The Environmental Effect Reduction On Internal Space Temperature By Internal Walls Covering

تقليل تأثير البيئة على درجة حرارة حيز المبنى بتغليف الجدران من الداخل (دراسة تجريبية)

أ.م.عاطف علي حسن
معهد التكنولوجيا – بغداد

الملخص :-

يهدف البحث الى تقليل كميات الحرارة المنتقلة من أوالى الحيز الداخلي للمبنى بتغليف الجدار الخارجي (المعرض الى البيئة) من الداخل، وباستخدام مواد متوفرة في السوق المحلية، لذلك تم تشييد غرفة أبعادها (2x1x1)م، تقع على سطح الطابق الثالث لمبنى في مدينة بغداد (خط عرض 33.2 درجة شمالاً)، والجدار (2x1) م مواجه للشرق، واستخدم لأغراض الدراسة، بينما تم عزل بقية الجدران والسقف والأرضية من الداخل باستخدام عازل حراري (ألواح الستايربور) سمك (200) ملم مع استخدام مكيفة هواء جدارية سعتها التبريدية (0.5) طن تبريد لتوفير الظروف الحرارية القياسية.

توصل من خلال دراسة الأداء الحراري للجدار المغلف بالمواد، بأن استخدام طابوق الواجهات المجوف سمك (120)ملم مع العازل الحراري نوع الواح البولي ستايرين سمك 10 ملم يحقق نسبة تخفيض في الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف بمقدار 47% مما يستهلكه الجدار الاعتيادي (بدون تغليف) وكذلك فان نسبة التوفير المتحققة عند التغليف بإحدى المواد – الطابوق الفرشي مع العازل الحراري، خشب الفايبر المغطى بورق الجدران مع العازل والألواح المعدنية (الألمنيوم) المطلي بالطلاء الحراري البلاستيكية قد كانت 41.8 % بينما التغليف بإحدى المواد التالية، حجر حلان، طابوق فرشي، خشب معاكس مع العازل الحراري، خشب MDF مع العازل وألواح الألمنيوم مع العازل والألواح المعدنية المطلية بالطلاء الحراري البلاستيكية قد وفرت ما يقارب 35% ، أما التغليف بالمرمر الطبيعي أو البورسلين، السيراميك ومع وجود العازل الحراري ، وألواح البلاستيك المجوف مع العازل قد حققت كل منها توفير لا يتجاوز 27% من إجمالي الطاقة المستهلكة بدون تغليف.

الكلمات الرئيسية : تقليل التسرب الحراري من جدران الأبنية – تغليف الجدران بمواد متوفرة – تقليل تأثير البيئة على درجة حرارة الحيز – تقليل استهلاك الطاقة داخل المبنى.

Abstract :

The objective of this paper is reduced the heat transferred quantities from or to internal building space by covering it's internal walls with many materials, therefore, build the (1x1x2)m room sample at 3rd floor for building in Baghdad city (L = 33.2 °N), and (1x2)m wall has east orientation, while the other surfaces were insulated by 200 mm styropor sheets, and using Air – Conditioner 0.5 Ton of refrigeration to afford the standard thermal comfort.

From search result found that, the hollow faced brick (120mm thickness) with 10mm polystyrene thermal insulation used as a cover layer for ordinary wall saved 47% from electrical energy consumption in Air-Conditioner, while used solid flooring brick with thermal insulation and fiber wood with colour paper covered, the metal sheet painted with thermal plastic paint with 10 mm thermal insulation gives each one of that 41.8% saving, while the covering with one of this materials hallan stone, solid flooring brick, MDF wood with thermal insulation, metal sheet with thermal insulation and metal sheet painted with thermal plastic paint gives about 35% percentage saving, while used the marble, porcelene , ceramic and hollow plastic board (for decorative used) give electrical energy reduction percentage about 27% .

Main Words :

Heat transfer reduction through walls, Covering materials for thermal environmental effect reduction, Energy consumption reduction through building.

المقدمـــة :-

أن الأبنية تستهلك ولأغراض تكييفها السنوي ما يقارب (70)% من إجمالي استهلاكها السنوي للطاقة (علي حسن، لطيف- 2008)، وبما أن حجم المبنى السكني لا يتعدى (500–1000) متر مكعب، وكذلك فان ارتفاعه لا يزيد عن الثلاث طوابق (9 متر)، لذلك فان تأثير الحمل الحراري المتسرب من جدران المبنى يكون في الحدود (50–80)% من إجمالي التأثير البيئي على المبنى (علي حسن – 2009)، وعليه فان تقليل التسرب الحراري خلال جدار المبنى سينعكس مباشرة على تقليل الطاقة المطلوبة لتكييف المبنى، وإحدى السبل المتاحة لتحقيق ذلك، هو تقليل معامل الانتقال الحراري الإجمالي لمقطع الجدار الخارجي للمبنى (المعرض للبيئة) .

أن الجدار التقليدي شائع الاستخدام منذ عدة عقود وفي عموم العراق تقريباً، هو التشييد بالطابوق الفني سمك (240)ملم مع استخدام طبقتي إنهاء، لبخ بالاسمنت سمك (20)ملم من الخارج، وطبقة جص فني سمك (25) ملم من الداخل والتي تعطي معامل انتقال حراري إجمالي قدره (1.75) واط/م^2.ك (الدوري–1992) وهو رقم كبير نسبياً (رغم وجود أنماط أخرى للبناء– حجر الحلان سمك (400)ملم والكتل الخرسانية المجوفة سمك (200) ملم، إلا أنها محدودة الاستخدام) ومهما كانت نسبة تخميد تردد الموجة الحرارية المؤثرة على الجدار، فأن فرق درجات الحرارة على طرفي الجدار(بين البيئة وداخل الغرفة) لا يقل عن 20°م (كامل شعبان– 1973)، لذلك فان كمية الحرارة المتسربة من أو الى داخل المبنى ستكون كبيرة المقدار، ومقدار تغيرها الساعي خلال أشهر العام موضحة في الشكل(1) (الباحث)، وبما أن العراق يعمل على وضع اللبنات الأولى لحملة إعمار ضخمة، لتلبية متطلبات الحاجات الأساسية للفرد العراقي (أبنية سكنية – مدارس – مستشفيات وأبنية عامة أخرى)، سيتطلب هذا زيادة كمية الطاقة الكهربائية التي تستهلكها تلك الأبنية وبالتالي يتطلب زيادة الطلب على إنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية لتلبية ذلك الطلب.

لقد تناول عدد من الباحثين تقليل التسرب الحراري من الأبنية، فمنهم من أكد على ضرورة توفير تشجير محيط بالأبنية باستخدام المتسلقات لكونها تؤثر في تخفيض درجة حرارة الحيز الداخلي للأبنية في حدود (4) م°، أي أن تقليل الطاقة المطلوبة لتكييفها سيكون في حدود 28% (حسن-2008) ومنهم من ركز على ضرورة استخدام عزل حراري في حدود (70 – 100) ملم ، تبعاً لنوع واتجاه الجدار (Hasan-1984)، والبعض من اقترح استخدام نظام التشييد ثنائي القشرة بدلاً من الجدران الصلدة (علي حسن– 2009)، والبعض اقترح استخدام مواد ثنائية الطور كنظام خزن للحرارة قبل دخولها الحيز (Amori–2009)، وبسبب تزايد مواد الإنهاء المتوفرة حالياً في الأسواق، وان استخدامها في الأبنية يتم تبعاً للذوق العام، لذلك تم اقتراح دراسة السلوك الحراري لها وصولاً لتحديد أفضلها حرارياً، لتقليل الأحمال الحرارية البيئية والمنتقلة خلال الجدران، وبالتالي سيقلل استخدامها، كمية الطاقة المستهلكة لغرض التكييف السنوي، وبالتالي سيؤدي الى توفير وحدات طاقة، وتعود بالفائدة أخيراً على المواطن والحكومة المحلية.

