استعمال المواد العازلة الشفافة

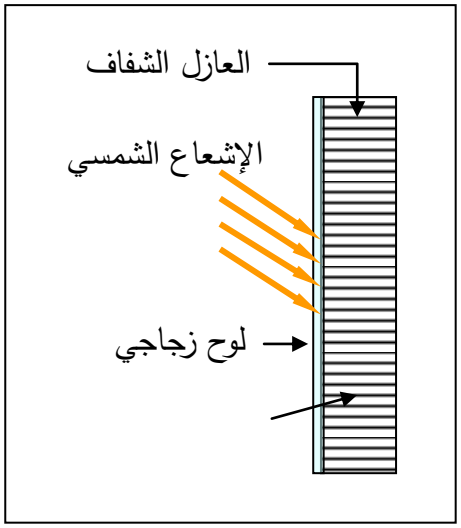
لتدفئة المباني بالطاقة الشمسية

المهندس أدهم سبع العيش

مهندس استشاري في حفظ الطاقة في المباني

مقدمة:

تعتبر " العازلات الحرارية الشفافة " (Transparent Insulation TIN) من الوسائل التقنية الحديثة التي بدأ استخدامها في السنوات الأخيرة بشكل متزايد في العديد من الدول الأوروبية بهدف توفير نسب عالية من الطاقة اللازمة لتدفئة المباني في تلك الدول. وقد وجدت العازلات الشفافة تطبيقات عملية ذات جدوى اقتصادية في عدد كبير من المباني الحديثة والقديمة على حد سواء. كما أثبتت القياسات الميدانية التي أجريت في ألمانيا والنمسا أن حوالي ($250\ kWh/m^2$) من الطاقة اللازمة للتدفئة أو ما يعادل (25) لتر من وقود التدفئة يمكن توفيرها في فترة التدفئة لكل متر مربع من العازل الشفاف المركب على الجدران الخارجية الجنوبية في تلك الدول. هذا على الرغم من أن هذه الدول تعاني من شحة سطوع الشمس فيها في فصل الشتاء، كما أن درجة الحرارة الخارجية تصل إلى مستويات متدنية في فترة التدفئة الشتوية.



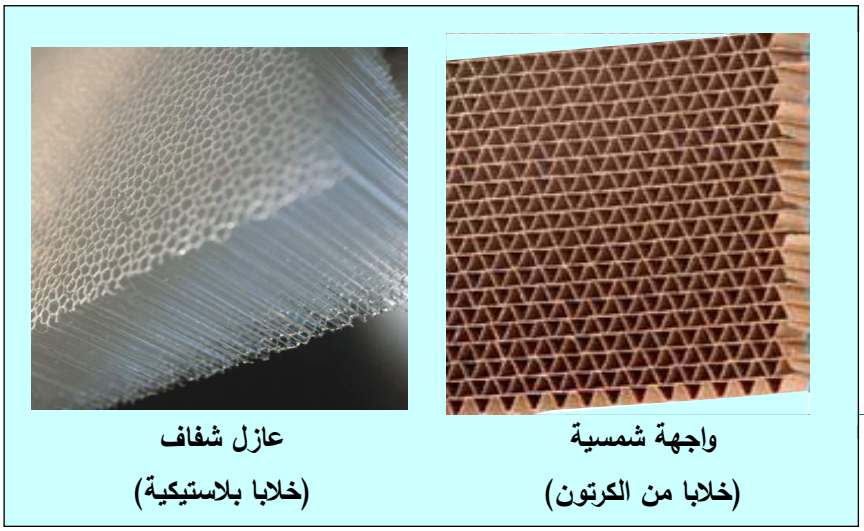
شكل رقم 1 : تكوين العازل الشفاف

تعريف العازل الحراري الشفاف:

تصنع العازلات الحرارية الشفافة غالبا على شكل ألواح من المواد البلاستيكية أو الزجاج بسماكات تتراوح بين 5 و 15 سم. وتشتمل الألواح على أعداد هائلة من الخلايا على شكل أنابيب دقيقة متلاصقة تشبه خلايا النحل بأقطار لا تزيد عن 3 مم باتجاه عمودي على الألواح (شكل رقم 1). وتكون الألواح المصنوعة من المواد البلاستيكية في العادة هشة يتم حمايتها خلال التصنيع أو حين التركيب بألواح من الزجاج الواقي.

