Fayoum University Faculty of Engineering, 2024, Vol: 7(3), 1-21
https://fuje.journals.ekb.eg/
ISSN Online: 2537-0634
ISSN Print: 2537-0626

تطبيق نموذج محاكاة لتحليل تأثير تكنولوجيا النانو على رفع الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي للمباني التعليمية

أ.م.د. نشوى يوسف عبدالحافظ[1]، د. عبدالرحمن معروف السيد [2]
[1] أستاذ مساعد، قسم الهندسة المعمارية، معهد أكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا.
[2] مدرس، قسم الهندسة المعمارية، معهد أكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا.

How to cite this paper: Abdellhafiz, N.Y. & Elsayed, A.M. (2024). Formulation of a simulation model for the application of nanotechnology in raising the thermal efficiency of the envelope of educational buildings. *Fayoum University Journal of Engineering, 7(3)* 1-21
https://dx.doi.org/10.21608/FUJE.2024.224792.1055

Copyright © 2024 by author(s)
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Open Access

الملخص

لقد أصبحت الحاجة إلى توفير تطبيقات تكنولوجيا النانو هدف ومطلب أساسي لزيادة كفاءة المباني بصورة عامة والمباني التعليمية بصورة خاصة، لذلك ستقوم الدراسة المقترحة بعرض التقنيات التكنولوجية ومنها تقنيات النانو المختلفة وأثر تطبيقها على المواد المعمارية بصفة عامة ومواد العزل بصفة خاصة باستخدام أحدث برامج المحاكاة البيئية والتي يمكن أن تساعد في ترشيد استهلاك الطاقة.

الكلمات المفتاحية

(تقنيات النانو – الغلاف الخارجي – المباني التعليمية – برامج المحاكاة البيئية – كفاءة الطاقة).

1. المقدمة

تعد مشكلة الطاقة من أكبر التحديات التي يواجهها العالم في الفترة الحالية، كما تشير الدراسات إلى أن قطاع البناء وحده يستهلك 40 – 50 % من الطاقة في العالم، وبذلك نجد أنه لدى قطاع المباني أعلى إمكانية لتحقيق توفير في الطاقة، حيث يلعب ترشيد استهلاك الطاقة دور رئيسي في عملية تصميم المباني الجديدة وأداء المباني القائمة لتجنب التضخم في مشكلة الطاقة وخطورة الاحتباس الحراري (الهاجري، 2014).

ويستعرض البحث شرح أهم مميزات استخدام تقنيات النانو في تخفيض استهلاك الطاقة في المباني التعليمية في مصر، وذلك لمعرفة تأثير مواد النانو وماهية تلك المواد وكيف يمكن استخدامها بأنسب الطرق للحصول على أفضل النتائج.

2.1. الإشكالية البحثية

تكمن الإشكالية البحثية في غياب وقصور معظم الدراسات لتطبيق نموذج محاكاة لتحليل تأثير تكنولوجيا النانو على رفع الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي للمباني التعليمية، والتي يمكن اللجوء إليها عند القيام بعملية تحليل كفاءة المباني التعليمية

القائمة باستخدام تقنيات النانو مما يؤدي إلى عدم الحصول على أفضل التصميمات التي تهدف إلى رفع كفاءة الغلاف الخارجي لتلك المباني وترشيد الطاقة المستهلكة داخلها.

3.1. الهدف من الدراسة والإضافة العلمية

تسعى الدراسة إلى تحليل تأثير تكنولوجيا النانو على الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي للمباني التعليمية وتقدير تأثير تطبيق هذه التكنولوجيا، والوصول إلى نموذج محاكاة ذي محاور ومعايير منظمة ومرتبة في شكل يساعد المصمم على الوصول إلى أفضل تشكيل وتصميم لرفع كفاءة الغلاف الخارجي للمباني التعليمية باستخدام تقنيات النانو عن طريق برامج المحاكاة في إطار الاستدامة.

4.1. فرضية البحث

تكمن فرضية البحث في أن العلاقة المستدامة بين استخدام تقنيات النانو ورفع كفاءة الراحة الحرارية داخل المباني التعليمية تؤثر بشكل إيجابي على الأداء الوظيفي للفراغ، مع إمكانية تقييم هذه العلاقة بمنهجية معيارية

5.1. منهجية البحث

أولا: المنهج النظري: للحصول على أهم الاعتبارات المؤثرة على عمليات رفع كفاءة المباني التعليمية وغلافها الخارجي.

ثانيا: المنهج التحليلي: ويتم عن طريق الدراسة التحليلية للتجارب العالمية.

ثالثا: المنهج التطبيقي: وفيه سيتم تطبيق نموذج المحاكاة المقترح.

2- تكنولوجيا النانو وتصنيفاتها وتطبيقاتها:

تعرف المواد النانوية بأنها المواد المتقدمة التي يمكن إنتاجها بحيث تتراوح أبعادها الداخلية ما بين 1 نانوميتر إلى 100 نانوميتر وقد أدى صغر أحجام ومقاييس تلك المواد إلى أن تسلك سلوكا مغايرا للمواد التقليدية كبيرة الحجم التي تزيد أبعادها عن 100 نانوميتر وإنها تتوافر بها صفات مميزة لا يمكن أن توجد في المواد التقليدية. وتعد المواد النانوية من اللبنات الأساسية لتكنولوجيا القرن الواحد والعشرين.

وتكنولوجيا النانو هي عبارة عن البحوث والتكنولوجيا على المستويات الذرية والجزئية، في نطاق طول حوالي 100-1نانومتر، لتوفير فهم أساسي لظواهر المواد على مقياس النانو، وإنشاء واستخدام الهياكل والأجهزة والأنظمة التي لديها في عمل خصائص جديدة ووظائف بسبب صغر حجمها (حسب الله، 2017).

وتستخدم تقنية النانو حاليا في العديد من التطبيقات ومن أهم المجالات والتي لها علاقة مباشرة بالعمارة هي التطبيقات التي لها علاقة بالبيئة والطاقة والمجتمع.

1.2. تصنيفات المواد النانوية

ساعد التطور في مواد النانو إلى الوصول إلى أساليب مبتكرة من المنتج المعماري المميز الذي يحقق للمستخدم المستوى المطلوب من الراحة الكاملة والاحتياجات اللازمة، يمكن تصنيف مواد النانو كما يلي:

شكل 1: خواص مواد النانو – المصدر (بتصريف من الباحث)

1.1.2. تصنيف طبقاً للأبعاد :

يتم تصنيف المواد طِبقًا لعدد أبعادها غير الموجودة في نطاق النانومتر. أي أن

المواد تنقسم إلى أربعة أقسام (خالد، 2018):

1. (مواد صفرية الأبعاد – zero-dimensional materials).
2. (مواد أحادية الأبعاد – one-dimensional materials).
3. (مواد ثُنائية الأبعاد – two-dimensional materials).
4. (مواد ثلاثية الأبعاد – three-dimensional materials).

تعد جميع المواد التقليدية بمثابة الخامات الأولية التي تستخدم في توظيف مواد النانو التي تؤثر في العمارة بشكل كبير، ولكن تتميز مواد النانو بخواص فيزيائية وكيمائية وميكانيكية فريدة عن المواد التقليدية، وذلك بسبب اتساع مساحة السطح الخارجي لمواد النانو والتي تعد أهم خاصية لها.

2.1.2. تصنيف مواد النانو طبقا لأشكالها:

يتم تصنيفها لعدة أشكال كالتالي:

أ- أنابيب النانو: أنابيب مجوفة يبلغ قطر كل أنبوب أقل من 100 نانوميتر وقد يصل طولها ألف النانومترات ومن أمثلتها: أنابيب النانو كربون، وأنابيب السيليكون، وأنابيب التيتانيوم.

ب- جزيئات أو حبيبات النانو: ولها عدة أشكال ويكون أحد أبعادها أقل من 100 نانوميتر.

جـ- النانو المركب: وينتج من عملية توزيع أو انتشار مواد النانو داخل مواد عادية، على سبيل المثال يتم توزيع ونشر أنابيب النانو كربون داخل بعض المواد البلاستيكية، ليتم الحصول على نانو مركب له خصائص فائقة.

د- الأفلام أو الأغشية الدقيقة: هي عبارة عن طبقة رقيقة من مادة معينة يبلغ سمكها أقل من 100نانوميتر.

هـ- قضبان النانو: تشبه أنابيب النانو إلا أنها مصمتة أقصر منها ومن أمثلتها قضبان الذهب (عمر، 2017).

2-2- تطبيقات تقنية النانو في العمارة:

وتتسم هذه المواد بالعديد من الخصائص الفريدة منها:

- أقل وزناً وأكثر متانة.
- تحتاج لصيانة أقل من المواد التقليدية.
- إعطاء المواد الإسمنتية خصائص أفضل.
- المواد الإنشائية المعالجة بتقنية النانو تعمل على زيادة العزل في المبنى والحماية من الحرائق، وتعمل كذلك على امتصاص الصوت.

فمن أهم خصائص تكنولوجيا النانو هي أنه يمكن من خلالها إنتاج مواد جديدة لها خواص مختلفة مما يزيد من كفاءة المباني (خالد، 2018).

3- مواد النانو في العمارة

تمكن تكنولوجيا النانو العمل داخل جزيئات المادة لتحسين خواصها وإكسابها إمكانات هائلة بشأنها أن تحتوي على تطبيقات لم تكن بها فتكسبها إمكانات أكثر من مادة في نفس الوقت والتي تساعد المعماري على تخطي القيود التصميمية والتنفيذية، ويمكن تصنيف مواد النانو في مجال العمارة كما يلي (خالد، 2018):

أ. مواد النانو الإنشائية:

تتيح لنا تكنولوجيا النانو تطوير وتحديث المواد الإنشائية الأساسية وهي الحديد والخرسانة واستحداث مواد إنشائية مثل أنابيب النانو الكربونية.

ب. مواد النانو المكملة:

تساهم تكنولوجيا النانو في رفع كفاءة المواد المكملة للمعماري مثل الزجاج والحوائط الجافة والأخشاب.

ج. مواد النانو العازلة:

تقدم تكنولوجيا النانو في مجال العزل تفوق في إمكانات المواد العازلة العادية من حيث الصلابة والخفة والمرونة والرفع، مثل مادة الميرا والألواح العازلة الرفيعة والنوافذ الماصة للطاقة.

د. الطلاءات النانونية:

الطلاء يأخذ مساحة كبيرة من أبحاث تكنولوجيا النانو لتحقيق مجموعة واسعة من الخصائص مثل سهولة التنظيف وذاتية التنظيف ومضادة للبصمة والكتابة والخدش والبكتريا والانعكاس وحماية من الأشعة فوق البنفسجية.

وتمثل تطبيقات مواد النانو في مجال العمارة ميدانًا مبتكرًا يساهم في تحسين الأداء البيئي والوظيفي للمباني. ومم أهم التطبيقات الشائعة أيضاً لمواد النانو بخلاف ما تم ذكره في هذا السياق ما يلي:

-الزجاج الذكي: تمكن تكنولوجيا النانو من تطوير زجاج ذكي يمكن التحكم في شفافيته بشكل إلكتروني. ويُمكن تطبيق هذا الزجاج في النوافذ والواجهات لتحسين تدفق الضوء والحرارة والحفاظ على الخصوصية.

-ألواح شمسية نانوية: تساعد تكنولوجيا النانو في تطوير ألواح شمسية أكثر كفاءة وأنيقة. هذه الألواح تكون خفيفة ورقيقة ويمكن دمجها بشكل جيد في التصميم المعماري للمباني.

-مواد مضيئة: يمكن استخدام مواد النانو لتطوير مواد تشع بالضوء في الظلام. وهذا يمكن أن يكون مفيدًا لإضفاء لمسات تصميمية مبتكرة على المباني وزيادة السلامة في الأماكن العامة.

-مراقبة البيئة الداخلية: تكنولوجيا النانو يمكن استخدامها في تطوير أنظمة مراقبة للبيئة الداخلية للمباني. ويمكن استخدام النانوسنسورات لقياس مستويات الغازات والرطوبة والجودة الهوائية وتوفير بيئة داخلية صحية ومريحة.

-مقاومة للحرائق والكوارث الطبيعية: يمكن استخدام مواد النانو لتعزيز مقاومة

المباني للحرائق وتأثيرات الزلازل والكوارث الطبيعية الأخرى.

4- خواص المواد النانوية في العمارة:

تأتى ثورة النانو لتطوير أداء الأجهزة المسؤولة عن الإضاءة والتبريد والتدفئة والطاقة الشمسّة وتخزين الطاقة وتنقية الهواء وغيرها مع معالجة للسلبيات التي تسببت فيها تلك الأجهزة وتمكننا من الحصول على أفضل أداء مع أقل ضرر ممكن للبيئة (عمر،2017).

