



أثر العوازل الحرارية في الحوائط على الأداء الحراري للمباني في مدينة الرياض

منصور بن عبدالعزيز الجديد و ناصر بن عبدالرحمن الحمدي
قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود،
الرياض، المملكة العربية السعودية

ABSTRACT

This applied study focuses on evaluating the effectiveness of several thermal insulators on the thermal performance of buildings in the city of Riyadh in the central region of Saudi Arabia. Typical models equipped with different types of thermal insulators in their walls were used in this study. The experiment was conducted at the Research Station of the College of Architecture and Planning on King Saud University Campus in Riyadh. The study aims to know the effect of a number of modern artificial insulation materials commonly used in the insulation of buildings in the Kingdom as well as some natural materials available at construction sites on the thermal performance of buildings. The study used a number of thermal insulators manufactured and commonly used in the city of Riyadh, such as glass wool, perlite and polystyrene. A number of cheap natural materials well known in the traditional architecture of their good thermal properties and available on most construction sites or near them such as mud, sand and mixture of these two materials were also examined. The experiment was conducted in the winter season and the summer season of the same year, where readings were taken for the months of December and August to represent the two seasons respectively. Readings of indoor air temperatures were collected and analyzed and presented. The results of the study concluded that the use of a mixture of sand and mud is effective when used in the insulation of the external double walls. It was also revealed that the rest of the artificial and natural insulation materials used in the experiment were very close in their performance. The study concludes with some appropriate architectural recommendations for the possibility of using the mixture of soil and sand to achieve acceptable thermal insulation as well as economical benefits for buildings in the city of Riyadh and similar areas of the desert climates.

المخلص:

تهدف هذه الدراسة التطبيقية إلى تقييم أثر العوازل الحرارية على الأداء الحراري للمباني في مدينة الرياض وسط المملكة العربية السعودية باستخدام مباني نموذجية مزودة بأنواع مختلفة من العوازل الحرارية في حوائطها الخارجية. وقد تم إجراء التجربة التطبيقية في محطة أبحاث كلية العمارة والتخطيط ضمن المدينة الجامعية لجامعة الملك سعود بالرياض. وتوكلت الدراسة على بيان أثر عدد من مواد العزل الصناعية الحديثة الشائع استعمالها في عزل المباني بالمملكة وكذلك بعض المواد الطبيعية المتوفرة بمواقع التنفيذ على الأداء الحراري للمباني. وقد شملت الدراسة عددا من العوازل الحرارية المصنعة والشائع استخدامها في مدينة الرياض كالصوف الزجاجي والبرلايت والبولستيرين وكذلك عددا من المواد الطبيعية رخيصة الثمن والمتوفرة في معظم مواقع التنفيذ أو بالقرب منها والتي أستخدمت في نظم البناء التقليدية وأشتهر عند الكثيرين خصائصها الحرارية الجيدة كالطين والرمل والمخلوط من هاتين المادتين. وقد أجريت التجربة في موسم الشتاء وموسم الصيف من نفس العام حيث أخذت القراءات لشهري ديسمبر وأغسطس لتمثيل الموسمين على التوالي. وقد تم جمع قراءات لدرجات حرارة الهواء داخل الغرف، كما تم تحليلها وعرضها على هيئة رسومات بيانية. وخلصت نتائج الدراسة بأن استخدام مخلوط مادتي التراب الرمل يعتبر ذو فاعلية جيدة عندما يتم استخدامه في عزل الحوائط الخارجية المزدوجة. كما أتضح بأن بقية مواد العزل الصناعية منها والطبيعية المستخدمة في التجربة كانت متقاربة في الأداء إلى حد كبير. ويختتم البحث بعرض بعض التوصيات المعمارية المناسبة لإمكانية استخدام مادة مخلوط

التراب والرمل في تحقيق عزل حراري مقبول واقتصادي للمباني في مدينة الرياض وما يشابهها من المناطق ذات المناخ الصحراوي في المملكة العربية السعودية وغيرها.

١. المقدمة:

أن توظيف المواد الطبيعية لحماية الإنسان وراحته من تقلبات الجو داخل مسكنه وخاصة في المناطق الحارة، قد عرف منذ القدم. وقد تم الاستفادة من تلك المواد وبكفاءة عالية في العمارة التقليدية خاصة في المناطق ذات المناخ الحار. فقد استخدمت الكهوف داخل الجبال وباطن الأرض والحوائط السميكة المبنية من الطين والحجر لإيجاد مساكن ملائمة لعيش الإنسان في بيئته الطبيعية.

ولقد شاع استخدام الطين كمادة للبناء في معظم بلاد العالم خصوصاً في المستوطنات العمرانية التي تقع بالقرب من بطون الأودية ومجاري الأنهار وفي سفوح الجبال ووسط الواحات وغيرها من المناطق التي تتوفر فيها التربة المناسبة. فمنذ أن استقر الجنس البشري في المستوطنات القروية قبل ما يقرب من 10000 سنة، كان الطين من أبرز المواد التي استخدمها الإنسان في بناء المأوى الذي يحميه من المؤثرات البيئية المختلفة ومن الحيوانات المفترسة وهجمات الأعداء وغيرها [1]. لقد كانت مادة الطين في العصور القديمة تستعمل على نطاق واسع في حضارات ما بين النهرين وفي مصر وفي وقت لاحق استعملها الرومان وشعوب الشرق الأوسط والهند وأباطرة الصين. وخلال العصور الوسطى كان البناء بالطين لا يمارس في أوروبا فحسب بل كان يمارس أيضاً في أمريكا الشمالية من قبل الهنود وفي المكسيك وفي منطقة جبال الانديز. وكان هذا الفن المعماري يمارس في حضارات متنوعة بأفريقيا مثل حضارات البربر والهوسا وغيرهما. وفي الوقت الحاضر لا يزال يعيش أكثر من ثلث سكان العالم في مساكن طينية [2].

وعلى أي حال فإن البقايا الأثرية للعديد من المدن والقرى في المناطق المختلفة من العالم لهي خير شاهد على ما كانت تحظى به هذه المادة من أهمية في بناء تلك المستوطنات. وقد كان للميزات العديدة لمادة الطين كرخص ثمنها ووفرته إلى غير ذلك من الميزات والتي من أبرزها خصائصها الحرارية دور كبير في انتشارها واستخدامها في البناء على نطاق العالم. وقد وجد أن هناك ما يزيد على اثنتي عشرة طريقة مختلفة للبناء بهذه المادة تتراوح من البناء بالطوب الطيني المجفف بالشمس إلى طريقة الحفر في التربة أو الإكساء بها.

وقد لوحظ أن هناك علاقة وثيقة بين التوزيع العالمي للعمارة المحفورة في التربة وعوامل المناخ وأنواع التربة. وغالباً ما يتم حفر مواقع في التربة اللينة والرواسب الطفلية أو الحمم المسامية في المناطق ذات المناخ الحار الجاف. حيث عثر على مساكن تحت الأرض في الرواسب الطفلية في الصين وفي الصحراء التونسية. ويوفر البيت المحفور في التربة الحماية من الحرارة اليومية ويخفف الفرق بين درجات حرارة الليل وحرارة النهار بسبب تأثير العازل وحرارة التربة [3]. ومن الأمثلة الجيدة، التي تعكس إمكانية الاستفادة من خصائص باطن الأرض كمادة عازلة للحرارة، المساكن التي تم تشييدها في صحراء تونس حيث يتكون المسكن من فناء مكشوف يحيط به غرف محفورة في الأرض. لقد أثبتت الدراسات أن درجة الحرارة داخل الغرف كانت حوالي 27°م عندما كانت درجة الحرارة الخارجية 49°م في فترة الصيف [4].

ولا تزال تحتفظ البلاد العربية بشواهد عدة لأولى المدن التاريخية التي شيدت كلياً بالتربة الطبيعية. ولعل من الأمثلة المعروفة في هذا الشأن المدن العربية الرائعة المشيدة بالطين كمدینتي شبام وصعدة في اليمن ومدينة مراكش في المغرب ومدينة أدرار في الجزائر ومدينة غدامس في ليبيا وحلب في سوريا إلى غير ذلك. ولعل بعض المدن السعودية كحائل ونجران والهفوف والدرعية والرياض دليل آخر على ذلك إذ كان البناء في تلك المدن إلى قبل عقود قليلة يقوم أساساً على مادة الطين [5]. وقد كَيف سكان مدينة الرياض أوضاعهم المعيشية والبيئية قبل أكثر من خمسة عقود مضت للعيش داخل مبانٍ طينية من خلال ممارسة البناء باستخدام مواد بناء محلية. هذه المواد اشتهرت بجودة سلوكها وتصرفها الحراري من خلال مقاومة حوائطها المبنية من الطين المعروف بقدرته على مقاومة مرور الحرارة وضعف تحمله مما يستلزم أن تكون جدران المبنى سميكة ذات أسقف خشبية مغطاة بالطين للحماية من شدة الحرارة صيفاً والبرودة شتاءً [6].

