دور النانوتكنولوجى في تحقيق رفع الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي للمباني التعليمية في اطار الاستدامة
دراسة تطبيقية

إعداد

م. خالد هشام محمود ابراهيم فهمى

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة ، جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على درجة **دكتوراه الفلسفة**

في

الهندسة المعمارية

كلية الهندسة – جامعة القاهرة

الجيزة ، جمهورية مصر العربية

٢٠١٨

دور النانوتكنولوجى في تحقيق رفع الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي للمباني التعليمية في اطار الاستدامة
دراسة تطبيقية

إعداد

م. خالد هشام محمود ابراهيم فهمي

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة ، جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على **درجة دكتوراه الفلسفة**

في

الهندسة المعمارية

تحت إشراف

أ.م.د. محمد رضا عبد الله

أستاذ مساعد بقسم العمارة

كلية الهندسة – جامعة القاهرة

أ.د. هشام سامح حسين سامح

أستاذ العمارة – قسم الهندسة المعمارية

كلية الهندسة – جامعة القاهرة

كلية الهندسة – جامعة القاهرة

الجيزة ، جمهورية مصر العربية

٢٠١٨

دور النانوتكنولوجى في تحقيق رفع الكفاءة الحرارية للغلاف الخارجي للمباني التعليمية في اطار الاستدامة

دراسة تطبيقية

إعداد

م. خالد هشام محمود ابراهيم فهمي

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة ، جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على درجة **دكتوراه الفلسفة**

في

الهندسة المعمارية

يعتمد من لجنة الممتحنين

ـ أستاذ دكتور/ **هشام سامح حسين سامح** أستاذ العمارة – قسم الهندسة المعمارية ـ كلية الهندسة – جامعة القاهرة	**المشرف الرئيسي**
ـ أستاذ دكتور/ **محمد رضـــا عبد الله** أستاذ العمارة المساعد – قسم الهندسة المعمارية ـ كلية الهندسة – جامعة القاهرة	**المشرف**
ـ أستاذ دكتور/ **ايمن حسان احمد محمود** أستاذ العمارة – قسم الهندسة المعمارية ـ كلية الهندسة – جامعة القاهرة	**الممتحن الداخلى**
ـ أستاذ دكتور/ **شريف محمد صبرى العطار** أستاذ العمارة ووكيل كليه الهندسة سابقا – جامعة الفيوم	**الممتحن الخارجى**

قسـم الهندسـة المعمـاريـة
كليـة الهندسـة ، جامعـة القاهـرة

٢٠١٨

بسم الله الرحمن الرحيم

قالوا سبحانك لا علم لنا الا ما علمتنا انك أنت العليم الحكيم

صدق الله العظيم

شكر وتقدير

بسِمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(الْحَمْدُ لِلَّهِ الذَّي هَدَاناَ لِهَذَا وَمَا كُنَّا لِنَهْتَدِيَ لوَلاَ أَنْ هَدَانا اللَّهُ)

أحمد الله تعالي الذي وفقني ومكنني من إنهاء هذا العمل، وأتوجه بخالص الشكر والتقدير لأساتذتي الكرام:

الدكتور / هشام سامح حسين سامح

أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

الدكتور / محمد رضا عبد الله على

أستاذ العمارة المساعد بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

على كل ما قدموه من عون ونصائح وتوجيهات كانت لها الفضل فى إخراج هذا البحث فى هذة الصورة. ومساعدتى فى تخطى اى عثرات صادفت البحث، داعياً الله لهم بمزيد من التوفيق.

كما أتوجه بالشكر إلى أساتذتي الذين تشرفت بتقييمهم لهذا العمل:

الدكتور / ايمن حسان احمد محمود

أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

الدكتور / شريف صبرى محمد العطار

أستاذ العمارة ووكيل كليه الهندسة سابقا – جامعة الفيوم

على قبولهما الدعوة بالحضور لمناقشة هذا البحث داعياً الله ان يلقى قبولاً ، فلهم مني كامل الإعتزاز والتقدير.