الأبنيـــة والبيئـــة : -

يقع العراق في شبه المنطقة المدارية – الحارة الجافة والتي يغلب عليها المناخ الصحراوي، حيث يستمر فيها فصل الصيف لأكثر من سبعة أشهر، تسطع الشمس خلاله فترات طويلة (لأكثر من (12) ساعة/ يوم، وتصل درجة حرارة الظل خلاله الى أكثر من (45°م) ، وبهذا تتعرض القشرة الخارجية للمبنى الى موجات حرارية تتناسب شدتها مع تغير الوقت وكما موضح في الشكل(1) (الباحث) مسببة إحداث فرق كبيرة بين درجتي حرارة الهواء الملامس للقشرة (الطبقة المتاخمة) الخارجية والداخلية للمقطع الإنشائي للمبنى خلال ساعات اليوم الواحد، إضافة الى المدى اليومي الكبير نسبياً لتغير درجات حرارة البيئة (ليلاً ونهاراً) والذي يصل لأكثر من (20°م) (كامل شعبان – 1973). أن الكسب الحراري خلال القشرة الخارجية للمقطع الإنشائي للمبنى يتألف من مجموعة كميات الحرارة المنتقلة في حالة الاستقرار (والذي ينشأ عن اختلاف درجتي حرارة الهواء داخل وخارج المبنى) والحالة غير المستقرة (الناتجة عن اختلاف كثافة الإشعاع الشمسي الساقطة على أسطح المبنى) وتتعقد عملية انتقال الحرارة خلال الجدار لامتلاكه سعة حرارية (تعتمد قيمتها على كلاً من مقدار الموصلية الحرارية، الحرارة النوعية وكثافة مكونات الجدار) (Jones -87)، يجعلها تخزن جزءاً من الحرارة المنتقلة خلالها، حيث لا تظهر تقلبات درجة حرارة السطح الخارجي لمقطع الجدار بصورة سريعة بتقلبات مماثلة لدرجة حرارة السطح الداخلي لمقطع الجدار، أي أن المواد الإنشائية المؤلف منها مقطع الجدار ستزيد من مقدار التأخير الزمني لانتقال الحرارة خلاله، إضافة الى تخميد ترددها العالي وكما موضح في الشكل(2)(الباحث)، ولكن بالرغم من ذلك ، فأن درجة حرارة القشرة الداخلية لجدار المبنى سترتفع بعد فترة (قد تطول) ومما يؤدي الى رفع درجة حرارة هواء الحيز الداخلي للمبنى لمستوى أعلى مما مؤشر في مستويات الراحة الحرارية المتناسبة مع طبيعة استخدام ذلك المبنى، مما يتطلب استخدام معدات التكييف على مدار ساعات اليوم الواحد، لامتصاص هذه الأحمال الحرارية حال وصولها (منعاً لتجمعها) وتخفيض درجة حرارة هواء الحيز الى ذلك المستوى المحدد مسبقاً، أي أن استهلاك الطاقة الكهربائية لأغراض تشغيل معدات التكييف يكون مرتبطاً بكمية الحرارة المنتقلة خلال جدران المبنى، فتقليل تلك الحرارة سيقود الى تقليل فترة تشغيل مكيفات الهواء وبالتالي تقليل كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف وبالتالي تقليل كمياتها المستهلكة في القطاع السكني.

خطـة البحـث :-

لغرض تحقيق هدف البحث في تقليل الطاقة الكهربائية التي تستهلكها الأبنية السكنية (المشيدة حالياً) لأغراض التكييف وذلك بتخفيض مقدار كميات الحرارة المنتقلة الى المبنى عبر جدرانه المعرضة للبيئة، تم استخدام عدة مواد متوفرة محلياً لغرض تغليف تلك الجدران، لذلك تم تشييد غرفة أبعادها (2x1x1) م، تقع في الطابق الثالث لمبنى في مدينة بغداد (وكما موضحة في الشكل (3))، إحدى جوانبها (2x1) م معرض للبيئة الخارجية (التوجيه – الشرق)، حيث استخدم لأغراض الدراسة، ودراسة التصرف الحراري للجدار مع مادة التغليف المستخدمة، و بتثبيت عدة متغيرات خلال هذا البحث والتي هي :-

1. منطقة البحث / مدينة بغداد – خط عرض 33.2 درجة شمالاً (متوسط خطوط العرض المارة بالعراق).
2. موقع غرفة الاختبار – سطح الطابق الثالث لمبنى سكني ، لتجنب وجود ما يعيق وصول أشعة الشمس لغرفة الاختبار خلال ساعات النهار.
3. توجيه جدار الاختبار – تم تثبيت توجيه جدار الاختبار (قيد الدراسة) باتجاه الشرق.
4. أن اتجاه الجدار قيد الدراسة – الاتجاه المواجه للشرق، والرياح السائدة صيفاً في مدينة بغداد – الرئيسية باتجاه شمال غرب، الثانوية باتجاه الشمال، لذلك لن يكون هناك تأثير واضح على تغير درجة حرارة الطبقة المتاخمة الخارجية للجدار ، إضافة الى أن دخول الرياح الى داخل غرفة الاختبار، احتمال ضئيل لوجود شريط مطاطي (مانع تسرب الهواء) على محيط جدار الاختبار.
5. لغرض تقليل انتقال الحرارة عبر المساحات الأخرى (المعرضة للبيئة)، تم استخدام عازل حراري ألواح الستايربور بسمك (200) ملم، لتغليف جوانب وسقف وأرضية غرفة الاختبار، لتحييد هذه المصادر جهد الإمكان، وجعل انتقال الحرارة من جدار الواجهة (الجدار قيد الدراسة) هو المصدر المؤثر في تغيير مستوى الراحة الحرارية داخلها.
6. استخدام مكيفة هواء جدارية سعتها التبريدية نصف طن تبريد، لتوفير الظروف الحرارية المناسبة داخل الغرفة.
7. أن مستوى الراحة الحرارية المطلوب توفيرها داخل المبنى السكني ولأغراض ترشيد استهلاك الطاقة (26.5 م° بصلة جافة ، 65% رطوبة نسبية) صيفاً، لكون أن إشغال الحيز أكثر من 40 دقيقة ودرجة حرارة البيئة (الظل) أقرب الى (50°م) (Arora – 2007) .
8. الاعتماد على قيم معامل التوصيل الحراري للمواد المستخدمة في البحث على المصدر (الدوري وآخرون–1992)، لغرض حساب معامل التوصيل الحراري الكلي لمقطع الجدار (قيد الدراسة) .
9. مادة الإنهاء للأرض المحيطة بالغرفة هي الواح الخرسانية – الشتايكر- قياس (40x800x800) ملم – رصاصي اللون – ومادة الإنهاء الداخلية للجدار قيد الدراسة – الجص سمك 25 ملم .
10. الاعتماد على البيانات الموضحة في (Rohsenow & hortnett – 1973) لتقدير معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر(h) من الجدار الى حيز الغرفة $(h = 1.31\ (\Delta t)^{1.3})$. حيث أن (Δt) فرق درجات الهواء بين درجتي حرارة الهواء في الطبقة المتاخمة الداخلية والغرفة.
11. لغرض قياس درجة حرارة الهواء في الطبقة المتاخمة الخارجية والداخلية للجدار وكذلك درجتي حرارة هواء البيئة (الظل) والغرفة، استخدمت مقاييس الكترونية – رقمية مصنعة من قبل شركة (Intelligent Auto Digital Thermo – meter by Victor Company)
12. كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبل مكيفة الهواء المستخدمة لتوفير مستوى قياسي لظروف الراحة الحرارية داخل الغرفة. يتم قراءتها مباشرة من خلال عداد للطاقة الكهربائية بوحدات(kw–hr) مربوط الى المكيفة والمصنع من قبل نفس الشركة

