

## أهمية العزل الحراري في تقييس وحدات تغليف المباني للمحافظة على استهلاك الطاقة في منطقة البيئة الحرارية الحارة الجافة من المملكة العربية السعودية

محمد بن عبدالله بن صالح  
أستاذ مشارك، قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط  
جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية

ملخص البحث. تم في هذا البحث دراسة ومناقشة التالي:

- ١ - إمكانية تقييس وحدات تغليف المباني من أجل المحافظة على الطاقة في منطقة البيئة الحارة الجافة من المملكة العربية السعودية من خلال تقويم الأداء الحراري لوحدات تغليف المباني التي سبق استخدامها في العمارة التقليدية والمعاصرة والحديثة.
- ٢ - إمكانية تصنيف منطقة البيئة الحرارية الجافة من المملكة إلى عدة أنماط مناخية من خلال دراسة مبدئية لعناصر مناخها لعدة أعوام.
- ٣ - تقويم الأداء الحراري للأسطح المغلفة للمباني والمعرضة للشمس حسب توجيهها وتأثيرها بالبيئة المحيطة.

تم إنجاز (١، ٣) باستخدام برنامج محاكاة للأداء الحراري بواسطة الحاسب الآلي، أعدته ووثقته واعتمده هيئة علمية متخصصة كأداة للبحث. ويقوم برنامج المحاكاة بحساب درجة الحرارة الداخلية للحيز الداخلي للمبنى وكمية الأحمال اللازمة لتبريده وتدفعته حسب طريقة الانتقال الآني للحرارة وطريقة معامل الاستجابة الحرارية.

تشير نتائج الدراسة، إلى إمكانية توفير وحفظ الطاقة اللازمة لتبريد المباني باستخدام وحدات تغليف مباني موصفة لتلائم مع تصنيف نمط المناخ الخارجي للبيئة المذكورة.

## مقدمة

بادئ ذي بدء، قد تؤدي ميزات العناصر المناخية، وبخاصة المدى الحراري اليومي في الصيف، والإشعاع الشمسي في الشتاء، لمنطقة البيئة الحرارية الحارة الجافة، دوراً كبيراً إذا أحسن استثمارها، وذلك في التقليل من استهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة لتبريد وتدفئة المباني المبنية على تراها.

وتتميز منطقة البيئة الحرارية الحارة الجافة من المملكة، التي نعني بدراسة تأثيرها هنا، بالحرارة الشديدة في نهار الصيف والاعتدال النسبي في ليله، ويصل المدى الحراري اليومي إلى أكثر من (٢٠ درجة مئوية) وذلك بفعل تعرض البيئة المعنية لكمية إشعاع شمسي عالي (أثناء النهار) ورطوبة نسبية منخفضة. ويستمر فصل الصيف في غالبية المنطقة إلى نحو ستة أشهر من السنة بينما يستمر فصل الشتاء في غالبيتها إلى نحو ثلاثة أشهر.

كما تتميز منطقة الدراسة، بالبرودة القارسة في ليل الشتاء، والاعتدال في درجة حرارة الهواء، والصفاء النسبي للجو في نهاره المصحوب بالإشعاع الشمسي الدافئ والرطوبة النسبية المعتدلة.

وتهب على منطقة الدراسة عواصف رملية مختلفة التوقيت والاتجاهات تحد من الاستفادة من التهوية الطبيعية للمباني. وتوضح الجداول (١ - ٣) مقادير أهم العناصر المناخية للمنطقة المذكورة طوال عام ١٩٧٩م [١]. ومن الدراسة المبدئية لطقسها لعدة أعوام [٢]، أمكن استقراء تصنيف مناخها إلى عدة أنماط مناخية كل نمط له متطلبات مناخية مميزة فيما يخص تصميم المباني.

وفيا يخص البيئة المبنية، فقد شهدت المملكة خلال السنوات الأربعين الماضية وخاصة العشرين الأخيرة منها تغييرات جوهرية في المجالات الصناعية والاقتصادية والثقافية أثرت تأثيراً ملحوظاً على بيئتها المبنية.



جدول ٢ . النهايات الصغرى لدرجات الحرارة لمدن المنطقة الحارة الجافة من المملكة لعام ١٩٧٩م [١].

