ERJ
Engineering Research Journal
Faculty of Engineering
Menoufia University

تطبيق تكنولوجيا النانو علي مواد البناء في مصر

Application of nano technology to building materials in Egypt

م. روينا صلاح أبوحسين أ.د. ياسر جلال الدين عارف د. محمد عادل شبل

قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة المنوفية
E-mail: rewinasalah90@yahoo.com

ملخص البحث:

تواجه مواد البناء في مصر العديد من المشكلات، كتلوث البيئة حيث ينتج تلوث وأضرار صحية للانسان بسبب تلك المواد، والتي تعد أيضا عالية الاستهلاك للطاقة، بالاضافة الي انخفاض كفاءة تلك المواد، والزيادة المستمرة لأسعارها، في ظل تلك الظروف يتوجب علينا التفكير في أساليب جديدة تحد من تلك المشكلات، تهدف الدراسة الحالية الي تطوير أداء مواد البناء في مصر باستخدام تكنولوجيا النانو، انتهج البحث المنهج التحليلي المقارن حيث تم اجراء دراسة لمشروع محلي وتحليل مواد البناء المستخدمة في المبني، مع اجراء مقارنة بين تلك المواد والمواد المعالجة بتكنولوجيا النانو.

الكلمات المفتاحية: تكنولوجيا النانو – مواد البناء المعالجة بتكنولوجيا النانو – مشاكل مواد البناء – تطبيق تكنولوجيا النانو في مصر

Abstract:

Building materials faces many problems in Egypt, such as environment pollution. Pollution and human health damage resulted from building materials, which is also a high consumption of energy, in addition to the low efficiency of those materials, and the continuous increase of their prices, Under these circumstances we have to rethink of new methods to reduce these problems. The current study aims to develop performance of the building materials in Egypt by using nano technology. The research has adopted comparative analytical approach which studied a local project that analyzed the used materials in the building, with a comparison between those materials and nano materials.

***Key Words*:** Nanotechnology – Nano materials in building–Problems of Building materials –Application of nano technology in Egypt

1/ المقدمة:

تعد مواد البناء هي المكون الرئيسى لجميع عناصر ومكونات المبنى، ولكن تواجه مواد البناء في مصر العديد من المشكلات كتلوث البيئة، استهلاك الطاقة، قلة كفاءة تلك المواد، وأيضا ارتفاع أسعارها، وقد تم ظهور تكنولوجيا النانو حيث تسهم هذه التكنولوجيا في إنتاج مواد بناء ذات ميزات وخصائص حرارية، كهربائية، فيزيائية، كيميائية، وميكانيكية فريدة تجعلها حلول لبعض المشكلات التي تواجه مواد البناء في مصر، لذلك يقوم البحث بتحليل بعض المباني العالمية المعالجة بتكنولوجيا النانو، ومعرفة مواد النانو المستخدمة ومميزاتها، وامكانية استخدام تلك المواد في مصر، تحليل بعض المشكلات التي تواجه مواد البناء في مصر والتي تستطيع النانو أن تحل بعض من تلك المشكلات، وصولا الي دراسة مشروع محلي وتحليل مواد البناء المستخدمة في المبني، واجراء مقارنة بين تلك المواد والمواد المعالجة بتكنولوجيا النانو.

2/ خلفية عن تكنولوجيا النانو:

تأتى اليوم تقنية النانو لتحل بديلاً عن الميكرو، فالنانومتر هو جزء من الألف من الميكرومتر، ويتم تعريف تكنولوجيا النانو كالتالي:

- **تعريف (1) لغويا:** تطبيق المفاهيم النظرية للعلوم الطبيعية علي المستويات متناهية الصغر
- **تعريف (2) علميا:** انتاج مواد وأنظمة وأجهزة تتسم بخصائص ووظائف فريدة يدخل في تركيبها جسيمات نانوية [1].

3/ تطبيق تكنولوجيا النانو في مجال البناء والتشييد:

تكنولوجيا النانو تؤدي الي تحسينات كبيرة في مواد البناء حيث تحسن خواص تلك المواد، وتوجد العديد من مواد البناء المعالجة بتكنولوجيا النانو ويتم ذكر بعض المواد التي تعتبر أهم مواد البناء المستخدمة في مصركالتالي:

1/3 المواد الأساسية:

يتم استعراض أهم مواد البناء الأساسية المستخدمة في مصر والتي يمكن معالجتها بتكنولوجيا النانو كالخرسانة والصلب:

أ- الخرسانة

هناك بعض المواد المعالجة بتكنولوجيا النانو تضاف الي الخرسانة لتحسين خواصها **كالنانو سيليكا** حيث تزيد من متانة الخرسانة[2]، مادة **أكسيد التيتانيوم** بسبب خواص المادة التعقيمية فهي تخفض الملوثات العضوية عندما تستخدم للأسطح الخارجية، وبالاضافة الي ذلك فانها مادة غروية تعطي خواص للتنظيف الذاتي[3]، كذلك اضافة **أنابيب النانو الكربونية** حيث أن اضافة كميات قليلة منها (1%) يمكن أن تحسن الخواص الميكانيكية للعينات التي تحتوي علي الأسمنت البورتلاندي الأساسي والماء[4].

ب- الصلب

صلب **MMFX** من أهم أنواع الصلب المطور بتقنية النانو تكنولوجي، يعد أقوي ثلاث مرات من الصلب العادي، وأكثر ليونة و قدرة مقاومته للتآكل هو خمس مرات أعلي من الصلب العادي[5].

2/3 المواد التكميلية (مواد التشطيبات):

يتم استعراض أهم مواد التشطيبات المستخدمة في مصر والتي يمكن معالجتها بتكنولوجيا النانو كالزجاج والدهانات:

أ- الزجاج[6] :

الزجاج المعالج بالنانو هو منتج خاص من منتجات النانو تكنولوجى كالزجاج ذاتى التنظيف، وهناك طريقتان تعتمد على تكنولوجيا النانو في الزجاج كالتالي :

- **Photocatalyst:** تلك الطريقة يتم فيها استخدام ثانى أكسيد التيتانيوم النانوي لما له من خواص تعقيمية ومقاومة للتلوث، حيث يعمل على ازالة جزيئات الأوساخ، ويعمل على ادماج تكنولوجيا التنظيف الذاتى، ويستخدم أيضا أكسيد الزنك النانوي المستخدم في التنظيف الذاتي وذوخصائص مضادة للبكتيريا، الزجاج مغلف بطبقة رقيقة من جزيئات ثاني أكسيد التيتانيوم التي قطرها20 نانومتر.
- **(Lotus effect):** تلك الطريقة تتم باستخدام عملية تسمي Hydrophobic وتعني أن الزجاج طارد للمياه.