وتعتبر العازلات الشفافة من المواد ذات التسخين بواسطة الإشعاع الشمسي والتي تسمى بالألواح الشمسية (Solar panels) . كما أن هناك مواد أخرى مشابهة في أدائها ولها نفس الوظيفة في اكتساب الأشعة لتدفئة المباني تسمى الوجهات الشمسية (Solar facades).

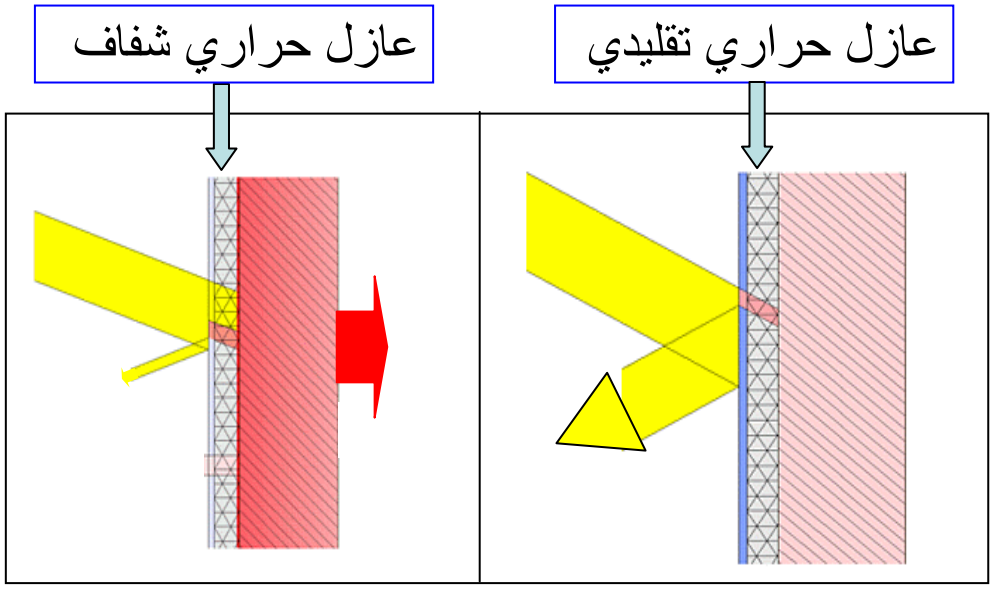
(SF وبخلاف العازلات الحرارية الشفافة التي تصنع من المواد البلاستيكية أو الزجاج فإن ألواح الواجهات الشمسية يتم إنتاجها من الكرتون (انظر الشكل رقم 2).



شكل رقم (2): أ الواجهات الشمسية والعازلات الشفافة

تجري حماية الألواح حين التصنيع أو خلال التركيب بألواح من الزجاج الواقي ، سواءَ كانت خلاياها من المواد البلاستيكية أو من الكرتون.

