Journal of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol. 19, No. 71, April 2024, 783-801

THE USE OF NANO TECHNQUES AND MATERIALS TO RAISE THE EFFICIENCY OF BUILDINGS

Aya M. Elsherbiny*, Mai W. Mohamed, Marwa A. Kamer Eldawla

Architecture Department, faculty of Engineering, Tanta University

***Correspondence:** aya147800@f-eng.tanta.edu.eg

Citation:

A. M. Elsherbiny, M. W. Mohamed and M. A. Kamer Eldawla," The use of nanotechnology and materials to raising the efficiency of buildings, "Journal of Al-Azhar University Engineering sector, vol 19 ,pp.783-801, 2024

Received: 2 October 2023

Revised: 7 January 2024

Accepted: 13 February 2024

DOI:10.21608/auej.2024.240306.1440

Copyrigh © 2024 by the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International Public License (CC BY-SA 4.0)

ABSTRACT

Egypt is Recently Going Through Problems and Crises in Finding Building Materials with Good and Cheap Specifications at The Same Time in Light of The Increase in The Costs of materials and The Low Quality of Buildings, and From Here it Was Necessary to Find Solutions and Search for Materials with New Technologies with High Cost but With High Quality. This Research Paper Will Deal with the Applications of Nanotechnology on The Materials Used in Buildings and The Impact of Each of These Materials on Preserving Energy, Raising the Efficiency of Buildings, Reducing the Cost, Extending the Life Span of Buildings, Reducing Maintenance, Architectural Configuration and The Aesthetic Appearance of Buildings. The Theoretical Study Contains a Background on Nanotechnology and a Study of Nanotechnologies and Their Most Important Applications to Buildings, Then Establishing and Determinants of The Application of Nanomaterials Technology, Then Dealing With an Analytical Study of Buildings With Nanotechnology Applications, Then Studying Nanotechnology Between Theory and Application Through The Analysis of Already Existing Buildings and Adding and Replacing Nanotechnological Materials and Then Infer The Impact of The Materials on The Efficiency of The Building, and Then Conclude The Research Paper With Results and Recommendations.

KEYWORDS: Nanotechnology, Nano applications, Raising the efficiency of buildings.

اثر استخدام مواد وتقنيات النانو في رفع كفاءه المباني

ايه ماجد محمد الشربيني*، مي وهبه محمد، مروه احمد قمر الدوله

قسم الهندسة المعمارية -كلية الهندسة - جامعة طنطا.

***البريد الاليكتروني للباحث الرئيسي : aya147800@f-eng.tanta.edu.eg**

الملخص

تمر مصر في الاونه الاخيره بمشاكل و ازمات في ايجاد مواد بناء ذات مواصفات جيده ورخيصه في وقت واحد في ظل زياده تكاليف المواد و تدني جوده المباني و من هنا كان لابد من ايجاد حلول و البحث عن مواد ذات تقنيات جديده ذات تكلفه عاليه لكن بجوده عاليه . فسوف تتناول هذه الورقه البحثيه تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة فى المباني وتأثير كل من هذه المواد على الحفاظ علي الطاقه ورفع كفاءه المباني و تخفيض التكلفه و اطاله العمر الافتراضي للمباني و تقليل الصيانه و التشكيل المعمارى والمظهر الجمالى للمبانى ، وتحتوى الدراسة النظرية على تناول خلفية عن تقنية النانو و دراسة لتقنيات النانو وأهم تطبيقاتها على المباني ، ثم أسس ومحددات تطبيق تقنية مواد النانو، وثم تناول دراسة تحليلية لمبانى ذات تطبيقات تقنية النانو ، ثم دراسه تكنولوجيا النانو ما بين النظريه و التطبيق من خلال تحليل مباني قائمه بالفعل و اضافه و استبدال مواد تقنيه النانو و من ثم استنتاج تأثير المواد علي كفاءه المبني ،ثم تختتم الورقه البحثيه بالنتائج والتوصيات .

الكلمات المفتاحية : تكنولوجيا النانو ، تطبيقات النانو ، رفع كفاءه المباني.

1- المقدمة

تبشر تقنية النانو بقفزة هائلة فى جميع فروع العلوم والهندسة وخاصة فى البناء والتشييد والهندسة المعمارية، ، فسوف يتم عرض أحدث المواد المستخدمة فى البناء الا وهى مواد النانو وبعض إمكانياتها التى ظهرت حديثا في القرن العشرين ومطلع القرن الحالى الـ 21 وكيف طورت تقنية النانو مواد البناء التقليدية وطورت من أدائها وكذلك ظهور مواد جديدة ، فسوف يوضح البحث كيفية استخدامها فى العمارة وبذلك تطوير أداء المبانى.

1-1 الإشكالية البحثية

المباني العامه في مصر تتسم بزياده استهلاك كهرباء و طاقه بكميه كبيره و مع التغيرات المناخيه الحاليه يزيد الاستهلاك و اللجوء الي المبردات و اجهزه التدفئه و بالتالي زياده الاستهلاك مع التأثير السلبي الذي يحدث علي المباني و المنشئات بسبب العوامل الجويه و بالتالي يؤثر علي كفاءه المبني و قصر العمر الافتراضي و من خلال البحث يظهر اهميه استخدام مواد النانو و التقنيه المستخدمه في المباني لاثبات انها ذات كفاءه عاليه تتفادي العيوب و المشاكل الناتجه عن المواد التقليديه.

2-1 منهجية البحث

- **أولا المنهج النظرى ويشمل :-**

يتناول دراسه تكنولوجيا النانو بموادها و خصائصها واساليبها و استخداماتها التي بدورها تسعي لتحقيق الاهداف المرجوه من تحقيق الاستدامه و الحفاظ علي الطاقه في المباني.

- **ثانيا المنهج التحليلي ويشمل :-**

عمل مقارنه لمجموعه من المباني طبق بها تقنيه النانو و تحليلها من خلال ما تم دراسته في الدراسه النظريه لاستنتاج مدي تأثير تلك المواد علي المباني و تأثرها علي كفاءه المباني و توفير الطاقه و اطاله العمر الافتراضي لتلك المباني.

- **ثانيا المنهج التطبيقي ويشمل :-**

تطبيق ما تم دراسته من تكنولوجيا النانو من خلال الدراسه النظريه و ما تم استنتاجه من الدراسه التحليليه و استدلال من الاستراتيجيه التي طبقتت علي المشروع السكني NRB الذي قام باضافه بعض مواد النانو للوصول الي مبني ذات كفاءه موفر للطاقه [1] و استخدام مواد تقنيه النانو في المباني الاثريه بمدينه النجف بالعراق [2] ، و تطبيق كل ما سبق علي مبني قائم بالفعل (جامعه حورس) باستبدال المواد التقليديه بمواد النانو ،و باستخدام برنامج Design Builder و من خلاله يتم عمل مقارنه بين استخدام المواد في التطبيق .

3-1 هدف البحث

الهدف الرئيسي للبحث هو رفع كفاءه المباني باستخدام تقنيات مواد النانو و تحديد مدي تأثير استخدام تقنيه النانو علي المباني من توفير الطاقه و تقليل الصيانه و علي العمر الافتراضي و تحقيق المعايير الجماليه و الوظيفيه و الاقتصاديه . و الاهداف الفرعيه هي زياده الوعي لدي المعماريين بتطبيق تقنيات النانو في المباني.

2- تكنولوجيا النانو

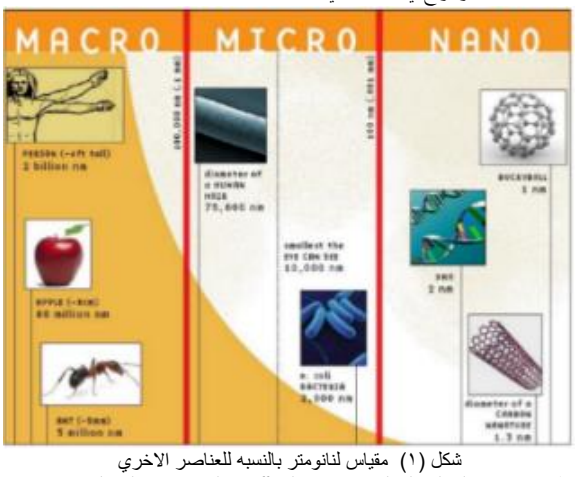
يعد النانو من التقنيات الحديثة التي تحتاج إلى الكثير من الأبحاث والدراسات ، فيمكن أن نطلق على عصرنا القادم "عصر النانو" فسيكون لهذه التقنية الكثير من التأثيرات في مجالات الحياة وخاصة فى مجال الهندسة المعمارية [4].

1-2 مفهوم النانو

يعد النانو من التقنيات الحديثة فيمكن أن نطلق على العصرالقادم "عصر النانو" فسيكون لهذه التقنية الكثير من التأثيرات في مجالات الحياة وخاصة فى مجال الهندسة المعمارية ، يقصد بالنانو الشيء الصغير جدا او الدقيق بحجمه (الاشياء المتناهيه في الصغر) حيث انها مشتقه من كلمه " نانوس nanos" باللغه اليونانيه القديمه و تعني " midget" باللغه الانجليزيه وفي مجال العلوم يعني النانو جزءا من المليار من المتر اي جزء من الالف مليون. [4]

2-2 مقياس النانو

يقصد بالنانومتر بوحدة قياس طولية كباقى وحدات القياس المعترف بها، ويختص النانومتر بقياس الاشياء الصغيره جدا التى لا ترى إلا تحت المجهر الإلكترونى "Electron Microscope" ولا ترى بالعين المجرده وهو غالبا ما يكون من ابعاد الذره و يرمز لها ب (NM) Nano Meter كما هو موضح في الشكل التالي شكل (1) [5] .



شكل (١) مقياس لنانومتر بالنسبه للعناصر الاخري

المصدر : SCIENCE,wibsite,http://science.howstuffworks.com/nanotechnology.html,5/6/2015

3-2 علم النانو

هو العلم الذى يدرس ويهتم بالتعامل مع المواد على مستواها الذرى والجزيئى بمقياس لا يتعدى 100 نانومتر ، ويهتم بتصنيف الجزيئات والذارت ودارسة خصائصها المميزة لمواد النانو ، ودارسة الظواهر المرتبطة فى تصغير حجمها بهدف تفسيرها ، ويعتبر علم النانو علم القرن الواحد والعشرين لأنه يكشف أسرار المواد وتفاعلاتها وسبب امتلاكها لخصائص ومواصفات مختلفة [6] .

4-2 تقنيه النانو

هى التقنية التى تعطينا القدرة على التحكم المباشر فى المواد، ويعتمد مفهومها ايضا علي الجسيمات التى يقل حجمها عن مائة نانومتر التى تعطى للمادة خصائص وسلوكيات جديدة ، تقنية النانو أو النانو تكنولوجى أو التقنيات المتناهية الصغر أو تكنولوجيا المتممات هي تقنيه تهتم بتصميم و تصنيع مواد بمقياس النانومتر ، وبشكل عام تهدف هذه التقنية إلى تطبيق علم النانو بغرض ابتكار و انتاج وسائل وتقنيات و ومخترعات ومنتجات مفيدة تمتاز بحجمها المتناهى فى الصغر فضلا عن تكلفتها الاقتصاديه التى لا تتعدى المادة الخام والطاقة المستخدمة فى عملية تصنيع هذه الوسائل والمنتجات [7] .

1-4-2 تقنيه النانوفي الحقول العلميه المختلفه

تعمل تقنية النانو على تحسين كفاءة المادة إلى حد كبير فى كل جانب من جوانب الحياة مثل الطاقة والكهرباء والمواد المستخدمة فى البناء والتشييد والسهولة فى كل الجوانب التى نصل إليها من خلال التعامل مع المادة لها القدرة على إعادة ترتيب الذرات والجزيئات ،والتى تعطينا القدرة على التحكم المباشر فى المواد الآنشائية أو غير الآنشائية .

2-4-2 مبادي و مميزات النانو[8] .

هناك العديد من المبادئ التي تتميز بها تقنية النانو عن التقنيات المعروفة , و فيما يلي أهم المبادئ و المميزات لتقنية النانو و الفائده منها :

المبدأ الاول : امكانية التحكم بتحريك الذرات منفرد بدقة اعادة ترتيبها ، مميزاته : امكانيه بناء اي ماده لان الذره هي وحده بناء لكل المواد .

المبدأ الثاني : الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة عند مقياس النانو متر تختلف عن خصائص نفس المادة عند مقياسها الطبيعي ، مميزاته : أكتشاف خصائص مميزه للمواد يستفاد منها في الكثير من الاختراعات و المجالات التطبيقيه

المبدأ الثالث : تعتمد تقنية النانو علي مبادئ الفيزياء والكيمياء والأحياء والهندسة الكهربية والإلكترونية ، مميزاته : ربط العلوم وتشجيع الجميع باختلاف تخصصاتهم العلمية علي الدخول في مجالها والتعامل فيها بينهم

المبدأ الرابع : امكانية التحكم بالذرات المنفردة بدقة واعادة ترتيبها في صنع المواد وتنقيتها من الشوائب وتخليصها من العيوب ، مميزاته : تصبح خصائص المواد افضل فهي اصغر و اخف و اقوي و اسرع و ارخص و اقل استهلاكا للطاقه .

المبدأ الخامس : تعتمد تقنية النانو علي الأبحاث العلمية التي تتصف في امكانية تطبيقها في اختراعات و مفيدة ، مميزاته : تحول الخيال العلمي إلى واقع.

3-4-2 طرق الوصول الي حجم النانو

اشهر طرق تصنيع مواد النانو تكنولوجي ، تقنيه الهبوط من اعلي الي اسفل و تقنيه الصعود من اسفل الي اعلي [9] .

