توظيف مواد النانو ذات خاصية التحفيز الضوئي في غلاف المبنى لمكافحة تلوث الهواء

أ.د. حمدي صادق أحمد
أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية- كلية الهندسة بالمطرية – جامعة حلوان
hamdy_sadik@m-eng.helwan.edu.eg
ا.م.د. الفت عبد الغنى سليمان
أستاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية - كلية هندسة المطرية - جامعة حلوان
olfat_helwa@m-eng.helwan.edu.eg
م.م / وائل محمد ذكي
مدرس مساعد بقسم الهندسة المعمارية - كلية هندسة المطرية - جامعة حلوان
wael_zaki@m-eng.helwan.edu.eg
Arch_wael.zaki@yahoo.com

ملخص
تلوث الهواء من أهم المشاكل البيئية التي تؤثر على كافة مجالات الحياة وتحاول كافة الجهات الدولية إلى إيجاد حلول مختلفة لحل المشكلة ، فيمكن للمباني أن تكون رئة ومتنفس جديد للبيئة بدلا من غزو الكوكب بمسطحات خرسانية تستهلك طاقات الكوكب و تنتج ملوثات بيئة تؤدى إلى خلل بيئي ، من خلال توظيف أمكانيات مواد النانو في غلاف المبنى للعمل على تحليل الأكاسيد الملوثة (أكاسيد الكبريت و النيتروجين) إلى شوائب يسهل التخلص منها عن طريق الأسطح ذاتية التنظيف مما يؤدى إلى تحسن ملحوظ في جودة الهواء و الذى يعود بالإيجاب على العوامل البيئة و الصحية و الاقتصادية.

كلمات مفتوحة
تلوث الهواء، تكنولوجيا النانو، مواد النانو، التحفيز الضوئي.

مقدمة
تعتبر مواد البناء المستخدمة بالبناء من العناصر التي تؤثر على كفاءة المنشأ مع البيئة المحيطة و الطاقة والمياه ، و تعتمد تلك المواد على خصائصها التي تحدد إمكاناتها ومدى كفائتها البيئية، وفي ضوء التطور المتسارع في مجال تكنولوجيا النانو والتي تعتمد على تعظيم شأن المواد من خلال معالجتها على المقياس الذري، وفي ظل تصاعد مشكلة التلوث في كثير من دول العالم إلى حد يهدد استمرار الجنس البشرى ،حيث تعددت مصادر التلوث التي أصبحت تطرح نواتجها في المحيط الحيوي فتتأثر بها الكائنات الحية بصورة أو بأخرى و تعود بالضرر على الإنسان.
تلقى الورقة البحثية الضوء على الفرص المتاحة من توظيف إمكانيات مواد النانو في غلاف المبنى من خلال شرح تلك المواد والعائد من استخدامها في مجالات معالجة تلوث الهواء والتفاعل الإيجابي مع الموقع كوسيلة للوصول إلى مباني غير منتجة للتلوث (صفرية التلوث ZERO POLLUATION)، بل ستكون مباني مضادة للتلوث **(anti-pollution)**كمفهوم جديد للعمارة ودورها في تحسين وإزالة التلوث البيئي والمساعدة على تحسين البيئة الداخلية والخارجية في مجال تلوث الهواء.

اشكالية البحث
بالرغم من الجهود العالمية المبذولة للحد من تلوث الهواء، ألا أنه مازال تعاني شعوب العالم وخصوصاً الدول النامية وسكان المدن الحضرية الكبيرة يعانون من نسبة مرتفعة في ملوثات الهواء.

فرضية البحث

يفترض البحث بإن التطور في علوم مواد النانو ذات خاصية التحفيز الضوئي سيساهم بطريقة فعالة في تحسين نوعية الهواء والمساعدة على تحسين البيئة الخارجية والداخلي في مجال جودة الهواء.

مجال البحث

يدرس البحث تلوث الهواء ومصادرة بجانب دراسة تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها في العمارة من خلال شرح خواصها ومميزاتها وتأثيرها في مجال العمارة من وجه نظر مبادئ تحسين جودة الهواء.

أهداف البحث

يهدف البحث إلى توضيح القيم المضافة من توظيف مواد النانو ذات خاصية التحفيز الضوئي في غلاف المبنى لتحليل الأكاسيد الملوثة والجسيمات العالقة لتحسين نوعية الهواء.

منهجية البحث

يسلك البحث عدد من المناهج المختلفة للوصول الى هدفه:

المنهج الاستقرائي: دراسة تلوث الهواء، التعريف وأنواعه، دراسة مفاهيم وتطبيقات مواد النانو ذات خاصية التحفيز الضوئي

المنهج الوصفي التحليلي: دراسة أمثلة تعتمد على مواد النانو في غلاف المبنى لتحسين نوعية الهواء.

(١) مشكلة تلوث الهواء

تلوث الهواء من أكبر مخاطر الصحة البيئية ، حيث أثبتت دراسات منظمة الصحة العالمية أن هناك ما يقرب من ٧مليون حالة وفاة (واحد من كل ثمانية أشخاص على مستوى الوفيات في جميع أنحاء العالم) [١] شكل (١-١) جاءت نتيجة للتعرض لتلوث الهواء، و تؤكد الدراسات أن الحد من تلوث الهواء يمكن إنقاذ ملايين البشر ، حيث تشير الإحصائيات وجود صلة قوية بين التعرض لتلوث الهواء سواء داخل الأماكن المغلقة أو في الهواء الخارجي إلى أمراض القلب والأوعية الدموية والسرطان، بالإضافة إلى دور تلوث الهواء في تطور أمراض الجهاز التنفسي شكل (١-٢).