ولحضراتكم جزيل الشكر والتقدير وجزاكم الله خير الجزاء

الباحث

مهندس معماري / خالد هشام

إهـداء

الى جدى .....رحمه الله

الى خالى العزيز مثلى الاعلى وأفضل صديق لى

الى والدى و والدتى

إلي كل من ساعد وساهم فى خروج هذا العمل بهذه الصورة

أتقدم لهم جميعاً بخالص الشكر والتقدير

داعيا الله عز وجل أن يكون خالصاً لوجهه الكريم

الباحث

مهندس معماري / خالد هشام محمود

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
الآية	أ
اهداء	ب
شكر وتقدير	ج
فهرس المحتويات	د
فهرس الأشكال	ل
فهرس الجداول	ث
المقدمه	ذ
الإشكالية البحثية	ذ
أسباب المشكلة	ض
أهمية البحث	غ
الفرضية البحثية	ظ
أهدف البحث	ظ
المناهج العلمية	ظ
مخطط الرسالة	أ أ
الإضافة البحثية	ب ب
ملخص الرسالة	ج ج
ملخص البحث	وو
الباب الأول – الفصل الأول : النانو تكنولوجي وأثره على العمارة	
المقدمه	٢
١-١ المواد النانونية Nano Materials	٣
١-٢ تصنيف المواد النانونية من حيث الأبعاد	٤
١-٢-١ المواد النانوية أحادية الأبعاد One-Dimension Nano Materials	٤
١-٢-٢ المواد النانوية ثنائية الأبعادTwo-Dimensional Nano Materials	٤
١-٢-٣ المواد النانوية ثلاثية الأبعاد Three-Dimensional Nano Materials	٥
١-٣ أشكال المواد النانونية Types of Nano Materials	٦
١-٤-٢ الخواص الكيميائية Chemical Properties	١٠
١-٤-٣ الخواص الفيزيائية Physical Properties	١٠
١-٤-٤ الخواص البصرية Optical Properties	١٠
١-٤-٥ الخواص المغناطيسية Magnetic Properties	١٠
١-٤-٦ الخواص الكهربية Electrical properties	١٠
١-٤-٧ الخواص البيولوجية Biological properties	١٠

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
١-٥ أمثلة على التطبيقات الخاصة بخواص المواد النانونية	١١
١-٦ تعريف العمارة النانونية:Nano Architecture	١١
١-٦-١ أهداف العمارة النانونية	١٢
١-٦-٢ انماط العمارة النانونية	١٣
١-٦-٢-١ العمارة المستدامة (Sustainable Architecture)	١٣
١-٦-٢-٢ العمارة الايكولوجية Ecological Architecture	١٤
١-٦-٢-٣ العمارة العضوية Organic Architecture	١٥
١-٦-٢-٤ العمارة الخضراءGreen Architecture	١٥
١-٦-٢-٥ العمارة الذكية Smart Architecture	١٦
١-٦-٢-٦ العمارة الرقمية Digital Architecture	١٧
١-٧ تطبيقات تقنية النانو في العمارة	٢١
١-٧-١ التنظيف الذاتي Self-Cleaning	٢١
١-٧-١-١ تأثير اللوتس Lotus Effect	٢١
١-٧-١-٢ المحفزات الضوئية Photo Catalysis	٢٢
١-٧-٢ سهل التنظيف Easy-to-clean (ETC)	٢٥
١-٧-٣ تنقية الهواء Air-purifying	٢٦
١-٧-٤ مكافحة الضباب Anti-Fogging	٢٦
١-٧-٥ العزل الحراري Thermal in Insulation Panels: VIP's	٢٦
١-٧-٦ تنظيم درجة الحرارة Temperature Regulation	٢٧
١-٧-٦-١ المواد متغيرة الطور Phase Change Materials (PCMs)	٢٧
١-٧-٧ الحماية من الأشعة فوق البنفسجية UV-Protection	٢٨
١-٧-٨ الحماية من أشعة الشمس Solar Protection	٢٨
١-٧-٩ مقاومة للحريق بFire-Proof	٢٩
١-٧-١٠ مكافحة الكتابة على الجدران Anti-Graffiti	٢٩
١-٧-١١ مضادة للانعكاس Anti-Reflective	٣٠
١-٧-١٢ مضاد للجراثيم Anti-Bacterial	٣١
١-٧-١٣ ضد الخدش ومقاومة للتآكل Scratch Proof and Abrasion-Resistant	٣٢
١-٨ تطبيقات معمارية لتكنولوجيا النانو	٣٣
نتائج الفصل الأول	٣٥
الباب الأول – الفصل الثاني: الاستدامة فى المبانى التعليمية	
المقدمة	٣٧