جدول (1) طرق تصنيع مواد النانو تكنولوجي

تقنيه الهبوط من اعلي لاسفل Top-Down	تقنيه الصعود من اسفل الي لاعلي Bottom-Up
تبدأ من حجم محسوس من المواد .	تبدأ بذره او جزئ من الماده .
تستخدم تقنيات كالحفر الضوئي الطاحن الإستئصال الليزري .	تستخدم طرق كيميائية كطريقة السائل الهلامي .
يتم تقسيمها إلى أجزاء أصغر فأصغر .	يتم تجميعها فى تركيب أكبر فأكبر .
تصل لحجم 100 نانو متر تقريبا .	تصل الطريقه من اسفل لاعلي الي حجم 1 نانو متر
تكتسب المادة الناتجة خصائص جديدة غير موجودة فى المادة بحجمها الطبيعي	

4-4-2 تقنيه النانو من النشاه و تطورها

تعد تقنيه النانو ثوره في التاريخ البشري من الانجازات المتواصله في تغير خواص المواد وتعد مواد البناء الممول الرئيسى للهندسة وخاصة الهندسة المعمارية منذ أن فكر الآنسان فى استخدام الأحجار والصخور إلا أنه استخدم مواد النانو فى إنشاء مباني ذات تشكيلات مميزه و فريده في القرن الواحد و العشرين [10]

1-5-3-1 تطور اجيال التكنولوجيا

- الجيل الاول : يتمثل في استخدام المصباح الإلكتروني بما فيه الهاتف والتليفزيون.
- الجيل الثاني : يتمثل في أكتشاف الترانزستور، وانتشار استخداماته الواسعة.
- الجيل الثالث : يتمثل في استخدام الدوائر المدمجة IC- Integrate Circuit
- الجيل الرابع : يتمثل في استخدام المعالجات الصغيرة Microprocessor التي أحدثت ثورة هائلة في مجال الإلكترونيات بانتاج الحاسبات الشخصية Personal Computer ورقائق السيليكون التي احدثت تقدما في العديد من المجالات العلمية والصناعية .
- الجيل الخامس : يتمثل فيما يعرف باسم النانو تكنولوجي Nano Technology وهو الجيل الحالي حتي الان ، حيث يمكننا القول أن هذه التقنية طبقا للانتاج والتصميم والتطبيق للمبنى والأجهزة والنظم والمواد المختلفة وذلك عن طريق تصغير تلك المواد بحيث لا يزيد حجمها عن حجم الذره و الجزيئات المتناهيه [11] .

5-2 مواد النانو

1-5-2 مواد النانو

استخدمت تقنية النانو في مجال التشييد والبناء بهدف خفض تكلفة الآنشاء والحفاظ علي موارد خامات مواد البناء وفتح مجالات حديثه لتوفير الطاقه و الحفاظ علي البيئه ، وصل حجم التوفير في استخدام هذه التقنية إلي 25% بالإضافة إلي قدرة التحمل والخصائص المتميزة لمواد البناء وقدرتها الفائقة التي تجعلها قادرة علي التحمل لأجواء غير عادية مما يساهم في توطين تلك المواد فى الأماكن الصحراوية والأماكن ذات درجات الحرارة العالية أو درجات الرطوبة أو الصقيع أو غيرها من السمات البيئية . [12]

2-5-2 اهميه مواد النانو

تعمل تقنية النانو على المساهمة فى إحداث تطورات علمية عالمية فى السنوات القادمه ، كما ان استخداماتها تستخدم في كافة المجالات ومنها الهندسة المعمارية ، كما أنها تستخدم لحل المشاكل الموجودة حاليا في مجال التشييد ، وتقنية النانو لها القدرة على حل المشاكل كموارد الطاقة وخفض تكلفة المواد المستخدمة في تشطيب الواجهات الخارجية وتقليل صيانة المبنى ورفع كفاءته ، وعند استغلالها فى الدول النامية وتطبيقها بشكل دائم سيعطى لهذه الدول الفرصه الكبري لملاحقه التطور العلمي و التقني [13] .

3-5-2 عماره النانو

وقد قامت تقنية النانو فى مجال العمارة والبناء بتطوير مواد البناء الأساسية ، وتطوير أداء العديد من المواد كالخرسانة والحديد والخشب كمواد إنشائية بحيث تكون أخف وزنا وأكثر كفاءة أقل تكلفة ، والزجاج والكسوات والألومنيوم كمواد تشطيب للتفاعل مع كافة الظروف المحيطة ، كما تم إنتاج مواد للدهانات والطلاءات فى التعامل مع الظروف المحيطة كالحرارة والتلوث المناخي والصوتى والتآكل لتحقق الاحتياجات للمبانى من عزل وامتصاص وتنظيف ذاتى وعمر اطول، وكذا تحسين خصائص تلك المواد باضافات مواد تقنية النانو لرفع كفاءة المبانى وتحسين جودتها لتكون تلك المبانى موفرة للطاقة وصديقة للبيئة [14] .

4-5-2 مواد البناء والتشييد بتقنيه النانو

تساعد تقنية النانو على حل بعض المشاكل المتعلقة بالطاقة فى البناء من خلال استخدام مواد النانوللحصول على مبانى ذات تشكيلات معمارية جديدة موفرة للطاقة ذات أداء عالى ومنخفضة التكاليف وذات عمر افتراضى كبير والتقليل من الاحتياج إلى الصيانة [15] .

5-5-2 مواد تقنيه النانو و تأثيرها في العماره

لمواد تقنيه النانو تأثيرعلي العماره ، فتعتبر مواد النانو عالية الأداء ، لما لها من خصائص فريدة تعطى للمواد الآنشائية زيادة فى المقاومة الميكانيكية والكيميائية ، وزيادة خصائص فيزيائية ، ويوجد العديد من مواد البناء التى استخدمت تقنية النانو فأثرت على التشكيل المعمارى والواجهات الخارجية للمبان ي [16] .

وتنقسم مواد النانو الي (مواد انشائيه - المواد المكمله " مواد غير انشائيه" – طلاءات - مواد العزل)

1-5-5-2 المواد النانو الانشائيه

لقد دخلت مواد النانو فى علوم وتكنولوجيا البناء من عدة عناصر، وتستخدم تقنية النانو على نطاق واسع لتحسين مواد البناء على النحو التالي فى المواد الآنشائية

- **نانو تكنولوجي الخرسانه الاسمنتيه**

مسمى خرسانة النانو يعنى أنها تحمل مواد النانو ذات خصائص فريدة سواء عن طريق طلائها أو إضافات بعض جسيمات ومركبات النانو بكميات صغيره جدا في الخلطه الخرسانيه من مكونات الاسمنت [17] .

- **توصيف الخرسانه الاسمنتيه في النانو**

تتنوع إضافات النانو فى الخرسانة والاسمنت مما أدى إلى ظهور وتطور لبعض الآنواع التقليدية والجديدة بعضها تطور والبعض تحت مجهر الدارسة ولكن أهمها النانو سيليكا فى الاسمنت [18] .
(اسمنت التحفيز الضوئي - الخرسانه المقاومه للماء - الخرسانه الشفافه - خرسانه فائقه عاليه الاداء - الخرسانه مع انابيب النانو كربون - اسمنت المقذوف ذو بنيه النانو)

- **خرسانه مسلحه بتقنيه النانو**

الخرسانه الاسمنتيه في النانو تساهم في [19] :

1. توفر خرسانه النانو في التكلفه بسبب تقليل 50% من استهلاك الاسمنت .
2. تعمل خرسانه النانو علي اطاله العمر الافتراضي للمباني لزياده قوه خصائصها .
3. تقلل من سمك البلاطات الخرسانه وقطاعات الاعمده في (الطول و العرض) .
4. تؤدى إلى زيادة المساحات والارتفاعات للمباني

- تعمل علي مقاومه التآكل .
- تتحمل عشر أضعاف الخرسانة التقليدية ، وما يترتب على ذلك من تقليل الانبعاثات الناتجة من تصنيع الاسمنت المستخدم فى المبنى والمسبب لظاهرة الاحتباس الحراري .

- **مواد تقنية النانو المستخدمة فى الخرسانة الاسمنتية**

استخدمت تقنية النانو فى الخرسانة والاسمنت لتحسين خصائصها من خلال إضافات من المواد أعطت لها خصائص جديدة ومميزة لها القدرة على خاصية المتانة ، والقابلية وزيادة القوة [20] .

- النانو سيليكا : فهي بديل للاسمنت بالخلطه الخرسانيه ، باضافه 3% منها تزيد قوه الضغط و الانحناء من المونه الاسمنتيه العاديه ، و يقلل من انبعاث co2 ، باضافه نسبه 2% سيليكات صوديم الكالسيوم يزيد قوه الشد في عجينه الاسمنت بنحو 40% .
- السليكا الصغيره : اضافه بنسبه 5% يعزز الضغط و الانحناء بنسبه 50% كما يقلل امتصاص الصوت بنسبه 240%
- انابيب النانو كربون : اقوي من الحديد بمقدار 100 مره و اخف منه في الوزن بمقدار 6 مرات ، اخف 10 مرات من الصلب و اقوي 100 نره من الصلب ،تشتيت الاشعاع الكهرومغناطيسي تصل الي 70% ، فالقيمه المضافه الي الخرسانه زياده قوه الضغط الخرسانه الخلويه بنسفه 30%
- ثاني اكسيد التيتانيوم : الاضافه بنسبه 5% لي 10% يزيد من قوه الضغط للخرسانه بنسبه 26% الي 35%، ذاتيه التنضيف ، تنقيه الهواء ، اضافه 2% يزيد من قوه الضغط للخرسانه بنسبه 17% [21] ، يوضح الشكل (2) مبني اكسبو ميلانو 2015-جناح ايطاليا المطبق بيه ماده الاسمنت وخرسانه ثاني اكسيد التيتانيوم

شكل (2) مبني اكسبو ميلانو 2015-جناح ايطاليا
المصدر http://archpaper.com/2015/11/expo-milano-2015-comes-close-pavilions-not.

- الخرسانه الشفافه : هى خرسانة تنقل الضوء من الخارج إلى الداخل ليصبح المبنى أشبه بنافذة كبيرة ، فيستخدم إضاءة صناعية أقل ، وتعمل على توفير الطاقة ، كما تستخدم تقنيه اخري في الخرسانه تؤثر علي فعاليتها وتزيد من الشفافيه لتصبح شفافيتها 20%استخدمت مادة الخرسانة الشفافة فى المبانى لأنها مادة غير مكلفة مقارنة مع المواد الاخري و من مميزاتها أنها مادة عازلة للحرارة والصوت بشكل ممتاز ، خفيفه الوزن ، سهولة التعامل معها [22] ، يوضح الشكل (3) مبني الجناح العالمي الايطالي و استخدامه للخرسانه الشفافه .

شكل (3) مبني الجناح العالمي الايطالي و استخدامه للخرسانه الشفافه
المصدر http://egy-arch.blogspot.com.eg/2011/04/transparent-concrete.html

- **حديد النانو**

الحديد واحد من العناصر الرئيسية فى البناء والآنشاء ومن أهم المواد المكونة للخرسانة المسلحة واستخدمت مواد النانو فى الحديد للحماية من التآكل بسبب التفاعلات الكيميائية ، تم تطويره باستخدام تقنيه النانو و سمي MMFX2 و تم استخدامه في الكباري و الجراجات و المباني التجاريه ، من مميزات حديد المعالج بتقنيه النانو [23] :

1- مقاوم للتصدع والصدأ .
2- مقاوم للتآكل بدون استخدام أى طلاء لحمايته .

3- أكثر قدرة خمس مرات من الحديد العادي .
4- له القدره على التشكيل ومرن يسهل عملية التنفيذ
5- أكثر توفيراً يقلل من كمية حديد التسليح المستخدم فى المبانى بنحو 50:20% .
6- يستخدم بأعداد حديد أقل من الحديد التقليدى وبنفس الكفاءة الآنشائيه .
7- خفض فى التكاليف .
8- يقلل من تكاليف التشغيل 60% .
9- قصر فى وقت التشييد واكمال المشروع بشكل أسرع .
10- مكن من التعامل بمعدات وأدوات تقليدية ولديه ليونة أفضل من غيره وعالي القوة بنسبة 7٪ الي 16٪.

- **خشب المعالج بالنانو**

يعتبر الخشب من أكثر المواد الانشائيه استخداما فهي من الانشطه البسيطه الي حد ما ، لذلك تم استخدام تقنيه النانو في ماده الخشب واعاده ترتيبه مما يجعل أكثر ترابط وقوة عن المادة الطبيعية كما تم اختراع حساسات نانو لتحديد أماكن الفطريات ونقاط تاكلة لمعالجته، ويستخدم طلاء النانو فائق الطرد للماء الذى يقوم بطرد المياه علي هيئه قطرات دون ترك اي اثر للمياه عند انزلاقها كما هو موضح في شكل (4) ، حيث تسمح هذه التقنيه بعدم تعفن الخشب و ، قامت تقنيه النانو بتحسين خصائص الخشب لمعالجه عيوب عده مثل قابليه لاختراق ، ولا تتحمل اجهادات مثل الخرسانه [24] .

شكل (4) سطح الخشب المعالج بطبقة من طلاء النانو الطارد للمياه.
المصدر http://lotusnanotech.com/our_products.html

استخدم خشب النانو في الكثير من المشاريع و في تكسيه المباني و يوضح الشكل (5) مشروع متحف أسبن للفن وهو من اشهر المشاريع المطبق عليها .

