دور تكنولوجيا النانو الخضراء في رفع كفاءة وأداء العمارة الداخلية للمراكز الصحية

The role of green nanotechnology in raising the efficiency and performance of the interior architecture of health centers

ا.د/ هالة محمد حسنين

أستاذ العمارة الداخلية بقسم الديكور- كلية الفنون الجميلة - جامعة حلوان

Prof. Hala Mohamed Hasanin

Professor of Interior Architecture, Faculty of Fine Arts, Helwan University

halahassanein@gmail.com

م.د/ محمد حمدى غالي

مدرس العمارة الداخلية بقسم الديكور - كلية الفنون الجميلة - جامعة حلوان

Dr. Mohamed Hamdy Ghali

Lecturer of Interior Architecture, Faculty of Fine Arts, Helwan University

Mohamedghaly47@gmail.com

م/ نورهان سيد عبده أحمد

معيدة بكلية الفنون التطبيقية _ جامعة السادس من أكتوبر

Lect. Nourhan Sayed Abdou Ahmed

Demonstrator at Faculty of Applied Arts-6october University

nourhansayed323@yahoo.com

الملخص:

تعد تكنولوجيا النانو من أحدث العلوم التي أحدثت طفرة في مجال العمارة الداخلية ولمعرفة مدى التطور ومقدار التحولات الحادثة كان لابد لنا من معرفة الدور الذي تلعبه تكنولوجيا النانو في تطوير المواد حيث يمكن من خلالها تحسين خصائص أي مادة أو إكسابها خصائص أخرى فريدة أو إنتاج مادة جديدة وذلك من خلال التحكم في إعادة ترتيب ذراتها، والذي أدى بدوره إلى تطوير أسلوب العمارة الداخلية، حيث تعمل على تحسين كفاءة وأداء المباني القائمة بالفعل أو من خلال تطوير خواص الخامات المستخدمة في العمارة الداخلية سواء كانت مواد إنشائية أو مواد مكملة بما يحقق مفهوم الاستدامة، كما لها دور هام في الحفاظ على الطاقة وتوفير التكلفة الاقتصادية وأعمال الصيانة والأيدي العاملة، والذي يمكن الاستفادة به في العمارة الداخلية بشكل عام والعمارة الداخلية لمراكز الرعاية الصحية بشكل خاص، و يدور البحث حول تطبيقات تكنولوجيا النانو الخضراء والدور الهام الذي تقوم به في العمارة الداخلية بشكل عام والعمارة الداخلية للمراكز الصحية بشكل خاص بما يحقق مفهوم الاستدامة، حيث تم تناول المفاهيم الأساسية لتكنولوجيا النانو وتطبيقاتها في المجالات المختلفة وانعكاس ذلك على العمارة الداخلية من حيث المواد والأجهزة المختلفة، كما تم دراسة العلاقة بينها وبين العمارة المستدامة ومدى الاندماج بينهم لتحقيق عمارة نانو خضراء والتي قدمت حلولاً بيئية جديدة ساعدت على تحقيق معايير الاستدامة والعمارة الخضراء وقللت من التكلفة الاقتصادية، وقد تم عرض دراسة تحليلية لبعض النماذج العالمية المستدامة المطبق بها تكنولوجيا النانو الخضراء في العمارة الداخلية لها وذلك للوصول إلى بعض النتائج الهامة التي يمكن الاستفادة منها في توظيف تكنولوجيا النانو الخضراء في العمارة الداخلية للمراكزالصحية المحلية وذلك لرفع كفاءة وأداء العمارة الداخلية لتلك المراكز في ضوء مفهوم الاستدامة.

الكلمات المفتاحية:
عمارة النانو الخضراء ـ المراكز الصحية ـ رفع الكفاءة.

Abstract:
Nanotechnology is one of the latest sciences that has created a breakthrough in the field of interior architecture and to know the extent of development and the amount of transformations that have occurred we had to know the role that nanotechnology plays in the development of materials where it can improve the characteristics of any material or give it other unique properties or produce a new material by controlling the rearrangement of its atoms, which in turn led to the development of the method of interior architecture, where it works to improve the efficiency and performance of existing buildings or By developing the properties of materials used in interior architecture, whether structural materials or complementary materials to achieve the concept of sustainability, they also play an important role in energy conservation, economic cost saving, maintenance and manpower, which can be used in interior architecture in general and the interior architecture of health-care centers in particular.
The research revolves around green nanotechnology applications and the important role they play in interior architecture achieves the concept of sustainability, The basic concepts of nanotechnology and their relevance to green architecture and their impact on interior architecture in terms of different materials and devices were studied, and an analytical study of global health centers applied to green nanotechnology was presented to reach some important results that can be used in the use of green nanotechnology in the interior architecture of local health centers in order to increase the efficiency of the internal architecture of these centers.

Keywords:
Green Nano Architecture - Health centers - efficiency enhancement.

مقدمة البحث:
تكمن أهمية تقنية النانو الخضراء في مجال العمارة الداخلية في تحسين كفاءة وأداء المباني القائمة بالفعل أو من خلال تطوير خواص الخامات المستخدمة في العمارة الداخلية سواء كانت مواد إنشائية أو مواد مكملة بما يحقق مفهوم الاستدامة، ومن هنا تكمن أهمية هذا البحث في كيفية الاستفادة من تطبيقات تكنولوجيا النانو الخضراء في معالجة القصور الموجودة في العمارة الداخلية للمراكز الصحية المحلية وخلق بيئة صحية أمنة وتحسين كفاءة وأداء العمارة الداخلية لتلك المراكز بما يتلاءم مع مفهوم الاستدامة مما يساعد على الارتقاء بمستوى الخدمة التي تقدمها تلك المراكز للمرضى.

مشكلة البحث:
تتركز مشكلة البحث فى السؤال الآتى:

- هل تستطيع تكنولوجيا النانو الخضراء تحسين كفاءة وأداء العمارة الداخلية للمراكز الصحية؟

أهمية البحث:
- مواكبة التطور التكنولوجى من خلال معرفة تأثير تكنولوجيا النانو الخضراء على الخامات المستخدمة في العمارة الداخلية لمراكزالرعاية الصحية بما يتوافق مع مفهوم الاستدامة.

- الاهتمام بجودة البيئة الداخلية من خلال استخدام الخامات المحلية المستدامة والمنفذة بتقنية النانو الخضراء.
- ضرورة إلقاء الضوء على أهمية تحقيق البعد الاقتصادي عند التصميم الداخلي لمراكزالرعاية الصحية من خلال تقنية النانو الخضراء.

هدف البحث:

- إبراز دور تكنولوجيا النانو الخضراء في العمارة الداخلية للمراكز الصحية وذلك من أجل تحسين جودة وكفاءة البيئة الداخلية للمراكز الصحية بما يحقق مفهوم الاستدامة.
- بناء المعرفة لدى مصمم العمارة الداخلية بتكنولوجيا النانو الخضراء والاستفادة منها في مجال العمارة الداخلية لمراكز الرعاية الصحية.

