

التنبؤ عن أثر التكسيات الخارجية على الأداء الحراري للمباني في الرياض

ناصر بن عبدالرحمن الحمدي، وغازي بن سعيد العباسي

قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط،

جامعة الملك سعود، ص ب ٥٧٤٤٨، الرياض ١١٥٧٤، المملكة العربية السعودية

فاكس: ٤٦٩٦٩٩٩-٠٠٩٦٦٦١

gazi@ksu.edu.sa, dr_n_hemiddi@yahoo.com

(قدم للنشر في ١٤٢٨/٤/٥هـ؛ وقبل للنشر في ١٤٣٠/٥/٢١هـ)

الكلمات المفتاحية: تكسيات حجرية، مناخ حار جاف، حماية واجهات المباني بالحجر.

ملخص البحث. يركز هذا البحث على دراسة أثر التكسيات وواجهات الحجر الطبيعية الخارجية على الأداء الحراري للمباني في المناطق الحارة الجافة في المملكة العربية السعودية والتركيز على مباني مدينة الرياض. تهدف الدراسة إلى معرفة أثر حماية واجهات المباني باستخدام تكسيات الحجر الطبيعية، خاصة الواجهات الغربية، لأجل خفض الطاقة الحرارية المكتسبة من أشعة الشمس على واجهة المبنى وبالتالي تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية لأغراض التبريد والتدفئة وتوفير الراحة الحرارية للقاطنين بداخل المباني. وتشمل الدراسة على عرض مقارنة للأداء الحراري للمبنى لمرحلة قبل تكسية واجهة المبنى بالحجر الطبيعي ومرحلة أخرى بعد التكسية، حيث تم إجراء تجربة تطبيقية في صيف عام ٢٠٠٦م (١٠ مايو إلى ١٦ سبتمبر ٢٠٠٦م) لقياس درجات حرارة الهواء بداخل المبنى والسطح الخارجي للواجهة الغربية للمبنى في محطة أبحاث كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود بالرياض. وتم جمع قراءات لدرجات حرارة الهواء داخل الغرف وتم عمل تحليل وعرض رسومات بيانية كما تم عمل معادلة للتنبؤ بدرجة حرارة الغرفة الداخلية للغرفة بمعلومية درجة حرارة السطح الخارجي. خلصت نتائج الدراسة إلى أن تكسيات الحجر الطبيعي تساعد على خفض درجة حرارة الواجهات الغربية الخارجية. فقد وجد بالتجربة أنه عندما كانت درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي تتراوح ما بين ٤٩°م إلى ٢٥°م أي بمدى حراري يومي ٢٤°م، كانت درجة حرارة الهواء الغرفة المعالجة تتراوح ما بين ٤٠°م إلى ٣٨.٥°م أي بمدى حراري يصل إلى ١.٥°م. يهتم البحث ببعض التوصيات المعمارية لاستخدام التكسيات بالحجر الطبيعي كأداة لحماية وعزل حراري فعال في المباني في المناطق الحارة الجافة قد شملها البحث.

المقدمة

مما لا شك فيه أن محاولة الإنسان في معالجته أحوال البيئة الحرارية المحيطة به من خلال الاستفادة من إمكانيات المواد المتوفرة في بيئته لأمر مهم جدير بالذكر. وذلك للوصول إلى درجة عالية من الراحة الحرارية المناسبة لتلبية احتياجاته ومتطلباته في مسكنه ومكان عمله. وبعد أن قامت الثورة الصناعية الكبرى تم استحداث مواد وأساليب بناء حديثة تلبى أذواق المستخدمين في مبانيهم كما أنها تساهم في توفير الطاقة الكهربائية.

أدبيات البحث

لقد شهدت المملكة العربية السعودية تطوراً في مختلف المجالات وذلك نتيجة التطور الاقتصادي. مما أدى إلى انفتاح الأسواق العالمية وتوريد نوعيات وكميات من المواد والأساليب البنائية الجديدة. أدى هذا التطور إلى إيجاد بيئة عمرانية خرسانية متعددة الأنماط وظهرت عيوبها ومشاكلها والتي لم تكن موجودة في المباني التقليدية التي استخدم فيها الطين واللبن والحجر وسعف الخيل وجذوع الأثل. ومن بين هذه العيوب الرئيسية في المباني الخرسانية رداءة سلوكها وأدائها الحراري بالنظر إلى طبيعة المناخ وشدة حرارته.

ومما لا شك فيه أن الإنسان القاطن في المملكة العربية السعودية شهد خلال الأربعين سنة الماضية تغيرات جوهرية في المجالات الصناعية والاقتصادية

والثقافية والتقنية. وقد أدى ذلك إلى شيوع حتمي لطرق وتقنيات جديدة في مجال تقنية البناء في المملكة العربية السعودية (مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، ١٤٠٠هـ).

لقد ساهم استخدام المباني الخرسانية بشكل كبير في استهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة الرياض. أوضح المقرن في دراسة أن ذروة الاستهلاك تضاعفت أكثر من ١٤ مرة ما بين العامين ١٩٧٩م و١٩٨٩م (المقرن، ١٤٠٩هـ).

كما بينت الدراسات أن إنتاج المملكة من الطاقة الكهربائية تضاعف أكثر من ١٠٠ مرة في الفترة ما بين ١٩٧٠-٢٠٠٣م، وقد زاد الاستهلاك المنزلي للطاقة في نفس الفترة وذلك لأن الاستهلاك الرئيسي للكهرباء يعود بسبب استخدام تكييف الهواء الميكانيكي والإنارة الاصطناعية، والتي تعتمد على الطاقة الكهربائية كمصدر لتشغيلها (جامع، ١٤١٠هـ)، (بركات، ١٤١٠هـ)، (الشركة السعودية الموحدة، ١٤٢٢هـ). هذا الهدر الكبير للطاقة الكهربائية والمحددة أسبابه يتطلب تدخلاً عاجلاً لتقليل القدر الممكن للمحافظة على الطاقة الكهربائية في المباني.

نظراً لتفاقم المشكلة فقد بادرت حكومة المملكة العربية السعودية في تشجيع ترشيد استهلاك الطاقة في كل من القطاع السكني التجاري وتطبيق وسائل تساهم في خفض استهلاك الطاقة في المباني الحكومية والخاصة على حد سواء (التويجري، ١٤١٧هـ).

أمراً مهماً على كل مستويات المجتمع، كما يحدث في الوقت الحاضر في المملكة العربية السعودية. كما تزامن مع مشكلة ارتفاع أسعار الطاقة الكهربائية، وهي التفاوت الحاد في الطلب على الطاقة الكهربائية بين فصول السنة، فمثلاً نجد في مدينة الرياض أن ذروة الاستهلاك في أشهر الصيف تقفز إلى أكثر من الضعف عنها في أشهر الربيع والخريف (المقرن، ١٤١٤هـ).

يعتبر الحجر من أقدم مواد البناء المعروفة وبالنظر لخواصه الفريدة يعتبر الحجر من المواد الأساسية في الأبنية الدائمة، وقد ظل الحجر هو المادة السائدة في البناء حتى حلول القرن العشرين حيث أدخلت مواد أخرى، ويتم تصنيف الحجر حسب المركبات التي يحتويها إلى أحجار تحتوي على سيليكيا بشكل رئيسي مثل حجر الكوارتز، وأحجار تحتوي سيليكات ومعادن أخرى، وحجارة تحتوي على معادن كلسية وهي إما تكون كالسيت أي كربونات الكالسيوم النقية، أو دولوميت أي كربونات الكالسيوم مع المغنيسيوم. كما يوجد تصنيف آخر حسب المنطقة التي استخراج منها الحجر، كما يتم تصنيف الأحجار حسب النقش حيث يتم نقش وجه الحجر بأشكال متعددة منها حجر منقر، وحجر مسمم، وحجر طبزة، وحجر مطبه، وحجر ممشط، كما أن للحجر الطبيعي مميزات منها ثبات الألوان وعدم تأثره بالعوامل الطبيعية، والعزل الحراري، والصلابة والمتانة، والمحافظة على الشكل والرونق الطبيعي، وقلة الحاجة إلى الصيانة،

ظهرت في الآونة الأخيرة مباني غربية لا تنتمي إلى البيئة الطبيعية المحلية وغير موائمة لعوامل المناخ بحيث أصبحت الفراغات الداخلية للمباني لا توفر الراحة الحرارية المطلوبة إلا بالوسائل الميكانيكية، مما جعل معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية عالية، فقد وصلت معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية بواسطة الوحدات السكنية بمدينة الرياض إلى درجات عالية جداً بالمقارنة لمعدلات الاستهلاك للوحدات السكنية المماثلة لها في الحجم وعدد أفراد الأسرة في كل من أستراليا والمملكة المتحدة الأمريكية (الراشد، ١٤١٠هـ).

لقد أدى شيوع طرق وتقنيات جديدة في مجال تقنية البناء في المملكة، حيث تم استخدام مادة الأسمنت والحرسنة من اعتيادية ومسلحة، والطوب الأسمنتي والفخاري المفرغ والمصمت، والحرسنة المقواة بالألياف الزجاجية أو اللدينية، ومواد العزل الحراري والزجاج بحيث باتت تقنيات بناء أساسية أو ثانوية للمباني في المنطقة الحارة الجافة من المملكة. وقد حل استخدام هذه التقنيات الجديدة تدريجياً محل تقنيات البناء التقليدية مثل الطين والحجر المتوفرين محلياً، واللتان تستخدمان في بناء الحوائط. ولهاتين المادتين خاصية عالية في تخزين الطاقة الحرارية من البيئة المحيطة وتباطؤ كبير في معدل توصيلها، مقارنة بالتقنيات المعاصرة وغير المعزولة حرارياً (صالح، ١٤١٢هـ).