أما المتغيرات التي شملتها الدراسة فهي :

1- استخدام عدة مواد متوفرة محلياً لتغليف الجدار (قيد الدراسة) من الداخل والمعرض للبيئة، والمواد هي :
ألواح البلاستيك المجوف (الواح ديكور) سمك 10 ملم ، المرمر الطبيعي (مرمر سيد صادق سمك 20 ملم)، الكرانيت (الصيني المنشأ سمك 20 ملم) السيراميك سمك (6) ملم (Group Ceramica Cleopatra–Egypt) ، البورسلين سمك (10) ملم (Dingyi–Ceramics-China)، حجر الحلان (lime stone) (الأنبار – مقالع الصقلاوية – سمك 40 ملم – الالواح الاسبست المقرنص سمك 6 ملم ، الواح الفايبركلاس المقرنص – (الايراني– سمك 1.5 ملم)، الطابوق الفرشي (العراق– كربلاء المقدسة– سمك 30 ملم)، الطابوق الفني المجوف (الواجهات – إيراني سمك 120 ملم) ، الألواح الجبسية المستخدمة في السقوف الثانوية بنوعيها العادي والسطح العاكس سمك 10 ملم .
2- استخدام مادة عازلة حرارياً سمكها 10 ملم من ألواح البولي ستايرين مع المواد الواردة أعلاه.

تم قياس درجة حرارة البيئة (الظل) T_{sh} ودرجة حرارة الهواء في الطبقة المتاخمة الخارجية (للمقطع الإنشائي للجدار قيد الدراسة (المشكل من المادة المضافة والجدار الأصلي))(T_o) والداخلية (T_i)، ودرجة حرارة هواء الغرفة خلال يوم واحد من شهر تموز (من الساعة 5:00 صباحاً ولغاية الساعة 7:30 مساءاً) وتم رسم السلوك الحراري للمقطع الإنشائي لكل حالة وكما موضح في الأشكال(4-8) .

نتائج الدراسة والمناقشة :

لغرض تسهيل التعرف على الأداء (السلوك) الحراري للجدار بعد تغليفه بإحدى المواد المشار إليها، تم رسم تغير درجات الحرارة المقاسة للأسطح الخارجية (T_o) والداخلية (T_i) للجدار قيد الدراسة وكما موضح في الأشكال (4-8)، بينما الجدول(1) يوضح نتائج الدراسة ونسبة التوفير المئوية للطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف والمتحققة عند كل مادة استخدمت للتغليف مقارنة بالطاقة الكهربائية المستهلكة في حالة الجدار الاعتيادي (قبل التغليف) المشيد من الطابوق سمك (240) ملم.

وفي أدناه مناقشة المتغيرات الرئيسية للبحث :

A – اختيار نوعية مواد الاكساء (التغليف) :-

أن ما متوفر حالياً في الأسواق المحلية، من المواد التي تستخدم لاكساء (تغليف) جدران الأبنية، عديدة وتختلف عن بعضها البعض في النوع واللون والمنشأ، فمن الصعوبة دراسة السلوك الحراري لجميعها. وعليه تم التركيز على أخذ عينات مما ينتج محلياً منها وعند عدم توفر إنتاجه داخل العراق اعتمد على النوع المستورد.

B – موقع مادة الاكساء (التغليف) ضمن جدار المبنى :-

بما أن الجدار منشأ مسبقاً، لذلك فان إمكانية وضع المادة المضافة على طبقة الإنهاء الداخلي للجدار والمقترحة من قبل الباحث سيكون أكثر مرونة، وان إضافتها الى مكونات المقطع الإنشائي لجدار المبنى المعرض للبيئة، سيزيد من قيمة المقاومة الحرارية لذلك المقطع وبالتالي تخفيض معامل انتقال الحرارة الإجمالي للمقطع (u)، ولسهولة إضافة تلك المادة ، يتم تغليف الجزء المعرض (من الجدار) بتلك المادة، أن قيمة المعامل (u) [واط/م^2.ك] للجدار شائع الاستخدام في أكثر الأبنية المنفذة في العراق ومنذ عدة عقود، هو الجدار المشيد من الطابوق الفني سمك (240)ملم مع وجود طبقتي إنهاء خارجية لبخ بالسمنت سمك (20)ملم وطبقة داخلية بياض بالجص سمك (25) ملم، بحيث توفر معامل قدرة [u=1.74]، وعند تغليف الجدار بالمرمر سمك (20 ملم) سيصبح المعامل [u=1.546]، وعند التغليف بحجر حلان سمك (40) ملم أصبح [u = 1.485]، وأصبحت [u = 1.10] عند التغليف بالطابوق المجوف سمك (120)ملم أي أن استخدام مواد لتغطية الجدار ستؤدي الى تقليل المعامل (u) وبالتالي فأن كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل والحمل ستقل أيضاً.

C - موقع العازل ضمن الجدار :-

لا يمكن أن يجد الباحث إلا موقع واحد لوضع العازل الحراري المستخدم وهو خلف مادة الاكساء المستخدمة لتغليف الجدار المنشأ مسبقاً، ولكون موقع العازل بعيد عن تأثير البيئة، لذلك فان الحرارة التي تؤثر بها البيئة على الجدار ستنقل الى مكونات المقطع الإنشائي وتتأخر عند وصولها طبقة العازل، لذلك فان استخدام العازل في هذا الموقع سوف لن يؤثر بصورة واضحة على تغير درجة حرارة السطح الخارجي لجدار المبنى (السطح المعرض للبيئة) (وكما موضح في الجدول (1))، ولكنه بالتأكيد سيرفع قيمة درجة حرارة الطبقة التي تسبق طبقة العازل، ولكن ل يتم قياسها، حيث تم التركيز على قياس درجتي حرارة طبقتي الجدار الداخلية والخارجية (المعرضة للبيئة والمعرضة لجو الغرفة).

D – تأثير استخدام العازل :-

ان تأثير استخدام المادة العازلة بسمك (10) ملم مع المادة المضافة للجدار لأغراض التغليف سيقلل من كمية الطاقة المستهلكة لأغراض التكييف بنسبة مئوية في حدود (7–22)% نسبة الى الطاقة المستهلكة لأغراض التكييف بوجود المادة المغلفة للجدار وبدون استخدام العازل.

