international DESIGN JOURNAL
Print ISSN 2090-9632
Online ISSN 2090-9640

أثر تكنولوجيا النانو في تحسين جودة التصميم الداخلي

The impact of nanotechnology in improving the quality of interior design

منة الله فتحي نصر الدين
طالبة ماجستير، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، mennaallah2984@a-arts.helwan.edu.eg
رانيا مسعد
التصميم الداخلي والأثاث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، rania_mosaad@hotmail.com
غادة المسلمي
أستاذ، ووكيل كلية الفنون التطبيقية لشئون التعليم والطلاب، جامعة بنها، **ghada.elmosallamy@fapa.bu.edu.eg**

ملخص البحث

تقنية النانو، التي برزت كإحدى أهم ابتكارات القرن الحادي والعشرين، أحدثت تحولاً نوعياً في مجالي العلم والتكنولوجيا، مما جعلها عنصرًا حيويًا في عدة قطاعات، لا سيما التصميم الداخلي. إذ استُخدمت لتحسين جودة وقيمة المساحات الداخلية، مضيفة بذلك بُعداً إبداعياً للمعمار يجمع بين الابتكار والمعايير الجمالية. كما توفر تقنية النانو آفاقاً جديدة للتصميم المستدام من خلال تطبيقات متعددة تشمل الطلاء المتقدم، العزل الحراري الفعّال، تقنيات تنقية الهواء، والخلايا الشمسية. من هنا تبرز أهمية دراسة هذه التقنية لضمان استغلال إمكاناتها بشكل أمثل. ظهرت فكرة "عمارة تقنية النانو" كنهج معماري يهدف إلى تعزيز الاستدامة البيئية، ويعتمد على استخدام مواد وأدوات مبتكرة لتحسين الكفاءة في استهلاك الطاقة وتقليل الاعتماد على الموارد غير المتجددة مع التركيز على الطاقة النظيفة. ساهمت تقنية النانو بشكل كبير في رفع كفاءة مواد البناء التقليدية مثل الزجاج والخرسانة، ما أتاح إمكانية تصميم مبانٍ تتفاعل ديناميكياً مع البيئة الطبيعية المحيطة. هذه التقنية مهّدت الطريق لتكامل فعال بين العمارة الذكية والاستدامة العمرانية، عبر تطوير مواد ذكية ومستدامة بيئياً. وعند تطبيقها محلياً، تتيح إنشاء مبانٍ ذات كفاءة عالية تجمع بين الابتكار التكنولوجي والاستدامة الهيكلية .

تم تناول مفهوم التكنولوجيا النانوية وعلم النانو في هذا السياق مع تسليط الضوء على دورهما في تحسين الكفاءة البيئية والاقتصادية للمباني. ركز التحليل على توافق المواد النانوية مع المبادئ التصميمية من حيث الخصائص الوظيفية والجمالية، مشيراً إلى ميزاتها اللافتة مثل خاصية التنظيف الذاتي، مقاومة البكتيريا، الإصلاح الذاتي، العزل الحراري المتقدم، وخاصياتها الذكية الأخرى. تشمل هذه التطبيقات مواد عديدة مثل التكسيات والدهانات والنسيج، مما يعزز استدامة المباني باستخدام تقنيات مبتكرة كالألواح الشمسية النانوية للحد من انبعاثات الكربون. وتم تحليل أمثلة عملية لمباني استُخدمت فيها تقنيات النانو، مع التركيز على العزل الحراري واستخدام المواد ذاتية التنظيف والمضادة للميكروبات لما لها من فوائد اقتصادية واضحة. كما برزت أهمية المواد العازلة النانوية في ضبط درجات الحرارة الداخلية وتقليل استهلاك الطاقة بشكل ملحوظ. وأخيراً، تم استعراض العلاقة بين توظيف هذه المواد وتصميم مبانٍ مستدامة متوافقة مع نظام التقييم العالمي LEED، الذي يبرز الأثر الإيجابي لتقنية النانو على تطوير استراتيجيات تقييم البنية المستدامة وتعزيز أدائها البيئي والاجتماعي

نتائج البحث: توضيح مدي أهمية استخدام تكنولوجيا النانو الخضراء المستدامة في العمارة والتصميم الداخلي من خلال تحسين كفاءة أداء مباني قائمة بالفعل او تطوير وتحسين خواص الخامات المستخدمة في التصميم الداخلي. وتوضيح مدي توافق المواد النانوية مع نظام الريادة في الطاقة. وعليه تضمن البحث محورين: الأول الجانب النظري والذي يتناول دراسة تقنية النانو الخضراء المستدامة واهمية تطبيقها علي عمارة المباني المستدامة وخامات التصميم الداخلي أيضا تطبيقاتها في مجال الطاقة سواء لتوليد الطاقة او ترشيد استهلاكها او تخزينها. والجانب التحليلي لنماذج عالمية حققت معايير الاستدامة من خلال استخدام تطبيقات النانو في تحسين كفاءة إدارة الطاقة من خلال حلول مبتكرة في ترشيد وتخزين وإنتاج الطاقة وأيضا دراسة مدي توافق المواد النانوية مع نظام الريادة في الطاقة LEED.

كلمات دالة

تكنولوجيا النانو، تقنية النانو خضراء المستدامة
Nanotechnology, Sustainable Green Nanotechnology

Paper received July 18, 2025, Accepted September 6, 2025, Published online November 1, 2025

المقدمة: Introduction

أحدثت تكنولوجيا النانو ثورة في جميع مجالات الحياة، وخاصة في مجالي العمارة والتصميم الداخلي. تكنولوجيا النانو هي تكنولوجيا متقدمة تعتمد على فهم ودراسة العلوم النانوية مع القدرة على تصنيع مواد نانوية والتحكم في بنيتها الداخلية، وإعادة هيكلة وترتيب الذرات والجزيئات المكونة لها، مما يؤدي إلى الحصول على منتجات فريدة ومتميزة. ساهمت هذه التكنولوجيا في تطوير مواد بناء تتمتع بخصائص فريدة في مجالات الحرارة والكهرباء، والفيزياء، والكيمياء، والميكانيكا. بفضل هذه الابتكارات، تستطيع مباني النانو مقاومة درجات الحرارة المرتفعة والإشعاعات الضارة، كما توفر حماية فعالة من الحرائق وتتميز بقدرتها على التنظيف الذاتي. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لهذه المباني اكتشاف ومعالجة أي تشققات أو تصدعات في مراحلها المبكرة وإصلاحها بشكل تلقائي.

تدخل تكنولوجيا النانو في تصنيع مواد البناء بهدف تحسين خصائصها وأدائها، مثل المواد المستخدمة في الدهانات والإضافات للخلطات الخرسانية، بما في ذلك السيليكا (رمال السيليكا أو ثاني أكسيد السيليكون)، والمواد الإسمنتية، والجبسية، والبلاط، والسيراميك. كما تسهم في تحسين صناعة الزجاج والأخشاب والحديد الصلب، مما يعزز كفاءة الطاقة في المباني. هذه المواد تجعل المباني أخف وزناً وأكثر قوة ومتانة، وتزيد من مقاومتها للتشققات والتآكل. علاوة على ذلك، تساعد هذه التكنولوجيا في حماية الأسطح والجدران من تراكم الغبار والملوثات، وتحافظ على

CITATION Rania Mosad, et al (2025), The impact of nanotechnology in improving the quality of interior design, International Design Journal, Vol. 15 No. 6, (November 2025) pp 339-351

ثبات الألوان، وتوفر عزلًا حراريًا فعالًا، وتقاوم الأشعة فوق البنفسجية والرطوبة. كما تتميز الخصائص البيئية لهذه المواد بتقليل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، مما يسهم في الحفاظ على سلامة النظام البيئي (رأفت، ٢٠٢٢)

مشكلة البحث: Statement of the Problem

- تكمن مشكله البحث في ندرة وجود الدراسات التي تتناول تطبيقات تكنولوجيا النانو الخضراء في مجال التصميم الداخلي المستدام تُعد من التحديات التي تواجه هذا المجال. بالإضافة إلى ذلك، يلاحظ أن بعض المتخصصين في التصميم الداخلي يغفلون عن أهمية وفوائد استبدال التكنولوجيا التقليدية المُستخدمة حالياً بأخرى تعتمد على تكنولوجيا النانو الخضراء لتحقيق أهداف التصميم الداخلي المستدام.

