك تحكمًا فرديًا و / أو تحكمًا متعدد ليناسب احتياجات وتفضيلات المستخدمين والمجموعات (4 نقاط).	✓	4	%2	6	%3
	4- الراحة البصرية					
	1-توافر كميات مناسبة من الاضاءة العامة والموحدة بالنسبة لمساحة الأرضية المشغولة بانتظام (نقطة واحدة).	✓	4	%2	4	%2
	2-توفير الإضاءة أو أدوات التحكم في ضوء النهار التي تمكن المستخدمين من ضبط الإضاءة لتناسب مهامهم وتفضيلاتهم الفردية وذلك فيما لا يقل عن 75٪ من المساحات الفردية أو المشتركة (نقطتان)	✓				
	3-بالنسبة لمساحة 75٪ من الأرضية، يكون متوسط مستويات الإضاءة بالساعة أكبر من 250 لوكس وباستخدام التحكم اليدوي أو التلقائي في التوهج (نقطة واحدة).	✓				
	5- الراحة الصوتية					
	1. توضيح من خلال تصميم HVAC أن الاعتبارات الصوتية قد تم أخذها أو أن قياسات مستوى ضغط الصوت الداخلي لأنظمة (HVAC) تتوافق مع متطلبات الكود المصري لأنظمة تكييف الهواء للتدفئة والتهوية (نقطتان)	✓	4	%2	4	%2
	2-توضيح من خلال حساب valld أو القياسات أن عزل الصوت بين الفراغات سيكون مساوياً أو أكبر من الحد الأدنى من المتطلبات في الكود المصري لعزل الصوت والتحكم في الضوضاء في المباني (نقطتان)	✓				
	إجمالي نقاط جودة البيئة الداخلية		19	%10	24	%12
بروتوكولات الإدارة (MP) MANAGEMENT Protocols	**1- نمذجة معلومات البناء (BIM)**					
	تصميم نموذج BIM ثلاثي الأبعاد (نقطتان)	✓	2	%1	4	%2
	نموذج BIM سداسي الأبعاد - تتبع عنصر الاستدامة (3 نقاط)	-				
	نموذج BIM سباعي الأبعاد - تطبيقات إدارة المرافق (4 نقاط)	-				
	2- تقييم دورة الحياة (LCA)					
	يوضح تقرير تقييم دورة الحياة البدائل المختلفة المدروسة وأفضل بديل مختار مع تأثير أقل على البيئة. (نقطتان)	-	-	-	2	%1
	3- دليل مستخدم المبنى (BUG).					
	1- أهداف لتقليل الطاقة والمياه والنفايات أو معلومات خدمة البناء (التدفئة والتبريد والتهوية والجهد والبيانات) والمتطلبات التشغيلية للاستخدام الفعال والأمن لهذه الأنظمة (نقطة واحدة)	✓	4	%2	4	%2
	2- خطة المراقبة والصيانة لجميع أجهزة الطاقة والمياه الرئيسية أو دليل عمليات بسيط ويسهل اتباعه لجميع الأجهزة الميكانيكية والكهربائية والسباكة (MEP) والمعدات والأجهزة والأنظمة الفرعية (نقطة واحدة).	✓				
	3-إستراتيجية إدارة النفايات وسياسة النفايات (نقطة واحدة)	✓				
	4-معلومات الطوارئ ، مثل وجود حريق ومواقع مميزة ، ومعلومات الاتصال في حالات الطوارئ. (نقطة واحدة)	✓				
	4- ادارة النفايات الصلبة					
	1- توثيق كميات النفايات المقدرة المتولدة سنويا وتوثيق المساحات المتوقعة لجمع النفايات (نقطة واحدة).	✓ ✓	4	%2	4	%2