الخطوات الإجرائية للبحث:

(أولاً: تكنولوجيا النانو ومبادئها ومميزاتها- **ثانياً:** العمارة الخضراء ومبادئها- **ثالثاً:** عمارة النانو تكنولوجي وأهدافها ومبادئها- **رابعاً:** تكنولوجيا النانو الخضراء وأهدافها- **خامساً:** تكنولوجيا النانو والعمارة الداخلية المستدامة- **سادساً:** تقييم مباني النانو- **سابعاً:** المراكز الصحية- ثامناً: مبنى عالمي ذوتطبيقات نانوية ودراسة تأثير ذلك على الاستدامة).

علم النانو:

علم النانو هو ذلك العلم الذي يعتنى بدراسة المادة على مستوى الجزيئات والذرات بمقياس لا يتعدى ١٠٠ نانومتر، ويهتم بتصنيف الجزيئات والذرات ودراسة خصائصها المميزة لمواد النانو وتحسين خواصها الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية مع دراسة الظواهر المرتبطة الناشئة عن تصغير أحجامها.

تكنولوجيا النانو:

تكنولوجيا النانو فهي التكنولوجيا المتقدمة القائمة على فهم ودراسة علم النانو والعلوم الأساسية الأخرى مع توفير القدرة التكنولوجية لتصنيع المواد متناهية الصغر والتحكم فى بنيتها الداخلية عن طريق إعادة هيكلة وترتيب الذرات والجزيئات المكونة لها مما يضمن الحصول على منتجات متميزة وفريدة يتم توظيفها في تطبيقات متنوعة.

مبادئ ومميزات تكنولوجيا النانو:

- لها القدرة على التحكم في إعادة ترتيب الذرات والجزيئات، وبالتالي اكتشاف خصائص جديدة للمواد وخلق العديد من المواد الجديدة مع مجموعة واسعة من الاستخدامات التي تؤثر على العمارة بشكل كبير، والتي تعطينا القدرة على التحكم المباشر في المواد الإنشائية أو غير الإنشائية.
- الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة عند مقياس النانو تختلف عن خصائص نفس المادة عند مقياسها الطبيعي.
- تعمل تقنية النانو على تحسين كفاءة المادة إلى حد كبير في كل جانب من جوانب الحياة مثل الطاقة والكهرباء والمواد المستخدمة في البناء والتشييد والسهولة في الجوانب التي نصل إليها من خلال التعامل مع المادة حيث تجعلها أصغر وأخف وأقوى وأسرع وأرخص وأقل استهلاكاً للطاقة.

العمارة الخضراء:

العمارة الخضراء تعد مدخل تصميمي له بعد فلسفي والذي يهدف إلى استخدام تقنيات ترشيد الطاقة وتقليل حجم الاستهلاك من المواد، وأيضاً استخدام تقنيات إعادة التدوير وتقليص حجم المخلفات الناتجة من المنشآت وإعادة تدويرها واستخدام مصادر طاقة نظيفة ومتجددة.

وبالتالي فإن العمارة الخضراء تعد تطبيق معمارى داعم للاستدامة بدرجة كبيرة، فهى كمصطلح تعنى " أن العمارة هى نتاج بيئتها " Architecture as a product of its environment، أي بدءاً بالطبيعة وانتهاءاً إليها، ومعنى ذلك أن يكون الشئ نتاج بيئته، فلا يشكل عنصراً دخيلاً عليها بل يسايرها ولا يضر بها وهي بالتالي لا تضر به، وعدم الإضرار هذا هو حد من حدود الاستدامة ولذلك تمثل العمارة الخضراء نموذجاً مثالياً للعمارة المستدامة.

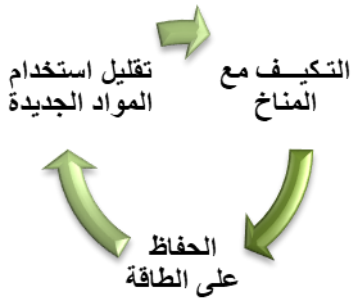
المبادئ الأساسية للمباني الخضراء:

تعتبر المباني الخضراء مباني صديقة للبيئة وذلك لأنها تستهلك كميات أقل من الطاقة والمياه،

ومن أهم مبادئ هذه المباني:

- التكيف مع المناخ
- التقليل من استخدام الموارد والمواد الجديدة
- الحفاظ على الطاقة

كما هو موضح في شكل (١).



شكل (١) يوضح المبادئ الأساسية للمباني الخضراء "تصميم الباحث"

عمارة النانو تكنولوجي:

هي محاكاة العمارة في ظل ثورة النانو الجديدة في غضون القرن ال ٢١، واستخدام تقنية النانو في الهندسة المعمارية يختلف من المواد والمعدات، لأشكال وتصميم نظريات جديدة.

أهداف عمارة النانو تكنولوجي:

- تقليل متطلبات استهلاك الطاقة والحد من التقشف.
- زيادة الراحة الحرارية لدى الإنسان داخل الحيزات الداخلية.
- الإتجاه نحو تفعيل "صفر الطاقة".
- خفض قيمة ملكية المباني بتخفيض استهلاك الطاقة للمبنى.
- الإتجاه إلى اسكان قليل الاستهلاك للطاقة.
- المحافظة على سلامة النظام البيئي وذلك من خلال التقليل من كمية انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في البيئة.
- الحصول على مبنى يتحكم في درجات الحرارة والرطوبة حسب الظروف المناخية.
- الحصول على مبنى خفيف الوزن وأكثر قوة ومتانة ومقاوم للتصدعات والتشققات ويراقب الأعطال والأضرار ويصلحها بنفسه.
- الحصول على مبنى ينظف نفسه ذاتياً.
- تحسين الأداء البيئي والإقتصادي للأسمنت والخرسانة.

مبادئ عمارة النانو تكنولوجي:

شكل (٢) يوضح مبادئ عمارة تكنولوجيا النانو"تصميم الباحث"

مما سبق نستنتج أن أهداف ومبادئ تكنولوجيا النانو هي نفس أهداف ومبادئ العمارة المستدامة والمباني الخضراء وبالتالي تعد تكنولوجيا النانو تكنولوجيا خضراء.

شكل (٣) يوضح مفهوم عمارة النانو الخضراء "تصميم الباحث"

تقنية النانو الخضراء:

تشير تقنية النانو الخضراء إلى استخدام تقنية النانو ومنتجات تقنية النانو لتعزيز الاستدامة البيئية لعمليات تنتج حالياً عوامل سلبية على البيئة.

- وهي تطوير التقنيات النظيفة للحد من المخاطر الصحية البيئية والبشرية المرتبطة بتصنيع واستخدام منتجات تكنولوجيا النانو، وتشجيع الاستعاضة عن المنتجات القائمة مع منتجات نانوية جديدة محتملة والتي هي أكثر ملائمة للبيئة طوال حياتها.

- تعني أيضاً استخدام تقنية النانو لجعل عمليات التصنيع الحالية للمواد غير النانوية والمزيد من المنتجات صديقة للبيئة.

أهداف تقنية النانو الخضراء:

- إنتاج المواد النانوية والمنتجات دون الإضرار بالبيئة أو صحة الإنسان.
- استخدام المبادئ القائمة في الكيمياء الخضراء والهندسة الخضراء وذلك لجعل المواد النانوية والمنتجات النانوية من دون المكونات السامة.
- استخدام أقل للطاقة والمدخلات المتجددة حيثما كان ذلك ممكناً وذلك عند درجات الحرارة المنخفضة.