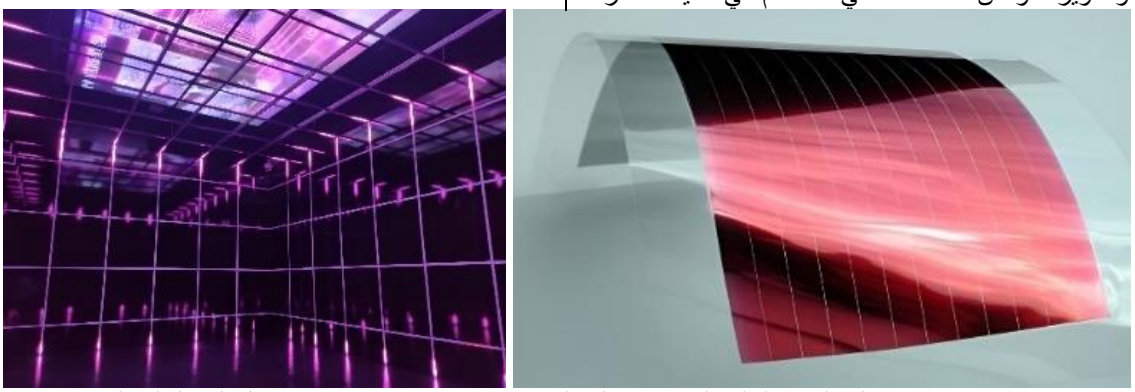
أهداف البحث: Research Objectives

- شرح مفهوم "تكنولوجيا النانو الخضراء المستدامة" وتأثيرها على تطوير مواد وتقنيات مبتكرة تعزز الاستدامة البيئية وتقليل الأثر السلبي على الطبيعة، مع التركيز على استخدامها في القطاعات المختلفة. إجراء تحليل شامل لدور تطبيقات تكنولوجيا النانو الخضراء في مجال التصميم الداخلي المستدام، مع تقييم مدى كفاءة هذه التكنولوجيا في تحقيق أهداف الاستدامة، مثل تحسين كفاءة الطاقة وتقليل استخدام الموارد الطبيعية. توضيح مدي توافق المواد النانوية مع نظام الريادة في الطاقة LEED.

الإطار النظري: Theoretical Framework

تقنية النانو الخضراء المستدام تتمثل في تعزيز الاستدامة البيئية، حيث تتيح لنا استخدام أقل من نصف المواد الخام لتحقيق نتائج تفوق التوقعات. تهدف تقنية النانو إلى تحقيق التصميم المستدام من خلال مسارين هما استخدام تقنيات النانو في تحسين جودة الفراغات الداخلية وتطوير خواص الخامات التي تستخدم في تنفيذ العمارة والتصميم الداخلي المستدام مثل:

- تم معالجة مشكلة عزل المباني القائمة باستخدام مادة عزل رقيقة جداً وغير مرئية وغير سامة في طلاء المباني، تساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية من المبنى، مما يوفر بيئة داخلية نظيفة ومريحة (علا، ٢٠١٢)
- تحسين استهلاك الطاقة الكهربائية من خلال استخدام تقنيات الإضاءة المعتمدة على فكرة الانبعاث الثنائي الصمام للضوء (LED) والانبعاث العضوي الثنائي الصمام للضوء (OLED)
- يتم استخدام تكنولوجيا الغشاء الرقيق الشمسي العضوي للحد من الانبعاثات الكربونية في واجهات المباني بدلاً من الزجاج الصلب، حيث أثرت تقنية النانو على تصميم الخلايا الشمسية وتم دمجها مع أجهزة الاستشعار والدوائر الإلكترونية على شريط صغير من البلاستيك.
- تصميم مواد متعددة الوظائف مثل خامة ثاني أكسيد التيتانيوم المستخدمة على شكل جزيئات نانوية، والتي تُستخدم في طلاء الواجهات لتجعلها ذاتية التنظيف وتساعد في التخلص بسهولة من الملوثات (امنية، ٢٠١٧).
- تتميز مواد النانو بمقاومتها للحريق وقدرتها على توصيل الكهرباء مما يساهم في ترشيد استهلاك الطاقة وتقليل تكاليف إنشاء المباني.
- تم ابتكار مواد تتفاعل مع البيئة المحيطة تحتوي على أجهزة استشعار صغيرة تُعرف بالمواد الذكية. ومن الأمثلة على ذلك، ظهور طلاء ينبه عند تسرب الغاز أو حدوث عطل كهربائي، وطلاء يقاوم الميكروبات والأوساخ، أو يخزن الكهرباء خلال النهار ليستخدمها في الليل (لميس، ٢٠١١)

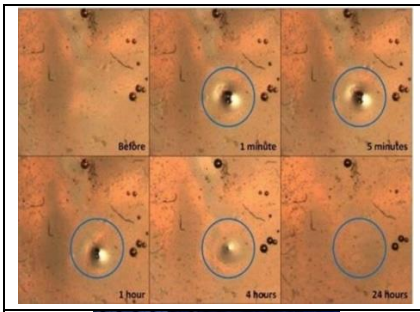


صورة ١ توضح على اليمين الخلية الشمسية وعلي اليسار استخدام اضاءة OLED داخل الفراغ الداخلي.
https://www.greentechmedia.com/articles/read/belectric-goes-after-building-integrated-pv-with-organic-solar-cells
https://painting-with-light.prezly.com/pwl-revives-quake-experience-in-lisbon-with-stunning-lighting--av-creations

دور واهمية تطبيقات تكنولوجيا المواد النانوية علي عمارة المباني المستدامة (عبد الرحمن، ٢٠٢٢)

مواد تنقية الهواء والمضادة للتلوث	هدفها تنقية الهواء من اكاسيد النيتروجين عند تعرض المواد لأشعة فوق البنفسجية، تتحول الملوثات العضوية وغير العضوية إلى أشكال أقل ضررًا عبر الأكسدة، مما يتيح للأسطح إزالة ٢٠٪-٨٠٪ من الملوثات الجوية حسب الظروف. تميز المنتجات النانوية مثل الأقمشة والدهانات المستخدمة في التصميم الداخلي والخرسانات الفعالة بقدرتها على تنقية الهواء، مما يجعلها مفيدة خاصة في الأماكن المغلقة التي تتأثر بالملوثات مثل النيكوتين والفورمالدهيد والروائح، إلى جانب استخدامها المتزايد في المساحات الخارجية. (Ramirez, 2009) مثال: "غلاف مبني كنيسة جوبيل Jubilee Church بمدينة روما بإيطاليا"	

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

المواد ذاتية الإصلاح والترميم.	تتميز بقدرتها على إصلاح نفسها تلقائيًا، مما يتيح الاستفادة منها لفترة أطول وبأعلى كفاءة ممكنة أظهرت أبحاث في مختبرات سكوت وايت بجامعة إيلينوي تطوير مواد بميزة مستوحاة من الالتئام الطبيعي. تعتمد على كبسولات نانوية متصلة بشبكة بوليميرية تطلق مادة لاصقة عند حدوث صدع، مما يمهد لتطوير مواد بناء فائقة مثل الخرسانة والزجاج. أمثلة الاستخدام تشمل عزل الأسلاك، البدّل الفضائية، الشقوق الخرسانية والألواح الشمسية، وهي مجال تكنولوجي واعد لناسا أثبت فعاليته في الاختبارات. (Mu, D., 2008)	
المواد ذات العزل الحراري الفائق.	تمثل نقلة نوعية في تحسين كفاءة العزل الحراري والصوتي. ومن بين أبرز هذه المواد، الأيروجيل الذي يتميز بخفة وزنه وقدرته العالية على العزل الحراري ومقاومة الاحتراق، مع احتفاظه بشفافيته التي تتيح مرور الضوء. في مجال البناء والتشييد، يقدم الأيروجيل حلولًا متقدمة كعازل في النوافذ، حيث يلعب دورًا كبيرًا في خفض تكاليف الطاقة الخاصة بالتدفئة والتبريد. ويُستخدم كذلك كمادة مالئة داخل الزجاج متعدد الطبقات سواء كان مزدوجًا أو ثلاثيًا، مما يعزز من خصائص العزل الحراري والصوتي بشكل استثنائي. مثال: "مبني معرض فنون النحت بجامعة ييل Yale Sculpture Gallery بالولايات المتحدة الأمريكية"	
مواد العزل الكهربي	تمكن العلماء من تحويل البلاستيك من مادة عازلة إلى موصلة عبر تعديل ترتيبه الذري لتحقيق أغراض محددة. هذه التقنية أتاحت تطبيق الطلاء الكهروكيميائي في مجالات متنوعة من التصميم. صغر حجم المواد النانوية وزيادة مساحتها السطحية غير خصائصها الكهربائية، مما جعل البوليمرات العازلة قادرة على توصيل التيار الكهربائي. بذلك يمكن استخدام البوليمرات بدلاً من الأسلاك النحاسية المكلفة، ما يجعلها خيارًا اقتصاديًا. كذلك تتحول أشباه الموصلات على المقياس النانوي إلى موصلات فعّالة، مثل السليكون. هذه الخصائص الجديدة تعزز استخدام السيراميك والبوليمرات في تطبيقات تقنية متعددة لم يكن ممكنًا استغلالها سابقًا. (علي، ٢٠٢٢) مثال على ذلك: تصنيع أغشية نانوية تنقل الزجاج العادي إلى زجاج ذكي يغير لونه حسب الطقس، وأيضًا استخدامها في شاشات المتاجر الثلجية.	