الشهر	الجوف	بذنة	بيشة	القصيم	حائل	الدينة	نجران	القيصومة	رفحة	الرياض	السليل	تبوك	طريف
١	١٢,٤	١٢,٤	١٢,٤	١١,٢	١٢,٠	١٢,٠	١٢,٠	١٢,٠	١٢,٠	١٢,٠	١٣,٠	١٣,٠	١٤,٠
٢	١٣,٤	١٣,٠	١٣,٠	١٢,٤	١٢,٠	١١,٨	١٢,٠	١١,٨	١٢,٠	١٢,٠	١٢,٠	١٢,٠	١٣,٠
٣	١٦,٦	١٦,٠	١٦,٠	١٥,٥	١٥,٠	١٤,٧	١٤,٠	١٣,٩	١٣,٧	١٣,٠	١٣,٠	١٣,٠	١٤,٠
٤	١٩,٤	١٩,٨	١٩,٨	١٨,٤	١٩,٠	١٨,٠	١٨,٠	١٨,٠	١٨,٠	١٨,٠	١٨,٠	١٨,٠	١٩,٠
٥	١٢,٤	١٣,٨	١٣,٨	١٢,٧	١٢,٠	١١,٧	١١,٠	١٠,٤	١١,٠	١١,٠	١١,٠	١١,٠	١٢,٠
٦	١٦,٤	١٧,٦	١٧,٦	١٦,٠	١٦,٠	١٥,٤	١٥,٠	١٤,٤	١٤,٠	١٤,٠	١٤,٠	١٤,٠	١٥,٠
٧	١٩,٤	٢٠,٣	٢٠,٣	١٨,٠	١٨,٠	١٧,٦	١٧,٠	١٦,٤	١٦,٠	١٦,٠	١٦,٠	١٦,٠	١٧,٠
٨	١٨,٦	١٩,٠	١٩,٠	١٧,٠	١٧,٠	١٦,٣	١٦,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٦,٠
٩	١٩,٠	١٩,٢	١٩,٢	١٦,٠	١٦,٠	١٥,٧	١٥,٠	١٤,٨	١٤,٠	١٤,٠	١٤,٠	١٤,٠	١٥,٠
١٠	١١,٦	١٢,١	١٢,١	١٠,٢	١٠,٢	١٠,٠	١٠,٠	٩,٩	٩,٩	٩,٩	٩,٩	٩,٩	١٠,٠
١١	١٠,٠	١٠,٨	١٠,٨	٩,٤	٩,٤	٩,٠	٩,٠	٨,٣	٨,٣	٨,٣	٨,٣	٨,٣	٩,٠
١٢	١٨,٨	١٩,٠	١٩,٠	١٦,٠	١٦,٠	١٥,٧	١٥,٠	١٤,٨	١٤,٠	١٤,٠	١٤,٠	١٤,٠	١٥,٠

جدول ٣ . الرطوبة النسبية لمدن المنطقة الحارة الجافة من المملكة لعام ١٩٧٩م [١] .

الشهر	الجوف	بذنة	يشة	القصيم	حائل	المدينة	نجران	القصومة	رفحة	الرياض	السليل	تبوك	طريف
١	٩٨ ٦١	١٣ ٦٤	١٨ ١٠٠ ٦٤	١٢ ٩٧ ٥٥	١٠٠ ٥٧ ٤	١٠٠ ٦٥ ٨	١٠٠ ٤٨ ٣	١٠٠ ٥٩ ١٠	٩٥ ٤٩ ٥	٩٥ ٤٦ ١٠	١٠٠ ٥٦ ١٣	١٠٠ ٥٩ ١٠	٩٥ ٤٩ ٥
٢	٩٥ ٤٧	١٢ ٤٨	١٠ ٩٩ ٤٨	١٠ ٨٩ ٣٥	١٣ ٩٩ ٤١	٧ ٩٠ ٣٢	٧ ٩٥ ٥٣	١٣ ٩٥ ٤٤	٤ ٩٥ ٣٢	١٤ ٩٧ ٤٧	١٣ ٩٥ ٤٤	٤ ٩٥ ٣٢	٤ ٩٥ ٣٢
٣	٩٥ ٣٧	٤ ٩٥ ٣٥	١٠ ٨٤ ٣٥	٨ ٩٥ ٣٩	٢ ٩٥ ٢٠	٦ ٦٦ ٢٤	١١ ٩٢ ٤٦	٦ ٩٦ ٣٣	٣ ٨٣ ٣٣	١٠ ٧٥ ٣٤	٦ ٩٦ ٣٣	٦ ٩٦ ٣٣	٦ ٩٦ ٣٥
٤	٨٧ ٢٨	٣ ٤٨ ١٨	٥ ٨١ ٣٦	٢ ٨١ ٧٥	٢ ٨١ ٧٥	٢ ٤٠ ٨١	٢ ٤٠ ٨١	٧ ٥٥ ٨٥	٦ ٤٠ ٨١	٦ ٤٠ ٨١	٦ ٤٠ ٨١	٦ ٤٠ ٨١	٦ ٤٠ ٨١
٥	٨٧ ٢٨	٧ ٨١ ٢٠	٦ ٩٤ ٣٠	٤ ٩٤ ٣٠	٧ ٩٥ ٣٠	١٣ ١٠٠ ٣٧	١١ ١٠٠ ٣٧	٧ ٩٥ ٣٠	٦ ٩٥ ٣٠	٦ ٩٥ ٣٠	٦ ٩٥ ٣٠	٦ ٩٥ ٣٠	٦ ٩٥ ٣٠
٦	٨٠ ٢٠	٥ ٨١ ٤٣	٥ ٨١ ٤٣	٤ ٨١ ٤٣	٤ ٨١ ٤٣	٢ ٨١ ٤٣	٢ ٨١ ٤٣	٤ ٨١ ٤٣	٤ ٨١ ٤٣	٤ ٨١ ٤٣	٤ ٨١ ٤٣	٤ ٨١ ٤٣	٤ ٨١ ٤٣
٧	٦١ ٢٦	٣ ٤٥ ١٨	٨ ٧١ ٤٥	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٢ ٤٥ ١٨	٢ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨
٨	٧١ ٢٦	٣ ٤٥ ١٨	٦ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٢ ٤٥ ١٨	٢ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨
٩	٥٣ ١٩	٤ ٨١ ٤٣	٨ ٧١ ٤٥	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٢ ٤٥ ١٨	٢ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨	٣ ٤٥ ١٨
١٠	٩٢ ٣٣	٧ ٩٥ ٣٤	٧ ٩٥ ٣٤	٣ ٦٥ ٣٤	٧ ٩٥ ٣٤	١٠٠ ٣٨ ٧	١٠٠ ٣٨ ٧	٧ ٩٥ ٣٤	٧ ٩٥ ٣٤	٧ ٩٥ ٣٤	٧ ٩٥ ٣٤	٧ ٩٥ ٣٤	٧ ٩٥ ٣٤
١١	٩١ ٤٠	٦ ٩١ ٤٢	٥ ٧٨ ٢٧	٥ ٧٨ ٢٧	٦ ٩٣ ٣٢	٦ ٩٣ ٣٢	٦ ٩٣ ٣٢	٥ ٧٨ ٢٧	٥ ٧٨ ٢٧	٥ ٧٨ ٢٧	٥ ٧٨ ٢٧	٥ ٧٨ ٢٧	٥ ٧٨ ٢٧
١٢	١٠٠ ٦٣	١٨ ١٠٠ ٦٥	١٠٠ ٦٥ ١٨	١٤ ٩٤ ٤٨	١٤ ٩٩ ٥٤	١١ ٩٨ ٦٢	١١ ٩٨ ٦٢	١٤ ٩٤ ٤٨	١٤ ٩٤ ٤٨	١٤ ٩٤ ٤٨	١٤ ٩٤ ٤٨	١٤ ٩٤ ٤٨	١٤ ٩٤ ٤٨