- التفكير في دورة حياة كل تصميم لجميع المراحل الهندسية بالإضافة إلى تقديم مواد نانوية ومنتجات ذات تأثير أقل على البيئة.
- جعل عمليات التصنيع الحالية للمواد غير النانوية والمزيد من المنتجات صديقة للبيئة.

تكنولوجيا النانو والعمارة الداخلية المستدامة:

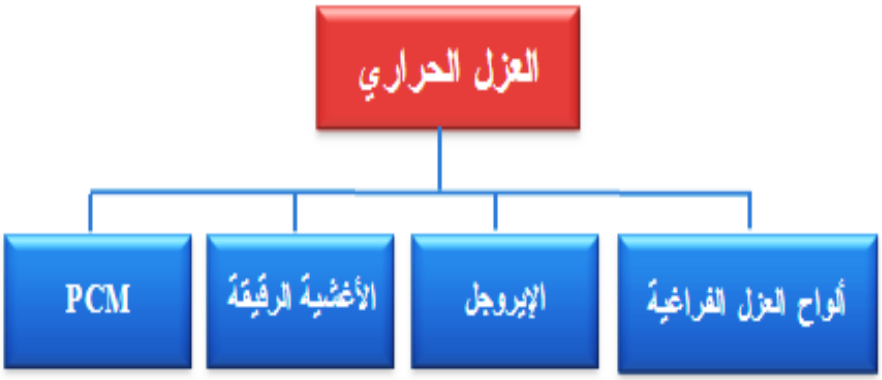
تسعى تقنية النانو إلى تحقيق التصميم المستدام من خلال اتجاهين:

الاتجاه الأول: تحسين كفاءة أداء المباني القائمة بالفعل عن طريق (مواد العزل، الطلاءات، أجهزة النانو)

الاتجاه الثاني: تطوير خواص الخامات التي تُستخدم في تنفيذ العمارة والعمارة الداخلية المستدامة (خامات إنشائية، مواد تشطيب).

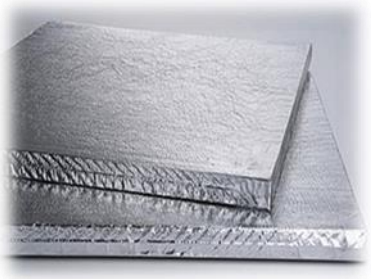
- **تحسين كفاءة أداء المبانى القائمة بالفعل:**

استخدام مواد النانو في العزل:



شكل (٤) يوضح أنواع العزل الحراري "تصميم الباحث"

جدول (١) يوضح ويلخص خصائص ومواصفات مواد النانو في العزل الحراري " تصميم الباحث":

نوع العزل	الخصائص والمواصفات	النموذج
ألواح العزل الفراغية "Vacuum Insulation Pannels (VIPs)"	- معامل التوصيل الحراري عند درجة حرارة ٢٥ درجة تصل إلى (٠,٠٠٣٥ واط/ م٢ كلفن) واط لكل متر مربع كلفن. - سمك الألواح (٨:٣٥مم). - الكثافة (٢٤٠-٢٨٠كجم/ م٣). - توفر ١٠% من المساحات الإجمالية للمبنى نظراً لقلة سمكها. - زمن التشغيل من (٣٠:٥٠سنة)	 https://www.recticelinsulation.com/en-gb/what-vacuum-insulation-panel-or-2021.-vip

الهلام الهوائي **Aerogel (Nano) Gel**	- انخفاض في التوصيل الحراري حيث أن قيمة "U-Value" تصل إلى (٠,٢٨ واط/م٢كلفن) واط لكل متر مربع كلفن. - عازل صوتي يقلل من الضوضاء المنقولة. - انخفاض الوزن (٦٠: ٨٠ كجم/ م٣). - مقاومة الأشعة فوق البنفسجية. - نفاذية الضوء الطبيعي إلى٧٥%. - طارد للماء والرطوبة. - مقاومة الحرارة العالية.	 https://arquitecturaviva.com/articles/nano-aerogels-in-architectureMay2022.
الأغشية الرقيقة **Thin-Film)** **(Insulation**	- الضوء المرئي المنقول ٦١%. - يمنع٩٧% من الأشعة تحت الحمراء. - يمنع ٩٩% من الأشعة فوق البنفسجية. - يخفض درجة الحرارة النافذة إلى الفراغ الداخلي بنسبة (٢-٣ درجة) مقارنة بالمواد التقليدية.	 https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=5243-2021.
تنظيم درجة الحرارة **Temperature)** **(regulation** **(PCM)**	-عبارة عن كبسولات من البارافين وهيدرات الملح يتم دمجها في مواد البناء التقليدية مثل اللصقات وألواح الجبس وألواح الزجاج وكتل الخرسانة المعبأة ب.PCMs - التحكم في درجات الحرارة الداخلية للمبني وتنظيمها وذلك عن طريق التدفئة أو التبريد. - امتصاص الحرارة بشكل عالي وتخزينها وتقليل استهلاك الطاقة بشكل ملحوظ.	 https://renew.org.au/sanctuary-magazine/building-materials/changing-phase-are-pcms-living-up-to-their-promise/2022.

الطلاءات(الدهانات) النانوية:

خصائص دهانات النانو:

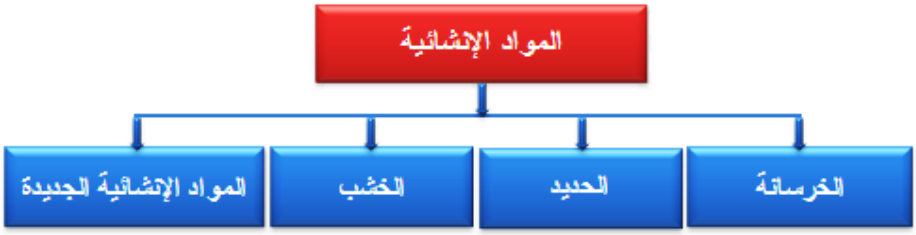
- ا- التنظيف الذاتي - تأثير اللوتس (Self-Cleaning – Lotus):
- ب - التنظيف الذاتي - التحفيز الضوئي (Self-Cleaning:- Photocatalysis)
- ج - سهولة التنظيف (ETC Easy to cleaning):
- د- الطلاء المضاد للانعكاس (Anti-Reflective):
- هـ - طلاء ضد الخدش ومقاومة للكشط (Scratch Proof and abrasion-resistant):
- و- طلاء مكافحة الضباب (Anti-Fogging Coating):

- ز- طلاء مقاومة الكتابة على الجدران (Anti-Graffiti Coating):
- ح- طلاء مكافحة بصمات الأصابع (Anti-fingerprint Coating):
- ط- عزل الحرارة ومقاومة الرطوبة والأملاح والصدأ(Heat insulation, moisture resistance, salts and rust):
- ى- مقاومة الحريق (Fire-Proof):
- ك- تنقية الهواء (Air-Purifying):
- ل- مضاد للجراثيم والبكتيريا (Antibacterial):

مميزات الدهانات النانوية:

- لا تلتصق بها الأتربة، وتقوم بإخفاء عيوب الأسطح والجدران.
- عديمة الرائحة وغير سامة، كما أنها صديقة للبيئة، وتستخدم للأسطح المختلفة.
- زيادة كفاءة الطاقة، والتصدي لمشاكل تغيير المناخ، والمساهمة في تقليص انبعاث الغازات المسببة للإحتباس الحراري.
- إقتصادية من حيث استهلاك كمية الدهانات وكذلك في توفير الوقت.
- لها قوة التصاق كبرى، ولها قدرة على الاستمرار بنفس كفاءة اللون وجماله لمدة ١٥ عاماً.
- تنوع ألوانها بالإضافة إلى الشفاف منها الذي يستخدم في الزجاج والمعادن.
- لها القدرة على مقاومة الخدش والتآكل والتفتت ومقاومة الجراثيم والبكتيريا ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية ومقاومة الحريق ومقاومة بصمات الأصابع.
- سهلة التنظيف فالقليل من الماء يكفي لتنظيفها.
- ذاتية التنظيف وبالتالي خفض تكاليف الصيانة.