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
٢-١ المبنى التعليمى المستدام Sustainable Educational Building	٣٧
٢-٢ المبادئ الاساسية للمبانى التعليمية المستدامة	٣٧
٢-٢-١ تخفيض تكاليف التشغيل Lower Operating Costs	٣٧
٢-٢-٢ تحسين الأداء الأكاديميImproved Academic Performance	٣٨
٢-٢-٣ حماية البيئةEnvironment Protection	٣٨
٢-٢-٤ التصميم الموجه نحو الصحة والأمن والراحة:Special Design for Safety & Comfort	٣٩
٢-٢-٥ دعم قيم المجتمع، من خلالSociety Support	٣٩
٢-٣ الاستدامة فى التصميم المعمارى للمبنى التعليمى	٤٠
٢-٣-١المعايير الخاصة بالتصميم المستدام للمبانى التعليمية	٤٢
٢-٣-١-١ الهوية والظروف المحيطة Identity and Context	٤٢
٢-٣-١-٢ التخطيط المبني على المجتمع Community –Based Planning	٤٣
٢-٣-١-٣ اختيار الموقع Site Selection	٤٤
٢-٣-١-٤ تخطيط الموقع Site Plan	٤٥
٢-٣-١-٥ محيط المبنى التعليمى Educational buildings Ground	٤٥
٢-٣-١-٦ التنظيم Organization	٤٧
٢-٣-١-٧ شكل المبانى School Buildings	٤٧
٢-٣-١-٨ كفاءة الفراغات الداخلية Interiors Efficiency	٤٩
٢-٣-١-٩ المصادر Resources	٥٥
٢-٣-١-١٠ تصميم مبنى تعليمى يستطيع التطور والتكيف مع المستقبل: Long Life, Loose Fit	٥٨
نتائج الفصل	٦٢
الباب الأول – الفصل الثالث: متطلبات تصميم الغلاف الخارجى للمبانى التعليمية	
مقدمة	٦٤
٣-١ أنواع المعالجات الحرارية للواجهات بالعناصر التصميمية	٦٥
٣-١-١ توجيه الفتحات وعلاقته باتجاه الرياح السائدة	٦٦
٣-١-٢ التهوية العرضية	٦٧
٣-١-٣ التهوية العرضية المستحثة	٦٧
٣-١-٤ الموقع الرأسى للنافذة	٦٩
٣-١-٥ تصميم وطريقة فتح النافذة	٦٩
٣-١-٦ سمك الحائط	٧٠
٣-٢ أنواع المعالجات الحرارية للواجهات بالعناصر السلبية	٧٠
٣-٢-١ كاسرات الشمس	٧١