ب- الدهانات[7] :

الدهان يعمل علي توفير طبقة واقية علي المادة الأساسية لإنتاج سطح ذو خصائص وقائية أو وظيفية مطلوبة، يطبق النانو تكنولوجي علي الدهانات والخواص العازلة، تعد أيضا دهانات النانو المنتج الرئيسى للطاقة.

- **دهانات (Self cleaning (lotus effect:** تلك الدهانات تستخدم للأسطح المعرضة باستمرار للمياه، حيث تتكون المياه علي هيئة قطرات صغيرة وتهرب من السطح الخشن، مما يؤدي الي تقليل متطلبات الصيانة وكذلك مظهر أنظف للمبني
- **دهانات (Self cleaning (photocatalysis:** في تلك الطريقة تعمل الأسطح علي جذب المياه وتنظيف السطح من الأوساخ حيث تقلل مدي التصاق التراب علي الأسطح، وكذلك تعمل علي انتقال الضوء من خلالها، وتقليل متطلبات الصيانة
- **دهانات (Easy to clean):** تعمل الأسطح علي صد المياه حيث تكون ناعمة، وتهرب المياه علي هيئة قطرات، وبالتالي لا تلتصق الأوساخ علي السطح فيسهل تنظيفها
- **دهانات (Antibacterial):** يتم استخدام مادة الفضة النانوية ويتم تصميم أسطح مصممة خصيصا لتكون مضادة للجراثيم

4/ تطبيقات عالمية لتكنولوجيا النانو:

شهدت دول العالم تطورات في قطاع البناء باستخدام تكنولوجيات حديثة وكذلك مواد بناء حديثة ومن تلك التقنيات تكنولوجيا النانو، حيث تم تطبيق مواد البناء المعالجة بالنانو في بعض الدول الأجنبية كما في الجدول التالي فقد تم اختيار تلك المباني حيث أنها مباني متنوعة الاستخدام يطبق فيها مواد تشطيبات معالجة بالنانو (زجاج، طلاءات، مواد عزل حراري) كالمواد التي تم ذكرها فيما سبق، وكذلك وكذلك سيتم الاستفادة من تلك المواد كمواد مقترح استخدامها في مشروع محلي.

في الجدول التالي يتم التعرف علي المادة المعالجة بالنانو المستخدمة في المبني وأهميتها وامكانية استخدامها في مصر حتي يتم معالجة بعض المشكلات التي تعاني منها مواد البناء في مصر والتي سيتم ذكرها فيما بعد.

المبني	ملعب أرينا لكرة القدم[8،9] MSV Arena Soccer Stadium	مبني متعدد الاستخدامات[10،8] Seitzstrasse mixed-use building	كنيسة اليوبيل[11،12] Jubilee Church
المعماري	بوركهارد جريم، مايكل ستيل	اركتيكن، مارتن	ريتشارد مييز وشركاه
الموقع	ديسبرج، ألمانيا	ميونيخ، ألمانيا	روما، ايطاليا
تاريخ التنفيذ	2004	2005	2003
مادة النانو المستخدمة	زجاج معالج بالنانو (زجاج ذاتي التنظيف محفز ضوئيا) Photocatalytic self-cleaning glass	مادة عزل حراري معالجة بالنانو (ألواح عزل مفرغة) Vacuum insulation panel (VIP)	مادة طلاء معالجة بالنانو (أسمنت محفز ضوئيا) Photocatalytic cement

التصميم	الواجهة من الزجاج والألومنيوم، حيث أن الزجاج ذاتي التنظيف مغلف بطبقة رقيقة من جزيئات ثاني أكسيد التيتانيوم بسبب خواصه التعقيمية	تم تكسية المشروع بالكامل بألواح العزل المفرغة، وهي عبارة عن ألواح من رقائق بلاستيكية أو من الفولاذ المقاوم للصدأ، المادة المالئة بين اللوحين علي شكل رغوة، مسحوق، أو ألياف زجاجية، وسمك تلك المادة 20مم	المبني عبارة عن ثلاثة أشرعة عملاقة يصل ارتفاعها الي 36 م صممت لتحمل الحرارة والرياح والزلازل، كل شراع مصنوع من 12 طن من الخرسانة الجاهزة عالية الكثافة حيث تم اضافة مواد ذاتية التنظيف علي سطح المبني وهي مادة أكسيد التيتانيوم بسبب خواصه التعقيمية حيث يخفض الملوثات العضوية. وبالاضافة الي ذلك فانها مادة غروية تعطي خواص للتنظيف
التنفيذ	تم استخدام 1500م2 من الزجاج ذاتي التنظيف، تتم العملية المعروفة بـHydrophobicity حيث يصبح الزجاج جاذب للمياه ويكون السطح لوحات تغسل الأوساخ	وضعت تلك المادة في الجدار الخرساني بين عروق من البولي المعاد تكريرها ، وتم دمجها أيضا في أماكن معينة في لوحات النافذة حيث تم وضعها بين اتنين من الألواح الزجاجية المطلية	العملية التي تحدث لتنظيف المبني تتم بجذب ماء المطر للسطح ويشكل الطبقات التي تجمع الملوثات وجزيئات القاذورات والتي تعمل علي غسيلها
التشغيل	-يعمل الزجاج كعاكس للحرارة حيث يتم تقليل الضوء المار بما لا يزيد عن 5% مما يعمل علي كفاءة استهلاك الطاقة، وتقليل تكاليفها حيث تقل بنسبة 10-20 % بالمقارنة لتكييفات الهواء التقليدية -تقليل فترات التنظيف حيث تستمر حوالي 5 سنوات، حيث يقل مدي التصاق الاوساخ علي السطح مما يؤدي الي قلة المنظفات، بالتالي تقليل التلوث البيئي وكذلك تقليل تنظيف النوافذ مما يقلل تكاليف الصيانة	-سمك حوائط البناء هو 12 سم أي نصف الواجهة التقليدية المماثلة مما يوفر في مواد البناء -كفاءة VIP 10:5 مرات أكثر من مواد العزل التقليدي -العمر الافتراضي للمبني من 50:30 سنة مما يقلل من الحاجة الي صيانة المبني -توصل VIPحرارة اقل 10 مرات بالمقارنة بمواد العزل التقليدية مما يوفر في الطاقة	-القضاء على ما بين 20٪ و 80٪ من الملوثات المحمولة جوا، وكذلك الحفاظ علي نظافة المبني، وبالتالي تقليل الحاجة الي متطلبات الصيانة -نظافة المبني تؤدي الي جذب العامة كونها من المباني ذات القيمة في المدينة -انعكاس حرارة الشمس وتقليل كسب الحرارة يعمل علي تحسين كفاءة الاضاءة، وتقليل الحاجة الي المكيفات، وبالتالي تقليل متطلبات الطاقة - العمر الافتراضي للمبني حوالي50 سنة
امكانية الاستخدام في مصر	الزجاج أكثر تكلفة من الزجاج التقليدي بنسبة 15-20%، فيصعب اقتصاديا استخدامها في مصر، ولكن السعر يتم تعويضه بعد التشغيل حيث يعمل الزجاج كعاكس للحرارة، وبالتالي تقل تكاليف الطاقة التي تعاني منها مصر بنسبة 10-20%، وكذلك تقليل متطلبات الصيانة للمبني التي تعاني أيضا منها مصر عند استخدام مساحات واسعة من الزجاج في الأبنية ولبيئة مصر الملوثة تحتاج الي صيانة دورية	المتر المربع من واجهة المبني تكلف 3500 دولار فيصعب اقتصاديا استخدامها في مصر ولكن يتم تعويض تلك التكلفة بعد ذلك حيث تقل تكاليف الطاقة والصيانة بنسبة كبيرة علي مدار عمر المبني، وكذلك المادة سهلة التنفيذ	بيئة مصر الملوثة وكثرة الأتربة وعوادم السيارات، وكذلك كثرة الطلب علي الطاقة يجعل تلك المادة ذات أهمية كبيرة، حيث يمكن استخدامها في مصر فهي سهلة التطبيق علي سطح المبني، وكذلك توفر المعامل التي تمكن من تحضيرها
صورة للمبني	 المصدر: leydecker, S, Nano materials in architecture,interior architecture and design,Birkhauser,puplishers for architecture, Basel, Switzerland, 2008, p90	 المصدر: Martin Pool, Insulation of a mixed use building with 7 storeys in Munich with VIP, paper, Germany, 2009, p1	 المصدر: http://architectureassociate.blogspot.com/2012/11/jubilee-church.html, access 20-11-2016