جدول 1: خواص المواد النانوية في العمارة (الخرسانة) –المصدر : (السيد، 2022)

خواص المواد النانوية في العمارة			
Structure material – مواد الإنشاء	Concrete – الخرسانة	المواد	الخواص
		النانو سيليكا Nano silica	– إضافة النانوسيليكا إلى المواد الإسمنتية يمكن السيطرة على انحلال التفاعل الأساسي لـ C–S–H هيدرات سيليكات الكالسيوم الخاص بالخرسانة والناتج من تصفية الكالسيوم من المياه لذلك فهو يمنع اختراق المياه للخرسانة وبالتالي يؤدي إلى تحسين خاصية المتانة. – مقاومة الضغط للمادة المصقولة أصبحت أعلى بنسبة تتراوح من 3إلى 6مرات النسبة الأصلية (على اختلاف أعمار الخرسانة).
		ثاني أكسيد التيتانيوم TiO2	–صبغة بيضاء يمكن استخدامها كمادة طلائية عاكسة ممتازة. –تتفاعل تفاعلات قوية مع المركبات العضوية المتطاوة والأغشية البكتيرية مما يُمكنها من الحد من الملوثات المحمولة جوًا وذلك عند تطبيقها على الأسطح الخارجية. –التنظيف الذاتي للأسطح.
		جزيئات النيكل النانوية Nickel Nanoparticle	أضافة جزئيات النيكل النانوية إلى الخلطة الخرسانية تزيد من قوة الضغط ما يزيد عن 15%

جدول 2: خواص المواد النانوية في العمارة (الخرسانة والحديد) – المصدر : (السيد، 2022)

مواد النانو في العمارة		
المواد	الخواص	
Structure material – مواد الإنشاء – steel – الحديد	الخرسانة المسلحة بانابيب النانو الكربونية Nano Carbon Tube	- تؤدي هذه الإضافة إلى زيادة مقاومة الشد والضغط في الخرسانة .,عدم تأثرها بالماء والرطوبة وأملاح البحر . - عاكسة للحرارة (لا تشتعل نهائياً) - عازلة للصوت - خفيفة الوزن - سهلة التنظيف وغير قابلة لتكاثر الحشرات ونمو الفطريات والميكروبات . - يمكن تلوينها بصبغات وألوان مختلفة - مرونة التشكيل وانسيابية عالية
	الخرسانة ذاتية الدمك SCC	- خرسانة لا تحتاج إلى التعرض للاهتزازات بعد صبها. - توفر تكلفة تصل إلى 50% من تكاليف العمالة . - سرعة صب هذه الخرسانة أسرع 80% من صب الخرسانة العادية وذات أضرار أقل .
	المواد المالئة النانوية Nano – Fillers	- تزيد من الخواص الفيزيائية والكيميائية للفولاذ وتزيد من قوة انحنائه . - مقاومة الفولاذ للتآكل وقوته، وبالتالي تقليل كمية التسليح في الخرسانة . - يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون . - إنشاء تصاميم حرة ومرونة في الفراغات.
	الصلب عالي الأداء "HPS"	- مقاومة التآكل - قابلية اللحام

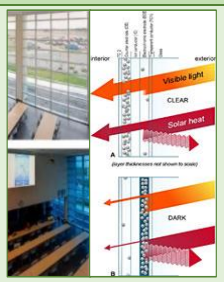
شكل 2 : الاسطح الانسيابية من الخرسانة المسلحة بالياف الكربون الزجاجية في غلاف المبنى و الفراغ الداخلي

المصدر: Lusing, T. (2015). The VaCO Mould :A research about a new moulding technique for fluid architecture. Faculty of Architecture, Eindhoven University of Technology.

شكل 3 : فولاذ النانو المرن في استاد أستانا في كازاخستان - 2009م

جدول 3: خواص المواد النانوية في العمارة (الزجاج) – المصدر :(السيد، 2022)

مواد النانو في العمارة			
المواد		الخواص	
Non - Structure material – المواد المكملة	Glass - الزجاج	تعمل المواد النانوية المضافة الي الزجاج على تغيير خصائصها وتطبيقاتها وهي: - يعمل أكسيد الزنك مع ثاني أكسيد التيتانيوم والنيتروجين المطعمة بثاني أكسيد التيتانيوم على طرد المياه وتجعل الزجاج مضاداً لانعكاس الأشعة الشمسية. - تساهم الإضافات من VO_2-based بتغيير اللون والحرارة. - تعمل الإضافات من NiO-based و V_2O_5- based على تغيير اللون بالأمواج الكهربائية. - يعمل ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي على التنظيف الذاتي الضوئي.	
	الزجاج ذاتي التنظيف Self-Cleaning Glass	يحتوي على طبقة رقيقة من ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي بسماكة 15 ميكرون، حيث يتم إزالة الأوساخ عن طريق عملية التحفيز الضوئي أو عن طريق المياه، مما يوفر الجهد والوقت والمال في عملية التنظيف .	
	زجاج الحماية من الإشعاع الشمسي والأشعة فوق البنفسجية	- زجاج شفاف لا يعيق الرؤية ولا نفاذ الإضاءة الطبيعية مما يؤدي الى تقليل استهلاك الطاقة للإنارة . - يمنع الإبهار ويقلل من دخول الأشعة فوق البنفسجية . - تخفيض الكسب الحراري الشمسي إلى النصف.	



شكل 4: زجاج الحماية من اشعة الشمس

المصدر: Mohamed, A. (2015). Nano-Innovation in Construction , A New Era of Sustainability. International Conference on Environment And Civil Engineering, P 95–114

5- تطبيقات المواد النانونية في الأغلفة الخارجية للمباني:

5- 1 الفتحات: -

لقد أتاحت تكنولوجيا النانو العديد من التطبيقات لاختيار المواد ذات التطبيق النانوي بديلاً عن المواد غير النانونية (خالد، 2018).

جدول 4: استخدام التطبيقات النانونية في الفتحات، المصدر (خالد، 2018).

التطبيق النانوى		المثال التطبيقي	فوائده
نوافذ	التنظيف الذاتي (تحفيز ضوئي-تأثير اللوتس)	زجاج معالج بأغشية تيتانيا ذاتية التنظيف	- التنظيف الذاتي - مضاد للضباب - مضاد للانعكاس - عزل حراري عالي - صديق للبيئة - تقليل تكاليف الصيانة والتنظيف
ابواب	طلاء التنظيف الذاتي ومقاوم للحريق والبكتيريا	الزجاج السائل Liquid Glass	- مقاومة بلل الاسطح - التنظيف الذاتي - مقاومة الحريق - تقليل تكاليف الصيانة والتنظيف
الفتحات في الاسقف	اغشية نانونية عازلة (Thin-Film Insulation)	Nano Gel	- عزل حراري قوى - مواد شفافة تسمح بدخول الإضاءة الطبيعية مع عزل الاشعة الضارة مثل الاشعة فوق البنفسجية - من الممكن استخدام خلايا شمسية نانونية تولد طاقة كهربائية.

5- 2 الزجاج: -

استخدمت تطبيقات وإضافات لمواد أخرى Coatings عديدة على الزجاج وفكرة هذه التطبيقات مستوحاة من الطبيعة مثل قدرة أوراق اللوتس على البقاء نظيفة. كما توفر تكنولوجيا النانو زجاج ذي مقاومة للحرائق (خالد،2018). ومن هذه التطبيقات:

5-2-1 زجاج معالج بأغشية تيتانيا ذاتية التنظيف:

تمتلك الأغشية الرقيقة من التيتانيوم خاصية نفض الأوساخ عنها ومن ثم تقوم بتحريك الأوساخ بسيولة عند جريان الماء، كما تقتل الجراثيم وتفكك المواد العضوية (عمر، 2017).

5-2-2 زجاج معالج بأغلفة مضادة للضباب:

وهي مضادة للضباب وللانعكاس أيضا بحيث تشكل طبقات متعاقبة من البوليمر وجسيمات نانونية من السيليكا وجزيئات الهيدروكسيل فيكون سطح الغلاف خشناً ثم تقم بامتصاص الماء كالإسفنج ومن ثم إبعاده فورا عن السطح (خالد، 2018).

5-2-3 زجاج (CL4):

عند تصغير الزجاج لمقياس النانو، يتضح أن السطح متعرج غير أملس وباستخدام تقنية النانو أمكن الحصول على سطح زجاجي أملس يحميه من مصادر الماء العسر (ارتفاع تركيز الكالسيوم) أو كبريتيد الهيدروجين في مياه الأمطار (التلوث) (خالد، 2018).

5-2-4 الزجاج السائل Liquid Glass:

هو عبارة عن زجاج سائل يمكن رشه على الأسطح المختلفة فيعمل كغلاف يغطي السطح ويحميه (خالد، 2018).

5-2-5 الجل النانوي Nano Gel: -

يستخدم في الفتحات وفي بعض أجزاء الحوائط يوفر استهلاك الطاقة الكهربائية من خلال المحافظة على درجة الحرارة الداخلية (خالد، 2018).

5-3- الحوائط:-

- **الدهانات (Paints):-**

أ. **-دهان ANZ بتقنية النانو: -**

مادة عازلة ضد الرطوبة والأملاح والمياه، كما أنها عازلة لحرارة الشمس وهي بمثابة دهان للمباني تعكس وتشتت حرارة الشمس عند سقوطها على الأسطح المدهونة به. بنسبة تزيد عن 85% من الدهانات الأخرى (المغربي، 2013).

ب. **-دهان نانو سكاي كوت Nano Sky Coat: -**

يقوم بالحفاظ على بريق الأسطح، كما يمكنه الحد من ترسب الصدأ عن الدهانات العادية (المغربي، 2013).

ج. **-دهان الحماية القصوى للأسطح الخشبية غير المعالجة: -**

هو عبارة عن مادة لحماية الأسطح الخشبية غير المعالجة فيجعل الأسطح طاردة للمياه والأوساخ والمواد الدهنية (الصالحي، 2007).

د. **-مادة الحماية من الحريق Fire Protect: -**

هي مادة تستخدم لإخماد الحرائق والحماية منها فالخليط يحدث رد فعل ماص للحرارة ينتج عنه امتصاص لطاقة الحريق كما يخلو من السمية (الصالحي، 2007).

6- عزل الأغلفة الخارجية للمباني: -

6 -1- الهلام الهوائي Aerogel Nanogel :

يطلق عليه (الدخان المتجمد) وذلك لطبيعته شبه الشفافة، وهو مادة هلامية

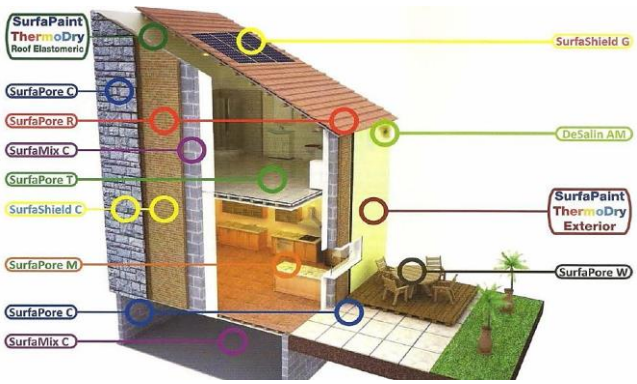
منخفضة الكثافة تم فيها استبدال المحتوى السائل للمادة بالغاز يتكون من 5% مادة صلبة و95% هواء، وكانت النتيجة نشأة مادة ذات كثافة منخفضة جدا وذات خواص متعددة (السمني، 2008).

6 -2- الأغشية الرقيقة العازلة Thin-film insulation:

تستخدم للعزل الحراري وهي عبارة عن ألياف من الفولاذ النانوي المقاوم للصدأ، تساعد هذه الخاصية على امتصاص الأشعة تحت الحمراء، وقادرة على حجب أشعة الشمس مما يساعد على تخفيض درجة حرارة الفراغ الداخلي بنسبة 2-3 درجة سيليزية مقارنة مع المواد التقليدية، مما يساعد في تقليل استهلاك الطاقة في المباني (الدريهم، 2007).

6-3- ألواح العزل المفرغة Vacuum insulation panels :

تستخدم في تطبيقات العزل النانوي في المباني، لها عامل توصيل حراري **Thermal conductivities** أقل من 5 إلى 10 مرات من العوازل التقليدية وسمكها 25 مم أي أقل سمك من مواد العزل التقليدية (السيد، **2022**)..



شكل 5: تصنيف أنواع مادة Surfapore وموقع تطبيقها تبعا للوظيفة ونوع المادة المطلوب عزلها داخل المبنى

المصدر: **https://nanophos.com/eng/product/surfapore/surfapore-c-2-detail**

6-4- مادة عازلة للمياه للأسطح الخرسانية: " Surfapore C "

تستخدم للأسطح الخرسانية والمونة الأسمنتية والبياض الأسمنتي بأنواعه وجميع الأرضيات والرخام والسيراميك ويتغلغل داخل المسام ولا يعطي طبقة ظاهرة للعين، ومقاوم للأشعة فوق البنفسجية، وصديق للبيئة (السيد، 2022).

6-5- مادة عازلة للمياه لأسطح البلاط والقراميد: Surfapore R

تستخدم لحماية وعزل البلاط والقرميد ضد تسرب المياه وهو مقاوم لأشعة الشمس وصديق للبيئة ويستخدم لدهان الأسطح من الداخل والخارج ولا يسمح بتكون الفطريات ومعدل الاستهلاك للمادة 9-11 م2/لتر (السيد، 2022).

6 -6- مادة عازلة للمياه لأسطح الرخام والجرانيت والبورسلين: " Surfapore M "

تستخدم لحماية وعزل الرخام والجرانيت والبورسلين والأحجار ضد تسرب المياه ومانع لتسرب بقع الزيوت والشحوم، له تحمل حراري لدرجة 350 °م، كما يتحمل الحركة والاحتكاك ومقاوم لأشعة الشمس، وصديق للبيئة. (السيد،2022).

7- تطبيقات المواد النانونية في رفع الكفاءة الحرارية وعزل الأغلفة للمباني التعليمية:

لقد تبين أهمية تكنولوجيا النانو حيث إن خصائصها تعمل على إطالة العمر الافتراضي للمنتجات وقدرتها على التحمل عن طريق التحكم في المواد على المستوى الجزيئي، ولتكنولوجيا النانو مساهمة ملموسة في تقليل الوزن أو الحجم- خفض عدد مراحل الإنتاج – استخدام أكثر كفاءة للمواد – تقليل الحاجة إلى الصيانة... وكنتيجة مباشرة لما سبق الحد من استخدام المواد الخام والطاقة ولانبعاثات CO2 منخفضة – حفظ المواد – زيادة دعم الاقتصاد (السيد، 2022).