E – أفضل مواد التغليف :-

من خلال دراسة السلوك الحراري للمواد المضافة الى الجدار الخارجي للمبنى والموضحة في الأشكال(4–8) وكذلك النتائج التي يوضحها الجدول(1)، يتبين أن استخدام الطابوق المجوف سمك 120ملم (كان متوسط فرق درجات الحرارة عبر سطحيه المعرض للبيئة وداخل الغرفة في حدود 11.1°م) وحقق أعلى توفير وقدره 34.2% ويليه الجدار المغلف بالألواح المعدنية المطلية بالأصباغ الحرارية البلاستيكية (كان متوسط فرق درجات الحرارة عبر سطحيه 11.2°م) حيث حقق توفير قدره 33.4% بينما التغليف بحجر الحلان سمك 50 ملم (كان متوسط فرق درجات الحرارة عبر سطحيه 11.3°م) وحقق توفير قدره 32.7%، بينما التغليف بخشب الفايبر مع وجود فجوة هوائية (كان متوسط فرق درجات الحرارة عبر سطحيه 12°م) وحقق توفير قدره 27% وانخفض عنه قليلاً التغليف بخشب المعاكس سمك 6 ملم. بينما التغليف بالألواح المعدنية سمك 1.5 ملم (كان متوسط فرق درجات الحرارة عبر سطحيه 12.5°م) وحقق توفير قدره 23% وانخفض عنه قليلاً عند استخدام الخشب نوع MDF بينما استخدام السيراميك والبورسلين والطابوق الفرشي قد حقق توفير في حدود 20%. بينما استخدام المرمر الطبيعي الأسود قد حقق10% توفير (وكان متوسط فرق درجات الحرارة عبر سطحيه 14.1°م)، وانخفض عنه قليلاً التغليف بألواح البلاستيك (الديكور).

F – أفضل مادة للتغليف مع استخدام العازل :

من خلال النتائج الموضحة في الجدول(1)، اتضح بأن استخدام الطابوق المجوف (الواجهات) سمك 120 ملم قد حقق أعلى توفير في الطاقة وكانت 47% ويليه كلاً من الطابوق الفرشي الصلد سمك 50 ملم، خشب فايبر سمك 6 ملم والمغلف بورق ملون، الألواح المعدنية المطلية بالأصباغ الحرارية حيث حققت كل منها نسبة توفير قدرها 41.8% بينما مواد التغليف: حجر

حلان سمك 50 ملم، خشب معاكس 6 ملم، خشب MDF سمك 8 ملم قد حققت توفير في حدود 35% وتليه المواد: البلاستيك المجوف، السيراميك، الكرانيت والبورسلين حيث كان التوفير في حدود 27% ، وأقل منها قليلاً التغليف باستخدام المرمر الطبيعي حيث قارب التخفيض 20% .

مما تقدم ، يمكن للباحث تثبيت عدة استنتاجات وهي :-

- أفضل مادة تغليف هي استخدام طابوق الواجهة المجوف سمك 120 ملم، ولكنه ثقيل (992 كغم/م^3) وكلفة إنشائه ليست منخفضة، إضافة الى أن استخدامه سيؤثر في تصغير مساحة الغرفة المتبقية لكون سمكه 120 ملم إضافة الى طبقة السمنت التي تستخدم خلفه لغرض التثبيت لذلك لا ينصح الباحث باستخدامه، وممكن الاستعاضة عنه باستخدام التغليف بالألواح المعدنية (الألمنيوم) المطلي بالأصباغ الحرارية البلاستيكية أو التغليف باستخدام خشب الفايبر المطلي بالورق الملون مع استخدام في كل منها عازل حراري (واستبعاد استخدام الطابوق الفرشي) لكونهما الأخف وزناً والأسهل تنفيذاً.
- يمكن استخدام الألواح المعدنية (الألمنيوم) مع وجود العازل الحراري بدلاً من استخدام حجر الحلان لكون استخدامه اقتصادي أكثر.
- يمكن استخدام ألواح البلاستيك سمك 6 ملم مع عازل (بلاستيك ديكور) بدلاً من استخدام البورسلين، السيراميك، الكرانيت والمرمر الطبيعي لكونه الأقرب توفير منهم إضافة الى ان استخدامه اقتصادي أكثر.

جدول (1) متوسط درجات الحرارة المسجلة على الجدار (سطحه الخارجي والداخلي) والنسبة المئوية لتغير حمل التبريد

مادة التغليف	استخدام العازل الحراري	tsh م°	to م°	tin م°	Δt in-o	Δt in-r	الحمل التبريدي Ton/m^2/ month	الطاقة الكهربائية المستهلكة شهرياً kw-hr	النسبة المئوية لتقليل حمل التبريد %
ألواح بلاستيك المجوف (الديكور)	--	39.24	43.4	41.24	2.16	15.24	37.24	28.02	8
	مع عازل		43.8	38.0	5.8	12.0	27.3	20.53	27.2
مرمر طبيعي مرمر السيد صادق سليمانية/العراق 20 ملم	--		43.2	40.1	3.1	14.1	33.67	25.5	10.2
	مع عازل		42.7	39.0	3.7	13.0	30.3	22.8	19.2
السيراميك 6 ملم	--		42.8	39.1	3.7	13.1	30.6	23.05	18.4
	مع عازل		43.6	38.0	5.6	12.0	27.3	20.8	27.2
كرانيت 20 ملم	--		57.58	41.16	16.42	15.16	37.24	28.02	8
	مع عازل		51.96	38.0	13.96	12.0	27.6	20.9	26.4
البورسلين 10 ملم	--		42.5	39.0	3.5	13.0	30.3	22.8	19.2
	مع عازل		42.94	38.1	4.84	12.1	27.6	20.9	26.4
حجر حلان العقلانية/ الأنبار 40 ملم	--		43.24	37.3	5.94	11.3	25.25	19.0	32.7
	مع عازل		43.08	36.0	7.08	10.0	23.92	18.0	36.2
الطابوق الفرشي الصلد	--		43.7	38.3	5.4	12.9	30.0	22.6	20
	مع عازل		43.6	36.1	7.5	11.1	21.82	16.5	41.8
الطابوق الواجهة المجوف	--		43.2	37.1	6.1	11.1	24.67	18.6	34.2
	مع عازل		43.7	35.6	8.1	9.4	19.9	15.0	47
خشب معاكس 6 ملم	فجوة هوائية		43.1	38.1	5.0	12.1	27.6	20.9	26.4
	مع عازل		43.5	37.0	6.5	11.00	24.38	18.4	35.0
خشب MDF 8 ملم	--		43.9	38.6	5.3	12.6	29.1	21.9	22.4
	مع عازل		43.8	37.0	6.8	11.0	24.38	18.3	35
خشب فايبر مغطى بورق ملون 6 ملم	--		43.4	38.0	5.4	12.0	27.3	20.8	27.2
	مع عازل		43.5	36.1	7.4	10.1	21.82	16.4	41.8
ألواح معدنية الألمنيوم	فجوة هوائية		42.5	38.5	4.0	12.5	28.79	21.7	23.2
ألواح معدنية مطلية بطلاء حراري بلاستيكي	مع عازل		42.0	37.3	4.7	11.3	25.25	19.0	32.7
	فجوة هوائية		43.0	37.2	5.8	11.2	24.96	18.8	33.4
	مع عازل		43.0	36.1	6.9	10.1	21.82	16.4	41.8
سقوف ثانوية ذو سطح الالمنيوم عالي	فجوة هوائية		59.5	41.7	17.82	15.7	37.6	28.3	7
سقوف ثانوية من كارتون مكبوس	مع عازل		61.69	40.87	20.82	14.87	35.03	25.23	10.7
	فجوة هوائية		53.04	40.84	12.20	14.84	34.94	26.31	9.0
	مع عازل		62.53	39.43	23.0	13.43	30.71	23.1	18.3