س = المتوسط  
ع = العظمى  
ص = الصغرى

وكشاهد لهذه التغييرات، التغير التقني الملحوظ الذي طرأ على طرق التشييد للمباني وعلى التغير الثقافي الملحوظ الذي طرأ على نمط المعيشة للعائلة السعودية.

وقد واكب هذه التغييرات تعميم لشبكات الطاقة الكهربائية لجميع المدن وغالبية الريف في المملكة، مما جعل العائلة السعودية تعتمد أساساً على الطاقة الكهربائية في أداء معظم أوجه نشاطها من إنارة وتكييف وتشغيل معدات مما ضاعف كميات استهلاكها للكهرباء أكثر من سبع مرات خلال العشرين سنة الماضية. [٣]

إن نتائج هذه التغييرات تستوجب التقييس لوحدة تغليف المباني؛ كأحد السبل الكفيلة بالتقليل من استهلاكها للطاقة الكهربائية والمحافظة عليها في البيئة المبنية والتي شغل السعي إليها بال الكثيرين من المسؤولين والمواطنين.

### المشكلة

تسبب غياب المواصفات القياسية واشترطات التنفيذ المبنية على ظروف البيئة الحرارية لوحدة تغليف المباني في تنفيذ كثير منها طبقاً لاجتهادات المصممين وأرباب العمل دون الرجوع إلى مواصفات قياسية محلية.

### الهدف

يهدف البحث إلى دراسة إمكانية تقييس وحدات تغليف المباني، من أجل المحافظة على الطاقة اللازمة لتبريدها وتدفئتها، بناءً على معطيات الظروف البيئية الحرارية المحلية وذلك من خلال:

- ١ - تقويم الأداء الحراري لوحدة تغليف مباني تقليدية ومعاصرة سبق تنفيذها في البيئة الحرارية المشار إليها.
- ٢ - تقويم الأداء الحراري لوحدة تغليف مباني حديثة يتم تنفيذها، أو سيتم في تلك البيئة.
- ٣ - دراسة إمكانية تصنيف البيئة الحرارية المذكورة إلى عدة أنماط مناخية.

٤ - دراسة إمكانية تصنيف أسطح المباني المعرضة للشمس حسب إسهامها في نقل الحرارة من المحيط الخارجي إلى الحيز الداخلي للمبنى .