أصبح الاهتمام بالمؤثرات البيئية في مجال العمران

عكسياً مع الوزن النوعي وهذا يعني أن التفاوت الذي نلاحظه في الامتصاص سلاحظه في الوزن النوعي. إن المقاومة للكسر من المواصفات المهمة أيضاً لجودة الحجر، كما تعتبر قوة القص من المواصفات المهمة للأحجار أيضاً، حيث تتطلب المواصفات القياسية أحياناً أن يقاوم الحجر قوة القص وخاصة عندما يستعمل في مناطق تتعرض للقص. ومقاومة التآكل وتعكس هذه الخاصية مدى مقاومة الحجر للعوامل الجوية وعوامل الحك والبري والاهتراء. وصلابة الحجر فالحجر الصلب هو المفضل في الاستخدام. كما أن جودة الأحجار تتوقف أيضاً على عدم وجود شقوق وفواصل وجيوب فارغة أو مملوءة بمعدن الكالسيوم $CaCO_3$ (منتدى مستشارك للبناء، ١٤٢٨هـ).

لا يخفى علينا أن توظيف التكسية الخارجية لإبقاء حالة الثبات الحراري لدرجات الحرارة في المباني وخاصة في الدول المتقدمة ساهم بشكل كبير في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية. وتعتمد فعالية التكسية في المباني على مقدار خفض انتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله.

تعتبر التكسيات الخارجية تصميماً مناسباً في المناطق ذات المناخ المعتدل صيفاً، وذلك عندما تنفذ في الحوائط وأسقف المبنى مباشرة لأن درجة حرارة الفراغ الداخلي تتغير بارتفاع طفيف. ولكن في المناطق الصحراوية الحارة، كما هو موجود في المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية، فإن درجة حرارة الهواء

ومناسبته لكافة الظروف المناخية، كما أن للأحجار جيوب منها وجود الفجوات على هيئة جيوب داخل الحجر مما يجعله ضعيفاً بمرور الزمن، والتسوس على هيئة جيوب مملوءة بمواد متحجرة كالصدف مثلاً، والعروق وهي عبارة عن شقوق مملوءة بمواد أهمها كربونات الكالسيوم المتبلورة، والرقش وهي جيوب مملوءة بمواد طباشيرية الأمر الذي يشوه منظره ويجعله ضعيفاً أيضاً (منتديات معماري، ١٤٢٨هـ).

وما لا شك فيه أن التكسيات الخارجية تلعب دوراً هاماً في إعطاء منظر جميل للمبنى والحد من تسرب الحرارة من خارج المبنى إلى داخله في موسم الصيف، ومن داخله إلى خارجه في موسم الشتاء. ولكن انتقال الحرارة يكون عن طريق الجدران والأسقف والنوافذ وعبر فتحات التهوية.

وحتى يصبح الحجر مناسباً لاستخدامه لأغراض البناء لا بد أن تتوفر عدة صفات. وقد تم إجراء دراسات مستفيضة في هذا المجال، تم من خلالها تحديد المواصفات القياسية لحجر البناء، ومن أهم هذه الصفات امتصاص الحجر للماء حيث يعتبر الحجر الأفضل هو الحجر الأقل امتصاصاً للماء، وتزداد نسبة الامتصاص بسبب زيادة المسامية للحجر أو زيادة نسبة المعادن الطينية في الحجر. كما يعتبر الوزن النوعي من ضمن الصفات المهمة لجودة الحجر، حيث أن هنالك عوامل وثيقة بين الوزن النوعي للحجر ونسبة الامتصاص وفي معظم الحالات يتناسب الامتصاص

أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى تسليط الضوء بالتحليل على إمكانية تحديد درجة حرارة الهواء بداخل مباني نموذجية مبنية باستخدام توكسيات الحجر الطبيعية، خاصة الواجهات الغربية. وذلك بطريقة تجارب تطبيقية لتحقيق الأهداف التالية:

- (١) معرفة أثر التوكسيات الخارجية باستخدام توكسيات الحجر الطبيعية على الأداء الحراري للمباني في المناخ الصحراوي، باستخدام غرفتين تجريبتين أحدهما تم توكسيتها بالأحجار والأخرى لم يتم توكسيتها.
- (٢) اقتراح بعض التوصيات المعمارية المناسبة لاستخدام توكسيات الحجر الطبيعية للمباني في المملكة العربية السعودية.

منهج البحث

نظراً لأن طبيعة الدراسة تجريبية تطبيقية، فقد صمم منهج البحث وفق ما يلي:

- (١) الاطلاع على مطبوعات وأبحاث وتقارير منشورة عن التجارب والمشاهدات التي أنجزت بواسطة باحثين متخصصين في دراسة التوكسيات الخارجية في المباني وخاصة توكسيات الاحجار.
- (٢) إجراء تجربة تطبيقية خلال فترة صيف عام ٢٠٠٦م خلال الفترة من ١٠ مايو إلى ١٦ سبتمبر ٢٠٠٦م، واشتملت على:

الخارجي صيفاً عالية في النهار ومنخفضة في المساء، مما يجعل درجة حرارة الفراغ الداخلي ذات تذبذب عال يصل حوالي ٢٥°م، والسبب في ذلك يرجع لأن أسطح الحوائط والأسقف تمتص الحرارة من أشعة الشمس الساقطة مباشرة وبالتالي تنتقل الحرارة من السطح الخارجي إلى السطح الداخلي المبنى بواسطة التوصيل الحراري وعند ملامسة الهواء الداخلي لغلاف المبنى تنتقل الحرارة بواسطة الحمل إلى الهواء والإشعاع إلى الأسطح الداخلية الأقل حرارة.

هدفت دراسة إلى معرفة أثر مواد توكسيات الواجهات الشائع استعمالها على الأداء الحراري للمباني، حيث تم إجراء تجربة باستخدام غرف نموذجية في فصل الصيف وتم تسجيل قراءات لدرجة حرارة الهواء داخل الغرف وتم تحليلها، حيث خلصت نتائج الدراسة إلى أن استخدام توكسيات الطوب الرملي والطوب الأحمر والحجر والرخام تعطي فاعلية جيدة بالمقارنة مع التوكسية باللياسة التي توكسي الحوائط الخارجية، فقد أظهرت النتائج أنه عندما كانت درجة حرارة الهواء الخارجي القصوى ٣٦°م، كان الفرق في درجة حرارة الهواء الداخلي ما بين الغرفة المكسية باللياسة وباقي الغرف الأخرى المعالجة بالتوكسيات حوالي ٤°م. وهذا يدل على أن الأحجار من المواد التي لها خواص حرارية تساعد على العزل الحراري للفراغ الداخلي (الحمدي والعباسي، ١٤٢٥هـ).

- أ- استخدام غرفتين تجريبيتين (الغرف الاختبارية)، حيث تم تكسية الغرفة الأولى بالأحجار والغرفة الثانية بدون تكسية.
- ب- جمع قراءات تشتمل على: درجات حرارة كل من الهواء في منتصف فراغ الغرفتين التجريبيتين، وأحوال الطقس والتي تشمل كمل من الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء الجافة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح واتجاهها.

وصف الموقع والغرف الاختبارية

الموقع

تم اختيار مدينة الرياض - التي تقع في هضبة نجد على خط عرض 24° و 2° شمال خط الإستواء وخط طول 46° و 4° شرق جرينتش وعلى ارتفاع 624 م فوق سطح البحر - مكاناً مناسباً للدراسة. كما تم اختيار موقع التجربة في شمال أرض جامعة الملك سعود، الرياض، وذلك بسبب أن ما يتصف به هذا الموقع من مناخ شديد الحرارة والجفاف صيفاً، ومدى حراري يصل إلى حوالي 18° م. ولقد سجلت أحوال الطقس بواسطة مصلحة الأرصاد وحماية البيئة لمتوسط قراءات 10 سنوات (1986-1995 م). ويلاحظ أن فصل الصيف يمتد من شهر يونيو إلى شهر سبتمبر ويتراوح المعدل الشهري لدرجة حرارة الهواء الجافة للنهائية الصغرى من 22.0° م إلى 25.4° م، أما المعدل

الشهري لدرجة الحرارة القصوى فتتراوح من 44.0° م إلى 47.4° م. أما بالنسبة للرطوبة لنفس المدة فإن المعدلات العليا تتراوح من 32.0% إلى 66.0% ، والمعدلات الصغرى تتراوح من 2% إلى 3% . وتهب رياح حارة وجافة على مدينة الرياض تُعرف برياح "السموم"، ويتراوح المعدل الشهري لهبوبها صيفاً ما بين 4 عقدة إلى 8 عقدة واتجاهها غالباً ما يكون شمالاً. ويتراوح الضغط الجوي ما بين 937.1 س. ض. إلى 940.4 س. ض. كما أن المعدل الشهري لهطول الأمطار هو 0.0 مم في أشهر الصيف بينما يصل إلى 39.5 مم في شهر أبريل، ويتميز المناخ في مدينة الرياض بوجود أشعة الشمس شبه العمودية والتي تتراوح حرارتها من 813 إلى 929 واط/م²، وتكون النتيجة ارتفاع في درجة حرارة سطح الأرض مما يؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة الهواء الملامسة لسطح الأرض، وترتفع إلى أعلى ليحل مكانها هواء بارد نسبي، وبالتالي تتواجد زوايا رملية في فترة شدة أشعة الشمس (مصلحة الأرصاد، 1415هـ).

الغرف الاختبارية

استخدمت غرفتان اختباريتان مكعبتان مبنيتان من البلوك الإسمنتي وذلك لأنه يستخدم غالباً في تشييد حوائط المباني في معظم مناطق المملكة العربية السعودية. وأبعاد الغرفة الواحدة من الداخل $3 \times 3 \times 4$ م، وزودت الغرفتان بحائط سمكه 15

قراءات للمجسات ومعيار حراري زئبقي (Spar Scientific) لمدة ثلاثة أيام عندما وضعت جميعها في ماء ساخن وماء متجمد وماء دافئ. وتم عمل معادلة علاقة خطية بين قراءة المجس الواحد وقراءة المعيار الزئبقي بهدف الحصول على معامل تصحيح لكل مجس حراري.