7-1- مواد العزل الحراري للمباني:

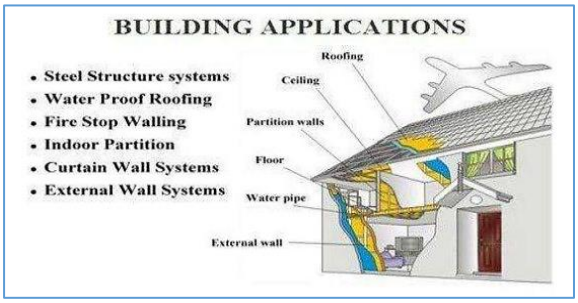
وتتم من خلال استخدام مواد لتقليل انتقال الحرارة من وإلى المنشأ.

7-1-1- مواد العزل التقليدية:

تستخدم الآن بعض المواد التقليدية ذات التوصيلية المنخفضة نسبيا في عزل المباني، ومن أهم هذه المواد:

أ- **الصوف المعدني** Mineral Wool :

هو نوع من الألياف القصيرة الزغبية المظهر، مصنوعة من مواد معدنية طبيعية خام، وهو يشمل الصوف الزجاجي والصوف الصخري، والصوف المعدني له خواص سمعية جيدة، وكثافة صغيرة، إلا أن التوصيلية الحرارية ومحتواه من الرطوبة وكذلك الكثافة تتباين وتتغير مع التغير في درجة الحرارة (خالد، 2018). إلى جانب ذلك فهو غير قابل للاشتعال، وله قوة تحمل كبيرة (Durability)، ومقاومة الحرارة بالإضافة إلى مقاومة التآكل. والصوف المعدني يستخدم في عزل الأسقف الصلبة والخرسانية والطوب، والفواصل والحوائط، علاوة على عزل الأنابيب ذات درجات الحرارة العالية (خالد، 2018).



شكل 6: تطبيقات مادة الصوف المعدني داخل الفراغات المعمارية. المصدر
https://www,weiku.com/products10503222/Mineral_Wool_acousti

ب- البوليسترين الممدد Expanded polystyrene :

هو بلاستيك خلوي متماسك قابل للتمدد. ويستعمل في العزل الصوتي أيضاً، وتغطية الحوائط لما له من قدرة جيدة على امتصاص الصدمات وتوصيلية حرارية، والمقاومة العالية للانضغاط والرطوبة، وخفة وزن. بالإضافة إلى كثافته التي تبلغ 40كج /م^3 (خالد، 2018).

عيوبه:

1- يحتاج إلى إجراءات خاصة لتجهيز العناصر المراد عزلها مثل الاحتياج إلى شبك ممد للتركيب وطول فترة العزل.
2- سام وقابل للاشتعال.
3- سهل الكسر والتفتت (صغر العمر الافتراضي)
4- جزيئات الهواء داخل لوح البوليسترين توقف نقل الحرارة ولكن يمكن أن تتراكم الرطوبة وبالتالي تصبح غير فعالة.

جـ- البوليسترين المبثوق :**Extruded Polystyrene (XPS)**

يكون تركيب البوليسترين في هذه الحالة أكثر انتظاما وجيد الترتيب وذا سطح ناعم مستمر ومقاومته عالية للرطوبة والكيماويات، والكحولات والمحاليل الملحية. ومن عيوبه القابلية للاشتعال وعدم تحمله للحرارة المباشرة. ويستخدم داخل مجالات الإنشاءات كمواد عازلة للحرارة والصوت (حسب الله، 2017).

عيوبه:

1- حساس للأشعة الشمس المباشرة وتؤثر عليه سلبا، وتؤثر علية درجات الحرارة العالية وتعرضه للذوبان.
2- تؤثر عليه السوائل والمذيبات بالسلب
4- البوليستيرين قابل للاشتعال.
٥- يجب تركيبة في تجاويف الجدار بإحكام لوقف تسلل الهواء.
٦- تؤثر علية الأشعة فوق البنفسجية مما يعرضه للتلف.
٧- تستخدم مركبات تستنزف طبقة الأوزون في إنتاجها. وتنخفض كفاءة العزل بمرور الزمن ويحتاج إلى صيانة دورية.

شكل 7: سمك وشكل مادة الفلين المستخدم في عزل المباني وكيفية التثبيت. المصدر:
https://www.thenaturalbuildingcentre.co.uk/product/ecocork-board

د- الفلين CORK :

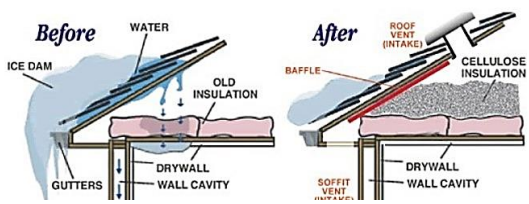
يصنع من لحاء شجرة بلوط الفلين، وهو مادة ذات خواص عديدة منها: الكثافة المنخفضة والمسامية العالية، والتي يرجع اليها تميز الفلين بمقاومة عالية جدا للصوتيات ونفاذية منخفضة للسوائل والقدرة العالية للانضغاط، وكذلك توصيلية حرارية عامة. بالإضافة إلى الثبات الكيميائي. ويستخدم كمواد عزل للمباني حراريا وصوتيا (Ali et al., 2021).

هـ- البولي يوريثان Polyurethane (PUR) :

هو عبارة عن مركبات كبيرة الجزيئات Macromolecular Compounds تحتوي على ٣ مجموعات كرباماتية carbamate متكررة (NHCOO)، وتتراوح كثافته من (40-60) كجم/م^3 وتوصيلية حرارية تبلغ 30 1-(mK) .mW. تتميز هذه المادة بخفة الوزن، ويستخدم في العزل الصوتي للمباني العالية الارتفاع (Ali et al., 2021).

و- السليلوز: Cellulose ($(C_6H_{10}O_5)n$)

هو مركب عضوي مكون من لب ورق. ويمكن استخدامها في ملأ تجاويف الحوائط والأسقف لفصل داخل المبنى عن خارجه حراريا وصوتيا، بما له من عزل صوتي جيد، وخواص مكافحة الآفات والحريق كما له خصائص حرارية جيدة صديقه للبيئة ولا تسبب التلوث وقابلة لإعادة التدوير (Ali et al., 2021).



شكل 8: تأثير استخدام مادة السليلوز قبل/ بعد في عزل المباني
https://www.atlashomeimprovment.com/applegate.html

7-1-2- مواد العزل الحراري الحديثة للمباني:

مواد العزل التقليدية يمكن استخدامها في جوانب مختلفة لعزل المباني. ولكنها غير اقتصادية في المباني ذات الأغلفة السميكة، وحدود مساحات الأرضيات، وكمية الحرارة المنتقلة وكيفية التحكم بها، مما جعلنا نبحث عن مواد جديدة.

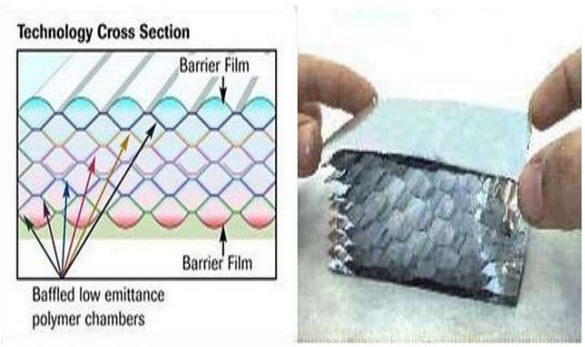
ومن أهم هذه المواد:

أ- ألواح العزل بالتفريغ: Vacuum Insulated Panels (VIP)

ونجد أن الواح العزل هذه أكثر صعوبة في التصنيع من تلك المواد التقليدية بسبب مواصفات الجودة المطلوبة وتقنيات الغلق المحكم (Ali et al., 2021).

ب- اللوحات المملوءة بالغاز **Gas-Filled Panels (GFP)** :

هي وحدات تتركب من أغشية وأغلفة رقيقة السمك (FILMS) من البوليمر وغاز ذي توصيلية منخفضة للحرارة، بخواص عزل حراري متميزة (Ali et al., 2021).



شكل 9: شكل وتكوين Gas-Filled Panels

: http://www.fifoil.com/products/advanced-solutions-systems-reflective-insulation/gfp-insulation

جـ- :Phase Change Material (PCM)

هي مادة ذات حرارة انصهار عالية وتتمتع بقدرة جيدة على تخزين وإطلاق كميات كبيرة من الطاقة. وتكون في الحالة الصلبة على درجة حرارة الغرفة، ولكن بعد تسخينها فإنها تتحول إلى الصورة السائلة وتقوم بامتصاص وتخزين الحرارة مما يعمل على تبريد المباني. وعلى العكس، عندما تتناقص درجة الحرارة، تتصلب هذه المادة وتطلق الحرارة المختزنة بها (Chaichan & Abaas, 2015).

د- الايروجيل: **Aerogel**

الايروجل هي مادة مسامية غير اعتيادية بسبب تركيبها المجهري المكون من مسام وجزيئات تقع في نطاق حجم النانومتر. وتصنع عادة باستعمال كيمياء SOL-GEL لتشكيل مواد هلامية مليئة بمذيبات يتم تجفيفها بحيث لا تتسبب في انكماش أو انهيار البنية الصلبة الضعيفة للنسيج الخلوي (Lesley,2023).

جدول 5 : تحديد خواص وسمات مادة الإيروجل، مع تطبيقاتها، المصدر: الباحث

الخواص Properties	السمات Features	التطبيقات Applications
التوصيلية الحرارية Conductivity Thermal	أفضل مادة صلبة عازلة تتحمل درجات الحرارة العالية.	عزل المباني، المعدات، المبردات، مركبات النقل، الاسقف الزجاجية Sky Light
الكثافة/ المسامية Density/Porosity	أخف مادة صلبة ذات مساحة سطح نوعية عالية.	مادة محفزة، ماصة ومخزنة للطاقة ذات أجهزة ومجسات للاستشعار .
البصرية Optical	مادة صلبة شفافة ذات معامل انكسار ضوئي منخفض .	البصريات خفيفة الوزن، الأدلة الضوئية، بصريات المؤثرات الخاصة .
الصوتية Acoustic	أقل سرعة صوت.	أجهزة تحديد المدى، السماعات، مادة عازلة للصوت .
الميكانيكية Mechanical	أقل ثابت كهربائي قوة عزل كهربائي عالية	مادة عازلة للكهرباء، وفواصل لالكترودات التفريغ ، المكثفات الكهربائية

7-1-3-أهداف المواد النانوية في البناء والتشييد وتطبيقاتها:

ومن أهم الأهداف:

- **الفيزيائية:** كالوزن ودرجة الانصهار والنفاذية إلخ...
- تقليل استهلاك المواد
- **الكيميائية:** كمقاومة العوامل المناخية والتآكل.
- الزيادة في إعادة تصنيع المواد.
- **الميكانيكية:** المتانة والمرونة
- استخدام المواد المتجددة - حماية البيئة الطبيعية.
- تحسين خصائص مواد البناء الموجودة.

8- المباني التعليمية:

فكرة المباني التعليمية تعني جمع الناس في مكان واحد لغرض التعليم والمعرفة كما أنها تشجع على التواصل وتبادل الأفكار في ما بينهم. وهناك الكثير من

الخصائص التي يجب أن يراعيها التخطيط العمراني والتصميم المعماري للمباني التعليمية، والتي تميزها عن غيرها مثل التوسع المستقبلي وتطبيق معايير الاستدامة والمحافظة على البيئة. (خالد، 2018).

ونجد أن تكنولوجيا النانو يمكن أن تساهم في تحقيق إدارة الطاقة في المباني التعليمية من خلال تطبيق العديد من الحلول التي تقدمها تكنولوجيا النانو في مجالات ترشيد وتخزين وتوليد الطاقة في المباني والتي قد تكون التكلفة الأولية لها مرتفعة ولكن هذه التكلفة سيتم استردادها خلال فترة التشغيل حيث تساعد هذه التقنيات على الحد من استهلاك الطاقة في المباني مما يوفر في تكاليف فواتير الكهرباء، خاصةً في المباني التعليمية حيث تُعد من أكثر المباني استهلاكا للطاقات (Chvatal et al., 2021). وذلك للاعتماد بشكل أساسي على المكيفات وعدم استخدام تقنيات ومواد تحقق كفاءة الاستهلاك للطاقات المستخدمة، وعدم مراعاة معدلات استهلاك الطاقة في هذه النوعية من المباني (خالد، 2018).

8-1- أسباب اختيار عينة الدراسة (المباني التعليمية):

تم اختيار المباني التعليمية لكثرة استهلاك هذه النوعية من المباني للطاقة فهي تستهلك كماً كبيراً جدا من الطاقة. (Maurya, 2021) بسبب النمو في مجال تكنولوجيا المعلومات وكذلك زيادة الاعتماد على تكييف الهواء والإضاءات الصناعية والأجهزة التكنولوجية الحديثة المنتشرة في المباني الجامعية.

وتتكامل المواد النانوية مع المواد التقليدية بحيث تحسن خصائص المواد الأصلية وتمنحها خصائص وظيفية جديدة بنطاق الحلول التصميمية الممكنة حيث يمكن إضافة الصفات الوظيفية والجمالية بشكل أكثر سهولة على جميع المباني.

وتعتبر المباني التعليمية من أهم المشاريع في البيئة العمرانية والمعمارية التي يجب أن تولي اهتماماً نحو تطويرها، لذا فإن تحقيق الاستفادة من المواد النانوية بها يعم بالفائدة على جوانب كثيرة ترتبط بالبيئة واقتصاد والمجتمع ويعمل على تحقيق بيئة صحية مريحة ومحفزة.