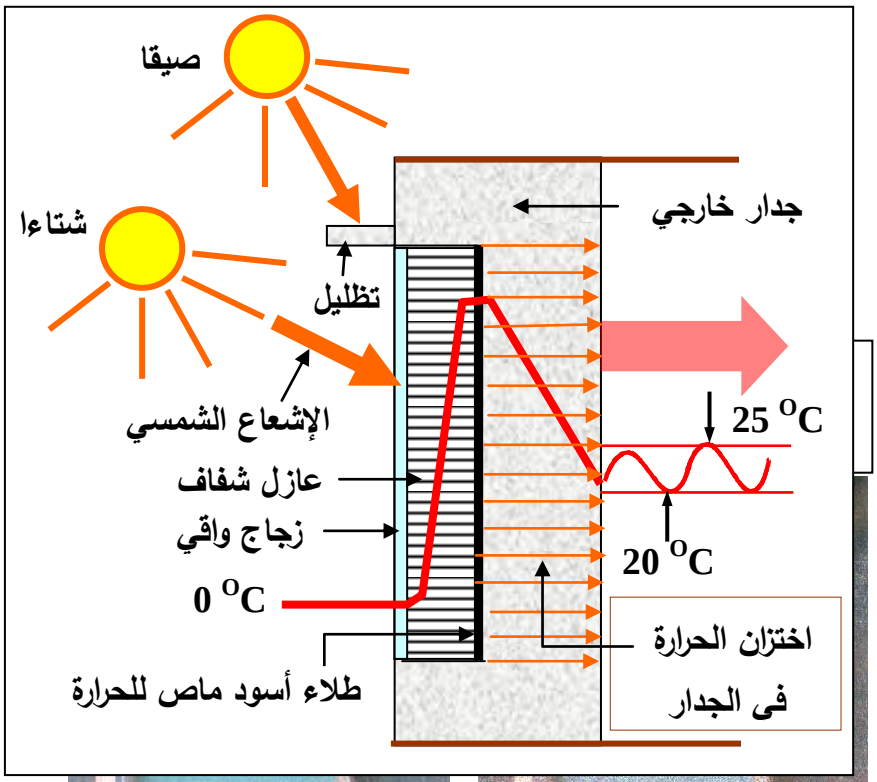
يبيّن الشكل رقم (3):الفرق في آلية عمل العازل الحراري التقليدي والعازل الحراري الشفاف



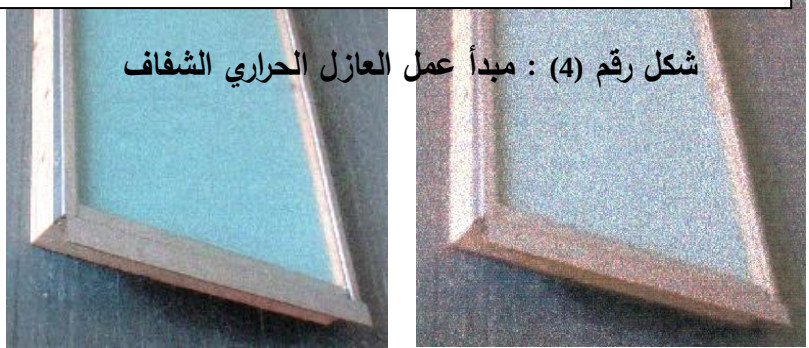
شكل رقم (3) : الفرق بين العازل الحراري التقليدي والعاول الشفاف

مبدأ عمل العازل الشفاف:

يعتمد مبدأ "العازل الشفاف" –الذي يتم تثبيته على الواجهات الخارجية لجدران المباني– على استغلال الطاقة الشمسية في فصل الشتاء وذلك بالسماح لأشعة الشمس بالتغلغل بكثافة عبر خلاياه ووصولها للجدار الواقع خلف العازل الشفاف، حيث تقوم طبقة الطلاء الأسود للجدار بامتصاص حرارة الشمس النافذة واختزانها داخل الجدار كما هو موضح في الشكل رقم (4). بهذه الطريقة تبقى درجة حرارة سطح الجدار من الداخل أعلى من مثيلاتها في الجدران الأخرى، مما يساهم في تدفئة الغرف الداخلية، والاستغناء أو التقليل من التدفئة بالوسائل التقليدية المتبعة عادة في المباني. كما يوفر الشعور بالارتياح الحراري للمقيمين داخل المبنى. يحتفظ الجدار بالحرارة المختزنة فيه لمدة طويلة من الزمن، ويعمل كخزان حراري يشع حرارته إلى الجو الداخلي حتى في ساعات الليل وفي الأيام غير المشمسة، في حين يقوم العازل الحراري الشفاف نفسه بالحد من فقدان الحرارة من داخل المبنى إلى الخارج. أما في فصل الصيف فتتم الوقاية بالتظليل الإنشائي أو بالأباجورات الخارجية المتحركة لمنع وصول حرارة الشمس إلى العازل الشفاف ومنع نفاذها إلى الداخل كما هو مبين في الشكل رقم (4).



شكل رقم (4) : مبدأ عمل العازل الحراري الشفاف



أما الشكل رقم (5) فيبين أبنية في ألمانيا تم فيها تركيب العازلات الشفافة على الواجهات الجنوبية والغربية، حيث ظهرت على شكل نوافذ تضفي على المباني أشكالاً معمارية جميلة.