### مصطلحات التقييس

#### ١ - التقييس

يمكن تعريف التقييس بأنه «نشاط يعطي حلولاً ذات تطبيق متكرر لمشكلات تقع في الغالب في مجالات العلم والتقنية والاقتصاد» [٤] ويرمي التقييس عادة «إلى تحقيق أكبر درجة من النظام في محيط معين . يتعلق النشاط عادة بعملية إعداد المواصفات وإصدارها وتطبيقها .» [٤] ويمكن اعتبار أن «التقييس هو أول مظاهر الدافع الغريزي لدى الإنسان لتغليب النظام على الفوضى وإحلال البساطة محل التعقيد .» [٥]

#### ٢ - المواصفات القياسية

هي عبارة عن: «مواصفات تقنية أو وثيقة متاحة للجميع ومصاغة بالتعاون والاتفاق أو الموافقة العامة من جميع ذوي المصالح المتأثرة بها وتستند إلى النتائج الثابتة للعلم والتقنية والخبرة، وتهدف إلى تحقيق المصلحة العامة المثلى ومقرة من هيئة للتقييس .» [٤]

#### ٣ - اشتراطات التنفيذ

هي عبارة عن: «مجموعة من القواعد والتعليقات التي تصدرها هيئة أو هيئات رسمية غايتها الوصول إلى التصميم الأمثل، وذلك بتحديد متطلبات تصميم قصوى . وعلى المهندس المصمم اختيار عناصر تصميمية بحيث توفر الحد الأدنى لتلك الاشتراطات» .

#### ٤ - حفظ الطاقة الحرارية للمبنى

هي عبارة عن: «مجموعة من الاحتياطات والتقنيات والمبادئ التي لوروعيت عند المراحل الأولى لتصميم المباني أو تنفيذها لأمكن خفض المتطلب للحد الأدنى في استهلاك الطاقة خفضاً كبيراً يؤثر تأثيراً قوياً على حمل المبنى الكهربائي، وعلى الحمل الأقصى للطاقة الكهربائية للمدينة .»

### تصنيف منطقة البيئة الحرارية للمملكة

من دراسة مخطط المملكة (شكل ١) ودراسة المعلومات المناخية المتوافرة لدى مصلحة الأرصاء وحماية البيئة [٢]، يمكن تصنيفك البيئة الحرارية للمملكة إلى ثلاث مناطق أساسية هي :

- ١ - منطقة البيئة الحرارية الحارة الجافة وتؤلف أكبر مناطق المملكة .
- ٢ - منطقة البيئة الحرارية الحارة الرطبة . وتنحصر في المناطق المطلة على ساحلي البحر الأحمر والخليج العربي .
- ٣ - منطقة البيئة الحرارية شبه المعتدلة وتنحصر في المناطق المرتفعة من جبال السروات .

ويوضح شكل ١ مواقع بعض المدن المثلة لهذه المناطق .

### الخواص الحرارية والطبيعية لمواد البناء الشائعة الاستعمال

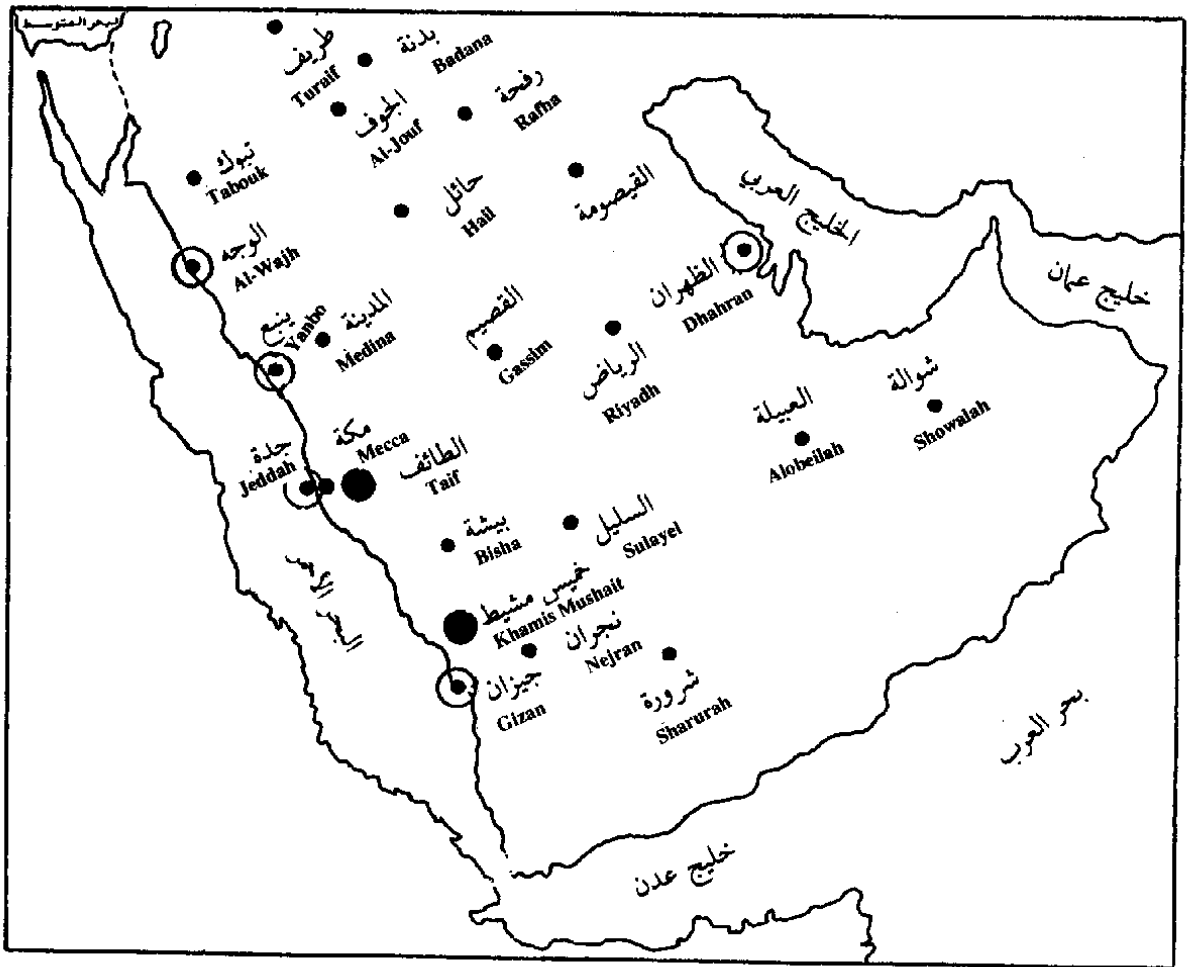
#### في منطقة البيئة الحرارية الحارة الجافة من المملكة

