Mansoura University
Faculty of Engineering
Mansoura Engineering Journal

Effect of Solar Radiation on Thermal Comfort in Inner Ambient Behind a Building Wall with Facing Material of Different Colors

Rasha Mazen Abdel Salam

KEYWORDS:
Solar radiation; Thermal Comfort; Wall-facing materials; Albedo; Reflection coefficient; Absorption factor; Heat protection; Heat insulation

***Abstract*— This paper is aimed at investigating the effect of solar radiation on the inner ambient behind a building wall with facing material of different colors. At the wall outer-surface, the incident radiation results in a reflected radiation into the outer ambient depending on the reflection-coefficient of the wall-facing material and a transmitted radiation in the wall, whose intensity decays through its propagation in the wall depending on the absorption-factor of the wall material. At the wall inner-surface, the transmitted-radiation results in a reflected-radiation inside the wall and a penetrated-radiation into the inner-ambient of the wall. The sequence of radiation-propagation is continued with incidence, reflection and penetration at the wall inner-surface as well as incidence and reflection at the wall outer-surface.. To the author's knowledge, this sequence of radiation-propagation is evaluated numerically -for the first time- in the present paper. The absorbed-radiation intensity in the wall and the penetrated-radiation intensity into inner-ambient are calculated for varying albedo-values according to color of the facing-material and different values of absorption-coefficient of the wall material. The proposed method justifies that the wall-facing materials with white color realize heat-protection in summer and heat-insulation in winter with a subsequent improvement of the thermal comfort. The temperature of the inner-ambient with facing-material of dark-color is higher than that with white-color in agreement with previous findings based on measurements for small-scale building walls by others and measurements by the author for local buildings in Assiut city, Egypt as well as predictions using computer software packages.**

I. مقدمة

مع التطور في انماط الحياه وتكوين مجتمعات عمرانية اصبح هدف الإنسان لا يقتصر على الاهتمام ببناء مسكنه فقط بل امتد ايضا ليشمل جميع المباني لخدمة المجتمع الذى يعيش فيه, ومع ابتكار طرق جديدة للإنشاء واستخدام مواد حديثة مما ساعد على تطور التشكيل المعماري للمباني والتحرر في التصميم ولذا اصبح لزاما على المهندس المعماري حماية الفراغات الداخلية من اشعة الشمس وتخفيض درجة الحرارة داخلها في فصل الصيف وزيادتها في فصل الشتاء بهدف تحقيق الراحة الحرارية لمستعملي هذه الفراغات[1].

هذا وقد تم استخدام طريقة تعقب الاشعاع الشمسي لحساب معدلات الانتقال والانعكاس والامتصاص للحرارة خلال واجهات مزججة حيث تم تمثيل الإشعاع الشمسي بشعاع ساقط على واجهات زجاج سميك ومتعدد الطبقات بهدف دراسة دقيقة لعملية انتقال الحرارة خلال مواد التزجيج والذى أصبح عنصرا هاما فى معظم برامج محاكاة استغلال الطاقة فى المباني[2]. حيث لوحظ أن معظم البرامج تفترض أن امتصاص اشعة الشمس خلال طبقات التزجيج المتعددة يتم بانتظام وتبين أن هذا

الرموز المستخدمة:

d	سمك الحائط.
I	شدة الإشعاع الشمسي الساقط على حائط المبنى من الخارج.
I'	شدة الإشعاع الشمسي بعد تقدم الإشعاع خلال سمك الحائط.
μ	معامل تناقص الإشعاع الشمسي داخل الحائط.
α	معامل انعكاس لواجهة الحائط طبقا للونها.
γ	معامل امتصاص مادة الحائط.
β	نسبة الامتصاص بمادة الحائط وتساوى (γ -1).
I_{ab}	شدة الإشعاع الممتص خلال الحائط.
I_{pen}	شدة الإشعاع النافذ إلى الحيز الداخلي خلف الحائط.

Received: (23 January, 2021) - Revised: (03 June, 2021) - Accepted: (05 June, 2021)

Corresponding Author: *Rasha Mazen Abdel Salam, Assistant Professor at Faculty of Engineering, Architectural Dept., Sohag University, (e-mail: rasha_mazen@eng.sohag.edu.eg , rasha_mazen05@yahoo.com).*

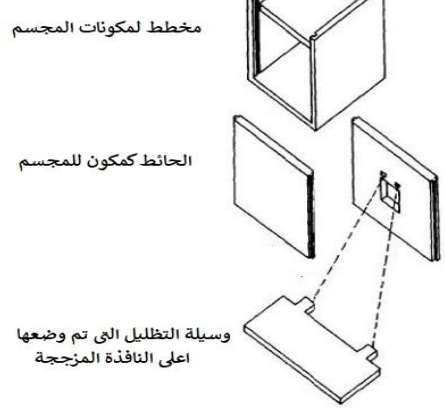
الفرض لم يعد ساري المفعول فى التزجيج السميك والذى يكثر استخدامه فى المباني لذا كان من مخرجات الدراسة تقييم الخطأ الناشئ من جراء هذا الفرض [3].

البحث يهدف إلى اقتراح حسابات عددية مبنية على طريقة تعقب الإشعاع الشمسي وذلك لدراسة تأثير هذا الإشعاع عند سقوطه على حائط ذو قيم مختلفة من الألبيدو من خلال الطلاء بمواد ذات الوان مختلفة ومردود ذلك على الراحة الحرارية في الحيز الداخلي خلف الحائط, البحث مقسم إلى عشرة اجزاء حيث يركز الجزء الثاني على استعراض الدراسات السابقة والجزء الثالث يستعرض المشكلة البحثية والجزء الرابع يوضح اهداف البحث والجزء الخامس يحدد منهجية البحث والجزء السادس يركز على تقديم طريقة الحساب المقترحة والجزء السابع يستعرض بيانات خاصة بمعامل الانعكاس لمواد الطلاء للحائط ذات الوان مختلفة ومعامل الامتصاص لمواد حائط مختلفة والجزء الثامن يناقش النتائج التى تم الحصول عليها بالحسابات العددية ومقارنتها مع قياسات سابقة بآخرون وقياسات قامت بها الباحثة على مباني محلية في مدينة أسيوط ج.م.ع. واختتم الجزء بدراسات ميدانية لمباني بالخارج والجزء التاسع يوجز اهم الاستنتاجات التى توصل إليها البحث والجزء العاشر يقدم بعض التوصيات التى توصل إليها البحث.

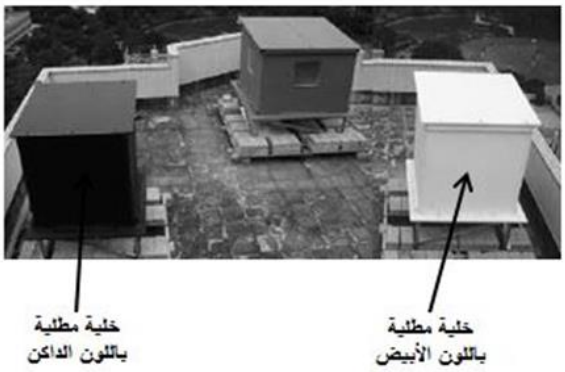
II. دراسات سابقة لنماذج مباني

تم دراسة تأثير لون السطح الخارجي على السلوك الحرارى للمبنى ممثلا فى مجسم حيث تم بناء مجسمين متماثلين احدهما داكن الطلاء والأخر ابيض الطلاء للحوائط الأربعة والسقف, وكل مجسم مصنوع من الخشب الحبيبي بسمك 2,5 سم وبأبعاد 90 × 90 × 60 سم ومزود بنافذة مزججة بأبعاد 18 × 24 سم على الواجهة الجنوبية للمجسم وستارة على النافذة بأبعاد 22 × 30 سم وتسمح الستارة بالتظليل الكامل للنافذة ويوضح شكل (1) تفاصيل المجسم, وتم قياس درجة الحرارة خارج وداخل المجسم وكذلك شدة الإشعاع الشمسي الساقط على المجسم وقد أوضحت الدراسة أن المجسم المطلي باللون الداكن تكون درجة الحرارة داخله اعلى بـ 7 درجة مئوية بالمقارنة بنظيره المطلي باللون الابيض وذلك خلال ساعات شدة الإشعاع الشمسي القصوى مقابل فرق درجة حرارة من 4 – 8 درجة مئوية للمباني الفعلية [4].

لدراسة تأثير لون الغلاف الخارجي لمبنى على درجة الحرارة داخله تم بناء خليتي اختبار متماثلتين أبعاد كل منهما 1 × 1 × 1م بقسم العمارة بالجامعة الصينية في هونج كونج وكل خلية مزودة بفتحتين في حائطين متقابلين ابعاد كل منهما 0,4 × 0,4 م كما هو موضح بشكل (2), احد الخليتين مطلية باللون الابيض ذو معامل امتصاص 0,25 بينما الأخرى مطلية باللون الداكن بمعامل امتصاص 0.8 والخليتين بدون تهوية. لوحظ فى فصل الصيف أن اعلى درجة حرارة داخل الخلية المطلية باللون الداكن تفوق نظيرتها للخلية المطلية باللون الابيض بحوالي 12 درجة, ولوحظ أن درجة الحرارة داخل الخلية تعتمد على شدة الإشعاع الشمسي, وعند إشعاع شمسي قيمته 800 وات / م^2 لوحظ أن اعلى درجة حرارة داخل الخلية البيضاء تفوق درجة الحرارة خارجها بحوالي 3 درجات مقابل 15 درجة للخلية داكنة اللون وعندما تقل شدة الإشعاع الشمسي لتصل إلى 300 وات/م^2 فإن درجة الحرارة داخل الخلية تقل الى 1 درجة , 5 درجات للخلية البيضاء والخلية الداكنة اللون على الترتيب [5].



شكل (1): شكل المجسم المستخدم في القياس [4].