شكل (١-١) نسب والتعداد العالمى لحالات الوفاه نتيجة تلوث الهواء طبقاً لتقارير منظمة الصحة العالمية

المصدر: http://www.who.int/ar/

الفئات الأكثر تأثراً بتلوث الهواء

علاقة تلوث الهواء بالأمراض المسببة للوفاه ونسبها

شكل (١-٢) إحصائيات تأثير تلوث الهواء على صحة الأفراد و المجتمع طبقاً لتقارير منظمة الصحة العالمية

المصدر: http://www.who.int/ar/

(١/١) تعريف تلوث الهواء

تعرض الغلاف الجوي لمواد كيميائية أو جسيمات مادية أو مركبات بيولوجية ، تؤدى إلى التغير الكمي للمركبات الكيميائية للهواء عن طريق الاتحاد لتكوين مركب جديد أو زيادة نسبة مركب عن الحد الطبيعي ، فأي زيادة أو نقصان ، وأي تغير كيفي يؤدى إلى تلوث الهواء[٢]

يوجد نوعان رئيسيان من التلوث هما :التلوث الخارجي للهواء و التلوث الداخلي للهواء[٣].

تلوث الهواء الخارجي :تنبعث كميات كبيرة من الغازات والغبار والجسيمات الدقيقة داخل الغلاف الجوي، معظمها نتيجة احتراق الوقود المستخدم في وسائل النقل وتدفئة المباني و العمليات الصناعية.

تلوث الهواء الداخلي :يحدث من احتباس الملوثات داخل المباني التي تعاني في سوء تهويتها.

(٢/١) أنواع ملوثات الهواء

- **ملوثات الهواء الصلبة** (الجسيمات الصلبة – الرصاص)
- **ملوثات الهواء الغازية** (ثاني أكسيد الكبريت – ثاني أكسيد النيتروجين – أول أكسيد الكربون – الأوزون)

(2) مفهوم النانو

مصطلح النانو يرجع إلى كلمة يونانية بمعنى القزم، النانومتر (nm) هو جزء من المليار من المتر [٤]

(١/٢) مبادئ تكنولوجيا النانو

المبادئ الأساسية للجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها (١٠٠ نانومتر)، تعطينا التحكم التام والدقيق في إنتاج المواد من خلال التحكم في التفاعلات الداخلية للجزيئات. [٥]

أهم المبادئ الاساسية لعلوم لتكنولوجيا النانو [٦] :

- إمكانية التحكم بتحريك الذرات منفردة بدقة وإعادة ترتيبها.
- الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة عند مقياس النانو تختلف عن خصائصها بمقياسها الطبيعي.
- إمكانية التحكم بالذرات في صنع المواد والآلات وتنقيتها من الشوائب.

المميزات الأساسية لعلوم تكنولوجيا النانو:

- إمكانية بناء مادة جديده لإن الذرة هي الوحدة البناء لكل المواد.
- اكتشاف خصائص جديدة للمواد.
- خصائص أفضل للمواد، فهي أصغر وأخف وأقوى وأسرع وأرخص وأقل استهلاكا للطاقة.

(٢/٢) مواد النانو ذات خاصية التحفيز الضوئي

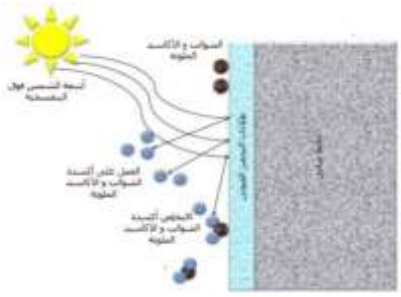
أولا: خرسانة التحفيز الضوئي

من خلال إضافة أحدى المركبات إلى الخليط الخرساني (ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2)- أكسيد الزنك (ZnO)- ثالث أكسيد التنجستن (WO_3:Tungsten trioxide)- أكسيد التيتانيوم والحديد في الصيغة المثالية ($FeTiO_3$) - تيتانات السترونتيوم ($SrTio_3$, strontium titanate) في الخرسانة ،عندما تتعرض إلى الأشعة فوق البنفسجية UV للسطح الخرساني ، يتم تحليل وتفكيك المركبات العضوية إلى أكاسيد طبيعية مع عدم المساس بتغير لون سطح الخرسانة فهي تعمل كعامل محفز فقط إلى أجل غير مسمى ، ولكن أكثر الإضافات انتشارا هو ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2) [٧] .