وقد بدأت مع انتشار استخدام مادة الأسمنت وحديد التسليح ومنتجاتها من طوب أسمنتي وخرسانة مسلحة في المباني السكنية معاناة الناس بسبب رداءة مقاومة الطوب الأسمنتي وأسقف الخرسانة المسلحة لاختراق الحرارة من الخارج إلى الداخل [7]. أيضاً مكن انتشار الطاقة الكهربائية وانخفاض تكاليفها للمواطن بالرياض من معالجة أوضاع بيئة مسكنه الداخلية باستخدام وسائل التكييف المتنوعة للتغلب على الحرارة الشديدة. ويتسبب استخدام هذه الوسائل في الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية في مدينة الرياض [8]. ونظراً لأن معدل الطاقة الكهربائية اللازمة لأحمال تكييف الهواء في المباني السكنية بمدينة الرياض والذي يصل إلى 60.6% من إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة في المدينة يتجاوز المعدل على مستوى المملكة والذي يصل إلى 46.9%، فإن العزل الحراري الكامل للمبنى هو واحد من أهم العوامل المؤثرة على ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة الرياض [9].

وتعد مدينة الرياض عاصمة المملكة العربية السعودية أكبر مدن شبه الجزيرة العربية مساحة وأكثرها سكاناً مقارنة بالمدن الأخرى في المملكة وفي دول مجلس التعاون الخليجي وبالتالي الأكثر من حيث عدد الوحدات السكنية. وتمثل المباني السكنية بأنواعها المختلفة سواء الشقق السكنية أو الفيلات وهي الأغلب حوالي 80% من إجمالي المباني في المدينة وفق استخدامات الأراضي. ويسود تصور غير دقيق لدى كثير من المصممين ناهيك عن المقاولين والملّاك من عامة الناس بأن العزل الحراري ما هو إلا بناء الحوائط الخارجية بالبلوك الأسمنتي أو البلوك الفخاري المعزول بالبولي ستيرين. ورغم أن هذا الأسلوب شائع في البناء بالمملكة العربية السعودية، إلا أنه لا يمثل الأسلوب الأمثل للعزل مقارنة بأنظمة العزل الأخرى كاستخدام العوازل الحرارية في الحوائط المزدوجة، كما سيأتي بيانه لاحقاً.

ولا شك بأن المعماري له دور كبير في تصميم الفراغات الداخلية للمبنى لتوفير نطاق مريح للمستخدمين. ويلزم على المعماري أن يتوكل مع تطوير وصناعة المباني بتوظيف وسائل التحكم البيئي في تصاميمه باستخدام تقنيات خاصة بالبناء كالعزل الحراري وتكاملها مع وسائل تبريد طبيعية [10]. كما أنا المعماري يجب أن يكون على دراية باختيار مواد البناء المناسبة مما له انعكاس على كلفة التشييد الأساسية وكلفة دورة حياة المشروع، حيث اظهرت بعض الدراسات أن ذلك يقلل من استهلاك الطاقة بنسبة 7% [11].

2. أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى استخدام درجة حرارة الهواء بداخل مباني نموذجية، مبنية بحوائط مزدوجة ومعزولة باستعمال أنواع مختلفة من العوازل الحرارية، كمؤشر على فعالية مواد العزل وذلك عن طريق تجارب تطبيقية للوصول إلى:

أ- معرفة أثر العوازل الحرارية المصنعة مثل الصوف الزجاجي والبولستيرين والبرلايت ومواد طبيعية مثل الطين والرمل والطين المخلوط بالرمل على الأداء الحراري للمباني في المناخ الصحراوي باستخدام غرف تجريبية والتي تم تزويد حوائطها بأنواع من العوازل الحرارية المصنعة والطبيعية.

ب- اقتراح بعض التوصيات المعمارية المناسبة لاستخدام العوازل الحرارية للمباني في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية وغيرها من المدن ذات المناخ الصحراوي المشابه.

3. منهج الدراسة:

نظراً لأن طبيعة الدراسة تجريبية تطبيقية، فقد صمم منهج البحث وفق الخطوتين التاليتين:

الخطوة الأولى: الرجوع إلى أدبيات الموضوع والأبحاث والتقارير المنشورة عن التجارب والمشاهدات التي أنجزت بواسطة باحثين متخصصين في دراسة العوازل الحرارية في المباني.

الخطوة الثانية: إجراء تجربة تطبيقية على أداء عدد من العوازل الحرارية خلال فترتي الشتاء والصيف بمدينة الرياض، وقد اشتملت التجربة على الآتي:

أ- استخدام مباني تجريبية عبارة عن غرف نموذجية تم تزويدها بأنواع مختلفة من العوازل الحرارية المصنعة كالصوف الزجاجي والبولستيرين والبرلايت ومواد طبيعية مثل التراب والرمل والمخلوط منهما. وقد تم تقسيم مراحل التجربة إلى:

• المباني الاختبارية في وضع حالة أساسية (Base case)، خلال فترة شهر ديسمبر، بهدف معرفة الأداء الحراري للغرف وقت انخفاض درجة حرارة الجو وتغير درجة الحرارة للهواء الخارجي.

• المباني الاختبارية خلال فترة شهر أغسطس، بهدف معرفة الأداء الحراري للغرف وقت ارتفاع درجة حرارة الجو وتغير درجة الحرارة للهواء الخارجي.

ب - جمع قراءات تشتمل على: درجات حرارة الهواء في منتصف فراغ الغرف النموذجية، وأحوال الطقس من حيث الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء الجافة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح واتجاهها.

4- الإهتمام بالعزل الحراري في المملكة:

لقد أصبح الترشيد في استهلاك الطاقة قضية عالمية ومطلباً حضارياً ملحاً ولم يعد أمراً عارضاً أو شأناً فردياً بل اضحى موضوعاً عالمياً مهماً و شأناً جماعياً مؤثراً. ويعود اهتمام المملكة العربية السعودية بالطاقة وحرصها على غرس قيم الترشيد وعدم الإسراف في استهلاك الموارد بين أفراد المجتمع إلى فترة طويلة وهو جزء من اهتمام دولي متزايد بهذا الأمر. إلا أن الطلب المحلي المتزايد على الطاقة في شتى صورها، والتطور التكنولوجي السريع الذي تشهده المملكة والنمو السكاني الكبير، فضلاً عن مشاركة المملكة دول العالم الأخرى في الإهتمام بقضايا ترشيد الطاقة ورفع كفاءة استخدامها كل ذلك أدى إلى تحويل البرنامج الوطني لإدارة وترشيد الطاقة (المؤقت) في مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية إلى مركز وطني دائم يسمى "المركز السعودي لكفاءة الطاقة" [12]. وقد كان لجهود المركز، رغم عمره القصير نسبياً، مردود بارز في مجال ترشيد ورفع كفاءة استخدام الطاقة، إلى جانب تنفيذ عدد من حملات التوعية الناجحة

بالترشيد في استهلاك الطاقة الكهربائية (الشكل 1).



الشكل 1: يوضح بعض الملصقات المستخدمة في الحملات التوعوية التي قام بها المركز السعودي لكفاءة الطاقة لبيان مزايا العزل الحراري والترشيد في استهلاك الكهرباء [12]

ويعتبر العزل الحراري للمباني على اختلافها من أهم الفرص لترشيد الطاقة، حيث أنه يوفر نسبة كبيرة (حوالي 40%) من كمية الطاقة المستهلكة لتكييف الأبنية وتدفنتها. وقد عرّف المركز السعودي لكفاءة الطاقة (كفاءة)، "العزل الحراري" على أنه استخدام مواد لها خواص عازلة للحرارة تساعد على الحد من تسرب الحرارة وانتقالها من خارج المبنى إلى داخله صيفاً - كسب حراري - والعكس في الشتاء - فقد حراري [12].

وتمثل الشمس المصدر الرئيس للحرارة التي تتعرض لها المباني في المناطق ذات المناخ الصحراوي مثل المملكة حيث تبلغ ساعات الإشراق أكثر من 4500 ساعة في السنة مما يعرض غلاف الابنية وخاصة الحوائط، والتي تمثل الجزء الأكبر من المساحة السطحية لقرية معظم المباني، إلى امتصاص الحرارة وتخزينها طيلة فترة الإشراق، وهو ما يؤدي إلى رفع درجة حرارة المبنى وفراغاته الداخلية.