	2- توثيق طريقة التخزين المتوقعة (نقطة واحدة).					
	3- توثيق طرق فرز النفايات الصلبة لإعادة التدوير سواء في الموقع أو خارجه (نقطة واحدة).	✓				
	4-التعاقد مع شركات متخصصة في إزالة النفايات أثناء مرحلة التشغيل (نقطة واحدة).	✓				
	5- نظام إدارة المباني (BMS)					
	برنامج وخطة نظام إدارة المباني (BMS) يعرضان جميع التخطيطات والرسومات لجميع وظائف المبنى (نقطتان).	✓	2	%1	2	%1
	إجمالي نقاط بروتوكولات الادارة		12	%6	16	%8
الإبتكار والقيم المضافة INNOVATION AND ADDED VALUE (IN)	**1- التراث الثقافي**					
	يمكن الحصول على نقاط الائتمان لدمج الحلول المعمارية والإنشائية والتقنية التي تتفوق في عكس التراث الثقافي الوطني والإقليمي مع المساهمة في الأداء البيئي للمبنى (3 نقاط).	✓	3	%1.5	3	%1.5
	2- تجاوز المعايير					
	يمكن الحصول على نقاط الائتمان لإثبات أن المعايير الحالية لـ GPRS قد تم تجاوزها بهامش كبير وتقديم دليل على أن التحسين له فائدة بيئية إضافية (4 نقاط).	-	-	-	4	%2
	3- الإبداع					
	يمكن الحصول على نقاط الائتمان لممارسات التصميم أو البناء المبتكرة التي لها فائدة بيئية كبيرة قابلة للقياس والتي لم يتم منحها نقاطًا من قبل GPRS (3 نقاط).	✓	3	%1.5	3	%1.5
	إجمالي نقاط الإبتكار والقيم المضافة		6	%3	10	%5
	اجمالي النقاط		145	65.25 %	230	%105

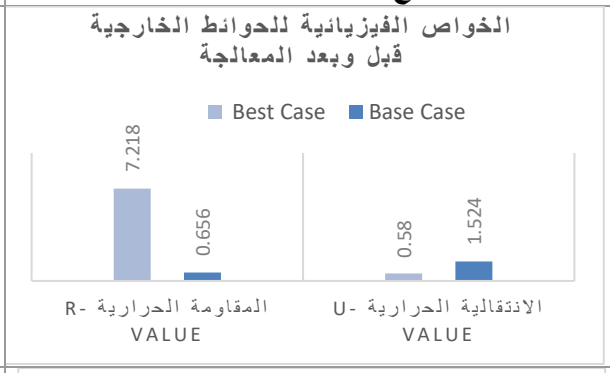
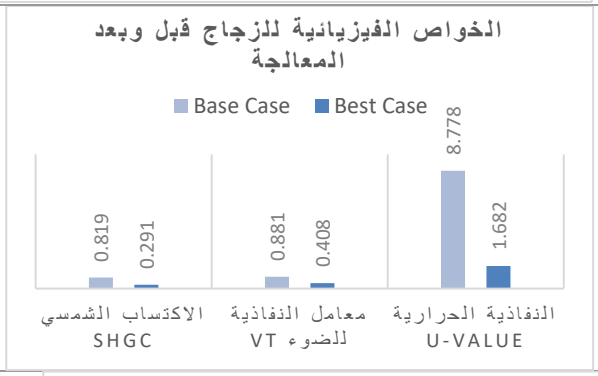
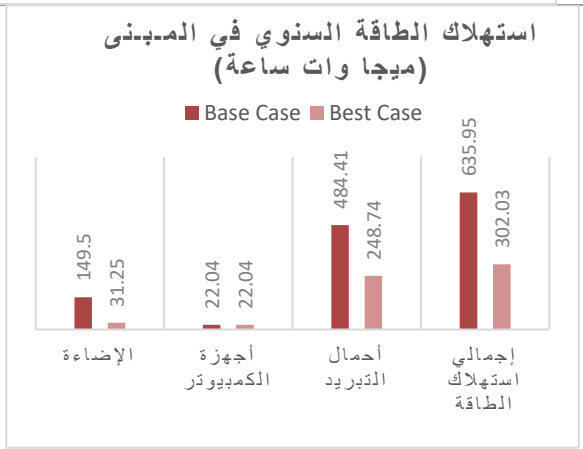
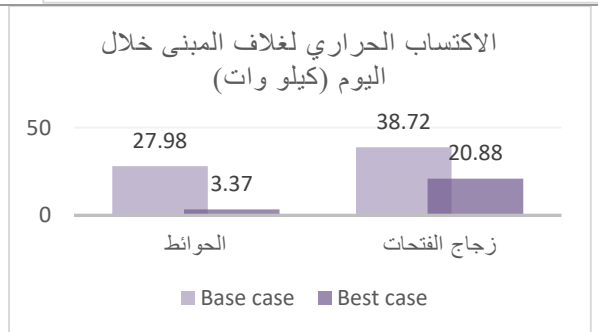
يتضح من الجدول السابق أن المبنى يحقق **65.25%** من معايير نظام تصنيف الهرم الأخضر المصري وهي تعادل الشهادة الذهبية (4 أهرامات خضراء) والنسبة الخاصة بها (≥65% - <80%). ويوضح جدول (14) النسب المئوية التي يحققها المبنى لكل فئة من فئات نظام تصنيف الهرم الأخضر – (الباحثة، 2024).