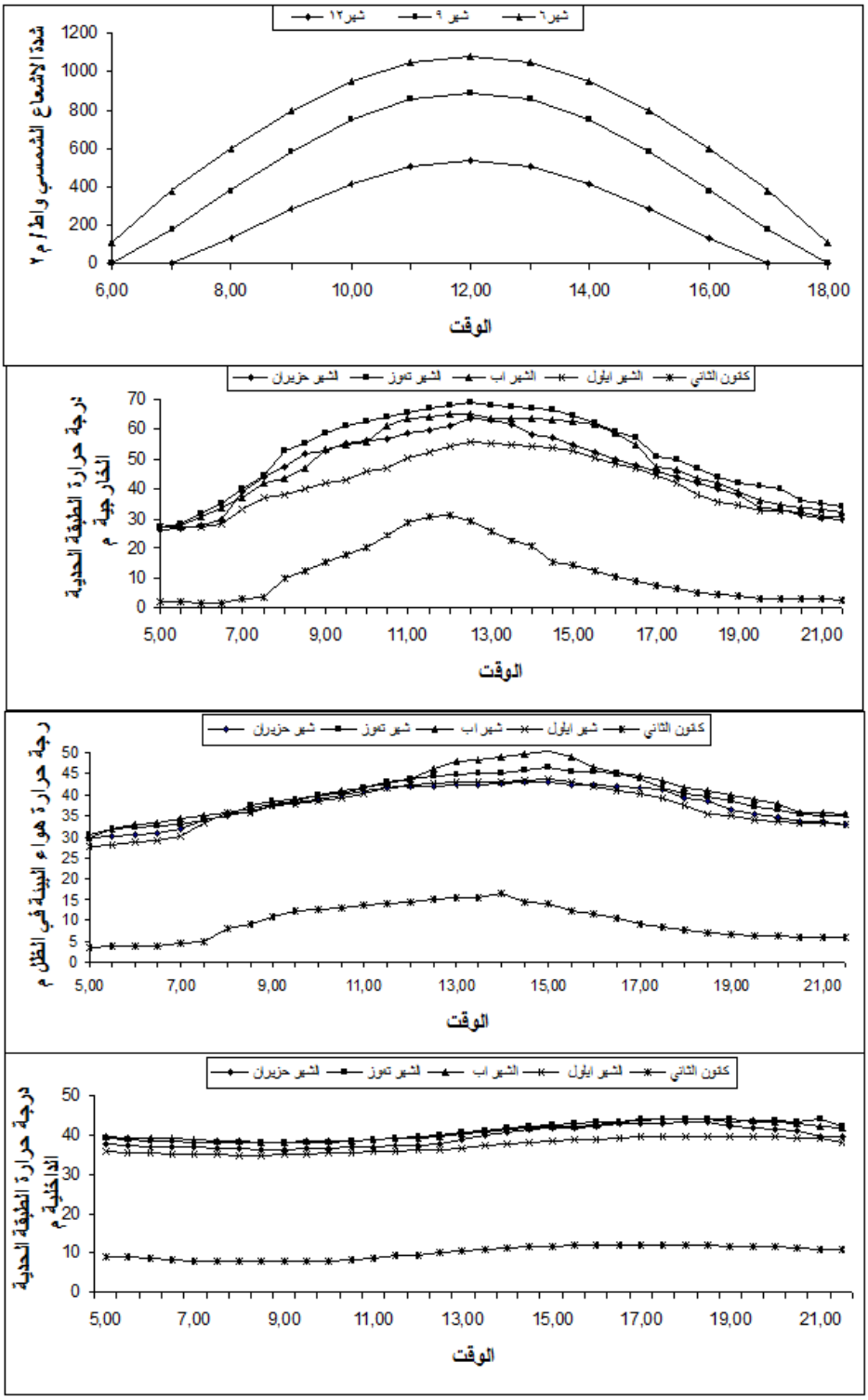
المصـادر :-

1. Amori, Dr. Kerima E. , Baqir Ameer K. (Analysis of Thermal Energy Storage System With Two Phase Flow) / the 6th engineering conference, college of Eng. , University of Baghdad, Iraq 2009.
2. Arora – S. Domkundwar (A course in refrigeration and Air-conditioning) Dhanpat Rai & sons – Delhi – 2007.
3. Hasan – Atif Ali (Optimum Insulation Thickness for Iraqi Walls and Roofs) symposium of thermal insulation in hot climates, Scientific research council – Iraq – 1984 .
4. Jones – W.P. (Air – Conditioning Eng.) , Edward Amold – London – 1987 .
5. Rohsnow, Warren & Hartaeti, James P. (Handbook of heat transfer) MCGraw – Hill book Company, N.Y. USA – 1973.

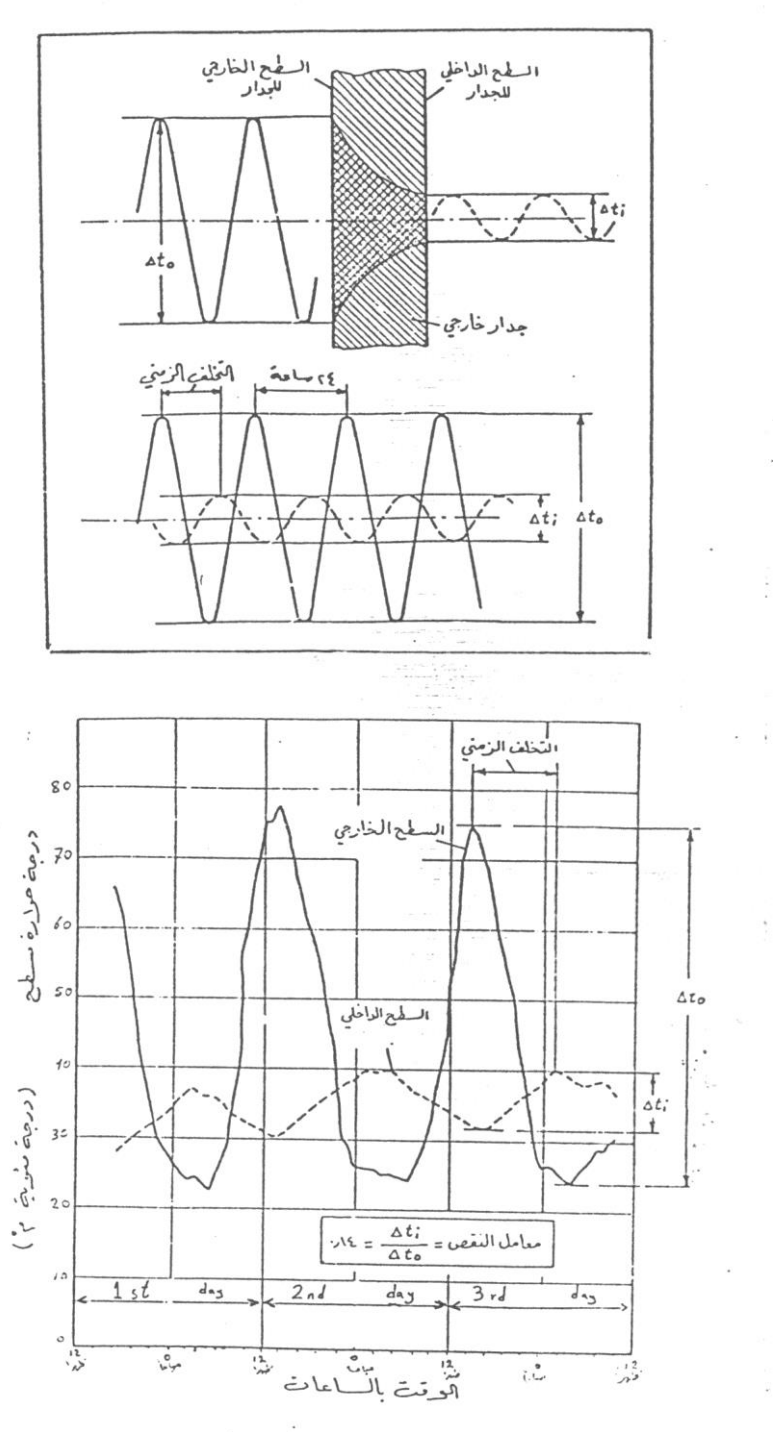
6. الدوري – د. مجيد ، حسن ، عاطف علي ، وآخرون (الصفات الحرارية لمواد البناء المحلية) المؤتمر العلمي الأول للطاقة – وزارة النفط – العراق 1992.
7. الدوري – د. مجيد ، حسن ، عاطف ، وآخرون (معاملات انعكاس الأشعة الشمسية من أسطح مواد الإنهاء المستخدمة في العراق) المؤتمر العلمي الخامس / مجلس البحث العلمي – العراق / 1989.
8. حسن – عاطف علي (دراسة تأثير ظلال النباتات المتسلقة على تغيير درجة حرارة الأبنية صيفاً) مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية / العدد 2 – المجلد 15/2008 .
9. علي حسن – عاطف، لطيف – مثنى (تحليل مسارات الطاقة المستهلكة في القطاع السكني في العراق) المؤتمر العلمي الأول – الكلية التقنية – النجف/ العراق / 2008.