وتم أيضاً استخدام جهاز بيرانوميتر (Pyraneometer model LI-COR, type LI2003S) لقياس كمية الإشعاع الشمسي، وجهاز قياس سرعة واتجاه الرياح (A Met One Anemometer, type 014A-U). وجهاز قياس درجة حرارة الهواء الجافة والرطوبة النسبية نوع (VAISALA, type HMP35C).

ثانياً: نظام تجميع وتخزين قراءات

تم استخدام نظام (CR10X) المصنوع بواسطة شركة كامبل العلمية (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, USA). يقوم هذا الجهاز بتسجيل متوسطات للقراءات من جميع المجسات كل ١٠ دقائق ثم كل ٣٠ دقيقة ثم كل ٢٤ ساعة. يوضح الشكل رقم (٢) مسقطاً أفقياً للغرفتين، والشكل رقم (٣) قطاعاً رأسياً للغرفتين.

سم من البلوك الإسمنتي. وتم تكسية الغرفة الأولى بالأحجار والغرفة الثانية بدون تكسية، كما هو موضح في الشكل رقم (١).



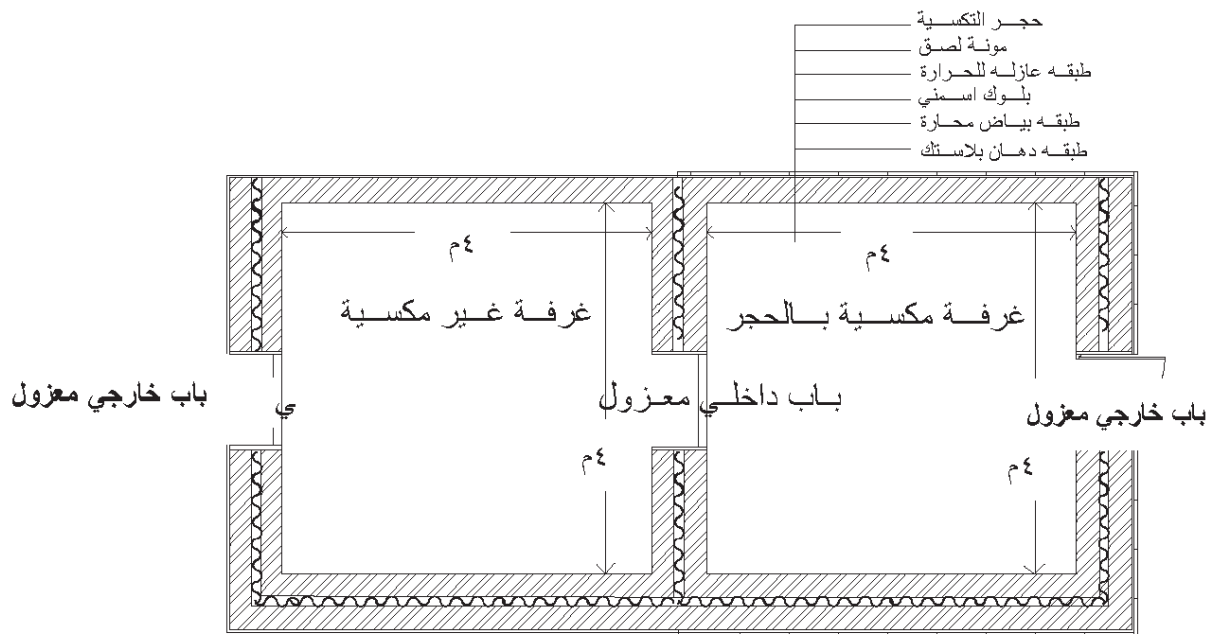
الشكل رقم (١). الغرفة النموذجية الاختبارية المستخدمة للدراسة والغرفة الثانية.

الأجهزة المستخدمة في التجربة

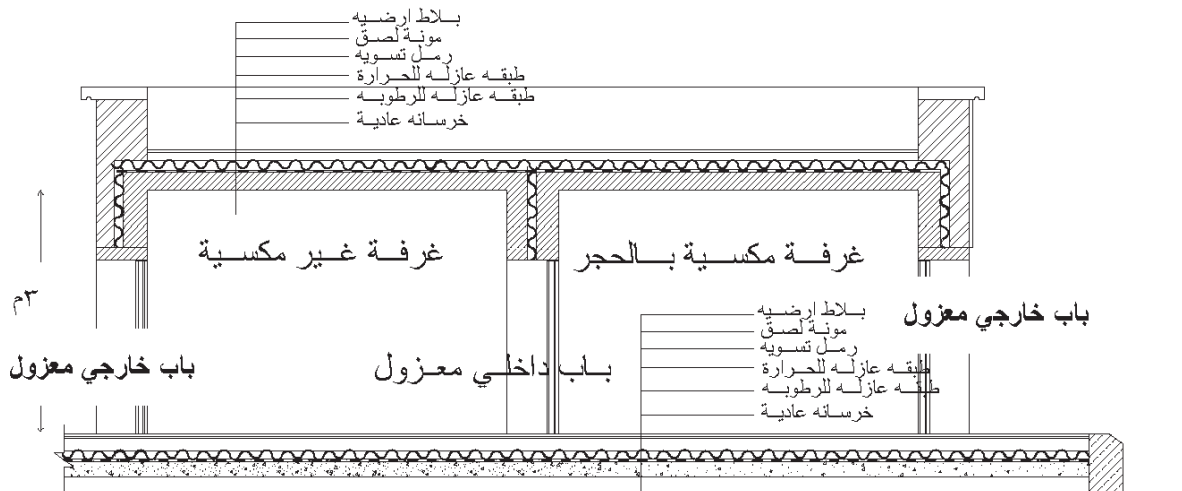
أُستخدمت أجهزة خاصة في إجراء الدراسة ويمكن تصنيفها إلى ما يلي.

أولاً: المجسات الحرارية

تم استخدام عدد ٢ مجس حراري (Thermocouples, type T) لقياس درجة حرارة هواء الغرفتين الاختباريتين. وقد تم عمل تصحيح قراءات للمجسات الحرارية بواسطة الباحثين حيث حصل على



الشكل رقم (٢). مسقط أفقي للغرفتين الاختباريتين المستخدمتين للدراسة في محطة أبحاث كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، الرياض.



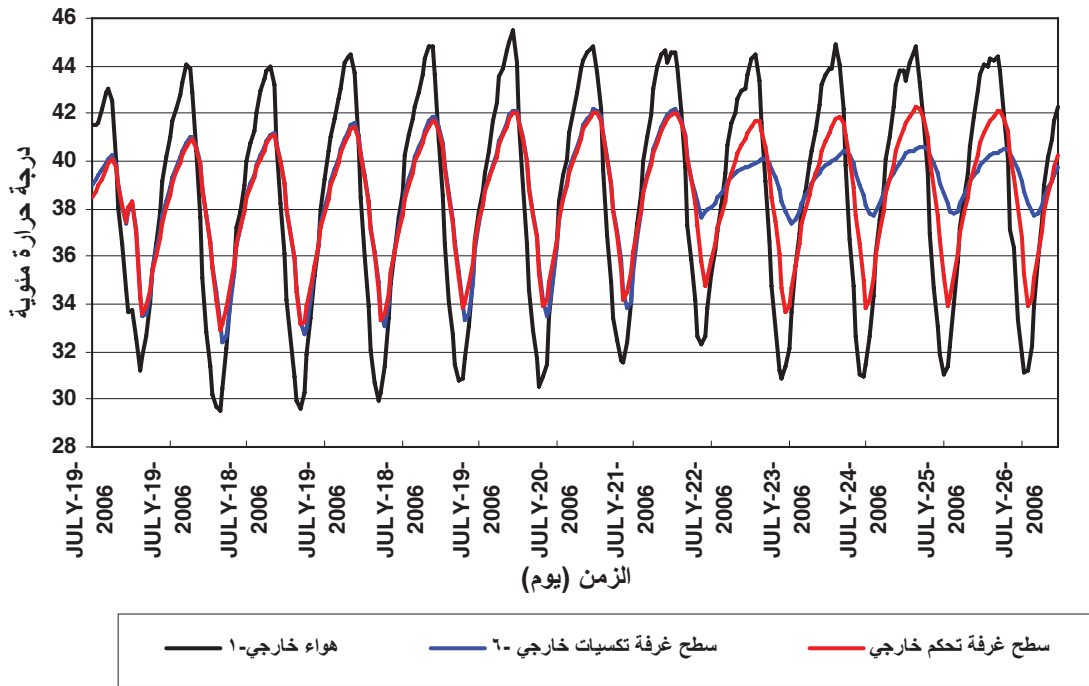
الشكل رقم (٣). قطاع أ-أ للغرفتين الاختباريتين المستخدمتين للدراسة في محطة أبحاث كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، الرياض.

ثالثاً: وحدة حاسب آلي

تم استخدام جهازين من الحاسب آلي، يعملان على برنامج (PC208)، لتشغيل نظام (CR10) ومعالجة القراءات وتخزينها يومياً ومشاهدة رسومات بيانية وقت تسجيل القراءات لجميع أجهزة القياس لأحوال الطقس والمجسات الحرارية. كما استخدم محلل بيانات (Microsoft Excel) لعمل رسومات بيانية وتحليل المعلومات المسجلة. كما تم استخدام برنامج (Origin Lab) لعمل معادلتين للتنبؤ بدرجة حرارة الهواء وسطح الغرفة بمعلومية درجة حرارة الهواء الخارجي.

تحليل المعلومات

علاقة الأداء الحراري للغرفة المعالجة بتكسيات الأحجار والغرفة غير المعالجة قبل وبعد المعالجة للغرفة الأولى
اتضح بالتجربة التطبيقية أن للتكسيات بالأحجار دور فعال في الأداء الحراري لدرجة حرارة الغرفة المعالجة. يوضح الشكل رقم (٤) الأداء الحراري للغرفة المعالجة بتكسيات الأحجار والغرفة غير المعالجة قبل وبعد المعالجة بتكسيات الأحجار (Microsoft Excel Program).