المواد الإنشائية:



شكل (٥) يوضح المواد الإنشائية "تصميم الباحث"

الخرسانة:

مميزات الخرسانة النانوية:

- تحسين قوة الضغط.
- تحسين القدرة على التحمل.
- تحسين كثافة الخرسانة.
- معالجة التشققات والشروخ ذاتياً.
- إضافة النانو سيليكا يحمي الخرسانة من التآكل.

شكل (٦) يوضح خرسانة النانو المستخدمة في مركز حيدر عليف
https://www.urtrips.com/heydar-aliyev-center-bakuMay2022

الحديد:

مميزات حديد النانو:

- مقاوم للتصدعات أكثرمن ٥ أضعاف الحديد العادي.
- زيادة المتانة والصلابة.
- تحسين قوة الوصلات والمناطق الملحومة.
- مقاوم للصدأ والتآكل.
- توفيرفي حديد تسليح الخرسانة بنسب ة٢٠:٥٠%.

شكل (٧) يوضح حديد النانو MMFX2
http://egy.arch.blogspot.com.eg/transparent-concrete.html/2011/04.

الخشب:

مميزات الخشب المعالج بالنانو:

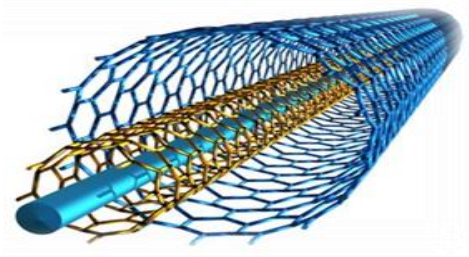
- خفة الوزن والمرونة ومقاومة للتصدعات والتآكل.
- منخفض التكاليف.
- مادة صديقة للبيئة.
- مقاوم للحريق.
- ذاتي التنظيف.
- مقاوم للبكتيريا والفطريات والتعفن.
- عدم تغيير لونه.

شكل (٨) يوضح الخشب المعالج بالنانو
https://www.google.com/search?q=nano+wood&tbm=isch&vedMay2022.

الخامات الإنشائية الجديدة:

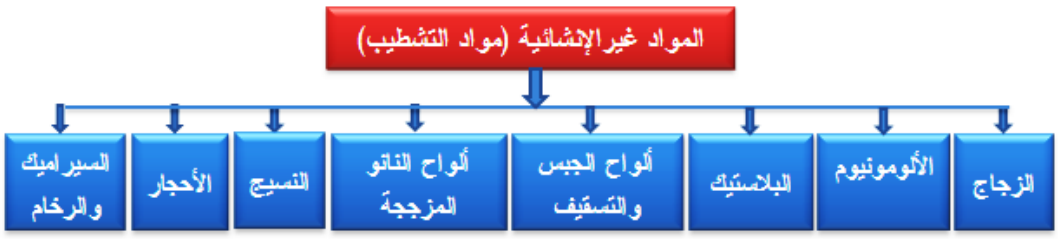
مميزات أنابيب النانو كربون:

- موصل أو شبه موصل للكهرباء.
- أقوى من الحديد بمقدار ١٠٠ مرة وأخف منه في الوزن ب مقدار٦ مرات.
- أخف ١٠ مرات من الصلب وأقوى منه بمقدار ٢٥٠مرة.
- لها مقاومة شد عالية جداً.
- الحصول على خلايا شمسية تنتج بالكهرباء.



شكل (٩) يوضح أنابيب النانو كربون
https://worldofnanoscience.weebly.com/nanotube--carbon-fiber-overview.html-March2021.

المواد غير الإنشائية (مواد التشطيب):



شكل (١٠) يوضح المواد غير الإنشائية (مواد التشطيب)"تصميم الباحث"

الزجاج:

شكل (١١) يوضح أنواع زجاج النانو "تصميم الباحث"

مميزات زجاج النانو:

- التنظيف الذاتي وبالتالي تقليل تكاليف الصيانة.
- عاكس لأشعة الشمس فوق البنفسجية UV.
- الحماية من الحريق.
- الحد من التصاق الأتربة عليه.
- التحكم في الضوء النافذ.
- منع التسرب الحراري لأشعة الشمس.

الألومونيوم:

مميزات الألومونيوم المركب: Nano-PVDF

- اقتصادية التكلفة حيث يصعب التصاق الغبار على سطحه وبالتالي توفير الكثير من تكاليف الأيدي العاملة للتنظيف.
- يمتاز سطحه بالمقاومة العالية للمياه والأوساخ، وسهولة التنظيف، مقاوم لكل من التلوث، الزيوت والدهون، الحريق، الصدأ، الصدمات، مقاومة القلويات والأحماض، مقاومة الإحتكاك، مقاومة العوامل الجوية المختلفة، عازل للحرارة والصوت، ثبات الألوان وتنوعها، خفة الوزن، سهولة التصنيع، سهولة الصيانة.
- يمتاز بالمتانة ونعومة سطحه، يدوم لفترة زمنية طويلة مقارنة مع الألواح التقليدية ولذلك يعد من أفضل أنواع الألومونيوم.
- يستخدم في تكسيات الواجهات الخارجية للمباني وهو مثالي في تطبيقات العمارة الداخلية، حيث يستخدم في الجدران الداخلية للمباني السكنية ومراكز التسوق والمباني التجارية الضخمة والمباني الصناعية والمطارات والفنادق ومراكز الحافلات والمدارس والمستشفيات وأماكن الرعاية الصحية وغيرها من الأماكن التي تطلب مقاومة التلوث، كما يستخدم في تصميم السقف، وتصنيع لافتات الدعاية.

البلاستيك:

مميزات بلاستيك النانو:

- إعادة ترتيب ذرات البلاستيك ليصبح مادة موصلة أو شبه موصلة للكهرباء.

- يستخدم على الزجاج العادي لتحويله إلى زجاج ذكي.
- مقاومة الحرارة واللهب والبرودة.
- زيادة الصلابة.

ألواح الجبس:

مميزات ألواح الجبس المعالج بتقنية النانو:

- خفة الوزن.
- المرونة
- القوة حيث تعد أكثر صلابة ٣ أضعاف من الجبس التقليدي.
- مقاومة المياه والعفن.