شكل (5) متحف أسبن للفن و استخدام الخشب المعالج بتقنيه النانو
المصدر http://www.archdaily.com/546446/aspen-art-museum-shigeru-ban-architects

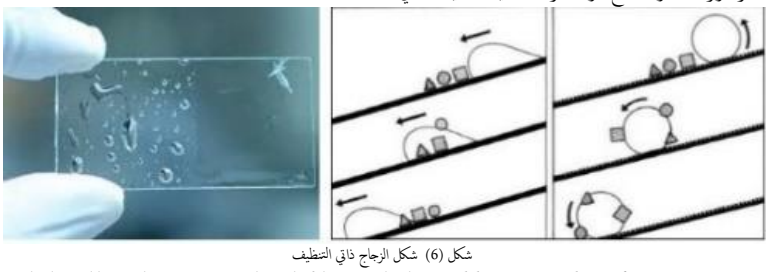
- **الومنيوم النانو**

مادة الألومنيوم هى من أخف مواد البناء من حيث الوزن مقارنه بالحجم ، تبلغ كثافه الالومنيوم 2.7 كجم/سم3 تعادل ثلث كثافه الحديد و النحاس ، و للالومنيوم خواص اخري هامه منها المقاومه العاليه للصدأ و مقاوم للتآكل و مقاوم للحريق و لذلك يعتبر من المواد الصديقه للبيئه ، الواح الالومنيوم المركب : وتشير صفائح الالومنيوم الي الواح الالومنيوم المركبه ، وهي عباره عن مواد تكسيه مصنوعه من طبيقتين تتكون من لوحين غلافين الالومنيوم ولوح من البولي ايثيلين غير سام ذو كثافه منخفضه من ثم يطلي بطبقات حمايه عديده ، وتستخدم مواد الألومنيوم المركبة في التكسية الخارجية للمباني[25] .

2-5-5-2 المواد المكمله (الغير انشائيه)

- **الزجاج ذاتي التنضيف**

هو زجاج مغطى بطبقة رقيقة من ثانى أكسيد التيتانيوم وهي ماده علي شكل مسحوق تؤدى إلى حجب الرؤية إذا ما وضعت على الزجاج ، لذلك استخدمت طبقة رقيقة من هذه المادة سمكها 10 نانوميتر ، يوضح الشكل (6) سقوط قطرات علي سطح طارد المياه و كيفيه تحول زاويه انحدار السطح لازاله الملوثات بتقنيه التنضيف الذاتي [26] .



شكل (6) شكل الزجاج ذاتي التنظيف
المصدر Michael F. Ashby, Paulo J. Ferrira, Daniel L. Schodek, nanotechnologies and design : an introduction for engineers. Pg408

و يوضح الشكل (7) فندق الشرق المستخدم الزجاج المعالج بتقنيه النانو ذاتي التنظيف

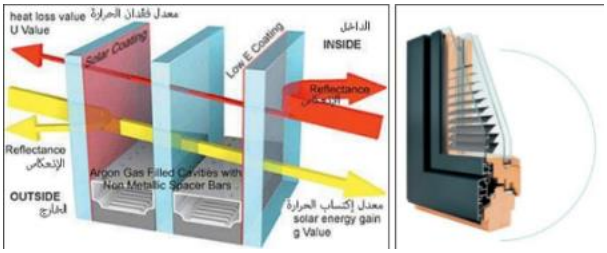
شكل (7) شكل الزجاج ذاتي التنظيف المستخدم في فندق الشرق
المصدر Sylvia,leydecker,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design,Pg 36

- **الزجاج العاكس**

يعتمد الزجاج العاكس فى منعه لنفاذ الإشعاع الشمسى على وجود طبقة رقيقة شفافة ، يتم طلائها علي سطح الزجاج العادي او الماص للحراره ، ويفضل ان يكون الطبقه الشفافه خارجيه مواجهه للشمس ، بحيث تمنع دخول الإشعاع الشمسى للزجاج ، ولكن ذلك يحتاج أن تتحمل هذه الطبقة الرقيقة العوامل الجوية لذا لابد أن تتم عملية الطلاء أثناء تصنيع الزجاج [27] .

- **زجاج التحكم الشمسي**

تتكون وحدة الزجاج من عدة طبقات من طلاء أكسيد القصدير SnO2 حيث يحدد سمك هذه الطبقة اللون المنعكس للزجاج ويتراوح سمكه مابين نانوميتر 100:10 طبقا لالوان المنعكسه علي الزجاج ،يتمتع زجاج النانو المعالج بخصائص مميزة تزيد من كفاءته وتحد بشكل واضح من خصائص النفاذية غير المرغوبة مما يوفر مرونة للمصمم فى عمل مساحات مناسبة للفتحات بالمبانى توفر إضاءة طبيعية ومناخ ملائم للفارغات كما هو موضح في شكل (8) ، ويعمل على توفير الطاقة كما يقاوم الزجاج الأحماض والمركبات الكيميائية والعضوية ، حيث يستخدم ثانى أكسيد التيتانيوم Tio2 بشكل جزيئات النانو لطلاء الزجاج لمقاومة التلوث ، وبالتالى يعمل على مقاومة المركبات العضوية المتطايرة والأغشية البكتيري [28] .



شكل (8) شكل الزجاج التحكم الشمسي متعدد الطبقات
المصدر حسين محمد جمعة ، "النانو تكنولوجى فى قطاع التشييد والبناء" القاهرة ، طباعة 2009، صـ 243

- **زجاج الذكي**

زجاج قابل للتحويل كهربائيا و يغير من خصائصه لنقل الضوء ، و هذه الانواع من الزجاج تتيح للمستخدمين التحكم في كميه الضوء و بالتالي الحراره ، فيتغير من زجاج شفاف إلى نصف شفاف ويمنع الرؤية من خلاله بشكل جزئي مع الحفاظ على الضوء من خلال الزجاج كما هو موضح في شكل (9) و من مميزات هذا النوع [29] :

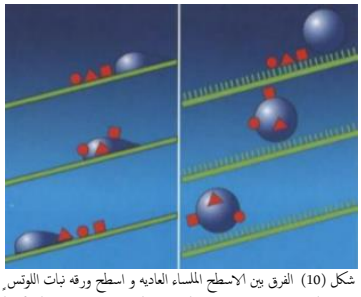
1- له القدرة على مقاومة الحريق .
2- توفير تكاليف الصيانه .
3- له القدره علي تغيير شده الاضاءه في داخل المبني .
4- تخفيض الطاقه المستخدمه في تدفئه و تبريد المباني .

شكل (9) شكل الزجاج الذكي المنتج بتقنيه النانو الشفاف
المصدر http://www.thehightechstore.com/smart_glass.html

2-5-5-3 الطلاءات

- **تقنيه التنظيف الذاتي "تأثير اللوتس"**

يعد التنظيف الذاتى من أهم الاستخدامات التى تستخدم فى المبانى لتقليل عملية الصيانة ، وتوفير الأيدى العاملة لتوفير التكلفة ،كما أن المبانى تتمكن من تنظيف الأسطح ذاتيا ، حيث تسهم هذه التقنيه في انتاج مواد بناء ذات مميزات و خصائص جديده ، لها القدره علي التنظيف الذاتي ومما يجعل المباني من صيانه نفسها ذاتيا بصوره مباشره و تلقائيه ، وهى إحدى تقنيات النانو فى تنظيف الأسطح ، حيث لها أكثر من طريقة منها تأثير زهره اللوتس المستخدمه في كثير من مواد التشطيب و يوضح الشكل (10) الفرق بين الاسطح الملساءو اسطح ورقه اللوتس. [30]



شكل (10) الفرق بين الاسطح الملساء العاديه و اسطح ورقه نبات اللوتس

المصدر Sylvia,leydecker,Nanomaterials in architecture, interior architecture

يوضح الشكل (11) متحف أرا باسيس المطلي بطبقه من الطلاء المطور بتقنيه التنظيف الذاتي للحفاظ علي اللون الابيض وساعد المبني علي حمايته و تخفيض عمليات الصيانه .

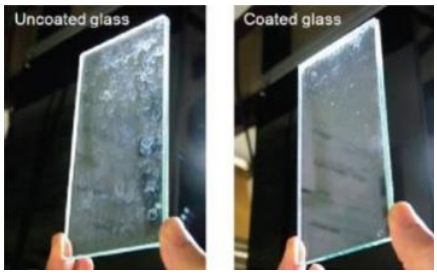
شكل (11) متحف أرا باسيس

المصدر sylvia leydecker,(2008),Nano Material In Architecture,Interior Architecture And Design ,Brikhauser- Puplishers Or Architecture, Basel Switzerland,p64

- **تقنيه التنضيف الذاتي "التحفيز الضوئي"**

عملية التحفيز الضوئي هي عبارة عن تفاعل يستخدم فيه الضوء كنشط للمادة التي تعمل على زيادة معدل التفاعل الكيميائي بدون دور فى التفاعل

يستخدم هذا الطلاء في انظمه تقنيه الهواء في المباني ، ولحماية الأسطح من البكتريا و الفطريات ، مميزات هذا الطلاء سهوله تنضيف الاسطح و مكافحه تلوث الهواء و حجب الاشعه الفوق بنفسجيه وخفض تكاليف الصيانه كما هو موضح في الشكل (12) .[31]



شكل (12) يوضح تأثير التحفيز الضوئي علي السطح

المصدر http://gamma-nano.ca/what-is-a-photocatalyst

و يوضح الشكل (13) احد الامثله التي استخدمت فيها التنظيف الذاتي ذات التحفيز الضوئي وهو فندق حياة ريجنسى – كنيسية تشابل.

شكل (13) فندق حياة ريجنسى – كنيسية تشابل.

المصدر sylvia leydecker,(2008),Nano Material In Architecture,Interior Architecture And Design ,Brikhauser- Puplishers Or Architecture, Basel Switzerland,p80

- **تقنيه سهوله التنضيف**

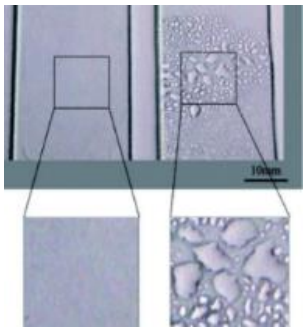
تستخدم لتحسين أسطح المواد للأثاث ، وسطح المادة يصبح سهل التنظيف ، وتسمى هذه الخاصية بالأسطح سهلة التنظيف ، وهذه الأسطح طاردة للماء ، وفى الغالب يتم الخلط بينها وبين خاصية التنظيف الذاتى ، ففى هذه الأسطح تستخدم المياه لتنظيفها بسهولة ، والفرق الأساسى بين مواد الطلاء (سهلة التنظيف والتنظيف الذاتى) هو أن خاصية سهل التنظيف لا تتطلب ضوء الاشعه فوق البنفسجيه لتفعيل وظيفتها ، كما تميز هذه الأسطح بخاصية نفاذية البخار وفى نفس الوقت طاردة للماء وهى أسطح سهلة التنظيف . [32] ، و يوضح الشكل (14) مركز ابحاث العلم و الاعمال بالمانيا المطبق بيه تكسية الحوائط بالسيراميك "تقنية سهلة التنظيف "

شكل (14) مركز ابحاث العلم و الاعمال

المصدر sylvia leydecker,(2008),Nano Material In Architecture,Interior Architecture And Design ,Brikhauser- Puplishers Or Architecture, Basel Switzerland,p98

- **الطلاء المضاد للضباب**

كان قديما للمحافظة على الأسطح دون تكثيف للمياه يجب تعريضها للتسخين المستمر وباستخدام تقنية النانو تم عمل الطلاء بطبقة رقيقة جدا من ثاني أكسيد التيتانيوم Tio2 ، الذى يحلل قطارت المياه والضباب إلى طبقة رقيقة غير مرئيه يستخدم هذا الطلاء في الواجهات الخارجيه و في مكيفه الهواء في المناطق الاستوائيه ، و هي الطلاءات المضادة للتبخر ويمكن ايضا استخدامها في البلاستيك و يوضح الشكل (15) لوح من الزجاج نصف سطحة الأول مستوى من الزجاج العادى والأخر من زجاج ذكى بدهان نانو مضاد للضباب.[33]

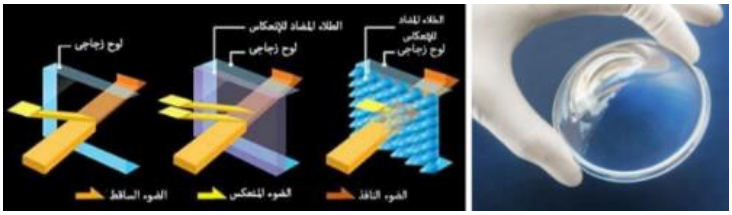


شكل (15) يوضح تأثير تقنيه المضاد للضباب علي الزجاج

المصدر Sylvia Leydecker,(2008),Nano Material In Architecture,Interior Architecture And Design ,Brikhauser- Puplishers Or Architecture, Basel Switzerland,p101

- **الطلاء المضاد للانعكاس**

يعرف الطلاء المضاد للانعكاس بانه الطلاء الذي يعمل علي تقليل الانعكاسيه للاطوال المغناطيسيه المراد امتصاصها من الخلايا الشمسيه ،علي الرغم من البحوث المكثفه تبقي امكانيه الحصول علي طلاء مضاد للانعكاس و يؤدي هذا الطلاء الي اضطراب وتحديد عمل الأسطح البصرية التي تتطلب نفاذية عالية للضوء كالخلايا الشمسية في حين يعمل الطلاء المضاد للانعكاس علي خفض الشده المنعكسه ليزيد من الكفاءه النوعيه الهدف من الأغشية المضادة للانعكاس على الأسطح في تقليل الانعكاس لتحسين النفاذيه واستخدمت هذه الخاصية في الزجاج ، ويمكن التقليل من انعكاسية الضوء الساقط إلى أقل حد ممكن بواسطة الطلاء بغشاء مضاد للانعكاس ، و الذي يعد من اهم الاساسيات في تطوير كفاءه الزجاج ، واطاله عمره و يوضح شكل (16) تأثير الطلاء المضاد للانعكاس علي الزجاج و العدسات .[34]



شكل (16) يوضح تأثير الطلاء المضاد للانعكاس علي الزجاج و العدسات

المصدر https://pro.sony.com/bbsc/ssr/show-highend/resource.solutions.bbsccms-assets-show-highend-

- **الطلاء المضاد للكتابه علي الجدران**

وذلك عن طريق الطلاء المضاد للكتابة على الجدارن والتي يتم تطبيقها على أسطح الحوائط للحد من التصاق الكتابه علي الجدران و من خصائصها :

1. إزلة الكتابة على الجدارن بسهولة أكبر مع استخدام المنظفات
2. توفير الحماية لمواد مثل الطوب و الحجر الرملى الجيري وهي مواد عالية الامتصاص ، بطلائها بالدهانات المستخدم فيها النانو وهو طلاء فعال جدا مع هذه الاسطح ومن أبرز عيوبها، لا يمكن إزلة الطلاء الواقى بسهولة.