الشكل رقم (٤). الأداء الحراري للغرفة المعالجة والغرفة غير المعالجة قبل وبعد المعالجة للغرفة الأولى للفترة من ١٩ يوليو إلى ٢٦ يوليو

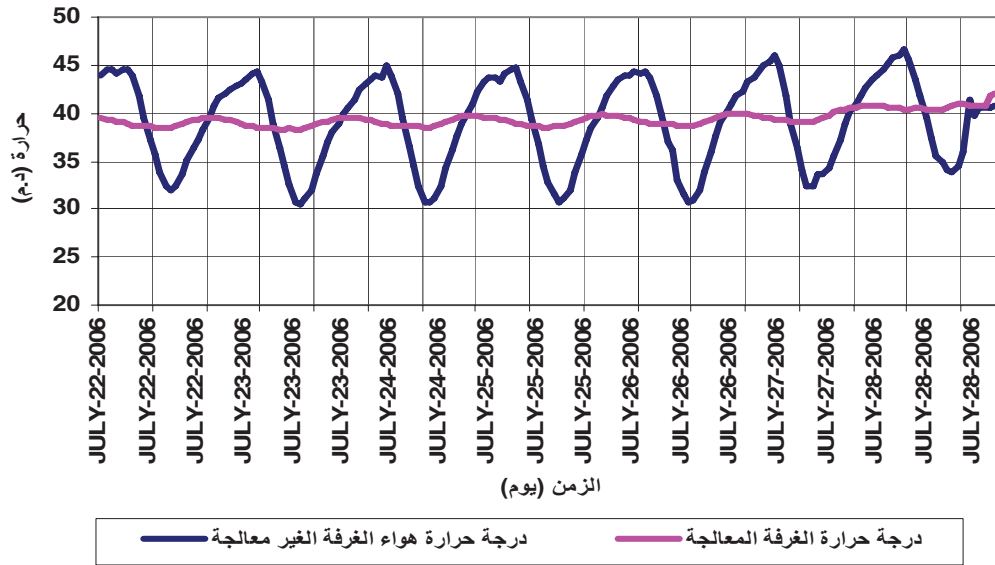
درجة حرارة هواء الغرفة المعالجة والغرفة غير المعالجة. ويوضح الشكل رقم (٥) الأداء الحراري لدرجة حرارة هواء الغرفة المعالجة بتكسيات الأحجار والغرفة غير المعالجة خلال الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٢٨ يوليو ٢٠٠٦م (Microsoft Excel Program)، ويتضح من الشكل أن درجة حرارة الغرفة المعالجة ثابتة التغير حيث تنحصر درجة حرارتها بين ٤٠°م نهاراً إلى ٣٧°م ليلاً أي بفارق ٣°م. لكن على النقيض يتضح التفاوت الكبير لدرجة حرارة الغرفة غير المعالجة والذي ينحصر بين درجة حرارة ٤٧°م نهاراً و ٣١°م ليلاً أي بفارق ١٦°م، حيث يتضح لنا الدور الهام الذي يقوم به الحجر في التغطية كمنظم حراري لدرجة الحرارة ليلاً ونهاراً والذي يتميز بسعة حرارية كبيرة تمنع من دخول كل الحرارة للغرفة. وكنتيجة لذلك يقلل من استهلاك المستخدم للطاقة الكهربائية والمتمثلة في وسائل التبريد والتدفئة صيفاً وشتاءً.

كما يوضح الشكل رقم (٦) الفرق بين درجة حرارة هواء الغرفة المعالجة بتكسيات الأحجار والغرفة غير المعالجة في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٢٨ يوليو ٢٠٠٦م (Microsoft Excel Program)، حيث يتراوح مقدار الفرق ما بين ٨ إلى -٦°م. ويتضح من ذلك الفرق الكبير بين درجة الحرارة للغرفتين وهو دور الحجر كتكسية جيدة.

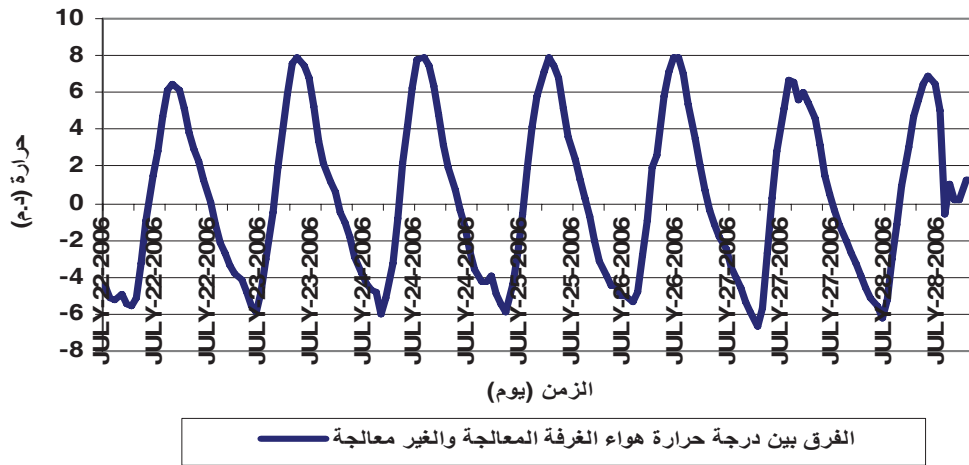
أولاً، فترة ما قبل المعالجة بتكسيات الأحجار وهي الفترة من ١٩ يوليو إلى ٢١ يوليو ٢٠٠٦م، حيث يتضح أن درجة حرارة هواء الغرفة المعالجة تتراوح ما بين ٣٧°م إلى ٤٠°م أي بفارق ٣°م، ودرجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الداخلي تتراوح ما بين ٣٧°م إلى ٤١°م أي بفارق ٤°م، ودرجة حرارة السطح الخارجي للغرفة المعالجة يتراوح ما بين ٣٣°م إلى ٤٢°م أي بفارق ٩°م، ودرجة حرارة الغرفة غير المعالجة تتراوح ما بين ٢٩°م إلى ٤٥°م أي بفارق ١٦°م. كما يوضح الشكل فترة ما بعد التغطية بالأحجار وهي الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م حيث يتضح أن درجة حرارة هواء الغرفة المعالجة يتراوح ما بين ٣٧°م إلى ٣٩°م أي بفارق ٢°م، ودرجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الداخلي يتراوح ما بين ٣٩°م إلى ٤٠.٥°م أي بفارق ١.٥°م، ودرجة حرارة السطح الخارجي للغرفة المعالجة يتراوح ما بين ٣٧.٥°م إلى ٤٢°م أي بفارق ٤.٥°م، كما أن درجة حرارة الغرفة غير المعالجة تتراوح ما بين ٣٦°م إلى ٤٥°م أي بفارق ٩°م.

علاقة درجة حرارة هواء الغرفة المعالجة بتكسيات الأحجار والغرفة غير المعالجة

مما لا شك فيه أن التكسيات الخارجية تعمل على الحد من تسرب الحرارة من خارج المبنى إلى داخله في موسم الصيف، ومن داخله إلى خارجه في موسم الشتاء، حيث ثبت بالتجربة التطبيقية أن هناك فرقاً بين



الشكل رقم (٥). علاقة درجة حرارة الهواء الغرفة المعالجة بتكسيات الأحجار والغرفة غير المعالجة في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٢٨ يوليو ٢٠٠٦م.



الشكل رقم (٦). الفرق بين درجة حرارة الهواء الغرفة المعالجة والغرفة غير المعالجة في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٢٨ يوليو ٢٠٠٦م.

علاقة درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي ودرجة حرارة هواء الغرفة المعالجة

ثبت بالتجربة التطبيقية العزل الحراري الذي حدث للغرفة المعالجة والذي تم باستخدام تكسيات الحجر فيها، وذلك بسبب الفرق الواضح بين درجة حرارة الغرفة المعالجة ودرجة حرارة الهواء الجوي الخارجي، حيث يتضح من الشكل رقم (٧) أن درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي تتراوح ما بين ٢٥°م إلى ٤٩°م أي بفارق ٢٤°م (Microsoft Excel Program).

كما أن درجة حرارة هواء الغرفة المعالجة يتراوح ما بين ٣٨,٥°م إلى ٤٠°م أي بفارق ١,٥°م وذلك خلال الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م. كما يتضح أيضاً الثبات الحراري لدرجة حرارة الغرفة المعالجة وهو الدور الذي يقوم به الحجر كمنظم حراري فيقوم بعمل حالة ثبات واتزان حراري للفراغ الداخلي للغرفة على العكس من التفاوت الكبير لدرجة حرارة الهواء الجوي الخارجي بين الانخفاض والارتفاع في درجة الحرارة.

معادلة التنبؤ بدرجة حرارة هواء الغرفة المعالجة بمعلومية درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي

لاستنتاج معادلة إحصائية للتنبؤ بدرجة حرارة هواء الغرفة المعالجة بمعلومية درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي، فإنه يمكن دراسة العلاقة بين درجة حرارة الغرفة ودرجة حرارة الهواء الجوي الخارجي لقياسات للفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م.