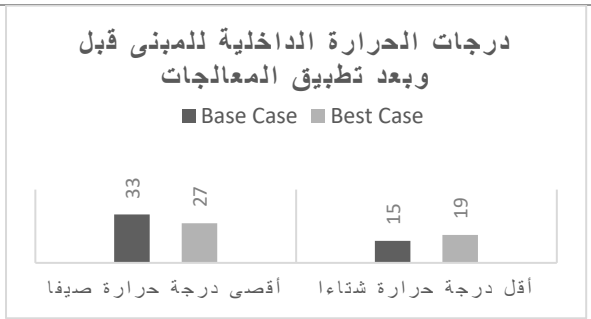
الفئة الأساسية	النسبة المئوية المحققة (%) صفر 5 10 15 20	
الموقع المستدام	%7.25	
كفاءة استخدام الطاقة	%17.5	
كفاءة استخدام المياة	%10	
المواد والموارد	%12	
جودة البيئة الداخلية	%10	
بروتوكولات الادارة	%6	
الابتكار	%3	
الاجمالي	**%65.25**	

10- النتائج

على ضوء محاور الدراسة تم التوصل إلى أن معالجات النانو تساهم في تحسين الأداء البيئي للمبنى بشكل عام وتحقيق كفاءة الطاقة بشكل خاص وظهر ذلك من خلال نتائج معدلات استهلاك الطاقة في مبنى تعليمي إداري باستخدام برنامج "Design Builder"وتطبيق عدة معالجات شملت الغلاف الخارجي للمبنى والفراغات الداخلية، وتم تقييم المبنى تبعا لنظام تصنيف الهرم الأخضر المصري وحصوله علي الشهادة الذهبية بنسبة مئوية 65.25% ، وهو الغرض من الدراسة التطبيقية لتوضيح مدي تأثير تطبيقات تقنية النانو في العمارة علي معايير تحقيق الاستدامة. ويوضح جدول (15) النسب المئوية التي يحققها المبنى لكل فئة من فئات نظام تصنيف الهرم الأخضر – (الباحثة، 2024).

جدول (15) النسب المئوية التي يحققها المبنى لكل فئة من فئات نظام تصنيف الهرم الأخضر

		نتائج المحاكاة	ملاحظات
الغلاف الخارجي للمبنى	الحوائط الخارجية		- زيادة قيمة المقاومة الحرارية (R-Value) بنسبة تصل الى 11 ضعف الوضع الحالي مما أدى لتحسين خواص الحائط الخارجي للمبنى (الواجهة الجنوبية والغربية) نظرا لتعرضهما لكميات كبيرة من الاكتساب الشمسي. - انخفاض قيمة الإنتقالية الحرارية (U-Value) من 1.524 وات/م2.كلفن الى 0.058 وات/م2.كلفن
	زجاج الفتحات (الشبابيك)		- انخفاض معامل النفاذية للضوء والاكتساب الشمسي بنسبة تصل الى 50% - انخفاض النفاذية الحرارية للزجاج بنسبة تصل الى 70%
معدل استهلاك الطاقة الكلي للمساحات الداخلية			- تقليل استهلاك الطاقة المستخدمة في الإضاءة بنسبة 21%. - تقليل الطاقة المستخدمة في أحمال التبريد بنسبة 51%. - انخفضت الطاقة المستهلكة الكلية بنسبة 47.5% سنويا بعد تطبيق معالجات تقنية النانو على المبنى.
الإكتساب الحراري من الخارج خلال اليوم			- تقليل الاكتساب الحراري لحوائط المبنى الخارجية بنسبة تصل الى 88%. - تقليل الاكتساب الحراري لزجاج الفتحات بنسبة تصل الى 46%.