شكل رقم (5) : أبنية في ألمانيا تم فيها تركيب العازلات الشفافة على الواجهات الجنوبية والغربية

تجارب وقياسات ميدانية

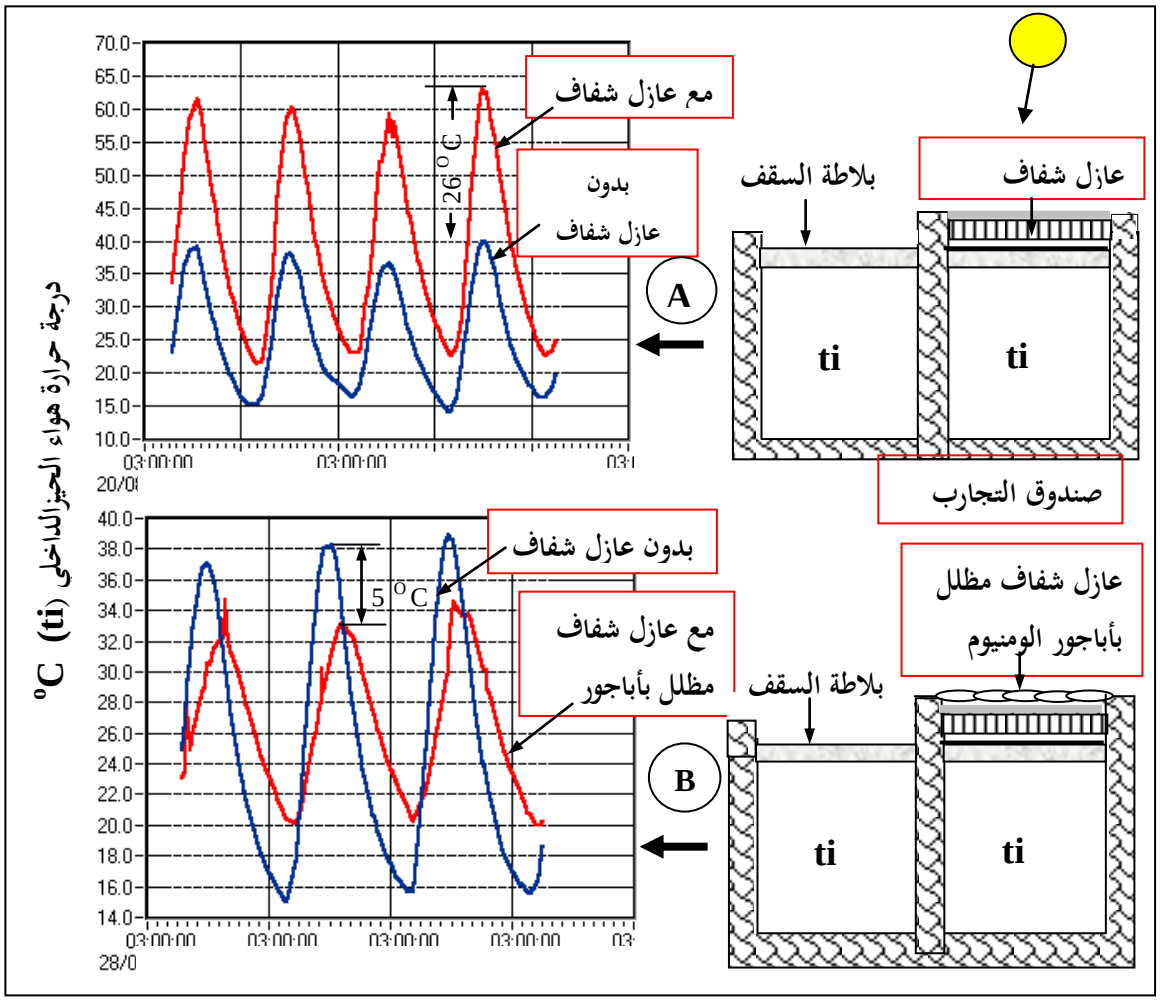
قام مركز بحوث البناء في الجمعية العلمية الملكية بإجراء تجارب وقياسات ميدانية في إطار مشروع تم تمويله من المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا لدراسة إمكانية استخدام مثل هذه المواد العازلة الشفافة لتدفئة المباني المحلية وتحديد الجدوى الاقتصادية من استخدامها، خاصة وأن الأردن يمتاز بفترات تشمّس أطول بكثير في الشتاء من تلك المألوفة في الدول الأوروبية التي تستخدم هذه التقنية بنجاح.