فوائده علي المباني :

-1 خفض تكاليف الصيانه
-2 عدم تشويه الجدران باي نوع من انواع الكتابه او المواد اللاصقه .
-3 المحافظه علي واجهات المباني نظيفه [35] .

- **مقاومه الحريق**

الطلاءات المضادة للحريق فهى عبارة عن مواد خاصة تستخدم لطلاء أسطح المواد القابلة للإشتعال وذلك لتقليل قابلية الإشتعال وتأخيره وكذلك تحسن المواد لمقاومة الحريق فهو يعمل على مقاومة اللهب وعند زيادة التسخين فانها تنتج مادة رغويه تعمل على تشكيل طبقة عازلة للحراره ، وذلك لان طلاء الحريق قادر علي تقليل انتقال للحراره ، ومنع الإحتراق للمواد ومنع ارتفاع درجات الحرارة ، وعاده يستخدم فى طلاء الأخشاب و الهياكل الصلبة

و المنشآت المعدنية وفى المنشآت داخليا وخارجيا مميزات الطلاءات المقاومه الحريق :" تعتبر من المواد المهمة المستخدمة للحفاظ على المبنى عند الحريق، كما أنها تستخدم لإعطاء المظهر الجمالى ووتقلل عملية الصيانة ، وتم استخدامها فى أمثلة نموذجية على الصلب والزجاج والألومنيوم فى المباني العاليه[36] .

- **العزل الحراري "الواح العزل الفراغيه"**

تتميز ألواح العزل الفارغية بتقنية النانو بالحد الأقصى للعزل الحراري والحد الأدني لسمك العزل ، فهى مناسبة لتوفير عزل حراري جيد جدا كم سمك ارفع من الواح العزل التقليديه ، وسمكها 25 ملم لي ليقلل من سمك العزل التقليدي بعده مرات ، وتستخدم ألواح العزل الفارغية فى الجدار الداخلى والخارجى وفى أرضيات المبانى لسمكها الرقيق كما هو موضح في الشكل (17)، ويتراوح عمرها الافتراضي (من 30 الي 50) سنه من زمن التشغيل ولا تحتاج للصيانه الدوريه ، و تساهم فى تقليل انبعاثات ثانى أكسد الكربون و النيتروجين [37] .

شكل (17) ألواح العزل الفراغيه علي الجدران

المصدر sylvia leydecker,(2008),Nano MaterialInArchitecture,Interior Architecture And Design ,Brikhauser- Puplishers Or Architecture, Basel Switzerland

يوضح الشكل (18) احد المباني التي استخدم فيها العزل الفراغي المبني السكني التجاري Sonnenschif

شكل (18) المبني السكني التجاري Sonnenschif

المصدر sylvia leydecker,(2008),Nano MaterialInArchitecture,Interior Architecture And Design ,Brikhauser- Puplishers Or Architecture, Basel Switzerland

- **العزل الحراري " الهلام الهوائي "**

مادة هلامية منخفضة الكثافة تم فيها استبدال السائل بالغاز، و تتكون من 5 .% ماده صلبه ، و 95% هواء ، وكانت النتيجه ظهور ماده ذات كثافه منخفضه جدا و خواص متعدده و كما هو موضح في الشكل (19) الواح هذه الماده الهلاميه الهوائيه ، و من اهم خصائصها :

قدرتها العاليه علي العزل الحراري و توفير الاضاءه الطبيعيه .

خفيفه الوزن وتعتبر أقل مادة صلبة من حيث الوزن.

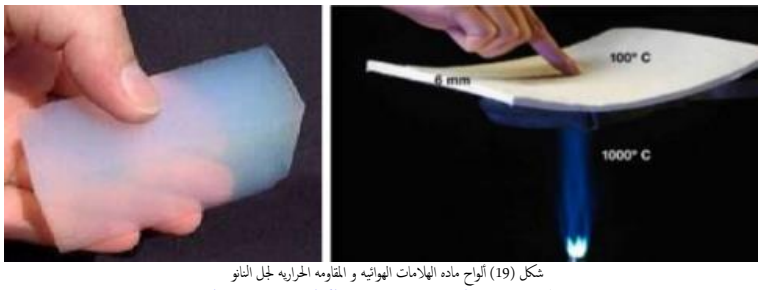
لها ملمس يشبه الرغوه و طبيعتها شبه شفافه

وعلى الرغم من خفة وزنها تستطيع أن تحمل مواد أثقل منها ب 2000 مره من وزنها

هي ماده تشبه ايضا الزجاج و السيلكا

و يتم استخدامها فيما يلي : (يتم استخدامها كمادة عازلة فى ملئ أنواع مختلفة من التجاويف بين الألواح الزجاجية و الجدران متعدده الطبقات -

ومناسب للاستخدام فى الأجزاء الخارجية للمبنى - تساعد فى تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية من خلال التبريد والتدفئة وتوفير الاضاءه الصناعيه - تستخدم كعازل للصوت - يساهم في خلق راحة حرارية فى الفراغات الداخليه) [38].



شكل (19) ألواح ماده الهلامات الهوائيه و المقاومه الحراريه لجل النانو

المصدر http://www.starch.dk/private/energy/insulation.asp

- **الاغشيه الرقيقه**

استخدم أغشية النانو الرقيقة فى العزل الحراري للزجاج و شكل (20) موضح شكل هذه الاغشيه ، وهى عباره عن ورقة من ألياف الفولاذ النانوي المقاوم للصدأ ، وتساعد على امتصاص الأشعة تحت الحمراء ، كما أنها قادرة على حجب أشعة الشمس مما يساعد على تخفيض درجة حارة الفراغ الداخلى بنسبه 2-3 درجه بالمقارنه مع المواد التقليديه ، مما يساعد علي ترشيد استهلاك المباني [39] .

شكل (20) اغشيه النانو الرقيقه العازله في الزجاج

المصدر http://www.Igreenbuild.com/sitespecific/vendorDetaial.aspx.

3- الدراسه التحليليه

تشمل الدراسه لتحليليه تحليل مباني تم تطبيق مواد تقنيه النانو و دراسه تحليله لكل منهم و يوضح كل منهم انواع المواد التي تم استخدامها و توظيفها .
و الهدف من الدراسه التحليله التأكيد علي دور النانو في رفع كفاءه المباني التعليميه و نجاحها في توفير الطاقه و تقليل الصيانه و اطاله العنر الافتراضي للمبني .

1-3 خطه الدراسه التحليليه

1- اختيار الحالات الدراسيه من حيث ان تكون مباني حديثه و مطبق بها تقنيات النانو لدراسه تأثير مواد النانو عليها .
2- تحليل المباني المختاره من خلال دراسه كافه المعلومات عن المباني و دراسه المواد النانو المستخدمه فيها و تأثيرها علي المباني ذاتها سواء كان هذا التأثير داخلي (الفراغات الداخليه) او خارجي (الواجهات الخارجيه) .
3- بعد تحليل المباني و دراسه تأثير تطبيق تقنيات النانو عليها يتم تقييم المباني من خلال الاستراتيجيات التي سبق و ذكرها في الدراسه النظريه .
4- عمل مقارنه بين الحالات الدراسيه

2-3 اسس المقارنه بين الحالات الدراسيه

عمل مقارنه بين الحالات الدراسيه من خلال مدي تحقيقهم لنقاط التقييم و هي (المعايير الاقتصاديه و تحقيق معايير الاداء و تحقيق الادائيه الوظيفيه و تحقيق المتطلبات الجماليه و تحقيق راحه المستخدم) و تقييم المباني من خلال تلك الاستراتيجيات و مدي تحقق كل منهم ، تم تحديد درجة تقييم كل نقطة من نقاط التقييم من خلال استخدام رموز معينة لكل معيار من المعايير، حيث يدل كل رمز إلى مدى تحقيق المبنى لكل معيار من معايير التقييم ، وذلك عن طريق تصنيفها إلى مستويات من "جيد ، ومتوسط ، وضعيف" كما هو في الجدول (2).

جدول (2) يوضح نقاط التقييم

● جيد (100% - 80%)	○ متوسط (79% - 60%)	- ضعيف (59% - 0%)

3-3 اهداف تحليل المباني

دراسه تأثير مواد تقنيه النانو علي المباني المطبق بيها تلك التقنيه بالفعل ، ومدي تحقيق المعايير الوظيفيه لتلك المواد ، و دراسه مدي تأثيرها علي رفع كفاءه المباني المطبق بها و و تأثيرها في استهلاك المباني للطاقه و توفير الصيانه و اطاله العمر الافتراضي للمباني .

4-3 خطوات الدراسة التحليله

- معلومات عن المشروع من حيث:- " اسم المبني والموقع و اسم المعماري و النشاط المستخدم " ، وصف المبني من حيث "المساحه و عدد الطوابق و ارتفاع المشروع وما يضمه من فراغات"
- المواد النانونيه المستخدمه :- "ذكر المواد النانو المستخدمه في المشروع سواء مواد انشائيه او مواد مكمله اوالطلاءت او مواد العزل" .
- تحقيق المعايير الوظيفيه :- تحليل استخدام تقنيات النانو المطبقه في المشروع و كيفيه توظيفها داخل المشروع و طبق مواد النانو فى الواجهات الخارجية للحفاظ على النواحى الوظيفيه من خلال تأثير تلك المواد علي الفراغات الداخليه
- تأثير مواد النانو علي الفراغات الداخليه :- "دراسه تأثير مواد النانو علي الفراغات الداخليه للمبني من راحه بصريه او راحه حراريه او مدي توفير التهويه و الاضاءه الطبيعيه" .
- تأثير مواد النانو علي الواجهات:- "دراسه مدي تأثير مواد النانو علي القيم الجماليه للمشروع" .
- المعايير الاقتصاديه :-

الاقتصاد في التنفيذ :

أثرت تقنية النانو على المواد في المبانى من خلال التقليل فى استهلاك الموارد والخامات والتقليل من استهلاك الطاقة والتنظيف الذاتى للزجاج ، والإمكانيات الهائلة التى وفرتها تقنية النانو من مواد ذات خصائص فريدة..
و قد يحدد العمر الافتراضى للمبانى من خلال المواد والتقنيات المطبقة فى المبانى ذات الخصائص الفريدة ، فطبق العديد من مواد النانو (خرسانة النانو ، حديد النانو ، خشب النانو) مما أدى إلى رفع كفاءة للمبانى وتحسين جودتها .

الاقتصاد في الاشعال :

من حيث توفير الطاقه فتعتبر الطاقة من أهم الأسس التى يجب أن تراعى فى تقييم المبانى المستلكة للطاقة بشكل كبير، وقدمت تقنية النانو المواد الموفرة للطاقة بتطبيقها فى الفراغات الداخليه و الواجهات الخارجية وأكتساب الطاقة التى تفيد المبانى وتفيد من حولها .
من حيث الصيانه تحتوى النانو على طلاءات التنظيف الذاتى بتطبيقها على الزجاج والألومنيوم ، كما أن هذه الخواص تنظف نفسها ذا وبالتالى تؤدى إلى تقليل الصيانة ، كما تم استخدام طلاءات أخرى تقلل من حدوث التشققات والشروخ وتعالج نفسها ذاتيا ، مما يؤثر على تقليل التكاليف.

- تحقيق راحه المستخدم :- من خلال تحقيق التهويه و الاضاءه الطبيعيه و العزل و الراحه الحراريه للمبني و مدي تحقيق الاستدامه للمبني.

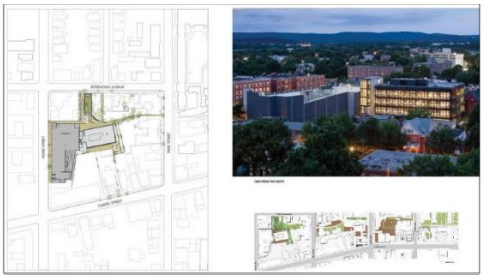
5-3 بعض المشاريع المطبق فيها تقنيات النانو

1-5-3 اسباب اختيار الحالات الدراسيه:

لقد اخذ في الاعتبار فى اختيار الحالات الدراسية على أنها مبانى حديثة لها تأثير على العمارة ، وتأثرت بمواد تقنية النانو فأثرت على كفاءه المبني و توفير الطاقه و الشكل الخارجى ، كما أنها مبانى ذات تشكيلات غير تقليدية ، وتم اختيارها لتكون فى فترة زمنية متقاربة (فى العشر سنوات الأخيرة).