8-2- عرض الوضع الراهن لتطبيق تكنولوجيا النانو في المباني التعليمية:

- نجد أن معظم التقنيات لها صعوبة في اقتحام مجال البناء، نظراً لعدم توافر الفنيين القادرين على تنفيذ هذه التقنيات وكذلك رأس المال.
- وسيقدم العرض التحليلي مباني تعليمية نموذجية مختلفة طبقت استراتيجيات النانو تكنولوجي لتحقيق الاستدامة، وهي مباني عالمية نظرا لعدم وجود مباني محلية استطعنا الحصول عليها.

8-3- تحليل لبعض الأمثلة العالمية التي استخدمت تكنولوجيا النانو في بعض عناصر المبنى التعليمي:

وفي هذا الجزء يتم عرض مجموعة من الأمثلة العالمية لتطبيقات النانو في المباني التعليمية لرفع الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي لها.

8-3-1- مركز مايك واوفيليا للنانو بجامعة واترلو:

أ- التعريف بالمبنى:

يقع المبنى في جامعة واترلو في الحرم الجامعي الرئيسي، ويجمع المبنى بين كتلتين بالإضافة إلى المبنى المركزي، مع مدخلين رئيسيين ومنطقة تجمع.

يتكون المبنى من 6 طوابق والتي تبلغ مساحتها 26500 م^2 ليضم معهد الحوسبة، معهد واترلو لتكنولوجيا النانو وبرنامج جامعة واترلو الجامعي في هندسة تكنولوجيا النانو.

جدول 7: نبذة عن مركز مايك واوفيليا للنانو بجامعة واترلو، المصدر: بتصريف من الباحث

إسم المشروع	University of Waterloo's Mike & Ophelia Lazaridis Quantum-Nano Centre (مركز مايك وأوفيليا للنانو بجامعة واترلو)
المصمم	KPMB Architects
الموقع	WATERLOO, CANADA
نوع الإستخدام	مبنى تعليمى (جامعة)
تاريخ التنفيذ	2012
مساحة المبنى الإجمالية	26500 م2
المادة الذكية المستخدمة	زجاج نانوجيل Aspen aerogels inc .
الشركة المصنعة للمادة	Aspen Aerogels, Inc.,30 Forbes Road, Building Northborough, MA 01532,USA.
نبذة عن المبنى	يقع المبني في جامعة واترلو(Waterloo) في الحرم الجامعي الرئيسي ويجمع المبنى بين كتلتين بالاضافة إلى المبنى المركزي ، مع مدخلين رئيسين ومنطقة تجمع ، يتكون المبنى من سته طوابق ، ويحتوي على غرف الأبحاث والمعامل التي تبلغ مساحتها929 م2 وقاعات للتدريس، صاله متعددة الأغراض ، قاعة المحاضرات وقاعات دراسية ومكاتب .

شكل 10: مركز مايك واوفيليا للنانو بجامعة واترلو

المصدر: https://cutt.us/gm1OS

واعتمد الغلاف الخارجي للمبنى على تكنولوجيا النانو، فالغلاف عبارة عن غلاف مزدوج من الحوائط الستائرية الزجاجية، واعتمد هذا الزجاج في تطبيقه على تقنية التنظيف الذاتي مما يعمل على تقليل الصيانة، وتم استخدام أنابيب الكربون النانوية بشكلها المسدس على الواجهة الجنوبية، أما في الواجهة الغربية فتم تكسيتها بمادة الإيروجيل سيلكا الشفافة ذات الأداء الحراري العالي.

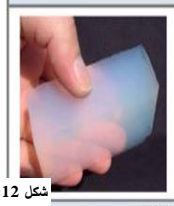
ب- تكنولوجيا النانو المستخدمة:

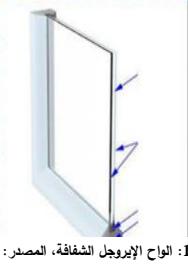
- استخدم المبنى تكنولوجيا النانو المتمثلة في الأغشية والتغطيات والطبقات النانوية وذلك في الزجاج والمواد العازلة.

- استخدم المبنى مادة الإيروجيل سيليكا الشفافة ذات الأداء الحراري العالي والتي يصل سمكها إلى (12-7) مم لتقليل الوهج وزيادة العزل الحراري والصوتي.

- تم وضع حساسات لدرجة الحرارة ومستشعر للوهج ومستشعرات للضوء على الغلاف الخارجي للمبنى.

جدول 8: المواصفات الفنية والحرارية والانظمة المستخدمة بمركز مايك واوفيليا للنانو بجامعة واترلو، المصدر: بتصريف من الباحث

المواصفات الفنية / الحرارية لمادة الغلاف	أسم المادة	Aspen aerogels / Silica aerogel
	الشكل الهندسي	
	لون السطح	شفاف
	النفاذية الحرارية	أقل من 0.5 (W/m2K)
	نفاذية الضوء	٨٤-٩٢٪
	توفير الطاقة	يقلل من استهلاك الطاقة
	سمك المادة	7 : 12 مم
الأنظمة الذكية المستخدمة في المبنى:	التكنولوجيا المستخدمة	تكنولوجيا النانو
	تكنولوجيا أنظمة التحكم	التحكم المركزى – تحكم فردى
	تكنولوجيا الإستشعار	مستشعر إضاءة – مستشعر حرارة – تنظيف ذاتى
	تكنولوجيا النانو	(Nano Films – Nano Coatings- Nano Layers).
	المواد المستخدمة فى الواجهة	ألواح الايروجيل الشفافة - انابيب الكربون النانوية - شرائح من الألومنيوم المقاوم الحريق - الايروجيل سيليكا الشفافة.

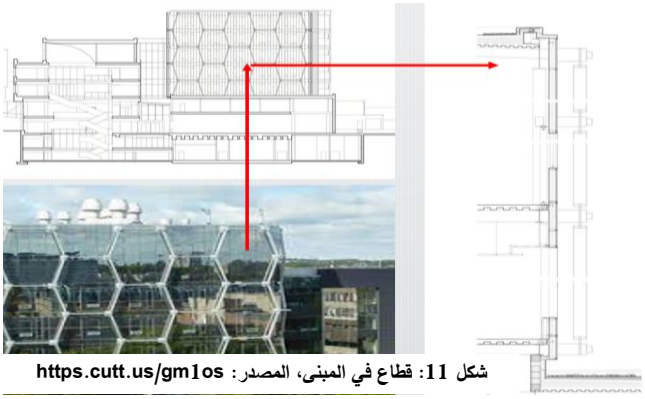


شكل 12: الواح الإيروجل الشفافة، المصدر: https.cutt.us/gm1os

8-3-2- مبنى ومعرض جامعة ييل للنحت:

أ- التعريف بالمبنى:

يشتمل مبنى الجامعة على ثلاثة مباني، مبنى النحت المكون من أربعة طوابق، بدروم من طابقين، معرض مكون من طابق واحد وجراج للسيارات من أربعة طوابق، وتم عمل تكسية للواجهات بحوائط ستائرية من الزجاج عالي الداء المعالج بتقنيات النانو، والذي يتكون من عدة طبقات تساعد على تقليل الاكتساب الحراري، ويسمح بنفاذ الإشعاع الشمسي بنسبة عالية.



شكل 11: قطاع في المبنى، المصدر: https.cutt.us/gm1os

إسم المشروع	Yale University Sculpture Building and Gallery مبنى ومعرض جامعة ييل للنحت
المصمم	KieranTimberlake Associates
الموقع	مدينة نيو هيفن ، الولايات المتحدة الامريكية
نوع الإستخدام	مبنى تعليمى (جامعة) ومبنى متعدد الاستخدام
تاريخ التنفيذ	2007
مساحة المبنى الإجمالية	62000 قدم مربع
المادة الذكية المستخدمة	جزيئات ايرجيل زجاج نانو عالى الاداء
الشركة المصنعة للمادة	CABOT
نبذة عن المبنى	يشتمل مبنى الجامعة على ثلاثة مبانٍ جديدة: مبنى النحت المكون من أربعة طوابق ، ومعرض مكون من طابق واحد ، وجراج للسيارات من أربعة طوابق، فيعمل مبنى النحت كمصباح يضيء القلب. قام فريق المشروع بتوجيه مبنى النحت والواجهات وعناصر التظليل لتحسين ضوء النهار مع تقليل اكتساب الحرارة في الصيف والسماح باكتساب الحرارة في فصل الشتاء.

شكل(2- 122) : يوضح مبنى ومعرض جامعة ييل .

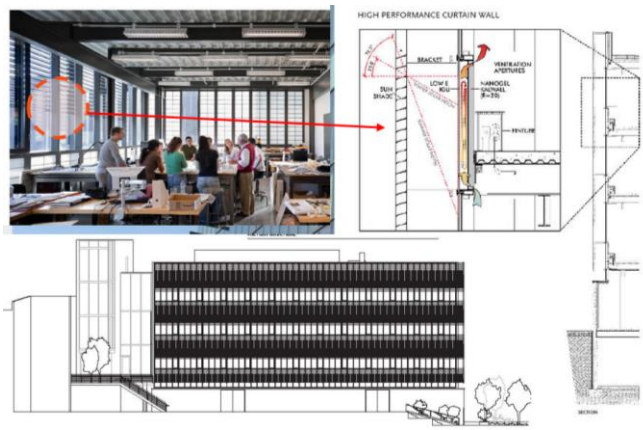
المصدر: https://cutt.us/6zlrD

شكل 13: مبنى ومعرض جامعة ييل للنحت

جدول 9: نبذة عن مبنى ومعرض جامعة ييل للنحت، المصدر: بتصريف من الباحث

كما تم استخدام شرائح رأسية من الألومنيوم وأخري من الخشب للتظليل والتحكم في الإشعاع الشمسي الواصل للفراغات، وتقليل اكتساب الحرارة صيفاً والسماح باكتساب الحرارة شتاءً، كما استخدمت جزيئات الإيروجيل لعزل الحوائط وملأ الفراغات بين طبقات الزجاج في الواجهة الستائرية لرفع كفاءة العزل الحراري والتقليل من متطلبات التدفئة والتبريد، مما يؤدي إلى توفير الطاقة وخفض تكاليف المبنى، وتم تطبيق الزجاج المعالج بتقنية النانو الذاتي التنظيف فتتميز الواجهات الخارجية بتوفير 20% من ضوء النهار دون حدوث وهج، كما أن نفاذية الضوء الطبيعي تصل إلى 88%.

شكل 14: واجهة المبنى، المصدر: https.cutt.us/gm1os



شكل 15: قطاع في المبنى، المصدر: https.cutt.us/gm1os

ب- تكنولوجيا النانو المستخدمة:

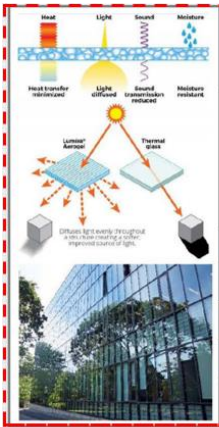
- استخدم المبنى تكنولوجيا النانو المتمثلة في الأغشية والتغطيات والطبقات النانوية وذلك في الزجاج والمواد العازلة.

- استخدم المبنى مادة الإيروجيل سيليكا الشفافة ذات الأداء الحراري العالي والتي يصل سمكها إلى (12-7) مم لتقليل الوهج وزيادة العزل الحراري والصوتي.

- تم استخدام زجاج عالي الأداء على واجهات المبنى الذي يسمح بنفاذ 88% من الضوء.

جدول 10: المواصفات الفنية، المصدر: الباحث

المواصفات الفنية / الحرارية لمادة الغلاف	أسم المادة	High performance curtain wall glass and 'Kalwall® + LUMIRAR Aerogel
	الشكل الهندسى	
	لون السطح	شفاف
	التوصيلية الحرارية	(W/m2K) 0.29 : 0.08
	نفاذية الضوء	% 90 : 80
	توفير الطاقة	يقلل من استهلاك الطاقة
	سمك المادة	4/3 : 2 بوصة
الأنظمة الذكية المستخدمة فى المبنى:	التكنولوجيا المستخدمة	تكنولوجيا النانو
	تكنولوجيا أنظمة التحكم	التحكم المركزى – تحكم فردى
	تكنولوجيا الإستشعار	مستشعر إضاءة – مستشعر حرارة – مستشعر للوهج
	تكنولوجيا النانو	(Nano Films – Nano Coatings– Nano Layers).
	المواد المستخدمة فى الواجهة	حوائط ستائرية من الزجاج عالى الاداء المعالج بتقنيات النانو.



8-2- منهجية وخطوات العمل لتطبيق نموذج محاكاة لتحليل تأثير تكنولوجيا النانو على رفع الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي للمباني التعليمية:

يمكن إتباع مجموعة من الخطوات لتصنيف مواد النانو وتطبيقاتها في العمارة وتحديد خطوات العمل بحيث يمكن استخدامها في التحليلات والدراسة التطبيقية في مجال العمارة. وهذه الخطوات كالتالي:

أ- تحديد الأهداف:

بدايةً يجب تحديد أهداف أو الدراسة بوضوح. مثلاً، هل تهدف إلى تصنيف مواد النانو حسب تأثيرها على الكفاءة الحرارية الحراري أم غيرها من الجوانب الأخرى في المجال المعماري؟

ب- مراجعة الأدبيات:

من خلال مراجعة الدراسات المتعلقة بمواد النانو في مجال العمارة. مع وضع قائمة بالمواد والتطبيقات المعروفة والتصنيفات المستخدمة.