وقد بين المركز السعودي لكفاءة الطاقة أن الدراسات تشير إلى أن نسبة 66% من الطاقة الكهربائية المستهلكة في الصيف تذهب لتبريد المبنى، أي أن معظم هذه الطاقة تذهب للتخلص من الحرارة المكتسبة من الجدران والأسقف، ومن هنا تنبع أهمية العزل الحراري، لأنه يلعب دوراً كبيراً في تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف، وذلك بالحد من تسرب الحرارة خلال الجدران والأسقف؛ وهذا بدوره يؤدي إلى وفر كبير [12].

وتنتقل الحرارة من خارج المبنى إلى داخله في فصل الصيف ووقت اشتداد درجة حرارة الجو، وينعكس هذا الاتجاه في فصل الشتاء ووقت انخفاض درجة الحرارة، وذلك نتيجة للفرق في درجات الحرارة بين داخل المبنى وخارجه. وتعتمد كمية الحرارة المنتقلة على عدة عوامل أهمها الفرق بين درجات الحرارة الداخلية والخارجية، وسمك عناصر البناء كالجدران والأسقف والأرضيات ومساحتها السطحية، وطبيعة مواد البناء المستخدمة في البناء وخصائصها. وتعتبر المواد التقليدية المستخدمة في كثير من مناطق المملكة في الماضي كالطين والأخشاب مواداً رديئة في التوصيل الحراري، وهو ما ولد شعوراً بالراحة لدى ساكنيها الذين كانوا يصفون تلك المباني بأنها باردة في الصيف دافئة في الشتاء رغم عدم وجود كثير من وسائل التكييف والتدفئة المعروفة حالياً. ويرجع السبب في ذلك إلى طبيعة تلك المواد وما تحتويه من فراغات هوائية تسهم في التقليل من توصيلها للحرارة. وذلك على العكس من كثير من المواد الحديثة كالخرسانة ومعظم أنواع الطوب والمعادن والتي تعتبر مواداً جيدة في التوصيل الحراري، وهو ما يسهم في انتقال الحرارة بشكل أسرع إلى الداخل وبالتالي يتطلب تشغيل أجهزة التكييف أو التدفئة لفترات طويلة لتحقيق مستوى من مقبول الراحة خاصة في المباني غير المعزولة.

5- الاستفادة من الخصائص الحرارية للتربة في العزل بالمملكة:

لقد تم الاستفادة من الخصائص الحرارية للتربة من خلال استخدام المساكن المحفورة بالأرض في منطقة عسير جنوب غرب المملكة العربية السعودية. فقد تم تشييد المساكن بطريقة حفر الأرض وعمل غرف تحت مساحة كبيرة تسمى "ثرى" وذلك في شمال شرق جبل دهلا في مدينة أبها [13]، وكذلك تم استخدام نظام "الخلوات" وهو الحفر في التربة في كثير من المساجد التقليدية بمنطقة نجد وسط المملكة العربية السعودية لتحقيق مستوى من مقبول الراحة في

الصلوات أوقات إشتداد الحرارة في الصيف وأوقات إنخفاضها في الشتاء . ورغم ان هذا النمط ليس شائعاً كثيراً في المملكة، إلا ان الطين استخدم في البناء على نطاق واسع في العمارة المحلية بالمملكة في كافة المناطق ومنها المنطقة الجنوبية الغربية [14]، إلا انه استخدم بشكل أكبر في المناطق الداخلية من المملكة كالمناطق الوسطى وما حولها والتي تميزت بمناخها الحار الجاف صيفاً والبارد شتاءً. وقد اشتهر لدى الأهالي ممن عاشوا في تلك المباني الطينية خصائص تلك المباني الحرارية ومناسبتها في الصيف والشتاء مقارنة بالبيوت الخرسانية الحديثة التي لا يمكن العيش فيها حال انقطاع التيار الكهربائي أو تعطل التكييف. وقد دفع هذا بعض الأهالي والمقاولين المحليين إلى تغطية بعض المباني الخرسانية المبنية بالبلوك الإسمنتي وغيره بطبقة لياسة رقيقة لا يتجاوز سمها 1.5 سم من مادة الطين طناً منهم أن ذلك سوف يحسن بشكل كبير من الأداء الحراري لتلك المباني ويضفي الطابع التقليدي عليها. وقد تجاوزت تلك الاجتهادات الاهتمامات الشخصية لبعض الافراد في بناء مساكنهم إلى بعض المطاعم الشعبية وغيرها.

وقد ركزت معظم الدراسات في العالم العربي رغم قلته على استخدام طرق التهوية الطبيعية كالملاقف وعلى استخدام مواد البناء المحلية مثل الطين في المباني ل ضعف توصيلها للحرارة كبديل لمواد العزل الحديثة [15]. و مما لاشك فيه أنه من الصعب توافر أمثلة توضح استخدام مواد طبيعية كالطين وغيره كمواد عازلة في حوائط المباني الأسمنتية المشيدة في الوقت الحاضر بالمملكة العربية السعودية. وهو ما حفز على القيام بدراسة تطبيقية كهذه لمعرفة أثر استخدام العزل الحراري من مواد طبيعية لعزل غلاف المبنى بهدف إبقاء درجة حرارة الفراغ الداخلي للمسكن على ثبات لفترة طويلة خلال اليوم ومقارنة ذلك باستخدام العوازل الحرارية المصنعة والشائع استخدامها في العزل الحراري للمباني بالمملكة.

وفي الوقت الحاضر، ونتيجة للتطور في تقنيات البناء ووجود العديد من المواد الحديثة مثل الهواد العازلة للحرارة بأنواعها والتوسع في استخدام الخرسانة المسلحة بشكل كبير في عمليات البناء، ظهرت تصاميم معمارية حديثة اختلفت فيها تقاليد وأعراف كانت تحكم العمارة التقليدية والتي ظلت ولفترة طويلة متلائمة مع أحوال المناخ ومليئة لراحة الإنسان بالرغم من عدم توفر الطاقة الكهربائية في ذلك الوقت. هذا التطور أوجد مشكلة في معظم المباني، و بصفة خاصة مساكن ذوي الدخل المحدود . وفي ظل نظم وقوانين البناء المعاصرة، تُستهلك طاقة كهربائية كبيرة لتوفير جو مريح بداخل تلك المساكن باستخدام المكيفات الميكانيكية المكلفة مالياً. مما جعل العديد من القطاعات والمصالح الحكومية ومنها وزارة الصناعة والكهرباء إلى وضع برامج في مجال ترشيد استهلاك الطاقة لحل هذه المشكلة وتطبيق نظم العزل الحراري في المباني الحكومية والخاصة على حد سواء [16].

إن توظيف أنظمة العزل الحراري لابقاء حالة ثبات لدرجات الحرارة في المباني وخاصة في الدول المتقدمة ساهم بشكل كبير في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية. ففي المناطق ذات المناخ المعتدل صيفاً، تعتبر العوازل الحرارية المنفذة في غلاف المبنى الخارجي تصميم استراتيجي مناسب لأن درجة حرارة الفراغ الداخلي تتغير بارتفاع طفيف. ولكن في المناطق الصحراوية، كما هو الحال في المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية، فإن ذلك يعتبر أمراً حتمياً وذلك لأن درجة حرارة الهواء الخارجي صيفاً عالية في النهار ومعتدلة في المساء، مما يجعل درجة حرارة الفراغ الداخلي ذات تذبذب يصل حوالي 25 درجة مئوية. ويرجع السبب في ذلك لكون أسطح الحوائط والأسقف تمتص الحرارة من أشعة الشمس الساقطة مباشرة وبالتالي تنتقل الحرارة من السطح الخارجي إلى السطح الداخلي المبنى بواسطة الطرق المختلفة لإنتقال الحرارة.

6- طرق إنتقال الحرارة (Heat Transfer):

تنتقل الحرارة خلال المواد المختلفة عن طريق وسائل الإنتقال الفيزيائية للحرارة، وهي التوصيل (Conduction) والحمل (Convection) والإشعاع (Radiation). ويمكن تعريف التوصيل بشكل مختصر على أنه إنتقال الحرارة من خلال جزيئات الجسم الصلب الأسخن إلى جزيئاته الأكثر برودة باللامسة للجزيئات الساخنة فيه. في حين يعرف الحمل على أنه إنتقال الحرارة في السوائل وكذلك الغازات نتيجةً لحركة الجزيئات الساخنة للسائل أو الغاز حيث تُشكل هذه الحركة تيارات الحمل والتي بدورها تعمل على توازن درجة حرارة السائل أو الغاز. ففي المواد الغازية كالهواء يكون إنتقال الحرارة بالحمل في الهواء المحيط بمصدر الحرارة فترتفع جزيئات الهواء الملامسة لمصدر الحرارة الأعلى بسبب تمددها وخفة وزنها ويحل محلها جزيئات من الهواء البارد الذي يجري تسخينه أيضاً ليصعد إلى الأعلى ناقلاً الحرارة خلال جزيئاته. ويمكن تعريف الإشعاع على أنه تحول الحرارة في جسم ما إلى طاقة تُشع إلى خارجه وإنتقالها إلى جسم آخر يقوم بدوره بتحويلها إلى طاقة حرارية. والأشعة الحرارية هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تُشبه موجات الضوء ومختلفة عنها في طول الموجة وبالتالي فهي تحتاج إلى وسط مادي تنتقل من خلاله وبذلك يحدث الإنتقال للطاقة الحرارية إشعاعياً حتى في الفراغ.