بالإضافة إلى الخواص البيئية فإن إضافة ثاني أكسيد التيتانيوم (TIO_2)بنسبة ٥% إلى ١٠% في خليط الأسمنت يمكن أن تزيد من قوة الضغط عند اليوم الأول بنحو ٤٥% ولكن عند اليوم ٢٨ ينخفض ١٠% إلى ١٩% من قوة ضغط [٨]، إضافة ٢ % (TIO_2) يزيد من قوة الضغط للخرسانة بنسبة ١٧% [٩]

ثانيا: طلاءات ذاتية التنظيف (التحفيز الضوئي) Self-cleaning (photo catalytic)

يعتبر مصطلح ذاتية التنظيف ليس دقيق لان عملية التحفيز الضوئي تقوم بالأساس على عملية التنظيف والصيانة ولكنها لا تغنى عن عمليات التنظيف، وتقوم فكرة التحفيز الضوئي على وجود عامل حفاز شديد التفاعل هو (ثاني أكسيد التيتانيوم TIO_2) فيعمل على تحليل الشوائب المتواجدة على الأسطح في وجود ضوء الشمس [١] شكل (١-٣)



شكل (١-٣) تحليل الشوائب بتأثير أشعة الشمس فوق البنفسجية UV بوجود ثاني أكسيد التيتانيوم TIO^2
المصدر : بتصرف الباحث
/http://www.coat-guard.com/EN/productinfo/productinfo-2

طلاءات ذاتية التنظيف – التحفز الضوئي لها القدرة للقضاء على ما بين ٢٠% و٨٠% من الملوثات المحمولة جوا [٤]

ويوجد العديد من الاختبارات التي إجريت من خلال شركة الألفية الخضراء Green Millennium اليابانية على الأكاسيد الملوثة بالهواء الخارجي حول المسطحات ذات دهانات التحفيز الضوئي وكانت النتائج كما يلي [١١] جدول (١-١):

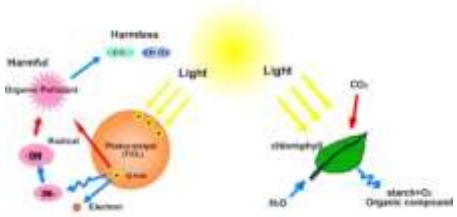
جدول (١-١) نتائج اختبارات إزالة الأكاسيد الملوثة من الهواء الخارجي نتيجة لتعرضها لطلاءات التحفيز الضوئي [١١]

	العينة	الحالة (ppm)	التحكم (ppm)	النسبة المتخلص منها %
ثاني أكسيد الكبريت So_2	البداية	٥.٤	٥.٢	%٠.٠
	بعد ١٥ دقيقة	١.٨	٤.٣	%٦٦.٧
	بعد ٣٠ دقيقة	٠.٦	٤.١	%٨٨.٩
	بعد ٤٥ دقيقة	٠.٢	٣.٧	%٩٦.٣
	بعد ٦٠ دقيقة	٠.٢	٣.٥	%٩٦.٣
ثاني أكسيد النيتروجين No_2	البداية	٥.٦	٥.٢	%٠.٠
	بعد ١٥ دقيقة	٢.٨	٥.٠	%٥٠.٠
	بعد ٣٠ دقيقة	٢.٥	٤.٩	%٥٥.٤
	بعد ٤٥ دقيقة	١.٠	٤.٣	%٨٢.١
	بعد ٦٠ دقيقة	٠.٨	٣.٧	%٨٥.٧
التوليين C6H5-CH3	البداية	٣٤.١٤	٣٣.٧٤	%٠.٠
	بعد ٨٠ دقيقة	٨.٢٤	٣٣.٤٧	%٧٥.٩
	بعد ١٢٠ دقيقة	٤.٢١	٣٣.٢١	%٨٧.٧
	بعد ١٥٠ دقيقة	٢.١١	٣٣.١١	%٩٣.٨
	بعد ٢٠٠ دقيقة	١.٩٠	٣٢.٧٢	%٩٤.٤
البنزين (C6H6)	البداية	٥.١٧	٥.٢٤	%٠.٠
	بعد ١٠ دقيقة	٤.٧٩	٥.٢١	%٧.٤
	بعد ٣٠ دقيقة	٣.٩٤	٥.٢٠	%٢٣.٨
	بعد ٦٠ دقيقة	١.١٣	٥.١٨	%٧٨.١١
	بعد ٩٠ دقيقة	٠.٥١	٥.١٤	%٩١.٠

و يظهر لنا الجدول:

- إزالة ٩٦.٣ % من نتائج العينات من ثاني أكسيد الكبريت ذات الخطورة الكبيرة على صحة الأنسان بعد تعرضها للطلاءات في وجود أشعة الشمس لمدة ساعة.
- إزالة ٨٥.٧% من نتائج العينات من ثاني أكسيد النيتروجين ذات الخطورة الكبيرة على صحة الأنسان بعد تعرضها للطلاءات في وجود أشعة الشمس لمدة ساعة.
- إزالة ٩٤.٤ % من التوليين وهي مادة كيميائية تستخدم كبديل لبنزين السام، تضاف إلى الوقود وتستعمل كوسيط لعدد من المركبات والصبغات والمنظفات والعطور والمتفجرات، بعد تعرضها للطلاءات في وجود أشعة الشمس لمدة ثلاث ساعات و عشرون دقيقة.
- إزالة ٩١% من محلول البنزين المتطاير من المركبات، بعد تعرضها للطلاءات في وجود أشعة الشمس لمدة ساعة ونصف.