سقف بيوني Bioni Roof:

هو سقف يمتاز بأداء جيد ونظام حماية على المدى البعيد وذلك باستخدام تكنولوجيا النانو من خلال تطبيق طلاء يعكس ٩٠% من ضوء الشمس، ويمنع نمو الطحالب، كما يقلل من تكاليف الطاقة في المنازل ويحسن من الظروف البيئية، كما يمتاز السقف بالناحية الجمالية أيضاً فهو مناسب لتجديد الطلاء كما أن خامات السقف متنوعة مثل الخرسانة والقرميد والطين والبلاط والحديد المموج، ويتوفر أيضاً بألوان تسقيف متعددة.

ألواح النانو المزججة Nano-glazed panels:

شكل (١٢) يوضح ألواح النانو المزججة

https://www.indiamart.com/proddetail/nano-white-20852677830.htmlMay2022.

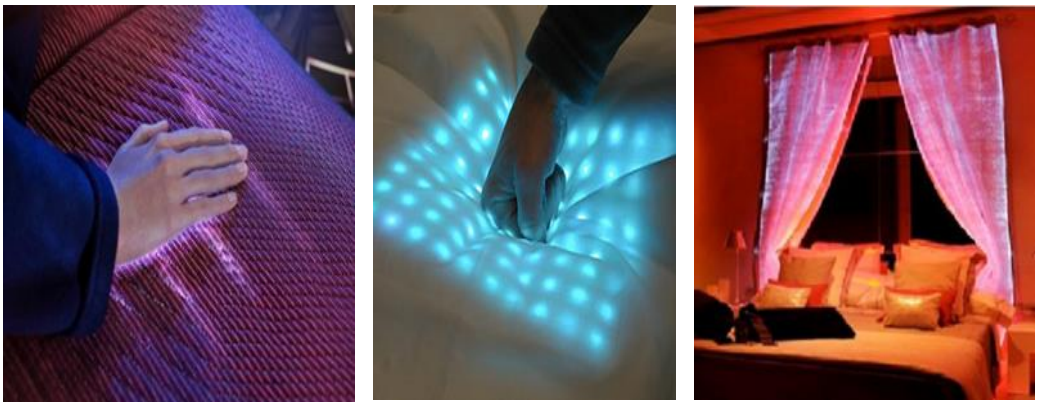
مميزات ألواح النانوالمزججة:

- يمتازبلونه الأبيض النقي ذو اللمعان الناعم الذي يعطي شكلاً جمالياً.
- عدم امتصاصه للماء والمواد الكيميائية.
- أكثر أماناً لأنه من المواد الصديقة للبيئة.
- يعزز الناحية الجمالية في الحيزات الداخلية ويدوم طويلاً.
- خالي من الثقوب لذا يستخدم في الحوائط والأرضيات والأحواض وأسطح المناضد.

النسيج المعالج بتقنية النانو:

مميزات الأنسجة النانوية:

- ذاتية التنظيف.
- ضد الماء والسوائل بأنواعها حيث تعتبر طارد قوي للماء.
- الإحتفاظ بنعومة النسيج الطبيعي والسماح له بالتنفس بشكل طبيعي.
- إطالة عمر النسيج وتوفير حماية طويلة الأمد له.
- التفوق على المعالجات التقليدية للنسيج.
- يستخدم في صناعة الملابس والأثاث.
- مضيئة ومتغيرة اللون بواسطة اللمس. كما هو موضح في شكل (١٣).



شكل (١٣) يوضح النسيج الذكي (Elec-Tex) واستخدامه في العمارة الداخلية

https://www.researchgate.net/publication/335193255_Applications_of_Nanotechnology_in_Textiles_A_ReviewNovember2021.

الأحجار:

مميزات الأحجار المعالجة بتقنية النانو:

- مقاومة البقع والأملاح والأمطار.
- الحماية من التفتت.
- مقاومة الدهون.
- مقاومة الأشعة فوق البنفسجية والتغير في درجات الحرارة.
- مقاومة الرطوبة العالية.
- مقاومة الخدش.
- مقاومة الكيماويات والمركبات العضوية.
- صديق للبيئة وسهل التنظيف.

شكل (١٤) الحجر قبل وبعد المعالجة بطلاء النانو

https://www.ec21.com/product-details/Water-based-Nano-Hydrophobic-Water-.html-2021

السراميك والرخام:

مميزات السيراميك والرخام المعالج بتقنية النانو:

- زيادة المتانة والقوة ومقاومة الخدش.
- قابلية التشكيل المرنة.
- سهولة التنظيف.
- مضاد للبكتيريا والملوثات.
- الاحتفاظ بلون الرخام وملمسه وعدم تغييره.
- تقليل التكاليف التشغيلية.

شكل (١٥) يوضح سيراميك النانو في معرض اكسبو
https://www.designcurial.com/news/the-national-pavilions-of-expo-with-stephen-hitchins-2015

تقييم مباني النانو:

جدول (٢) يوضح نقاط التقييم للمباني المطبق بها تقنية النانو:

نقاط التقييم														
جيد ●	متوسط ◒	ضعيف ◉	غير متوفر ○											
نقاط التقييم	المعايير الإقتصادية			المعايير الجمالية	المعايير الوظيفية	العمر الافتراضي	مقاومة الحريق	صديق للبيئة	مضاد للإنعكاس	مضاد للكتابة على الجدران	تنقية الهواء	مضاد للجراثيم والبكتيريا	عزل الحرارة ومقاومة الرطوبة والأملاح والصدأ	
	توفير الطاقة	الصيانة	التنظيف الذاتي (تأثيرزهرة اللوتس)	التنظيف الذاتي (التحفيز الضوئي)										
عدد المعايير: ١٤معيار														

المصدر: عبد الله، عبد الله أحمد، تأثير تطبيقات مواد النانو على المواد المستخدمة في الواجهات الخارجية للمباني، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة،٢٠١٧م.

المراكز الصحية:

تعد أول مستوى للإتصال في نظام الرعاية الصحية لتحسين الصحة العامة، ويتم من خلالها تقديم الخدمات الأساسية والمتمثلة في خدمات صحة الطفل والتطعيمات وصحة الأم والصحة الإنجابية والأمراض المزمنة والمعدية والطفيلية وخدمات الصحة العامة.

العمارة الداخلية لمراكز الرعاية الصحية:

الاشتراطات العامة الواجب توافرها في العمارة الداخلية لمراكز الرعاية الصحية:

يراعى عند تصميم العمارة الداخلية لمراكز الرعاية الصحية عدة شروط:

- تقليل الضوضاء إلى المستوى الصحي الذي لا يؤدي إلى أي ضرر سواء للمريض أو فريق العمل وذلك من خلال معايير العزل الصوتي في المراكز الصحية.
- أن تكون الإضاءة بالشكل الملائم لتقديم الخدمة على أعلى مستوى، كما يجب أن تحصل غرفة المريض على الإنارة الطبيعية دون عائق.