❖ صندوق التجارب :

تم تصميم وبناء صندوق للتجارب لإجراء قياسات حرارية بواسطته على المواد والعناصر المشمولة بالبحث. يتكون الصندوق من حجرتين متجاورتين ومتماثلتين في الحجم والشكل والأبعاد للتمكن من إجراء تجارب مقارنة (Comparison experiments) بينهما، وقد جرى عزلهما حرارياً بشكل جيد للحد بقدر الإمكان من الفقدان الحراري منهما أو انتقال الحرارة بينهما. كما تم تغليف الحجرتين من الداخل ببلاطات من الرخام تمثل جدران وأرضيات وسقف الحجرتين كعناصر خازنة للحرارة (Heat storage elements) لتمثيل الاختزان الحراري في جدران وأسقف الأبنية كما في الواقع العملي. (انظر الشكل رقم (6)). وقد أجريت القياسات الميدانية على الصندوق باستعمال البرنامج الحاسوبي (LabView) المستخدم في مجال المختبرات.

القياسات في صندوق التجارب:

في هذه التجربة تم استخدام العازل الشفاف في احد حجرتي صندوق التجارب فوق بلاطة السقف المطلاة باللون الأسود كعنصر خازن للحرارة في حين بقيت الحجرة الأخرى بدون عازل شفاف باستعمال بلاطة سقف ذات سطح خارجي أبيض. ويبين الشكل رقم (6) نتائج التجربة حيث زاد متوسط درجة الحرارة القصوى (ti_{max}) باستعمال العازل الشفاف(الشكل 6/ الحالة A) بنسبة بلغت(% 58.4) مقابل الحجرة الأخرى (بدون العازل الشفاف). كما زاد متوسط درجة الحرارة الدنيا (ti_{min}) بنسبة (% 43.8) في الحجرة الأولى عنها في الحجرة الثانية.



شكل رقم (6): مقارنة درجة حرارة الهواء داخل حجرتي صندوق التجارب

A : حجرة استخدم فيها العازل الشفاف TIN والأخرى بقيت بدون عازل شفاف

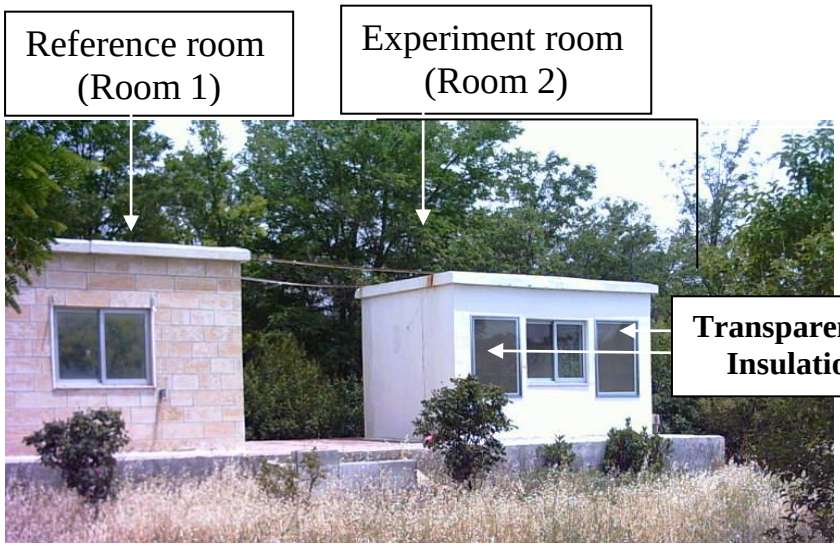
B: نفس التجربة السابقة A بعد تظليل العازل الشفاف بأباجور ألومنيوم

وقد لوحظ بعد تظليل العازل الشفاف بأباجور من الألومنيوم (الشكل 6/الحالة B) أن التردد في درجة الحرارة في حجرة العازل الشفاف أقل من التردد قي الحجرة الاخرى،(أي أن هناك اسنقرار حراري أفضل باستعمال العازل الشفاف المظلل). كما أن درجة الحرارة القصوى قد انخفضت بحدود $5\ ^{o}C$ في حجرة ا لعازل الشفاف المظلّل عن مثيلتها في الحجرة الاخرى.