2-5-3 مقارنه بين الحالات الدراسيه المطبق بيها مواد تقنيه النانو

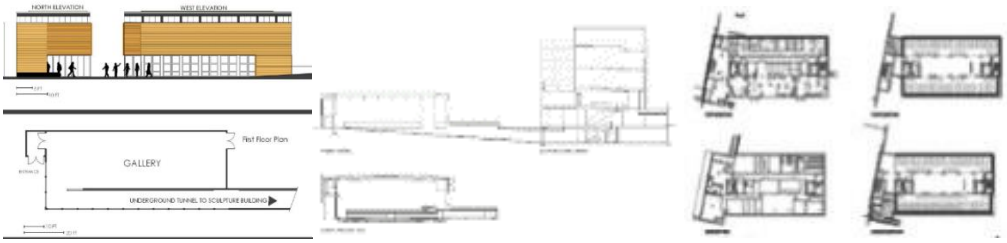
➢ **المثال الاول مبني النحت جامعه ييل**



شكل (21) الموقع العام جامعه ييل
المصدر http:// www.worldarchitecturefestival.com

شكل (22) يوضح الواجهات و كاسرات الشمس و الزجاج النانو المعالج

المصدر http://www.archdaily.com/ad-interviews-kieran-timberlake/-yalewall- w-graph



شكل (23) المساقط الافقيه و قطاعات المبني

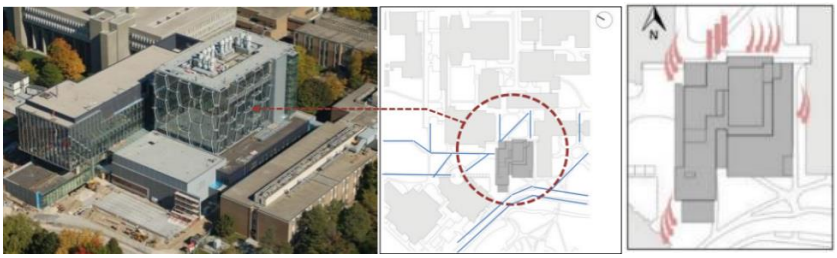
المصدر https://arch220.wordpress.com/2012/02/07/yale-sculpture-gallery

شكل (24) المبني من الداخل

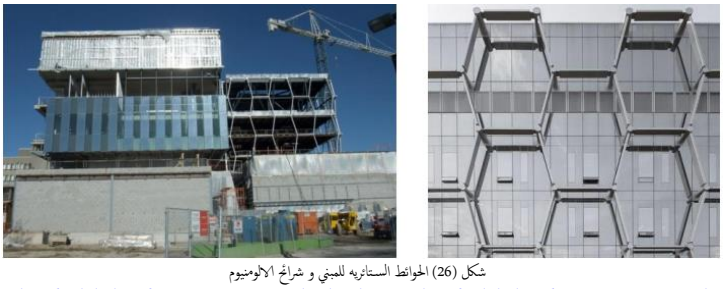
المصدر http:// www.worldarchitecturefestival.com

اسم المبني معلومات عن المبني	المواد النانو المستخدمه	المعايير الوظيفيه	تأثيرها علي الفراغات الداخليه	تأثيرها علي الفراغات الواجهات	تأثرها علي المعايير الاقتصاديه	تأثرها علي راحه المستخدم	التقييم
مبني النحت جامعه ييل - يقع في مدينه نيو هيفن – الولايات المتحده الامريكيه - للمعماري كيران تيمبرليك - مبني تعليمي - يقع المشروع بالقرب من حديقة بيفر بروك و حديقة إدجوود في مدينة نيو هافن على ضفاف النهر، والذى تحتوى على مساحات مفتوحة ، ومناطق خضراء ، وتقع جامعة ييل أيضا بالقرب من حديقه روك بالشرق - يبلغ مساحه المبني (62000 م2) و ارتفاعه 26 م يحتوي المبني علي ثلاثه طوابق بها الاستديوهات التعليميه و يتكون كذلك من المنور العلوي تتم فيه مزاوله جميع الانشطه الفنيه بالبدروم الفصول الدراسيه و الفراغات الاداريه .	1-مواد انشائيه : الومنيوم النانو 2-مواد مكمله : الزجاج المعالج بتقنيه النانو الذاتي التنضيف (تاثير اللوتس) 3-مواد عزل : حائط ستائري من الالواح التي بها ماده الهلاميات الهوائيه العازله للحراره .	-الومنيوم النانو يعمل علي عزل الصوت و العزل الحراري و مقاوم للصدأ و تمنع الغبار من الالتصاق بسطح الالواح. -استخدام الحوائط الستائريه من الزجاج المعالج بتقنيه النانو يعمل علي توفير في استعمال الاضاءه الصناعيه مما يقلل من استهلاك الطاقه الكهربيه ، وتحقيق المستوي المطلوب من الراحه الحراريه في الفراغات الداخليه ، و بالتالي ادي الي الحفاظ علي الطاقه .	اثرت تطبيق مواد تقنيه النانو في المبني علي الفراغات الداخليه حيث ساهمت في تحقيق المعايير الوظيفيه المثاليه للفراغات الداخليه من الراحه البصريه حيث سماح الاضاءه الطبيعيه بالنسبه المطلوبه بالنفاذ و توفير الاضاءه الصناعيه و توفير الراحه الحراريه حيث تتفاعل تقنيات مواد النانو مع التغيرات المناخيه المتغيره .	يحتوي المبني علي - العزل بماده الهلام الهوائي الايروجيل في النجويف الخارجي في الواجهه حيث يعمل علي الحد من الاشعاع الشمسي من خلال الاحتفاظ بالهواء الداخلي بواسطه ذلك العزل فيستخدم داخليا في شهر الشتاء او ينعكس الي الخارج خلال الاشهر الدافئه مما يخلق عازل حراري فعال .	-استخدم في المبني مواد نانونيه مثل الزجاج المعالج بتقنيه النانو ذاتي التنضيف (تأثير اللوتس) و الواح بها ماده الهلاميات الهوائيه العازله للحراره مما يؤدي الي اطاله العمر الافتراضي للمبني للمواصفات العاليه لكل منهم. استخدام الحوائط الستائريه من الزجاج المعالج بتقنيه النانو في الواجهات الخارجيه للحد من الاشعاع الشمسي وهذا يحقق النفاذيه الطبيعي من الحد من انتقال الحراره ، وتوفير في استعمال الاضاءه الصناعيه مما يقلل من استهلاك الطاقه الكهربائيه ، وتحقيق المستوي المطلوب من الراحه الحراريه في الفراغات الداخليه ، و بالتالي ادي الي الحفاظ علي الطاقه اما بالنسبه لتقليل الصيانه فتطبيق مواد تقنيه النانو (الواح الهلام الهوائي – الزجاج المعالج بتقنيه النانو ذات التنظيف) ادي الي توفير العماله و تقليل الصيانه .	استخدام تقنيات النانو و المواد التي تتفاعل مع العوامل الجويه المتغيره (سرعه و اتجاه الرياح – معدل سقوط الامطار – درجه الحراره الخارجيه – ودرجه حراره الهواء الداخليه و الخارجيه - الرطوبه) ماده الومنيوم النانو يعمل علي عزل الصوت و العزل الحراري و مقاوم للصدأ و تمنع الغبار من الالتصاق بسطح الالواح الزجاج المعالج بتقنيه النانو ذات التنضيف يعمل علي دخول الاضاءه الطبيعيه داخل الفراغات بالنسبه المطلوبه و تحقيق الراحه الحراريه	● %85

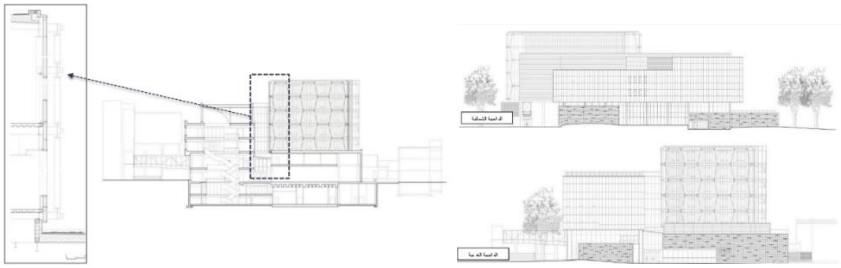
➢ **المثال الثاني مركز مايك وأوفيليا أزاريديس نانو الكم**



شكل (25) الموقع العام المشروع المركز مايك ودراسه لتوجيه المبني
المصدر http://www.archdaily.com/452205/mike-and-ophelia-lazaridis-quantum-nano-centre-kpmb-architects



شكل (26) الحوائط الستائريه للمبني و شرائح الالومنيوم
المصدر http://www.archdaily.com/452205/mike-and-ophelia-lazaridis-quantum-nano-centre-kpmb-architects- mike-and-ophelia-lazaridis-quantum-nano-centre-kpmb-architects-north-elevation



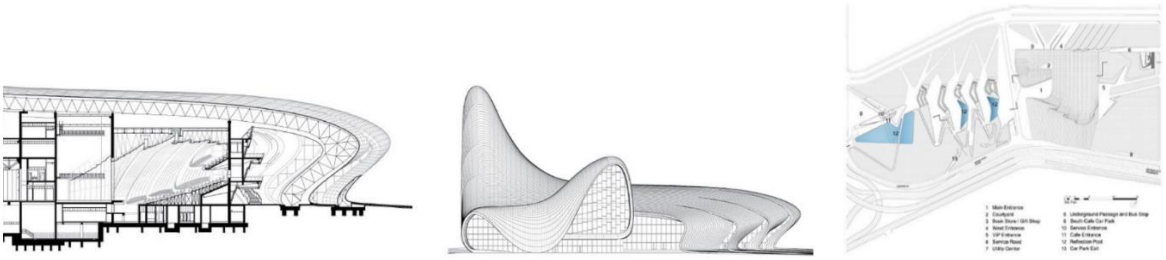
شكل (27) واجهات مبني لمركز مايك
http://www.archdaily.com/452205/mike-and-ophelia-lazaridis-quantum-nano-centre-kpmb-architects

اسم المبني معلومات عن المبني	المواد النانو المستخدمه	المعايير الوظيفيه	تأثيرها علي الفراغات الداخليه	تأثيرها علي الفراغات الواجهات	تأثرها علي المعايير الاقتصاديه	تأثرها علي راحه المستخدم	التقييم
مركز مايك وأوفيليا أزاريديس نانو الكم -يقع في جامعه واترلو ، كندا -للمعماري ماريان مأكيا -مركز تعليمي و ثقافي يقع المبنى فى جامعة واترلو Waterlooفي الحرم الجامعي الرئيسي ويمثل المبنى علامة مميزة كمنصة متطورة للبحث والابتكار في كل الميادين لحوسبة الكم وتقنية النانو، ويوضح شكل (36) الموقع العام لمركز مايك وأوفيليا أزاريديس نانو الكم تبلغ مساحه المبني 26500 متر مربع و ارتفاعه 24 م ، يجمع المبنى بين كتلتين إنضم إليهما المبنى المركزي المشترك ، مع مدخلين رئيسيين: واحد على الطريق الدائري والاخر على جانب الحرم الجامعي .	1-مواد انشائيه : انابيب النانو كربون 2-مواد مكمله : حوائط ستائرية من الزجاج المعالج بتقنية النانو	استخدام شرائح الالومنيوم مع الزجاج لدخول الاضاءه الطبيعيه و تحقيق الاضاءه الطبيعيه وتحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات و يؤدي الي توفير الطاقه و ايضا اكتساب الطاقه من خلال تعرضه الي اشعه الشمس . و ايضا انابيب النانو كربون تعمل علي اطاله العمر الافتراضي للمبني و بالتالي تقلل من تكاليف المبني .	اختلاف مساحات الفراغات واستخدام شرائح الالومنيوم مع الزجاج لدخول الاضاءه الطبيعيه و تحقيق الاضاءه الطبيعيه وتحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات . توجيه المبني له تأثير كبير في تحقيق المستوي المطلوب لاحتياجات المستخدمين .	حقق المهندس المعماري ماريان ماكينا تطبيق مواد تقنية النانو فى المبنى ، و تم الاخذ فى الاعتبار باختيار مواد أثرت فى التشكيل المعمارى للواجهات الخارجية باستخدام الزجاج المعالج – وأنابيب الكربون نانو والوصول إلى حلول مبتكرة للتأكد من أن التصميم استجاب إلى التطور التكنولوجي وتلعب الواجهات الخارجيه باستخدام مواد تقنيه النانو دورا مهما في التشكيل المعماري الفريد . يتكون المبنى من بلاطات خرسانية مغطاه بأنابيب النانو كربون وبين كل منهم حوائط ستائرية من الزجاج المعالج بتقنية النانو ليتصل المبنى بنسيج الحرم الجامعي ، و البناء في المقام الاول للجامعة فى التشكيل المعمارى الفريد .	يستخدم المبني مواد تقنية النانو أنابيب النانو كربون وهى مادة تميز بالقوة والمتانة وتعمل على إطالة العمر الافتراضي للمبنى وبالتالى تقلل من تكاليف المبنى لاعادة استخدامها مره اخري . تم تطبيق الزجاج المعالج بتقنية النانو ذاتى التنظيف مما يقلل من الصيانة الدورية وبالتالى عمل على خفض التكاليف لتوفير الايدي العامله . استخدام المبني الحوائط الستائريه من الزجاج المعالج بتقنيه النانو لمنع دخول اشعه الشمس و بالتالي حقق المستوي المطلوب من الراحه الحراريه و ادي الي توفير الطاقه ، واستخدام الزجاج ايضا في الواجهه الجنوبيه ادي الي اكتساب الطاقه . يقوم الزجاج باكتساب الطاقة من خلال تعرضة إلى أشعة الشمس . تطبيق الزجاج ذاتي التنظيف ادي الي توفير الايدي العامله و تقليل الصيانه عند تشغيل الصيانه انابيب النانو كربون المكونه من وصلات علي فكها و ربطها بسهوله مما يسهل عمليه الصيانه .	استخدام المبني الحوائط الستائريه من الزجاج المعالج بتقنيه النانو تسمح دخول الاضاءه الطبيعيه و تحقيق الاضاءه الطبيعيه وتمنع دخول اشعه الشمس و بالتالي حقق المستوي المطلوب من الراحه الحراريه و ادي الي توفير الطاقه ، واستخدام الزجاج ايضا في الواجهه الجنوبيه ادي الي اكتساب الطاقه . يقوم الزجاج باكتساب الطاقة من خلال تعرضة إلى أشعة الشمس . و ساعدت مواد تقنيه النانو علي ان يكون المبني صديق للبيئه لتفاعله مع العوامل الجويه كما عملت علي ضبط درجات الحراره و الرطوبه داخل الفراغات و شده و كفاءه الاضاءه .	● %80