تطبيقات تكنولوجيا المواد النانوية على خامات التصميم الذكي للمباني المستدامة:

تهدف مواد النانو إلى تحقيق تطبيقات مستقبلية في مجال التصميم المستدام الذكي، حيث تم تطويرها بأشكال متنوعة بناءً على الاستخدام الوظيفي المحدد لها. ومن أبرز أشكال هذه المنتجات:

١- التكسيات النانوية هي طبقات رقيقة تُضاف إلى سطح المواد لتحسين خصائصها وتعزيز أدائها .تعمل علي تحسين المتانة ومقاومة البري والتآكل، مما يحمي المادة الأساسية، تعديل الخصائص الكهربائية والبصرية والميكانيكية وزيادة كفاءة العزل، وتطوير زجاج مضاد للانعكاس لتعزيز نفاذية الضوء وكفاءة الخلايا الكهروضوئية، بالإضافة إلى منع الأشعة فوق البنفسجية الضارة وتميزه بالتنظيف الذاتي ومقاومة البكتيريا . (عبد الرحمن، ٢٠٢٢)

٢- الدهانات النانوية تُستخدم لتحسين كفاءة الطاقة بتعديل الامتصاص أو الانعكاس للأشعة تحت الحمراء حسب الظروف .تعمل على منع إشارات الهواتف والإشارات اللاسلكية في أماكن محددة كالمستشفيات، إضافة خصائص مميزة للأسطح المطلية، زيادة العمر الافتراضي وتقليل تكاليف الصيانة، تثبيط نمو مسببات الأمراض وخلق بيئة صحية

٣- اللواصق النانوية تتميز بقدرتها على سد الفجوات أو ربط المواد بتقنيات عالية الامتصاص والاختراق، وتتحول إلى صلبة عبر تفاعلات كيميائية لضمان الثبات والحماية .

٤- الأنسجة النانوية توفر منسوجات ذكية مزودة بأجهزة استشعار وأدوات طاقة صغيرة، مع الحفاظ على الراحة والمرونة، تتميز بالتنظيف الذاتي ومقاومة الماء، مما يجعلها مثالية للأثاث والتصميم الداخلي. (Diamond D., 2010)

أثر تطبيقات تكنولوجيا المواد النانوية في مواد الانشاء.

تقنية النانو والفولاذ "Nano Technology and Steel"	
تساهم بتحسين خصائص الحديد، مما يجعله أكثر متانة، صلابة، وتحملًا للإجهاد، وبالتالي زيادة عمر المنشآت الهندسية. (علي، ٢٠٢٢)	مزايا تقنية النانو في الفولاذ • تعزيز ترابط الجزيئات عبر إضافة جسيمات نانوية مثل النحاس والمغنيسيوم والكالسيوم، مما يقلل هشاشة الهيدروجين ويزيد مقاومة التآكل والحرارة . • تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية بفضل المواد المالئة النانوية، مما يزيد قوة الانحناء . • رفع مقاومة التآكل والقوة، وبالتالي تقليل كمية التسليح المطلوب في الخرسانة. • إتاحة تصميم هياكل مرنة ومساحات واسعة .
مثال: استاد أستانا بكازاخستان (٢٠٠٩)، تم استخدام فولاذ نانو مرن ومقاوم للتآكل والحرارة. الهيكل شمل أربعة أجزاء: السقف الثابت، القابل للطي، الشرفة العليا، والجدران الجانبية. هذا التصميم وفر فضاءً داخلياً واسعاً خالياً من العناصر الإنشائية، مع تفاعل مبتكر بين الهيكل والبيئة بفضل السقف القابل للطي.	

الخرسانة الشفافة (Transparent Concrete)

هي مادة بناء مبتكرة تجمع الألياف البصرية مع الخرسانة، مما يتيح استخدام ضوء الشمس كمصدر للإضاءة ويقلل استهلاك الكهرباء. (Gaurao, p., 2015)

مزايا تقنية النانو في الخرسانة الشفافة:

- تُستخدم لأهداف جمالية وإنشائية داخليًا وخارجيًا.
- تمنح شعورًا بخفة وسماكة أقل مع تعزيز الإحساس بالضوء.
- تقدم واجهات شفافة متغيرة ديناميكيًا على مدار اليوم، مما يجعل التفاعل بين الداخل والخارج أكثر حيوية.
- تُستغل كوسيلة إعلانية عبر إنشاء واجهات مضيئة ومتغيرة.
- تساعد في تقليل استهلاك الكهرباء للإضاءة.

مثال: في "معهد أبحاث النسيج بألمانيا ٢٠١٢"، استُخدمت الخرسانة الشفافة في الواجهة الرئيسية، مما أحدث تغييرًا في التصميم. يظهر تأثيرها قبل الغروب بساعة ويستمر طوال الليل بفضل مصابيح RGB متعددة الألوان، التي تضفي ديناميكية وتغييرًا مستمرًا. كما تُستخدم مع مصابيح LED لتوفير إضاءة طبيعية وتحويل الواجهات إلى أدوات إعلانية مبتكرة.

الخرسانة (Concrete)

تُعد من أكثر المواد استخدامًا عالميًا، بإنتاج سنوي يعادل طنًا لكل فرد .(علا، ٢٠١٧)

مزايا تكنولوجيا النانو في الخرسانة:

- تغليف الجزيئات بـ(النانو سليكا) يقلل التآكل الناتج عن تفاعل كالسيوم-سيليكات-هيدرات .
- إضافة الميكرو سليكا والنانو سليكا تُحسن قوة ومتانة الخرسانة، مما يغير استخدامها في المنشآت كبرج خليفة .
- ثاني أكسيد التيتانيوم النانو يُعزز القوة ويوفر خاصية التنقية الذاتية للأسطح بفضل التحفيز الضوئي، ويُستخدم في المناطق عالية التلوث .

مثال: كنيسة اليوبيل بإيطاليا (٢٠٠٣) صممها ريتشارد ماير. تتكون من ثلاثة أشرعة بيضاء ارتفاعها ٣٦ مترًا في منطقة ملوثة. أضيف ثاني أكسيد التيتانيوم النانو للخرسانة للحفاظ على نظافة الأسطح البيضاء وتقليل التلوث البيئي. التصميم الديناميكي أسهم في تنقية الهواء ومكافحة الملوثات.

الخشب (Wood)

يتألف كيميائيًا من هيدرات الكربون واللجنين. ورغم متانته، يمكن أن يتعرض للتلف نتيجة الأشعة فوق البنفسجية، الفطريات، الحشرات، والمواد الكيميائية، مما قد يؤثر على جودته وطول عمره.

مزايا التقنيات النانوية في تحسين خصائص الخشب:

- تعزيز صلابة الخشب ومقاومته للتآكل والخدوش باستخدام أكسيد الألومنيوم النانوي.
- توفير حماية من الأشعة فوق البنفسجية باستخدام أكسيد الحديد وثاني أكسيد التيتانيوم النانوي، مع قدرة على مقاومة الفطريات والعفن والطحالب، مما يزيد من دوام الخشب.
- استخدام نانو السيليكا لتحسين صلابة الخشب، ومنع تسرب الماء وتقليل نفاذية البخار.(سبنا، ٢٠١٩)

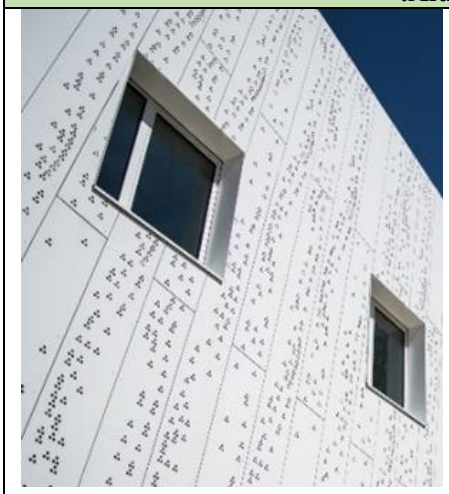
Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

خشب النانو البلاستيكي Nano Wood Plastic	لب الخشب المعالج Wood Pulp	لب الخشب الشفاف Transparent Wood Pulp
مادة قوية وخفيفة ورخيصة الثمن مقاومة التآكل والتصدعات، مقاومة البكتيريا والفطريات ذاتية التنظيف، مادة صديقة للبيئة مقاومة الحرارة تستخدم في العديد من الأغراض كمواد تنسيق الموقع والمواد الإنشائية البسيطة والإكسسوارات	عبارة عن كريستالات سليلوز النانو والمستخرجة من لب خشب الأشجار، خفيفة الوزن وقوية وموصلة، لها القدرة على امتصاص الماء ومستدامة. (ياسر، ٢٠١٣)	من أقوي المواد الموجودة على سطح الأرض. أدت الي تحسين الأداء الهيكلي للخشب ومقاومته وزيادة عمره الزمني مما أعطاه القدرة على الاستدامة بالإضافة الى سهولة تشكيل الخشب بالمقاطع والأشكال مطلوبة للتصميم.