10- علي حسن – عاطف (تقليل انتقال الحرارة خلال الجدران غير الساندة باستخدام نظام ثنائي القشرة وبدائل عن الطابوق) مجلة كلية الهندسة / جامعة القادسية / 2009 .

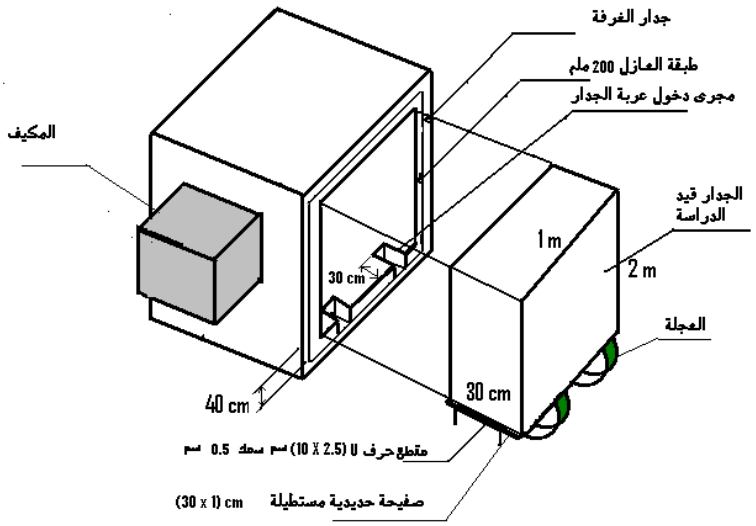
11- كامل شعبان – عوني ، الجوادي – مقداد (التحليل المناخي للعراق وأثره على العمارة) تقرير من منشورات مركز بحوث البناء – مجلس البحث العلمي / العراق / 1973 .



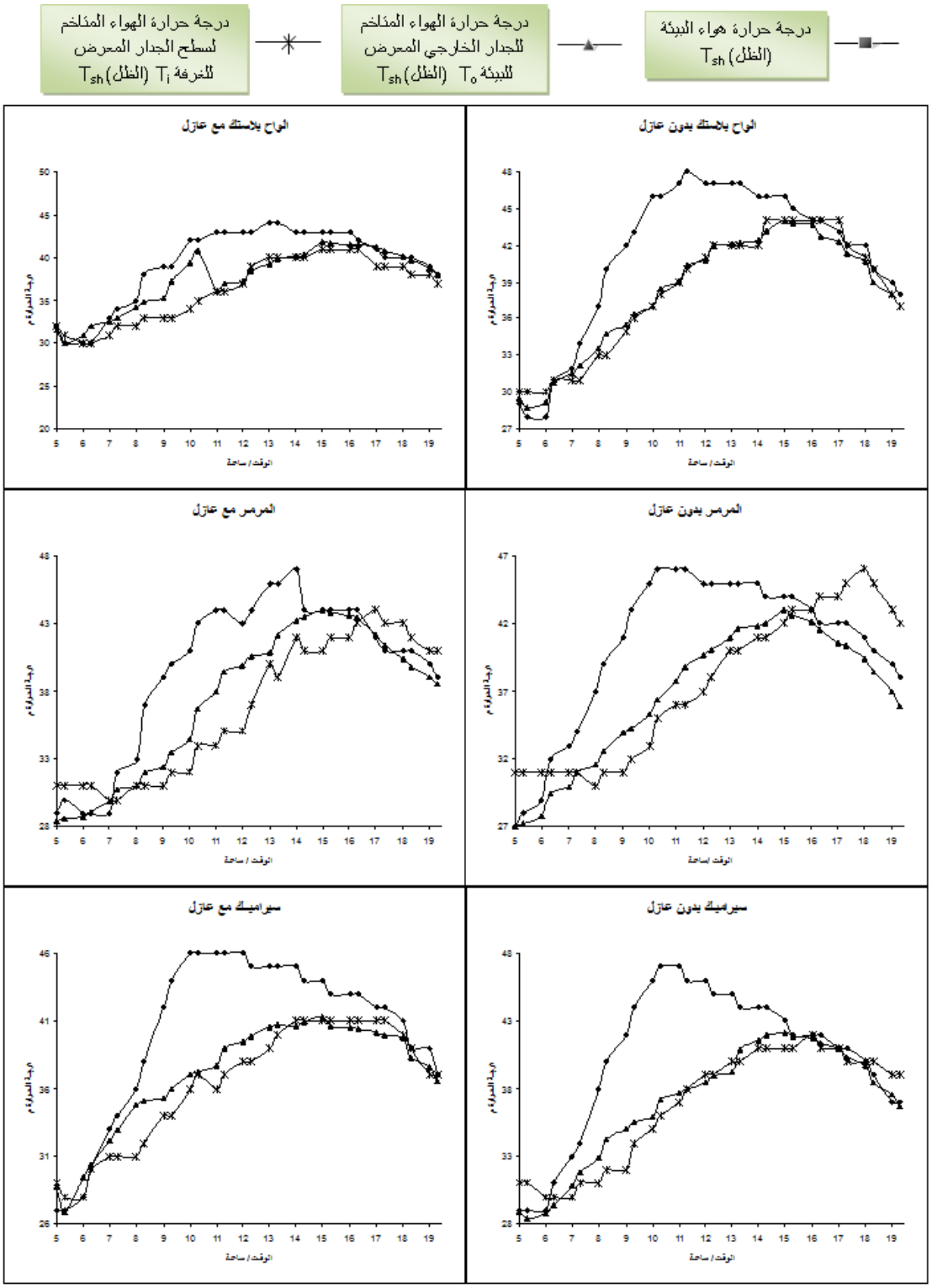
شكل (1) التغير الساعي لمقدار الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة السطوح والظل بتغير الوقت (الباحث)