فهرس المحتويات	
الموضوع	**الصفحة**
٣-٢-١-١ أنواع كاسرات الشمس	٧١
٣-٢-١-٢ الأداء الحراري لكاسرات الشمس على الواجهات المختلفة	٧٢
٣-٣ أنواع المعالجات الحرارية للواجهات بالعناصر التقنية	٧٤
٣-٣-١ الواجهات المزدوجة فى المبانى التعليمية	٧٤
٣-٣-١-١ أنواع الواجهات المزدوجة طبقا لنوع التهوية Types of Ventilation	٧٦
٣-٣-١-٢ أنواع الواجهات المزدوجة طبقا لتقسيم الفراغ الداخلى للواجهة	٧٦
٣-٣-١-٣ أنواع الواجهات المزدوجة طبقا لحالة التهوية Mode of Ventilation	٧٩
٣-٣-١-٤ أنواع الواجهات المزدوجة طبقاً لعمق الفراغ Cavity Depth	٨٠
٣-٣-١-٥ أنواع الواجهات المزدوجة طبقاً للناحية الإنشائية: Structure of Façade	٨١
٣-٤-١-٦ تقسيم الواجهات المزدوجة إنشائياً من ناحية التدعيم الإنشائي	٨٢
٣-٤-٢ الكاسرات المتحركة Movable Louvers	٨٣
٣-٤-٢-١ أماكن وضع الكاسرات المتحركة فى الواجهة	٨٣
٣-٤-٣ النافذة الذكية Intelligent Window	٨٣
٣-٤-٤ تكسيات الواجهة المعالجة حرارياً Thermal Insulated Cladding	٨٤
٣-٤-٥ الواجهة الكهروضوئية PV Façade	٨٤
٣-٤-٦ الخلايا الكهروضوئية Photovoltaic	٨٥
٣-٤-٧ المرشحات الشمسية Solar Filter	٨٥
٣-٤-٧-١ تعريف المرشحات الشمسية Solar Filter	٨٥
٣-٤-٧-٢ مميزات المرشحات الشمسية Solar Filter	٨٦
٣-٤-٧-٣ أنواع المرشحات الشمسية Solar Filter	٨٧
نتائج الفصل الثالث	٨٧
خلاصة الباب الأول	٨٨
اللباب الثانى – الفصل الرابع : خصائص المواد النانونية وتطبيقاتها على الاغلفة الخارجية للمباني	
مقدمة	٩٢
٤-١ المواد النانوية في البناء Nanomaterials in Construction	٩٣
٤-١-١ جسيمات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية: Titanium Dioxide Nanoparticles (TiO_2)	٩٤
٤-١-٢ أنابيب الكربون النانونية Carbon Nanotubes (CNT's)	٩٥
٤-١-٢-١أنواع الأنابيب الكربون النانوية "Types of Carbon Nanotubes"	٩٦
٤-١-٢-٢ دور انابيب الكربون النانونية في مجال التشييد	٩٦

فهرس المحتويات	
الموضوع	**الصفحة**
٤-١-٣ ثانى أكسيد السيلكا "Silicon Dioxide Nanoparticles (SiO_2)"	٩٧
٤-١-٤ أكسيد الزنك Zine Oxide Nanoparticles (ZnO)	٩٧
٤-١-٥ أكسيد الزركونيوم النانوية Zirconium Oxide Nanoparticles (ZrO_2)	٩٧
٤-١-٦ جسيمات الفضة النانوية Silver Nanoparticles (Ag)	٩٧
٤-١-٧ جسيمات ثاني أكسيد الألومنيوم Aluminum Oxide Nanoparticles (Al_2O_3)	٩٧
٤-١-٨ جسيمات ثاني أكسيد التنجستن	٩٧
٤-٢ تطبيقات المواد النانونية في الاغلفة الخارجية للمباني	٩٧
٤-٢-١ الفتحات	٩٧
٤-٢-١-١ الزجاج	٩٨
٤-٢-١-٢ الجل النانونى Nano Gel	١٠٠
٤-٢-١-٣ الاطار الخارجي والداخلي للفتحات	١٠١
٤-٢-٢ الحوائط	١٠١
٤-٢-٢-١الدهانات (Stains)	١٠١
٤-٢-٣ عزل الأغلفة الخارجية للمباني	١٠٤
٤-٢-٣-١ الهلام الهوائي "Aerogel (Nanogel)"	١٠٤
٤-٢-٣-٢ الأغشية الرقيق العازلة "Thin-film insulation"	١٠٤
٤-٢-٣-٣ ألواح العزل المفرغة "Vacuum insulation panels (VIPs)"	١٠٥
٤-٢-٣-٤ مادة عازلة للمياه للأسطح الخرسانية (Surfapore C)	١٠٦
٤-٢-٣-٥ مادة عازلة للمياه الأسطح والبلاط والقراميد(Surfapore R)	١٠٦
٤-٢-٣-٦ مادة عازلة للمياه لأسطح الرخام والجرانيت والبورسلين (Surfapore M)	١٠٦
٤-٢-٤ تطبيقات تقنية النانو في مجال الطاقة	١٠٧
٤-٢-٤-١ الخلايا الشمسية (Nano Solar Cells)	١٠٧
٤-٢-٤-٢ خلايا رقيقة (Thin-Film)	١٠٨
٤-٢-٤-٣ الخلايا السيلكونية	١٠٩
٤-٢-٥ المواد اللاصقة (Adhesives Materials)	١١٠
٤-٢-٥-١ المادة الصمغية النانوية (Nano Adhesives Material)	١١٠
٤-٢-٥-٢ مادة الحشو الصمغي النانوي (Nano filler Adhesives Material)	١١٠
نتائج الفصل الرابع	١١٠
الباب الثانى – الفصل الخامس : المواد النانونية وتطبيقاتها في عزل الاغلفة الخارجية للمباني (الايروجيل Aerogel)	
مقدمة	١١٢