ويمكن تقسيم الحرارة التي تخترق المبنى والتي من المفروض ازاحتها باستعمال أجهزة التكييف للحفاظ على درجة الحرارة الملائمة إلى ثلاثة أنواع هي :

- الحرارة التي تخترق غلاف المبنى الخارجي المتمثل في الجدران والأسقف .
 - الحرارة التي تخترق عناصر واجهات المبنى المتمثلة في النوافذ والتكسيات الزجاجية.
 - الحرارة التي تنتقل عبر فتحات التهوية الطبيعية المتمثلة في فتحات مراوح التهوية والملاقف ونحوهما.
- وتشير الدراسات المحلية إلى أن الحرارة التي تنتقل عبر الجدران والأسقف في أيام الصيف بنسبة تفوق 60% من الحرارة المراد ازاحتها بأجهزة التكييف، أما البقية فتأتي من النوافذ وفتحات التهوية، ويتطلب ذلك استهلاك طاقة كهربائية في الصيف لتبريد المبنى تصل إلى 60 - 70% من كامل الطاقة الكهربائية المستهلكة في المبنى [17].

7- أهمية العزل الحراري وفوائده:

يعمل العزل الحراري على التقليل من انتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله من خلال عناصر المبنى الخارجية كالجدران والأسقف والنوافذ كما في الصيف، أو من داخل المبنى إلى خارجه، كما في الشتاء. وقد أشار المركز السعودي لكفاءة الطاقة بأن العزل الحراري في المباني يسهم في تخفيض الطاقة الكهربائية المستهلكة في أجهزة التكييف، والتدفئة بين 30 إلى 40%، كما أن استخدام الزجاج المزدوج والعاكس للحرارة يخفض حتى 5% من استهلاك المكيف للكهرباء. وذكر المركز بأن الإحصائيات الرسمية في المملكة العربية السعودية تُشير إلى أن أكثر من 50% من المباني في المملكة غير معزولة حرارياً، كما أن قطاع المباني يستهلك أكثر من 80% من إجمالي الطاقة الكهربائية المُنتجة، يُشكل استهلاك أجهزة التكييف منها نحو 70%، بنسبة نمو سنوي تصل إلى 12% [18]. وتوصلت دراسة في هذا السياق إلى أن توظيف العوازل الحرارية كألواح البولي يورثين في عزل الحوائط الخارجية لمبنى سكني أمكنت من توفير حوالي 32% من قيمة الصرف على استهلاك الطاقة الكهربائية وأجهزة التكييف للمبنى [19].

كما أوضحت دراسة مقارنة بين كمية الإستهلاك للطاقة الكهربائية في مبنى خرساني بدون عزل حراري كحالة أولى ثم إضافة العزل الحراري في حوائط وسقف نفس المبنى كحالة ثانية ، واستنتجت الدراسة إلى وجود توفير في استهلاك الطاقة الكهربائية يصل إلى 44% من التكلفة السنوية [20].

وعلى أية حال فببرز أهمية العزل الحراري في العديد من الفوائد التي يحققها والتي لا تقتصر على تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية، والتي تعد أبرز مزايا العزل الحراري، بل تعدها إلى تحقيق العديد من المزايا الأخرى. ويمكن توضيح أبرز مزايا العزل الحراري للمباني كالاتي:

أ - تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية:

يسهم تطبيق استخدام العزل الحراري في تخفيض الطاقة الكهربائية المستهلكة في أجهزة التكييف بمعدلات كبيرة تتراوح ما بين 30 - 40% إذا طبق على أساس علمي وتقني سليم، حيث يعمل العزل الحراري على الحد من تسرب الحرارة عبر الجدران، وأسقف السطح التي تمثل حوالي 65% من الحمل الحراري للمبنى المراد ازاحتها بأجهزة التكييف مما يؤدي إلى تقليل فترات تشغيل الضاغط (الكمبروسر) بالمكيف؛ وبالتالي تقليل الاستهلاك، كما ينتج عن ذلك إطالة عمر أجهزة التكييف وتقليل نفقات الصيانة.

ب - التوفير في أسعار أجهزة التكييف:

يتم عادة تحديد سعة أجهزة التكييف وأسعارها وفقاً لحجم الفراغ المراد تبريده ودرجة حرارة الهواء فيه، لذا فإن استخدام العزل الحراري يحد من تسرب الحرارة إلى داخل الفراغ وبالتالي انخفاض درجة الحرارة فيه مقارنة بالفراغات غير المعزولة. ويؤدي بالتالي إلى تقليل الحاجة إلى أجهزة تكييف ذات ساعات وقدرات كبيرة وكذلك يخفض من عدد ساعات تشغيلها، وكما هو معلوم فإن أسعار أجهزة التكييف ترتفع حسب ارتفاع قدراتها. وعليه فإن استخدام العزل الحراري يؤدي إلى تخفيض تكلفة شراء معدات التكييف وتقليل رسوم التوصيل الكهربائية اللازمة، وكذلك التوفير في أعمال الصيانة والتشغيل.

ج - حماية المبنى والأثاث:

يعمل العزل الحراري على حماية مواد إنشاء المبنى المختلفة من تغيرات الطقس الخارجية والتي تحدث نتيجة للفروق الكبيرة في درجات الحرارة خلال ساعات اليوم الواحد بين النهار والليل وخلال السنة بين الصيف والشتاء، حيث تؤدي تلك الفروق إلى حدوث إجهادات حرارية مستمرة على مواد البناء المختلفة مما يولد التصدعات والشروخ فيها. كما تتأثر المباني غير المعزولة سريعاً ومباشرة بدرجات الحرارة الخارجية مما يجعل درجة الحرارة ونسبة الرطوبة داخل تلك المباني غير ثابتتين وبالتالي تتأثر مواد الأثاث الداخلي وخاصة المصنوعة من الخشب ومنتجاته وتتسقق إذا لم يتوفر تكييف مناسب، ولذا يلجأ البعض إلى إبقاء أجهزة التكييف في حالة تشغيل مستمر حتى أثناء الإجازات الطويلة وذلك

للمحافظة على سلامة الأثاث وعناصر الديكور الداخلي وهو ما يمثل هدراً كبيراً في الطاقة.

د - رفع مستوى الراحة للمستخدمين:

يساعد العزل الحراري للمباني على رفع مستوى الراحة للمستخدمين حيث يسهم في تقليص الفروق في درجة الحرارة ويعمل على ثباتها داخل المباني طوال العام بحيث تكون درجة حرارة الهواء الداخلي قريبة نسبياً من الدرجة المريحة للإنسان، مما يخفف من معاناة مستخدمي المباني من شد الحرارة الخارجية، ويقلل فترات تشغيل أجهزة التكييف. وذلك بخلاف المباني غير المعزولة، حيث تكون درجة حرارة الهواء بالداخل قريبة من مستوى درجة الحرارة الخارجية، مما يجعل الفرق بينهما وبين الدرجة المريحة المطلوبة كبيراً، ويترتب على ذلك شعور بعدم الراحة، وبالتالي الحاجة الماسة لتشغيل أجهزة التكييف لفترات طويلة.

هـ - تقليل أحمال الذروة:

يؤدي استخدام العوازل الحرارية إلى تحقيق الراحة الحرارية لمستخدمي المباني طوال الوقت وبالتالي تجنب الطلب المتزايد على الطاقة خلال فترات الذروة خصوصاً في فصل الصيف، وهو ما يعني تخفيض الضغط على وحدات توليد الطاقة الكهربائية وشبكات النقل والتوزيع.

و - حماية البيئة والحفاظ على مواردها:

يساعد استخدام الوسائل الميكانيكية للتكييف على انبعاث الغازات الضارة بالبيئة مثل ثاني أكسيد الكربون وغيره والتي تنتج عن احتراق الطاقة اللازمة لتشغيل أجهزة التكييف والتي يمكن تقليلها بشكل كبير باستخدام عوازل الحرارة في المباني المختلفة، وهو ما يحقق أيضاً اقتصاداً في استنزاف الموارد البيئية من الوقود الإحفوري المستخدم في محطات توليد الكهرباء.