(٣) التحفيز ضوئي photo catalysis



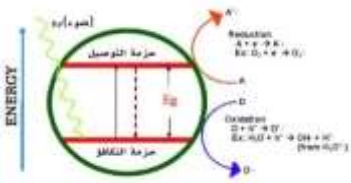
شكل (١-٤) الشكل يوضح دور الكرورفيل في عملية التحفيز الضوئي على اليمين وعلى اليسار يوضح دور ثاني أكسيد التيتانيوم في التحفيز الضوئي.
المصدر : شبكة الفيزياء التعليمية
https://www.hazemsakeek.net/

التحفيز ضوئي photo catalysis هي كلمة مركبة من جزئيين الجزء الاول photo وتعني الضوء والجزء الثاني catalysis وتعني التحفيز تعتمد على مادة تعمل على زيادة معدل تحول المواد المتفاعلة بدون أن تتأثر هذه المادة او تستنزف، تعرف هذه المادة باسم الـ catalyst أي المحفز وتقوم بزيادة معدل التفاعل عن طريق تقليل طاقة التنشيط اللازمة له وبالتالي فان عملية التحفيز الضوئي هي عبارة عن تفاعل يستخدم فيه الضوء كمنشط للمادة التي سوف تعمل على زيادة معدل التفاعل الكيميائي بدون أن يكون لها دور في التفاعل نفسه ، لتوضيح الفكرة نأخذ مثالا من الطبيعة فمثلا مادة الكلوروفيل Chlorophyll في النباتات هي محفز ضوئي طبيعي والفرق بين الكلوروفيل والمحفز الصناعي هو ان الكلوروفيل يقوم بامتصاص ضوء الشمس لتحويل الماء وثاني أكسيد الكربون إلى اكسجين وجلوكوز، ولكن المحفز الصناعي يعطي مركب مؤكسد قوي جدا يعمل على كسر روابط المواد العضوية السامة والبكتيريا عند تعرضه للضوء ويحولها إلى ثاني أكسيد الكربون وماء كما هو موضح في الشكل (١-٤) [١٢] .

وتلك التطبيقات تعتمد على الأشعة فوق البنفسجية من أي مصدر في وجود مادة التحفيز الضوئي وتكون من اشباه الموصلات semiconductors لأنها تمتلك فجوة طاقة صغيرة بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل ولكي تمتص مادة شبه الموصل طاقة من مصدر الأشعة فوق بنفسجية مساوية على الأقل لفجوة الطاقة فينتقل إلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل فيصبح لدينا إلكترون في حزمة التوصيل وفجوة موجبة في حزمة التكافؤ الفجوة الموجبة تعتبر مؤكسد قوي يمكنه اكسده الجزئيات، ويمكن استخدام ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 لان فجوة الطاقة بها Eg=3.2eV وهذه الطاقة تعادل طاقة فوتون له طول موجي يساوي 388nm وهذا الفوتون يقع في مدى الأشعة فوق البنفسجية ويعتبر ثاني أكسيد التيتانيوم الانسب للاستخدام لعدة مزايا فأنه خامل، مقاوم للتأكل ويحتاج إلى معالجة

شكل (١-٥) حزم الطاقة في ثاني أكسيد التيتانيوم
المصدر : شبكة الفيزياء التعليمية
https://www.hazemsakeek.net/

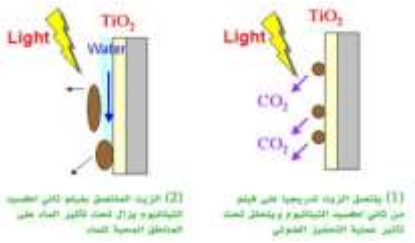
وتحضير أقل وهذا يجعله متوفرا بسعر منخفض التكلفة كما يمكنه التفاعل في ظروف عادية شكل (١-٥)،عندما يمتص الأشعة فوق البنفسجية فأن طاقة الأشعة كافية لتحرير إلكترون سالب وفجوة موجبة، يصبح إلكترون حزمة التكافؤ في ثاني أكسيد التيتانيوم مثاراً عند امتصاصه للأشعة وينتقل الإلكترون –e إلى حزمة التوصيل تاركا خلفه فجوة موجبة في حزمة التكافؤ +h. ويصبح ثاني أكسيد التيتانيوم في هذه الحالة مثارة فرق الطاقة بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل، الفجوة الموجبة +h تعمل على تحويل جزيء الماء إلى هيدروجين وهيدروكسيل. ويتفاعل الإلكترون–e مع جزيء الأكسجين ويعطي أيون مؤكسد قوي جدا تستمر هذه العملية طالما هناك ضوء متوفر(شكل ١-٦) [١٣]



شكل (١-٦) ألية عمل التحفيز الضوئي في ثاني أكسيد التيتانيوم
المصدر : شبكة الفيزياء التعليمية
https://www.hazemsakeek.net/

اكتشف تأثير ثاني أكسيد التيتانيوم في العام ١٩٦٧ بواسطة البروفيسور اكيرافوجيشيماFujishima رئيس أكاديمية كاناجاوا Kanagawa للعلوم والتكنولوجيا باليابان، وفي عام ١٩٩٥ اكتشفت ظاهرة جديدة أدت إلى أتساع تطبيقات التحفيز الضوئي باستخدام ثاني اكسيد التيتانيوم، حيث لوحظ عند طلاء زجاج بمادة ثاني أكسيد التيتانيوم وتعرضه لأشعة الشمس فإن قطرات الماء تصبح مسطحة على سطحه وهذه خاصية تعرف باسم super hydrophilicity أي محبة للماء وبمزيد من الدارسات لاحظ ان الأشعة فوق البنفسجية قد انتزعت بشكل جزئي ذرات الأكسجين وكانت هذه المناطق تعرف باسم محبة للماء تعرف بالمصطلح hydrophilic أي مناطق لها زاوية اتصال كبيرة بين السطح والماء، في حين أن المناطق التي لم تنتزع منها ذرات الأكسجين هي مناطق كاره للماء وتعرف بالمصطلح hydrophobic وتكون فيه زاوية اتصال الماء مع السطح صغيرة وقدرت مساحة المناطق المحبة للماء بـ 30nm×50nm ومناطق أخرى كاره للماء Hydrophilic بنفس المساحة تقريبا وهذا جعل قطرات الماء على السطح مسطحة بدلا من أن تكون كروية، وهذا شكل طبقة رقيقة منتظمة من الماء