باستخدام برنامج (Origin Lab Program) يوضح الشكل رقم (٨) علاقة درجة حرارة الغرفة المعالجة ودرجة حرارة الهواء الجوي الخارجي. ويتضح أن هذه العلاقة ضعيفة، وهذا يدل على أن درجة حرارة الغرفة لا تتأثر بدرجة حرارة الهواء الجوي الخارجي، وذلك للعزل الحراري الذي قام به الحجر في التغطية. كما تم استنتاج معادلة من برنامج (Origin Lab Program) للتنبؤ بدرجة حرارة الغرفة المعالجة بمعلومية درجة حرارة الهواء الخارجي، وذلك في المعادلة رقم (١) في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م.

$$ص = ٣٧,٥٠ + ٠,٠٤ س \quad (١)$$

حيث أن:

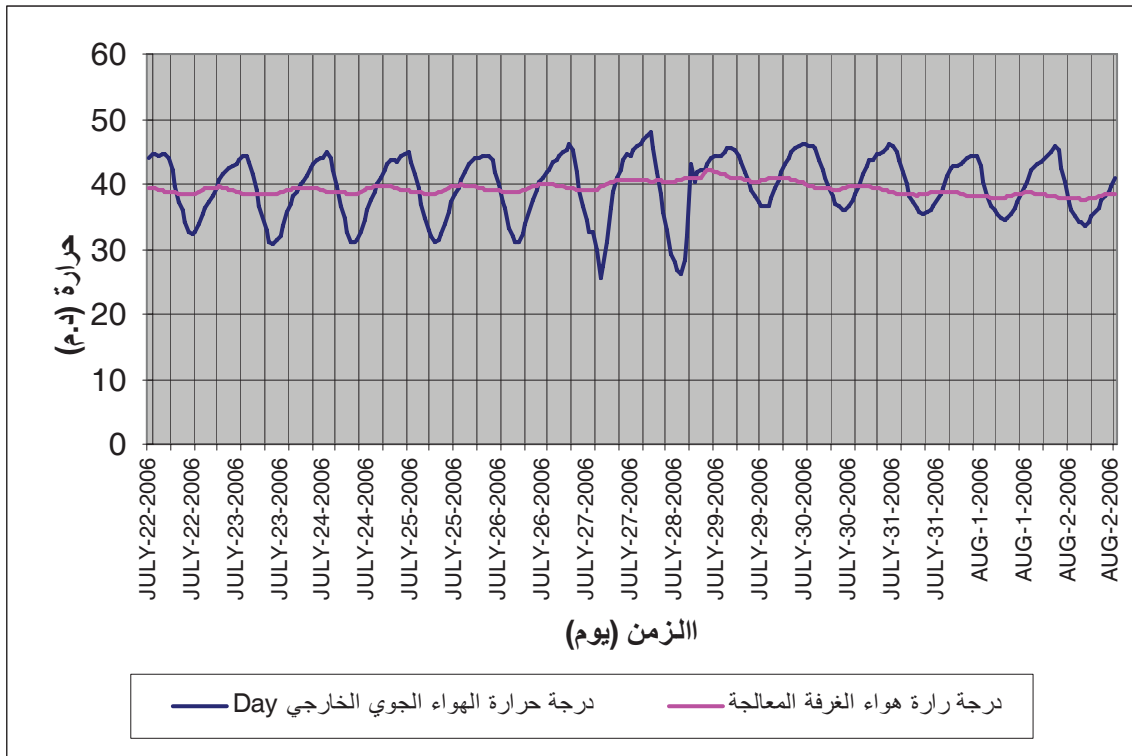
$$ص = \text{درجة حرارة الغرفة المعالجة.}$$

$$٣٧,٥٠ = \text{قيمة ثابتة للمعادلة.}$$

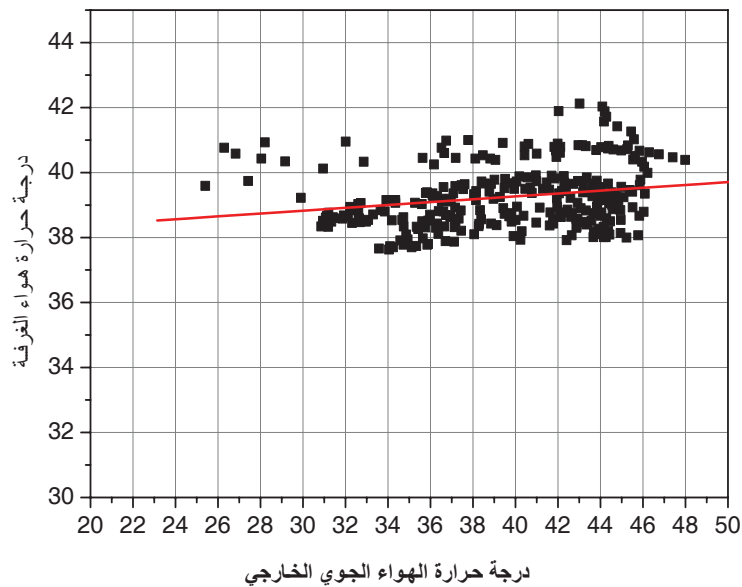
$$٠,٠٤ = \text{معامل ضرب لقيمة س.}$$

$$س = \text{درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي.}$$

علماً بأن قيمة الانحدار المعياري (R) = ٠,٢٢ ، وقيمة الانحراف المعياري (SD) = ٠,٩٢ .



الشكل رقم (٧). علاقة درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي ودرجة حرارة الهواء الداخلي للغرفة المعالجة في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م.



الشكل رقم (٨). علاقة درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي ودرجة حرارة الغرفة المعالجة في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م.

المستخدم بالحوائط كمخزن حراري يخزن الحرارة العالية على مدار اليوم داخل الغرفة غير المعالجة ، مما يؤدي لارتفاع درجة حرارتها.

كما يوضح الشكل رقم (١٢) الفرق بين درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي ودرجة حرارة الغرفة غير المعالجة في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٢٧ يوليو ٢٠٠٦م ، حيث اتضح أن مقدار الفرق يتراوح ما بين ٠,٤ إلى -٠,١م.

علاقة درجة حرارة السطح الخارجي والداخلي للغرفة المعالجة

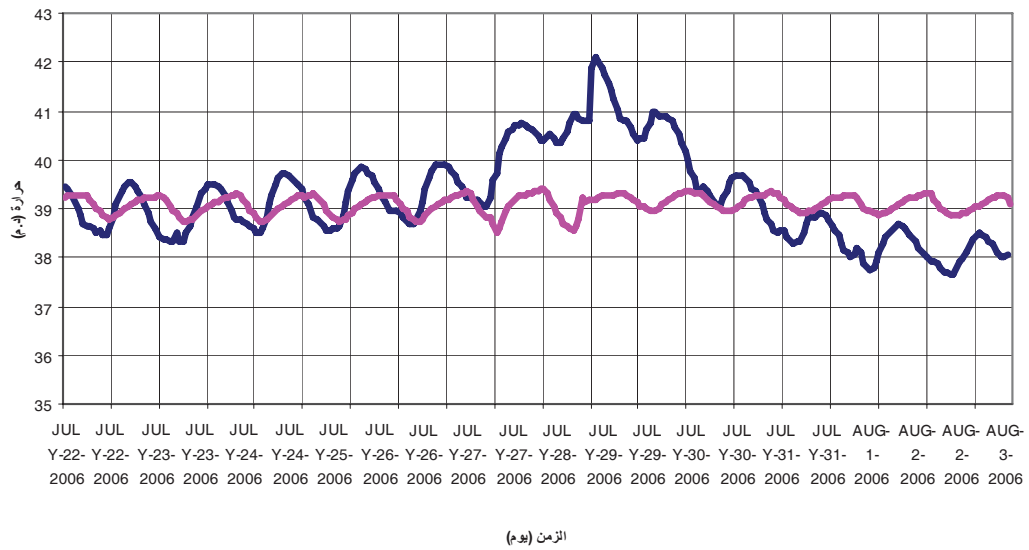
يوضح الشكل رقم (١٣) الأداء الحراري لدرجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الخارجي والداخلي خلال الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م (Microsoft Excel Program) ، حيث يتضح من الشكل أن التغير في درجة حرارة سطح الغرفة الداخلي يتميز بالتغير الثابت في درجة الحرارة ، بينما نلاحظ التغير الكبير والمتفاوت في درجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الخارجي. وتؤيد هذه النتيجة الاستنتاجات السابقة بدور الحجر في تنظيم درجة حرارة الغرفة ليلاً ونهاراً على العكس من درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي.

لاختبار مدى صلاحية المعادلة الإحصائية رقم (١) المقترحة في هذه الدراسة للتنبؤ بدرجة حرارة الغرفة المعالجة بمعلومية درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي خلال قياسات الأداء الحراري في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ، يوضح الشكل رقم (٩) منحنيًا درجة حرارة الغرفة المعالجة المحسوبة بواسطة المعادلة والمقاسة (Microsoft Excel Program). ويلاحظ أن المنحنيين غير متطابقين مما يؤكد عدم تأثير حرارة الغرفة المعالجة بالهواء الخارجي لفاعلية استخدام الأحجار في التكسية.

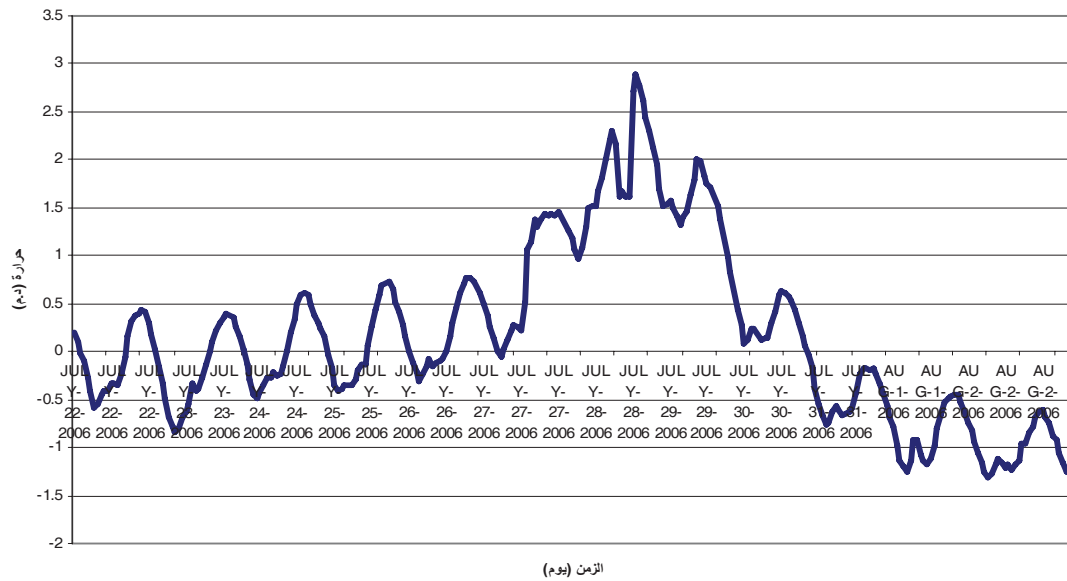
كما يوضح الشكل رقم (١٠) الفرق بين درجة حرارة الهواء الداخلي للغرفة المعالجة المقاسة بالمجسات الحرارية للتجربة ودرجة الحرارة المحسوبة من خلال المعادلة رقم (١) في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م (Microsoft Excel Program) ، حيث يتراوح مقدار الفرق (مقدار خطأ المعادلة المستنتجة) ما بين ٣ إلى -١,٣م.