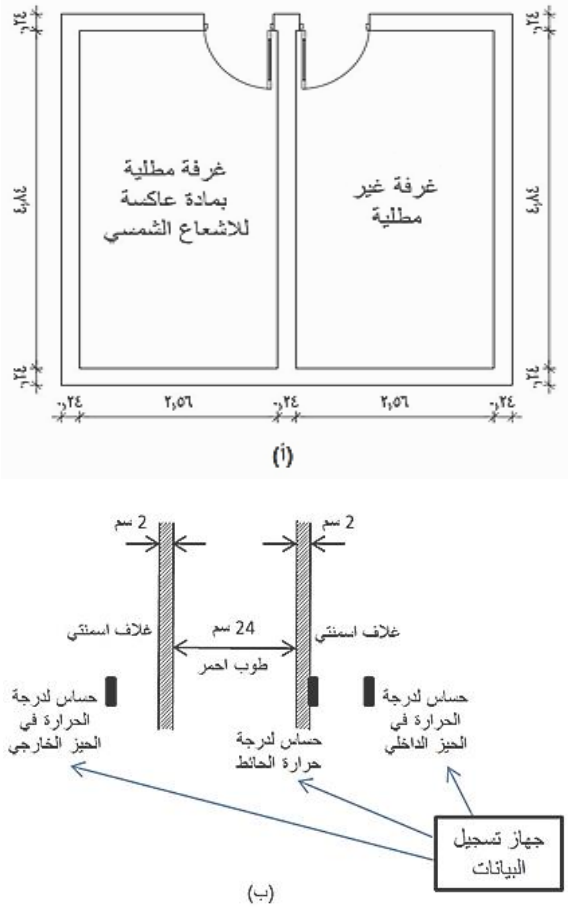
شكل (2): الخليتين الذين تم استخدامهم في القياس [5].

تم دراسة سيناريوهات مختلفة حول استخدام المواد العاكسة للإشعاع الشمسي على سطح مبنى لاستنباط أن استخدام المادة ذات معامل الانعكاس المناسب يقلل درجة حرارة السطح ودرجة حرارة الهواء داخل المبنى ومردود ذلك على قلة استهلاك الطاقة. وتبين ان استخدام مواد عزل حرارية عالية مع مواد ذات معامل انعكاس عالي (أى بقيم ألبيدو عالية) يؤدى إلى انخفاض درجة حرارة الهواء داخل المبنى وبالتالي تتحقق الراحة الحرارية داخل المبنى مع استهلاك طاقة اقل, وتمت الدراسة باستخدام حزمة برامج حاسوبية SOLENE تم دعمها بحزمة فرعية SOLENE-MICRCLIMATE تختص بالتصميم الحضري المستدام [6].

تم إنشاء نموذجين خشبيين لمبنى ذو ثلاث طوابق أبعادهم 1,2 × 1,2 × 1,8 م لقياس مؤشرات المناخ داخل وخارج المبنى تحت ظروف جوية لفصول مختلفة, واظهرت النتائج أنه بزيادة قيمة الألبيدو لواجهة حائط المبنى من 0,21 الى 0,86 تقل درجة الحرارة داخل المبنى حتى 4,67 درجة بقيمة متوسطة 3,53 درجة على مدار ساعات النهار بالصيف بينما تزداد درجة الحرارة بقيمة متوسطة 2,81 خلال ساعات النهار فى الشتاء. وبالتالي فإن زيادة قيمة الألبيدو لحائط مبنى يمكن أن يحقق الحماية الحرارية فى فصل الصيف والعزل الحرارى فى فصل الشتاء وبالتالي يقلل من استهلاك الطاقة فى المبنى مع تحسين المناخ والراحة الحرارية داخل المبنى [7].

يعتبر استهلاك المباني من الطاقة احد القطاعات الهامة التى يجب اخذها فى الاعتبار عند دراسة استهلاك الطاقة فى العالم, ونجد أن كل من الملمس الخارجي ولون المواد التى تغطى الواجهات والأسقف يؤثر بدرجة كبيرة على درجة الحرارة داخل المبنى وبالتبعية يؤثر على استهلاك الطاقة وبناءاً على ذلك تم دراسة تأثير انعكاسية الإشعاع الشمسي للمواد التى تغطى الواجهات على استهلاك الطاقة السنوي لزوم احمال التبريد والتدفئة وتم اختيار مبنى معامل انعكاس حوائطه 0,5 كمرجع للمقارنة مع مبنيين أحدهما معامل انعكاس حوائطه 0,9 والاخر 0,1 وبمقارنة المبنى المرجعي بالمبنى ذو معامل الانعكاس 0.9 تبين أن الطلب على الطاقة السنوية للمبنيين 94,18 كيلووات ساعة / م^2 & 90,41 كيلووات ساعة / م^2 على الترتيب أى قل الطلب على الطاقة بـ 3,77 كيلووات ساعة / م^2 وبنسبة 4% اما بالنسبة للمبنى ذو معامل الانعكاس 0,1 ازداد الطلب على الطاقة بنسبة 6,14% [8].

يعتمد البحث على بيت الاختبار المكون من غرفتين والذى تم بناءه على سطح مبنى في جامعة نانشانج في الصين وتم بناء حائط البيت من الطوب الاحمر بسمك 24 سم ومغلف بطبقة اسمنتية من الداخل والخارج بسمك 2 سم وتصل ابعاد كل غرفة 4,84 × 2,56 × 2,1 م, ولاختبار الأداء الحرارى لمادة طلاء جديدة عاكسة للإشعاع الشمسي تم طلاء الحائط الجنوبي لأحد الغرفتين بهذه المادة وتم ترك الغرفة الأخرى بدون طلاء كما في شكل (3 أ) وتم قياس درجة الحرارة الداخلية والخارجية بواسطة حساسات لدرجة الحرارة كما في شكل (3 ب) وتم أيضا قياس الانسياب الحرارى خلال الحائط الجنوبي للغرفتين باستخدام مقياس تدفق الحرارة وتم رصد القراءات باستخدام جهاز تسجيل البيانات, ووجد أن درجة الحرارة داخل الغرفة المطلية اقل من درجة الحرارة خارج الغرفة خلال ساعات النهار بحد اقصى يصل إلى 16,3 درجة كما وجد أن درجة الحرارة داخل الغرفة المطلية تكون اقل من مثيلتها بالنسبة للغرفة الأخرى بحد اقصى يصل إلى 4,32 درجة [9].



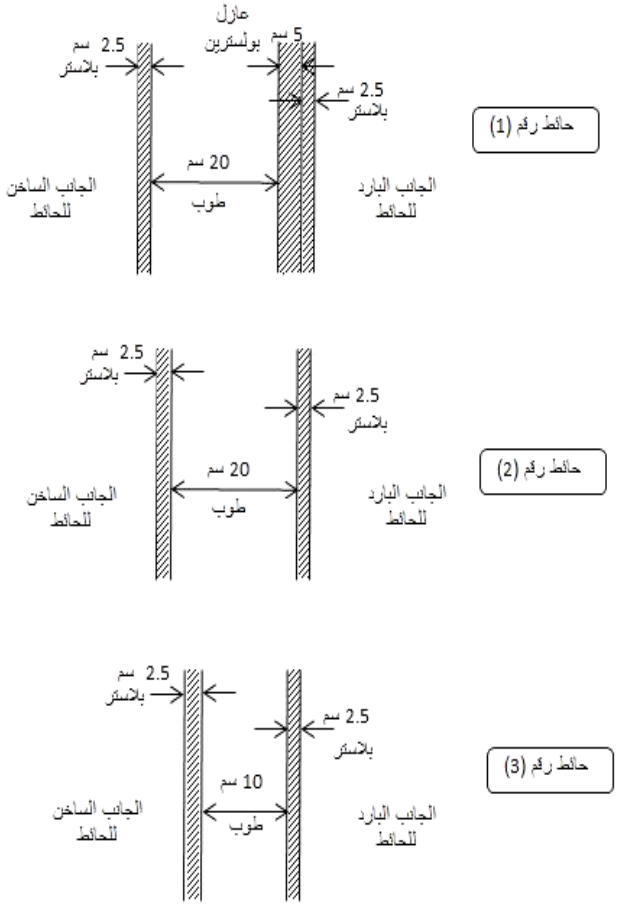
شكل (3): أ - مخطط لغرفتي الاختبار ب - مكان حساسات قياس درجة الحرارة[9].

توصلت نتائج المحاكاة لمباني في مدينة ساكرامنتو بولاية كاليفورنيا بأمريكا أن الطلاء باللون الأبيض للأسطح الخارجية للمباني يقلل من الطاقة الكهربية اللازمة لتبريد المبنى حتى 19% [10]. وتم الحصول على نفس النتائج لمباني في مدينة تورنتو بكندا والتي انتهت إلى تقليل حمل التبريد للمباني في المدى 30 – 40% عند زيادة قيمة الألبيدو بنسبة 20% للأسطح الخارجية لهذه المباني مع زيادة المساحة المزروعة حول المباني بنسبة 30% [11].

يتزايد الطلب على كفاءة استهلاك الطاقة فى المباني وهذا يستدعى تقييم الأداء الحرارى للواجهات الخارجية ولذا تم اختيار ثلاث حوائط مركبة نمطية تستعمل في مصر للتحقق من الأداء الحرارى لها, وابعاد الحوائط 149 × 124 سم ويختلف السمك من حائط لأخر كما هو واضح في شكل (4) [12].