مثال: "مظلة متروبول الشمسية الملونة" في إسبانيا، التي أنشئت عام ٢٠١١، تُعد أكبر هيكل خشبي في العالم بارتفاع ٢٨ مترًا، وتغطي مساحة تفوق ١١،٠٠٠ متر مربع. الخشب المستخدم في هذا المشروع تم تصنيعه عن طريق تقشير جذوع شجر التنوب بسُمك ٢ مم ومعالجته بمركبات نانوية من البولي يوريثان. هذه المعالجة منحت الخشب مقاومة ممتازة لعوامل الطقس من حرارة ورطوبة، بالإضافة إلى خاصيات مقاومة للماء والأوساخ والعفن. كما أُضيفت عناصر نانوية أخرى لتعزيز قوة البنية بحيث تصبح متجانسة وغير قابلة للتشوه أو الانحناء، إضافة إلى مقاومة الحريق. هذه الخصائص منحت الهيكل مرونة ميكانيكية ومتانة عالية لمواجهة الشد والضغط، مما جعله يتفوق على الخشب التقليدي في إنتاج المكونات الكبيرة المستخدمة في الهيكل.

أثر تطبيقات تكنولوجيا المواد النانوية في مواد الاكساء.

مفهوم	أهمية	صورة توضيحية
الصمغ النانوي		
هو مادة لاصقة بسُمك نانومتر واحد، مكوّنة من ذرات الكربون والسليكون والكبريت. طورها معهد رنسلير للتقنيات المتعددة، حيث تشكل ذرات الكربون الأساس، ويتصل بها الكبريت من الأعلى والسليكون من الأسفل. تُستخدم للصق بين أسطح مثل النحاس والسليكون، وتتفاعل بالحرارة لتربط الطبقات بإحكام. تتحمل المادة حتى ٧٠٠ درجة مئوية، متفوقة على المواد اللاصقة التقليدية (نهي٢٠١١)	• تجميع شرائح الحواسيب والإلكترونيات وحماية الشرائح الرقيقة. • طلاء محركات الطائرات النفاثة وربط المواد بأمان. • تحسين توربينات مولدات الطاقة الكهربائية ومكونات أخرى. • تعزيز أداء مواد اللصق باستخدام الحشو النانوي لتحسين الترابط ومنع التكتلات. • تمتاز بقدرتها على تحمل الحرارة العالية ومقاومة الأكسدة.	
مادة المطاط النانوي		
المطاط النانوي، المعروف بالمطاط المعدني، يجمع بين مرونة المطاط وصلابة المعدن معتمدًا على تقنية النانو. طورته شركة نانوسونيك باستخدام مادة وسيطة (مثل الزجاج) تُغمر بالتناوب في أحواض تحتوي على أيونات موجبة وسالبة، لتشكيل طبقات مرنة وموصلة.	• تصنيع منتجات مقاومة للصدمات مثل مكونات السيارات. • دراسة تطبيقاته الفضائية بالتعاون مع وكالة ناسا. (احمد، ٢٠٢٠)	
بلاط السيراميك المعالج بتقنية النانو Ceramic Tiles		
يتمتع بلاط السيراميك بالعديد من الخصائص التي تجعله خيارًا مثاليًا في مجالات متعددة. فهو يتميز بمتانة فائقة، قوة عالية، مقاومة للخدوش، ومرونة كبيرة في التشكيل، إلى جانب سهولة التنظيف. كما أنه مقاوم للماء والأوساخ ومضاد للبكتيريا، مما يعزز من قيمته كخامة مثالية في التصميم. في معرض إكسبو العالمي ٢٠٠٨ بإيطاليا، تم تغطية الجناح الإيطالي كليًا، عدا المدخل، بغلاف متتابع من السيراميك الأرجواني المزجج. هذا التصميم أضفى على المبنى طابعًا فنيًا مبتكرًا بفضل استخدام طلاء نانوي زجاجي معدني على السيراميك(Sciancalepore, C., 2014	• يوفر السيراميك إمكانيات جمالية استثنائية بفضل تنوع الألوان والنقوش المتاحة، مما يجعله مناسبًا للواجهات بأساليب تصميم متنوعة، سواء كانت بسيطة أو معقدة، منظمة أو غير منتظمة. • يضيف حركة وديناميكية على الواجهات تتغير تبعًا لزاوية النظر أو سقوط أشعة الشمس. • يخلق شعورًا بالتناسق والتناغم في التصميم. • يحوّل الواجهة إلى عنصر مبتكر يوحد بين الجدران والأسقف بفضل طرق البناء الحديثة.	

الرخام المعالج بتقنية النانو Marble		
يعتمد على رمل الكوارتز بنسبة ٩٠٪ وأصباغ معدنية وحصوات رخام. باستخدام تقنية النانو، تتحد الجزيئات في بيئة ديناميكية تحت ضغط ١٨٠-٢٠٠ أتموسفير، ثم تُلمّع بالبلازما الباردة. (علي، ٢٠٢٢)	• يتميز المنتج بمقاومة الحرارة وإمكانية طباعة أنماط وصور عليه باستخدام صبغ السيراميك والمعالجة الحرارية، كما أنه مقاوم للخدوش وأشعة الشمس، مع جودة مميزة في اللون والملمس.	
الزجاج المعالج بتقنية النانو Nano Glass		
الزجاج المعالج بتقنية النانو يتميز بالقوة ومقاومة الكسر بفضل تقليل الفراغات بين ذراته. تُستخدم مادة ثاني أكسيد التيتانيوم في طلاء الزجاج لإضافة خصائص مثل مقاومة التلوث والتنظيف الذاتي باستخدام أشعة الشمس، بينما تساهم طبقة ثاني أكسيد السليكا في مقاومة الحرارة والحريق. نوع آخر هو الزجاج الحساس للحرارة، الذي يغير لونه حسب درجات الحرارة (١٠ إلى ٦٠ درجة مئوية) ويعود لوضعه الأصلي مع انخفاضها. يمكن تصميمه بأحجام وألوان متنوعة ويعمل كعنصر ابتكاري .	• تقليل تسرب الحرارة وخفض استهلاك مكيفات الهواء، مما يوفر الطاقة . • تخزين الحرارة وإطلاقها عند انخفاض درجات الحرارة الداخلية . • عكس الأشعة فوق البنفسجية الضارة . • تنظيف ذاتي للأوساخ وقطرات الماء، ما يقلل تكاليف الصيانة . • مقاومة للاحتكاك. • هذه التطورات سمحت ببناء مبانٍ زجاجية بالكامل، متضمنة ميزات كاختيار الطيف الضوئي المطلوب، تحسين العزل الحراري في الصيف والشتاء، والتنظيف الذاتي .(محمد، ٢٠١٤)	
بلاستيك معالج بتقنية النانو NANO PRODUCT PLASTIC .		
تم استخدام تقنية النانو لإعادة ترتيب ذرات البلاستيك، مما حوّله إلى مادة موصلة أو شبه موصلة حسب الترتيب الذري والغرض. بفضل ذلك، أصبح بالإمكان طلاء البلاستيك كهروكيميائيًا، مما يوسّع استخداماته، مثل صناعة أغشية رقيقة لتحويل الزجاج العادي إلى زجاج ذكي. مثال على ذلك هو جناح Solar Bytes الذي يخزن أشعة الشمس نهارًا ليضيء ليلاً، ويُعاد استخدام وحداته البلاستيكية لاحقًا	• تم تطوير أنابيب نانوية بلاستيكية بقطر ٥٠-١٥٠ نانومتر تُستخدم لنقل الكهرباء، بمرونة أعلى وكفاءة تفوق النحاس. كما تم إنتاج رغوات متناهية الصغر خفيفة الوزن قد تستبدل البلاستيك الصلب مستقبلًا مع الاحتفاظ بشكله، لاستخدامها في وسائد المقاعد، وحاويات الطعام، والعزل، وأكواب القهوة، ومواد التعبئة. • في التصميم الداخلي، طُورت تطبيقات مبتكرة مثل "الشاشات الثلجية" لواجهات المحلات وأغشية " Nano Protect Plastic" لتحويل الزجاج إلى زجاج ذكي. (امنية، ٢٠١٧)	
الالومنيوم المعالج بتقنية النانو Aluminum Nano.		
تمكن العلماء من تطوير بودرة النانو ألومنيوم من سبيكة الألومنيوم التي تحتوي على شوائب متنوعة، وذلك عبر عملية تكثيف بخار الألومنيوم بعد تعريضه لدرجات حرارة مرتفعة للغاية، مما أسفر عن الحصول على مادة تتميز بدرجة عالية من النقاء . تتسم هذه المادة بجودة استثنائية، إذ تمتلك خاصية التنظيف الذاتي، ولا تنتج أي تلوث، كما أنها تتميز بمقاومتها العالية للأحماض والقلويات والمذيبات. بالإضافة إلى ذلك، تقاوم التغيرات البيئية وعوامل الاحتكاك والتلوث. يمكن أيضاً فصل مكون الألومنيوم عن مادة البولي إيثيلين بغرض إعادة التدوير.	• طلاء الأسطح، حيث تتيح إنتاج طلاء سطحي فائق الأداء بسمك يتراوح بين ١,٥ إلى ١٠ نانومترات مع نقاوة تعادل نقاوة معدن البلاتين. يوفر هذا الطلاء أيضاً حماية فعالة من الترددات الكهرومغناطيسية الناتجة عن التطور في تقنيات الاتصال. • إضافتها للبلاستيك كعامل مانع للتسرب. • استخدامها في تكسيات الحوائط والأسقف. • تطبيقها في تكسيات معدنية منسوجة مخصصة للواجهات المزدوجة وأنظمة التهوية. (محمد، ٢٠١٤)	

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

المنسوجات الذكية المعالجة بتقنية النانو

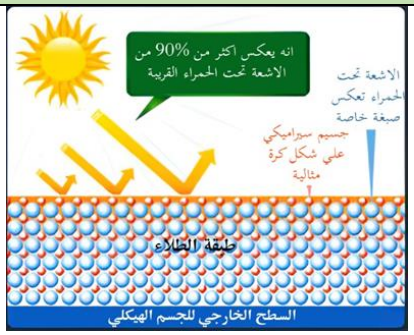
النسيج الذكي هو نوع مبتكر من الأقمشة يتمتع بقدرة على التفاعل مع البيئة المحيطة والاستجابة لمتغيراتها. يتألف هذا النسيج من مكونات تقنية مثل الحساسات والمشغلات، مما يمنحه طابعًا تفاعليًا ويتيح استخدامه في مجالات مثل التصميم الداخلي الذكي. يتميز النسيج الذكي بوظائف متعددة تشمل الحماية (مثل ميزة التنظيف الذاتي)، والأمان (كمقاومة الحريق)، والنظافة (كمقاومة البكتيريا)، وطرد المياه، إلى جانب متانة الألوان والحماية من تأثير الأشعة فوق البنفسجية.