➢ **المثال الثالث مركز حيدر عليف**

شكل (28) الواجهات الرئيسيه

المصدر https://albenaamag.com/2016/11/20



شكل (29)الموقع العام و الواجهه الرئيسيه و قطاع المبني

المصدر https://albenaamag.com/2016/11/20

شكل (30)المساقط الافقيه للدور الرضي و للمتكرر

المصدر https://albenaamag.com/2016/11/20

شكل (31) المبني من الداخل

المصدر https://albenaamag.com/2016/11/20

اسم المبني معلومات عن المبني	المواد النانو المستخدمه	المعايير الوظيفيه	تأثيرها علي الفراغات الداخليه	تأثيرها علي الفراغات الواجهات	تأثرها علي المعايير الاقتصاديه	تأثرها علي راحه المستخدم	التقييم
مشروع مبني مركز حيدر عليف -يقع في باكو باذربيجان -المعماري زها حديد - سنه 2013 - مركز ثقافي تعليمي - ينتمي مركز حيدر عليف إلي نوع من العمارة يعرف بالعمارة التفكيكية ، تعتمد الفكرة التصميمية علي الربط بين المحيط الخارجي للمبني بداخل المبني وخلق علاقة مستمرة مرنة بينهم وتوفير سلسلة من المساحات المخصصة للاحتفال الجماهيري ومساحات خالية من الأعمدة لتوفير تجربة أفضل للزوار ما يمنح الزائرين فرصة تجربة الانسيابية الداخلية للمبني . يبلغ إجمالي مساحة المبني 101.801 متر مربع وبارتفاع تسع طوابق 74 متر ، مشروع مبني مركز حيدر عليف	مواد انشائيه : الخرسانه المسلحه بالالياف الزجاجيه .	تم توفير للمبني بيئه داخليه مريحه بسبب عكسها للحراره و تقليل التكلفه الاقتصاديه لسهوله التنضيف و لسهوله التشكيل و التصنيع.	استخدام الخرسانة المسلحة بالالياف الزجاجية المرتكزة على الهيكل الفولاذي أعطت اتساعاً كبير في المساحات الداخلية وساعد على ذلك لون الخرسانة البيضاء ، وعملت ايضا في الحفاظ علي بيئه داخليه مريحه بسبب عكسها للحراره . وايضا تؤمن بيئة داخلية مريحة وتقليل التكلفة الاقتصادية لسهولة التنظيف وسهولة القولبة والتصنيع .	إعطاء تصاميم عضوية مرنة بتشكيلات انسيابية معقدة حرة التشكيل أو منتظمة، بالاضافة الى إعطاء ديناميكية ساكنة لمواجيات والتناسق والتناغم للشكل	يتوفر بالمبنى استخدامات من مواد تقنية النانو خرسانة النانو ذات التحفيز الضوئ والتى تحتوي علي ثاني أكسيد التيتانيوم و تحتوي علي زجاج معالج بتقنيه النانو . وتعمل الخرسانه علي تقليل التكلفة الاقتصادية لسهولة التنظيف وسهولة القولبة والتصنيع . تطبيق خرسانه النانو ادي الي اطاله العمر الافتراضي للمبني . تقوم مواد تقنية النانو الخرسانة بالحفاظ علي المبني من المتغيرات الجوية لفترات طويلة مما أدى إلى وفر فى الايدي العاملة للصيانة الدورية وبالتالى تم تقليل عمليه الصيانه عند تشغيل المبني .	تقوم مواد النانو المطبقة بالمبنى على التفاعل مع الوسط المحيط والمتغيرات البيئيه و تحقق دخول الاضاءه الطبيعيه داخل الفراغات بالنسبه المطلوبه ، و تحقيق المستوي المطلوب من الراحه الحراريه ، وبالتالي ادي الي وظيفه مثاليه .	○ %78

6-3 نتائج دراسه الحالات السابقه المطبق بيها مواد تقنيه النانو

تم تحليل مباني مطبق عليها تقنيه النانو ، ادي تطبيقها الي رفع كفاءه المباني و تحسين جودتها و تخفيض تكلفه الصيانه و توفير الطاقه و اطاله العمر الافتراضي و مقاومه العوامل الجويه المتغيره ، و فيما يلي نتائج الدراسه التحليليه :

- استخدم مركز مايك وأوفيليا أزاريديس نانو الكم (الحوائط الستائرية من الزجاج المعالج بتقنية النانو ذاتى التنظيف) لمنع دخول أشعة الشمس وبالتالى يحقق المستوى المطلوب من الراحة الحرارية وهذا يؤدى إلى توفير فى الطاقة، واستخدم الزجاج فى الواجهه الجنوبية أدى إلى لأكتساب الطاقة مما أدى إلى توفير طاقة بنسبه 48% مما ادي الي تحقيق اعلي تقييم 85% .

- استخدم مبني جامعه و معرض بل للنحت حصل علي تقييم 80% لتطبيقه (الحائط الستائري من الزجاج المعالج بتقنيه النانو) للحد من الاشعاع الشمسي و توفير استخدام الاضاءه الصناعيه وبالتالى يحقق المستوى المطلوب من الراحة الحرارية في الفراغات الداخليه وهذا يؤدى إلى توفير فى الطاقة ، و استخدام (الواح الهلام الهوائي و الزجاج المعالج بتقنيه النانو ذاتي التنظيف) ادي الي توفير في العاله و تقليل الصيانه و العمر الافتراضي للمواصفات العاليه لكل منها .

- استخدم مبني مركز حيدر علييف حصل علي تقييم 78% لتطبيقه (الخرسانه المسلحه بالالياف الزجاجيه) لعزلها للصوت و عاكسه للحراره فادي ذلك الي الحفاظ علي البيئه الداخليه مريحه و مقاومه للحريق ولا تتأثر بالماء و الرطوبه غير انها خفيفه الوزن و سهله التنضيف و بالتالي تقليل الصيانه مما ادي الي تقليل التكلفه الاقتصاديه ، و اعطت مرونه في التشكيل فادي ذلك الي تحقيق المعايير الجماليه.

- حققت مواد تقنية النانو تغير من خلال تطبيقها فى الغلاف الخارجى للمبانى فأثرت على الفراغات الداخلية وتحقيق ال ارحة الح ارررية داخل المبنى ومنع دخول الأشعة فوق البنفسيجية .
- إعطاء الرؤيه اللازمة من الداخل إلى الخارج ، من خلال تطبيق الزجاج المعالج بتقنية النانو ذاتى التنظيف وبالتالى حرص على تقليل الصيانة ووفر فى تكلفة المبنى .
- استخدام تقنية مواد النانو فى المباني تعمل على رفع كفاءتها وامكانية توفير الطاقة اللازمة لتشغيل المباني و تقليل الصيانه و اطاله العمر الافتراضي للمبني و بالتالي تقليل التكلفه .
- و من خلال تحليل تلك النماذج تم استنتاج من الزجاج المطبق بيه تقنيه النانو اكثر استخداما في المباني و يحقق الكثير من الاهداف المرجوه من توفير الطاقه و تحقيق الراحه الحراريه و تقليل الصيانه .

4- الدراسه التطبيقيه

4-1 اليه تطبيق تكنولوجيا النانو في المباني في المستقبل

تطبيق تقنيه النانو علي المباني القائمه بالفعل لتحسين ادائها و نوفر ف الطاقه و نقلل من التلوث و نضيف اليها القيمه و المميزات التي تقدمها تطبيقات النانو .

- **منهج الدراسه التطبيقيه :**

تطبيق ما تم دراسته من تكنولوجيا النانو من خلال الدراسه النظريه و ما تم استنتاجه من الدراسه التحليليه و استدلال من الاستراتيجيه التي طبقتت علي المشروع السكني NRB الذي قام باضافه بعض مواد النانو للوصول الي مبني ذات كفاءه موفر للطاقه [1] و استخدام مواد تقنيه النانو في المباني الامريه بمدينه النجف بالعراق [2] ،و تطبيق كل ما سبق علي مبني قائم بالفعل (جامعه حورس) باستبدال المواد التقليديه بمواد النانو ،و باستخدام برنامج Design Builder و من خلاله يتم عمل مقارنه بين استخدام المواد في التطبيق .

- **مشاكل الدراسه**

1- زياده استهلاك الطاقه
2- تدني جوده الاسطح
3- الاحتياج الي صيانه بصفه دوريه للفراغات الداخليه و الواجهات الخارجيه للحفاظ علي مواد التشطيب .
4- قصر العمر الافتراضي للمباني التعليميه .
5- الاحتياج الدائم لتشغيل التهويه الصناعيه للحصول علي الراحه الحراريه المطلوبه.

- **الوضع الراهن في تطبيق المواد التقليديه**

فيما يلي تحليل المواد البناء التقليديه و تحليلها و تحليل المشكلات الناتجه من استخدامها .

- المواد الانشائيه التقليديه

فتعد الخرسانه ماده بناء تستخدم في معظم دول العالم لكن انتاج المواد الخرسانيه يطلق اطنانا من غاز ثاني اكسيد الكربون مما يؤدي الي كارثه تغيير المناخ غير ذلك انها تحتاج الي وقت طويل و عماله كثيره و هدر كبير في المواد و العده غير التصدعات و و الشروخ و التشققات كما هو موضح في الشكل (40) التي تحدث غالبا بسبب العوامل الجويه التي تؤثر بالسلب علي المواد التقليديه اوابسبب عوامل جغرافيه ايضا قد تؤثر بالسلب مثل وجود المبني في منطقه ساحليه او علي طرق سريعه و غيرها من الاسباب التي تؤثر بالسلب عليها ، وغير ذلك غير مرنه في التشكيلات المبني .

شكل (32) شرخ و تشقق بالجدار بجامعه حورس
المصدر الباحث

- المواد المكمله التقليديه

المتمثله في الزجاج فان الزجاج التقليدي غير عازل للحراره مما يجعلنا نستعين باجهزه التبريد و التدفئه الصناعيه و و لا يحمي من اشعه الشمس الفوق بنفسجيه ، غير انه يحتاج الي الصيانه المستمره لتنضيفه و ازاله الغبار من عليه كما هو موضح في الشكل (41)،

شكل (33) الزجاج التقليدي اثناء اعمال الصيانه المستمره باجامعه حورس
المصدر الباحث

- الطلاءات التقليديه

فالطلاءات التقليدية يمكن أن يكون لها تأثيرات ضارة على البيئة، بما في ذلك تلك الناتجة من استخدام الرصاص والإضافات الأخرى. من المفترض التقليل من استخدامها للحد من التأثير البيئي ، غير ذلك فهي غير سهله التنضيف و يسهل الكتابه عليها و ايضا تحتاج الي صيانه مستمره ، و ايضا تتأثر بالعوامل الجويه و الرطوبه تأثير سلبي كما هو موضح في الشكل (42).

شكل (34) تقشير الدهان بسبب الرطوبه في مبني هندسه جامعه حورس

المصدر الباحث

مما سبق نجد ان لمواد النانو خواص فريده و ستساهم في حل الكثير من مشكلات المواد البناء التقليديه و غيرت المفهوم العام في استخدام مواد البناء فهي تعمل علي رفع كفاءه المباني و اطاله العمر الافتراضي و تقليل الصيانه و توفر في الطاقه ، و بعد مناقشه النانو و تقنيه النانو و شرح لاشكال و اهميه مواد النانو و طرق الوصول الي حجم النانو و دراسه استخدامات مواد النانو ، و عرض الوضع الراهن للمواد التقليديه و مشاكلها ، فيا ياتي سنستعرض دراسه اسس و محددات تطبيق تقنيه النانو و المعايير التي تقوم بها المباني من حيث استخدامها لمواد النانو و كيفيه تقييم اداء المباني المطبق بها تقنيه النانو و تحديد درجه فاعليتها و الاستفاده منها .

- **اختيار نموذج الدراسه**

تم اختيار نموذج الدراسه و هي جامعه حورس

- **اسباب اختيار الحالات الدراسيه :**

اختيار جامعه حورس لتطبيق تقنيات النانو عليها بسبب وجود مشكلات ناتجه عن استخدام المواد التقليديه و ذلك تلك المواد لم تتماشي مع طبيعه المناخ في هذه المنطقه حيث تقع جامعه حورس علي الطريق الساحلي المقابل للبحر و بالتالي العوامل الجويه اثرت علي مباني جامعه حورس بالسلب بالتالي يحدث اعمال صيانه مستمره لترميم ما سببته تلك العوامل و ادي ذلك الي التكلفه العاليه المستمره و ايضا زياده استهلاك الطاقه و قصر العمر الافتراضي للمواد المستخدمه و المباني نفسها .