جدول(1): مباني مطبق بها مواد معالجة بالنانو تكنولوجي

5/ مشكلات بعض مواد البناء في مصر وحلولها بالنانو تكنولوجي:

تقسم دورة حياة مواد البناء الي ثلاثة مراحل وهي مرحلة ماقبل البناء (المواد المصنعة)، مرحلة البناء (المواد المستخدمة)، مرحلة ما بعد البناء (النفايات)[13]، ومن خلال الجدول التالي يتم توضيح مشاكل بعض مواد البناء في مراحل حياتها الثلاثة وامكانية حلها بالنانو تكنولوجي، وقد تم اختيار تلك المواد لاستخدامها بكثرة في مجال البناء والتشييد في مصر، وكذلك امكانية معالجة مشاكل تلك المواد بالنانو تكنولوجي.

مواد البناء	المشكلات	الحل بتكنولوجيا النانو
تلوث البيئة		
-المواد الأساسية **الخرسانة** (أثناء مرحلة ما قبل البناء)	انبعاث المواد الكربونية والفضلات الناتجة من الخرسانة [14]	اضافة أكسيد التيتانيوم للخرسانة بسبب خواص المادة التعقيمية والتي تتعامل مع الملوثات العضوية، والمركبات العضوية الطيارة والأغشية البكتيرية خلال المحفزات القوية، حيث يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون[4]
-المواد التكميلية **الدهانات** (أثناء مرحلة ما قبل البناء)	الاستنشاق للأبخرة المتصاعدة من الدهانات يعد خطر، فهي تحتوي على مذيبات عضوية أساسها مركبات الهيدروكربون مثل المذيبات والتي تمثل المكون الرئيسي للدهانات[15]	بمساعدة الفضة النانوية يتم تصميم أسطح مصممة خصيصا لتكون مضادة للجراثيم /
استهلاك الطاقة		
المواد الأساسية **الصلب** (أثناء مرحلة التصنيع)	تصنيع الصلب يتطلب الكثير من الطاقة ليتم تسخينه لدرجات حرارة عالية، زيادة وزنه وحجمه يؤدي الي عدد مرات نقل أكثر واستهلاك أكبر للطاقة [16]	استخدام تقنية النانو تكنولوجي في تصنيع الحديد كحديد MMFX لديه بنية نانوية مختلفة تماما عن الصلب العادي حيث يتكون من مادة الكلسيوم والماغنسيوم حيث تقل مساحة المنطقة المحيطة الي الخمس وعند استخدامه يحتاج الي كمية أقل منه وذلك لصلابته التي تقلل من كميته المستخدمة [5]
المواد التكميلية **الزجاج** (أثناء مرحلة التشغيل)	شفافية الزجاج تؤدي الي مرور أشعة الشمس[17]	صناعة زجاج يدخل في تصنيعه مكونات نانوية يعمل علي ابقاء الحرارة الشمسية خارج المبني مع الحفاظ علي الضوء المرئي الأمثل داخل المبني وبالتالي قلة استخدام المكيفات وكذلك الاضاءات الصناعية [18]
انخفاض كفاءة المواد		
المواد الأساسية (أثناء مرحلة التشغيل) **أ- الخرسانة** **ب- الصلب**	أ- قلة الكفاءة الهيكلية للخرسانة حيث أن قوة الشد لديها منخفضة [19] ب- قلة الكفاءة الهيكلية للصلب حيث ارتفاع نسبة القوة/الوزن، وأعضاء ضغط الصلب أكثر رشاقة تجعله أكثر عرضة للانبعاج[20] -الشقوق تحدث في الخرسانة نتيجة الانكماش وتطبيق الأحمال الحية أو نتيجة تأكل الصلب حيث ينمو الصدأ حوله وقلة مقاومته للتاكل تسبب شروخ في الخرسانة[19]	-أ- اضافة مواد نانوية تحسن من خواصها كالنانو سليكا حيث أنها تزيد من متانة الخرسانة ، وكذلك أنابيب النانو الكربونية تزيد من قوة ضغط وشد الخرسانة، حيث اضافة كميات قليلة (1%) منها يمكن ان تحسن الخواص الميكانيكية للعينات التي تحتوي علي الأسمنت البورتلاندي الاساسي والماء، وقوتها الكبيرة التي تصل إلى عشر مرات أقوي من الصلب[4،2] ب- استخدام تقنية النانو تكنولوجي في تصنيع الحديد كحديد MMFX لديه بنية نانوية مختلفة تماما عن الصلب العادي تجعله أقوي 3مرات وأكثر ليونة - يمكن حقن الشروخ بكبسولات نانوية حيث تبدأ هذه الكبسولات بالبلمرة داخل الشرخ وتعمل كمادة مالئة، حيث لديها القدرة علي سد الشرخ تماما -يمكن أيضا استخدام صلب MMFX حيث أن قدرة مقاومته للتأكل 5 مرات أكثر من الصلب العادي5
المواد التكميلية **الدهانات** (أثناء مرحلة التشغيل)	تلف أعمال الدهانات نتيجة الماء المتسرب للمبني وتخرج علي هيئة رطوبة حيث تقل مقاومة الدهانات مع الزمن[21]	استخدام دهانات ANZ المعالجة بتكنولوجيا النانو، حيث تستخدم كعازل للحرارة والرطوبة والأملاح ويغني عن استخدام أى مادة مانعة للصدأ قبله، و أيضاً يغنى عن استخدام طلاء خارجي عليه [22]
ارتفاع أسعار مواد البناء		
المواد الأساسية **الصلب**	كبر وزن وحجم الصلب تجعل تكلفة نقله عاليه وكذلك استخدام كمية كبيرة منه في الانشاء [23]	استخدام الصلب المعالج بالنانو تكنولوجي قوته 3 أضعاف قوة الصلب التقليدي وأقل سمكًا، وبالتالي تستخدم كمية أقل بكثير من الحديد العادي، وبالتالي تقل التكلفة بكثير [5]
المواد التكميلية **أ -الزجاج** **ب-الدهانات العازلة للحرارة**	أ-ارتفاع أسعاراستهلاك الطاقة ومتطلبات الصيانة للمباني الزجاجية [24] ب- استخدام 7 طبقات للعزل الحراري[22]	أ- يتم استخدام ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي لما له من خواص تعقيمية ومقاومة للتلوث، حيث يعمل علي ازالة جزيئات الأوساخ، ويعمل علي ادماج تكنولوجيا التنظيف الذاتي. ويستخدم أيضا أكسيد الزنك النانوي المستخدم في التنظيف الذاتي وذوخصائص مضادة للبكتيريا وبالتالي يقل استخدام المنظفات الكيميائية ومتطلبات الصيانة [24] ب- استخدام دهانات النانو العازلة للحرارة حيث تستخدم ثلاث طبقات فقط منها وليس سبع طبقات كباقي الدهانات العازلة الأخرى و بتكلفة أقل بكثير تصل إلى النصف[22]