- منسوجات ذاتية التنظيف: تم تطوير قماش قطني بخصائص مبتكرة تتيح له تنظيف وتعقيم نفسه تلقائيًا من البقع والروائح. يعتمد على طبقة دقيقة من ثاني أكسيد التيتانيوم التي تتفاعل مع الضوء لتحليل المركبات العضوية (علا، ٢٠١٢)
- النسيج المضيء الذكي: يجمع هذا النسيج بين التكنولوجيا والمواد المتطورة لتوفير إضاءة مميزة، حيث تستخدم خيوطًا مستوحاة من أشعة الشمس، مما يخلق مظهرًا متغيرًا بين النهار والليل ويعزز جمال المساحات
- تقنية Nano ProteX: تستخدم أقمشة بتقنية تقوم بتغلغل المعالجة داخل الألياف لمنع الماء والأوساخ من الالتصاق. كما تتميز بمقاومة الأشعة فوق البنفسجية والرطوبة مع الحفاظ على ملمسها وجودتها الأصلية.

طلاءات تقنية النانو

اكتشف العلماء ظواهر طبيعية مثل التآكل والاتساخ ورائحة الرطوبة التي تتشكل على الأسطح المطلية. كما ظهرت مشكلات صحية دفعت إلى تطوير طلاءات ذاتية التنظيف تعرف بـ "الأسطح الصحية"، تعتمد على تقنية النانو باستخدام جزيئات الفضة وثاني أكسيد التيتانيوم. هذه الطلاءات تعالج البكتيريا والأوساخ بشكل آمن وصديق للبيئة، ما يسهم في تقليل استخدام المواد السامة ويجعلها مثالية للمنازل وأماكن الرعاية الصحية. تمكّنت تقنية النانو من إنتاج طلاءات محسنة لأسطح متعددة كالأخشاب والزجاج والحجارة، تمنح خصائص مثل التنظيف الذاتي، مقاومة التلوث، الخدش، البكتيريا، الماء، التآكل، والأشعة فوق البنفسجية .

- ترشيد استهلاك الطاقة.
- عزل الحرارة وحماية من أشعة الشمس.
- تقليل الحاجة لطلاءات إضافية.
- خفض التكاليف والصيانة.
- مقاومة للرطوبة والصدأ، مع تطبيقات متنوعة.
- كما استفاد الباحثون اليابانيون من تكنولوجيا النانو لتطوير دهانات "ANZ" القادرة على عكس أكثر من ٩٠٪ من أشعة الشمس، مما يقلل درجة الحرارة الداخلية للأسطح بمقدار ٢٠ درجة مئوية، سواء استخدمت داخلياً أو خارجياً. تعتمد هذه الدهانات على جزيئات نانوية مرتبة هندسياً لعكس أشعة الشمس بكفاءة، ما يساهم في تحسين بيئة المباني (لميس،٢٠١١)



أنواع طلاءات ANZ:

١- دهانات تغني عن أي بطانات أو طلاءات مساعدة

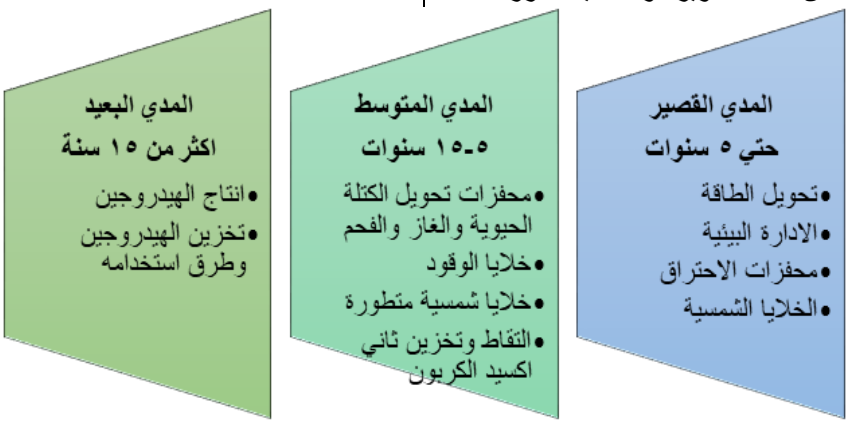
٢- طلاء السيراميك سوبر ثيرم Super Therm

٣- دهانات المحفز الضوئي

٤- الدهان الحساس الذكي

تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الطاقة:

تتيح تقنيات النانو فرصًا كبيرة لتحسين عمليات تحويل الطاقة وتخزينها وتوزيعها، مما يقلل الحاجة إلى المواد الخام والطاقة. تركز هذه التقنيات على أهداف الاستدامة في الطاقة، خاصة مع تزايد الاعتماد على مصادر الطاقة البديلة. تُظهر تقنية النانو وعدًا في تقليل استهلاك الطاقة من خلال تطوير مواد جديدة تعزز كفاءة المكونات الكهربائية وخطوط الإرسال، بالإضافة إلى تحسين خلايا الوقود وتوفير الهيدروجين. كما تسهم في زيادة كفاءة الطاقة في الصناعة، مما يعزز الجدوى الاقتصادية للطاقة المتجددة. يتوقع أن تكون هناك علاقة وثيقة بين ابتكارات النانو وسلسلة القيمة المضافة في قطاع الطاقة. (عبد الرحمن، ٢٠٢٢)



رسم توضيحي ١ يوضح الفرص التي يتيحها استخدام تقنيات النانو في مجال الطاقة (Tegart, 2009)

إنتاج الطاقة باستخدام تكنولوجيا النانو:

تطبيقات النانو لتوليد الطاقة باستخدام الطاقة الشمسية:

تعتمد العديد من الشركات على تقنية النانو لتقليل تكاليف إنتاج الخلايا الشمسية، مما يساعدها على المنافسة مع أسعار الطاقة المحلية. تتكون هذه الخلايا من أنابيب أو جسيمات نانوية من أشباه الموصلات مدمجة في مادة بلاستيكية موصلة. (فايزة، ٢٠١٨)

مميزات الخلايا الشمسية بتقنية النانو:

- تكلفة منخفضة: تصنيعها أقل تكلفة بفضل استخدام الجسيمات والبوليمرات النانوية.
- مرونة عالية: يمكن استخدامها في تطبيقات متنوعة، بما في ذلك دمجها مع المباني والنوافذ.
- رقة السمك: سمكها الرقيق يسهل دمجها مع عناصر المبنى.
- كفاءة الطاقة: تزيد كفاءتها بنسبة تتجاوز ٣٠٪ مقارنة بخلايا السيليكون التقليدية.
- أمان بيئي: تعتبر أكثر أماناً على البيئة من خلايا السيليكون التقليدية. (أسماء، ٢٠١٧)
- تتكون الخلايا من خمس طبقات: طبقة سفلية من الألومنيوم، تليها طبقة رقيقة مطبوعة بالموليبيوم، وثلاث طبقات من الحبر الموصّل، وطبقة تقاطع P/N، بينما يتكون القطب من أكسيد الزنك.

مبنى السفينة الشمسية Solar ARK		
المصمم Sanyo Electric Co	يحتوي على متحف للطاقة الشمسية، حيث تُعرض الأجنحة الشمسية المصنوعة من خلايا الأغشية الرقيقة، والتي تُستخدم لتوليد الكهرباء.	
الوظيفة متحف		
الموقع مدينة انباشي اليابان		
٢٠٠١		
باستخدام خلايا الاغشية الرقيقة الشمسية النانوية		

تطبيقات النانو لتوليد الطاقة باستخدام طاقة الرياح:

إن دمج تكنولوجيا النانو مع توربينات الرياح يسهم في تطويرها وتعزيز خصائصها، مما يمكنها من تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية بشكل أكثر كفاءة.