وعموماً فقد أدركت عدد من الجهات الحكومية والخاصة أهمية العزل الحراري في المباني منذ ما يزيد على عقدين من الزمن. فقد قامت وزارة الشؤون البلدية والقروية في المملكة عام 1415 هـ بإصدار كتيبات إرشادية عامة عن أهمية العزل الحراري في المباني ولم تحتوي تلك الكتيبات على تحديد سماكة المادة العازلة أو نوعيتها أو مقدار معامل الانتقال الحراري لها (U-value) سواء في الحوائط أو الأسقف [21]. كما أصدرت الشركة السعودية للكهرباء (SCCO) في عام 1415 هـ كتيبات إرشادية عن أثر العزل الحراري للمباني في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية غير أن هذه الكتيبات لم تحدد القيمة المطلوبة من العزل الحراري والتي يستوجب تطبيقها في غلاف المبنى [22].

وقد أدركت وزارة المياه والكهرباء في المملكة أهمية العزل الحراري وباشرت تنفيذ الأمر السامي في هذا الشأن والقاضي بالإلزام باستخدام العزل الحراري في جميع المباني الجديدة سواء السكنية والتجارية، اعتباراً من 1434/4/1 هـ، بمدينة الرياض كمرحلة أولى، يلي ذلك تغطية باقي المدن والمحافظات. ولن تقوم وزارة الكهرباء بتوصيل التيار الكهربائي إلى أي مبنى جديد تصدر له رخصة بناء بعد ذلك التاريخ إلا بعد التأكد من استخدام العزل الحراري في المبنى عن طريق زيارات ميدانية خلال مراحل البناء يقوم بها فنيون مؤهلون لهذا الغرض. و يعتبر العزل الحراري من الاستثمارات الناجحة في المباني، حيث إن تكلفة العزل الحراري للمبنى يتم توفيرها واستعادتها من خلال خفض تكاليف استهلاك الطاقة الكهربائية (فاتورة الكهرباء الشهرية) في مدة لا تتجاوز أربعة إلى خمسة أعوام، علماً بأن تكاليف العزل الحراري بشكل مثالي للمبنى لا تتجاوز 5% إلى 6% من مجموع تكلفة البناء [23].

8- الطرق الشائعة لعزل الحوائط بالمملكة:

يمثل الغلاف الخارجي للمبنى والمكون من الحوائط والسقف الجزء الأكبر من جسم المبنى المعرض للشمس والحرارة خاصة في البيئات الصحراوية. وتمثل الحوائط على وجه الخصوص الجزء الأكبر من المساحة السطحية لقشرة معظم المباني مما يعرضها لإستقبال أشعة الشمس وإمتصاص الحرارة وخبزها طيلة النهار ومن ثم نقلها إلى داخل المبنى مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الفراغات الداخلية ويجعلها غير مريحة للمستخدمين. ولذا تبرز الحاجة إلى تطبيق العزل الحراري وخاصة في الحوائط، وذلك لأن تطبيق العزل الحراري فيها من شأنه أن يحدث فرقاً واضحاً في قيمة الاستهلاك الكهربائي، إلى غير ذلك من المزايا التي سبق الإشارة إليها. توجد العديد من الطرق الشائعة لعزل الجدران الخارجية في المباني التي تحت الإنشاء بالمملكة والتي من أهمها الآتي:

• النظام الأول:

وهو نظام عزل الحوائط من الخارج وعادة ما يتم استخدامه في المباني المكتبية والتجارية ونحوها. ويتم في هذا النظام التغلب على جميع الجسور الحرارية من خلال عزل كافة عناصر الجدران من أعمدة وجسور وميدات وبالتالي إلغاء عملها كجسور حرارية. ويتم في هذا النظام تثبيت العوازل الحرارية على الجدران الخارجية للمبنى أثناء عملية التشييد بحيث يتم تغليفها تماماً، ثم يتم تركيب التشطيبات الخارجية مثل حجر التكسية أو الزجاج أو ألواح الألمونيوم أو غيرها من

الخارج.

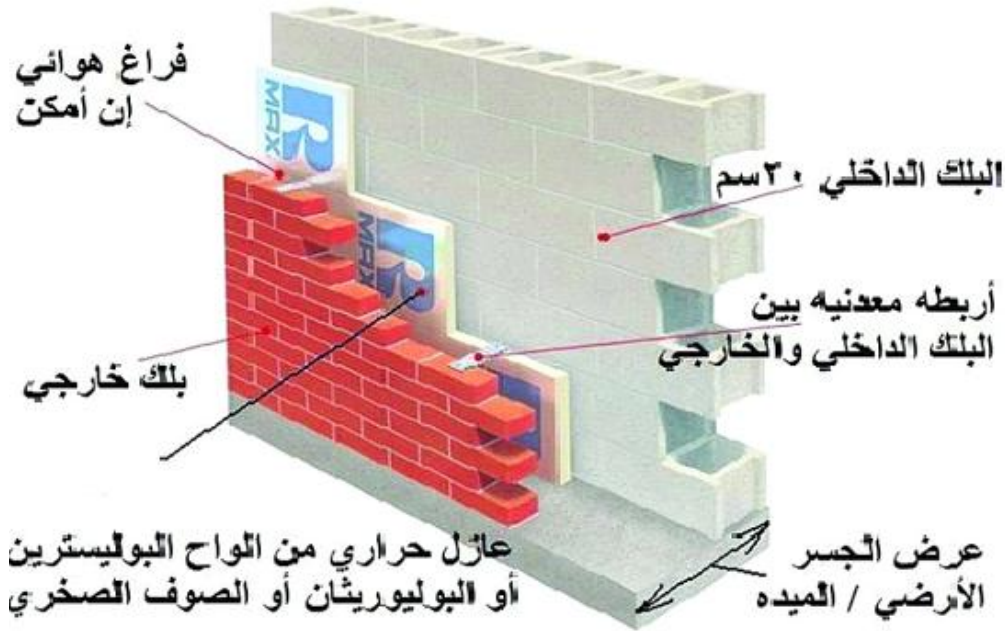
• النظام الثاني:

وهو الحل الأكثر انتشاراً في عزل الجدران الخارجية خاصة في المباني السكنية، وفي هذا النظام يتم بناء جدارين متوازيين من البلوك الأسمنتي أو الفخاري أو الطوب ويتم تركيب العزل الحراري بين فراغ الجدارين حيث تفصل هذه الألواح بين الجدار الخارجي والجدار الداخلي للمبنى بشكل كامل وبالتالي إلغاء كافة الجسور الحرارية الناتجة عن استخدام المونة الإسمنتية بين البلوك أثناء التركيب (الشكل 2). إلا أنه يؤخذ على هذا النظام أنه لا يحقق العزل التام كالنظام الأول نتيجة الجسور الحرارية الموجودة في الكمرات والأعمدة والميدات الأرضية التي لا تغطيها مادة العزل الحراري.

• النظام الثالث:

وهو نظام الجدار الواحد المبني من البلوك الإسمنتي المعزول بشريحة واحدة من مادة البوليسترين الميثوق أو الممدد، أو البلوك الفخاري الأحمر والمعزول بشرائح متقطعة من مادة البوليسترين الميثوق أو الممدد (الشكل 3). ويوجد في هذا النظام جسور حرارية توصل الحرارة من الخارج إلى الداخل ناتجة عن استخدام المونة الإسمنتية بين البلوك أثناء التركيب وذلك بخلاف الجسور الحرارية الأخرى الناتجة من عناصر الجدران من أعمدة وجسور وميدات. ورغم ضعف كفاءة هذا النظام في العزل مقارنة بالنظامين الآخرين، إلا أنه خيار اقتصادي مقبول ويحقق قدراً معتبراً من العزل مقارنة بالجدران غير المعزولة، وعادة ما يستخدم هذا النظام في المباني السكنية لتحقيق الإقتصاد في الكلفة والتوفير في الحيز الذي تشغله الجدران المزدوجة في النظام الثاني.

ونظراً لكون النظام الثاني المذكور أعلاه يعتبر الأكثر انتشاراً في عزل الجدران الخارجية خاصة في المباني السكنية بمدينة الرياض خصوصاً والمملكة عموماً، فقد تم تبني هذا النظام في التجربة التطبيقية التي قام بها الباحثان وذلك لدراسة أثر استخدام عدد من العوازل الطبيعية والمصنعة على العزل الحراري لغرف نموذجية بنيت بحائطين مزدوجين من البلوك الأسمنتي ووضعت مواد العزل المختلفة بينهما.