جدول(2): مشاكل بعض مواد البناء وأسبابها وامكانية حلها بتكنولوجيا النانو

6/ تطبيق تكنولوجيا النانو في مصر

في هذا الجزء يتم استعراض بعض مواد البناء المعالجة بالنانو التي يتم تداولها بالسوق المصري، اجراء دراسة الحالة (البنك التجاري الدولي) حيث يتم استعراض بعض مواد البناء المستخدمة في المبني، وامكانية تطبيق المواد المعالجة بالنانو علي المبني حيث يتم اجراء مقارنة بين المواد المستخدمة بالمبني والمواد التي تم تصنيعها بالنانو.

1/6 مواد النانو المضافة لمواد البناء في مصر

يوجد في السوق المصري بعض مواد النانو التي تضاف لمواد البناء كمادة أكسيد التيتانيوم، مادة العزل المائي surfapore وسيتم استعراضها كالتالي :

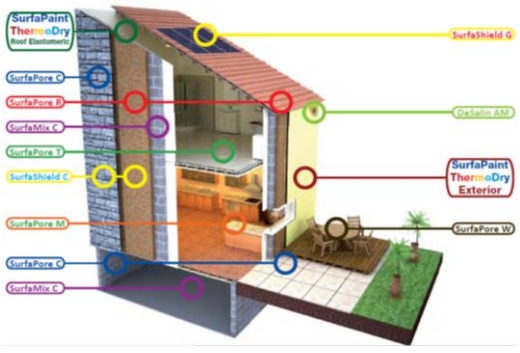
أ/ مادة أكسيد التيتانيوم:

يتم تحضير مواد جديدة في معامل شركة نانوتك كمادة أكسيد التيتانيوم التي تضاف الي الخرسانة لتحسين خواصها، يستخدم أيضا كطلاء عاكس، أو يتم اضافته الي الدهانات، الأسمنت، والنوافذ بسبب خواصه التعقيمية، وبناء علي ذلك فهي تخفض الملوثات العضوية عندما تستخدم للأسطح الخارجية، وبالاضافة الي ذلك فانها مادة غروية تعطي خواص للتنظيف الذاتي، ويوجد أكسيد التيتانيوم علي شكل مسحوق 5 جم بسعر 1235 جنيه [25].

ومن بعض مواد البناء التي تصنع في مصر يتم معالجتها بتلك المادة هي دهان النانو كوت، حيث يتم تصنيع تلك الدهانات بواسطة شركة CMB حيث يتكون ذلك المنتج من أكسيد التيتانيوم، إضافات إكريليكية وإضافات العزل الحرارى المبنية على تقنية النانو، وتم استخدام ذلك الدهان في مول العرب، وذلك لمزاياه العديدة فهو عازل للحرارة والصوت ومانع للتكثيف، موفر للطاقة حتي 50% من استهلاك الطاقة، غير قابل للاشتعال والحريق، صديق للبيئة حيث أنه لايحتوي علي مذيبات عضوية أو اضافات كيماوية ومقاوم للبكتيريا والفطريات، وأيضا يعتبر اقتصادي حيث أن تكلفة العبوة حجم 15كجم 334 جنيه [26].

ب/ مواد عزل مائي معالجة بالنانو:

يتم اصدار تلك المواد بواسطة شركة Prokem للكيماويات المتخصصة، ويتم استيرادها من شركة nanophos باليونان، هناك العديد من المواد كما هو موضح بالشكل.



شكل (1): تطبيق منتجات النانو العازلة علي مبني

المصدر: www.nanophos.com, access 10-2-2017

من المشاريع في مصر المنفذة بتلك المواد منتجع nice4 حيث تم استخدام مادة SurfaporeC، استخدمت مجموعة المعماري تلك المادة في المنتجع بغرض عزل أسطح المباني وتشطيبات الحوائط الخارجية حيث أنها قدمت طبقة حماية اضافية ضد الرطوبة، وكذلك تعتبر مادة صديقة للبيئة واقتصادية حيث يكلف اللتر 120جنيه[27].

2/6 الحالة الدراسية "البنك التجاري الدولي" (CIB)

تم اختيار بنك CIB في القرية الذكية كحالة دراسية ليتم تطبيق مواد البناء عليه وذلك بعد معالجتها بالنانو واظهار مدي أهمية تلك المواد عند تطبيقها كحل لمشاكل مواد البناء التقليدية المستخدمة في المبني، واجراء مقارنة بين مواد البناء المستخدمة في المبني والمواد التي تم تصنيعها بالنانو التي يمكن استخدامها كبديل للمواد المستخدمة للوصول الي نموذج لمبني يحقق معدل استهلاك أقل للطاقة، يوفر متطلبات الصيانة، يحقق أطول عمر افتراضي مع بقاء عنصر الجذب للمبني، ومعالجة بعض مشاكل مواد البناء التي تؤثر سلبا علي المبني.