مبنى غلاف النانو Nano Vent-Skin		
المصمم Agustin Otegu	استخدم المعماري في تصميم غلاف المبنى توربينات الرياح النانوية NVS، التي تولد الطاقة من الرياح عبر تفاعلات كيميائية. تدور هذه التوربينات حول محورها بشكل منفصل، مما يجعلها تعمل كمنظومة متكاملة لتحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية.	
الوظيفة برج متعدد الاستخدامات		
الموقع مدينة مكسيكو المكسيك		
مقترح		
باستخدام غلاف النانو الضوئي- الياف النانو الخلايا الشمسية- توربينات الرياح		

تطبيقات النانو لتوليد الطاقة من الصوت والحركة:

تم اكتشاف أنظمة لتوليد الطاقة الذاتية باستخدام الظاهرة الكهروضغطية، حيث تم إجراء بحوث مبتكرة لتحويل المحفزات الميكانيكية مثل الصوت والحركة إلى كهرباء باستخدام تكنولوجيا النانو .

أسلاك النانو الكهروضغطية لتوليد الطاقة من الصوت Piezoelectric Nanowires: تستخدم مولدات نانوية لتحويل طاقة الصوت الناتجة عن الكلام أو الموسيقى إلى كهرباء عبر أسلاك أكسيد الزنك. تعمل هذه التقنية في المناطق القريبة من الطرق السريعة لتوليد الكهرباء من أصوات السيارات.

أسلاك النانو الكهروضغطية لتوليد الطاقة من الحركة Piezoelectric ceramic Nanoparticles: تقوم الأرضيات المصنوعة من الجسيمات النانوية بتحويل الطاقة الميكانيكية الناتجة عن حركة الأقدام إلى كهرباء داخل المباني.

نادي Club Watt Rotterdem		
المصمم Kossmann. dejong	تصميم الأرضيات يعتمد على استغلال الطاقة الناتجة عن حركة الأشخاص والقفزات، حيث يتم تحويل هذه الطاقة إلى كهرباء باستخدام التأثير الكهروضغطي للمواد النانوية. بينما يرقص الناس ويتحركون، يمكن استخدام المصابيح الموفرة للطاقة لتوفير إضاءة فعالة.	
الوظيفة نادي ليلي		
الموقع هولندا		
٢٠٠٨		
باستخدام توليد الطاقة من الحركة باستخدام مواد نانوية – اضاءات LED		

ترشيد استهلاك الطاقة استخدام تكنولوجيا النانو:

ترشيد استهلاك الطاقة باستخدام مواد العزل المعالجة بتقنية النانو

الهلاميات الهوائية (Aerogel) هي مواد ذات مسامية عالية وكثافة منخفضة، تشبه الهلام في حالتها الصلبة. تُصنع عن طريق استبدال الهواء بالسائل السيليكون. من مميزاتها:

- عوازل حرارية فعالة تمنع انتقال الحرارة.
- كثافتها أقل من كثافة الزجاج بألف مرة.
- خفيفة الوزن، وبعض الأنواع أخف من الهواء.
- شفافة، مما يسهل انتقال الضوء، وتستخدم في واجهات المباني.

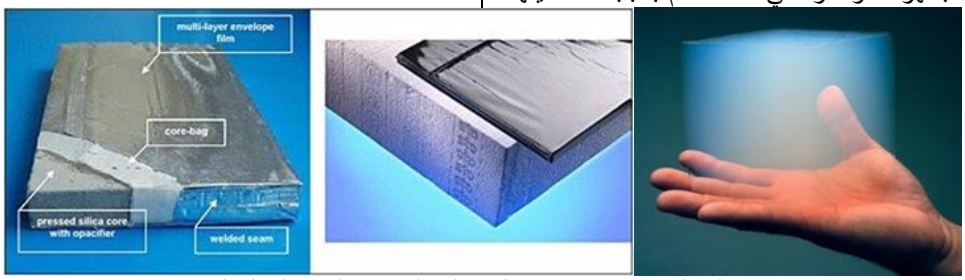
ألواح العزل المفرغة (VIPS) هي مادة مسامية مصممة داخل غلاف متعدد الطبقات لحماية فعالة ضد الضغوط البيئية. تحتوي على مادة مجففة لامتصاص الغازات والأبخرة، وفراغات داخلية تمنع انتقال الحرارة. مميزاتها تشمل:

- عزل حراري فائق بكفاءة تصل إلى عشرة أضعاف المواد الأخرى.
- مثالية لتعزيز العزل أثناء تجديد المباني دون زيادة سمك الجدران.

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

- قابلة لإعادة التدوير بعد انتهاء عمرها الافتراضي.

ومع ذلك، تعاني من بعض العيوب مثل ارتفاع التكلفة، وعدم إمكانية قطعها أو تخزينها بسهولة، وحدود في الاستخدام بسبب حساسيتها للسقوط. كثافتها تتراوح بين ١٥٠ إلى ٢٥٠ كيلوغرام لكل متر مكعب، مما يجعلها أثقل من بعض المواد العازلة الأخرى.

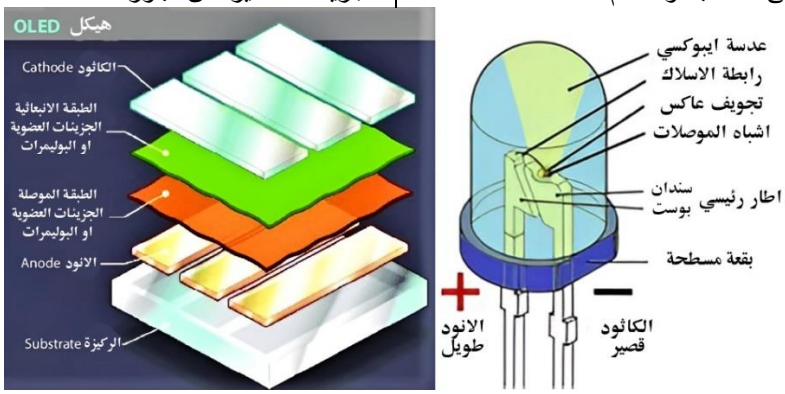


صورة توضح على اليمين مادة الايروجيل وعلي اليسار الالواح العزل المفرغة VIPS
https://www.jpl.nasa.gov/news/want-to-colonize-mars-aerogel-could-help
https://www.researchgate.net/publication/259537760_Vacuum_insulated_panels_for_sustainable_buildings_A_review_of_research_and_applications

ترشيد استهلاك الطاقة باستخدام الإضاءة المعالجة بتقنية النانو

الصمام الثنائي الباعث الضوء (LED): هو مصدر ضوء إلكتروني يعمل عبر حلقة الإلكترونات في مواد شبه موصلة، مع توقعات بتوفير طاقة تصل إلى ٤٦٪ بحلول عام ٢٠٣٠.

الصمام الثنائي العضوي الباعث الضوء (OLED): تقنية تتكون من وحدات إضاءة رقيقة للغاية (سمكها واحد ميكروميتر) وخفيفة الوزن، تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية مباشرة إلى ضوء باستخدام جزيئات صغيرة من البلورات.



صورة ٣ توضح مكونات LED & OLED
https://www.researchgate.net/publication/349941976_Design_and_Development_of_a_Low_Cost_Pulse_Oximeter
https://www.researchgate.net/publication/341049728_Conjugated_Polymer_Light-Emitting_Diodes

تخزين الطاقة باستخدام تكنولوجيا النانو:

تعتبر هذه الآلية وسيلة فعالة لتخزين الطاقة لاستخدامها لاحقًا، حيث تمتص الطاقة وتخزنها حتى الحاجة. بفضل تكنولوجيا النانو، يمكن تحسين كفاءة تخزين الطاقة عبر البطاريات والمكثفات النانوية، بالإضافة إلى تخزين الهيدروجين. تسهم هذه التكنولوجيا أيضًا في توفير الطاقة الحرارية، مما يقلل الحاجة للتدفئة والتبريد في المباني. تمتاز المواد المستخدمة بقدرتها العالية على تخزين الحرارة، مما يجعلها مناسبة كخزانات للطاقة في مواد البناء. (أسماء، ٢٠١٧) مواد متغيرة الطور Phase change materials (PCMs). تساعد هذه المواد في معالجة الطلب غير المنتظم على الكهرباء، ويمكن اعتبارها من مصادر الطاقة المتجددة. تتمتع بقدرة على تغيير سعتها الحرارية وفقًا لدرجات الحرارة المحيطة، مما يسمح بتخزين الطاقة على شكل حرارة كامنة. يمكن دمج هذه المواد مع الخرسانة والجدران والأسقف والأرضيات والزجاج لزيادة الوزن والحجم.

صورة ٤ توضح واجهة مبني sur Falveng حيث الواجهة المغطاة بالزجاج متغير الطور .
https://www.researchgate.net/publication/264978140_Climate_integrated_Design_Climate_iD_of_building_Skins_Green_Building_Innovation

دراسة تحليلية لتحقيق معايير الاستدامة من خلال تطبيقات النانو في العمارة.