الحائط رقم (1) فى شكل (4) يتكون من بلاستر (خليط من الجص والرمل والماء يتم معالجته بحيث يصبح مادة ناعمة تستخدم لطلاء الجدران والأسقف)[13] بسمك 2,5 سم + طوب بسمك 20 سم + عازل بولسترين بسمك 5سم + بلاستر بسمك 2,5 سم مغطى بورق جمبسوم + طلاء بسمك 1,3 سم بينما الحائط رقم (2) يتكون من بلاستر بسمك 2,5 سم + طوب بسمك 20 سم + بلاستر بسمك 2,5 سم بينما الحائط رقم (3) يتكون من بلاستر بسمك 2,5 سم + طوب 10 سم + بلاستر بسمك 2,5 سم ويعتبر الحائط رقم (3) أكثر الحوائط شيوعا فى مصر كغلاف للمباني السكنية والذى لا يتوافق مع كود البناء المحلى بينما الحائط رقم (2) هو الحائط النموذجي والذى يتوافق مع الكود ويتوافق أيضا الحائط رقم (1) مع الكود ولكن يستخدم فى المناطق السكنية ذات النمط الواحد [12].

اظهرت نتائج الاختبارات أن الحائط رقم (3) هو الأفضل لأنه يحقق أقل كسب للحرارة ومردود أفضل على الراحة الحرارية داخل المبنى [12].



شكل (4) الحوائط التى تم استخدامها في الاختبارات [12].

III. المشكلة البحثية

تتمحور المشكلة البحثية في عدم الاهتمام بتحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات في المباني وعدم وجود اشتراطات بنائية تلزم المهندسين باستغلال واجهة المبنى في المساهمة فى تحقيق الراحة الحرارية, وحيث أن الإشعاع الشمسي له دور في زيادة درجة حرارة الفراغات الداخلية لذلك كان لابد من الاتجاه نحو دراسة تأثير الإشعاع الشمسي الساقط على حائط مبنى ذو قيم مختلفة من الألبيدو من خلال الطلاء بمواد ذات الوان مختلفة بهدف تحسين الراحة الحرارية داخل الفراغات.

IV. هدف البحث

يهدف البحث إلى دراسة مفهوم الراحة الحرارية داخل المباني والتعرف على العوامل المؤثرة على الارتياح الحرارى للإنسان حيث تم التركيز على دور الإشعاع الشمسي في تحسين الراحة الحرارية داخل مبنى من خلال دراسة تأثير الإشعاع الشمسي الساقط على حائطه الخارجي المطلي بمواد ذات الوان مختلفة بعد أن اصبحت الناحية الجمالية هى محور الاهتمام عند تصميم المبنى دون الاهتمام بالعوامل المناخية التى تلعب دور أساسي في تحقيق كفاءة الأداء الوظيفي لأى مبنى.

V. منهجية البحث

لتحقيق الاهداف السابقة يتبع البحث الحالي منهجين وهما:

المنهج النظري: دراسة مفهوم الراحة الحرارية داخل المباني والتعرف على العوامل المؤثرة على الارتياح الحرارى للإنسان وتم التركيز في البحث الحالي على دور الإشعاع الشمسي في تحقيق الراحة الحرارية داخل المباني

المنهج التطبيقي: تم اقتراح حسابات عددية مبنية على طريقة تعقب الإشعاع الشمسي وذلك لدراسة تأثير هذا الإشعاع عند سقوطه على حائط ذو قيم مختلفة من الألبيدو من خلال الطلاء بمواد ذات الوان مختلفة ومردود ذلك على الراحة الحرارية في الحيز الداخلي خلف الحائط وتعتبر هذه الحسابات بديلا عن استخدام برامج محاكاة استغلال الطاقة فى المباني والتي غالبا تكون باهظة الثمن.

VI. هيكل البحث

حيث أن الراحة الحرارية من العناصر التى لا يمكن أن تقاس بطريقة مباشرة حيث أنها تعتمد على عوامل فسيولوجية ونفسية ترتبط بالإنسان, ويوجد اكثر من تعريف للراحة الحرارية منها على سبيل المثال وليس الحصر [1] [14].

تم تعريف الراحة الحرارية بواسطة واطسون على أنها "حالة عقلية من خلالها يشعر الإنسان بالرضا عن ظروف البيئة المحيطة به" [1] [14].

بينما ماركوس واولجاى اقترحا تعريف الراحة الحرارية على أنها "حالة لا يشعر معها الإنسان بالحر أو البرد أو أى مضايقة نتيجة حدوث خلل في البيئة الحرارية" [1] [14].

وبالتالي يمكن تعريف الراحة الحرارية على أنها "شعور الإنسان بالراحة الحرارية جسديا ونفسيا بفعل البيئة المحيطة وتختلف حدود الراحة تبعا للمكان والعمر والجنس والفصول المناخية" [15].

من اهم اهداف التصميم المعماري هو توفير اكبر قدر ممكن من الراحة الحرارية لمستخدمي المبنى [15] لذا كان لابد من معرفة العوامل المؤثرة على الشعور بالراحة الحرارية وهى:

عوامل ترتبط بالإنسان نفسه طبقا لنوع النشاط الذى يمارسه والملابس التى يرتديها بالإضافة إلى عوامل أخرى مثل العمر والجنس والتأقلم والحالة الصحية [16] [17].

عوامل ترتبط بالظروف المناخية المحيطة حيث توجد اربعة عوامل مناخية تؤثر بصورة مباشرة على الاكتساب أو الفقد الحرارى لجسم الإنسان مما ينعكس على الشعور بالراحة الحرارية مثل الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية وحركة وسرعة الهواء[16] [17], وسوف يتم فى البحث دراسة تأثير الإشعاع الشمسي الساقط على حائط ذو قيم مختلفة من الألبيدو من خلال الطلاء بمواد ذات الوان مختلفة لتوفير الراحة الحرارية داخل الفراغات خلف الحائط.

يعتبر الاشعاع الشمسي من اكثر العوامل المؤثرة على الغلاف الخارجي للمبنى ويلزم دراسته بعناية وحساب كل العوامل المرتبطة به والمؤثرة عليه حيث أن الإشعاع الشمسي ذو تأثير ملموس ومباشر على إحساس الإنسان بالراحة الحرارية لأنه عند سقوط الاشعاع الشمسي على الغلاف الخارجي للمبنى يحدث تبادل حرارى بين الفراغ الداخلي والخارجي عبر الحائط الخارجي للمبنى[14].

ومن المعروف أنه فى فصل الشتاء يعتبر الاكتساب الحرارى من العوامل المطلوبة للفراغ كوسيلة مؤثرة لتحقيق الراحة الحرارية وعلى العكس تماما يعتبر الفقد الحرارى فى فصل الصيف من انسب الوسائل لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة للحد من ارتفاع درجة الحرارة[14].

مما يجدر ذكره عند سقوط أشعة الشمس المباشرة على سطح يتم امتصاص الأشعة بواسطة السطح أو يتم انعكاسها ويتم الامتصاص بالكامل عندما يكون السطح اسود اللون وفى المقابل يتم عكس الأشعة بكاملها عندما تسقط على سطح عاكس ولكن معظم الأسطح تمتص جزءا من هذه الأشعة وتعكس الجزء الأخر.

كما يؤثر على عملية امتصاص أو انعكاس الأشعة الحرارية نوع مادة البناء للحائط الخارجي ولون الطلاء له والتي تؤدى إلى عزل أو نفاذ جزء من الحرارة الناتجة (أو الكامنة) داخل مادة البناء إلى الفراغ الداخلي للمبنى[18].

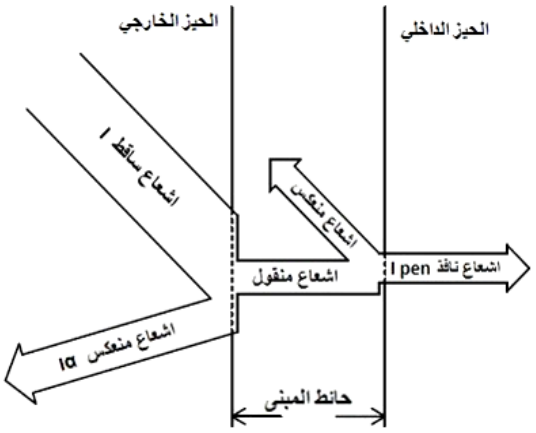
وبافتراض أن السطح الخارجي لحائط مبنى ذو سمك d يتعرض لإشعاع شمسي ساقط عليه فى فصل الصيف, وباعتبار أن الإشعاع الشمسي بشدة I يتناقص مع تقدمه خلال الحائط [12] حتى يصبح شدته I' عند السطح الداخلي للحائط حيث:

$$I_d = I\, e^{-\mu d} = I\gamma$$

باعتبار أن γ هى معامل الامتصاص الذى يعتمد على نوع المادة المستخدمة فى بناء الحائط , μ هى معامل تناقص شدة الأشعة داخل مادة الحائط.

شكل (5) يوضح حائط مبنى يسقط عليه اشعاع شمسي بشدة I ويتبع ذلك إشعاع شمسي منعكس بشدة تساوى $I\alpha$ حيث α هى معامل الانعكاس (قيمة الألبيدو) عند السطح الخارجي (واجهة الحائط) وإشعاع منقول خلال الحائط تتناقص شدته لتصل $I\gamma$ عند السطح الداخلي للحائط والذى ينعكس جزئيا عند السطح الداخلي والباقي ينفذ إلى الحيز الداخلي خلف الحائط.

فى شكل (6) نجد أن شدة الإشعاع الشمسي I الساقط على السطح الخارجي للحائط ينتج عنه إشعاع منعكس αI وإشعاع نافذ إلى داخل الحائط بشدة $I\,(1-\alpha)$ [18] لتصل السطح الداخلي للحائط بشدة $I\,\gamma\,(1-\alpha)$. وعند السطح الداخلي للحائط ينفذ إشعاع إلى الحيز الداخلي خلف الحائط بشدة $I\,\gamma^2\,(1-\alpha)^2$ وإشعاع منعكس تجاه السطح الخارجي للحائط كإشعاع ساقط شدته $I\,\gamma^2\,(1-\alpha)\,\alpha$. وحيث أن شدة الإشعاع الشمسي خارج المبنى ثابتة بقيمة I وعليه فإن الإشعاع الذى يتقدم داخل الحائط فى اتجاه السطح الخارجي بشدة $I\gamma^2(1-\alpha)\alpha$ وينعكس بشدة $I\gamma^2(1-\alpha)\alpha$ - كما هو موضح بشكل (6), ويستمر تقدم الإشعاعات ما بين ساقط ومنعكس ونافذ على السطح الداخلي للحائط وما بين ساقط ومنعكس على السطح الخارجي للحائط حتى تصل شدة الإشعاعات إلى قيم صغيرة جدا وبالتالي يمكن إهمالها.