شكل(2): البنك التجاري الدولي

المصدر : http://darko-eg.com/dev, access 11-3-2017

معايير اختيار الحالة الدراسية:

تم مراعاة عناصر أساسية لاختيار الحالة الدراسية كالتالي:

- يكون المبني حديث متطور يستخدم تكنولوجيا حديثة في البناء
- يستخدم عناصر بناء متوفرة ومستخدمة بكثرة في المباني في مصر
- يكون المبني ذو استخدام ثابت من حيث عدد شاغليه واستهلاك الطاقة وفترات شغل المبني لذا تم تفضيل المباني الادارية
- توفر المعلومات البنائية اللازمة عن المبني

ولتطبيق تلك المعايير تم اختيار مبني CIB كمبني اداري يحاكي مباني القرية الذكية، وكذلك معظم المباني الادارية في مصر من حيث مواد البناء، وتوفر المعلومات اللازمة عن المبني حتي يتثني للباحثين تغيير مواد البناء لمواد معالجة بتكنولوجيا النانو.

معلومات عن المبني:

- الموقع: القرية الذكية- مدينة السادس من أكتوبر - مصر
- الاستشاري: نصر للاستشارات الهندسية- مصر
- تاريخ الاكتمال:1-1-2011م

إعتمد الباحثون فى جمع المعلومات وتحليلها علي مجموعة من المصادر، وهي: النشرات الفنية لمواد البناء المستخدمة في المبني ومواد النانو بالشركات المصنعة لتلك المواد، مقابلات شخصية مع مهندسي الصيانة بشركة كونتراك الخاصة بصيانة المبني، الموقع

الالكتروني للبنك، الشركة المنفذة للمشروع، والزيارات الميدانية
والملاحظات أثناء الزيارة بجانب الدراسات.

بواسطة شركة الصيانة (كونتراك) والشركة المنفذة للمبني (داركو) تم اجراء الجدول التالي الذي يوضح بعض مواد البناء المستخدمة في المبني .

مادة البناء	نوعها	مكانها	الشركة المصنعة
الزجاج	سيكوريت مزدوج بين كل طبقتين غاز خامل	الواجهة الخارجية للمبني	أليكو
الدهانات	جوتاشيلد اكريليك	الواجهة الخارجية للمبني	جوتن
الرخام	جرانيت رمادي	الواجهة الخارجية للمبني	-
العزل الحراري	بوليسترين سمك 50 مم	سطح المبني	-
العزل المائي	عزل أنسومات بمواد بيتومينية	سطح المبني	سيكا مصر

جدول(3): بعض مواد البناء المستخدمة في المبني

المصدر: شركة كونتراك للصيانة، شركة داركو للانشاءات

من خلال الجدول التالي يتم اجراء مقارنة بين مواد البناء المستخدمة في المبني والمواد المعالجة بالنانو.

عناصر المقارنة		العزل الحراري (استهلاك الطاقة)	العزل الصوتي	العزل المائي	التأثير البيئي	التوافر في السوق المصري	*سعر المادة عام 2017	**الصيانة
الزجاج	**المادة المستخدمة (سيكوريت مزدوج)[28]**	الانتقالية الحرارية 2.7وات/م^2	29 ديسيبل	-	تتكون عليه الأتربة وعند تنظيفه تستخدم مواد كيميائية مضرة للبيئة، كذلك تنتقل الأشعة الفوق بنفسجية بنسبة 30%، ولا يتم اعادة تكريره	متوفر	سعر المترحوالي 400جنيه [28]	يتم تنظيف الزجاج بصفة دورية كل شهر حيث يتكلف تنظيف الزجاج حوالي 10.000جنيه تقريبا [29]
	المادة المعالجة بالنانو (الزجاج ذاتي التنظيف)[30]	الانتقالية الحرارية 3.7 وات/م^2 (استهلاك الطاقة أقل من الزجاج المستخدم)	31 ديسيبل	-	يحلل المركبات العضوية والأوساخ الي مركبات هيدروكربونية صديقة للبيئة، مما تقل الحاجة الي استخدام المنظفات، كذلك تنتقل الأشعة الفوق بنفسجية بنسبة 5%، ويمكن اعادة تكريره	غير متوفر في السوق المصري	سعر المتر حوالي 1800 جنيه [30]	تقليل فترات التنظيف حيث تستمر حوالي 5 سنوات [30]
الدهان	**المادة المستخدمة (جوتاشيلد)[31]**	يخفض درجة حرارة السطح 4 درجات مئوية ويعكس حرارة	غير عازل للصوت		يحتوي الدهان على مذيبات عضوية تؤثر سلبا علي البيئة	متوفر	تكلفة العبوة (10لتر) 675جنيه [31]	تلف الدهان لعدم تحمله درجات الحرارة العالية والرطوبة وبالتالي

*الأسعار الواردة بالجدول هي أسعار استرشادية طبقا للشركات المحلية والعالمية وذلك بناء علي التواصل مع تلك الشركات، وكذلك النشرة الفنية لأسعار مواد البناء بوزارة الاسكان والمرافق بمصر كما ورد بالمراجع بالتواريخ

**المعدلات الزمنية الواردة بالجدول طبقا لمعايير الشركات المحلية والعالمية ومواصفاتها الفنية المنشورة بكل شركة بالتاريخ الوارد بالمراجع

		الشمس بنسبة 18%			والانسان			يتم اعادة دهانه [29]
	المادة المعالجة بالنانو(طلاء النانو) [25] Nano coat	يخفض درجة حرارة السطح 18 درجة مئوية ويعكس حرارة الشمس بنسبة تزيد عن 85% (استهلاك الطاقة أقل من الدهان المستخدم)	عازل للصوت	-	دهان النانو صديق للبيئة فهو دهان طبيعي لا يحوي مواد ضارة بالبيئة	متوفر في السوق المصري حيث يتم انتاجه محليا بواسطة شركة CMB	تكلفة العبوة (15كجم) 218جنيه [32]	يبقى ويثبت لمدة تتعدى العشر سنوات وبالتالي تقل متطلبات صيانته [25]
العزل الحراري	**المادة المستخدمة (بوليسترين سمك 5 سم) [33]**	معامل التوصيل الحراري للمادة 0.03وات/م.درجة سليزية	-	-	مادة قابلة للاشتعال ضارة بطبقة الأوزون يصدر عنها غازات سامة ذات درجة عالية من الخطورة	متوفر	1531جنيه/م^3 [30]	تكثر عملية صيانة السطح [29]
	المادة المعالجة بالنانو(ألواح العزل المفرغة سمك 2سم) [35] Vacuum insulation panels (VIP)	معامل التوصيل الحراري للمادة 0.004وات/م. درجة سليزية (استهلاك الطاقة أقل من مادة العزل الحراري المستخدمة)	-	-	مادة غير قابلة للاشتعال تقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	غير متوفر في السوق المصري	2610:1440جنيه /م^2 [36]	تقل فترات صيانة المبني حيث أن العمر الافتراضي للمبني من 50:30 سنة [35]
العزل المائي	**المادة المستخدمة (أنسومات بمواد بيتومينية) [37]**	-	-	عند سقوط الأمطار تنفذ المياه خلال طبقة العزل	عند تسخينها تتصاعد غازات و أبخرة ضارة بالصحة و البيئة	متوفر	يكلف اللتر 235جنيه [37]	تتسرب من خلالها المياه عند سقوط الأمطار وتمت عملية الصيانة باضافة مادة عزل جديدة Sikalastic وتغطية السطح بالزلط لتبخير المياه وبالتالي زادت تكاليف صيانة السطح [29]
	المادة المعالجة بالنانو(Surfapore) [26]	-	-	تقاوم تسرب المياه بنسبة 99%	تمنع تكون الفطريات والعفن وتقاوم الأشعة الفوق بنفسجية	متوفر في السوق المصري بواسطة شركة Prokem ولكن يتم استيراده من الخارج	يكلف اللتر 120جنيه [41]	العمر الافتراضي لتلك المادة ما بين 30:20 عاما وبالتالي تقل تكاليف الصيانة علي المدي العمري للمبني [26]
الجرانيت	**المادة المستخدمة (جرانيت رمادي) [39]**	-	-	-	غير صديق للبيئة حيث تلتصق به الأتربة والأوساخ	متوفر	310جنيه/م^2 [34]	نتيجة طبيعة الأرض الرملية يحدث هبوط يؤدي الي وقوع الرخام، وكذلك تلتصق به الأتربة بالتالي تزداد متطلبات صيانة الرخام [29]
	المادة المعالجة بالنانو (جرانيت معالج بالنانو) [39]	-	-	-	صديق للبيئة حيث يمنع التصاق الأتربة والأوساخ	غير متوفر في السوق المصري	1080:540 جنيه/م^2 [40]	يحافظ الرخام المعالج بالنانو علي نظافته مدة تصل الي 8 سنوات أطول فترة ممكنة، وبالتالي تقل تكاليف الترميم والصيانة [39]