تساهم تكنولوجيا النانو في تحسين كفاءة إدارة الطاقة من خلال حلول مبتكرة في ترشيد وتخزين وإنتاج الطاقة، مما يعزز الاعتماد على مصادر الطاقة النظيفة. كما أدت إلى تطوير مواد عزل فعّالة للمباني، مما يوفر بيئة مريحة ويعزز كفاءة استخدام الطاقة عبر استغلال مصادر الطاقة المتجددة. (عبد الرحمن، ٢٠٢٢)

مبني تجاري في بولا، كرواتيا House of light Pula, Croatia	
يتميز تصميم الإضاءة بشكله النحتي الفريد. كما يتميز تصميم المبني بتنسيق عناصره على هيئة مكعب مغلف من جميع الاتجاهات بشكل بسيط، مع لون أبيض غير تقليدي يبرز تصميمه الضوئي من الداخل والخارج. تبدو النوافذ وكأنها مقتطعة من كتلة المكعب ذات الجدران السميكة. الخامات النانوية: تم استخدام مادة نانوية ذات خاصية التنظيف الذاتي (تقنية اللوتس) لحماية الطلاء الأبيض. هذه المادة تقوم بتنظيف الملوثات بشكل تلقائي وبساطة. وتستمر فعالية الطلاء لأكثر من عشر سنوات دون الحاجة إلى تنظيف أو استبدال. **تقنيات النانو المستخدمة في الخامات** • تقنية التنظيف الذاتي للمواد	
مبني الكنيسة بمدينة روما	
الكنيسة مصنوعة من الخرسانة الجاهزة، وتتكون من ثلاثة أشرعة تصل ارتفاعها إلى ٣٦ مترًا وارتفاعها ٨ أمتار. يتميز لونها الأبيض بفضل إضافة رخام الكرارة مع مادة TiO2، التي تتمتع بخصائص التنظيف الذاتي ومقاومة الميكروبات والتلوث. هذه الميزات ساعدت المهندس المعماري في الحفاظ على اللون الأبيض في بيئة خارجية تتعرض بشكل كبير للتلوث الناتج عن الغازات والعوادم. كما أسهمت في مكافحة التلوث من خلال تقليل انبعاث المركبات العضوية المتطايرة وأكسيد النيتروجين في الهواء. تقنيات النانو المستخدمة في الخامات • تقنية التنظيف الذاتي للمواد • تقنية الحماية من الحرارة • مقاومة للميكروبات والتلوث • تنقية الهواء من الملوثات	
مبني مطار ناريتا، طوكيو باليابان	
خضع مطار ناريتا الدولي في طوكيو لعملية تحديث شاملة، حيث تم تغطية مساحات واسعة من السقف بأقمشة توفر الحماية من العوامل الخارجية، مما يسهم في تحسين راحة الركاب. كما تم تركيب أسطح زجاجية ذاتية التنظيف باستخدام مادة TiO2 لمقاومة الميكروبات والتلوث. بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام تقنية UV/IR لعكس الأشعة غير المرغوب فيها من خلال النوافذ، مما يساعد في التحكم في اكتساب الحرارة الخارجية. وتم استخدام دهانات ملونة وخفيفة وأصباغ لمعادلة درجات الحرارة وتقليل الاعتماد على أنظمة التكييف. **تقنيات النانو المستخدمة في الخامات:** • تقنية التنظيف الذاتي للمواد • تقنية الحماية من الحرارة • تنقية الهواء من الملوثات • تنقية المياه والتربة من الملوثات • مواد مرنة وضد الكسر	
مبني مركز محمد علي الثقافي	
متحف محمد علي، الذي يُعقد فيه الندوات والمحاضرات والمعارض، يقع على ضفاف نهر أوهايو. تم ترتيب بلاطات السيراميك الملونة على زجاج بطريقة تشكل شبكة بمقاس ٣٠*٦٠ سم، مما يعطي انطباعًا عن فسيفساء كبيرة عند النظر إليها من بعيد. للحفاظ على مظهره الجيد باستمرار وتقليل تكاليف التنظيف، تم تشطيب البلاطات بطلاء ذاتي التنظيف يُطبق على الزجاج، ويتميز بخصائص تنقية الهواء ومقاومة الميكروبات والتلوث والغازات وعوادم السيارات والصناعات المحيطة. **تقنيات النانو المستخدمة في الخامات** • تقنية التنظيف الذاتي للمواد • مقاومة الميكروبات والتلوث • تنقية الهواء من الملوثات	

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

توافق المواد النانوية مع نظام الريادة في الطاقة LEED for Schools:

تتناول الدراسة العلاقة بين استخدام المواد النانوية في التشييد والبناء للمباني التعليمية وتصميم المباني المستدامة وفق نظام LEED. تركز على المميزات والموثوقية التي يوفرها هذا النظام، حيث يتم احتساب النقاط بناءً على تداخل معايير الاستدامة مع خصائص المواد النانوية، مما يسهم في تحقيق النقاط المطلوبة لتلبية معايير الاستدامة

LEED V.4-2009 NC	المواد النانوية المتكاملة مع عمارة المباني التعليمية المستدامة													مجموع النقاط المضافة
	خواص المواد النانوية												تطبيقات المواد النانوية في مجال البيئة	
	الخواص الوظيفية						الخواص التشكيلية							
	المواد ذاتية وسهلة التنظيف	المواد المضادة للميكروبات	مواد تقنية الهواء	المواد ذاتية الترميم	المواد ذات العزل الحراري الفائق	المواد ذات الخواص الذكية	التكسيات النانوية	الدهانات النانوية	اللواصق النانوية	الأنسجة النانوية	المياه	الهواء	التربة	الطاقة	
١- المواقع المستدامة Sustainable Sites														٢٤/١٠	
الحماية من التلوث الناتج عن أنشطة البناء	■										■	■			أساسي
تقييم الموقع البيئي					■						■	■	■		اساسي
اختيار الموقع															١/٠
كثافة التنمية والاتصال المجتمعي															٤/٠
إعادة تطوير المناطق المهجورة															١/٠
استخدام وسائل النقل البديلة														■	٩/٦
تطوير الموقع والحفاظ على المحميات الطبيعية															١/٠
تطوير الموقع وزيادة الفراغات المفتوحة															١/٠
إدارة مياه الامطار											■				٢/٢
تقليل ظاهرية الجزر الحرارية	■				■	■	■	■							١/١
تقليل التلوث الضوئي						■								■	١/١
الخطة الرئيسية للموقع															١/٠
الاستخدام المشترك للمرافق															١/٠
٢- كفاءة استخدام المياه Water Efficiency														١١/٧	
الحد من استخدام المياه بنسبة ٢٠ %															أساسي
عناصر الطبيعية الموفرة للمياه	■										■				٤/٤
التقنيات المبتكرة لاستخدام مياه الصرف	■										■				٢/٢
تقليل استخدام المياه															٤/٠
معالجة الحد من استخدام المياه											■				١/١
٣- الطاقة والغلاف الجوي Energy & Atmosphere														٣٣/٢٣	
التوظيف الأساسي لأنظمة الطاقة للمبنى														■	أساسي
الحد الأدنى لتشغيل الطاقة														■	أساسي
إدارة غاز التدريب الأساسي															أساسي
تعزيز أداء الطاقة	■				■	■	■	■						■	١٩/١٢
الطاقة المتجددة في الموقع						■								■	٧/٧
التوظيف الإضافي والمحسن للطاقة															٢/٠
التوظيف الإضافي والمحسن لغاز التبريد															١/٠
القياس والتحقق														■	٢/٢
الطاقة الخضراء						■								■	٢/٢
٤- جودة البيئة الداخلية Indoor Environment Quality														١٩/١٥	
الحد الأدنى كأداء جودة الهواء الداخلي															أساسي
مكافحة دخان التبغ البيئي ETS															اساسي
الحد الأدنى من الأداء الصوتي															اساسي
مراقبة معدل التهوية					■		■	■						■	١/١
زيادة فعالية التهوية												■			١/١
إنشاء خطة لإدارة الهواء الداخلي			■												٢/١

استخدام مواد ذات انبعاث منخفض															٤/٤
السيطرة على مصادر المواد الكيميائية والملوثات															١/٠
استخدام الأنظمة القابلة للتحكم															١/١
تحقق الراحة الحرارية															٣/٣
الإضاءة الطبيعية والرؤية															٤/٢
تحسين الأداء الصوتي															١/١
السيطرة على مصادر البكتيريا															١/١
٥- الابداع وعملية التصميم Innovation &Design Process														٦/٤	
الإبداع في التصميم															٤/٤
تفويض مختصين من النظام															١/٠
المدرسة كأداء تعليمية															١/٠
٦- المواد والموارد Materials and Resources														١٣/١٢	
تخزين وتجميع المواد القابلة للتدوير															أساسي
إعادة استخدام المبنى															٣/٣
إدارة نفايات البناء															٢/٢
إعادة استخدام المواد والموارد															٢/٢
استخدام المحتويات القابلة لإعادة التدوير															٢/٢
استخدم المواد المحلية															٢/٢
استخدام المواد القابلة للتجدد السريع															١/٠
استخدام الأخشاب المعتمدة															١/١
٧- الأولويات الإقليمية Regional Priority														٤/٤	
الأولويات الإقليمية															٤/٤
مجموع النقاط الكلية المكتسبة بواسطة استخدام المواد النانوية = ١١٠/٧٥ نقطة															

تم تسجيل عدد نقاط معايير الاستدامة لنظام LEED المكتسبة من دمج المواد النانوية في المبنى التعليمي، حيث بلغت ٧٥ نقطة من إجمالي النقاط المتاحة. وهذا العدد يكفي لتأهيل المبنى للحصول على التصنيف المتقدم، المعروف بالتصنيف الذهبي. يُعتبر هذا إنجازاً بارزاً يعكس قوة الأداء المستدام للمباني التعليمية، من خلال استخدام تقنيات مواد النانو في مجال البناء والتشييد في مصر.