- تجهيز المنشأ داخلياً بشبكة متكاملة لتكنولوجيا المعلومات والتي تربط كل أجهزة الكمبيوتر سواء فى غرفة الملفات وغرفة طبيب الأسرة والصيدلية والمعمل سويًا، وذلك لكي يتم إدخال البيانات بشكل متكامل وبما يتيح معرفة التكلفة الحقيقية للدواء والفحوصات كما يمنع ازدواجية تقديم الخدمة المقدمة للمرضى في أكثر من مكان مما يقلل من التكلفة ويضمن تخصيص الموارد بشكل أفضل.
- توفير بيئة ملائمة للمريض بشكل يضمن توفير الخصوصية والسرية وسهولة الحركة للمريض والمرافقين له وفريق العمل لتقديم الرعاية الصحية الأساسية للمريض، كما يجب توفير الإحساس بالأمان والراحة النفسية والجسدية للمريض سواء في فراغاته الداخلية أو الخارجية ويمكن تحقيق ذلك من خلال الأخذ بعين الاعتبار مقياس الكتل والأحجام المستخدمة، بالإضافة إلى الألوان والإضاءة الطبيعية.... إلخ.
- أن تكون الأرضيات ذات جودة عالية لكي تتحمل الضغط الكبير الذي ينشأ عن وجود أعداد كبيرة من المرضى ومرافقيهم وأيضاً فريق العمل.
- مراعاة تشطيب الحوائط بشكل يضمن سهولة تنظيفها وغسلها لضمان مكافحة العدوى.
- مراعاة أن تكون الأرضيات والحوائط ذات أسطح مستوية ومن مواد تشطيب بدون فواصل ما أمكن مثل الفينيل (P.V.C) أو دهانات الإيبوكسى الخاصة بالأرضيات.
- أن تكون الأسقف معلقة ومجهزة بالإضاءة والصوت.
- مراعاة التصميم الوظيفي للأبواب والشبابيك بالغرف والذي يضمن توفير إضاءة مناسبة لهذه الغرف.
- وجود أماكن للمكيفات ووجود النوافذ للتهوية الطبيعية للأماكن المخصصة لحفظ الأدوات والتي تشترط وجود تهوية جيدة.
- مراعاة السلامة البيئية للفريق الطبي والمرضى والمرافقين ووجود منزلق لسهولة حركة الكراسي المتحركة الخاصة بالمرضى داخل المركز.
- ألا يقل عرض الممرات الداخلية عن مترين وأن تكون مضاءة ومهواه بفتحات تبعد الواحدة عن الأخرى ٢,٥م على الأكثر، كما يجب توفير نظام تأمين بها ضد الحريق، ولهذا السبب يجب تفادي طلاء الجدران بمواد قابلة للإشتعال، كما يجب عمل عزل صوتي لها.
- يجب أن تكون السلالم والمصاعد مجمعة في مناطق بؤر الحركة بين أقسام المركز الصحي، كما يجب ألا يقل العرض الصافي للسلم عن ١,٥متر وبأبعاد تحقق راحة مستعمليها في الصعود والهبوط، وأفضلها هو أن تكون مساحة السلمة ٣٠سم أفقياً و١٦ سم رأسياً ولا يزيد عددها عن ١٥ درجة ولا يقل عن ٣ درجات وألا تقل عرض بسطة السلم عن عرض السلم، كما يجب تواجد سلالم الهروب والتي تفتح على الهواء الخارجي وليست على مناور.
- أن تسمح جميع التجهيزات والمعدات بالفراغ بسهولة التنظيف ولا تساعد على تجميع الأتربة عليها أو تحتها.
- يجب الإلتزام بعدم انتقال العدوى خاصة في الأماكن التي يكون بها اتصال مباشر مع المريض أو يتم التعامل فيها مع الدم أو سوائل الجسم.
- أن تكون أسطح العمل سهلة التنظيف وغير قابلة للاحتراق.
- أن تكون جميع أسطح الفراغات العلاجية للمرضى بما فى ذلك جناح العمليات، العناية المركزة، وقسم التوليد والعناية المركزة لحديثي الولادة ذات تشطيبات ملساء بدون فواصل، وألا تتأثر بمواد التنظيف والمطهرات، وأن تكون الأرضيات مانعة لتكوين الشحنات الكهربائية الاستاتيكية في غرف العمليات والعناية المركزة.

- مراعاة تركيب مصدات طولية أفقية على جوانب الطرقات وبعض الغرف وتكون من مواد مناسبة مثل (الخشب، المعدن، اللدائن...الخ) وعلى ارتفاعات مناسبة (٨٠ – ١٠٠ سم) وذلك لحماية هذه الجوانب من مرور أسرة ونقالات المرضى وأية أجهزة متحركة، كما يراعى تركيب زوايا (مصدات) رأسية من مواد مناسبة (خشبية، معدنية، لدائن) على أركان تلاقي الحوائط خاصة في الغرف والطرقات وفراغات التوزيع.
- يجب الأخذ بنظر الاعتبار عامل سهولة صيانة وتنظيف جميع أقسام المركز الصحي.
- ينبغي لمصمم العمارة الداخلية عند تصميم الفراغات الداخلية للمركز الصحي التنبؤ باحتمالات أن هناك بعض الأقسام في المراكز الصحية تكون أكثر عرضة من غيرها من الأقسام للامتداد والتوسع، ولذلك فيجب الأخذ بعين الاعتبارالسماح بهذه الامتدادات سواء أفقية أو رأسية لمواجهة هذه الاحتياجات المستقبلية.
- ينبغي على مصمم العمارة الداخلية مراعاة التأثير السيكولوجي والفسيولوجي للألوان على مستخدمي مراكز الرعاية الصحية حيث تلعب الألوان دوراً محورياً في المراكز الصحية وليست باعتبارها ناحية تجميلية أو تكميلية فقط كما هو المفهوم السائد بين العامة.

نماذج مختلفة توضح المشكلات التصميمية لبعض المراكز الصحية المحلية:

شكل (١٦) يوضح المشكلات التصميمية في بعض المراكز الصحية

من خلال الصور السابقة يتضح لنا عدم الاهتمام التام بالنظافة العامة ونظافة غرف الكشف والعلاج للمرضى وكذلك الأدوات والمعدات المستخدمة، ويتضح الافتقار التام لنظافة دورات المياه، وعدم الإهتمام بسلة المهملات الموجودة بداخلها وتركها لتتراكم بها النفايات، مما له عظيم الأثر في انتشار البكتيريا والجراثيم والملوثات وخلق بيئة غير صحية للمرضى وإبطاء عملية المثول بالشفاء لهم، مما يبرز أهمية تطبيقات تكنولوجيا النانوالخضراء والدور الهام الذي تقوم به في مجال العمارة الداخلية بشكل عام وفي مجال الرعاية الصحية بشكل خاص والذي يتضح في المثال التطبيقي العالمي التالي.