جدول(4): المقارنة بين مواد البناء المستخدمة في المبني ومواد النانو المقترح تطبيقها

المصدر: عمل الباحث (من خلال المراجع التي تم ذكرها بالجدول)

تحليل الجدول:

يتم تحليل الجدول من خلال عناصر أساسية كاستهلاك الطاقة، التأثير البيئي، جودة الأداء، والأداء الاقتصادي، ومدي توفر مواد البناء المستخدمة والمعالجة بالنانو في السوق المصري، وكذلك امكانية تنفيذها في مصر.

أ- استهلاك الطاقة:

- **الزجاج**

قيمة الانتقالية الحرارية للزجاج المعالج أقل من قيمتها للزجاج المستخدم في المبني وبالتالي تزداد قدرة العزل الحراري للزجاج المعالج بالنانو بنسبة 30% عن الزجاج المستخدم وبالتالي تنخفض متطلبات استهلاك الطاقة

- **الدهان**

الدهان المعالج بالنانو يوفر طاقة بنسبة 67% أعلي من الدهان المستخدم، وبالتالي تنخفض متطلبات استهلاك الطاقة

- **العزل الحراري**

معامل التوصيل الحراري لمادة VIP المعالجة بالنانو أقل 10 مرات من معامل التوصيل الحراري لمادة البوليسترين المستخدمة مما يؤدي الي انخفاض متطلبات استهلاك الطاقة

ب- التأثير البيني:

- **الزجاج**

- الزجاج المعالج يدخل في تصنيعه مادة نانوية (أكسيد التيتانيوم) والتي تتميز بخاصية التحفيز الضوئي فتجعل الزجاج صديق للبيئة قادر علي تحليل المركبات العضوية الي مركبات هيدروكربونية صديقة للبيئة وعند تعرض الأسطح للمياه تسمح خاصية "Hydrophilic" في انتشار المياه مما يعني ازالة الأوساخ وبقايا العناصر المتحللة ليصبح السطح نظيف، مما تقل الحاجة الي استخدام المنظفات، علي عكس الزجاج المستخدم حيث تتكون عليه الأتربة وعند تنظيفه تستخدم مواد كيميائية مضرة للبيئة
- يعمل الزجاج المعالج علي الحماية من الأشعة الفوق بنفسجية بنسبة 25% أعلي من الزجاج المستخدم

- **الدهان**

الدهان المعالج بالنانو صديق للبيئة فهو دهان طبيعي ولا يحوى أى مواد ضارة بالبيئة أو الصحة العامة، مقاوم لتكون البكتيريا والفطريات حتي مع الرطوبة العالية، علي عكس الدهان المستخدم الذي يحتوي على مذيبات عضوية أساسها مركبات الهيدروكربون توثر سلبا علي البيئة والانسان

- **العزل الحراري**

مادة VIP المعالجة صديقة للبيئة حيث تقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وغير قابلة للاشتعال، علي عكس مادة العزل المستخدمة حيث أنها مادة قابلة للاشتعال ضارة بطبقة الأوزون يصدر عنها غازات سامة ذات درجة عالية من الخطورة

- **العزل المائي**

مادة Surfapore المعالجة بالنانو صديقة للبيئة حيث تمنع تكون الفطريات والعفن وتقاوم الأشعة الفوق بنفسجية، علي عكس المادة المستخدمة التي عند تسخينها تتصاعد غازات و أبخرة ضارة بالصحة و البيئة

- **الجرانيت**

الجرانيت المعالج بالنانو صديق للبيئة حيث يمنع التصاق الأتربة والاتساخات، بينما الجرانيت المستخدم تلتصق به الأتربة

ج- جودة الأداء:

- **الزجاج**

- الزجاج المعالج يعمل علي عزل الصوت بنسبة 2% أعلي من الزجاج المستخدم
- باستخدام الزجاج المعالج أصبح من الممكن زيادة مساحة الفتحات علي واجهات العديد من المباني التي سيتم انشاؤها حديثا في مصر، وبالتالي تحسين جودة الهواء وتحقيق الراحة الحرارية
- يحافظ الزجاج المعالج علي نظافته مدة طويلة تصل الي 5 سنوات، مما يؤدي الي الحفاظ علي مظهره وجذب العامة للمبني

- **الدهان**

- دهان النانو يعكس حرارة الشمس بنسبة تزيد عن 85%
- دهان النانو عازل للصوت
- دهان النانو غير قابل للإشتعال والحريق
- دهان النانو له مقاومة عالية للرطوبة والتغيرات الجوية والحرارية حيث يقاوم الرطوبة بنسبة 35% أعلي من الدهان المستخدم
- يحافظ الدهان علي ثباته مدة تتعدي العشر سنوات وبالتالي يحافظ المبني علي مظهره فترة أطول

- **العزل المائي**

- مادة Surfapore المعالجة بالنانو تقدم طبقة حماية اضافية ضد الرطوبة، تمنع فقدان القوة الهيكلية لمواد البناء الخرسانية، تمنع تغلغل الكلوريد الذي يمكن أن يؤدي إلى تآكل القضبان الفولاذية
- تسمح مادة العزل النانوي بتنفس بخار المياه المحبوس، ففي حالة الرطوبة أو تسرب المياه خلف مادة العزل النانوي يحدث تبخير للمياه خلال المسامات المفتوحة وتخفيف ضغط المياه السالب وتلك الخاصية تميزها عن مادة العزل المائي المستخدمة