فهرس المحتويات	
الموضوع	**الصفحة**
٥-١ مواد العزل الحرارى للمباني	١١٤
٥-١-١ مواد العزل التقليدية	١١٥
٥-١-١-١ الصوف المعدني :Mineral Wool	١١٥
٥-١-١-٢ البوليسترين الممدد Expanded Polystyrene (EPS)	١١٧
٥-١-١-٣ البوليسترين المبثوق Extruded Polystyrene (XPS)	١١٧
٥-١-١-٤ الفلينCORK	١١٨
٥-١-١-٥ البولي يوريثان Polyurethane (PUR)	١١٩
٥-١-١-٦ السليلوز Cellulose ($(C_6H_{10}O_5)_n$)	١٢٠
٥-١-١-٧ عيوب مواد العزل التقليدية	١٢١
٥-١-٢ مواد العزل الحراري الحديثة للمباني	١٢٢
٥-١-٢-١ الواح العزل بالتفريغ Vacuum Insulated Panels(VIP)	١٢٢
٥-١-٢-٢ اللوحات المملوءة بالغاز Gas-Filled Panels (GFP)	١٢٣
٥-١-٢-٣ Phase Change Material (PCM)	١٢٥
٥-٢ الايروجيل Aerogel	١٢٦
٥-٢-١ بعض الأنواع المختلفة من مادة الايروجيل	١٢٦
٥-٢-٢ تصنيف مادة الايروجيل	١٢٧
٥-٢-٣ ايروجل السيليكا Silica Aerogel	١٢٨
٥-٢-٣-١ تركيب مادة الايروجيل سيليكا	١٢٩
٥-٢-٣-٢ خصائص ايروجل السيليكا	١٣٠
٥-٢-٣-٣ أنواع إيروجل سيليكا	١٣١
نتائج الفصل الخامس	١٤٠
خلاصة الباب الثاني	١٤١
الباب الثالث – الفصل السادس : الدراسة التحليلية للامثلة المشابهة	
مقدمة	١٤٣
٦-١ هدف الدراسة	١٤٣
٦-٢ محاور الدراسة	١٤٤
٦-٢-١ خصائص عينات الدراسة واسس اختيارها	١٤٤
٦-٣ التوصيف الدقيق للعناصر التى سوف يقوم عليها جدول الدراسة	١٤٤
٦-٤ طريقة التقييم بأستخدام المعايير السابقة	١٤٩
٦-٥ عينات الدراسة	١٤٩
٦-٥-١ اسم المبنى:Canada " national circus school" école nationale de cirque	١٥٠