علاقة درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي ودرجة حرارة الغرفة غير المعالجة

اتضح من التجربة التطبيقية أن درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي ودرجة حرارة هواء الغرفة غير المعالجة متقاربتين جداً ، كما هو موضح بالشكل رقم (١١). ويرجع سبب ذلك لما يقوم به البلوك الإسمنتي

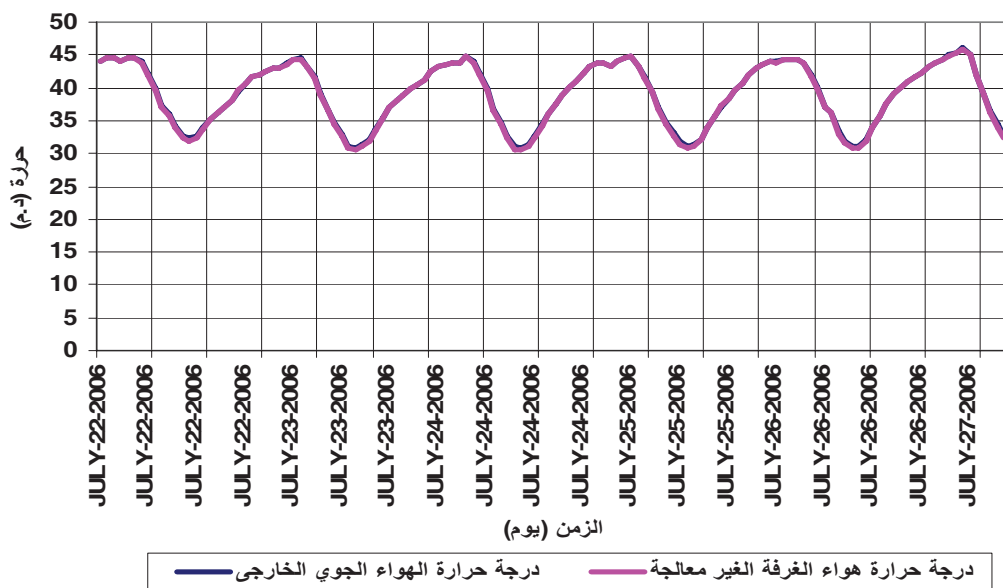


الشكل رقم (٩). علاقة درجة حرارة الهواء الداخلي للغرفة المعالجة المقاسة والمحسوبة بالمعادلة المستنتجة خلال الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٧م.

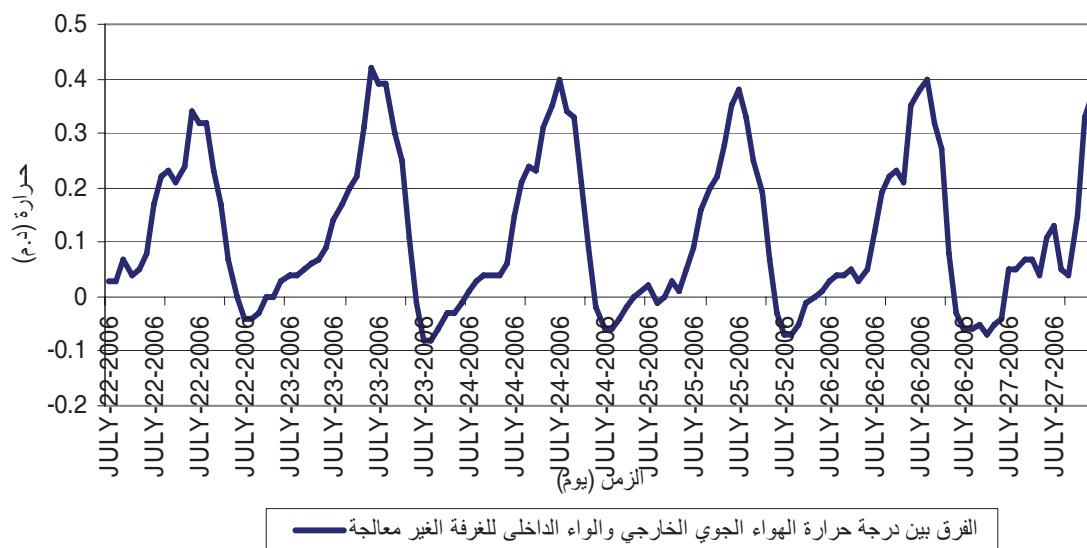


الشكل رقم (١٠). الفرق بين درجة حرارة الهواء الداخلي للغرفة المعالجة المقاسة والمحسوبة بالمعادلة في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م.

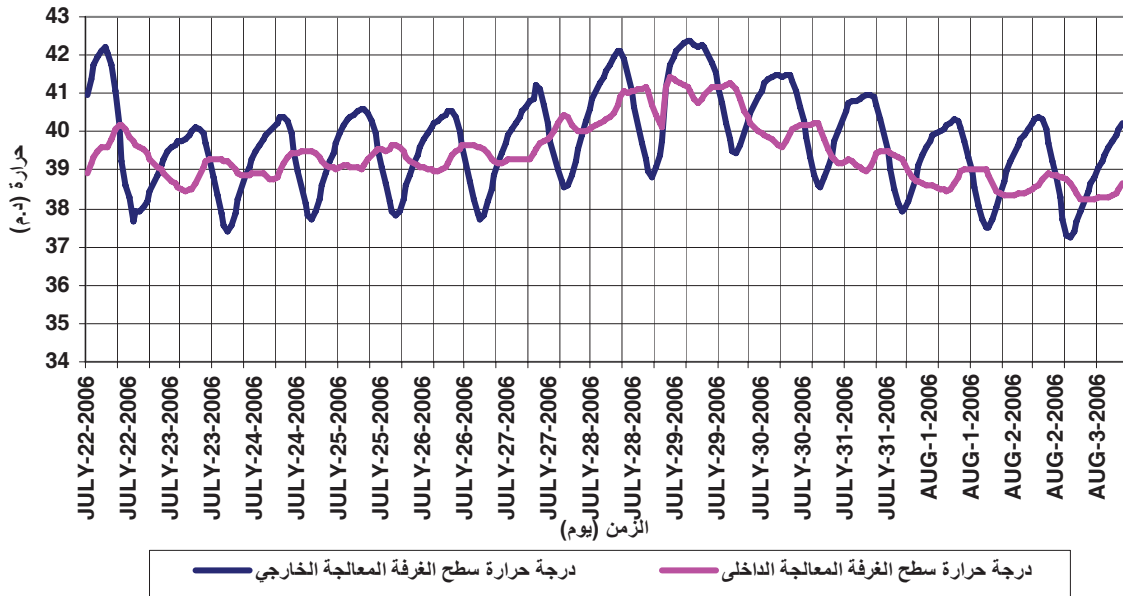
ناصر الحمدي، وغازي العباسي: التنبؤ عن أثر التكسيات الخارجية على الأداء الحراري ...



الشكل رقم (١١). علاقة درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي ودرجة حرارة هواء الغرفة غير المعالجة في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م.



الشكل رقم (١٢). الفرق بين درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي ودرجة حرارة هواء الغرفة غير المعالجة في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٢٧ يوليو ٢٠٠٦م.



الشكل رقم (١٣). علاقة درجة حرارة السطح الخارجى والداخلى للغرفة المعالجة خلال الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م.

معادلة التنبؤ بدرجة حرارة سطح الغرفة المعالجة
الداخلى بمعلومية درجة حرارة السطح الخارجى
للغرفة

$$(٢) \quad \text{ص} = ٢٩,٠٦ + ٠,٢٦ \text{ س}$$

حيث أن:

$$\text{ص} = \text{درجة حرارة سطح الغرفة الداخلى.}$$

$$٢٩,٠٦ = \text{قيمة ثابتة للمعادلة.}$$

$$٠,٢٦ = \text{معامل ضرب لقيمة س.}$$

$$\text{س} = \text{درجة حرارة سطح الغرفة المعالجة}$$

الخارجى.

لاستنتاج معادلة إحصائية للتنبؤ بدرجة حرارة
سطح الغرفة المعالجة الداخلى بمعلومية درجة حرارة
سطح الغرفة الخارجى، فإنه يمكن دراسة العلاقة بين
درجة حرارة سطح الغرفة الداخلى والخارجى لقياسات
للفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م باستخدام
برنامج (Origin Lab Program)، حيث يوضح الشكل
رقم (١٤) علاقة درجة حرارة سطح الغرفة المعالجة
الداخلى والخارجى.