- **الجرانيت**

- الجرانيت المعالج بالنانو ذو كفاءة عالية، فهو قادر علي تحمل الرطوبة وطرد الماء بنسبة 5%، علي عكس الجرانيت المستخدم الذي لا يتحمل الرطوبة وغير قادر علي طرد الماء
- يحافظ الجرانيت المعالج علي نظافته مدة تصل الي 8 سنوات حيث يتم طلاءه بمادة ثاني أكسيد التيتانيوم كمادة نانوية بتركيز 5%، تحافظ تلك المادة علي نظافة الجرانيت أطول فترة ممكنة، وبالتالي تقل تكاليف الصيانة، علي عكس الجرانيت المستخدم حيث تزداد متطلبات صيانته

د- الأداء الاقتصادي:

- **الزجاج**

- زيادة قدرة العزل الحراري للزجاج المعالج بنسبة 30% عن الزجاج المستخدم وبالتالي تنخفض تكاليف استهلاك الطاقة
- قيمة معامل النفاذية الشمسية للزجاج المعالج أقل من قيمته للزجاج المستخدم وبالتالي يعمل علي تقليل الأحمال الحرارية داخل الفراغ، وبالتالي تنخفض تكاليف استهلاك الطاقة
- تقل فترات تنظيف الزجاج المعالج فيتم تنظيفه كل 5 سنوات بينما يتم تنظيف الزجاج المستخدم كل شهر بتكلفة 10.000جنيه، وبالتالي كل 5 سنوات يتم تنظيف الزجاج المستخدم بتكلفة 5*12*10.000 =60.000جنيه، لذلك عند استخدام زجاج النانو يتم

توفير تكاليف الصيانة بنسبة 60% عن الزجاج المستخدم

- الزجاج المعالج ذو تكلفة مرتفعة، حيث أنه أكثر تكلفة 4 مرات من الزجاج المستخدم

- **الدهان**

- دهان النانو يوفر طاقة حتى 50% من استهلاك التكييف وبالتالي تنخفض تكاليف استهلاك الطاقة
- دهان النانو يبقى ويثبت لمدة تتعدى العشر سنوات وبالتالي تنخفض تكاليف صيانته
- يتم طلاء طبقتين أو أكثر من دهان النانو وبين كل طبقة والأخري ساعة وبالتالي توفر في وقت الطلاء بنسبة تصل الي النصف بالمقارنة مع الطلاء المستخدم
- دهان النانو أقل تكلفة من الدهان المستخدم بنسبة تصل الي النصف

- **العزل الحراري**

- مادة VIP ذات كفاءة وقدرة عزل حراري أعلي 10 مرات من البوليسترين مما يقلل من تكاليف استهلاك الطاقة
- تكلفة مادة VIP أعلي 3أضعاف من المادة المستخدمة
- باستخدام مادة VIP يتم تخفيض تكاليف الصيانة أكثرمن مادة البوليسترين بنسبة تصل الي الضعف

- **العزل المائي**

- قلة تكلفة مادة العزل النانوي
- العمر الافتراضي لتلك المادة ما بين 30:20 عاما وبالتالي تقل تكاليف الصيانة علي المدي العمري للمبني علي عكس مادة العزل المستخدمة وهي من مواد بيتومينية حيث تتسرب من خلالها المياه عند سقوط الأمطار وتمت عملية الصيانة باضافة مادة عزل جديدة Sikalastic وتغطية السطح بالزلط لتبخير المياه وبالتالي زادت تكاليف صيانة السطح

- **الجرانيت**

- الجرانيت المعالج بالنانو أعلي تكلفة من الجرانيت الرمادي بنسبة تصل الي الضعف فأكثر
- يحافظ الجرانيت المعالج بالنانو علي نظافته مدة تصل الي 8 سنوات، وبالتالي تقل تكاليف الترميم والصيانة، علي عكس الجرانيت المستخدم حيث تزداد متطلبات صيانته

هـ- مدي توفر المواد المعالجة بالنانو في السوق المصري:

- **الزجاج**

عدم توفر الزجاج المعالج بالنانو في مصر نتيجة تكلفته العالية

- **الدهان**

الدهان المعالج النانو متوفر حديثا في السوق المصري، ولكن لم يتم الترويج للدهان بالشكل الكافي حيث تم استخدامه في أماكن محدودة كمخارج الحريق بمول العرب لقدرتها علي مقاومة الحريق

- **العزل الحراري**

مادة VIP المعالجة بالنانو غير متوفرة في السوق المصري نتيجة تكلفتها العالية

- **العزل المائي**

مادة النانو العازلة للمياه متوفرة في السوق المصري، حيث يتم استيرادها من اليونان واصدارها بواسطة شركة Prokem للكيماويات المتخصصة، وتم استخدام تلك المادة في منتجع Nice4

- **الجرانيت**

عدم توفر الجرانيت المعالج بالنانو في السوق المصري نتيجة تكلفته العالية

و- امكانية التنفيذ:

- **الزجاج**

الزجاج المعالج بالنانو أكثر تكلفة من الزجاج المزدوج فيصعب اقتصاديا استخدامه في مصر، ولكن مادة النانو (أكسيد التيتانيوم) يتم تحضيرها في المعامل كما في شركة نانوتك لذا يمكن ادماج الزجاج المعالج بالنانو في خطوط الانتاج الموجودة وعند توفره ستقل تكلفته، وكذلك يتم تعويض فرق السعر بعد التشغيل حيث تقل تكاليف الطاقة التي تعاني منها مصر، وكذلك متطلبات الصيانة للمبني التي تعاني أيضا منها مصر عند استخدام مساحات واسعة من الزجاج في الأبنية، بالاضافة الي أنة يمكن اعادة تكرير الزجاج المعالج بالنانو علي الأقل 30% من كل طن من الزجاج، وبالتالي عند اجراء خطوط انتاج وتصنيع الزجاج المعالج بالنانو في مصر يتم انشاء معامل لتكرير الزجاج

- **الدهان**

الدهان المعالج بالنانو سهل التنفيذ حيث يتم تصنيعه بواسطة شركة CMB

- **العزل الحراري**

يصعب اقتصاديا تنفيذ مادة VIP في مصر نتيجة تكلفتها العالية، ولكن يتم تعويض تلك التكلفة بعد ذلك حيث تقل تكاليف الطاقة والصيانة بنسبة كبيرة علي مدار عمر المبني، وكذلك المادة سهل تطبيقها

- **العزل المائي**

مادة Surfapore يمكن تنفيذها في مصر لقلة تكلفتها فيمكن ادماجها في خطوط انتاج مواد العزل المائي الموجودة في مصر