شكل (5): الإشعاعات الساقطة والمنعكسة والمنقولة والنافذة خلال حائط مبنى.

شدة الإشعاع الممتص I_{ab} خلال الحائط على طول المسار AB:

$$(I_{ab})_{AB} = I\,(1-\alpha) - I\,(1-\alpha)\,\gamma = I\,(1-\alpha)\,(1-\gamma)$$

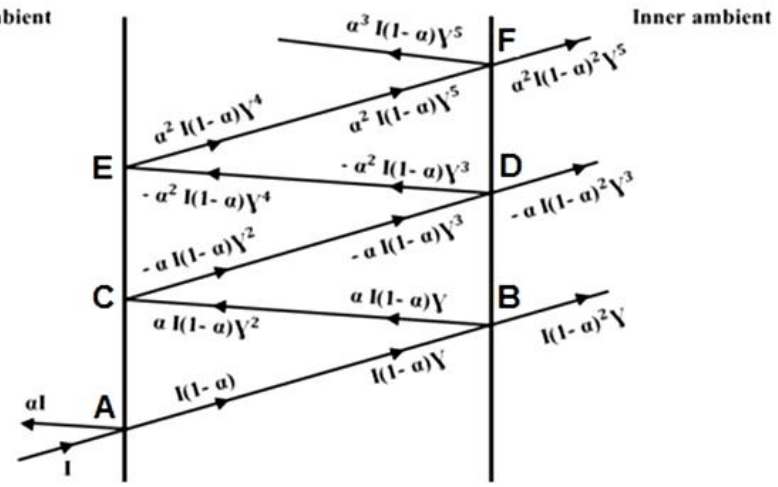
شدة الإشعاع الممتص I_{ab} خلال الحائط على طول المسار BC:

$$(I_{ab})_{BC} = \alpha\, I\,(1-\alpha)\,\gamma - \alpha\, I\,(1-\alpha)\,\gamma^2 = \alpha\, I\,(1-\alpha)\,\gamma\,(1-\gamma)$$

شدة الإشعاع الممتص I_{ab} خلال الحائط على طول المسار CD:

$$(I_{ab})_{CD} = -\alpha\, I\,(1-\alpha)\,\gamma^2 + \alpha\, I\,(1-\alpha)\,\gamma^3 = -\alpha\, I\,(1-\alpha)\,\gamma^2\,(1-\gamma)$$

ويتكرر ذلك بنفس الطريقة خلال المسارين EF , DE, فيكون إجمالي شدة الإشعاع الممتص I_{ab} خلال الحائط يعبر عنه بـ:



شكل (6): الانعكاسات المتعددة لحائط مطلى بمادة ذات قيمة ألبيدو عالية.

VII. البيانات العددية

جدول (1) يوضح قيم معاملات الانعكاس α لواجهة حائط ذات الوان مختلفة وكذلك قيم نسب الامتصاص β لمواد الحائط.

$$I_{ab} = (I_{ab})_{AB} + (I_{ab})_{BC} + (I_{ab})_{CD} + (I_{ab})_{DE} \ldots\ldots +$$

$$I_{ab} = I\,(1-\alpha)\,(1-\gamma) + I\,\gamma\,\alpha\,(1-\alpha)\,(1-\gamma) + (-\alpha I\,(1-\alpha)\,\gamma^2\,(1-\gamma)) + \ldots\ldots\ldots$$

$$= I\,(1-\alpha)\,(1-\gamma)\,[\,1 + \gamma\,\alpha - \gamma^2\,\alpha - \gamma^3\,\alpha^2 + \ldots\ldots\ldots$$

وتكون شدة الإشعاع النافذ I_{pen} إلى داخل المبنى مساو لمجموع قيم شدة الأشعة النافذة عند F , D , B ويعبر عنه بـ :

$$I_{pen} = (1-\alpha)^2\,I\,\gamma - \alpha\,(1-\alpha)^2\,I\,\gamma^3 + \alpha^2\,(1-\alpha)^2\,I\,\gamma^5 + \ldots\ldots$$

$$= I\,\gamma\,(1-\alpha)^2\,[1 - \alpha\,\gamma^2 + \alpha^2\,\gamma^4 - \ldots.].$$

جدول (1)
قيم معاملات الانعكاس A لواجهة حائط ذات الوان مختلفة وكذلك قيم نسب الامتصاص B لمواد الحائط[7].

لون المادة		(A)	(B)	(C)	(D)
		داكن	رمادي	أحمر – بنى محمر ـأخضر	أبيض
معامل الانعكاس (قيمة الألبيدو) α	المدى	0,10 – 0,05	0,35 – 0,15	0,30 – 0,20	0,90 – 0,70
	قيمة متوسطة	0,075	0,25	0,25	0,80
نسبة الامتصاص β بمادة الحائط (β = 1 – γ)	المدى	0,90 >	0,75 – 0,65	0,80 – 0,70	0,30 – 0,10
	قيمة متوسطة	0,95	0,70	0,75	0,20

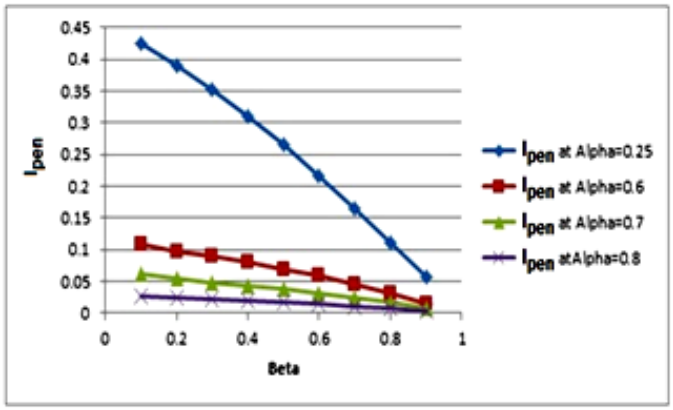
VIII. النتائج والمناقشة

تم عرض نتائج البحث في ثلاث اجزاء حيث يختص الجزء الأول بدراسة تتبع الاشعاع الشمسي الساقط على حائط مطلى بمادة ذات الوان مختلفة والجزء الثاني يختص بدراسة حالات محلية (ثلاث مباني واجهاتها ذات الوان مختلفة مختارة فى مدينة أسيوط بجمهورية مصر العربية) والجزء الثالث يختص بدراسة حالات ميدانية (مباني مختارة فى مدينة فيينا بالنمسا ومدينة نوفا دي ليسبو باسبانيا ومدينة لوس انجلوس بأمريكا).

أ- دراسة تتبع الاشعاع الشمسي الساقط على حائط مطلى بمادة ذات الوان مختلفة لتقييم شدة الاشعاع الممتص بالحائط وشدة الاشعاع النافذ إلى داخل المبنى

فى البحث الحالي تم اخذ قيم مختلفة لمعامل الانعكاس α وهى على الترتيب 0,25 , 0,6 , 0,7 , 0,8, واعتبر أن شدة الإشعاع I الساقط على السطح الخارجي للمبنى مساوى للواحد.

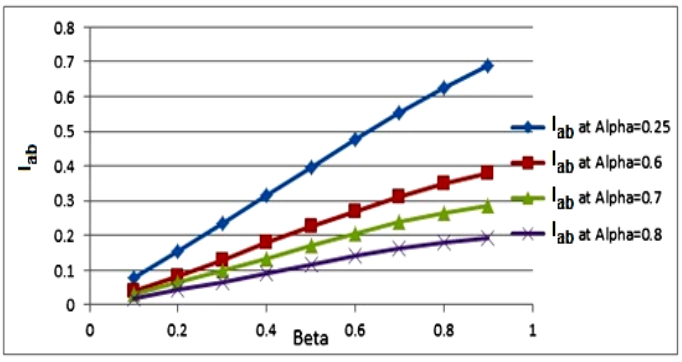
شكل (7) يوضح تناقص شدة الإشعاع النافذ I_{pen} إلى الحيز الداخلي خلف حائط المبنى مع زيادة نسبة الامتصاص β لمادة الحائط عند نفس قيمة معامل الانعكاس α لواجهة المبنى (السطح الخارجي). ويتضح أيضا من نفس الشكل أن زيادة معامل الانعكاس α لواجهة المبنى يتبعها تناقص فى شدة الاشعاع التى تعبر إلى داخل الحائط وبالتالي تقل شدة الاشعاع الذى ينفذ I_{pen} إلى الحيز الداخلي خلف حائط المبنى وذلك لنفس مادة الحائط (أى لنفس نسبة الامتصاص داخل الحائط) وينعكس ذلك على قلة فى استهلاك الطاقة لضمان الراحة الحرارية داخل المبنى وهذا يتفق مع مخرجات البحوث السابقة [9] حيث تلاحظ أن الطلب على الطاقة فى المبنى يتناسب عكسيا مع معامل الانعكاس α لواجهة المبنى مما يؤكد صحة الحسابات العددية في البحث.



شكل (7): تأثر شدة الاشعاع النافذ I_{pen} إلى داخل المبنى بمعامل انعكاس لمادة الواجهة المستخدمة α ونسبة امتصاص لمادة الحائط β.