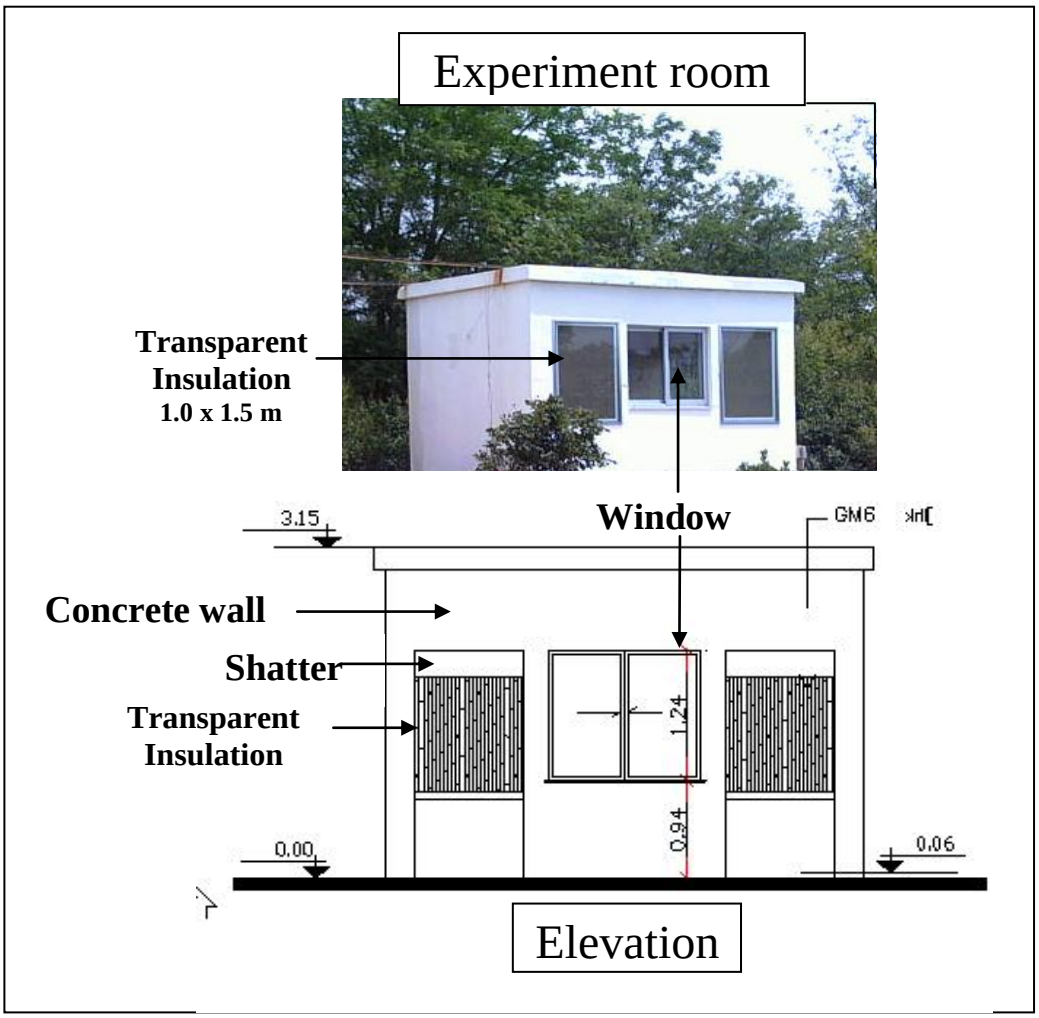
❖ غرف التجارب:

أجريت قياسات ميدانية على غرفتي تجارب تم إنشاءهماَ لأغراض البحث العلمي على أرض الجمعية العلمية الملكية، وهما غرفتين بالقياس الطبيعي متجاورتين ومتماثلتين

في الحجم والشكل والأبعاد والاتجاه الجغرافي ومن حيث التعرض للظروف الجوية المحيطة (أنظر الشكال 7).