درجة الحرارة الداخلية للمبنى		- تقليل درجة الحرارة القصوى للمبنى صيفا بحوالي 5 درجات مئوية. - ارتفاع أقل درجة حرارة للمبنى شتاءا بحوالي 4 درجات مئوية.

11- التوصيات

1. أهمية تصميم مباني هادفة إلى تعزيز وتحسين الأداء البيئي في جميع أنحاء الجمهورية.
2. ضرورة تطبيق منهجية معايير العمارة المستدامة في المباني للتوصل إلى منظومة شاملة تحقق الراحة الحرارية بشكل متكامل .
3. ادراك مدى أهمية تطبيقات تقنية النانو في العمارة وتأثيرها علي المباني القائمة أو الجديدة.
4. إجراء الدراسات من قبل الباحثين حول كيفية اجراء تعديلات تحديثية على المباني القائمة دون تعطيل سير العمل داخل المبنى وفي أقل مدة ممكنة.
5. تعزيز دور الدولة في حث الشعب على التعامل بشكل صديق للبيئة من خلال البرامج، الإعلانات والقيام بدورات للتشجيع على أهمية الفاظ على البيئة.

Summary

Applications of nanotechnology in architecture have an important role in improving the environmental performance of sustainable buildings. Nanomaterials are used in the implementation and construction of buildings to achieve higher energy efficiency and better resource management where nanomaterials applications in architecture include the use of advanced nano-coatings to improve heat insulation and UV protection, and the use of strong and lightweight nanocoating materials to improve the efficiency of material use. The research aims to find the role of nanotechnology applications in achieving sustainability in architecture, which promotes environmental conservation and reduces the effects of climate change. The study concludes that the applications of nanotechnology in architecture positively affect the achievement of sustainability and then achieve the criteria required to obtain the classification of the green pyramid rating system.

Key Words: Nanotechnology applications - Improving environmental performance - Sustainable buildings - Global rating systems - Green pyramid rating system.

12- المراجع

[i] تكنولوجيا النانو تصورات ومفاهيم – موقع :
http://biala.50webs.com/page_phis/ph_01.htm (accessed 15/7/2023)

[ii] Babuka, Hristijan. (2016). "Application of Nanotechnologies in Sustainable Architecture", University of Maribor Faculty of Civil Engineering, Transportation Engineering and Architecture.

[iii] https://www.barker-associates.co.uk/service/architecture/what-is-sustainable-architecture/ (ACCESSED 20/6/2022)

[iv] https://stringfixer.com/ar/Sustainable_architecture (accessed 20/6/2022)

[v] https://aqarfeed.com/green-architecture/ (accessed 17/7/2022)

[vi] https://www.hqassim.com/green-buildings /(accessed 17/7/2022)

[vii] K.M. Fowler, E.M. Rauch. (2006)." Sustainable Building Rating Systems Summary", USA. Department of Energy.

[viii] Reed, Richard, Sara Wilkinson, Anita Bilos. (2011). "A Comparison of International Sustainable Building Tools", The 17th Annual Pacific Rim Real Estate Society Conference. Australia.

[ix] The Arab Republic of Egypt, Ministry of Housing, Utilities and Urban Development, The Housing and Building National Research Center, The Egyptian Green Building Council, " The Green Pyramid System (GPRS) ", First Edition, April 2011.

[x] Mohamed Gamal Ammar, "Evaluation of the Green Egyptian Pyramid ", Alexandria Engineering Journal (2012), P 293–304

[xi] م/ريهام محمد, "دراسة تحليلية لنظام تصنيف الهرم الأخضر المصرى وفقا لعناصر الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية الثقافية" , كلية الهندسة, جامعة أسيوط, أكتوبر 2019.

[xii] ما هو زجاج E-Low – موقع :
https://boniankom.com/low-e-glass/ (accessed 26/6/2023)

[xiii] Mustafa M. Abd El-Hafez, M & Ashraf El-Mokadem and Noha M. Abu-Samra, March 2014, Improve Energy Efficiency through Nano Pore Vacuum Insulation Panels "Vips", PORT SAID ENGINEERING RESEARCH JOURNAL, Volume 18, No. 1, pp: 171 - 179