يعتمد التأثير الحراري لأي مادة على خواص حرارية وطبيعية لها، تتمثل في الآتي :

- ١ - مقدار توصيلها للحرارة .
- ٢ - مقدار حرارتها النوعية .
- ٣ - مقدار كثافتها .
- ٤ - مدى قدرتها على التخزين الحراري .

وقبل أن نقوم الأداء الحراري لكل مادة بناء على حدة أو مجموعة مواد بناء مركبة لا بد لنا من معرفة الخواص الحرارية والطبيعية للمادة والتي يوضحها (جدول ٤)، ومن ثم يمكن حساب معامل الانتقال الحراري الكلي لمادة البناء سواء أكانت تستخدم منفردة أم مجمعة من مواد مختلفة .





- منطقة البيئة الحرارية الحارة الجافة
- منطقة البيئة الحرارية شبه المعتدلة
- ⊙ منطقة البيئة الحرارية الحارة الرطبة

شكل ١. مدن المناطق البيئية الحرارية.

وبما أن هذه الخواص تعمل أساساً تبعاً للظروف المتعلقة بدرجة حرارة الجو الخارجي، التي لا قدرة للإنسان على التحكم بها، فينحصر ما يستطيع عمله، في التحكم بمعدل انتقال الحرارة عبر قطاع المبنى الذي يقوم بتصميمه، وذلك في اختيار وترتيب مادة أو مواد القطاع التي تحقق التأثير الحراري المطلوب. [٦، ص ٨٢]

ويتأتى التأثير الحراري غالباً من المقدار الكمي للطاقة الحرارية المخزنة في قطاع المبنى والتي تعتمد أساساً على خاصية التخزين الحراري لمواد القطاع، والتي غالباً ما تحدد مقدار الاختلاف في درجة حرارة مواد القطاع نفسه. وكثيراً ما تختلف هذه الخواص حسب ظروف

جدول ٤ . الخواص الحرارية والطبيعية لبعض المواد (\*) شائعة الاستعمال بالمباني في المنطقة الحارة الجافة من المملكة [٧].

المادة	معامل الانتقال الحراري وات/م.م <sup>٢</sup>	الحرارة النوعية كيلوجول/كجم.م <sup>٢</sup>	الكثافة كجم/م <sup>٣</sup>	التخزين الحراري ميجاجول/م.م <sup>٢</sup>
١ - مواد البناء:				
التراب	٠,٦٣٠	١,٨٠	٢٠٠٣	٣,٦٠
الطين	٠,٥١٦	١,٠٠	١٧٣٠	١,٧٣
الحجر	١,٨٠٠	٠,٩٢	٢٤٥١	٢,٢٦
الخرسانة المسلحة	١,٧٢٨	٠,٩٦	٢٤٠٠	٢,٣٠
الملاط الأسمنتي	٠,٨٠٠	٠,٨٤	١٦٨٢	١,٤١
الرمل	٠,٨٧٠	٠,٨٨	١٥٠٠	١,٣٢
البلاط الأسمنتي	١,٠٦٠	٠,٨٤	١٥٠٠	١,٢٦
الطوب الفخاري المفرغ				
- سمك ١٠ سم (نوع أ)	٠,٤٤٠	٠,٨٤	٨٣٤	٠,٧٢
- سمك ٢٠ سم (نوع ب)	٠,٦٥٠	٠,٨٤	٨١٢	٠,٦٨
الطوب الأسمنتي المفرغ				
- سمك ١٠ سم (نوع أ)	٠,٩٦٠	٠,٨٤	١٨٢٧	١,٥٣
- سمك ٢٠ سم (نوع ب)	١,٣٨٩	٠,٨٤	١٢٠٣	١,٠١
الطوب الأسمنتي المصمت				
- سمك ١٥ سم	١,٢١٩	٠,٨٤	٢١٢٢	١,٧٨
- سجاد الأرضية	٠,٠٦٠	٠,٧٥	١١٢	٠,٠٨
٢ - المواد العازلة للحرارة:				
بوليستيرين	٠,٠٣٧	٠,٨٤	٣٥	٠,٠٣
بوليوريثين	٠,٠٢٥	٠,٨٤	٣٥	٠,٠٣
البرلايت (نوع ١)	٠,٠٤٠	٠,٨٤	٣٢	٠,٠٢
البرلايت (نوع ٢)	٠,٠٦٠	٠,٨٤	٤٠٠	٠,٣٤
الزجاج الخلوي	٠,٠٦٠	٠,٨٤	١٣٦	٠,١١
الألياف الزجاجية	٠,٠٣٠	٠,٨٤	٩٦	٠,٠٨