على السطح لأن الماء أنتشر علي المساحات المحبة للماء hydrophilic من السطح فإذا كان هناك أثار زيت على السطح فأن قطرات الماء عند هطول المطر ، سوف تنساب تحت طبقة الزيت وتزيله بسهولة وهذه تقنية أصبحت تستخدم الان وتعرف بسم التنظيف الذاتي والان يتم استخدام طلاء من ثاني أكسيد التيتانيوم على الواجهات الخارجية لنوافذ المباني الكبيرة ومرايا السيارات شكل (٥-٦)



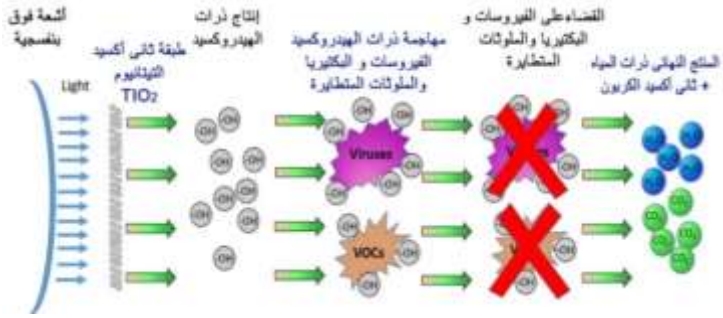
الشكل (٥-٦) عملية التنظيف الذاتي للسطح بالاعتماد على خاصية التحفيز الضوئي لثاني اكسيد التيتانيوم
المصدر : شبكة الفيزياء التعليمية
https://www.hazemsakeek.net/

فيمكنا من خلال توظيف مواد النانو ذات خاصية التحفيز الضوئي ومنها:

- **الخرسانة ذات خاصية التحفيز الضوئي**
- **طلاءات ذاتية التنظيف (التحفيز الضوئي)**

في غلاف المبنى من خلال الواجهات الغنية بنسبة اسطاع شمسي غنى بالأشعة فوق البنفسجية (الشرقية – الجنوبية الشرقية - الجنوبية - الجنوبية الغربية - الغربية - الأسقف) ومن خلال التفاعل المباشر بين أشعة الشمس و الغلاف الخارجي في فترات النهار أن نتخلص من (أكاسيد النتروجين – أكاسيد الكبريت – أول أكسيد الكربون – الأوزون – الجسيمات الصلبة)

من خلال عملية الأكسدة لعنصر الهيدروكسيد OH شكل (١-٧) خلال عمليات التحفيز الضوئي [١٤] [١٥].



شكل (١-٧) القضاء على المركبات الملوثة المتطايرة و الفيروسات و البكتيريا من خلال طبقة ثاني أكسيد التيتانيوم بفضل عملية التحفيز الضوئي في وجود إشعة الشمس فوق البنفسجية

المصدر : بتصرف الباحث

(٤) الحالات الدراسية (١/٤) جناح ايطاليا- معرض ميلانو ايكسبو ٢٠١٥ - Italy Pavilion – Milan Expo	
المعمارى- Architect	Nemesi & Partners Srl
نوع المبنى – Type	ثقافي
الموقع - Site	ميلانو – إيطاليا
الزمن - Time	اكتمال المشروع ٢٠١٥ م
المساحة – Area	٢٧.٠٠٠ م٢
تصنيف تلوث الهواء	مرتفع [١٦]
نوع غلاف المبنى Building envelope	غلاف المبنى المزدوج
مواد النانو المستخدمة Nanomaterial used	خرسانة التحفيز الضوئي (ثاني اكسيد التيتانيوم -Tio^2) طلاء النانو (ثاني اكسيد التيتانيوم -Tio^2)

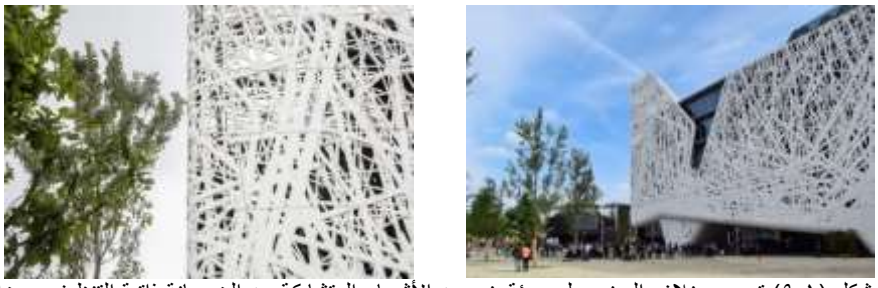
شكل (١-٨) الجناح الدائم لمعرض ايكسبو
Source: https://www.designboom.com/