الشكل 2: نماذج من العزل الحراري للجدران الخارجية بنظام الحوائط المزدوجة [24].



الشكل 3: نماذج من العزل الحراري للجدران الخارجية بنظام البلوك الأسمنتي والفخاري الأحمر المعزول البوليسترين [24].

9- التجربة التطبيقية:

9-1 وصف الموقع:

تم اختيار مدينة الرياض - التي تقع في هضبة نجد على خط عرض 24° و 42° شمال خط الاستواء وخط طول 46° و 44° شرق قرينتش و على ارتفاع 624م فوق سطح البحر- مكانا مناسباً للدراسة كما تم اختيار موقع التجربة في أرض جامعة الملك سعود، شمال مدينة الرياض، ويتصف هذا الموقع صيفاً بالحرارة والجفاف الشديدين وبالمدى الحراري المرتفع والذي يقدر بحوالي 18°م شأنه في ذلك شأن بقية المدينة . وقد سجلت مصلحة الأرصاد وحماية البيئة أحوال الطقس من واقع متوسط القراءات لعشر سنوات. ولوحظ أن فصل الصيف يمتد من شهر يونيو إلى شهر سبتمبر ويتراوح المعدل الشهري لدرجة حرارة الهواء الجافة للنهاية 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% و المعدلات 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. و يتراوح الضغط الجوي ما بين 937.1 كيلو باسكال إلى 940.4 كيلو باسكال. كما أن المعدل الشهري لهطول الأمطار 0.0 مم في أشهر الصيف بينما يصل 39.5 مم في شهر إبريل. 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 الملاصقة لسطح الأرض وترتفع إلى أعلى ليحل هواء بارد نسبي وبالتالي تتواجد زوايا رمالية في فترة شدة أشعة الشمس [25].

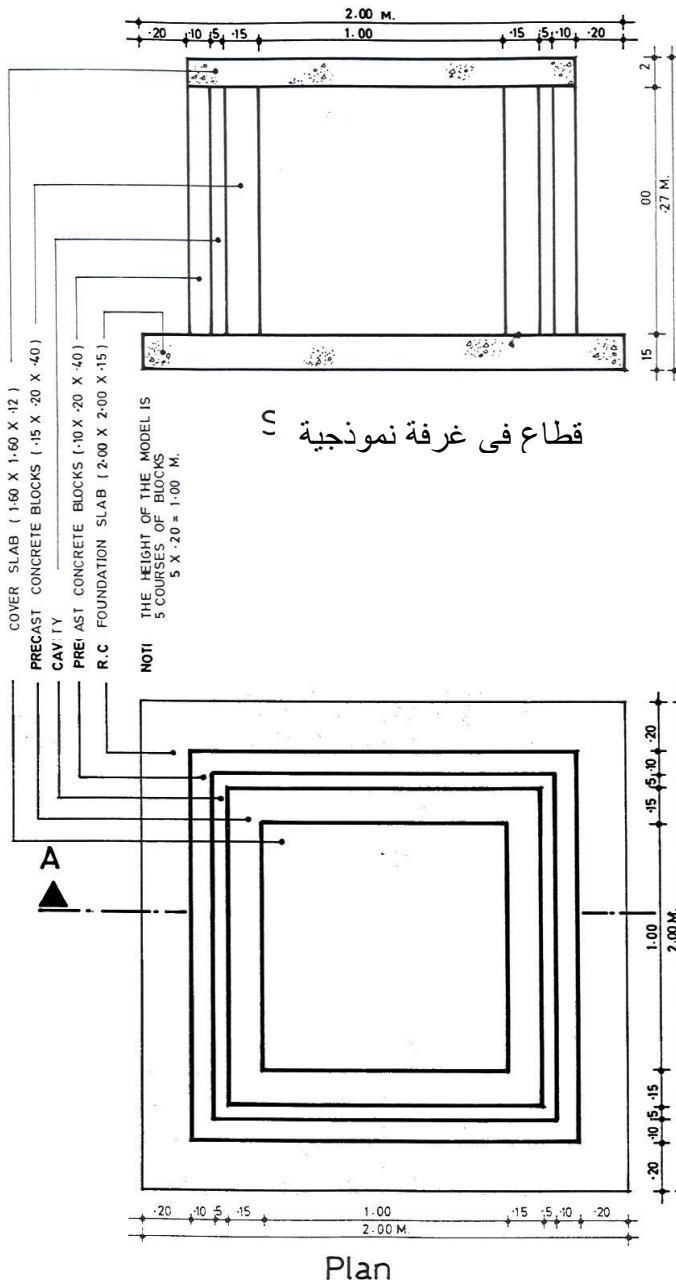
9-2 وصف الغرف الاختبارية:

استخدمت سبع غرف اختبارية مكعبة مبنية من البلوك الأسمنتي لأنه والذي غالباً ما يستخدم في تشييد حوائط المباني في معظم مناطق المملكة العربية السعودية. أبعاد الغرفة الاختبارية الواحدة من الداخل هي $1\text{م} \times 1\text{م} \times 1\text{م}$ وزودت الغرفة بحائط مزدوج بسمك 15سم من الداخل و سمك 10سم من الخارج وترك بينهما فراغ بسمك 5سم لوضع مادة العزل. وقد تم تزويد هذه الغرف النموذجية في الفراغ ما بين الحائطين بأنواع مختلفة من العوازل الحرارية المصنعة الأكثر استخداماً في مدينة الرياض وغيرها من المدن بالملكة مثل الصوف الزجاجي والبولستيرين والبرلايت ومواد طبيعية مثل الطين والرمل وتربة مخلوطة (طين ورمل بنسبة 50% لكل منهما). وقد تركت إحدى الغرف لم تزود بمادة عازلة كغرفة تحكم أي بدون معالجة. ويبين الشكل 4 منظراً للغرف السبع النموذجية الاختبارية كما يوضح الشكل 5 مسطاً وقطاعاً للغرفة النموذجية الاختبارية.

أثر العوازل الحرارية في الحوائط على الأداء الحراري للمباني في مدينة الرياض



الشكل 4: منظر عام للغرف السبع النموذجية الاختبارية.



الشكل 5: المسقط الأفقي والقطاع العرضي للغرفة النموذجية الاختبارية.

3-9 الأجهزة المستخدمة في التجربة:

استخدمت أجهزة خاصة في إجراء الدراسة ويمكن تصنيفها إلى ثلاثة أجزاء رئيسية:

1-3-9 أجهزة قياس:

- تم استخدام 7 مجسات حرارية (Thermocouples , type T) لقياس درجة حرارة هواء الغرف الاختبارية. وقد تم عمل تصحيح قراءات المجسات الحرارية بواسطة الباحثين حيث تم الحصول على قراءات للمجسات ومعيار حراري زئبقي (Sper Scientific) لمدة ثلاثة أيام عندما وضعت جميعها في ماء ساخن ثم في ماء متجمد وماء دافئ وتم عمل معادلة علاقة خطية بين قراءة المجس الواحد و قراءة معيار زئبقي بهدف الحصول على معامل تصحيح لكل مجس حراري.
- استخدم مجس بيرانوميتر (Pyranometer model LI-COR, type LI2003S) لقياس كمية الإشعاع الشمسي.
- مقياس سرعة واتجاه الرياح (A Met. One anemometer, type 014A-U).
- مجس درجة حرارة الهواء الجافة والرطوبة النسبية نوع (VAISALA, type HMP35C).

2-3-9 نظام تجميع وتخزين قراءات:

تم استخدام نظام (CR10) من شركة كامبل العلمية (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, USA). يقوم هذا الجهاز بتسجيل متوسطات للقراءات من جميع المجسات كل 10 دقائق ثم كل 30 دقيقة ثم كل 24 ساعة.

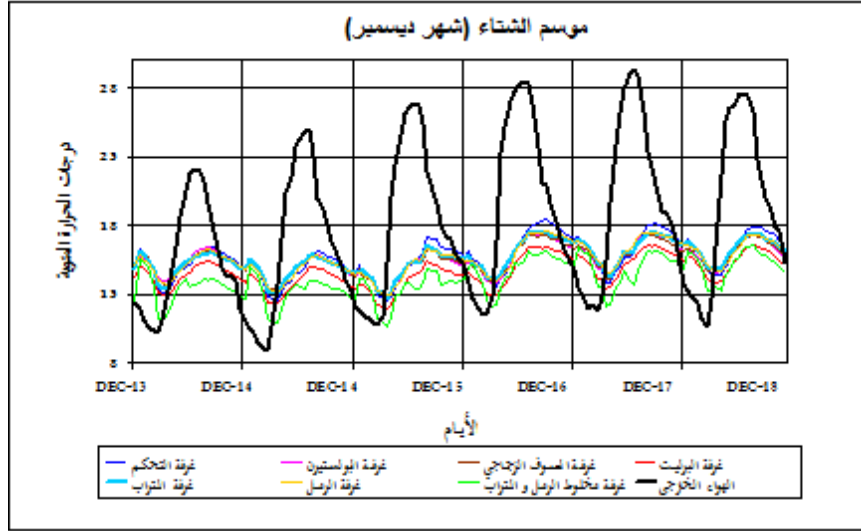
3-3-9 وحدة حاسب آلي:

تم استخدام جهاز حاسب آلي ، يعملان على برنامج (PC208) ، لتشغيل نظام (CR10) ومعالجة القراءات وتخزينها يوميا ومشاهدة رسومات بيانية وقت تسجيل القراءات لجميع أجهزة القياس لأحوال الطقس والمجسات الحرارية. كما استخدم محلل بيانات (Excel) لعمل رسومات بيانية وتحليل المعلومات المسجلة.