## تابع جدول ٤ .

المادة	معامل الانتقال الحراري وات/م.م <sup>٢</sup>	الحرارة النوعية كيلوجول/كجم.م <sup>٣</sup>	الكثافة كجم/م <sup>٣</sup>	التخزين الحراري ميجاجول/م.م <sup>٣</sup>
الصوف الصخري	٠,٠٣٠	٠,٨٤	٤٨	٠,٠٤
الخرسانة المهواة (نوع ١)	٠,١٢٠	٠,٩٦	٤٠٠	٠,٣٨
الخرسانة المهواة (نوع ٢)	٠,٢٦٠	١,٠٩	٧٨٠	٠,٨٥
الخرسانة الخلوية (نوع ١)	٠,٠٨١	٠,٨٤	٣٠٠	٠,٢٥
الخرسانة الخلوية (نوع ٢)	٠,٥٢٠	٠,٨٤	١٦٠٠	١,٣٤

\* تم الرجوع إلى نشرات معتمدة من هيئات تقييس عالمية لخواص بعض المواد.

تصنيع هذه المواد، حيث تؤدي ظروف تصنيع هذه المواد دوراً كبيراً في زيادة ونقص مقدار توصيلها للحرارة، لذا يجب الحرص على معرفة هذه الخواص بناء على شهادات اختبار تقدمها هيئات اختبار مرخصة ومعتمدة وعلى ضوء نتائجها يمكن اختيار الأنسب منها.

## ترتيب طبقات مواد وحدات تغليف المبني

مما لا شك فيه، أن لترتيب المواد الداخلة في تشكيل وحدات تغليف المبني، دور فعال في تزامن السريان الحراري الداخل أو الخارج من المبني وإليه، وحيث إن الاستجابة الحرارية تختلف من وحدة تغليف إلى أخرى حسب ترتيب الطبقات الداخلة في تشكيل وحدة التغليف برغم التساوي في مقدار معامل الانتقال الحراري الكلي لها، فمثلاً لو أن عندنا وحدة التغليف الخارجي لمبني عبارة عن:

- ١ - ملاط أسمنتي
- ٢ - طبقة عازلة للحرارة
- ٣ - طوب أسمنتي (كتلة وحدة التغليف)
- ٤ - ملاط أسمنتي

وحدة تغليف أخرى عبارة عن :

- ١ - ملاط أسمنتي
- ٢ - طوب أسمنتي (كتلة وحدة التغليف)
- ٣ - طبقة عازلة للحرارة
- ٤ - ملاط أسمنتي

فعند حساب مقدار معامل الانتقال الحراري الكلي لكل من وحدتي التغليف، يتضح أنها متساويتان من ناحية المقدار لكنها تختلفان في استجابتهما للحرارة مع الزمن.