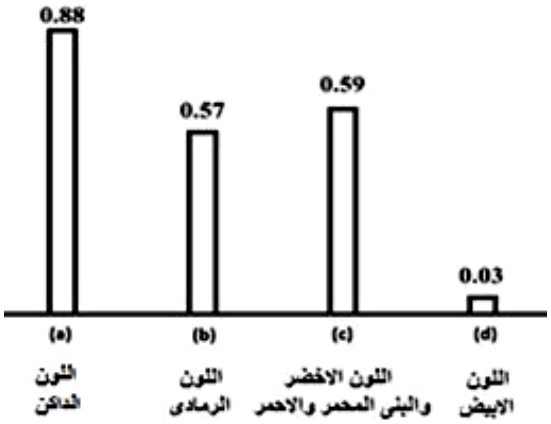
شكل (8) يوضح زيادة شدة الإشعاع الممتص I_{ab} خلال حائط المبنى مع زيادة نسبة الامتصاص β عند نفس قيمة معامل الانعكاس α لواجهة المبنى, ونجد ايضا إن شدة الإشعاع الممتص I_{ab} تناقص مع زيادة α عند نفس قيمة نسبة الامتصاصβ. ويتبع ذلك قلة في اختزان الطاقة الحرارية في حائط المبنى وبالتالي تقل شدة الأشعة التى تنفذ إلى الحيز الداخلي خلف حائط المبنى وذلك تأكيدا لمخرجات شكل (7) حيث تتناقص شدة الاشعاع التى تنفذ الى الحيز الداخلي خلف حائط المبنى مع زيادة معامل الانعكاس α لنفس مادة الحائط ويقل ايضا معها حاجة المبنى من طاقة لضمان الراحة الحرارية داخله وذلك لنفس مادة الحائط.

هذا وتتفق مخرجات شكل (8) أيضا مع ما نشر سابقا [9] حيث درجة حرارة الهواء داخل غرفة تم طلاءها بطلاء عاكس خلال ساعات النهار تكون اقل من درجة الحرارة خارجها وتكون درجة حرارة الهواء داخل الغرفة اقل من مثيلتها لغرفة غير مطلية. وبالتالي نستنتج أن زيادة معامل الانعكاس لمادة طلاء الواجهة يتبعها انعكاس معظم حرارة أشعة الشمس إلى الحيز الخارجي للغرفة مع قلة الاشعاع الممتص بمادة الواجهة ويتبع ذلك انخفاض درجة الحرارة داخل الغرفة كما تؤكده الحسابات العددية في البحث.



شكل (8): تأثر شدة الاشعاع الممتص I_{ab} فى حائط مبنى بمعامل انعكاس لمادة الواجهة α ونسبة امتصاص لمادة الحائط β.

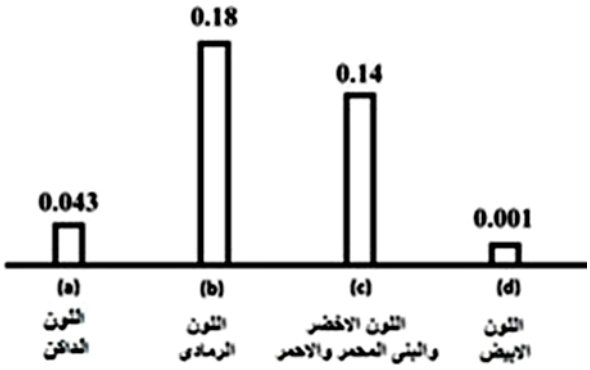
ويتضح من شكل (9) أن شدة الإشعاع الممتص I_{ab} خلال حائط مغطى بمادة لونها داكن يكون 88% مقابل 3% للحائط المغطى باللون الابيض وذلك لأن معامل الانعكاس α للون الداكن يكون 7,5% مقارنة بـ 80% للون الابيض طبقا لجدول (1), وهذا يعنى أن الحائط ذو اللون الداكن يختزن طاقة حرارية تعمل على زيادة درجة الحرارة داخل الحيز الداخلي خلف حائط المبنى وهذا يتفق مع قيم شدة الإشعاع النافذ إلى الحيز الداخلي لتكون 4,3% للون الداكن مقابل 0,1% للون الابيض كما يتضح فى شكل (10).



شكل (9): شدة الاشعاع الممتص I_{ab} خلال حائط مبنى ذو مواد ذات الوان مختلفة.

وتتفق النتائج فى شكل (10) مع الدراسات السابقة [4,5,6] من حيث أن اعلى درجة حرارة داخل خلية القياس ذات اللون الداكن تكون اعلى من نظيرتها ذات اللون الابيض نظرا لأن شدة الإشعاع التى تنفذ إلى داخل الخلية المطلية باللون الداكن حوالى 43 مرة نظيرتها للخلية المطلية باللون الابيض كما هو واضح فى شكل (10), وبالتالي فإن المواد ذات اللون الابيض أى المواد عالية الألبيدو توفر الحماية الحرارية داخل الخلية فى فصل الصيف وبالتالي تتحسن الراحة الحرارية, مما يؤكد صحة الحسابات العددية في البحث.

فى فصل الشتاء يتم عكس اتجاه تتابع تقدم الإشعاع الموضح بشكل (6) ممثلا فى الإشعاع الساقط والمنعكس على السطح الداخلي للحائط والإشعاع الساقط والمنعكس والنافذ على السطح الخارجي للحائط وذلك لأن درجة الحرارة داخل المبنى تكون اعلى من خارجه فى فصل الشتاء, وهذا يعنى أن شدة الإشعاع النافذ إلى خارج المبنى تكون 4.3% للون الداكن مقابل 0,1% للون الابيض وهذا يعنى أن المواد ذات اللون الابيض تعمل كعازل حرارى فى فصل الشتاء. ومن ثم تلعب المواد البيضاء اللون عالية الألبيدو دورا فى الحماية من الحرارة فى فصل الصيف ودورا فى العزل الحرارى فى فصل الشتاء وبالتبعية فإن درجة الحرارة داخل المبنى تقل فى فصل الصيف وتزداد فى فصل الشتاء مما يحسن من الراحة الحرارية وهذا يتفق مع النتائج المنشورة سابقا ويؤكد صحة الحسابات العددية في البحث.



شكل (10):شدة الاشعاع النافذ I_{pen} داخل المبنى لمواد ذات ألوان مختلفة.

جدول (1) يبين أن قيمة الألبيدو α للمواد ذات الالوان الرمادي, الاحمر ,البنى المحمر, الاخضر تكون 25% أى تقع بين قيم α للون الابيض واللون الداكن, ويوضح الجدول أيضا أن نسبة الامتصاص لمواد ذات اللون الاحمر واللون الرمادي 70% & 75% على الترتيب تقع أيضا بين القيم المناظرة للون الداكن واللون الابيض وعليه يكون تغير شدة الإشعاع النافذ والممتص لحائط ذو

الالوان الرمادي والاحمر والاخضر فى اعتمادها على معامل الانعكاس α ونسبة الامتصاص β تماثل نظيرها للألوان الابيض والداكن.

ب- *دراسة حالات محلية:*

- تم اختيار عدد ثلاث مباني (عدد 2 مبنى سكنى و عدد 1 مبنى كلية جامعية) بمدينة أسيوط كدراسة لحالات محلية, وتم هذا الاختيار طبقا لعدة عوامل:
  - اختلاف لون الواجهة الخارجية لهذه المباني.
  - موقع المبنيين السكنيين فى شارع واحد وبالتالي تعرضهم لنفس شدة الاشعاع الشمسي.
  - تعذر وجود مباني أخرى ذات واجهات بدون فتحات لقياس درجة الحرارة الداخلية خلف حائط الواجهة.
- تم قياس درجة الحرارة الخارجية ودرجة الحرارة الداخلية خلف حائط واجهة المباني خلال ساعات النهار عندما تكون واجهة المباني معرضة للإشعاع الشمسي للتحقق من تأثير لون واجهة المبنى على درجة حرارة الفراغ الداخلي.

شكل (11):الجهاز المستخدم في قياس درجة الحرارة.

- وصف الجهاز المستخدم:
- لإجراء القياسات الميدانية تم استخدام الجهاز الموضح بشكل رقم (11) وبياناته كالتالي:
  - ☒ الشركة المصنعة: شركة High Tech Computer Corporation
  - ☒ الموديل: HTC-1
  - ☒ مواصفات الجهاز: يستخدم الجهاز لقياس درجة حرارة الهواء بالسليزيوس (°C) وقياس الرطوبة النسبية (%).
  - ☒ وصف الجهاز: يستطيع الجهاز أن يعرض القراءة على شاشة الكترونية.
  - ☒ قياسات درجة الحرارة داخل وخارج المباني المختارة:

المبنى رقم (1):

مبنى سكنى بشارع العادلي بحي فريال بمدينة أسيوط واجهته الخارجية جزء منها بلا فتحات وذات لون فاتح (بيج) وتم قياس درجة الحرارة الداخلية خلف حائط الواجهة الفاتحة داخل غرفة بشقة فى الطابق الثاني.

المبنى رقم (2):

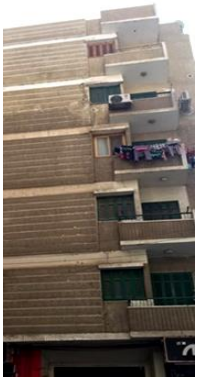
مبنى سكنى بشارع العادلي بحي فريال بمدينة أسيوط واجهته الخارجية جزء منها بلا فتحات وذات لون داكن (رمادي) وتم قياس درجة الحرارة الداخلية خلف حائط الواجهة الداكنة داخل غرفة بشقة فى الطابق الثاني.

المبنى رقم (3):

مبنى كلية التربية الرياضية بجامعة اسيوط بمدينة أسيوط واجهته الخارجية جزء منها بلا فتحات وذات لون ابيض وتم قياس درجة الحرارة الداخلية خلف حائط الواجهة البيضاء داخل مدرج فى الطابق الأول.

ويوضح شكل (12) الوان واجهات المباني المختارة بينما جدول (2) يبين قيم درجات الحرارة الداخلية والخارجية المقاسة للمباني المختارة.