كما تم استنتاج معادلة من برنامج

(Origin Lab Program) للتنبؤ بدرجة حرارة سطح

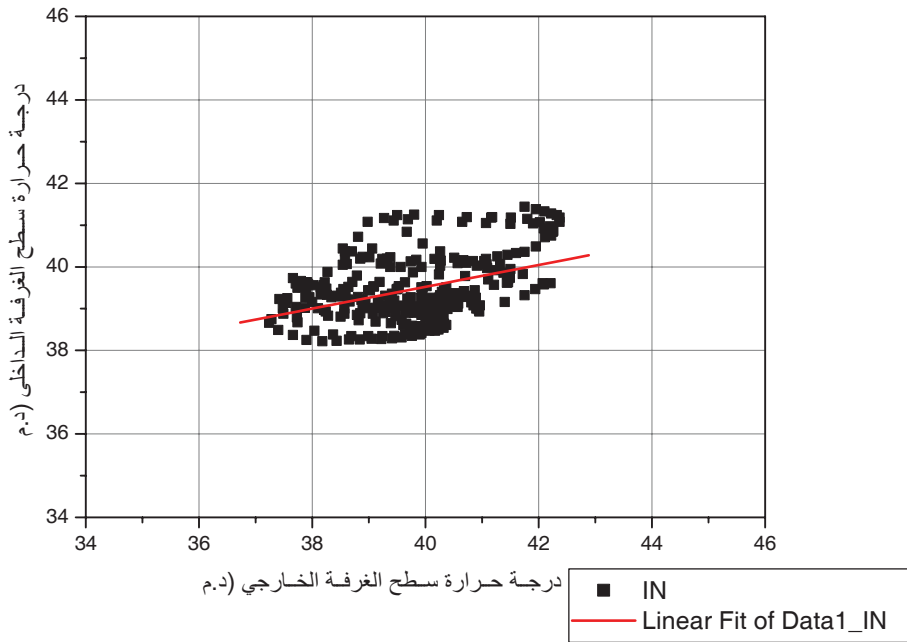
الغرفة المعالجة الداخلى بمعلومية درجة حرارة سطح

علماً بأن قيمة الانحدار المعيارى (R) = ٠,٤٠ وقيمة

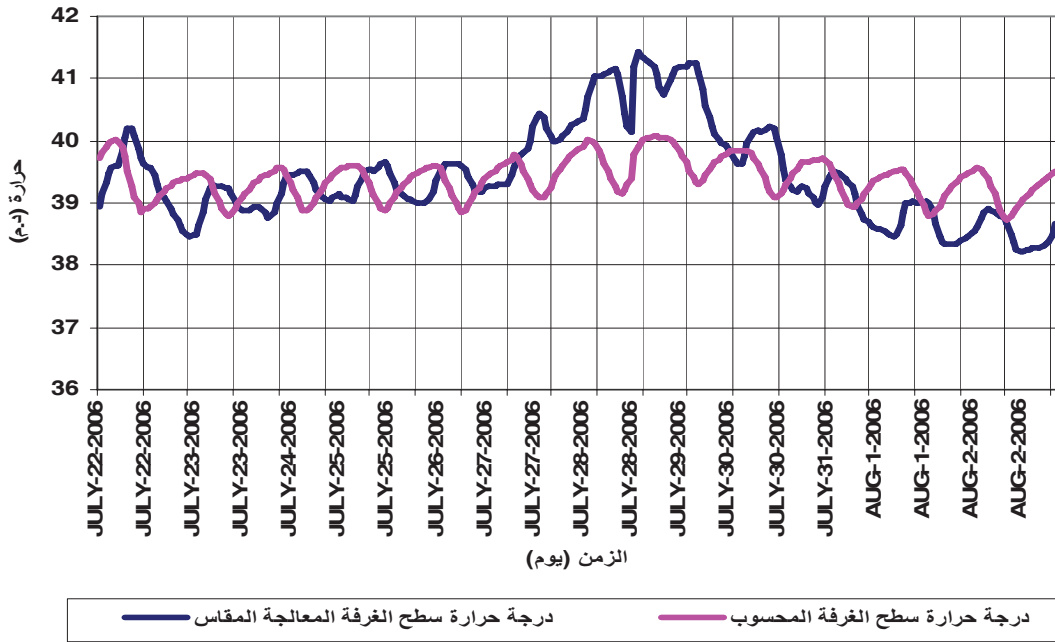
الانحراف المعيارى (SD) = ٠,٧١.

منحنياً درجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الداخلي المحسوبة والمقاسة بواسطة المعادلة، كما يوضح الشكل رقم (١٦) الفرق بين درجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الداخلي المقاس بالمجسات الحرارية للتجربة والمحسوب من خلال المعادلة رقم (٢)، حيث يتراوح مقدار الفرق (مقدار الخطأ للمعادلة المستنتجة) ما بين ١,٩ إلى ١-°م (Origin Lab Program).

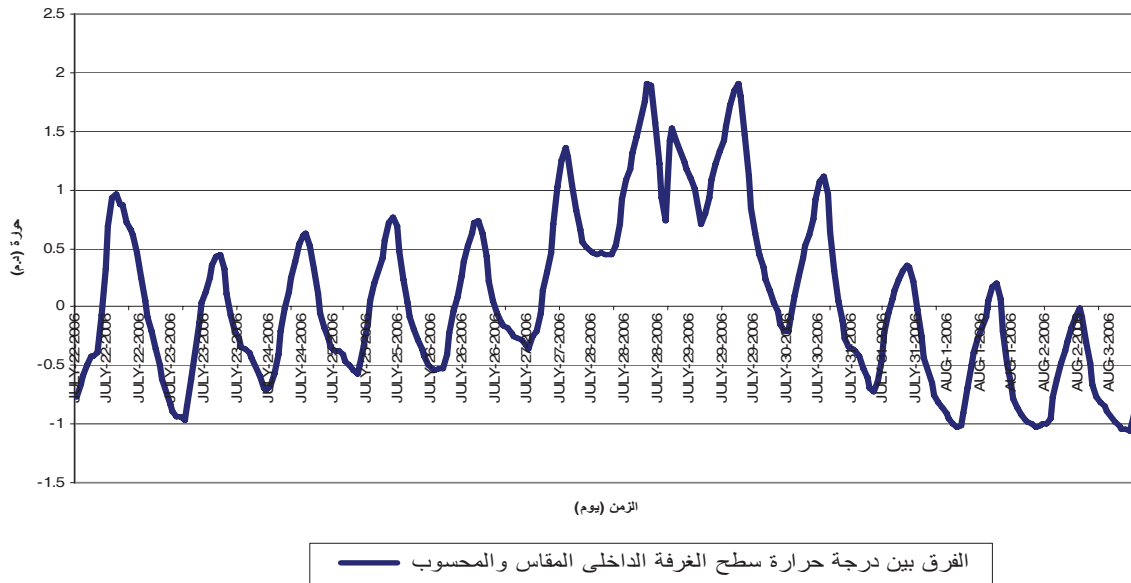
ولتطبيق هذه المعادلة حدود، فيجب ترتيب مواد البناء كما هو موضح بالشكل رقم (٢)، وأن يكون باب ونافذة الغرفة مغلقان ومعزولان. ولاختبار مدى صلاحية المعادلة الإحصائية رقم (٢) المقترحة في هذه الدراسة للتنبؤ بدرجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الداخلي بمعلومية درجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الخارجي خلال قياسات الأداء الحراري في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس، يوضح الشكل رقم (١٥)



الشكل رقم (١٤). العلاقة بين درجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الداخلي والخارجي خلال الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م.



الشكل رقم (١٥). علاقة درجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الداخلي المقاسة والمحسوبة بالمعادلة المستنتجة خلال الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٧م.



الشكل رقم (١٦). الفرق بين درجة حرارة الهواء الداخلي للغرفة المعالجة المقاسة والمحسوبة بالمعادلة في الفترة من ٢٢ يوليو إلى ٣ أغسطس ٢٠٠٦م.

الاستنتاجات

(٢) مما لا شك فيه، أن التكسيات الخارجية تعمل على

الحد من تسرب الحرارة من خارج المبنى إلى داخله في موسم الصيف، ومن داخله إلى خارجه في موسم الشتاء، فقد ثبت بالتجربة التطبيقية أن هناك فرقاً بين درجة حرارة هواء الغرفة المعالجة والغرفة غير المعالجة.

(٣) اتضح من الدراسة الدور الهام الذي يقوم به الحجر في التكسية كمنظم حراري لدرجة الحرارة ليلاً ونهاراً والذي يتميز بسعة حرارية كبيرة تمنع من دخول كل الحرارة للغرفة. وكتيجة لذلك يقلل من استهلاك المستخدم للطاقة الكهربائية والمتمثلة في وسائل التبريد والتدفئة صيفاً وشتاءً.

(٤) ثبت بالتجربة التطبيقية العزل الحراري الذي حدث للغرفة المعالجة والتي تم استخدام تكسيات الحجر فيها وذلك بسبب الفرق الواضح بين درجة حرارة الغرفة المعالجة ودرجة حرارة الهواء الجوي الخارجي. يتضح من التجربة التطبيقية التقارب بين درجة حرارة الغرفة غير المعالجة ودرجة حرارة الهواء الجوي الخارجي.