مبنى عالمي ذو تطبيقات نانوية ودراسة تأثير ذلك على الاستدامة:

جدول (٣) يوضح مستشفى ليف أولوس باسطنبول: "تصميم الباحث"

<table>
<tr><th colspan="3">مستشفى ليف أولوس LIV Ulus Hospital</th></tr>
<tr><td rowspan="4">
شكل (١٧) يوضح مستشفى ليف أولوس باسطنبول
https://www.google.com/search?q=LIV+Hospital+Ulus,+Istanbul&sxsrf=APq.</td><td>موقع المبنى</td><td>وسط اسطنبول.</td></tr>
<tr><td>نشاط المبنى</td><td>مستشفى.</td></tr>
<tr><td>المعماري</td><td>تصميم المعماري
Levent Cirpici & Atilla Kuzu</td></tr>
<tr><td>تاريخ الإنشاء</td><td>عام ٢٠١٢م.</td></tr>
<tr><th colspan="3">وصف المبنى</th></tr>
<tr><td colspan="2">يقدم هذا المبنى مفهوم مميز في تصميم المستشفيات والعلاج والرعاية الصحية، وتشتهرهذه المستشفى بخبرتها في تقديم خدمات أمراض القلب والأورام وجراحة العظام والأعصاب والجراحة العامة وعلاج أمراض العيون.
– تتكون من ١٥٤سريراً و٨ غرف عمليات و٥٠ قسماً في مساحة داخلية تبلغ ٣٠٠٠٠متر مربع.
– الفكرة التصميمية لهذه المستشفى مستوحاة من فكرة التعافي الذاتي لأمراض جسم الإنسان من خلال الحماية الذاتية الهائلة لجسم الإنسان وتحليل سلوك الأنسجة والخلايا والحصول على هندسة الأشكال والمواد العضوية وتطبيقها على البنية المعمارية كما هو موضح في شكل (١٨).
– تعتمد العمارة الداخلية للمستشفى على استخدام المواد الطبيعية والمواد النانوية ليس فقط لتوفير بيئة صحية للمرضى والموظفين والزوار، ولكن أيضاً للوصول إلى تحقيق مستوى من الاستدامة، كما تم الاعتماد على خصائص الحماية من الطاقة الشمسية كعناصر تكميلية في التصميم.</td><td>

شكل (١٨) يوضح مستشفى ليف أولوس من الداخل
https://www.google.com/search?q=LIV+Hospital+Ulus,+Istanbul&sxsrf=APq.</td></tr>
</table>

توظيف تطبيقات تكنولوجيا النانوالخضراء في العمارة الداخلية لمستشفى ليف أولوس

تم استخدام مواد البناء القائمة على النانو في العمارة الداخلية لهذه المستشفى وذلك من خلال التركيز على استخدامها في غرف المرضى وكذلك دورات المياه الخاصة بهم كما هو موضح في شكل (١٩)، شكل (٢٠) حيث **تم استخدام:**

-**طلاءات النانو (طلاء التنظيف الذاتي، طلاء سهولة التنظيف):** والذي ساعد في التنظيف والتطهير المستمر للفراغات الداخلية كما ساعد أيضاً في عدم استخدام المواد الكيميائية المستخدمة في التطهير التقليدي، مما يخلق بيئة داخلية صحية للمرضى والمستخدمين وكذلك عدم التأثير السلبي على البيئة، كما ينعكس على توفير تكاليف الصيانة وتوفير الأيدى العاملة وتوفير الطاقة أيضاً.

-**طلاء تنقية الهواء:** والذي له دور هام في تحسين جودة الهواء الداخلي ومن ثم تنقيته كما يعمل على تقليل مشاكل التهوية الداخلية للفراغات الداخلية، ويرجع ذلك للدور الهام الذي تقوم به تكنولوجيا النانو في التخلص من المواد العضوية الضارة الموجودة بالهواء واستئصال الروائح الكريهة والملوثات وتقوم بتحليلها كيميائياً وتكسيرها إلى مواد أبسط غير ضارة وتكوين ناتج من البخار.

- **طلاء مضاد للبكتيريا والجراثيم:** والذي له دور هام في القضاء على الجراثيم والبكتيريا وذلك بمساعدة جزيئات نانو الفضة الموجودة به، حيث تم استخدامه في الفراغات الداخلية للمستشفى والمتمثلة في الأجهزة والمستلزمات الطبية وفي الأثاث والمنسوجات والمواد الصحية والأرفف وأسطح العمل ومقابض الأبواب ومفاتيح الإنارة فهو يستهدف البكتيريا ومن ثم يدمرها.

-**طلاءمقاومة الحريق:** والذي يتميز بمقاومة عالية للحريق وتقليل فاعلية الاشتعال وتأخيره وذلك من خلال انتاجه مادة رغوية عند حدوث الحريق تعمل على تشكيل طبقة عازلة للحرارة.

شكل (١٩) يوضح غرف مرضى مستشفى ليف أولوس
https://www.google.com/search?q=bedroom+for+liv+hospital+ulus,+istanbul&sxsrf

شكل (٢٠) يوضح دورات مياه غرف المرضى
https://www.google.com/search?q=bathroom+for+liv+hospital+ulus,+istanbul&sxsrf=AP.q

– **طلاء مضاد للخدش والاحتكاك:** والذي يتميز بمقاومة عالية للتآكل والتفتت والخدوش في الأثاث والأرضيات والتي تتحمل مجهوداً شاقاً من قبل المستخدمين، مما يمنح المواد عمراً أطول وذلك لأنه يوفر حماية خارجية مغلفة تشبه الزجاج.

– **طلاء مضاد لبصمات الأصابع:** والذي يتميز بالحفاظ على الشكل الجمالي للفراغات الداخلية والتي تستخدم بكثرة من قبل المرضى والمستخدمين والزوار، مما يساعد في توفير الوقت والجهد المبذول وكذلك توفير تكاليف أعمال التنظيف.

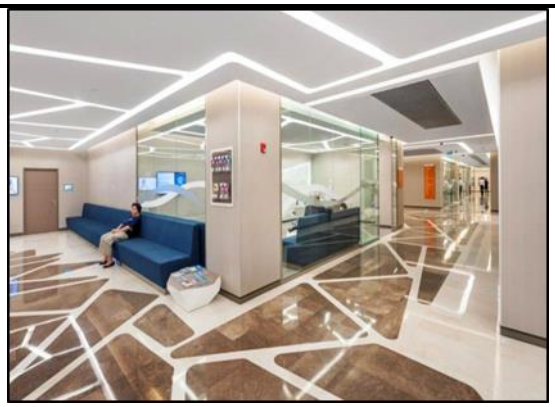
– **مواد العزل الحراري والصوتي:** حيث تم استخدام أغشية النانو الرقيقة والتي تتميز بأقصى عزل حراري وأعلى وضوح للرؤية وأعلى دخول للأشعة النافعة وثبات درجة حرارة الحيزات الداخلية، كما أنها عازلة للصوت والضوضاء بكفاءة عالية، مما يعمل على الراحة الحرارية والصوتية للمرضى وكذلك ترشيد استهلاك الطاقة بشكل ملحوظ (توفير أعمال المكيفات) والحد من النفقات الكهربائية.

– **ألواح النانو المزججة:** والتي تتميز بلونها الأبيض الناعم الذي يعزز الناحية الجمالية للحيزات الداخلية، كما تتميز بالمتانة والصلابة وأنه أكثر أماناً لأنه يتميز بعدم امتصاصه للماء والمواد الكيميائية فهو يعد من المواد الصديقة للبيئة.

– **السيراميك:** والذي يمتاز بشكله الجمالي ومتانته ومقاومته للخدوش وسهولة تنظيفه ومقاومته للبكتيريا والملوثات، كما هو موضح في شكل (٢١).