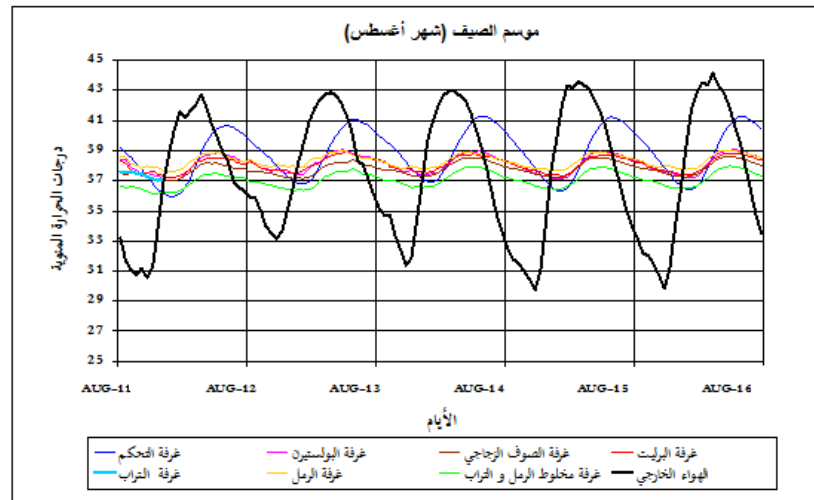
10- تحليل المعلومات:

يوضح الشكل 6 الأداء الحراري للغرف الاختبارية في المرحلة الأولى خلال فترة الشتاء من بداية يوم 13 ديسمبر وحتى 18 ديسمبر، بهدف معرفة الأداء الحراري للغرف وقت انخفاض درجة الحرارة للهواء الخارجي والداخلي. ويبين هذا الشكل نمط التغير اليومي في حرارة الهواء الداخلي والهواء الخارجي المحيط عندما كانت درجة حرارة الهواء الخارجي القصوى 22°م، فقد كانت درجة حرارة الهواء الداخلي التي زودت بالعزل الهوائي في حوائطها "غرفة التحكم" 15°م وكانت درجات حرارة الهواء الداخلي للغرف الاختبارية الست غرفة البولسترين، غرفة الصوف الزجاجي، غرفة البرلايت، غرفة التراب، غرفة الرمل، غرفة مخلوط التراب والرمل، هي 16°م، 15°م، 15°م، 15°م، 14.5°م، 14°م على التوالي. أي أن فرق درجة الحرارة بين الهواء الخارجي والهواء الداخلي في تلك الغرف الست التي تم تزويدها بمواد العزل الحراري هي 6°م، 7°م، 7°م، 7°م، 7.5°م، 8°م، على التوالي.

وهذا يوضح فاعلية عزل الغرفة بمادة مخلوط الرمل والتراب بسمك 5 سم في حوائط تلك الغرف. هذا بالإضافة إلى أن زمن التأخير أو الإزاحة الحرارية (Time lag) الذي حدث بين معدل أعلى درجة حرارة الهواء الخارجي والهواء الداخلي للغرف استغرق حوالي من 2 إلى 3 ساعات. وهذا يبين خاصية التخزين الحراري أو السعة الحرارية (Heat capacity) لمادة مخلوط الرمل والتراب والتي ساعدت على تأخير مرور الحرارة من السطح الخارجي إلى السطح الداخلي للغرفة وبالتالي وصولها إلى الهواء الداخلي بواسطة الإشعاع والحمل مسببة إنخفاض في درجة حرارة الهواء الداخلية. ويلاحظ أنه عندما كانت درجة حرارة الهواء الخارجي الصغرى 10°م كانت درجة حرارة الهواء لغرفة التحكم وللغرف الأخرى حوالي 13°م، ماعدا غرفة مخلوط الرمل والتراب والتي سجلت 11°م في نفس الوقت، أي بفارق بين الهواء الخارجي وغرفة مخلوط الرمل والتراب وبقية غرف الأخرى بمقادير 1°م، 3°م، على التوالي.



شكل 6: نمط التغير في حرارة الغرفة الاختبارية عندما أجريت التجربة في المرحلة الأولى لفترة الشتاء. ويوضح الشكل 7 الأداء الحراري للغرفة الاختبارية في المرحلة الثانية خلال فترة الصيف من بداية يوم 11 أغسطس وحتى 16 أغسطس، بهدف معرفة الأداء الحراري للغرفة وقت ارتفاع درجة الحرارة للهواء الخارجي. وهذا الشكل يوضح نمط التغير اليومي في حرارة الهواء الداخلي والهواء الخارجي المحيط عندما كانت درجة حرارة الهواء الخارجي القصوى 44°C ، حيث كانت درجة حرارة الهواء الداخلي للغرفة التي زودت بالعازل الهوائي في حوائطها "غرفة التحكم" 41.5°C وكانت درجات حرارة الهواء الداخلي للغرفة الاختبارية الست غرفة البولستين، غرفة الصوف الزجاجي، غرفة البرلايت، غرفة التراب، غرفة الرمل، غرفة مخلوط التراب والرمل، هي 39°C ، 39.5°C ، 39°C ، 39°C ، 38°C على التوالي. أي أن فرق درجة الحرارة بين الهواء الخارجي والهواء الداخلي في تلك الغرف الست التي تم تزويدها بمواد العزل الحراري هي 5°C ، 4.5°C ، 4.5°C ، 5°C ، 5°C ، 6°C ، على التوالي. وقد وُجد أن بغرفة التحكم هي 2.5°C ، 2°C ، 2.5°C ، 2.5°C ، 2°C ، 3.5°C ، على التوالي. وهذا يوضح فاعلية عزل الغرفة بمادة مخلوط الرمل والتراب بسمك 5 سم في الحوائط لابقاء درجة حرارة الهواء الداخلي أقل من درجة الحرارة الداخلية في الغرفة الأخرى. هذا بالإضافة إلى أن زمن التأخير أو الإزاحة الحرارية (Time lag) الذي حدث بين معدل أعلى درجة حرارة الهواء الخارجي والهواء الداخلي للغرفة استغرق حوالي من 2 إلى 3 ساعات. وهذا يبين خاصية التخزين الحراري أو السعة الحرارية (Heat capacity) لمادة مخلوط الرمل والتراب والتي ساعدت على تأخير مرور الحرارة من السطح الخارجي إلى السطح الداخلي للغرفة وبالتالي وصولها إلى الهواء الداخلي بواسطة الإشعاع والحمل مسبقة انخفاض في درجة حرارة الهواء الداخلية.



الشكل 7: نمط التغير في حرارة الغرفة الاختبارية عندما أجريت التجربة في المرحلة الثانية لفترة الصيف.

تبين في هذه الدراسة فاعلية استخدام المواد العزل الصناعية والطبيعية في العزل الحراري للحوائط في مباني وخاصة السكنية في المناطق الحارة الجافة، وقد لوحظ فاعلية مواد العزل الحراري المصنعة منها والطبيعية التي تم استخدامها في التجربة في تحقيق العزل الحراري للغرف الإختبارية. كما لوحظ أن بعض المواد الطبيعية المتوافرة في البيئة المحلية والتي يمكن استثمارها في تحقيق العزل الحراري من خلال وضع مادة من مخلوط الرمل والتراب في تجويف الحوائط المزودة. فقد وجد بالتجربة التطبيقية أن درجة حرارة الهواء الداخلي لغرفة مبنية بحوائط مزدوجة من البلوك الأسمنتي (حائط خارجي بسمك 10 سم وحائط داخلي بسمك 15 سم) بينهما خليط من الرمل والتراب بسمكة 5 سم يمكن أن تقلل من درجة حرارة الهواء الخارجي بحوالي 6°م و 8°م، خلال فترتي الصيف والشتاء على التوالي.