جـ- إعداد قاعدة بيانات:

عن طريق إعداد قاعدة بيانات تحتوي على أسماء مواد النانو وتصنيفاتها بناءً على المراجعة الأدبية.

د- التطبيق:

عن طريق تطبيق نموذج محاكاة على أحد المباني التعليمية أو أي فراغ من الفراغات الموجودة داخل المبنى التعليمي.

وهنا تم استخدام **Cove.tool** وهو عبارة عن منصة تصميم آلية لأداء بناء ذكي. تساعد المعماري في بناء نماذج أكثر ذكاءً ودقة في عُشر الوقت للفوز بالعمل وتقليل دورات التصميم. باستخدام الأتمتة، يتيح **Cove.Tool** لأي شخص في فريق التصميم اتخاذ قرارات أفضل. بفضل سير العمل والإضافات للبرامج مثل **Revit** و **SketchUp** و **Rhinoceros**.

هـ- توثيق النتائج:

وفيه يتم بتوثيق النتائج والتصنيفات في تقارير أو جداول أو رسوم بيانية. هذا يساعد في توجيه البحوث المستقبلية ومشاركة النتائج مع المجتمع العلمي.

9- الدراسة التطبيقية:

تطبيق برنامج المحاكاة على الفصل الدراسي محل الدراسة لدراسة الأداء الحراري لأغلفتها المعالجة بتقنية النانو في العزل.

توضح الدراسات السابقة التي تمت مناقشتها فوائد استخدام مواد النانو في تحسين الأداء الحراري وتقليل استهلاك الطاقة في قطاع البناء. ومع ذلك، تناول عدد محدود من الدراسات استخدام مواد النانو في تقديم حلول جديدة لاستهلاك الطاقة العالي في المباني والعديد من هذه الدراسات تظهر انخفاض كمية استهلاك الطاقة التي يمكن الوصول إليها باستخدام هذه المواد.

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة التطبيقية هو فهم واستكشاف الاحتمالات التي يوفرها استخدام المواد النانوية في غلاف المبنى لتحسين الأداء الحراري للمبنى باستخدام برنامج محاكاة لمقارنته بالمواد التقليدية، وقياس اكتساب الحرارة وفقدها في ظل ظروف الطقس النموذجية لمحافظة الجيزة، مدينة السادس من أكتوبر كما هو مذكور في كود الطاقة المصري وبيانات الطقس بناءً على Energy Plus الموجودة في أداة المحاكاة والتحليل COVE.TOOL.

تم اختيار الفصل الدراسي بمعهد أكتوبر العالي للهندسة ليكون دراسة حالة، وجداول إشغاله من الساعة 9:00 صباحًا إلى 15:00 مساءً كل أيام الأسبوع.

Cove.tool عبارة عن منصة تصميم آلية لأداء بناء ذكي. تساعد المعماري في بناء نماذج أكثر ذكاءً ودقة في عُشر الوقت للفوز بالعمل وتقليل دورات التصميم. باستخدام الأتمتة، يتيح Cove.Tool لأي شخص في فريق التصميم اتخاذ قرارات أفضل. بفضل سير العمل والإضافات للبرامج مثل Revit و SketchUp و Rhinoceros والمزيد، يمكّن Cove.Tool جميع المعماريين والمهندسين والمطورين من السماح للبيانات بقيادة عملية التصميم. كما يسمح تطبيق الويب Cove.Tool بالتكلفة المعيارية أو المتغيرة مقابل تحسين الطاقة، والمدخلات الآلية لجميع أكواد الطاقة، واستيراد النماذج البسيطة ثلاثية الأبعاد من البرامج الأخرى، والتوجيه السريع للواجهة، ومقارنة الاستراتيجيات، والمزيد من الدراسات البيئية.

تم تصميم هذه الدراسة لتشمل هيكل غلاف المبنى، وبالتالي يمكنه فحص الأداء الحراري للمفتوح والمغلق **للنموذج**.

الدراسة المنفذة هنا هي دراسة قائمة على المحاكاة تدمج المواد النانوية مع غلاف المبنى. تُظهر هذه الدراسة التجريبية الأداء الحراري لنموذج النانو وانخفاض استهلاك الطاقة عند مقارنة نموذج النانو بنموذج الحالة الأساسية، كما تُظهر جودة اكتساب الحرارة وفقدها.

9-1- منهجية الدراسة:

- تبلغ مساحة الفصل محل الدراسة 60 مترًا مربعًا، مما يجعله مبنى تعليمي قليل الحجم، كما أن هذا المبنى يصنف كمبنى منخفض الارتفاع حيث يتكون من 3 طوابق.
- في هذا الجزء سوف نقدم معاملات وعناصر الحالة الأساسية مثل التصميم المعماري والمواصفات الفنية والتصميم الإنشائي للمبنى، أيضا تفاصيل تشييد المبنى وجميع البيانات حول استهلاك الطاقة في المبنى.
- بالإشارة إلى الجزء السابق الذي عرض مزايا المواد النانو الذكية وبعض الأمثلة العالمية التي تستخدم هذه المواد التي لها تأثير كبير على استهلاكها للطاقة، في هذا الجزء سنستخدم هذه المواد في دراسة الحالة الخاصة بنا.
- بدايةً، تم تصميم النموذج ثلاثي الأبعاد للفصل الدراسي بالأثاث على برنامج الريفيت Revit ثم تصديرها إلى منصة برنامج Autodesk Insight لتحليل الطاقة وبعد ذلك إدخالها على أداة drawing.tool ضمن برنامج Cove.Tool مع التفاصيل الكاملة والسمك الحقيقي للحوائط والأرضية والسقف، مع المواد الفعلية المستخدمة في هذا المبنى وخصائصها. ثم تم تصديرها إلى أداة تحليل الطاقة والتكلفة في برنامج Cove.Tool وإضافة المعلومات الناقصة حول نشاط المبنى والتشييد والفتح والإضاءة ونظام HVAC ثم الحصول على نتائج المحاكاة.
- سيتم إجراء مقارنة بين نتائج محاكاة دراسة الحالة ونتائج محاكاة نموذج النانو. الثابت الأساسي في هذه المحاكاة: المبنى (الحجم – الاتجاه – النوع – المناخ – المواصفات الفنية (مستلزمات الإضاءة – إمدادات الكهرباء – نظام HVAC – نشاط المبنى)، والمتغيرات

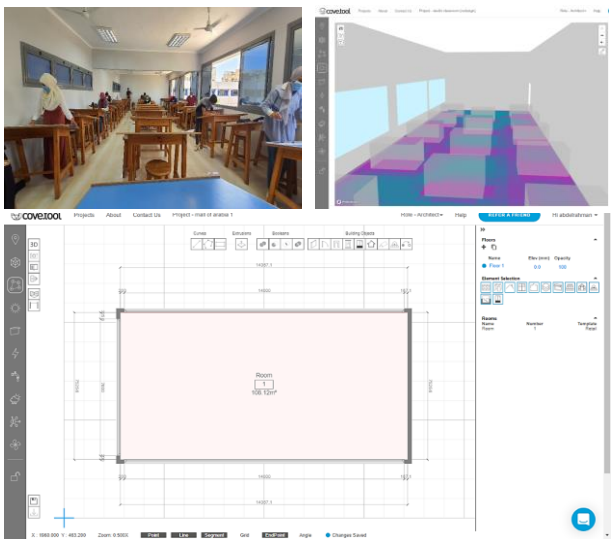
التي تؤثر على المحاكاة هي الخصائص الفيزيائية للمبنى (طبقات تشطيب المبنى – مواد البناء وخصائصها التي تم استبدالها بمواد النانو).

- من خلال مناقشة النتائج التي تظهر أن المواد النانوية لها تأثير كبير على استهلاك الطاقة للمبنى، ستبحث الدراسة مقدار الانخفاض في استهلاك الطاقة.

9-2- آلية عمل برنامج المحاكاة " Simulation framework "

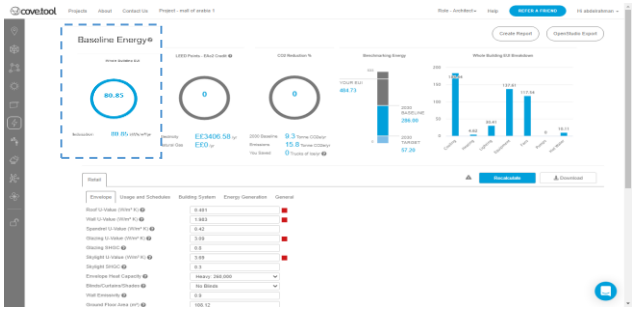
عُرفت محاكاة الطاقة في السنوات الأخيرة كأداة جديدة لمنح المهندسين المعماريين بعض المساعدة في ممارساتهم التصميمية. يقدم هذا الفصل دراسة محاكاة لأداء الطاقة لفراغ تعليمي، من خلال استبدال المواد التقليدية بمواد النانو، تم بناء نموذج المبنى في الريفيت Revit، وتم تقديم محاكاة الطاقة باستخدام أداة المحاكاة والتحليل لبرنامج Cove.Tool باستخدام بيانات الطقس في مدينة 6 أكتوبر بمحافظة الجيزة. تم تحليل نتائج المحاكاة لفهم سلوك الأداء الحراري والطاقة والتكلفة لمواد النانو.

أولا؛ تم تصميم النموذج ثلاثي الأبعاد للفصل الدراسي ضمن برنامج Cove.Tool مع التفاصيل الكاملة والسماكة الحقيقية للحوائط والأرضية والسقف، مع المواد الفعلية المستخدمة في هذا المبنى وخصائصها، وتم جمع هذه البيانات من خلال مراجعة رسومات التصميم كما هو موضح في الشكل التالي.



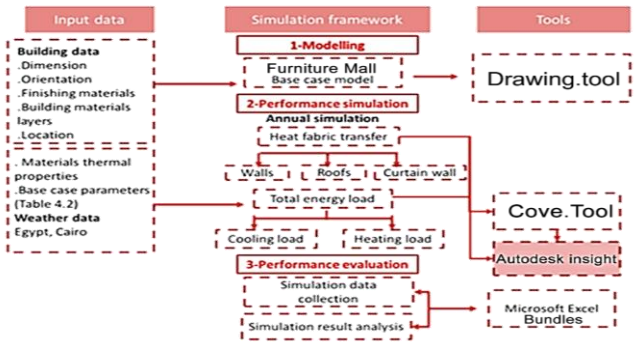
شكل 16: تصميم المبنى باستخدام برنامج Cove.Tool – المصدر : الباحث

ثانيا؛ تم تشغيل أداة التحليل للمبنى في برنامج Cove.Tool، وهو من أحدث الأدوات الأساسية في مجال الطاقة في محاكاة المباني الذي يزود المستخدمين بأداء المبنى الرئيسي مثل درجة الحرارة والرطوبة واستخدام الطاقة والتكلفة كما هو موضح في (الشكل **18**)، ثم تم إدخال البيانات الأساسية مثل موقع المبنى وتوجيهه وبيانات التشغيل ونوع الأنشطة الداخلية والبيانات الإنشائية مثل سمك الحوائط والأسقف وطبقات التشطيب وخصائصها (GlobalPetrolPrices, 2022).



شكل 17: النتائج الأولية بعد تشغيل أداة التحليل وإضافة المدخلات والبيانات الأساسية – المصدر (الباحث)

يتميز برنامج Cove.Tool بميزات ممتازة بما في ذلك السرعة (نمذجة المبنى، إعدادات نظام HVAC للمبنى)، سهل التعلم، طريقة عرض المعلومات بسيطة. ثم تم تغيير مواد المبنى الحالية إلى مواد النانو عن طريق استيراد خصائص مواد النانو في برنامج Cove.Tool، وأخيراً تم جمع نتائج المحاكاة وتصديرها.



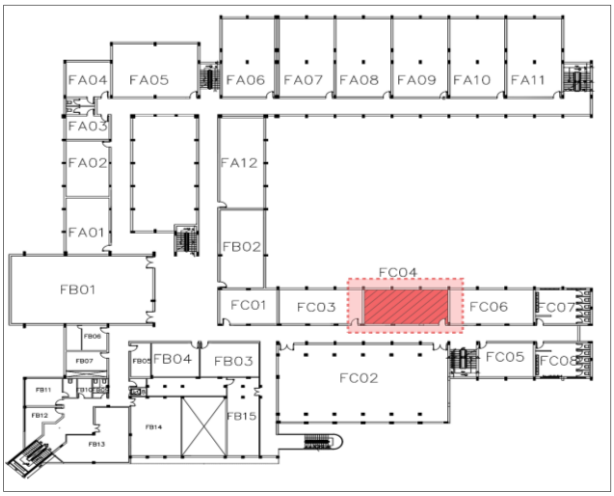
شكل 18: آلية عمل المحاكاة والتحليل واستخراج بدائل التحسين بواسطة البرنامج – المصدر (السيد، 2022)

9-3- معالم الحالة الأساسية Base Case parameters

معهد أكتوبر العالي للهندسة هو أقدم وأشهر معهد معماري تم اختياره ليكون دراسة حالة للدراسة التطبيقية لهذه الورقة البحثية. ويقع المبنى في مدينة 6 أكتوبر بمحافظة الجيزة، مصر على (خط العرض 30,98 درجة شمالاً، خط الطول 30 درجة شرقاً).