عام ٢٠١٣ تم طرح مسابقة لتصميم جناح ايطاليا الدائم في مدينة ميلانو وربح المسابقة مكتب Nemesi & Partners Srl فقدم حلول مبتكرة من حلول بيئية جيدة من حيث تحسين نوعية الهواء و توفير الطاقة [١٧] شكل (١-٨)، مدينة ميلانو من اكثر المدن تلوثاً في أوروبا، وطبقا لمنظمة الصحة العالمية في ٢٠١٢ بلغت الوفيات إلى أكثر من ٩٠.٠٠٠ بسبب تلوث الهواء [١٨]

(١/١/٤) وصف المشروع

يتكون المبنى من ٦ طوابق بإجمالي مساحة بمساحة ١٤٣٩٨ م٢ بارتفاع ٣٥ م.، ويتكون غلاف المبنى المزدوج من **الخرسانة ذاتية التنظيف – خاصية التحفيز** الضوئي مصنع من قبل شركة إيطاسيمنتى italcementi والذى له القدرة على التفاعل مع إشعة الشمس فوق البنفسجية لتحليل

الأكاسيد الملوثة بالهواء ([١٩])



شكل (١-٩) تصميم غلاف المبنى على هيئة غصون الأشجار المتشابكة من الخرسانة ذاتية التنظيف – خاصية التحفيز الضوئي والتى لها القدر على تنقية الهواء المحيط بالمبنى
/ Source : https://www.arch2o.com/italian-pavilion-milan-expo-andrea-maffei
/https://architizer.com/projects/italy-pavilion-milan-expo-2015

(٢/١/٤) استراتيجيات المبنى لتحسين جودة الهواء - إزالة الأكاسيد الملوثة

- يعمل غلاف المبنى على تنقية الهواء من خلال خرسانة التحفيز الضوئي شكل (١-١٠) (١-١١).
- تحليل الأكاسيد الملوثة للهواء من (ثاني أكسيد الكبريت - ثاني أكسيد النيتروجين - أول أكسيد الكربون والأوزون- الجسيمات العالقة) وتحليلها لمركبات غير ملوثة للبيئة.
- القضاء على ملوثات ١٠٠ سيارة يومياً تعمل بالديزل أو ٣٠٠ سيارة تعمل بالبنزين [١٧] [١٩].
- معالجة ١٥% من مباني ميلانو تقلل ٥٠% من تلوث المدينة [١٨] [٢٠].

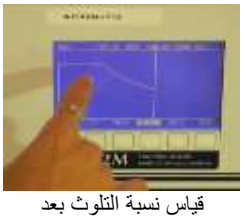
الأكاسيد الملوثة بجانب المبنى

تحلل الملوثات إلى شوائب ملتصقة على جدار الغلاف

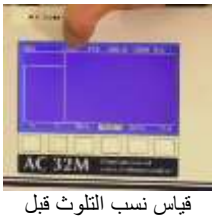
تراكم الشوائب على جدار الغلاف الخارجى للمبنى

نزول الأمطار مع نعومة سطح الغلاف تجعل من عمليات التنظيف في منتهى السهولة بحيث يتم إزالة الشوائب

شكل (١-١٠) تفاعل غلاف المبنى مع الأشعة فوق البنفسجية لتحليل الأكاسيد الملوثة في وجود الأكسجين و الماء أو بخار الماء تتحول الأكاسيد الملوثة إلى شوائب تلتصق بالمبنى أو تسقط على الأرض ومع خاصية التنظيف الذاتى للغلاف يتم إزالة الشوائب الملتصقة على المبنى مع نزول الأمطار
Source : https://www.italcementi.it/it/txactive-principio-attivo



قياس نسبة التلوث بعد مرور ١٠ دقائق



قياس نسب التلوث قبل عمل التجربة

محاكة للمدينة ومعالجتها بخرسانة التحفيز الضوئي و نسب ملوثات مساوية للمتواجدة بمدينة ميلانو

شكل (١-١١) محاكة و قياس معدات التلوث قبل وبعد تعرض الملوثات إلى خرسانة التحفيز الضوئي [١٧]

(2/٤) مبنى أن واى سى - NYC luxury buildinz	
المعمارى- Architect	architectural firm Builtd
الموقع - Site	منهاتن، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية
الزمن - Time	٢٠١٧ م
تصنيف تلوث الهواء	متوسط [٢١]
مواد النانو المستخدمة	زجاج النانو بطلاء النانو "ثاني إكسيد التيتانيوم
وظيفة المبنى	سكنى
نوع غلاف المبنى	غلاف المبنى التقليدى

(١/٢/٤) وصف المشروع

مبنى سكنى مكون من ٢٥ طابق به مستويات مختلفة من الأسكان والوحدات السكنية ويتميز بواجهات متدرجة من الزجاج تغطى ٣ طوابق مجتمعة، وتم استخدام زجاج النانو طريق طلاءات مادة Pureti وهى طلاءات ذاتية التنظيف بخاصية التحفيز الضوئي تعمل على تنقية الهواء الخارجي و تضيف إطلالة مميزة لمستخدمي الفراغات المعمارية [٢٢] شكل (١-١٢)

الشكل المتدرج للواجهات إلى ثلاث مدرجات مختلفة الأرتفاعات

جمع كل ثلاث طوابق بوحدات زجاجية معالجة بطلاءات النانو

شكل (١-١٢) غلاف المبنى بطلاءات ذاتية التنظيف – التحفيز الضوئي

Source : This NYC luxury building has the air-purifying power of 500 trees, site : https://qz.com/quartzy/1269569/this-nyc-luxury-building-has-the-air-purifying-power-of-500-trees/