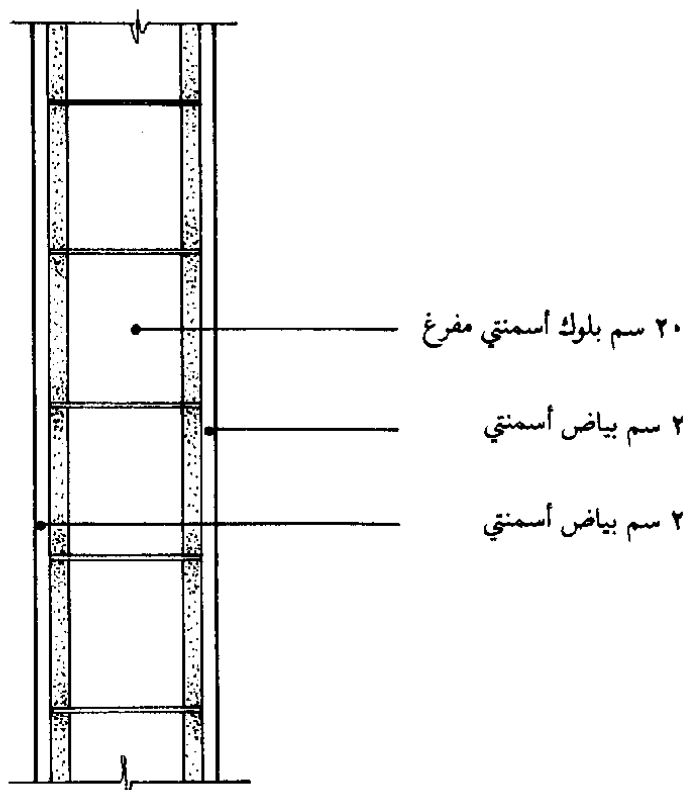
فقد أغفل كثير من مهندسي تصميم المباني والمعماريين المعايير والأساليب المهمة والفعالة لتطبيق نظام العزل الحراري، ووضع المادة العازلة للحرارة في مكانها الملائم عند تصميم معظم المباني الحديثة. ويؤثر وضع المادة العازلة للحرارة على متطلبات المبنى من الطاقة الكهربائية المطلوبة لتشغيل أجهزة تكييف المبنى، علماً بأن استهلاك المبنى من الطاقة الكهربائية المنتجة في المملكة تمثل ما مقداره (٤٠ - ٦٠٪) منها. [٨]

وتسجل الأشكال (٢ - ١٨) مجموعة من وحدات التغليف للمباني المستخدمة في الدراسة، والتي يمكن استقراء حدود معامل الانتقال الحراري الكلي لها ويمكن على سبيل المثال التقليل بشكل ملحوظ من معامل الانتقال الحراري الكلي لوحدة التغليف عند زيادة سمك المادة العازلة للحرارة مثلاً.

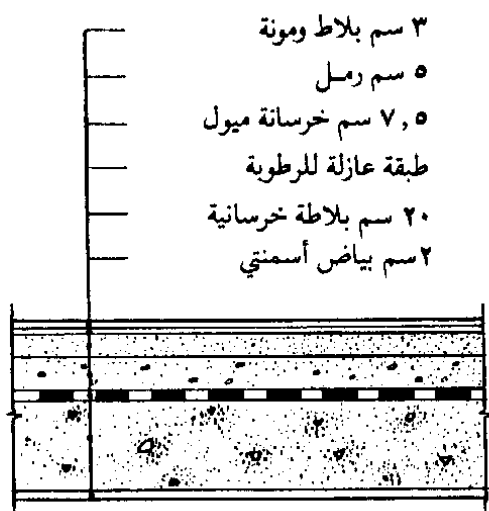
ويمكن تصنيف ترتيب الطبقات لوحدة تغليف المبنى بالنسبة لمواد العزل الحراري إلى التالي :

#### ١ - العزل الحراري الخارجي لوحدة تغليف المبنى

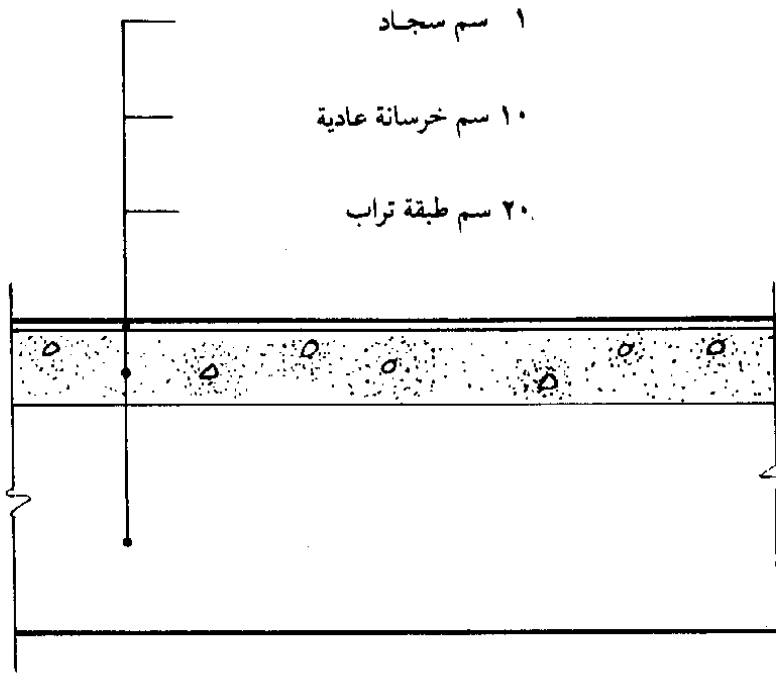
وفيه يتم وضع طبقة المادة العازلة للحرارة مع المواد اللازمة لحمايتها خارج كتلة طبقات وحدة تغليف المبنى الأساسية، والتي يفترض أنها مواد لها قدرة عالية على تخزين الحرارة.