فهرس المحتويات	
الموضوع	**الصفحة**
٦-٥-٢ اسم المبنى: University of Waterloo's / Mike & Ophelia Lazaridis Quantum-Nano Centre / U.S.A	١٥٢
٦-٥-٣ اسم المبنى: U.S.A / Yale University Sculpture Building And Gallery	١٥٤
٦-٥-٤ اسم المبنى: School Gymnasium, Mainz, Germany	١٥٧
٦-٥-٥ اسم المبنى: U.S.A / Krishna P.Singh Center for Nanotechnology	١٥٩
٦-٥-٦ اسم المبنى: U.K / National Graphene Institute / Jestico + Whiles	١٦٢
٦-٥-٧ اسم المبنى: The New School University Center / Skidmore, Owings & Merrill/ U.S.A	١٦٥
نتائج الفصل السادس	١٦٧
الباب الثالث – الفصل السابع : دراسة الأداء الحراري لأغلفة المباني التعليمية المعالجة بتقنية النانو في العزل	
مقدمة	١٦٩
٧-١ تعريف الراحة الإنسانية	١٦٩
٧-٢ محددات الراحة الإنسانية	١٧٠
٧-٣ تعريف الراحة الحرارية	١٧٠
٧-٣-١ عوامل تتوقف عليها الراحة الحرارية داخل المبني التعليمي	١٧٠
٧-٣-٢ متغيرات الشعور بالراحة الحرارية	١٧٢
٧-٣-٣ محددات الراحة الحرارية داخل المبني التعليمى	١٧٢
٧-٤ الانتقال الحراري عبر واجهات المباني	١٧٣
٧-٤-١ ميكانيكية انتقال الحرارة عبر واجهات المباني	١٧٣
٧-٤-١-١ التوصيل الحراري Conduction	١٧٤
٧-٤-١-٢ الحمل الحراري Convection	١٧٥
٧-٤-١-٣ الإشعاع الحراري Radiation	١٧٥
٧-٤-١-٤ البخر والتكثيف	١٧٦
٧-٤-١-٥ التسرب Infiltration	١٧٦
٧-٤-٢ عوامل انتقال الحرارة عبر واجهات المباني	١٧٦
٧-٥ الخصائص والصفات الفيزيوحرارية لمواد البناء بالواجهة التعليمية	١٧٧
٧-٥-١ تحليل الخصائص والصفات الفيزيوحرارية لمواد البناء	١٧٨
٧-٥-٢ العلاقة الحسابية بين متغيرات الخصائص والصفات الفيزيوحرارية	١٧٩
٧-٦ الانتقال الحراري عبر الواجهات عن طريق التوصيل QC	١٧٩
٧-٦-١ معامل انتقال الحرارة الكلي للحوائط THERMAL TRANSMITTANCE (U)	١٨٠
٧-٦-٢ معامل انتقال الحرارة الكلى للفتحات Thermal Transmittance of Glass	١٨٤

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
٧-٧ استنباط المنهجية وخطوات التطبيق	١٨٧
٧-٧-١ خطوات تطبيق المنهجية المستنتجة للمباني التعليمية القائمة	١٨٨
٧-٧-٢ الأهداف المقترحة	١٩٥
٧-٣ دراسة حالة الأداء الحرارى لمواد العزل النانونية بالمقارنة مع مواد العزل التقليدية على حوائط (خرسانية- طوب طفلي عالي الكثافة-طوب طفلي منخفض الكثافة) مع حساب التوفير في الطاقة وحساب التكلفة وسنوات الاسترداد	٢٠٣
٧-٣-١ التغيرات في درجات الحرارة طوال العام (٢٠١٧) بمدينتى	٢٠٣
٧-٣-٢ حساب قيم معامل انتقال الحرارة الكلى للمعاملات المختلفة على أساس سمك١ سم	٢٠٤
٧-٣-٣ حساب قيمة التوفير في استهلاك الطاقة الخاصة بالتبريد عند استخدام مواد العزل بسمك ٠.٠١م	٢٠٦
٧-٣-٤ حساب زمن الاسترداد P (بالسنة) لتكلفة العزل بسمك ٠.٠١ م	٢٠٨
٧-٣-٥ قيمة التوفير السنوي بالدولار الأمريكي/م٢عند استخدام مواد العزل بسمك ٠.٠١م	٢١٢
٧-٤ حساب السمك الأمثل لمواد العزل محل الدراسة	٢١٤
٧-٤-١ حساب معامل الانتقال الحراري الكلى (U) عند استخدام مواد العزل بالسمك الأمثل	٢١٦
٧-٤-٢ حساب قيم الطاقة المستهلكة للتبريد (E) والوفر فيها للقطاعات الحائطية المختلفة وباختلاف مادة العزل بالسمك الامثل	٢١٨
٧-٤-٣ قيمة التوفير السنوي بالدولار الأمريكي/م٢عند استخدام مواد العزل بالسمك الامثل	٢٢٣
الفصل الثامن : النتائج والتوصيات	
٨-١ نتائج الدراسة	٢٢٩
٨-١-١ نتائج خاصة بمواد العزل النانونية محل الدراسة	٢٢٩
٨-١-٢ نتائج خاصة بالاستدامة فى المباني التعليمية	٢٣١
٨-٢ التوصيات	٢٣٢
٨-٢-١ الجهاز التنفيذى للدولة	٢٣٢
٨-٢-٢ توصيات للمهتمين بالدراسات المعمارية	٢٣٣
٨-٢-٣ توصيات للعاملين في مجال الاستدامة والحفاظ على الطاقة	٢٣٤
٨-٢-٤ توصيات للقطاعات الحكومية والجهات البحثية	٢٣٤
المراجع	
المراجع العربية	٢٣٧
المراجع الأجنبية	٢٤١
المواقع الإلكترنية	٢٤٧