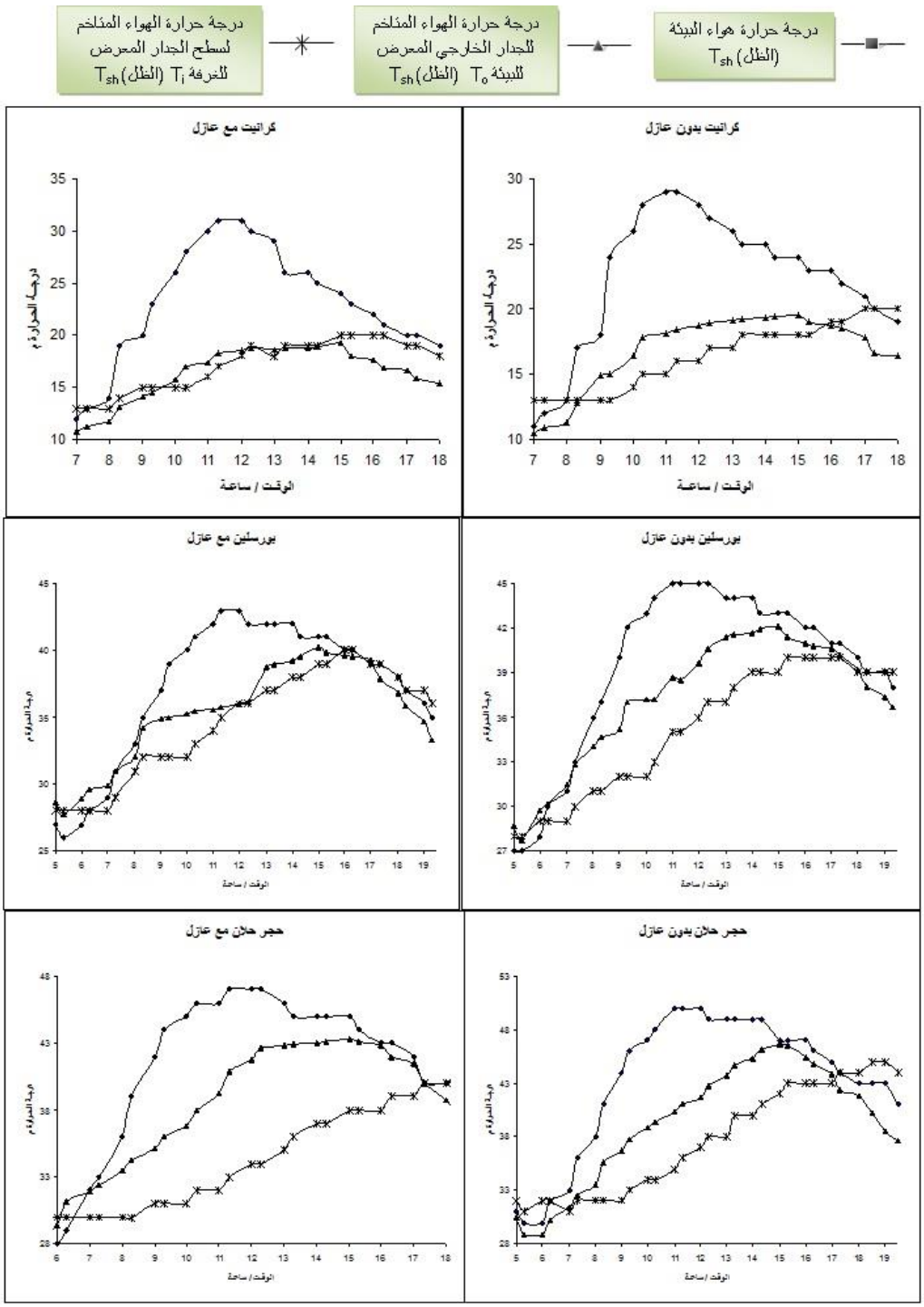
شكل (2) تردد الموجة الحرارية الخارجية المؤثرة على الجدار والموجة المنتقلة الى الداخل (الباحث)



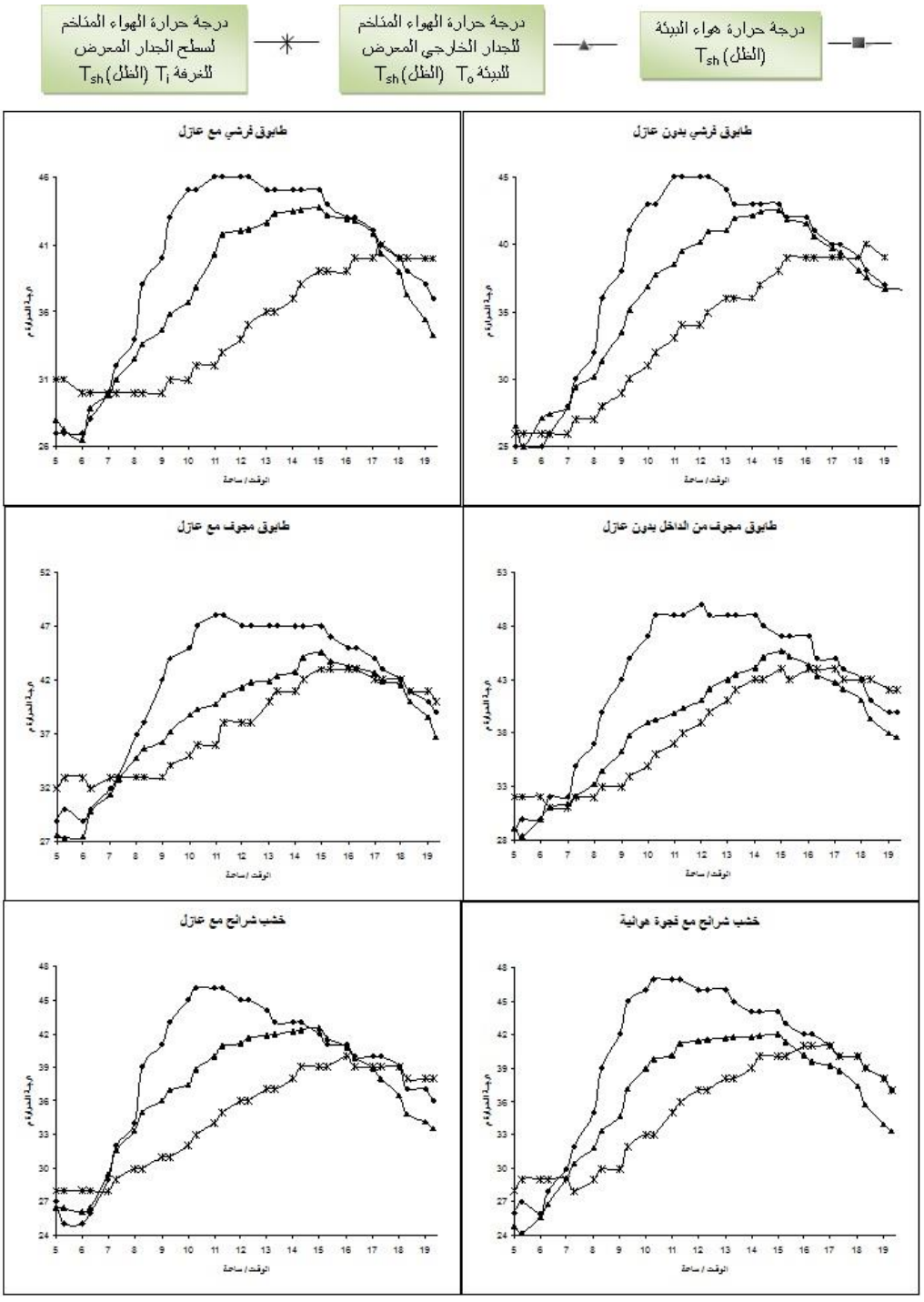
شكل (3) تفاصيل غرفة اختبار السلوك الحراري للجدار المغلف