شكل 19: معهد أكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا وتحديد محل الواسة

المصدر – https://www.ohi.edu.eg/ last accessed **(4/5/2023 9:59 Pm)**



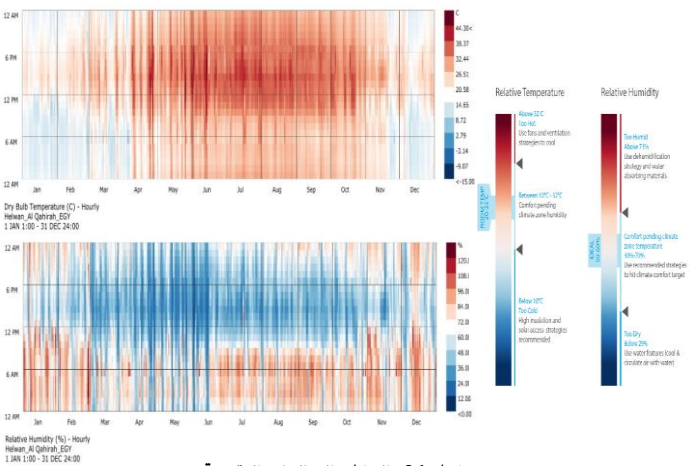
شكل 20: مسقط افقي لمبنى المعهد وتحديد الفصل محل الواسة

المصدر (الباحث)

9-4- البيانات المناخية:

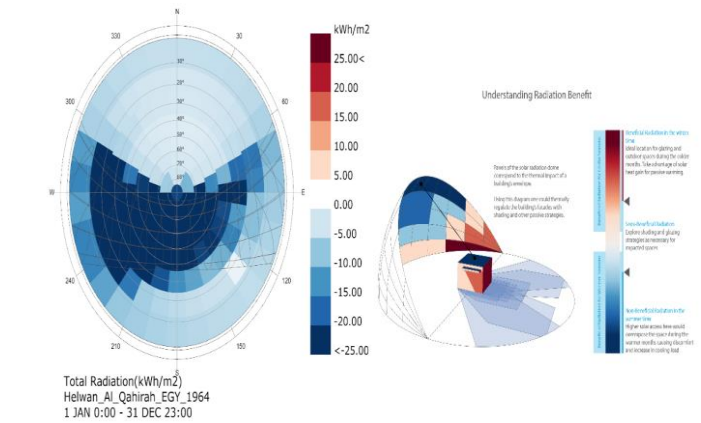
يقع المبنى في منطقة مناخ القاهرة والدلتا كما هو الحال في كود الطاقة المصري الذي يعتبر مناخًا حارًا جافًا. وبيانات المناخ لمنطقة القاهرة خريطة الراحة الحرارية تكون متوسط درجة الحرارة العظمى هو 41 درجة مئوية في مايو ومتوسط درجة الحرارة الصغرى هو 22 درجة مئوية في يناير.

هناك انخفاض في درجة الحرارة من ديسمبر إلى فبراير مما يحتاج إلى حمل تدفئة، وفي أشهر الصيف، كانت هناك زيادة في درجة الحرارة من مايو إلى سبتمبر والتي تحتاج إلى حمل تبريد كبير للوصول إلى منطقة الراحة، وتصبح الرطوبة أيضًا في هذه الأشهر أعلى، كما هو موضح في الشكل.

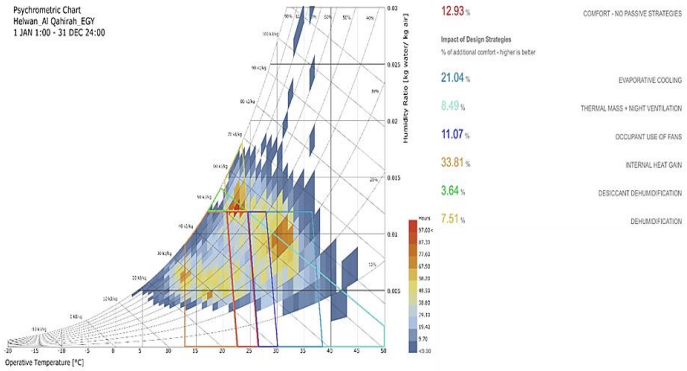


شكل 21: البدائل والمعالجات المقترحة –

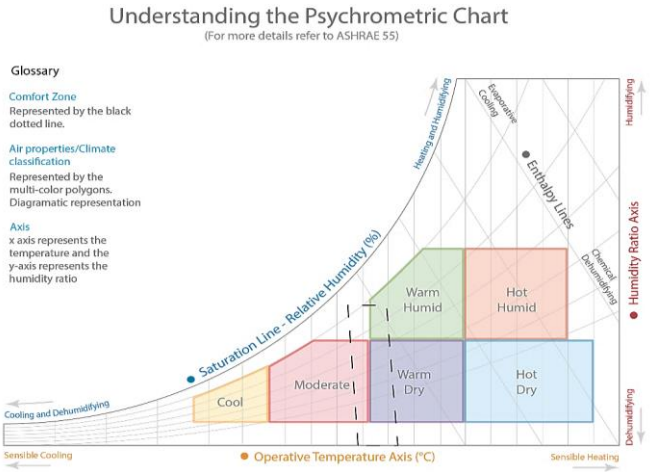
المصدر: الباحث باستخدام برنامج Cove.Tool



شكل 22: خريطة مزايا وأفضل استغلال للإشعاع الشمسي



شكل 23: مفتاح لفهم خريطة مزايا الاشعاع الشمسي وعرض أفضل المقترحات والخريطة السيكومترية للمنطقة ونسب الراحة الحرارية وتحليل كل نسبة- المصدر (الباحث)



شكل 24: مفتاح فهم وتحليل الخريطة السيكومترية – المصدر (الباحث)

9-5- معاملات الحالة الأساسية Base case's parameters

جدول 11: البيانات الأساسية لمعهد أكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا محل الواسة – المصدر (الباحث)

البيانات الرئيسية لمعهد أكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا	
الموقع	مدينة 6 أكتوبر، الجيزة، مصر
مساحة الفصل	60 م^2
ساعات الاشغال	9:00 ص الى 15:00 م
أيام الاشغال	من السبت الى الخميس
متوسط عدد الطلاب	22 طالب
عدد الطوابق	3 طوابق
وصف النظام	
الامداد بالكهرباء	380V – 3Ph – 50Hz
أنظمة التدفئة والتبريدHVAC	VRV HVAC systems
درجة الحرارة المتعارف عليها في الشتاءWinter set point	22 –21س °
درجة الحرارة المتعارف عليها في الصيفSummer set point	24 –23س °
الخصائص الفيزيائية للمبنى	
الحوائط	طوب سمك 250مم
معامل انتقال الحرارة للحوائط	1.983 وات/م2
الاسقف	250مم خرسانة مسلحة 20مم عزل حراري 20مم عزل رطوبة 100مم خرسانة ميول طبقات التشطيب الداخلية والخارجية
معامل انتقال الحرارة للأسقف	0.401 وات/م2
الارضيات	240مم خرسانة مسلحة

9-6- محاكاة الحالة الأساسية Base case simulation (النموذج أ)

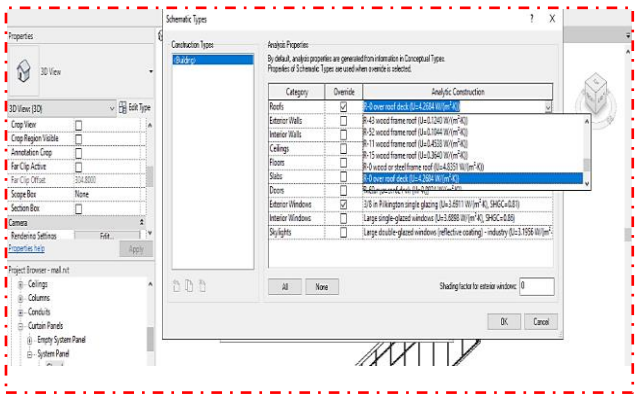
محاكاة الأداء الحراري في البناء أمر أساسي جدا في التنبؤ براحة الساكن وتعتبر مواد الطلاء والعزل الموجودة في الغلاف الخارجي لمبنى المعهد [النموذج الحراري المصمت] Thermal model solids، وتعتبر الفتحات والنوافذ [النموذج الحراري المفرغ] Thermal model voids.

-وصف نموذج الحالة الأساسية (نموذج أ) (باستخدام مواد البناء التقليدية)

حيث يحتوي سقف المبنى على فوم البولي يوريثان وقد سبق شرح خواصه سابقا مما ينتج عنه إجمالي معامل توصيل حراري 0.401 وات/م^2 هذا في السقف وبالنسبة للحوائط فهي من دهان البلاستيك من الناحيتين ثم طبقة البياض ثم الطوب الأحمر سمك 25سم مما يعطي معامل توصيل 1.98وات/م^2، كذلك النوافذ من الزجاج العادي المكون من طبقتين من الواح الزجاج ومعامل التوصيل لها 3 وات/م^2 وكل هذه الخواص نتج عنها كثافة استخدام الطاقة إجمالي = (EUI = 225 kWh/m²/yr)

جدول 12: البيانات المدخلة لحسابات برنامج التحليل والمحاكاة للنموذج أ

النموذج أ	الحوائط الخارجية	الأسقف	الحوائط الستائرية
تشطيب النموذج	دهانات تقليدية (دهان بلاستيك)	فوم البولي يوريثان foam- polyurethane	الزجاج المزدوج double glazing
	1- طوب احمر سمك 250مم 2- **التشطيب الداخلي:** دهان تقليدي سمك 20مم	1- الطبقة الخارجية :100مم طبقة زلط 2- طبقة رمل 50مم 3-لباسة اسمنتية 100مم 4- عزل حرارة فوم البولي يوريثان 50مم 5- عزل رطوبة 20مم 6-خرسانة مسلحة 240مم	- لوحين زجاج سمك كل لوح 6مم
معامل التوصيل الحراري U-value	1.983 وات/م^2	0.401 وات/م^2	3.09 وات/م^2
التطبيق على البرنامج AUTODESK INSIGHT	بيانات المحاكاة للحالة الأساسية للحوائط والأسقف والفتحات باستخدام البرنامج		



شكل 25: بيانات المحاكاة للحالة الأساسية للحوائط والأسقف والفتحات باستخدام البرنامج، المصدر الباحث عن طريق برنامج AUTODESK INSIGHT

9-7- حالة تطبيق مواد النانو (النموذج النانوي) Nano case simulation:

النموذج النانوي حيث تم استبدال المواد التقليدية الموجودة في (النموذج أ) بالمواد النانوية، حيث تم تعديل الحوائط والأسقف والفتحات.

وصف النموذج النانوي:

- الدهانات التقليدية " دهان البلاستيك" ← تم استبدالها ← بدهان الايروجل.
- وفي الأسقف ← إضافة ← الألواح النانوية المفرغة VIP.
- النوافذ ← تم استخدام ← زجاج النانوي جل.

جدول 13 : البيانات المدخلة لحسابات برنامج التحليل والمحاكاة للنموذج النانوي

النموذج	الحوائط الخارجية	الأسقف	النوافذ
النموذج ب	دهان الايروجيل Aerogel- based rendering	الواح العزل الحراري المفرغ VIP	زجاج النانو جل Nano gel glazing
التطبيق على البرنامج	AUTODESK INSIGHT		
نتيجة التحليل للنموذج (ب)	لوحظ انخفاض في الاستهلاك الكلي للطاقة حيث وصل الى 140 kWh/m² وهذا يشير الى انخفاض بمقدار38% عن قيمة النموذج الأساسي (أ)		

10- النتائج والملاحظات:

هناك العديد من النتائج والملاحظات والتي من أهمها:

10-1- استهلاك الطاقة السنوي:

تم تقدير استهلاك الطاقة السنوي للمبنى للنماذج المختلفة لتقييم تأثير مواد النانو على أداء الطاقة للمبنى، وكذلك مقدار التوفير في التكلفة السنوية للمتر المربع لكل البدائل ومقدار التوفير في استخدام الطاقة EUI والتكلفة للبديل أو النموذج النانوي (الجدول التالي).

جدول 14: تلخيص للنموذج الأساسي وبعد عمل التغييرات في مرحلة السقف والحوائط والزجاج والنموذج النانوي الشامل

الحوائط الخارجية	الاسقف	الحوائط الستائرية	كثافة استخدام الطاقة EUI	نسبة الموفرة للاخفاض
دهانات تقليدية	فوم البولي يوريثان	زجاج مزدوج	225	
دهان الايروجيل	فوم البولي يوريثان	زجاج مزدوج	224	0.44
دهانات تقليدية	الواح VIP	زجاج مزدوج	219	2.67
دهانات تقليدية	فوم البولي يوريثان	زجاج النانو جل	215	4.44
دهان الايروجيل	الواح VIP	زجاج النانو جل	140	37.78

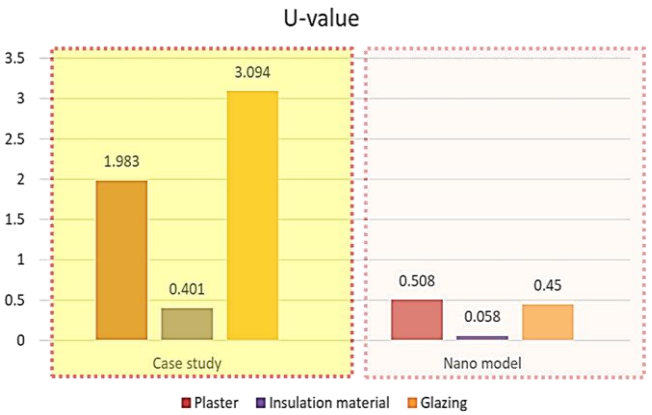
جدول 15: مقدار التوفير في الطاقة وانعكاسها على التكلفة السنوية للمتر المربع

المصدر: الباحث باستخدام برنامج AUTODESK INSIGHT

الحوائط الخارجية	الاسقف	الحوائط الستائرية	التكلفة السنوية دولار/م2/ سنة	نسبة الموفرة للاخفاض
دهانات تقليدية	فوم البولي يوريثان	زجاج مزدوج	13.7	
دهان الايروجيل	فوم البولي يوريثان	زجاج مزدوج	13.6	0.44
دهانات تقليدية	الواح VIP	زجاج مزدوج	13.3	2.67
دهانات تقليدية	فوم البولي يوريثان	زجاج النانو جل	13	4.44
دهان الايروجيل	الواح VIP	زجاج النانو جل	8.3	37.78

10-2- معامل النفاذية الحرارية U-value:

أوضحت هذه الدراسة أن قيمة U-value للمواد التقليدية أكثر من تلك الموجودة في المواد النانوية سواء في الحوائط أو الأسقف أو الزجاج في الفتحات كما هو موضح في (الشكل التالي) وهذا يؤدي إلى تقليل انتقال الحرارة من خلال غلاف المبنى.