(أ): مبنى سكنى رقم (1)



(ب) مبنى سكنى رقم (2)

(ج) مبنى كلية التربية الرياضية

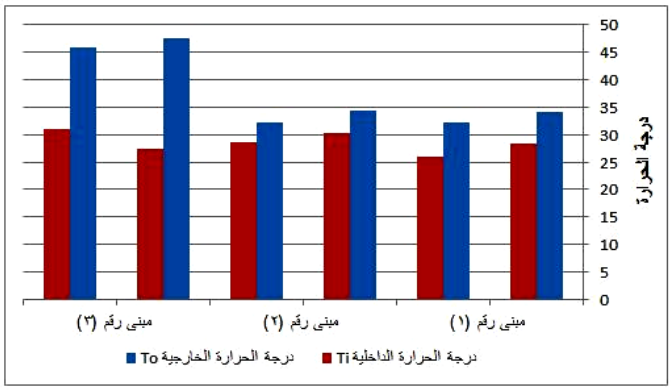
شكل (12):ا لوان واجهات المباني المختارة.
(أ) لون فاتح (بيج) (ب) لون داكن (رمادى) (ج) لون أبيض

جدول (2)
قيم درجات الحرارة الداخلية والخارجية المقاسة للمباني المختارة.

رقم المبنى	يوم القياس	ساعة القياس	درجة الحرارة		فرق درجتي الحرارة ($T_O - T_I$)	فرق درجتي الحرارة كنسبة منوية (%)
			الخارجية T_O	الداخلية T_I		
المبنى رقم (1)	22/04/2021	12	34.2	28.5	5.7	16.7%
		14	32.2	26.0	6.2	19.3%
المبنى رقم (2)	22/04/2021	12.30	34.4	30.3	4.1	11.9%
		14.30	32.2	28.6	3.6	11.2%
المبنى رقم (3)	25/04/2021	12	47.6	27.4	20.2	42.4%
		14	45.9	31.1	14.8	32.3%

– تحليل نتائج القياسات الموضحة بشكل رقم (12) وجدول (2):

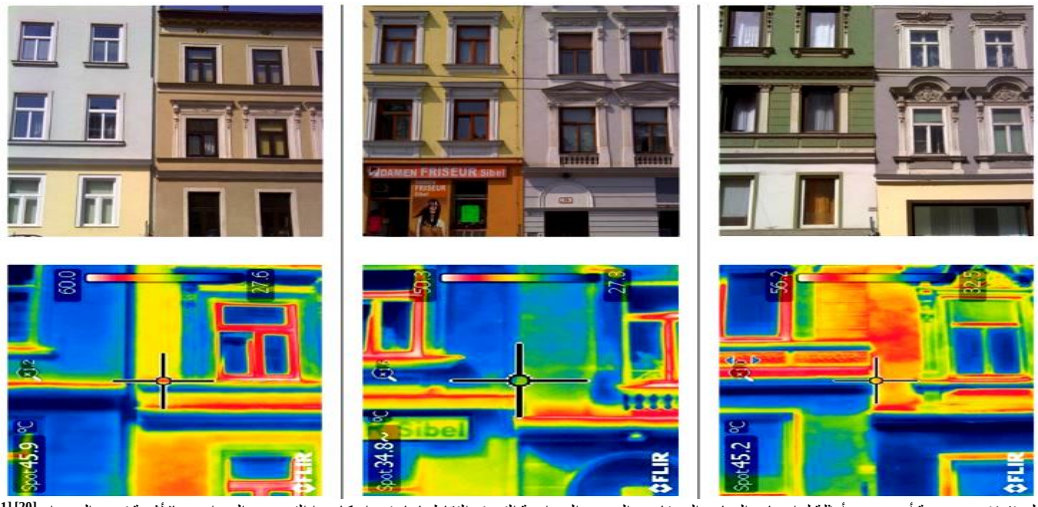
- يتضح من نتائج القياسات الموضحة فى جدول (2) أن مبنى رقم (3) سجل اعلى فرق بين درجة الحرارة الخارجية والداخلية 42.4% و 32.3% عند الساعة 12 ظهرا والساعة 14 بعد الظهر مقابل 16.7% و 19.3% للمبنى رقم (1) و 11.9% و 11.2% للمبنى رقم (2).
- نجد أن لون واجهة المبنى احد الاسباب للاختلاف فى فرق درجتي الحرارة فى المباني المختارة ذات الالوان المختلفة حيث سجل المبنى رقم (3) ذو اللون الابيض اعلى فرق فى درجات الحرارة يليه المبنى رقم (1) ذو اللون البيج يليه المبنى رقم (2) ذو اللون الرمادي مما يجعل الراحة الحرارية افضل ما يكون فى المبنى رقم (3) وهذا يتمشى مع مخرجات الحسابات العددية فى البحث.
- والسبب الأخر للاختلاف فى فرق درجتي الحرارة فى المباني المختارة هى أن القياسات تمت فى يومين مختلفين بفارق ما يفوق 10 درجات فى درجة حرارة الجو.
- ويوضح شكل (13) اختلاف كل من درجة الحرارة الخارجية والداخلية للثلاثة مباني المختارة كما وردت فى جدول (2).



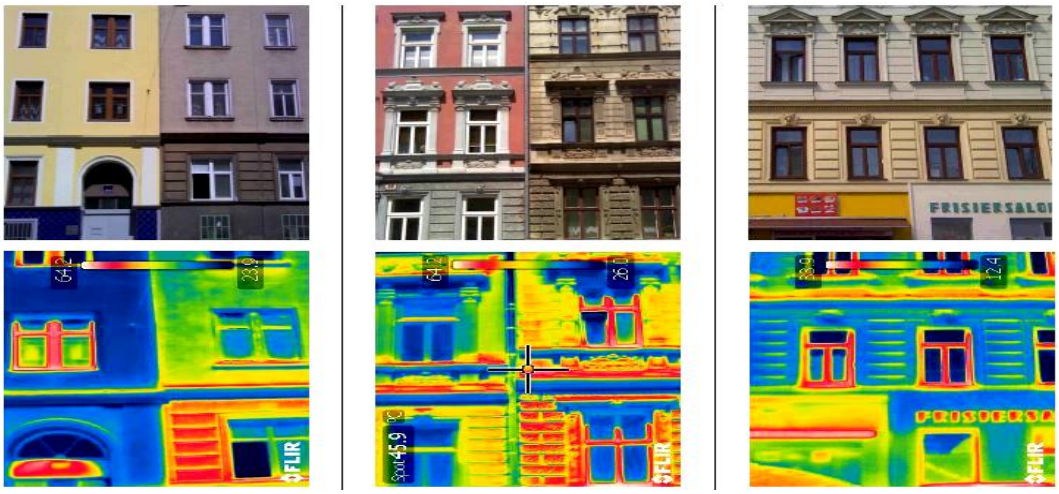
شكل (13): اختلاف كل من درجة الحرارة الخارجية والداخلية للثلاثة مباني المختارة.

ج- دراسات ميدانية:

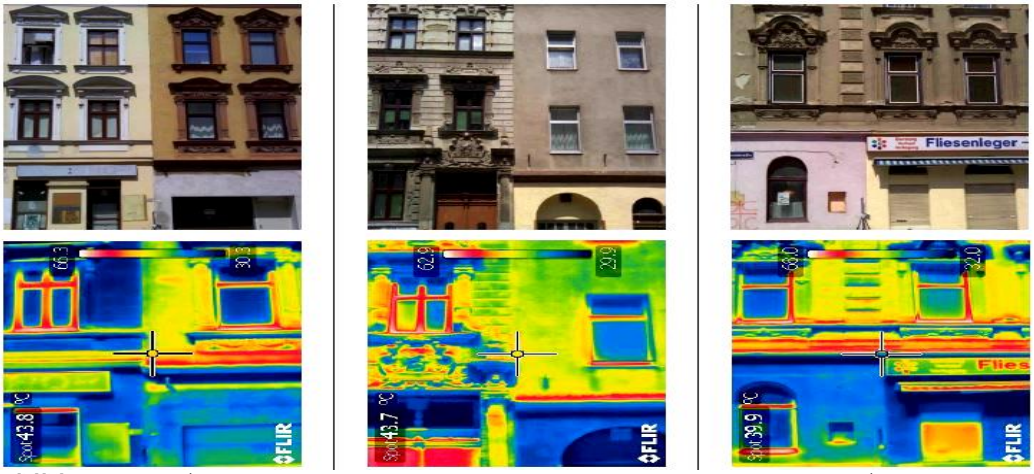
فى دراسة ميدانية عن تأثير الانعكاس للواجهات على الأداء الحرارى للمباني السكنية تم اختيار 19 مبنى فى مدينة فيينا بالنمسا والتي تم بناؤها فى القرن الماضي, ويتكون الحائط الخارجي (الواجهة) لهذه المباني من ثلاث طبقات تشمل طبقة بلاستر داخلي بسمك 1 – 2 سم وحائط من الطوب بسمك 40 -50 سم وطبقة بلاستر خارجي بسمك 2 – 3 سم. ويختلف لون واجهة هذه المباني كما هو واضح فى اشكال (14 , 15 , 16) وبالتبعية يختلف معامل الانعكاس من مبنى إلى أخر فى المدى من 10% إلى 90% باعتبار أن معامل الانعكاس بقيمة 10% يعبر عن واجهة المبنى ذات اللون الأعلى دكناً [20] [21].



شكل (14): مجموعة أخرى من أمثلة لواجهات المباني المختارة والصور الحرارية التى تم التقاطها باستخدام كاميرا التصوير الحرارى بالأشعة تحت الحمراء [20] [21].



شكل (15): مجموعة أخرى من أمثلة لواجهات المباني المختارة والصور الحرارية التى تم التقاطها باستخدام كاميرا التصوير الحرارى بالأشعة تحت الحمراء [20] [21].