النتائج: Ruslt

- تقنية النانو تُساهم في تعديل الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد الطبيعية والصناعية عبر إعادة ترتيب الذرات المكونة لها، مما يتيح التخلص من الخصائص السلبية أو إضافة أخرى جديدة لم تكن موجودة مسبقًا .
- تُعتبر تقنية النانو الخضراء أداة محورية في تحقيق استدامة التصميم الداخلي عبر مسارين رئيسيين: الأول يتمثل في تحسين كفاءة أداء المباني القائمة، والثاني يركز على تطوير وتحسين خواص المواد المستخدمة في تنفيذ التصميم الداخلي .
- استخدام منتجات النانو العازلة يُعدّ أحد الحلول الرائدة لتحسين كفاءة المباني القائمة. هذه المنتجات تُطبّق كطبقة رقيقة جدًا، شفافة وغير سامة، تُرش على مختلف المواد لتوفير مستويات عالية من العزل الحراري أو المائي، مما يعزز راحة البيئة الداخلية .
- أما في مجال الطاقة النظيفة، يتم الاستفادة من تقنية النانو عبر استخدام تكنولوجيا الأغشية الشمسية الرقيقة العضوية. تُنتَج هذه باستخدام مواد بلاستيكية مرنة تُحول إلى لفائف من الخلايا الشمسية، ليتم تركيبها كبديل للأسطح الزجاجية على واجهات المباني. هذا الحل يتيح توليد طاقة منخفضة التكلفة ونظيفة .
- ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية يُمكن تحقيقه بشكل فعال من خلال الاعتماد على أنظمة الإضاءة التي تعتمد على الانبعاث الثنائي الصمام للضوء (LEDs) أو الانبعاث العضوي الثنائي الصمام للضوء (OLEDs). هذه الوحدات تتميز بكفاءتها العالية واستهلاكها المنخفض للطاقة مقارنة بالأنظمة التقليدية .
- دهانات النانو المستخدمة في التصميمات الداخلية تُظهر ميزات استثنائية تشمل: تقليل تراكم الغبار والملوثات، ومقاومة الرطوبة والحرارة والأكسدة والتشقق، كما أنها تتحمل الأشعة فوق البنفسجية وتحافظ على ثبات الألوان بدرجة عالية. بالإضافة إلى ذلك، تحد من تكوّن الرواسب والتكلسات، ما يعزز قدرة المبنى على التكيف مع الظروف المناخية المتغيرة ويطيل عمر المباني والأسطح .
- وتتميز المنازل المصنوعة بتقنية النانو (منازل النانو) بأنها مستدامة وصديقة للبيئة، وتوفر مستوى عالٍ من الراحة لقاطنيها. فهي تحتاج إلى جهد أقل للتنظيف والصيانة، وتتميز بفاعليتها في تقليل استهلاك الطاقة. كما تمتلك قدرة ذاتية على الصيانة وإصلاح الأعطال بشكل تلقائي وفوري .
- أخيرًا، تتسم المواد النانوية بقدرتها العالية على التوافق مع نظام الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة (LEED) بمعدل يصل إلى ٧٥ نقطة من أصل ١١٠ نقاط، مما يجعلها مؤهلة للحصول على التصنيف الذهبي للمباني المستدامة.

المراجع: References

١- رأفت عبد السيد بخيت – "النانو تكنولوجي وأثره في تغيير وتطوير خصائص الخامات في التصميم الداخلي" – مجلة التراث والتصميم – المجلد الثاني – العدد التاسع – يونيو ٢٠٢٢ – ص ٢٠٨.

٢- علا محمد سمير – "استخدام تكنولوجيا النانو الخضراء في تحقيق التصميم الداخلي المستدام" – بحث منشور-المؤتمر الدولي الثاني لكلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان – ٢٠١٢ - ص٣،٥.

٣- امنية مجدي عبد العزيز – "معايير الاستدامة بالتقنيات الذكية في التصميم الداخلي لمؤسسات رعاية الأطفال المعوقين حركيا في مصر من ٦:١٢ سنة" – رسالة دكتوراه – جامعة حلوان – كلية الفنون التطبيقية – ٢٠١٧ – ص ٢٨١، ٢٨٥

٤- لميس سيد محمدي – "دور التقنية في تطوير العناصر المعمارية" – رسالة ماجستير- كليه الهندسة - جامعة الاسكندرية – ٢٠١١ – ص ١٦٨، ١٦٥:١٥٨.

٥- عبد الرحمن اللاوندي – "دور تكنولوجيا النانو في تحقيق

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

الاستدامة بمدارس المرحلة الابتدائية (دراسة حالة لفصول التعليم الأساسي بمدارس المرحلة الابتدائية لمحافظة دمياط)" – رسالة دكتوراة – كلية الهندسة – جامعة المنصورة – ٢٠٢٢ – ص٢٢، ٣٥

٦- علي عبد المنعم علي شمس – "النانو تكنولوجي وأثره في تغيير وتطوير خصائص الخامات في التصميم الداخلي" – مجلة التراث والتصميم – المجلد الثاني – عدد ٩ – يونيو ٢٠٢٢ – ص ٢٠٩، ٢١٥، ٢٢٠

٧- علا عمر حربة – "العمارة في ظل تقنية النانو" – مجلة البعث – المجلد ٣٩ – العدد ١٨ – ٢٠١٧ – ص١٠.

٨- سبنا المرضي إبراهيم حبيب الله – "نحو عمارة ذكية ومستدامة باستخدام النانو تكنولوجي" – International Conference on Technical Sciences – مارس ٢٠١٩ – ص ٩٧٨.

٩- ياسر محمد صلاح الدين المغربي – "تكنولوجيا النانو وتأثيرها على العمارة من حيث أساليب البناء ومواد التشطيب" – رسالة ماجستير – كلية الهندسة – جامعة القاهرة – ٢٠١٣ – ص ٩٦،٩٧.

١٠- نهي أبو بكر الحبشي – "ما هي تقنية النانو؟" – مقدمة مختصرة بشكل دروس مبسطة – طباعة وتوزيع وزارة الثقافة والاعلام في المملكة العربية السعودية – ٢٠١١ – ص ٥٤،٥٥.

١١- احمد محمد صبري – "المواد المستحدثة بواسطة تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها الصناعية في مجال تصميم المنتجات" – مجلة التصميم الدولية – المجلد ١٠ – عدد ٣ – يوليو ٢٠٢٠ – ص ٤٥١.

١٢- محمد حامد ضيف الله – "رؤية مستقبلية للتصميم الداخلي طبقا للمستحدثات الذكية والايكولوجي في غرف الإقامة الخمسة نجوم" – رسالة دكتوراه – قسم التصميم الداخلي والاثاث – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان - ٢٠١٤ – ص ٢٤٢، ٢٥١،٢٥٠.

١٣- فايزة بوراس، هارون العشي – "أهمية تطبيق النانو تكنولوجي في الطاقات المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة" – مجلة العلوم الإنسانية لجامعة ام البواقي – المجلد ٥ – العدد ٢ – ديسمبر ٢٠١٨ – ص ٥٦٣.

١٤- أسماء محمد علي محمد – "تطبيقات تكنولوجيا النانو لتحقيق كفاءة إدارة الطاقة بالمباني" – المؤتمر العلمي الدولي الثاني: البناء والطاقة والعمران" – القرية الذكية – نوفمبر ٢٠١٧

15-Ramirez, Anibal Maury, Kristof Demeestere, Nele De Belie, Tapio Mantyla, and Erkki Levanen – "Titanium Dioxide Coated Cementitious Materials for Air Purifying Purposes: Preparation, Characterization and Toluene Removal Potential" – Building and Environment – 2009.

16-Wu, D., S. Meure, and D. Solomon - "Self-healing polymeric materials: A review of Recent developments" - Progress in polymer Science 33 – 2008.

17-Gaurao, P., & Swapnal, P.. Light Transmitting Concrete- A New Innovation. International Journal of Engineering Research and General Science, Volume 3 Issue (2), (2015) ,P 806–811.

18-Sciancalepore, C., & Bondioli, F. Durability of SiO2– TiO2 Photocatalytic Coatings on Ceramic Tiles. International Journal of Applied Ceramic Technology, 12, (2014), P 679 – 684.

19-Tegart, Greg – "Energy and nanotechnologies: Priority areas for Australia's Future" – Technological Forecasting and Social Change – 2009