شكل رقم (7) : غرفتي التجارب



شكل رقم (8): تركيب العازل الشفاف (TIN) على الجدار الجنوبي في غرفة التجارب

تم تحضير الغرفتين لإجراء القياسات الميدانية الخاصة بمشروع هذا البحث بإجراء تعديلات على التصميم الحراري لهما للحصول على أداء حراري متماثل، أي الحصول على قيمة انتقالية حرارية U-value كلية متساوية لكل منهما:

$$\text{Total U-value } U_t = 0{,}77 \ (W/m^2.K)$$

تمثل الغرفة الأولى (Room 1) نموذجاً من نظام البناء التقليدي باعتبارها غرفة مرجعية (Reference room) في حين تمثل الغرفة الثانية (Room 2) غرفة تجارب (Experiment room) . روعي في تصميم وبناء الغرفتين استعمال باب ونافذة لكل منهما بنفس القياس وبنفس الاتجاه. كما تم اختيار نفس الأرضية في النموذجين.

قبل البدء بالتجارب جري تعديل الجدار الجنوبي في غرفة التجارب بتصميمه بشكل يسمح بتركيب عنصرين جاهزين من العازلات الشفافة تم استيرادها خصيصاً لهذا الغرض. تبلغ مساحة كل من هتين الواجهتين ($1.5\ m^2$) وبسماكة(6 cm). وقد جرى تثبيت الواجهات بشكل عمودي مع إطار من الألومنيوم وبشكل معماري مشابه للنوافذ المستعملة في المباني (انظر الشكل 8). كما احتوت كل من الغرفتين على نافذة ألومنيوم ذات زجاج مفرد في وسط الجدار الجنوبي للغرفة.

اجريت في هذه التجارب قياسات لتحديد الفقدان الحراري خلال فترة التدفئة الشتوية. وقد تم لتحقيق ذلك تجهيز كل من غرفتي التجارب بمدفأة كهربائية متصلة بثيرموستات للتحكم اوتوماتيكياً بالتدفئة والمحافظة على درجة حرارة متوسطة ثابتة (20^oC) بدون توقف طيلة فترة التجارب. أما قياس كمية الطاقة المستهلكة فقد تم من خلال عداد كهربائي خاص بكل غرفة يغذي المدفأة الكهربائية الخاصة بها. وللمحافظة على دقة القياسات المجراة فقد كانت عملية تهوية الغرف تتم عن طريق فتح النافذة أو الباب بنفس الطريقة ونفس المدة الزمنية.

يبين الجدول التالي أن نسبة التوفير في الطاقة اللازمة لتدفئة غرفة التجارب خلال فترة التدفئة الشتوية بلغت (49.5 %) عند استعمال العازل الشفاف في الجدار الجنوبي للغرفة. وقد تم تحقيق هذه النسبة بتركيب ($3\ m^2$) من العازل

الشفاف لتدفئة حيز الغرفة التي يبلغ حجمها ($12\ m^3$). وقد بلغ معدل كمية الطاقة التي أمكن توفيرها شهرياً في فترة التدفئة الشتوية (184 kWh) في غرفة التجارب، أي مايعادل (61,4 kWh) لكل m^2 من العازل الشفاف. وعلى ذلك فإن

التوفير بلغ (306.8 kWh) لكل m^2 من العازل الشفاف خلال كامل الفترة الشتوية ومدتها 5 أشهر.

الفترة التي اجريت فيها التجارب	13.01.05 – 14.02.06		08.03.05 – 08.04.06	
	الغرفة المرجعية	غرفة التجارب	الغرفة المرجعية	غرفة التجارب
كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة (kWh)	485.8	305.1	461.9	274.5
كمية التوفير في الطاقة خلال ففترة القياس (kWh)	180.7		187.4	
نسبة التوفيرفي الطاقة الكهربائية المستهلكة (%)		37.2%		40.6%
متوسط التوفيرالشهري في الطاقة خلال فترتي التجارب (%)	38.9 %			