– **الأكريليك:** وألذ تم استخدامه في الأثاث غير المتحرك وفي المواد الصحية فهو يمتاز بمتانته ومقاومة البكتيريا وسهولة تنظيفه ومقاومة الحريق وسهولة صيانته وطول عمره الافتراضي كما هو موضح في شكل (٢٢).

–**ستائر النانو:** تتميز بشكلها الجمالي والمقاومة للحريق والبقع والسوائل والأشعة فوق البنفسجية وتتميزبطول عمرها الافتراضي، كما هو موضح في شكل (٢٣).



شكل (٢١) يوضح السيراميك المستخدم

https://www.google.com/search?q=floors+for+liv+hospital+ulus%2C+istanbul&tbm=isc

شكل (٢٢) يوضح الأكريليك المستخدم في الأثاث الثابت

https://www.google.com/search?q=waiting+area+in+hospital+ulus%2C+istanbul&tbm

شكل (٢٣) يوضح ستائر النانو المستخدمة

https://www.google.com/search?q=LIV+Hospital+Ulus,+Istanbul&sxsrf=APq-2022

النتائج:

1. نجحت تكنولوجيا النانو في تحقيق معاييرالاستدامة وذلك من خلال اتجاهين:

- تحسين كفاءة وأداء العمارة الداخلية للمباني القائمة بالفعل عن طريق (المواد العازلة أو الطلاءات أو أجهزة النانو).
- تطوير وتحسين خواص الخامات المستخدمة في العمارة الداخلية سواء كانت خامات إنشائية أو مكملة.

2. ساعدت تطبيقات تكنولوجيا النانو مصمم العمارة الداخلية في العديد من الحلول المبتكرة في جميع أنواع الحيزات الداخلية بشكل عام وفي العمارة الداخلية لمراكز الرعاية الصحية بشكل خاص والذي أدى بدوره إلى رفع كفاءة وأداء العمارة الداخلية لمراكز الرعاية الصحية.

3. لتكنولوجيا النانو دور هام في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية وتقليل تكاليف أعمال الصيانة والتنظيف والأيدي العاملة وإطالة العمر الافتراضي للمبنى.

التوصيات:

1. توجيه البحوث العلمية والتطبيقية نحو علوم تكنولوجيا النانو إلى الباحثين والأكاديميين في الكليات العلمية وخاصة في مجال العمارة الداخلية.

2. محاولة مواكبة التقدم التكنولوجي وزيادة التوعية لدى مصممي العمارة الداخلية بتقنية النانو وأهميتها في العمارة الداخلية وذلك من خلال المؤتمرات والندوات.

3. استبدال الخامات التقليدية المستخدمة في العمارة الداخلية بخامات النانو الخضراء خاصة في المراكز الصحية لما تتميز به من خواص فريدة تعمل على تحقيق الاستدامة في أفضل صورها.

المراجع:

- أحمد، مرفت رشاد، **التطبيقات البيئية الخضراء لتكنولوجيا النانو في المستقبل**، بحث منشور، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية، ٢٠١٨.

Ahmed, mervat rashad, elttbekat elbeaeya el khadraa lteknologya elnano fe elmostakbal, bahth manshor, gameat elkaseem, elmmlaka elarabia elsoaodia, 2018.

- الإسكندراني، محمد شريف، **تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل**، عالم المعرفة، الكويت، ٢٠١٠م.

Eleskandrany, Mohamed sherif, teknologya elnano mn agl ghad afdal, aalam elmarfa, elkwait, 2010.

- اسليمية، براءة محمد، **تصميم مركز صحي شامل**، بحث مقدم كمشروع تخرج، كلية الهندسة والتكنولوجيا، جامعة بوليتكنك، فلسطين.

Aslemya, Braaa, tasmem mrkz shy shamel, bahs mokadam k mshroa tkharog, koleyat elhandasa w elteknologya, gameat boleteknek, Falastin.

- الجارحي، محمود سعد عبد الفتاح، **" المعايير التصميمية لنظام الريادة في الطاقة والتصميم البيئي (Leed) وتطبيقاتها في مجال التصميم الداخلي"**، ٢٠١٥.

Elgarhy, Mahmoud saad abdelfatah, elmaayeer eltasmemya lnzam elryada fe eltaka w eltasmem elbeay (leed), wttbekatha fe mgal eltasmem eldakhely,2015.

- دليل الخطة الإستراتيجية لتطوير وحدات الرعاية الصحية الأولية بالدول العربية عام ٢٠١٤م.

Dalel el kheta elestrategya lttwer whdat elraaya elshya elawlya b eldwl elarabia aam 2014.

- عبد الرضا، دينا، **أثر تطبيقات تكنولوجيا النانو على حيزات العمارة الداخلية السكنية**، رسالة ماجستير، كلية الفنون الجميلة، جامعة حلوان،٢٠١٣م.

Abdel reda, Dina, athr ttbekat teknologya elnano ala hyzat elamara el dakhlya elsakanya, resalat magestair, koleyat elfnon elgamila, gameat helwan,2013.

- عبد الله، عبد الله أحمد، **تأثير تطبيقات مواد النانو على المواد المستخدمة في الواجهات الخارجية للمباني**، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة،٢٠١٧م.

Abdallah, abdallah ahmed, tather ttbekat mwad elnano ala elmwad elmostakhdama fe elwaghat elkhargya llmbany, resalat magestair, koleyat elhandasa, gameat elkahera,2017.

- Central Texas Clean Air , Breathing Easier: A Citizens participation Guide to cleaner Air , Texas: Bastrop, Clad Well, Hays, Travis and Williamson Counties,USA,2001.P.27.
- Sixth international conference on nanotechnology in construction,2014.
- http://egy-arch.blogspot.com.eg/transparent-concrete.html/2011/04.
- https://arquitecturaviva.com/articles/nano-aerogels-in-architectureMay2022.
- https://worldofnanoscience.weebly.com/nanotube--carbon-fiber-overview.html-March2021.
- https://www.designcurial.com/news/the-national-pavilions-of-expo-with-stephen-hitchins-2015.
- https://www.ec21.com/product-details/Water-based-Nano-Hydrophobic-Water-html-2021.
- https://www.google.com/search?q=bathroom+for+liv+hospital+ulus,+istanbul&sxsrf=AP.q , March2022.
- https://www.google.com/search?q=bedroom+for+liv+hospital+ulus,+istanbul&sxsrf, March2022.
- https://www.google.com/search?q=floors+for+liv+hospital+ulus%2C+istanbul&tbm=isc, March2022.
- https://www.google.com/search?q=LIV+Hospital+Ulus,+Istanbul&sxsrf=APq, March2022.
- https://www.google.com/search?q=nano+wood&tbm=isch&vedMay2022.
- https://www.google.com/search?q=waiting+area+in+hospital+ulus%2C+istanbul&tbm, March/2022.
- https://www.indiamart.com/proddetail/nano-white-20852677830.htmlMay2022.
- https://www.researchgate.net/publication/335193255_Applications_of_Nanotechnology_in_Textiles_A_ReviewNovember2021.
- https://www.urtrips.com/heydar-aliyev-center-bakuMay2022.