١٢ - التوصيات:

يوصى بتطبيق استخدام مخلوط الرمل والتراب في عزل الحوائط المزودة في المباني السكنية على وجه الخصوص وذلك لما توفره من عزل حراري بشكل جيد مقارنة بمواد العزل الحراري المصنعة المستخدمة في السوق المحلية بمدينة الرياض، وذلك بالإضافة إلى توفرها ورخص سعرها. ولكن يتطلب ذلك أن تكون مباني الحوائط المزودة قويّة من الناحية الإنشائية حتى تتحمل الأحمال الجانبية المتولدة من ثقل خليط الرمل والتراب على جانبي الجدار. ويوصى بعمل المزيد من الدراسات التطبيقية على مباني بمقاسات حقيقية بحيث يستخدم فيها خليط الرمل والتراب لتغطي غلاف المبنى بالكامل شاملاً الحوائط والسقف، كما يوصى بأن لا تقتصر تلك الدراسات على النواحي الحرارية فقط بل يمكن التوسع فيها بدراسة النواحي الاقتصادية لأنظمة العزل المختلفة من حيث كلفة البناء وكلفة التشغيل للمباني السكنية في المناطق ذات المناخ الصحراوي.

13- الخاتمة:

لقد أثبتت هذه الدراسة أن المباني المزودة بمواد عازلة للحرارة من مواد طبيعية بطبقة من مخلوط الرمل والتراب تمنع ارتفاع درجة الحرارة الداخلي للمبنى عندما تشد درجة حرارة الهواء الخارجي المحيطة. ويقودنا ذلك إلى أهمية النظر في استخدام مواد العزل الطبيعية، والتي تتميز بوفرته ورخص سعرها واستقرارها عبر الزمن وسلامة استخدامها دون أن تسبب إشكاليات صحية على المستخدمين، وذلك لمنع سريان الحرارة المكتسبة من أشعة الشمس المباشرة خلال ساعات النهار في حوائط المبنى. وتتأكد الحاجة إلى المزيد من الدراسات التطبيقية في هذا المجال للوصول إلى درجات حرارة داخل المباني في نطاق الراحة الحرارية للإنسان.

شكر و عرفان

يتقدم الباحثان بالشكر الجزيل لعمادة البحث العلمي بجامعة الملك سعود ممثلة بمركز البحوث في كلية العمارة والتخطيط، على تبني هذه الدراسة ودعمها. كما يشكر الباحثان كل من أسهم توثيق هذه التجربة وإخراجها.

المراجع

- [1] الجديد، منصور بن عبدالعزيز. "عمارة الطين في البلاد العربية والبلاد الغربية: طرق البناء السائدة ومحاوّر التطوير المقترحة". مجلة مركز بحوث ودراسات المدينة المنورة، المملكة العربية السعودية، المدينة المنورة، العدد الثامن، 2004م.
- [2] Dethier, J. Down to Earth. Centre of Georges Pompidou, Paris, 1981. English edition published by Thames & Hudson Ltd. London, 1982.
- [3] هوبن، ه. وغولاود، ه. البناء بالطين الدليل الشامل. ترجمة منصور الجديد ومحمد عبدالعزيز. دار جامعة الملك سعود للنشر، الرياض، 2017م.
- [4] Cole, R. S. "Underground Dwelling in South Tunisia". Proceedings of The International the Passive and Hybrid Cooling Conference. Miami Beach, FL (1981), 178-179.
- [5] الجديد، منصور بن عبدالعزيز. "عمارة الطين: بين خبرات الماضي وتطلعات المستقبل". سجلات المؤتمر العلمي الأول، العمارة الطينية على بوابة القرن الحادي والعشرين. مدينة سيئون، الجمهورية اليمنية، 10-12 فبراير 2000م. صص 69-81.
- [6] فتحي، حسن. عمارة الفقراء. الجامعة الأمريكية بالقاهرة، جمهورية مصر العربية، القاهرة، 1989م.
- [7] بن صالح، محمد بن عبد الله. "مقارنة الأداء الحراري لمباني الطوب الفخاري المفرغ مع الطوب الأسمنتي المفرغ في المنطقة الحارة الجافة من المملكة العربية السعودية". مجلة جامعة الملك سعود، فرع العمارة والتخطيط، المجلد الرابع. المملكة العربية السعودية، الرياض، 1992م. صص 95.
- [8] المقرن، خالد بن عبد الله. "مدخل لترشيد استهلاك المباني للطاقة الكهربائية في مدينة الرياض". مجلة جامعة الملك سعود، فرع العمارة والتخطيط، المجلد السادس. المملكة العربية السعودية، الرياض، 1994م. صص 43.

- [9] الحديدي، محمد ومنظور الحق واقتاب أحمد. استهلاك الطاقة الكهربائية في أبنية مختارة في جامعة الملك فهد للبترول والمعادن ، الظهران ، المملكة العربية السعودية. مؤتمر البحر المتوسط حول البيئة والطاقة الشمسية. الجمهورية اللبنانية، بيروت، 2000م. المجلد 493، ص3.
- [10] فتحي، حسن. الطاقات الطبيعية في العمارة التقليدية. المؤسسة العربية للدراسات والنشر، لبنان، بيروت، 1988م.
- [11] Alshamrani, O., Abdul Mujeeb, M., Ashraf, N., Al-Ghonomy, A., Aichouni, M. "Selection of External Wall Material by LCC Technique for Office-cum-Commercial Building in the Eastren Province of Saudi Arabia". Journal of Architecture and Planning, King Saud University, Vol. 29-2, Riyadh, 2017.
- [12] موقع المركز السعودي لكفاءة الطاقة على الشبكة العنكبوتية www.seec.gov.sa
- [13] شاكر، محمد. الجزيرة العربية: عسير. مطبوع ات وزارة المعارف ، الطبعة الثالثة، المملكة العربية السعودية، الرياض. (دون تاريخ).
- [14] الجديد، منصور بن عبدالعزيز. "أنماط العمارة الأصيلة في المنطقة الجنوبية الغربية من المملكة العربية السعودية"، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، مجلس النشر العلمي، جامعة الكويت، العدد 115. الكويت، 2004م. ص ص 185-256
- [15] الحمدي، ناصر بن عبد الرحمن. "الأداء الحراري للمباني بملاصقة التربة في مناخ حار جاف بالمملكة العربية السعودية". مجلة جامعة الملك سعود ، فرع العمارة والتخطيط ، المجلد الحادي عشر. المملكة العربية السعودية، الرياض، 1999م. ص24.
- [16] التويجري، عبدالرحمن عبدالمحسن. "جهود وزارة الصناعة و الكهرباء في مجال ترشيد الاستهلاك و إدارة الأحمال الكهربائية و النتائج التي تم تحقيقها على مستوى المملكة". ورشة عمل ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية وإدارة الأحمال، المملكة العربية السعودية، الرياض، 29 ذي الحجة 1417 هـ إلى غرة محرم 1418 هـ.
- [17] موقع الحملة الوطنية لترشيد استهلاك الطاقة على الانترنت www.taqa.sa
- [18] موقع وكالة الأنباء السعودية على الشبكة العنكبوتية www.spa.gov.sa
- (وقد نشر هذا الخبر عن المركز السعودي لكفاءة الطاقة وذلك في موقع الوكالة بتاريخ 24 شوال 1438 هـ الموافق 18 يولييه 2017م.).
- [19] الغنيم، عبدالمحسن. "الحاجة لإستعمال العوازل الحرارية في المملكة العربية السعودية. مجلة المهندس، المجلد الثاني، العدد 1، المملكة العربية السعودية، الرياض، 1409 هـ.
- [20] التويجري، عبدالرحمن. "ترشيد استهلاك الطاقة وإزاحة الأحمال الكهربائية في الدوائر الحكومية" للقاء العلمي عن ترشيد استهلاك الكهرباء: الأساليب العلمية والتجارب العملية، معهد الإدارة العامة، الرياض 1419 هـ.
- [21] وزارة الشؤون البلدية والقروية. نشرة توضيحية عن العزل الحراري. المملكة العربية السعودية، الرياض، 1415 هـ.
- [22] الشركة السعودية للكهرباء، المنطقة الوسطى. نشرة "أثر العزل الحراري للمباني في ترشيد الطاقة"، المملكة العربية السعودية، الرياض، 1415 هـ..
- [23] موقع منتدى البناء السعودي على الانترنت www.saudibenaa.com
- [24] موقع حديث العقار على الشبكة العنكبوتية www.aqartalk.com
- [25] مصلحة الأرصاد وحماية البيئة. معلومات عن أحوال الطقس وبيئة مدينة الرياض، مركز المعلومات والوثائق العلمية، وزارة الدفاع والطيران، المملكة العربية السعودية.