(٢/٢/٤) استراتيجيات المبنى لتحسين جودة الهواء- إزالة الأكاسيد الملوثة

- يعمل سطح غلاف المبنى على تنقية الهواء عن طريق خاصية التحفيز الضوئي.
- تحليل الأكاسيد الملوثة للهواء من (ثاني أكسيد الكبريت - ثاني أكسيد النيتروجين - أول أكسيد الكربون والأوزون- الجسيمات العالقة) وتحليلها لمركبات غير ملوثة للبيئة
- تعمل المبنى كقوة ٥٠٠ شجرة، تنهى تلوث ما يعادل ٢٠٠٠ سيارة لمدة عام.

(٣/٤) دى كاستيليا٢٣ De Castillia 23	
المعمارى- Architect	Progetto CMR -**Fiandre Architectura**
المالك- owner	Unipol Group
الموقع - Site	**ميلانو ، إيطاليا**
الزمن - Time	**٢٠١٩ م**
تصنيف تلوث الهواء	**مرتفع** [٢٣]
تصنيف جودة الهواء	**منخفض** [٢٣]
مواد النانو المستخدمة Nanomaterial used	**سيراميك النانو** **طلاء النانو "ثاني اكسيد التيتانيوم "(Nano coating)**
وظيفة المبنى-Type	**تعليمي - مكتبي**
نوع غلاف المبنى	**غلاف المبنى التقليدي- غلاف المبنى المزدج**

(١/٣/٤) وصف المشروع

المشروع مكون من مبنيين الأول بإرتفاع ١٥ م وعدد الأدوار ٣ أدوار و الأخر إرتفاعة ٥٣ م بعدد أدوار ١١ دور، ويشكلا مع بعضهما زاوية ميل ٤٥ درجة ، تصميم غلاف المبنى من كسوات سيراميك النانو ذات خاصية التحفيز الضوئي وذلك لعمليات تنقية الهواء الخارجى مع عمليات التنظيف الذاتى مع غلاف مزدوج من الزجاج ذو التشكيل الهرمى المنكسر [٢٤].

(٢/٤/٢/٦) استراتيجيات المبنى لتحسين جودة الهواء- إزالة الأكاسيد الملوثة

- تعمل وجهات المبنى على تنقية الهواء عن طريق خاصية التحفيز الضوئي.
- الغلاف من سيراميك النانو يقضى على ٣٦ كجم من أكاسيد النيتروجين كل عام، وهو ما يعادل ١٢٢٠٠٠ متر مربع من المساحات الخضراء شكل (١-١٣).
- الاعتماد على الطاقة المتجددة الشمسية في إنتاج الكهرباء مما يقلل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمقدار ١٣ طنًا / سنويًا [٢٥].
- تصميم ٢٠٠٠ م^{٢} من المساحات الخضراء حول المبنى، يعمل على امتصاص حوالي ١٢ طنً من ثاني أكسيد الكربون وينتج ٩ طن من الأكسجين سنوياً [٢٥].
- معالجة ملوثات الهواء داخل الفراغات عن طريق سيراميك النانو بمجرد سقوط الضوء النيون أو أشعة الشمس يعنل على تحليل الأكاسيد الملوثة داخل الفراغات المعمارية شكل (١-١٤).

شكل (١-١٣) كسوات السيراميك المعالج بطلاءات النانو التحفيز الضوئي في كامل اجزاء المبنى المعرض للاشعة الشمسية لزيادة كفاءة عمليات تنقية الهواء الخارجى وتحليل الإكاسيد الملوثة

Source : https://www.arketipomagazine.it/complesso-de-castillia-23-a-milano-progetto-cmr/

شكل (١-١٤) الأعتماد في الإضاءة الصناعية على لمبات النيون لتفعيل وتنشيط طلاءات التحفيز الضوئي كبديل عن الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس

Source : https://www.arketipomagazine.it/complesso-de-castillia-23-a-milano-progetto-cmr

(٥) النتائج

- مفهوم جديد للعمارة ودورها في تحسين وازالة التلوث البيئي والمساعدة على تحسين البيئة الداخلية والخارجية في مجال تلوث الهواء.
- أمكانيات مواد النانو في إزالة الأكاسيد الملوثة والجسيمات العالقة.
- ظهور انماط جديدة من المشاريع التي تعتمد على تنقية الهواء بغض النظر عن وظيفتها أو مكان تواجدها.
- الاستخدام الواسع النطاق لطلاءات النانو (التحفيز الضوئي) لتنقية الهواء الخارجي والداخلي.

(٦) التوصيات

خلصت الدارسة لعدد من التوصيات التي تساهم في تطوير استخدام مواد النانو بالعمارة والقيمة المضافة من استخدامها لتحقيق منظومة تحسين جودة الهواء ويمكن توضيحها كتالي :

- استخدام أغلفة المباني في تحسين وازالة التلوث الهوائي والمساعدة على تحسين البيئة الخارجية.
- توجيه البحوث العلمية والمعملية والتطبيقية إلى علوم تكنولوجيا النانو في العديد من المجالات كمحاولة لإيجاد منظومة متكاملة من تطبيقات النانو في العلوم الهندسية بمختلف تخصصاتها.
- ضرورة زيادة الوعي من المتخصصين في مجال العمارة بإمكانات مواد النانو من خلال المؤتمرات والندوات والمحاضرات التي تساعد على تعريف فوائد في مجالات الطاقة والبيئة.
- عمل خطط تعاون مع الدول المتقدمة في تكنولوجيا النانو لتبادل الخبرات.
- فتح أسواق جديدة لمنتجات النانو مع تيسير عمليات أنشاء مصانع ومعامل جديدة لصناعتها.