- **الجرانيت**

يمكن تنفيذ الجرانيت المعالج بالنانو حيث يتم تحضير مادة الطلاء (أكسيد التيتانيوم) في المعامل كما في شركة نانوتك

6/النتائج:

تم استحلاص نتائج للدراسة السابقة كالتالي:

1/6نتائج الدراسة النظرية:

- مواد البناء في مصر تواجه العديد من المشاكل كتلوث البيئة، استهلاك الطاقة، قلة كفاءة المواد، ارتفاع الأسعار
- ظهور تكنولوجيا النانو أدي الي ايجاد حلول لبعض المشكلات التي تواجه مواد البناء في مصر
- قلة استخدام المواد المعالجة بالنانو في مصر

2/6نتائج الدراسة التحليلية:

تم تطوير أداء مواد البناء في مصر باستخدام تكنولوجيا النانو، والنقاط التالية تعضض تحقيق هذا الهدف:

- تنخفض تكاليف استهلاك الطاقة للمبني عند استخدام بعض مواد البناء المعالجة بالنانو كالزجاج، الدهان، ومادة العزل الحراري
- تنخفض تكاليف صيانة المبني عند استخدام بعض مواد البناء المعالجة بالنانو كالزجاج، الدهان، مادة العزل الحراري، مادة العزل المائي، والجرانيت
- تحسين جودة الهواء والراحة الحرارية باستخدام الزجاج المعالج بالنانو
- توجد معوقات لاستخدام المواد المعالجة بالنانو بسبب زيادة أسعارها

- تطوير أداء مواد البناء في مصر من خلال تطبيق تكنولوجيا النانو

7/التوصيات:

- زيادة الوعي بتكنولوجيا النانو وأهميتها
- يجب معرفة الشركات بمنتجات النانو للعمل علي نزولها في الأسواق المصرية
- عمل حافز اقتصادي لتقليل تكلفة مواد البناء المعالجة بالنانو

8/المراجع:

/المراجع:

1) الموقع الالكتروني لمعهد الملك عبدالله لتقنية النانو http://nano.ksu.edu.sa/ar, access 2-4-2016
2) Patel Abhiyan S., Rathod Hiran A., Neeraj Sharma D., *An overview on application of nano technology in construction industry*, paper, India, 2013, p2
3) Amit Srivastava, Kirti Singh, *Nano technology in civil engineering and construction: An overview on state of the art and future prospects*, paper, India, 2011, p2
4) *Saurav, Application of nano technology in building materials*, paper, India, 2012, p2
5) Sahereh Mehrabian, *Nano technology applications in the construction industry*, paper, Iran, 2013
6) Wael Salah, Shimaa Abdelhakim, Application of using nano materials in glass, paper, Egypt, 2014, p5
7) Mohamed Hazem, *Nano materials and architecture (Sustainable NanoArchitecture)*, University of Alexandria,Egypt, PHD, 2010, p21
8) leydecker, S , *Nano materials in architecture, interior architecture and design*, Birkhauser, puplishers for architecture, Basel, Switzerland, 2008
9) http://www.explainthatstuff.com/how-self-cleaning-windows-work.html, access 10-11-2016
10) Martin Pool, *Insulation of a mixed use building with 7 storeys in Munich with VIP*, paper, Germany, 2009
11) http://architectureassociate.blogspot.com/2012/11/jubilee-church.html
12) http://precast.org/precast-possibilities/case-studies/depollution-and-photocatalysis-of-precast-concrete/
13) نهي عبد الوهاب محمد، *حماية البيئة وترشيد استهلاك الطاقة في المبني من خلال اختيار مواد البناء*، رسالة ماجستير، جامعة القاهرة، 2013، ص76
14) حازم فلاح سكيك، *كيف تعمل النانو تكنولوجي*، مجلة الفيزياء العصرية، العدد العاشر، 22فبراير 2012
15) محمد عصام، هاشم عبدالله، *مدخل لإدارة الأضرار الصحية لمواد البناء وآثارها على البيئة الداخلية للمباني*، مجلة تقنية البناء، العدد الثاني عشر، 2007، ص1
16) National energy education development project, *Intermediate Energy Infobook*, The NEED Project, 2015, p46
17) نوري عياد، سعد فتحي، *فرص ترشيد استهلاك الطاقة في الدول العربية*، ورقة بحثية، مؤتمر الطاقة العربي العاشر، الامارات، 2014، ص21
18) https://www.scribd.com/, access 10-6-2016
19) http://bahkalimantap.blogspot.com/2011/10/advantages-and-disadvantages-of.html, access 3-4-2016
20) http://hcgl.eng.ohio-state.edu/~ceg532/chap1/chap1_2.htm, access 10-4-2016
21) http://www.arab-eng.org/vb/t307384.html, access 2-5-2016
22) الموقع الالكتروني لشركة مايدا اليابانية http://www.maeda-kougyou.com, access 10-2-2017
23) أمل كمال، *ترشيد استهلاك الطاقة في مرحلة تشييد المبني*، رسالة ماجستير، جامعة عين شمس، 2003
24) Wael Salah, Shimaa Abdelhakim, Application of using nano materials in glass, paper, 2014
25) الموقع الالكتروني لشركة نانوتك http://www.nanotecheg.com/, access 11-2-2017
26) شركة CMB cmb@cmbegypt.com
27) شركة Nanophos اليونانية info@NanoPhos.com
28) شركة أليكو للزجاج، http://www.alicoegypt.com/ بتاريخ 10-4-2017
29) شركة كونتراك للصيانة، info@ContrackFM.com بتاريخ 14-2-2017
30) الموقع الالكتروني لشركة Pilkington للزجاج www.pilkington.com, access 18-4-2017
31) شركة جوتن للدهانات، csd@jotunadh.ae بتاريخ 7-6-2017
32) شركة CMB للكيماويات المتخصصة، cmb@cmbegypt.com بتاريخ 11-6-2017
33) http://polystyrenesheets.org/, access 6-5-2017
34) النشرة الفنية لأسعار مواد البناء، قطاع الاسكان والمرافق، وزارة الاسكان والمجتمعات العمرانية، مايو 2017
35) Martin Tenpierik, *Vacuum Insulation Panels Applied in Building Constructions*, PHD, 2010
36) https://www.insulationsuperstore.co.uk
37) شركة سيكا مصر، https://egy.sika.com/ بتاريخ 6-5-2017
38) شركة Nanophos للكيماويات بتاريخ 8-5-2017
39) سيد منصور أحمد، *دراسة مقارنة لتقييم كلا من المركبات التقليدية والمركبات النانوية المستخدمة في التنظيف الذاتي والحماية الذاتية لأسطح بعض الأحجار*، رسالة ماجستير، جامعة القاهرة، 2014
40) الموقع الالكتروني لشركة Nano protect البولاندية http://www.nanoprotect.co.uk/, access 10-5-2017