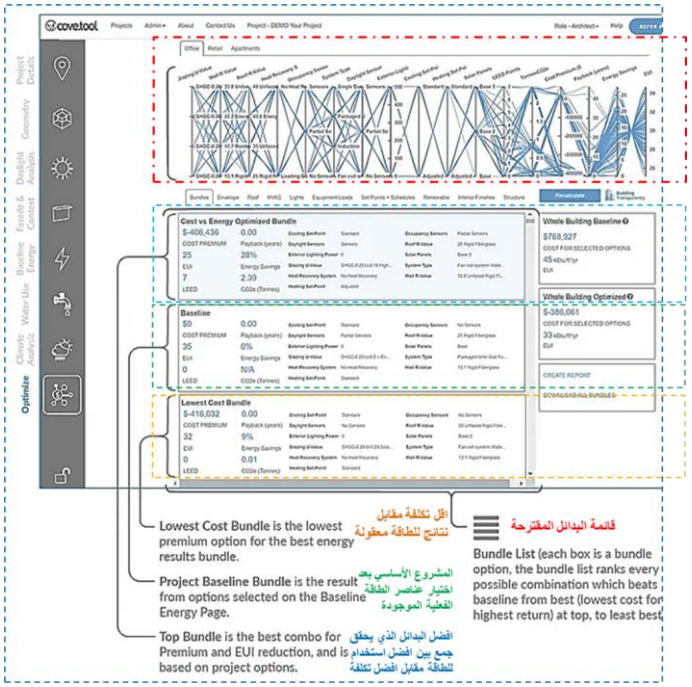
شكل 26: الفرق بين قيم U-value قبل وبعد التغيير في المواد كذلك تقدم نموذج النانو على نموذج الحالة الأساسية. المصدر (الباحث)

توصلت الدراسة إلى أن قيمة U-value لدهان النانو Nano aerogel-based rendering أقل بحوالي 3,9 مرة من قيمة الدهان التقليدي مما أدى إلى تقليل نقل الحرارة من خلال **الغلاف**، كما أن ألواح النانو المفرغة Nano VIP أقل بحوالي 7 مرات من مادة العزل التقليدية في الأسقف وزجاج النانوجل Nano gel ما يقرب من 7 مرات أقل من الزجاج المزدوج التقليدي.

10-3- التكلفة الاقتصادية مقابل تحسين كفاءة الطاقة Cost vs Energy Optimized Bundle:

من خلال الرجوع إلى برنامج COVE.TOOL تم استخدام أداة التحسين The optimization tool التي تعتبر واحدة من أكثر مميزات البرنامج قيمة وذكاء.

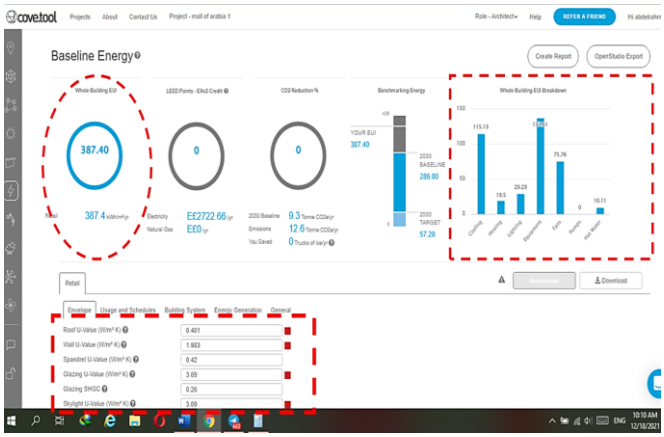
تم تصميم أداة التحسين لمساعدة المستخدمين على استكشاف بدائل المنتج أو المواد بشكل بارامتري للعثور على الحل (الحلول) متعددة الأهداف الأكثر فائدة. في هذه الدراسة تم الوصول إلى أفضل الحزم أو البدائل التي تحقق أفضل تكلفة مقابل أقل استهلاك للطاقة بما في ذلك سنوات الاسترداد وتكلفة المواد المختارة التي تحقق هذا البديل والانخفاض في كثافة استخدام الطاقة EUI كما في (الشكل التالي).



شكل 27: محتويات أداة التحسين The optimization tool ونتائج البدائل أو الحزم المقترحة للتكلفة وكثافة استخدام الطاقة وسنوات الاسترداد والمواد المختارة, المصدر (الباحث)

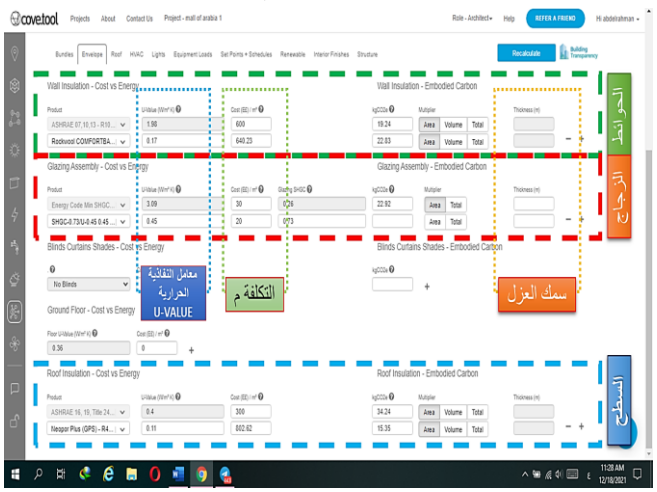
10-4- التكلفة الاقتصادية مقابل تحسين كفاءة الطاقة للنموذج النانوي:

بعد إدخال بيانات النموذج الأساسي في المراحل السابقة تم إدخال بيانات وبدائل النموذج النانوي من مواد عزل للنوافذ والأسقف والفتحات لأداة التحسين **The optimization tool** وتحديد معامل النفاذية الحرارية لكل مادة وتكلفة المتر المربع منها كما في (الشكل التالي) بهدف الوصول إلى أفضل البدائل التي تحقق التكلفة مقابل أفضل استخدام للطاقة وهو أول بديل في قائمة البدائل أو الحزم كما في الشكل والذي يحتوي على التكلفة التقديرية لمواد العزل المضافة التي تحقق الهدف من هذا البديل.

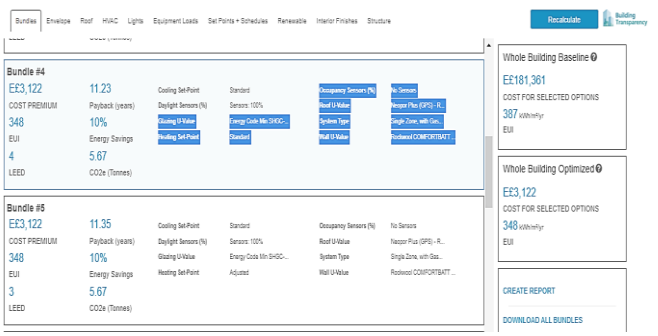


شكل 28: بيانات الحالة الأساسية وتحديد معامل النفاذية الحرارية U–value طبقا للمواد التقليدية للحوائط والسقف والزجاج واستنتاج كثافة استخدام الطاقة EUI لتلك الحالة وبيانات أحمال التدفئة والتبريد

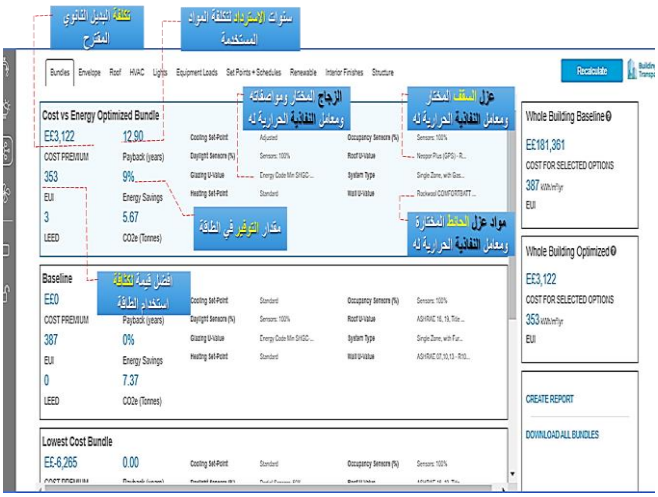
شكل 29: بيانات النموذج النانوي أثناء إدخال معامل النفاذية الحرارية للحوائط والسقف والزجاج وتأثيرها على انخفاض كثافة استخدام الطاقة EUI



شكل 30: تحديد مدخلات بيانات أفضل النماذج المقترحة لمواد العزل الحراري من تكلفة ومعامل نفاذية حرارية وسمك لعناصر الغلاف الخارجي المختارة (حوائط – سطح – زجاج)



شكل 31: أحد البدائل التي تحقق توفير في الطاقة حوالي 10% وتوضح تقدير سنوات استرداد قيمة المواد وهو 11,35عام والمواد المختارة لتحقيق هذا الخفض في الطاقة في الأسقف و الحوائط و الزجاج وقيمة نقاط الليد LEED الذي حققها



شكل 32: أفضل البدائل التي تحقق التكلفة مقابل أفضل استخدام للطاقة وافضل توفير وتوضيح عناصر البديل وأنواع مواد العزل الحراري المستخدمة ومعامل التوصيل الحراري لها

11- الخلاصة:

-وفقًا لتزايد استهلاك الطاقة في العالم، هناك تأثير سلبي على البيئة، لذلك قدم هذا البحث دراسة تطبيقية لمحاكاة فصل دراسي لاختبار أدائه الحراري. والذي يعتمد على تكامل مواد النانو مع غلاف المبنى.

-تمت دراسة أداء الطاقة لفصل دراسي بمعهد أكتوبر العالي للهندسة بمدينة السادس من أكتوبر والتي تقع ضمن المناخ الحار والجاف بمصر بالقاهرة من خلال استبدال المواد التقليدية (دهان الحوائط، والعزل الحراري (فوم- بولي يوريثين) للأسقف والنوافذ مع (دهان الايروجل النانوي وألواح العزل المفرغة VIP ونظام النانوجل في الزجاج) على التوالي. تم بناء نموذج المبنى في برنامج COVE TOOL وبرنامج الريفيت Revit وتم إجراء محاكاة الطاقة بواسطة برنامج Autodesk Insight. استهلك الفصل المبنى التعليمي حوالي 225 كيلووات ساعة/م^2 سنويًا طبقا للحالة الأساسية في المحاكاة، وهذا من خلال البيانات الفعلية المدخلة على برنامج المحاكاة من أنواع المواد وخصائصها.

باستخدام برنامج المحاكاة Autodesk Insight اتضح أثناء التغيير في الخواص للمواد التقليدية ثلاثة سيناريوهات بالترتيب. أولا، عند تغيير الدهان التقليدي " البلاستيك" وتطبيق دهان الايروجل النانوي Nano aerogel-based rendering في الحوائط مع ترك السقف والفتحات كما هي دون تغيير يمكن أن يوفر حوالي 0,44٪ من استهلاك الطاقة السنوي للمبنى. ثانيا، عند إضافة ألواح العزل المفرغة VIP في السقف دون التغيير في الحوائط أو زجاج الفتحات هذا يمكن أن يوفر حوالي 2,67٪. ثالثا، عند إضافة زجاج النانوجل لنوافذ الفتحات فقط دون تغيير في الاسقف ودهانات الحوائط هذا يمكن أن يوفر ما يصل إلى 4,44٪ في استهلاك الطاقة السنوي.

وفر النموذج النانوي بعد تغيير خواص السقف وزجاج الفتحات ودهانات الحوائط بالمواد النانوية السابقة حوالي 37,8٪ من استهلاك الطاقة السنوي للمبنى مقارنةً بنموذج الحالة الأساسية باستخدام دهان الايروجل النانوي وألواح العزل المفرغة وزجاج النانوجل معًا. تتطابق هذه النتيجة مع تلك الواردة في الدراسات السابقة لأنواع المناخ والمباني المماثلة. أظهر هذا التحليل التطبيقي المقارن أن اختيار استخدام مواد النانو يمكن أن يقلل من استهلاك الطاقة للمبنى والطلب على طاقة التبريد.

توضح دراسة الحالة هذه أنه يمكن استخدام نموذج Autodesk Insight للتنبؤ باستهلاك الطاقة في المستقبل (Autodesk Insight,2022) من خلال تغيير خصائص المواد. كذلك يمكن تحديد التكلفة الاقتصادية للنماذج المقترحة والمواد المتاحة وتغيير من خصائصها وبدائل التكلفة مقابل الطاقة وسنوات استرداد هذه التكلفة باستخدام أداة COVE.TOOL. بشكل عام، تشير هذه الدراسة إلى ميزة مواد النانو وأظهرت تأثيرها في تحقيق استهلاك أقل للطاقة وانبعاثات أقل لثاني أكسيد الكربون وراحة حرارية جيدة في الفصل، ويوفر بيئة أفضل في المبنى التعليمي. وبالتالي، فإن تكنولوجيا النانو لديها الكثير لتقدمه لصناعة المواد وهي تتجه نحو مستقبل أكثر استدامة.