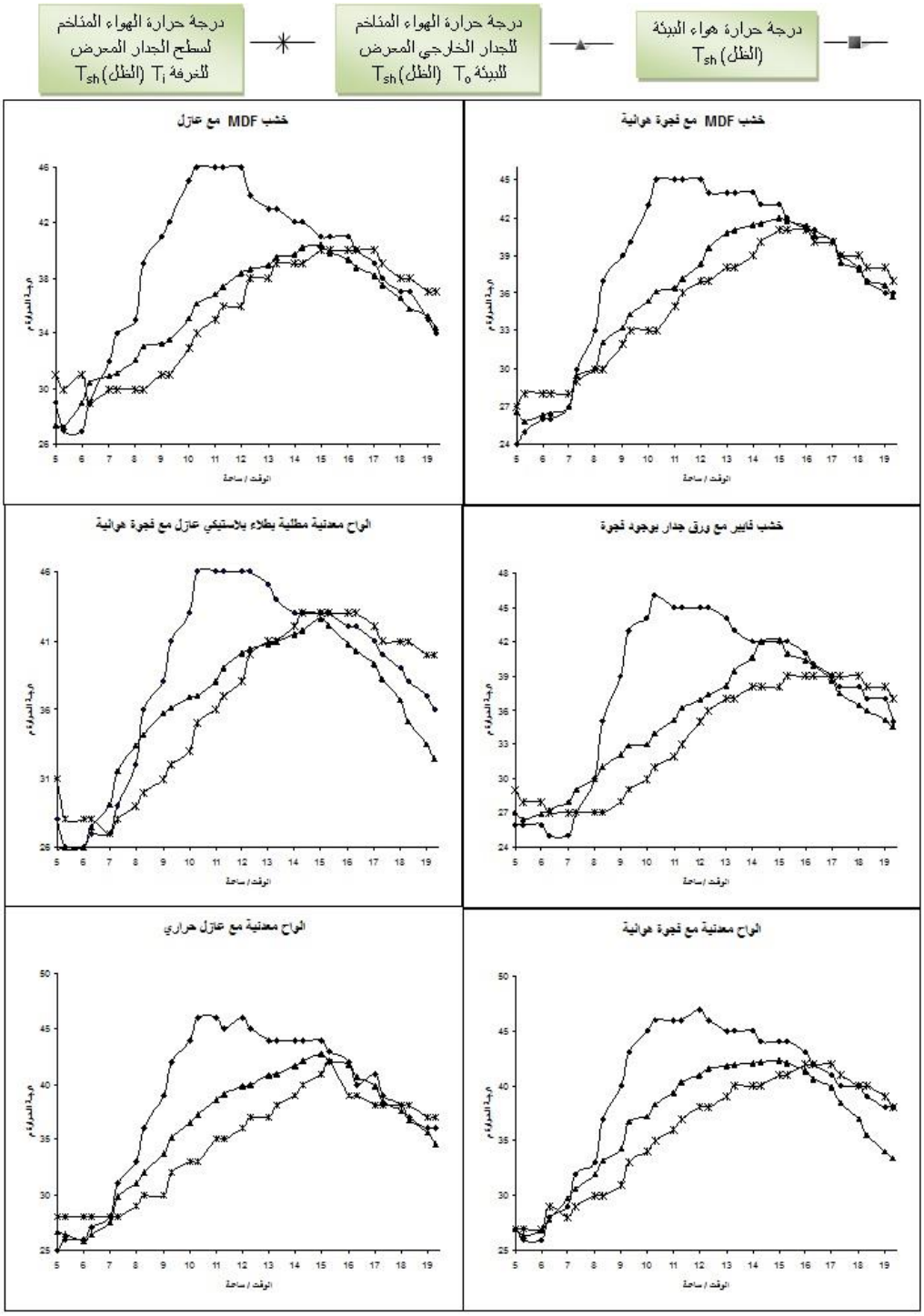
شكل (4) الأداء الحراري للجدار المغلف من الداخل بمواد ألواح البلاستيك والمرمر والسيراميك بوجود وعدم وجود عازل



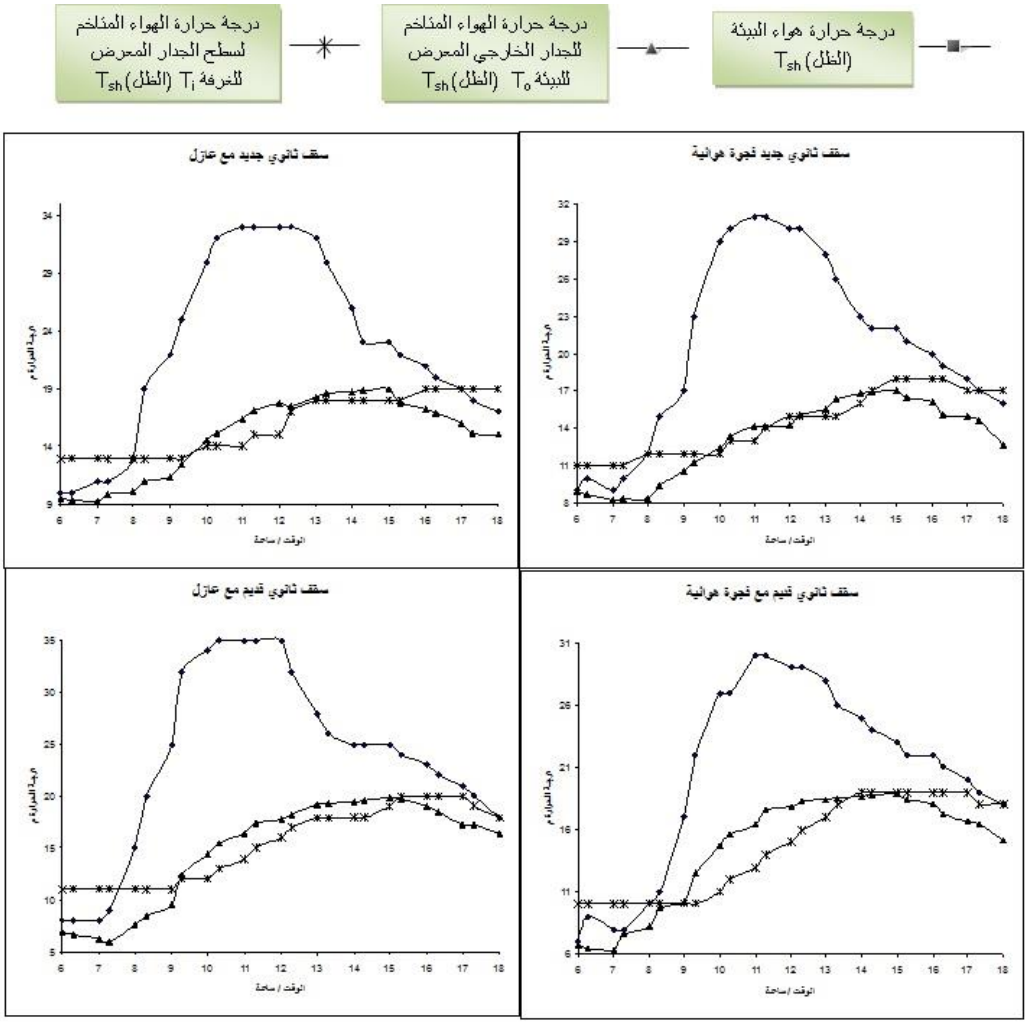
شكل (5) الأداء الحراري للجدار المغلف من الداخل بمواد الكرانيت والبورسلين وحجر الحلان بوجود وعدم وجود عازل



شكل (6) الأداء الحراري للجدار المغلف من الداخل بمواد الطابوق الفرشي والطابوق المجوف وخشب شرائح بوجود وعدم وجود عازل



شكل (7) الأداء الحراري للجدار المغلف من الداخل بمواد خشب MDF وخشب فايبر وألواح معدنية مطلية بطلاء بلاستيكي وبوجود فجوة هوائية وبوجود عازل



شكل (8) الأداء الحراري للجدار المغلف من الداخل بمواد ألواح السقوف الثانوية بوجود فجوة هوائية أو عازل حراري