(٦) ثبت بالتجربة التطبيقية أن التغير في درجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الداخلي يتميز بالتغير الثابت في درجة الحرارة، بينما نلاحظ التغير الكبير والمتفاوت في درجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الخارجي. ويؤيد هذه النتيجة الاستنتاجات السابقة بدور الحجر

تبيّن في هذه الدراسة أهمية استخدام التكسيات بالحجر الطبيعي الذي يعمل كمنظم حراري فيقوم بعمل حالة ثبات واتزان حراري للفراغ الداخلي للمبنى يساعد على خفض درجة حرارة سطح المبنى، حيث تم استنتاج ما يلي:

(١) اتضح بالتجربة التطبيقية أن للتكسيات بالأحجار دور فعال في الأداء الحراري لدرجة حرارة الغرفة المعالجة. ففي فترة ما قبل المعالجة بتكسيات الأحجار وهي الفترة ما بين ١٩ يوليو إلى ٢١ يوليو ٢٠٠٦م، يتضح أن في فترة ما قبل المعالجة، درجة حرارة هواء الغرفة المعالجة تتراوح ما بين ٣٧°م إلى ٤٠°م أي بفارق ٣°م، ودرجة حرارة سطح الغرفة المعالجة الداخلي تتراوح ما بين ٣٧°م إلى ٤١°م أي بفارق ٩°م، ودرجة حرارة الغرفة غير المعالجة تتراوح ما بين ٢٩°م إلى ٤٥°م أي بفارق ١٦°م. بينما فترة ما بعد المعالجة، درجة حرارة هواء الغرفة المعالجة يتراوح ما بين ٣٧°م إلى ٣٩°م أي بفارق ٢°م، ودرجة حرارة السطح الداخلي للغرفة المعالجة يتراوح ما بين ٣٩°م إلى ٤٠,٥°م أي بفارق ١,٥°م، ودرجة حرارة السطح الخارجي للغرفة المعالجة يتراوح ما بين ٣٧,٥°م إلى ٤٢°م أي بفارق ٤,٥°م، كما أن درجة حرارة الغرفة غير المعالجة تتراوح ما بين ٣٦°م إلى ٤٥°م أي بفارق ٩°م.

$$\text{ص} = ٢٩,٠٦ + ٠,٢٦ \text{ س}$$

حيث أن:

$$\text{ص} = \text{درجة حرارة سطح الغرفة الداخلي.}$$

$$٢٩,٠٦ = \text{قيمة ثابتة للمعادلة.}$$

$$٠,٢٦ = \text{معامل ضرب لقيمة س.}$$

$$\text{س} = \text{درجة حرارة سطح الغرفة المعالجة}$$

الخارجي.

علماً بأن قيمة الانحدار المعياري (R) = ٠,٤٠

وقيمة الانحراف المعياري (SD) = ٠,٧١.

التوصيات

يوصى بتطبيق استخدام الحجر في التكسيات الخارجية للواجهات، حيث أظهرت نتائج الدراسة الدور الإيجابي والفعال الذي يقوم به الحجر في أعمال التكسيات.

ويوصى أيضاً بعمل المزيد من الدراسات التطبيقية على المباني، بحيث يستخدم فيها التكسيات بأنواعها المختلفة غير المستخدمة في هذه الدراسة. كما يجب أن لا تقتصر تلك الدراسات على النواحي الحرارية بل يمكن التطرق بمزيد من الدراسات الخاصة بالنواحي الاقتصادية.

في تنظيم درجة حرارة الغرفة ليلاً ونهاراً على العكس من درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي.

(٧) تم استنتاج معادلة من برنامج (Origin Lab

Program)، بالاستعانة بالقراءات التي تم تسجيلها

من خلال التجربة للتنبؤ بدرجة حرارة الغرفة

المعالجة بتكسيات الأحجار بمعلومية درجة حرارة

الهواء الجوي الخارجي:

$$\text{ص} = ٣٧,٥٠ + ٠,٠٤ \text{ س}$$

حيث أن:

$$\text{ص} = \text{درجة حرارة الغرفة المعالجة.}$$

$$٣٧,٥٠ = \text{قيمة ثابتة للمعادلة.}$$

$$٠,٠٤ = \text{معامل ضرب لقيمة س.}$$

$$\text{س} = \text{درجة حرارة الهواء الجوي الخارجي.}$$

علماً بأن قيمة الانحدار المعياري (R) = ٠,٢٢،

وقيمة الانحراف المعياري (SD) = ٠,٩٢، ويتراوح

مقدار الفرق (مقدار خطأ المعادلة المستنتجة) ما بين

٣ إلى ١,٣°م.

(٨) تم استنتاج معادلة من برنامج (Origin Lab

Program)، للتنبؤ بدرجة حرارة سطح الغرفة المعالجة

الداخلي، بمعلومية درجة حرارة سطح الغرفة

الخارجي المعالج بتكسيات الأحجار:

الخاتمة

لقد برهنت هذه الدراسة أن المباني المغلفة بمواد تكسيات الأحجار تحسن عملية العزل الحراري للمباني وتقلل من ارتفاع درجة الحرارة الهواء الداخلي للمبنى، عندما تشتد درجة حرارة الهواء الخارجي المحيطة. ويقودنا ذلك إلى أهمية استخدام مواد التكسيات بمختلف أنواعها. وهنا تتأكد الحاجة إلى المزيد من الدراسات التطبيقية التي تهدف إلى وصول درجات الحرارة داخل المباني في نطاق الراحة الحرارية للإنسان.

شكر وتقدير

يشكر الباحثان مركز البحوث على تمويل البحث وتسجيله لدى المركز برقم (٢٧/١٢)، كما يشكر الباحثان المهندس / هيثم هشام الدين هاشم على قيامه بعمل الجزء الخاص بتحليل بيانات التجربة، ومراجعة وطباعة البحث.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

بركات، الحاج حسين. "نظام التحكم بالأحمال القصوى". ندوة ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في المباني، الشركة السعودية الموحدة للكهرباء بالمنطقة الوسطى، الرياض، المملكة العربية السعودية، (٧-٨ ربيع الثاني ١٤١٠هـ)، ص ١.

التويجري، عبدالرحمن بن عبدالمحسن. "جهود وزارة الصناعة والكهرباء في مجال ترشيد الاستهلاك وإدارة الأحمال الكهربائية والتتائج التي تم تحقيقها على مستوى المملكة العربية السعودية". ورشة عمل ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية وإدارة الأحمال، الرياض، المملكة العربية السعودية، (٢٩ ذي الحجة ١٤١٧هـ إلى غرة محرم ١٤١٨هـ).

جامع، محمد القاسم. "اقتصاديات تطبيق طرق ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية للمنتج". ندوة ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في المباني، الشركة السعودية الموحدة للكهرباء بالمنطقة الوسطى، الرياض، المملكة العربية السعودية، (٧-٨ ربيع الثاني ١٤١٠هـ)، ص ٦.

الحمدي، ناصر والعباسي، غازي. "التكسيات الخارجية كعازل حراري للمباني في المناخ الصحراوي في المملكة". ندوة العزل الحراري وأهميته تطبيقه في دول مجلس التعاون الخليج العربية، الرياض، المملكة العربية السعودية، (٢٥-٢٧ صفر ١٤٢٥هـ).

الراشد، سعود عبدالمحسن. "مفاهيم ونظم وأسباب ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية". ندوة ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في المباني، الشركة السعودية الموحدة للكهرباء بالمنطقة الوسطى، الرياض، المملكة العربية السعودية، (٧-٨ ربيع الثاني ١٤١٠هـ)، ص ١-١١.

المقرن، خالد بن عبدالله. "مدخل لترشيد استهلاك المباني للطاقة الكهربائية في مدينة الرياض". مجلة جامعة الملك سعود (العمارة والتخطيط)، م٦، (١٤١٤هـ - ١٩٩٤م)، ٢٩-٤٨.

منتدى مستشارك للبناء. "مواصفات حجر البناء". <http://www.homekw.com/bet/showthread.php?t=1518> (١٤٢٨هـ - ٢٠٠٧م).

منتديات معماري. "تكسيات الواجهات الخارجية بالحجر، مواد البناء (الحجر)". <http://m3mare.com/vb/showthread.php?t=3186> (١٤٢٨هـ - ٢٠٠٧م).

ثانياً: المراجع الأجنبية

Microsoft Excel Program.

Origin Lab Program.

الشركة السعودية الموحدة للكهرباء. معلومات متفرقة. ١٤٢٢هـ.

صالح، محمد بن عبدالله. "مقارنة الأداء الحراري لمباني الطوب الفخاري المفرغ مع الطوب الإسمنتي في المنطقة الحارة الجافة من المملكة العربية السعودية". مجلة جامعة الملك سعود (العمارة والتخطيط)، م٤، (١٤١٢هـ - ١٩٩٢م)، ٩٣-١٤٢.

مصلحة الأرصاد وحماية البيئة. التقرير البيئي السنوي. جدة، (١٤٠٠هـ) (١٩٧٩م).

مصلحة الأرصاد وحماية البيئة. معلومات عن أحوال الطقس وبيئة مدينة الرياض. جدة، المملكة العربية السعودية: مركز المعلومات والوثائق العلمية، وزارة الدفاع والطيران، (١٤١٥هـ).
المقرن، خالد بن عبدالله. "العزل الحراري للمباني" مجلة المهندس، م٢، ع(١)، (١٤٠٩هـ).

The Prediction of Impact of External Facades on the Thermal Performance of Buildings in Riyadh

Nasser Al-Hemiddi and Gazi Al-Abaci

*Dept. of Architecture and Building Sciences,
College of Architecture and Planning, King Saud University,
Riyadh, Saudi Arabia
gazi@ksu.edu.sa, dr_n_hemiddi@yahoo.com*

(Received 5/4/1428H.; accepted for publication 21/5/1430H.)

Keywords: Stone facades, Hot dry regions, Protect buildings facades.

Abstract. This study focuses on the prediction of the impact of natural stone of the external facades on the thermal performance of buildings in hot dry regions in Saudi Arabia with focus on Riyadh. The objectives of the study is to know the effect of building facades protection by using natural stones specially the western elevations in order to minimize the energy gain from the direct solar radiation and lower the energy consumption for cooling and heating demands as well as providing thermal comfort for inhabitants inside buildings. The study includes a comparison of the thermal performance of the building before and after placing the natural stone facades. The experiment was conducted in summer 2006 in the research station at the College of Architecture and Planning, King Saud University. The data of the air inside temperature and outside surface temperature were collected and analyzed. Statistical formulae were formulated to predict the internal surface as a function of the outside surface temperature. The study concludes that the natural stone facades help lower the surface temperature of the western external facades. It was found that if the outside temperature fluctuate between 49°C and 25°C or daily range 24°C, the treated room temperature fluctuate between 40°C and 38°C or daily range 1.5°C. This study further includes architecture recommendation for natural stone facades as a protection tool and an effective thermal insulation for buildings in hot dry regions.