أخيرًا، كشفت نتائج المحاكاة أن استخدام المواد النانوية يؤثر على إجمالي استهلاك الطاقة للمبنى، باستخدام هذه المواد يمكننا تقليل الطلب على طاقة التبريد وإجمالي استهلاك الطاقة للمبنى وتحسين أداء الطاقة فيه.

12- النتائج والتوصيات:

12-1- النتائج:

خلص البحث إلى بعض النتائج والتي تؤكد الفرضية البحثية بأن العلاقة المستدامة بين استخدام تقنيات النانو ورفع كفاءة الراحة الحرارية داخل المباني التعليمية تؤثر بشكل إيجابي على الأداء الوظيفي للفراغ، مع إمكانية تقييم هذه العلاقة بمنهجية

معيارية. ومن هذه النتائج:

1-نتائج خاصة بالإطار النظري للبحث:

-تحسين العزل الحراري: يمكن استخدام المواد النانوية لتعزيز العزل الحراري في الغلاف الخارجي للمبنى، مما يقلل من تسرب الحرارة ويقلل من استهلاك الطاقة.

-توفير الطاقة: بفضل تحسين العزل الحراري، يمكن تقليل استهلاك الطاقة في المبنى، مما يقلل من تكلفة الطاقة ويخفض الانبعاثات البيئية.

-تحسين جودة الهواء: تقنيات النانو يمكن استخدامها لتصفية الهواء وتحسين جودته داخل المبنى، مما يساهم في صحة وراحة المستخدمين.

-متانة أفضل: يمكن استخدام المواد النانوية لتعزيز متانة الهيكل والخرسانة المستخدمة والأسطح الخارجية للمبنى، مما يقلل من التدهور والصيانة المستقبلية.

-تحسين الإضاءة: يمكن استخدام تقنيات النانو في تصميم نوافذ وزجاج المباني لزيادة الاستفادة من الضوء الطبيعي وتقليل الحاجة إلى إضاءة صناعية.

-تقليل استهلاك المياه: يمكن استخدام التكنولوجيا النانو لتطوير أسطح مقاومة للبقع والأوساخ، مما يقلل من حاجة المبنى للتنظيف وبالتالي يوفر المياه.

-تحسين الراحة: يمكن أن تساهم تقنيات النانو في توفير بيئة داخلية مريحة ومثالية للتعلم والعمل في المباني التعليمية.

-تقليل التكاليف: على المدى الطويل، يمكن أن يقلل استخدام تكنولوجيا النانو من تكاليف الصيانة والتشغيل للمبنى.

2-نتائج خاصة بالإطار التحليلي للبحث:

-تحسين الكفاءة الحرارية: تعمل تكنولوجيا النانو على تحسين العزل الحراري للمباني التعليمية، مما يؤدي إلى توفير الطاقة وتقليل تكاليفها.

-تحسين كفاءة الطاقة: يمكن استخدام التكنولوجيا النانو في تطوير المواد الخفيفة والمقاومة للتآكل والقوية، مما يساهم في تحسين كفاءة هياكل المباني.

-تحسين الاستدامة: تساهم مشروعات تكنولوجيا النانو في تحسين استدامة المباني من خلال تقليل استهلاك الطاقة والموارد والتأثير البيئي.

3- نتائج خاصة بالإطار التطبيقي للبحث :

أ-هناك مجموعة من الخطوات الأساسية التي يجب إتباعها لإجراء دراسة محاكاة لتحليل تأثير تكنولوجيا النانو على رفع الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي للمباني التعليمية. هذه الخطوات العامة:

-تحديد الأهداف: قبل البدء في أي دراسة، يجب تحديد أهداف البحث وما يرغب في تحقيقه من خلال تطبيق تكنولوجيا النانو في الغلاف الخارجي للمباني التعليمية.

-جمع المعلومات: يتم جمع المعلومات اللازمة حول تكنولوجيا النانو وكيف يمكن تطبيقها في تحسين الكفاءة الحرارية للمباني.

-اختيار الأدوات والبرمجيات: من خلال تحديد الأدوات والبرمجيات المناسبة التي سنستخدمها للمحاكاة.

-نمذجة النظام: عن طريق نمذجة النظام المعني بالدراسة، بما في ذلك الغلاف الخارجي للمبنى وتطبيق تكنولوجيا النانو.

-تحليل البيانات: بعد إجراء المحاكاة، يتم تحليل البيانات والنتائج لفهم تأثير تكنولوجيا النانو على الكفاءة الحرارية.

-تقديم التوصيات: تقديم توصيات لتحسين الكفاءة الحرارية باستخدام تكنولوجيا النانو.

-كتابة التقرير: عن طريق كتابة تقرير يشرح الأهداف والمنهج والنتائج والتوصيات

-التكلفة والفوائد: يجب أن نقوم بتقدير التكلفة المتوقعة لتطبيق تكنولوجيا النانو في الغلاف الخارجي للمبنى ومقارنتها بالفوائد المتوقعة من تحسين الكفاءة الحرارية. هذا سيساعد على تقدير الاستثمار المطلوب وتحليل تجاوز العائد.

-متابعة الأداء: بعد تنفيذ التوصيات، لا بد من متابعة الأداء للتأكد من أن الكفاءة الحرارية قد تحسنت بالفعل وأن الاستفادة من تكنولوجيا النانو قد تم تحقيقها.

ب- توضح دراسة الحالة هذه أنه يمكن استخدام نموذج Autodesk Insight للتنبؤ باستهلاك الطاقة في المستقبل (Autodesk Insight, 2022) من خلال تغيير خصائص المواد. كذلك يمكن تحديد التكلفة الاقتصادية للنماذج المقترحة والمواد المتاحة وتغيير من خصائصها وبدائل التكلفة مقابل الطاقة وسنوات استرداد هذه التكلفة باستخدام أداة COVE.TOOL.

12-2- التوصيات:

ويوصي البحث من خلال أجزاءه المختلفة بمجموعة من التوصيات ومن أهمها:

-تقييم الإحتياجات والأهداف: عند البدء في تصميم المبنى التعليمي يجب أن نبدأ بتحديد الاحتياجات الخاصة بتصميمه والأهداف التي ترغب في تحقيقها باستخدام تكنولوجيا النانو. هل تهدف إلى تحسين الكفاءة الحرارية؟ هل تهدف إلى تحسين جودة الهواء؟ فتحديد الأهداف سيساعدك في توجيه استخدام تكنولوجيا النانو بشكل فعال.

-اختيار المواد والتقنيات المناسبة: ويتم ذلك من خلال تحديد المواد النانوية والتقنيات المناسبة لتحقيق الأهداف المحددة. مع التوافق مع الاحتياجات والميزانية المتاحة.

-تقييم الكفاءة الإقتصادية: من خلال إجراء تقييم دقيق للكفاءة الاقتصادية لاستخدام تكنولوجيا النانو. وهل ستوفر تلك التكنولوجيا توفيرًا كبيرًا في التكاليف أو الطاقة على المدى الطويل.

-تدريب الموظفين والمستخدمين: وذلك من خلال التدريب المناسب للموظفين والمستخدمين لضمان استخدام التكنولوجيا النانو بشكل فعال وآمن.

-مراقبة الأداء والصيانة: من خلال وضع نظام لمراقبة الأداء والصيانة المستدامة لضمان استمرارية تأثير تكنولوجيا النانو بشكل جيد.

-التوثيق والمتابعة: عن طريق توثيق جميع البيانات والنتائج والأداء لحساب تأثير تكنولوجيا النانو ومشاركته مع الجهات المعنية والمستفيدين.

ولا بد أن يكون هناك دائما مرونة واستعداد لضبط التوصيات والإجراءات وفقًا للاحتياجات المتغيرة وتقدم تكنولوجيا النانو.

13- المراجع

13-1- قائمة المراجع العربية:

1. الهاجري، عبد الله علي. (2014). المواد النانوية في الهندسة المعمارية تطبيقاتها وخصائصها في المباني. ماجستير: قسم الهندسة المعمارية، جامعة القاهرة.

2. حسب الله، عبد الله. (2017). تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة في الواجهات الخارجية للمباني. قسم الهندسة المعمارية، جامعة القاهرة.

3. خالد، هشام فهمي. (2018). دور النانو تكنولوجي في تحقيق رفع الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي للمباني التعليمية في إطار الاستدامة دراسة تطبيقية. قسم الهندسة المعمارية، جامعة القاهرة.

4. عمر، نعمة حسن. (2017). النانو تكنولوجي في العمارة بين النظرية والتطبيق. رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، جامعة القاهرة.

5. الصالحي، محمد الضويان عبد الله. (2007م). مقدمة عن تقنية النانو. الرياض: جامعة الملك سعود، كلية العلوم، قسم الفيزياء.

6. السمني، ماجد فؤاد، (2008)، "عمارة النانو- العمارة وتقنية النانو"، (رسالة ماجستير)، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية.

7. الدريهم، أسامة جاسم، تطبيقات تقنية النانو في العزل الحراري، مقال منشور، مجلة العلوم والتقنية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، الرياض، السعودية، العدد 2007، 84ص.

8. المغربي، ياسر الديف، (2013)، " تكنولوجيا النانو وتأثيرها على العمارة من حيث أساليب البناء ومواد التشطيب"، رسالة ماجستير، جامعة القاهرة.

9. السيد، عبدالرحمن، (2022)، "منهجية تطبيق التقنيات التكنولوجية الحديثة في رفع الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي وتوفير استخدام الطاقة بالمراكز التجارية"، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

13-2- قائمة المراجع الأجنبية:

1. Chaichan, M.T., & Abaas, K.I. (2015). Performance amelioration of a Trombe wall by using Phase Change Material (PCM).Available at: https://www.semanticscholar.org/paper/Performance-amelioration-of-a-Trombe-wall-by-using-Chaichan-Abaas/c2294b6f6541b859d82f79c2335dbf77205686cb (Accessed: 8 October 2021).

2. Lesley, Harris. (2023). Phase Change Materials – Latent Heat Storage for Interior Climate Control. Silo Tips. Retrieved Available at: https://silo.tips/download/phase-change-materials-latent-heat-storage-for-interior-climate-control (Accessed: 20 February 2023).

3. INSULATION OF A MIXED USE BUILDING WITH 7 STOREYS IN Available at: https://www.yumpu.com/en/document/view/2161350/1-insulation-of-a-mixed-use-building-with-7-storeys-in- (Accessed: 1 October 2022).

4. AEROGEL. Available at: https://www.jodatech.com/aerogel-material/ (Accessed: 21 October 2022).

5. Aerogel Insulation Coating For House Building/ Wall Roof Floor/ Industry Equipment. – Buy Coating,Aerogel Insulation Coating,Aerogel Product on Alibaba.com. Available at: https://www.alibaba.com/product-detail/Aerogel-Insulation-Coating-For-House-Building_62316478320.html (Accessed: 24 November 2021).

6. Al-Yousif, D. I. J. K. and alaqily, wael awad (2008) 'Reduction Cooling Load Using Intelligent Envelope System', Iraqi Journal of Architecture & Planning, 7(14–15). Available at: https://www.iasj.net/iasj/article/11499 (Accessed: 28 September 2021).

7. Ali, N. and Samir Hosny, A. A. (2021) 'Thermal Performance of Nanomaterials of a Medium Size Office Building Envelope: With a Special Reference to Hot Arid Climatic Zone of Egypt.'

8. Architecture Hacker High Five: Rocky Mountain Institute, #Smart Innovation Center – Architecture Hacker: for your inner architect (no date a). Available at: http://www.architecturehacker.com/?p=2676

Abstract

The need to provide nanotechnology applications has become a goal and a basic requirement to increase the efficiency of buildings in general and educational buildings in particular. Therefore, the proposed study will present technological technologies, including various nanotechnologies, and the impact of their application on architectural materials in general and insulation materials in particular, using the latest environmental simulation programs, which can help rationalize energy consumption.

(Accessed: 6 October 2021).

9. Average shoppers in some Dubai malls generate half a kilo of waste each visit, says new Farnek retail survey (2018). Available at: https://www.menaherald.com/en/economy/energy/average-shoppers-some-dubai-malls-generate-half-kilo-waste-each-visit-says-new-farnek (Accessed: 26 September 2021).
10. Building Energy Modelling – BIMarabia. Available at: https://bimarabia.com/encyclopedia/building-energy-modelling/ (Accessed: 26 October 2022).
11. Chvatal, K. M. S. and Corvacho, H. (2009) 'The impact of increasing the building envelope insulation upon the risk of overheating in summer and an increased energy consumption', Journal of Building Performance Simulation, 2(4), pp. 267–282. doi: 10.1080/19401490903095865..
12. Egypt electricity prices, March 2022 | GlobalPetrolPrices.com. Available at: https://www.globalpetrolprices.com/Egypt/electricity_prices/ (Accessed: 14 November 2022).
13. Green Building Studio. Available at: https://gbs.autodesk.com/GBS/ (Accessed: 27 July 2023).
14. Insight | Building Performance Analysis Software | Autodesk (no date a). Available at: https://www.autodesk.com/products/insight/overview (Accessed: 3 November 2022).
15. Maurya, A. et al. (2021) 'Sustainable Building Design: Energy Analysis of a Residential Building using AutodeskRevit', in Proceedings of 2021 2nd International Conference on Intelligent Engineering and Management, ICIEM 2021, pp. 441–446. doi: 10.1109/ICIEM51511.2021.9445376.