شكل (16): مجموعة ثالثة من أمثلة لواجهات المباني المختارة والصور الحرارية التى تم التقاطها باستخدام كاميرا التصوير الحرارى بالأشعة تحت الحمراء [20] [21].

تمت القياسات المعملية لدرجة حرارة واجهة الـ 19 مبنى وشدة الانارة السطحية وشدة الاشعاع الساقط على هذه الواجهات باستخدام كاميرا التصوير الحرارى بالأشعة تحت الحمراء (Infrared thermal imaging camera), ومن ثم امكن حساب معامل الانعكاس لهذه الواجهات باعتباره يساوى شدة الانارة السطحية منسوبة إلى شدة الإشعاع الساقط وانتهت القياسات إلى ما يلى[20] [21].

أ- زيادة معامل الانعكاس للواجهة يتبعها قلة درجة حرارتها وبالطبع ينعكس ذلك على الراحة الحرارية داخل المبنى.

ب- زيادة معامل الانعكاس للواجهة يتبعها قلة استهلاك طاقة التبريد للمبنى فى صيف 2012 وصيف 2013 وبالطبع ينعكس ذلك على الراحة الحرارية داخل المبنى.

وهذا يتوافق مع ما توصلت إليه الحسابات العددية فى البحث.

وفى دراسة ميدانية أخرى لتقييم الأداء الحرارى لواجهات المباني باستخدام كاميرا التصوير الحرارى بالأشعة تحت الحمراء تم بناء خلية اختبار بأبعاد حقيقية فى حرم جامعة نوفا دى ليسبو Nova de Lisbo بإسبانيا وتم طلائها واجهاتها بطلاء عاكس, الخلية بأبعاد 4,8 × 4,8 × 3,74 م وحوائط عازلة حراريا بسمك 0,28 م وكانت الوان الطلاء المستخدمة هى ثلاثة الوان (ابيض – اسود – احمر داكن) كما بشكل (17) باعتبار أن اللون الأخير هو اللون السائد فى الاستخدام, وتم اختيار الواجهة الجنوبية باعتبارها اكثر الواجهات تعرضا للإشعاع الشمسي وتم تخصيص مساحة 0,2 × 0,2 م فى منتصف كل لون لطلائها بطلاء تقليدي بنفس اللون وتظهر هذه المساحة باللون الأصفر فى شكل (18) [22].

تم قياس درجة الحرارة باستخدام الازدواج الحرارى Thermocouple للمقارنة مع القياسات التى تم أخذها بالكاميرا [22].

وانتهت هذه الدراسة بأن استخدام مواد الطلاء العاكسة تقلل من درجة حرارة سطح الواجهة وتحد من تدهور خواص العزل للحوائط مما ينعكس على زيادة العمر الافتراضي لهذا الحوائط [22].

شكل (17): الحجم الحقيقي لخلية الاختبار المعملية المطلية بثلاثة الوان من الطلاء العاكس [22].

شكل (18): موقع الثلاث مساحات المطلية بالطلاء التقليدي وسط الوان الواجهة الجنوبية لخلية الاختبار المعملية [22].

وحيث أن البحث يوصى بانعكاس اشعة الشمس من واجهات المباني لزيادة الراحة الحرارية لقاطني المباني إلا أن ذلك له مردود سلبى خارج المبنى بالنسبة للأشخاص الذين يعيشون فى المدن حيث أن رؤية ضوء الشمس المنعكس من المباني هى ظاهرة مألوفة فى الحياه الحضارية ولكنه يمكن أن يكون مصدر ازعاج من خلال ما تسببه المباني من تأثيرات ضارة بسبب تغطية واجهاتها بزجاج عاكس أو ادخال تصاميم منحنية فى الواجهات والمصحوبة بانعكاسات لضوء الشمس [23].

ويوجد مثال جيد للتأثيرات الضارة لهذه الانعكاسات وهو مبنى صالة احتفالات ديزني المشهورة Disney Concert Hall فى مدينة لوس انجلوس بكاليفورنيا بأمريكا كما فى شكل (19) حيث أن واجهة المبنى مقعرة الشكل ومغطاة بمساحة كبيرة من الفولاذ المصقول المقاوم للصدأ والذى يؤدى إلى انعكاس الضوء وتركيزه فى المنطقة المحيطة بالصالة وما يتبع ذلك من اكتساب حرارى فى الارصفة وحيود بصرى لسائقي السيارات وانتهى الأمر إلى تخشين اجزاء من سطح الواجهة لتشتيت انعكاسات الضوء دون تركيزها وذلك للحد من شدة هذه الانعكاسات [23] [24].

ويوجد العديد من الأمثلة الحديثة لمباني لها تأثيرات ضارة بسبب الضوء المنعكس من واجهاتها مثل مباني شارد Shard فى لندن بالمملكة المتحدة وبرج المتحف Museum Tower فى مدينة دالاس بأمريكا وفندق فادرا Vadra Hotel فى لاس فيجاس بأمريكا شكل (20) ومبنى 20 شارع فينشيرش 20 Fenchurch Street فى لندن بالمملكة المتحدة شكل (21), ووجد فى المبنيين الأخيرين أن اشعة الشمس المنعكسة فى مناطق المشاة تسبب حروق عند ارتفاع درجة الحرارة وتلف للسيارات بسب الحرارة المشعة وتم القاء اللوم على

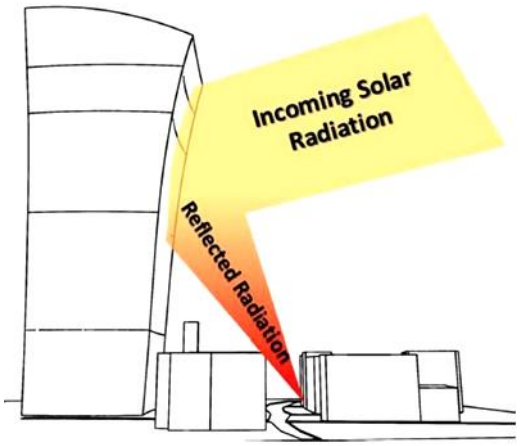
المعماريين لتسببهم فى الاضرار البصرية والحرارية نتيجة هذه الانعكاسات [23] [24], ويوضح شكل (22) الإشعاع المنعكس من مبنى 20 شارع فينشيرش [25].

وأدت هذه الظاهرة الطبيعية التى حظيت بدعاية جيدة لما يصاحبها من أضرار إلى زيادة اهتمام المصممين فى فهم كيف سيتفاعل المبنى المقترح مع الشمس وكيف تؤثر الانعكاسات من المبنى أثناء تصميمه على المحيط الخارجي [23].

شكل (19): مبنى صالة احتفالات ديزني الشهيرة بمدينة لوس انجلوس بكاليفورنيا [24] [26].

شكل (20): فندق فادرا في لاس فيجاس بأمريكا [24] [27].

شكل (21): مبنى 20 شارع فينشيرش بلندن بالمملكة المتحدة [24] [28].



شكل (22): الإشعاع المنعكس من مبنى 20 شارع فينشيرش بلندن بالمملكة المتحدة [25].

ويستخلص البحث بالحسابات العددية فى هذه الدراسة أن مواد الواجهات ذات اللون الابيض أى عالية الألبيدو تحقق الحماية من الحرارة فى فصل الصيف والعزل الحرارى فى فصل الشتاء وبالتالي تتحسن الراحة الحرارية ويقل استهلاك الطاقة وهذا يتفق مع آراء الآخرين[6,7] وهذا يؤكد صحة الحسابات في البحث, ويتمثل ذلك فى أن درجة الحرارة داخل المبنى تقل فى فصل الصيف وتزداد فى فصل الشتاء مع استخدام مواد عالية الألبيدو.

IX. الاستنتاجات

من أهم الاستنتاجات التى توصل إليها هذا البحث ما يلى:

1) تم عمل مقترح لتعقب الإشعاع الشمسي الساقط على حائط مبنى بمادة ذات نسبة امتصاص β وواجهة الحائط مطلية بمادة ذات قيمة ألبيدو α .
2) تم حساب شدة الإشعاع الممتص خلال حائط المبنى وشدة الإشعاع النافذ إلى الحيز الداخلي خلف الحائط لقيم ألبيدو مختلفة لواجهة الحائط وكذلك لقيم مختلفة من نسبة الامتصاص لمادة الحائط.
3) أثبتت الطريقة المقترحة بالحسابات العددية أن المواد ذات اللون الابيض على واجهة حائط المبنى تحقق الحماية الشمسية فى فصل الصيف والعزل الحرارى فى فصل الشتاء وبالتبعية تتحسن الراحة الحرارية ويقل استهلاك الطاقة.
4) وجد بالحسابات العددية أن درجة الحرارة داخل المبنى نتيجة استخدام مواد داكنة اللون على الواجهة تفوق نظيرتها الناتجة من المواد ذات اللون الابيض وهذا يتفق مع آراء الآخرين.
5) نلاحظ عند المقارنة بين درجة الحرارة الخارجية والداخلية لمباني دراسة الحالة المحلية أن مبنى كلية التربية الرياضية يسجل اعلى فرق في درجات الحرارة نظرا لأن لون واجهته الخارجية بيضاء اللون يليه المبنى السكنى ذو الواجهة البيج يليه المبنى السكنى ذو الواجهة الرمادية, وهذا يتفق مع الحسابات العددية التى توصي بأن زيادة قيمة الألبيدو لواجهة المبنى يتبعها زيادة انعكاس الاشعاع الشمسي للخارج ومردود ذلك على قلة درجة الحرارة في الفراغ خلف حائط الواجهة وبالتبعية تتحسن الراحة الحرارية داخل الفراغ الداخلي في فصل الصيف.