2-4 تطبيق نظريات تكنولوجيا النانو علي مبني كليه هندسه بجامعه حورس

1-2-4 الدراسه التحليليه للمشروع

- جدول (4) تحليل المثال مبني كليه هندسه بجامعه حورس

شكل (35) لقطه منظوريه للمشروع و الموقع العام

المصدر:الباحث

شكل (36) المساقط الافقيه للمشروع

المصدر:الباحث

شكل (37) قطاع و واجهات المشروع

المصدر:الباحث

شكل (38) لقطات منظوريه للمشروع

المصدر:الباحث

اسم المبني معلومات عن المبني	المواد النانو المستخدمه	المعايير الوظيفيه	تأثيرها علي الفراغات الداخليه	تأثيرها علي الفراغات الواجهات	تأثرها علي المعايير الاقتصاديه	تأثرها علي راحه المستخدم	التقييم
مبني كليه هندسه بجامعه حورس - يقع في دمياط – دمياط الجديده – علي الطريق الساحلي -مبني تعليمي - في الشكل الخارجي جميع مباني الجامعه نفس الطراز و الواجهات - مساحه المبني 2234.5 م2 - عدد الطوابق اربع ادوار دور البدروم والارضي و دوران علويان متكرران يتضمن فراغات تعليميه كالسكاشن و معامل و قاعات دراسيه و مكتبه و فراغات اداريه و فراغات خدميه .	المواد المكمله : زجاج النانو : استبدال جميع الزجاج المستخدم في الجامعه بزجاج النانو - الطلاءات : طلاءات النانو : استبدال جميع طلاءات الجامعه بطلاءات النانو المناسبه لكل فراغ - الاضاءه : استبدال الاضاءات الصناعيه في المباني باضاءه النانو ليد لتقليل الطاقه الكهربيه المستهلكه . - خلايا النانو الشمسيه وضع خلايا النانو الشمسيه لتوليد الكهرباء للمبني .	- زجاج النانو : عمل علي تقليل التكاليف عند التشغيل – يسمح بدخول الاضاءه الطبيعيه للفراغات الداخليه بالنسبه المطلوبه و تحقيق الراحه الراحه الحراريه و بالتالي تؤدي الفراغات الداخليه وظيفتها بمثاليه – كما انه مقاوم للحريق – ومضاد للانعكاس - الطلاءات : 1- طلاءات التنظيف الذاتي (تأثير اللوتس) عدم ثبات الاتربه عليها و بالتالي تقليل اعمال الصيانه 2- التنظيف الذاتي (التحفيز الضوئي) يعمل علي تشتيت اشعه الشمس لتقليل الاحمال الحراريه علي المباني و عدم ثبات الاتربه علي الواجهات ، 3- طلاء سهل التنضيف و استخدم في الحوائط الداخليه منع اتصال بالتراب و طارد للماء و ناعم كالرخام ، 4- طلاء مضاد للكتابه ويستخدم في الفراغات التعليميه لسهوله تنضيفه من عبس الطلاب ، 5- طلاء مضاد للبكتيريا و يستخدم في المطابخ و الحمامات لمقاومته للبكتيريا الناتجه عن الانشطه المقامه بتلك الفراغات - الاضاءه : استبدال الاضاءات الصناعيه في المباني باضاءه النانو ليد لتقليل الطاقه الكهربيه المستهلكه . - خلايا النانو الشمسيه 1- خلايا النانو السيلكون الشمسيه (سوف يتم وضع الخلايا في السطح العلوي للمباني لانتاج الكهرباء اليم) . 2- خلايا النانو البلاستيكيه المرنه (مرنه و منخفضه التكاليف و ذات الكفاءه العاليه)	- زجاج النانو يحقق الراحه البصريه من حيث سماح الاضاءه الطبيعيه بالنسبه المطلوبه بالنفاذ و توفير الاضاءه الصناعيه و فقبل استخدام زجاج النانو كانت الاضاءه المستخدمه في الاضاءه 26859.25 (WH / m2) و بعد استخدام الزجاج المعالج بتقنيه النانو اصبحت الاضاءه المستخدمه في الاضاءه 11211.68 (WH / m2)و ما تبين من الارقام مدي تاثير و توفير تلك التقنيه علي استهلاك الطاقه وايضا توفير الراحه الحراريه حيث تتفاعل تقنيات مواد النانو مع التغيرات المناخيه المتغيره فالطاقه المستهلكه في التبريد قبل تطبيق التقنيه النانو 70586.30 (WH / m2) وبعد تطبيق التقنيه النانو 66713.91 (WH / m2) و تلك الاحصائيات ما تم استنتاجها من خلال برنامج (design builder) . - الاضاءه النانو ليد تحقق الاضاءه الجيده للفراغات و تقليل الطاقه الكهربيه المستهلكه فالطاقة الكهربية الكلية للمبنى قبل تطبيق التقنيه 94.17 *10^3 (WH / m2) وبعد تطبيق التقنيه 81103.41 (WH / m2) و ذلك ما تم استنتاجه من خلال برنامج (design builder)	لم تؤثر علي الجانب الجمالي	تكلفه الخامات مرتفعه لكنها تؤثر علي اطاله العمر الافتراضي للمبني و وفرت تكلفه الصيانه الناتجه للمواد و المنشا كامل و بالتالي وفرت في التكلفه علي المدي البعيد . ساهمت مواد تقنيه النانو في توفير الطاقه المستخدمه داخل المبني فالطاقة الكهربية الكلية للمبنى قبل تطبيق التقنيه 94.17 *10^3 (WH / m2) وبعد تطبيق التقنيه 81103.41 (WH / m2) و ذلك ما تم استنتاجه من خلال برنامج (design builder) ، اما بالنسبه للصيانه نظرا الي خصائص مواد تقنيه النانو من التنظيف الذاتي و تحمل الظروف المناخيه و غيرها ادي ذلك الي تقليل الصيانه بشكل كبير و اطاله العمر الافتراضي .	حققت الراحه الحراريه للمبني و الراحه البصريه للفراغات و ما هو ضروري في الفراغات التعليميه. و تحقيق الراحه الراحه الحراريه و بالتالي تؤدي الفراغات الداخليه وظيفتها بمثاليه	•

و من هنا و من بعد تطبيق مواد و استراتيجيات تكنولوجيا النانو علي المبني القائم بالفعل و بعد تحليل المبني قبل تطبيق تكنولوجيا النانو و بعد تطبيق تكنولوجيا النانو بواسطه استخدام برنامج (design builder) تم استنتاج الي الجدول التالي :

جدول (5) مقارنه تحليل احصائيات المشروع قبل تطبيق تقنيه النانو و بعد تطبيق تقنيه النانو بواسطه استخدام برنامج (design builder)

اوجه المقارنه	النتائج قبل تطبيق تكنولوجيا النانو	النتائج بعد تطبيق تكنولوجيا النانو
محاكاه	 شكل (39) المبني قبل تطبيق تقنيات النانو المصدر:الباحث	 شكل (40) المبني بعد تطبيق تقنيات النانو المصدر:الباحث
مواد البناء	مواد البناء الاعتياديه الاضاءه مصابيح فلوةسنت	- استخدام مواد النانو وزجاج المدمج بخلايا النانو - إضافة الى خلايا السيلكون الشمسيه الموجهه باتجاه الجنوب - كاسرات الضوء على الفتحات - طلاءات النانو في الفراغات الداخليه و الواجهات الخارجيه - تحويل الإضاءة الى ليد والاعتماد عليها بشكل اساسى
متوسط درجةحرارة داخل المبنى(~C)	23.71	22.81
الطاقةالداخلية (الحرارة وغيرها الناتجة من الاستخدام) (W/m^2)	26859.28	7926.46
النسيج والتهوية(الطاقة المهدرة)	19987.98	18020.23
الطاقة المستخدمة في الإضاءة	26859.28	11211.68
الطاقة الكهربية الكلية للمبنى (WH / m^2)	94.17* 10^3	81103.41
انتاج الخلايا الشمسية / نظام النانو	0	59021.14
نسبة الكربون الناتج من المواد(kg/M^2)	57065.71	13381.85
التبريد(WH/m^2)	70586.30	66713.91

2-2-4 تحليل النتائج قبل و بعد تطبيق تقنيات النانو :

مبني جامعه حورس قبل تطبيق تقنيات النانو كان بيه بعض المشكلات التي سببتها استخدام مواد البناء الاعتياديه التقليديه و بعد استبدال بعض مواد البناء التقليديه و تطبيق بعض مواد تقنيات النانو بدل منها علي المبني المشروع ساهمت بشكل كبير في حل تلك المشكلات و ذلك ما تم استنتاجه من خلال الاستعانه ببرنامج (design builder) من خلال المقارنات و التحليلات التي قام بها ،

- بدايه من زجاج النانو الذي تم استبدال جميع الزجاج المستخدم في الجامعه بزجاج النانو لما له من خصائص و يساهم في حل بعض مشكلات المبني منها تقليل استهلاك الطاقه بسبب توفيره للاضاءه الطبيعيه و عزله للحراره و ذلك تبين من فرق الاحصائيات و فقبل استخدام زجاج النانو كانت الاضاءه المستخدمه في الاضاءه 26859.25 (WH / m^2) و بعد استخدام الزجاج المعالج بتقنيه النانو اصبحت الاضاءه المستخدمه في الاضاءه 11211.68 (WH/m^2) و ما تبين من الارقام مدي تاثير و توفير تلك التقنيه علي استهلاك الطاقه .

-و بالنسبه لتوفير الراحه الحراريه للمبني فايضا ساهم زجاج النانو في توفيرها و ايضا اضاءه النانو ليد من خلال الطاقه الحراريه الناتجه عن الاضاءه ف قبل استخدام تلك التقنيات استهلاك المبني لاجهزه التبريد يستهلك طاقه 70586.30 (WH/m2) و بعد استخدام تلك التقنيات استهلك المبني مقدار طاقه 66713.91 (WH/m^2) و الطاقه الحراريه الناتجه عن الاضاءه ف قبل استخدام تلك التقنيات 26859.28 (W/m2) و بعد تطبيق تلك التقنيات 7926.46 (W/m^2) .

- و تم ضعخلايا النانو السيلكون الشمسيه في السطح العلوي للمبني ، و وضع خلايا النانو البلاستيكيه المرنه وضعها في الموقع العام لانتاج الكهرباء لتقليل استهلاك المبني للطاقه فان انتاج الخلايا الشمسية بنظام النانو قبل تطبيقها كان صفر و بعد تطبيقها 59021.14 (WH/m^2) .

-و بالتالي تم توفير الطاقه المستهلكه في المبني فقبل التطبيق كانت 94.17* 10^3 (WH / m^2) و بعد التطبيق 81103.41 (WH / m^2).

- اما بالنسبه اطلاءات النانو تم استبدال جميع طلاءات الجامعه بطلاءات النانو الداخليه و الخارجه فهذا حل مشكله احتياج المبني الي الصيانه الدائمه و ايضا قللت من الانبعاثات الكربونيه فكانت نسبه الكربون قبل تطبيق تقنيات النانو 57065.71 و بعد تطبيق تقنيات النانو اصبحت 13381.85 (kg/m^2) .

نتائج الدراسة البحثية:

- تم التواصل الي مفهوم النانو و المقصود بتقنيه النانو و تأثيرها علي العماره و و تصنيفها و استخداماتها وتعتبر تقنية النانو من أصغر الوحدات القياسية التي استطاع الآنسان قياسها وأنتج منها شئ ملموس يخدم البشرية ، والمواد المركبة التى أثرت على العمارة مما أدى إلى تطوير فى التشكيل المعماري للمبني .
- تم التوصل الي الاستخدامات المختلفه لمواد النانو و تأثيرها علي وظيفه المبني الداخليه و الشكل الخارجي لواجهات المبني ، والمواد الآنشائية المطبق بها تقنية النانو (الخرسانة والحديد والخشب) ومدى تأثير كل من المواد على الهياكل الآنشائية للمبانى ومن ثم التعرف على مواد التشطيب (الزجاج والألومنيوم والطلاءات ومواد العزل) وأيضا مدى تأثير كل منها على المبانى ، كما قدمت تقنية النانو للعمارة تخفيض فى التكلفة واطالة العمر الافتراضي وتخفيض تكلفة الصيانة مع توفير الطاقة ومقاومة العوامل البيئية بالكفاءة والجودة المطلوبة ، وساعدت أيضا فى الحفاظ على المواد الخام ومواردها، والقدرة على تلبية الاحتياجات ، كما أنها تقنية صديقة للبيئة
- تم تحليل و دراسه بعض المباني و تقييمها فيمكن استنتاج ما يلي :
  1- حقق المبني النحت جامعه بيل 85% من خلال استخدامه لمواد تقنيه النانو من مواد انشائيه و مكمله و مواد عزل و تحليل تأثيرها علي وظيفه المبني و التشكيل الخارجي للواجهات .
  2- حقق مبني مركز مايك وأوفيليا أزاريديس نانو الكم 80% من خلال تطبيقه لمواد تقنيه النانو من مواد انشائيه و مكمله و تحقيقها الراحه الحراريه و البصريه داخل الفراغات و ايضا تأثيرها في تشكيل الواجهات .
  3- حقق المبني مركز حيدر عليييف 78% وذلك من خلال تطبيقه لمواد النانو الانشائيه مما وفر بيئه داخليه مريحه و اعطاء تصاميم مرنه و انسيابيه للمبني.
- تم تطبيق تقنيه النانو علي مبني تعليمي قائم (مبني كليه هندسه بجامعه حورس) و معرفه مدي تأثير تطبيق مواد النانو علي المبني

بعد دراسه المشكلات المبني من شروخ و رطوبه و الاحتياج الي اعمال الصيانه المستمره بسبب استخدام بعض مواد البناء التقليديه التي لا تتلائم مع طبيعه المناخ في هذه المنطقه تم استبدال بعض المواد البناء التقليديه بمواد تقنيه النانو و دراسه تأثير ذلك علي المبني من خلال برنامج Design Builder و تم التوصل من خلال تلك البرنامج الي قراءات من خلالها تم استنتاج مدي تأثير مواد تقنيه النانو المضافه الي المبني عليه و ما تم استنتاجه هو

1- مدي تأثير و توفير تلك التقنيه علي استهلاك الطاقه من خلال استخدام زجاج النانو .
2- توفير الراحه البصريه من خلال استخدام زجاج النانو و تحقيق الراحه الحراريه للمبني من خلال استخدام زجاج النانو و اضاءه النانو ليد .
3- ساعدت المبني علي توفير استهلاك للطاقه من خلال استخدام خلايا النانو الشمسيه علي سطح المبني و وضع خلايا النانو البلاستيكيه المرنه في الموقع العام .
4- ساهمت في تقليل تكلفه اعمال الصيانه المستمره من خلال استخدام طلاءات النانو الداخليه و الخارجيه و ايضا ساعدت علي تقليل الانبعاثات الكربونيه ، و ايضا ايتخدام زجاج النانو زاتي التنضيف مما يؤدي الي تقليل اعمال الصيانه المستمره لتنضيفه

- فيما يالي بعض النتائج العامه لهذه الدراسه
  1- ساهمت تقنيه النانو بالمباني التي تم تحليلها و دراستها علي رفع كفاءتها من حيث التشكيل و التشغيل و اداء المبني و البيئه الداخليه و الخارجيه للمبني.
  2- أدت تقنية مواد النانو إلى خلق وسائل جديدة للتعبير ، فظهور هذه التقنية غير مفهومنا فى الحاضر والمستقبل وتغيرها فى القادم بشكل كبير من خلال تأثيرها على العمارة والواجهات الخارجية من ناحيه و رفع كفاءه المبني الداخليه من حيث الوظيفه من ناحيه اخري.