قائمة المراجع

1. The World Health Organization , site http:/-/www.who.int/ar/ ,accessed (٢١-٠٢-٢٠٢٠)

٢. نعيم سليمان بارود،تلوث الهواء مصادره وأضرارة،مجلة جامعة الأزهر،مجلد ٩،عدد٢،سنة٢٠٠٧، ص٣

٣. عبد الكريم الداوجى ،كتاب التلوث البيئى ،جامعة البلقاء التطبيقية،سنة ٢٠١٧، ص٢

4. Leydecker ylvia, Nano Materials in architecture, Interior architecture and Design. (2008) p (12) , p (112-113)

٥. تكنولوجيا النانو تصورات ومفاهيم موقع : (2019/٠٨/١٩) http://biala.50webs.com/page_phis/ph_01.htm

٦. نهى علوى الحبشى، يوليو ٢٠١١ ، "ما هى تقنية النانو" ،مكتبة الملك فهد الوطنية ، جدة ، ص (١٥)

7. L.Campanella,F.Borzetti,L.Cassar,PHOTOCATALYTIC CEMENT: A NEW APPROACH TOENVIRONMENTAL PROTECTION , International RILEM Symposium on Photocatalysis, Environment & Constuction Material,Florence, Italy, 2007, P203:209
8. Ali Nazari & Shadi Riahi " The effects of TiO_2 nanoparticles on physical, thermal and mechanical properties of concrete using ground granulated blast furnace slag as binder" Volume 528 ,Issues 4-5 , 2011
9. Mohamed S. Issa " STRUCTURAL PERFORMANCE AND CHARACTERISTICS OF CONCRETE CONTAINING MICRO-TIO2 PARTICLES " International Conference on NANO-TECHNOLOGY FOR GREEN and SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 2010, Cairo-Egypt
10. Green Millennium,link and reasherch, Odor / VOC Reduction Test, site : http://www.greenmillennium.com/links-and-resources/ Accessed (3-12-2020)
١١. د. حازم فلاح سكيك استاذ الفيزياء المشارك ، قسم الفيزياء جامعة الازهر – غزة ، مؤسس شبكة الفيزياء التعليمية -اكاديمية الفيزياء للتعليم الالكتروني -ومنتدى الفيزياء التعليمي، موقع : https://www.hazemsakeek.net/ فتح (١٩-٦-٢٠٢٠)
12. Photocatalytic air purifiers, Site : https://www.explainthatstuff.com/how-photocatalytic-air-purifiers-work.html, Accessed (20-6-2020)
13. U.G. Akpan, B.H. Hameed, Parameters affecting the photocatalytic degradation of dyes using TiO2-based photocatalysts: a review, J. Hazard. Mater. (2009) p 520–529.
14. M.H. Abdellah, S.A. Nosier &other, Photocatalytic decolonization of methylene blue using TiO2/UV system enhanced by air sparging, Alexandria Engineering Journal, 2018.
15. Pollution in Milan, Italy, site : https://www.numbeo.com/pollution/in/Milan, Accessed (14-03-2021)
16. Italy Pavilion – Milan Expo 2015 / Nemesi, https://www.archdaily.com/630901/italy-pavilion-milan-expo-2015-nemesi , Accessed (2-1-2021)
17. Italy's pollution-eating cement - earthrise, Al Jazeera English report , https://www.youtube.com/watch?v=4-GNjKPI8ow , Accessed (2-1-2021)
18. Italy Pavilion Milan Expo 2015: Theme "The Nursery of Italy, https://archello.com/project/italy-pavilion-milan-expo-2015 , Accessed (2-1-2021)
19. Italcement, Photocatalytics - i.active ,site: https://www.italcementi.it/it/txactive-principio-attivo , Accessed (2-1-2021)
20. Italcementi, ENtreePIC "l'evocazione" di Palazzo Italia a Expo 2015, https://www.youtube.com/watch?v=kkvM9YKN-FA
21. Pollution in New York, NY, United States ,site : https://www.numbeo.com/pollution/in/New-York , Accessed (14-03-2021)

22. This NYC luxury building has the air-purifying power of 500 trees, site : https://qz.com/quartzy/1269569/this-nyc-luxury-building-has-the-air-purifying-power-of-500-trees/, Accessed (2-12-2020)
23. Pollution in Milan, Italy,site : https://www.numbeo.com/pollution/in/Milan, Accessed (14-03-2021)
24. Complesso De Castillia 23 a Milano – Progetto CMR, arketipomagazine, site: https://www.arketipomagazine.it/complesso-de-castillia-23-a-milano-progetto-cmr/ Accessed (11-02-2021)
25. De Castillia 23 a Milano , Progetto CMR - Massimo Roj Architects, Site: https://www.progettocmr.com/en/news-en/construction-works-of-de-castillia-23-have-started-in-milan/ Accessed (17-02-2021)