فهرس الأشكال	
الموضوع	**الصفحة**
الباب الأول – الفصل الأول : النانو تكنولوجي وأثره على العمارة	
شكل (١-١): يوضح مقياس النانو متر	٣
شكل (١-٢): يوضح أسباب اختلاف خصائص المواد النانونية عن المواد التقليدية	٣
شكل (١-٣): يوضح تصنيف المواد النانونية من حيث الأبعاد	٥
شكل (١-٤): يوضح تكوين النقاط الكمية من حيث الأبعاد	٦
شكل (١-٥): يوضح النقاط الكمية من حيث التكوين الجزيء	٦
شكل (١-٦): يوضح شكل جزيئات الفولورين	٧
شكل (١-٧): يوضح تكوين الكرات النانونية تحت المجهر الإلكتروني لبعض المواد مثل النيكل والتيتانيوم بمقياس النانو	٧
شكل (١-٨): يوضح الأنواع المختلفة للجسيمات بمقياس النانو	٨
شكل (١-٩): يوضح الانابيب النانونية وتكوينها	٨
شكل (١-١٠): يوضح الاسلاك النانونية	٩
شكل (١-١١): الالياف النانونية	٩
شكل (١-١٢): يوضح المركبات النانونية	١٠
شكل (١-١٣): يوضح تأثير عمارة النانو على البيئة المجتمعية والبيئية والاقتصادية	١١
شكل (١-١٤): يوضح الأنماط المكونة لعمارة النانو	١٢
شكل (١-١٥): نموذج لمبنى مقيم بيئيا	١٣
شكل (١-١٦): Menara Mesiniaga	١٤
شكل (١-١٧):Singapore، Nanyang Technological University	١٥
شكل (١-١٨): The Woman Building Stunning Sustainable Homes From Bamboo , Panama	١٦
شكل (١-١٩):Soumaya Museum, Mexico City by Fernando Romero	١٧
شكل (١-٢٠):AIRSPACE-TOKYO	١٩
شكل (١-٢١): يوضح الهيكل الإنشائي لمشروع الإحساس بالموسيقى، باستخدام طرق التقطيع الثنائي والثلاثي اثناء التنفيذ	١٩
شكل (١-٢٢): يوضح تأثير اللوتس	٢٢
شكل (١-٢٣): يوضح تأثير المحفزات الضوئية	٢٢
شكل (١-٢٤): يوضح تطبيق التحفيز الضوئي باستخدام ثاني أكسيد التيتانيوم	٢٣
شكل (١-٢٥): يوضح تأثير المحفزات الضوئية عند طلاء الزجاج بمادة ثاني أكسيد التيتانيوم	٢٣
شكل (١-٢٦): يوضح في الجزء العلوى تظهر البلاطات التقليدية حيث تشكل المياه قطرات والتي تجف تاركة وراءها رواسب الاوساخ بينما في الجزء السفلى تظهر الاسطح الجاذبة للماء التي تستند على التحفيز الضوئي والتي تشكل طبقة تسيل من السطح جارفة معها تلك الرواسب	٢٤