3- وفرت تقنيه النانو مواد ساعدت المعماري علي التفكير و تناسق اختيار المواد التي تساعد المبني مع التكيف مع البيئه و الظروف المناخيه المحيطه.
4- قدمت مواد تقنيه النانو تصميمات للواجهات أكثر مرونه و انسيابيه لتكون فكر هندسي مميز مرتبط بشكل مباشر بتقنيات النانو من خلال المواد التي اثرت علي الواجهات الخارجيه .
5- سامت تقنية النانو في تحسين أداء العديد من مواد البناء والإكساء ورفعت من كفاءتيا البيئية و التشكيليه .
6- الوصول إلى تحقيق الفرضية وهى استخدام مواد تقنية النانو سيكون لها الأثر الأكبر فى تخفيض التكلفة واطالة العمر الافتراضى للمبانى وتقليل الصيانة والمساعدة فى توفير الطاقة ، وايجاد الحلول المعمارية فى البناء والتشييد، كما أن مواد تقنية النانو تحقق للمعماريين تصميمات فريدة ومميزة ذات مظهر جمالى فريد.

التوصيات

1- اقتراح صياغه منظومه كامله لتطبيقات تكنولوجيا النانو في العماره بدءا من مراحل التصميم و الانشاء و التنفيذ و انتهاءا بمراحل التشغيل و الصيانه .
2- رفع كفاءه المباني القائمه من خلال تطبيق تكنولوجيا النانو عليها و استخدام تلك المنظومه لترشيد الاستهلاك و توفير الطاقه .
3- اضافه مواد النانو بكود البناء المصري .
4- استخدام الاسطح الخارجيه و الداخليه للمباني في تحسين و ازاله التلوث البيئي و المساعده علي تحسين البيئه الخارجيه و الداخليه في مجال تلوث الهواء .

التوصيات علي مستوي الدوله

- زيادة التوعية والإعلان عن تقنية النانو على المستوى الإعلامى من خلال دور النشر في المجلات العلمية والمعمارية المتخصصة ، والأبحاث والدراسات المعمارية ، وعقد مؤتمرات وندوات تناقش أطروحة المباني المطبقة لتقنية النانو
- تدخل الدولة نماذج مباني مطبقة لتقنية النانو ضمن مشاريعها القومية ذات الميزانية الضخمة وتحت رعاية مؤسسات الدولة .
- حث المستثمرين ورجال الأعمال للمشاركة فى الآنفاق على أبحاث تقنية النانو ، كما يتم تخصيص جزء من الموارد المالية للقيام بالأبحاث العلمية المعمارية المطلوبة للحصول على نتائج مميزة .
- عمل مخطط تعاون مع الدول المتقدمه في مجال تكنولوجيا النانو في العماره .
- التشجيع علي فتح اسواق جديده لهذه المنتجات .
-تقديم دعم لاقامه مشاريع تجريبيه لتأهيل المباني القائمه بتطبيقات النانو لتكون مستدامه .
-عمل مشاريع تجريبيه للمزارع الشمسيه باستخدام خلايا النانو السيلكون و مزارع الرياح باستخدام توربينات الرياح مصنوعه من انابيب النانو الكربونيه .
-اقامه تشريعات جديده تنص علي عدم تراخيص البناء الغير صديق للبيئه

التوصيات علي مستوي التعليمي و الاكاديمي

- توجيه البحوث الي علوم تكنولوجيا النانو في كافه المجالات و خاصه الهندسه المعماريه و من البحوث المقترحه :

- تأثير مواد النانو الانشائيه علي المباني العاليه.
- استدامه المباني القائمه باستخدام تكنولوجيا النانو .
- دراسه جدوي استخدام تطبيقات النانو في العماره .
- منظومه اسطح المباني النانو و دورها في تحسين و ازاله التلوث البيئي و المساعده علي تحسين البيئه الداخليه و الخارجيه في مجال تلوث الهواء

- لابد أن تتبني الدولة تطوير البحث العلمى وتطبيق منهج تقنية النانو ودراستها فى المراحل الأولى من التعليم الجامعي .
- طرح مناهج دراسية لتقنية النانو واستخداماتها فى العمارة بالجامعات المتخصصه في مجال العماره لإيجاد حلول لمشاكل المباني (تبادل أحدث وأبرز الأبحاث النانو العالمية والعربية مع الجامعات المتخصصه في ذلك المجال) .
- اقامه معامل النانو بالجامعات و المعاهد الهندسيه .

التوصيات علي مستوي المعماريين

- ضرورة اهتمام المصمم المعماري باختيار مواد النانو المستخدمة في المباني المستقبليه للاستفاده بامكانيتها الهائله .
- يجب عمل توعية على مستوى المعماريين بالتقنيات الحديثة بشكل عام وتقنية النانو بشكل خاص .
- توعيه المتخصصين في مجال العماره بامكانيات تكنولوجيا النانو في العماره و تحقيق الاستدامه من خلال المؤتمرات و الندوات و الدورات .

تضارب المنفعة

المؤلفون ليس لديهم أي تضارب في المنفعة فيما يتعلق بمحتوى هذه المقالة.

المراجع

[1] وائل محمد ذكي عبد السلام، (2015)"دور تطبيقات النانو تكنولوجي في العماره لتحقيق مفاهيم الاستدامه" رساله ماجستير ، جامعه حلوان

[7] صفات سلامه امين,"مقدمه في فهم علم النانو تكنولوجي "بيروت الدار العربيه للعلوم, ناشرون , ط 32009 , 5-10-2013,صـ 13.

[8] نهى علوى أبو بكر الحبشى" ما هى تقنية النانو" مقدمة مختصرة ، السعودية، و ازرة الثقافة والاعلام، 2011، صـ11.

[10] أ.د فؤاد زكريا "التفكير العلمي"، سلسله عالم المعرفه، العدد الثالث ، المجلس الوطني لعام 1989 م ، ص (131،132)

[11] حسن عز الدين بلال "النانو وتطبيقاته"معهد الملك عبدالله لتقنيه النانو العدد الاول ، نوفمبر2008 ،ص5 .

[12] ياسر محمد صلاح الدين محمود المغربي ، (2013)"تكنولوجيا النانو و تأثيرها علي العماره من حيث اساليب البناء و مواد التشطيب" رساله ماجستير ، جامعه القاهره.

[13] تامر حنفي داود، (2013) ،"الاستفادة من تطبيقات تقنية النانو في مجال المكتبات والمعلومات " مجلة جامعة الدول العربية، العدد 32، 17 يناير 2013

[17]حسام الدين حسن البرمبلي ،**الاستراتيجية المتكاملة لسياسات إدارة الحفاظ المعماري والعمراني للمدن التراثية** ، المؤتمر الثاني للتراث ،القصيم ،٢٠١٥.

[18]جمال أحمد عبد الحميد ، ياسر صلاح الدين المغربى" تكنولوجيا النانو ودورها فى تحقيق الإستدامة من خلال تطوير مواد وأساليب الانشاء " بحث منشور ، جامعة المنيا،2014،ص3

[27]أ.د احمد احمد فكري "الزجاج ذو النفاذيه الاختياريه للاشعاع الشمسي " مؤتمر قسم لهندسه المعماريه 2006 ، كليه الهندسه ، جامعه القاهره، ص10

[2] Al-ansari A 2016 Archeological and Historical Studies the Impact of Natural Factors on Heritage Buildings (Old City of Samarra) Al-Mallawiyah 3 Issue6 15

[3] Thermal and Moisture protection Manual for Architects, Engineers, and contractors by Christine Beall.

[4] Seizer, Jochen, Manu Venugopal, Winfried Heizer, Felkl

, Jochen "Nanotechnology and its impact on construction, bridging the gap between researchers and industry professionals. Journal of Construction" Engineering management, (12August2011)

[5] Sylvia, leydecker, Nanomaterials in architecture, interior architecture and design, Princeton Architectural Press, NY, USA, 2008

[6] https://shellzero.wordpress.com,category,nano-tech,pg2,10/11/2016

[9] Michael, F. A., Paulo J. F., Daniel L. S. (2009). Nanomaterials, Nano-Technologies and Design, An Introduction for Engineers and Architects, Elsevier Ltd, Uk .

[14] Ritter, A (2007). Smart Materials in architecture, interior architecture and design, Springer Science & Business Media, Birkhäuser , Berlin, Germany

[15] Fiber line Composites, Website, http://www.fiberline.com/gb/home/index,asp
[16] Dr. George Elvin Nanotechnology for Green Building (2007) p 11
[19]Nanotechnology in Civil Engineering and Construction: a review on state of the art and future prospects2011.pdf.
[20] Laila Raki , James Beaudoin , Ruhollah alizadh ,jon maker and Tai Jiro sato.3feb2010"Cement and Concrete Nanoscience and Nanotechnology "journal : material ISSN 1996-1944.
[21] Sylvia, leydecker ,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design,Berlin,2010,Pg:223.
[22] Dr. med. aesthete - Aesthetic interior partitioning made from translucent concrete for a dental clinic in Genk". OpucsC - Concrete, Architecture & Design. ad-media. 4/2011 (4): 62–63. 2011.
[23] Dr. George Elvin Green,2007,"NanoTechnology for Green Building "Technology Forum
[24] Clara Bertolini, Stefano intermezzi ,Tanya marzi,jean-marc tolling 2010"Nanotechnologies smart-material in timber constructions belonging to culture heritage "WCTE" World Conference on Timber Engineering.
[25] ADVENSER ,website , 2016 http://www.Advenser.com /acp-detailing .
[26] Michael F Ashby Paulo Ferrira Daniel L Schodek . nanotechnologies and design : an introduction for engineers Pg408.
[28] Michael F. Ashby, Paulo J. Ferrira , Daniel L. Schodek, nanotechnologies and design : an introduction for engineers. Pg437
[29] Sylvia , leydecker ,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design ,Pg 104.
[30] Faten Fares Fouad,2012, "Nano Architecture And Sustainability " ,Master Of Science ,Faculty of Engineering University of Alexandria ,Egypt.
[31] Prof. Dr. Hisham Sameh, Dr. Wael Bahlol. Eng. Abdallah Ali Saqer,2013,"Application and impact of the nano titanium dioxide(Tio2) in architecture and sustnability ",Sixth interinational conference on nanotechnology in construction ,Cairo ,Egypt
[32] Sylvia Leydecker,(2008),Nano Material In Architecture ,Interior Architecture And Design ,Brikhauser - Polishers Or Architecture, Basel Switzerland,p94.
[33] Berger ,Michael ,"Anti-fogging Windshields Through Nano Technology" Nano Werk News ,http://www.Nanowerk.com/news/newsid.php.
[34] HYPERPHYSICS,Web,Site,2013 ,http://hyperphysics,Phy-gsu.edu/hbase/Antireflective coating, html.
[35] Dr. George Elvin,2007,"NanoTechnology For Green Building ",Green Technology Forum,Pg25.
[36] sylvia leydecker,(2008),Nano Material In Architecture ,Interior Architecture And Design Brik Hauser- publishers Or Architecture, Basel Switzerland,p76
[37] B. P .Jelle ,A .Gustaavsen,R.Baetens and S.Grynning ,2010"Nano Insulation Material Applied In The Building of Tomorrow", Proceedings of COIN Workshop on Concrete Idea for Passive House ,Oslo,Norway,2627,January,2010.
[38] http://www.oloommagazine.com/Articles/ArticleDetails .aspx.
[39] B. P .Jelle ,A .Gustaavsen,R.Baetens and S.Grynning ,2010"Nano Insulation Material Applied In The Building of Tomorrow", Proceedings of COIN Workshop on Concrete Idea for Passive House ,Oslo,Norway,2627,January,2010.
[40] sylvia leydecker,(2008),Nano Material In Architecture,
Interior Architecture And Design ,Brikhauser- Puplishers Or Architecture, Basel Switzerland
[41] Lusing, T. (2015). The VaCO Mould :A research about a new moulding technique for fluid architecture. Faculty of Architecture, Eindhoven University of Technology
[42] http://sustainability.yale.edu/sites/default/files /edgewood.pdf
[43] http://www.archdaily.com/452205/mike-and-ophelia-lazaridis-quantum-nano-centre-kpmb-architects.