X. التوصيات

من أهم التوصيات التى توصل إليها هذا البحث ما يلى:

1) البحث الحالي يختص بدراسة تأثير الأشعة الشمسية على الراحة الحرارية في الحيز الداخلي خلف حائط بلا فتحات مطلى بمادة ذات الوان مختلفة والتوصية بأن تمتد الدراسة لحائط به فتحات حيث أن الفتحات لها دور سلبى في الاكتساب الحرارى للفراغ الداخلي.
2) تزويد كود البناء باشتراطات تضمن ضرورة استغلال واجهة المبنى للمساهمة في تحقيق الراحة الحرارية داخل فراغات المبنى من خلال توجيه الواجهة نحو الشمس وطلائها بلون فاتح.

3) إلزام المهندسين بتطبيق كود البناء بهدف تحقيق الراحة الحرارية في الفراغات خلف واجهة المبنى عند تعرضه للشمس.
4) حث المصممين على استخدام المواد العاكسة على واجهات المباني التى تكتسب حرارة عالية صيفا.
5) اقتراح معايير ملائمة لتقييم التأثير البصرى والحرارى لضوء الشمس المنعكس من المبنى على البيئة المحيطة لما تسببه من اضرار.
6) عمل المزيد من الابحاث عن المواد العاكسة مع الاستفادة من الخبرات المكتسبة من دراسات تحليلية ومادية لتأثير انعكاسات ضوء الشمس لمباني قائمة.

شكر

تشكر الباحثة دكتور مهندس/ أيمن عبد الرحيم عمرو مدير عام الصيانة بشركة تنمية وإدارة القرى الذكية بالقاهرة على اعارته جهاز قياس درجة الحرارة لعمل القياسات التى وردت في البحث.

المراجع

[1] القطيني, فادى – مزاحم, زين الدين – ديون, طالب, "التكوين الخارجي للمبنى وتأثيره على الراحة الحرارية للمستعملين", مجلة جامعة البعث, المجد 38, العدد 3, ص 143 – 179, 2016.
[2] R. Siegel and J. Howell, "Thermal Radiation Heat Transfer", Taylor & Francis publisher, 4th Edition, 2001.
[3] C. Strobel, M. Abadie and N. Mendes, "Absorption of solar radiation in thick and multilayered glazing", Vol. 10, pp. 238-244, Beijing, China, September 3-6, 2007, https://www.aivc.org/sites/default/files/p583_final.pdf.
[4] N. K. Bansal, S. N. Garg and S. Kothari, "Effect of exterior surface color on the thermal performance of buildings", Building and Environment, Vol. 27, No. 1, pp. 31-37, 1992.
[5] E. Cheng, E. Ng and B. Givoni, "Effect of envelope colour and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate", Solar Energy, Vol. 78, No. 4, pp. 528-534, April 2005..
[6] B. Al-hafiz, M. Musy and T. Hasan, "A study of the impact of changes in the materials reflection coefficient for achieving sustainable urban design", Procedia Environmental Sciences, Vol. 38, pp. 562-570, 2017.
[7] B. Yu, Z. Chen, P. Chang and Y. Yang, "Study of the influence of albedo on building heat environment in a year-round", Energy and Buildings, Vol. 50, No. 5, pp. 945-951, 2008.
[8] Q. Mansouri, R. Belarbi and F. Bourbia, "Albedo effect of external surfaces on the energy loads and thermal comfort in buildings", Energy Procedia, Vol. 139, pp. 571-577, December, 2017.
[9] G. Xing-gue, W. Jia, W. Yuc, A. Yu-qiang and L. Xiang-wei, "Experimental Study of the thermal performance of a new type of building reflective coating in hot summer and cold winter zone of China", Procedia Engineering, Vol. 205, pp. 603-608, October, 2017.
[10] H. Taha, H. Akbari, H. Rosenfeld, et al., "Residential cooling loads and the urban heat island: the effects of albedo", Building and Environment, Vol. 23, No. 4, pp. 271-283, 1988.
[11] H. Akbari and H. Taha, , "The impact of trees and white surface on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities", Energy, Vol. 17, No. 2, pp. 141-149, 1992.
[12] K. Tarabieh, A. Aboulmagd, "Thermal Performance Evaluation of Common Exterior Residential Wall Types in Egypt", Buildings, Vol. 9, https://doi:10.3390/buildings9040095, April, 2019.
[13] https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%82%D8%B5%D8%A7%D8%B1%D8%A9
[14] العيسوى, محمد عبد الفتاح أحمد, "تأثير تصميم الغلاف الخارجي للمبنى على الاكتساب الحرارى والراحة الحرارية للمستعملين", رسالة ماجيستير, كلية الهندسة, جامعة القاهرة, ص 87, 33, 32, 2003.
[15] الوكيل, شفق العوضى – سراج, محمد عبد الله, "المناخ وعمارة المناطق الحارة", مكتبة دار المعرفة, ص 51 – 52, 2016.
[16] عباس, آرام عبد العزيز السنى, "أثر التصميم المناخي على تحقيق الراحة الحرارية للمستخدمين دراسة حالة (بعض المباني الادارية بمدينة الخرطوم)", رسالة ماجيستير, كلية الهندسة, جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا, السودان, ص 9 - 10, 2019.
[17] http://repository.sustech.edu/bitstream/handle/123456789/15705/%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AD%D8%AB.pdf?sequence=2&isAllowed=y
[18] السقاف, محمد عبد الله, "عمارة المناطق الحارة ومدى الاستفادة والحماية من الطاقة الشمسية (دراسة حالة المناخ فى مدينة المكلا إحدى مدن الساحل فى محافظة حضر موت)", مجلة العلوم الهندسية-كلية الهندسة بجامعة أسيوط, المجلد 37, العدد 5, ص 1209 - 1234, 2009.
[19] R.A. Serway and J. W. Jewett, Physics for Scientists and Engineers, Chapters 16 and 35, 6 th Edition, Thomson Brooks/Cole, USA, 2004.
[20] A. Azarnejad and A. Mahdavi, "Implications of facades visual reflectance for buildings' thermal performance", Journal of Building Physics, Vol. 42, No. 2, pp. 1-17, 2017.
[21] A. Azarnejad, "Impact of building facades' color on building and urban design", Doctor Thesis, Technical University of Vienna, Austria, pp. 24-30, 2017.
[22] L. Goncalves, L. Matias and P. Faria, "Thermal performance of cool facades evaluation by infrared thermography", 4th IAHS World Congress on Housing Sustainable Housing: Sustainable Housing Construction, , pp. 1-10, Funchal, Porugal, 16-19 December, 2014.
[23] R. Danks, J. Good and R. Sinclair, "Assessing reflected sunlight from building facades: A literature review and proposed criteria", Building and Environment, Vol. 103, pp. 193-202, 2016.
[24] H. N. Tumbas, "Analyzing the impacts of building form on the environment: A case study in Ankara with a focus on solar reflection", Master Thesis, Middle East Technical University, Turkey, pp. 25-37, 2019.
[25] https://www.thoughtco.com/gehry-responds-to-concert-hall-heat-178089.
[26] https://en.wikipedia.org/wiki/Vdara.
[27] https://www.loganenergy.com/wp-content/uploads/2015/11/150818-20-Fenchurch-Street-GW.pdf
[28] J. Zhu, W. Jahn and G. Rien, "Computer simulation of sunlight consuntration due to façade shape: application to the 2013 death ray at Fenchurch street, London", Journal of Building Performance Simulation", Vol. 12, No. 4, pp. 1-10, 2019.

Title Arabic:

تأثير الأشعة الشمسية على الراحة الحرارية فى الحيز الداخلي خلف حائط مطلى بمادة ذات الوان مختلفة

Arabic Abstract:

يهدف البحث إلى دراسة تتبع الإشعاع الشمسي الساقط على حائط مبنى مطلى بمواد ذات الوان مختلفة وتأثيره على الحيز الداخلي خلف الحائط. يتبع الاشعاع الشمسي الساقط على السطح الخارجي للحائط (i) اشعاع منعكس إلى الحيز الخارجي معتمداً على معامل الانعكاس لمادة طلاء واجهة الحائط و (ii) اشعاع منقول إلى داخل الحائط والتي تتناقص شدته خلال تقدمه داخل الحائط بالاعتماد على معامل الامتصاص لمادة الحائط ويتبع الاشعاع المنقول عند السطح الداخلي للحائط اشعاع منعكس إلى داخل الحائط واشعاع نافذ إلى الحيز الداخلي للحائط. ويستمر تتابع تقدم الاشعاع ما بين ساقط ومنعكس ونافذ على السطح الداخلى للحائط وما بين ساقط ومنعكس على السطح الخارجي للحائط ويستمر هذا التتابع حتى تصل شدة الإشعاع إلى قيم صغيرة جدا وبالتالي يمكن إهمالها. وبحد علم المؤلف فإن البحث يقدم لأول مرة تقييما عدديا لهذا التتابع من اشعاعات خلال الحائط وداخل الفراغ الداخلي خلف الحائط. تم حساب شدة الإشعاع الممتص داخل الحائط وشدة الإشعاع الذى ينفذ إلى داخل المبنى لقيم مختلفة من الألبيدو Albedo للسطح الخارجي (أى لمعاملات انعكاس مختلفة) طبقا للون السطح وقيم مختلفة لمعامل الامتصاص لمادة الحائط, واكدت الطريقة المتبعة بالحسابات أن حائط المبنى المغطى بمواد ذات الوان فاتحة يحقق الحماية من شدة الحرارة فى فصل الصيف والعزل الحرارى للمبنى فى فصل الشتاء وبالتبعية تتحسن الراحة الحرارية ويقل استهلاك الطاقة, كما أن درجة حرارة داخل المبنى عند استخدام مواد داكنة للحائط الخارجي تكون اعلى من نظيرتها عند استخدام اللون الأبيض على الحائط وهذا يتفق مع مخرجات الابحاث السابقة من دراسات معملية على نماذج صغيرة لحائط تمت بآخرين وقياسات تمت بالباحثة على مباني محلية بمدينة أسيوط ج.م.ع. بالإضافة إلى نتائج مصدرها حزم حاسوبية.