شكل ٢ . جدار من البلوك الأسمنتي المفرغ غير معزول حراريًا.  
معامل التوصيل الحراري الكلي للجدار =  $0,084$  وات/م<sup>٢</sup>م°

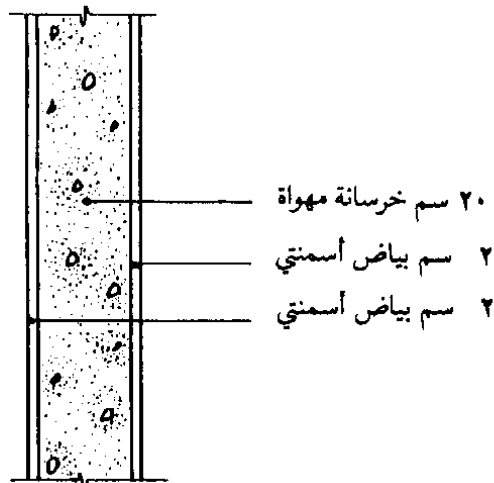


شكل ٣ . بلاطة سقف غير معزولة حراريًا.  
معامل التوصيل الحراري الكلي لبلاطة السقف =  $2,857$  وات/م<sup>٢</sup>م°.



شكل ٤ . أرضية مفروشة .

معامل التوصيل الحراري الكلي للأرضية =  $1,420$  وات/م<sup>٢</sup>م°

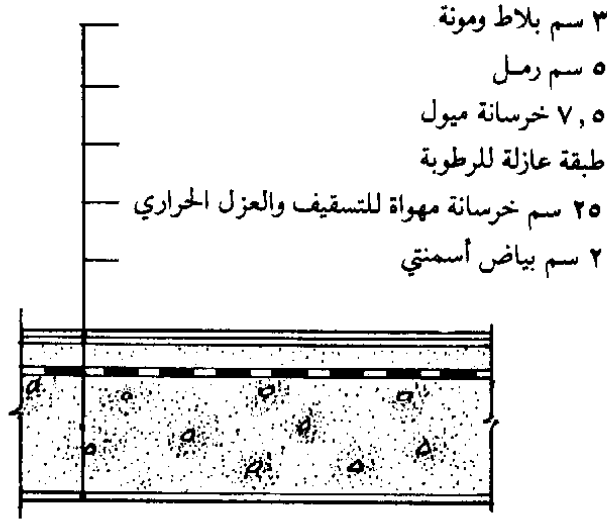


شكل ٥ . جدار خرسانة مهواة

معامل التوصيل الحراري الكلي:

للخرسانة المهواة (١) =  $0,596$  وات/م<sup>٢</sup>م°

للخرسانة المهواة (٢) =  $1,193$  وات/م<sup>٢</sup>م°

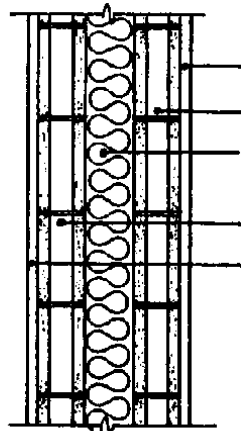


شكل ٦ . سقف خرسانة مهواة .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

$$\text{لسقف الخرسانة المهواة (١) } = ٠,٤٥٤ \text{ وات/م}^2\text{م}^\circ$$

$$\text{لسقف الخرسانة المهواة (٢) } = ٠,٨٧٥ \text{ وات/م}^2\text{م}^\circ$$

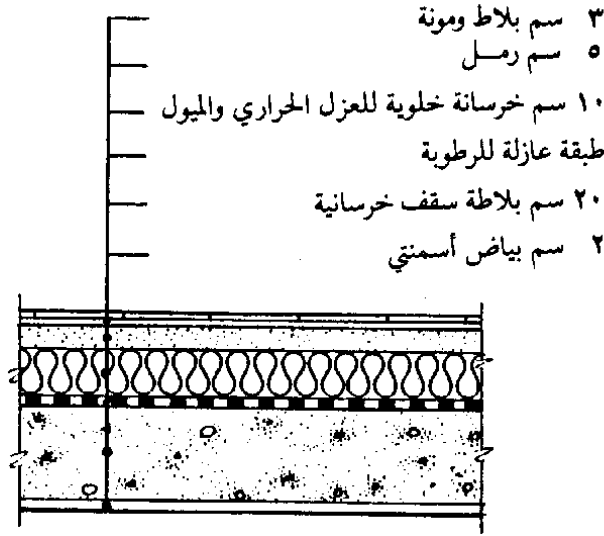


شكل ٧ . جدار مركب معزول حرارياً بخرسانة خلوية .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

$$\text{لجدار الخرسانة الخلوية (١) } = ٠,٦٤٨ \text{ وات/م}^2\text{م}^\circ$$

$$\text{لجدار الخرسانة الخلوية (٢) } = ٢,٢٢١ \text{ وات/م}^2\text{م}^\circ$$

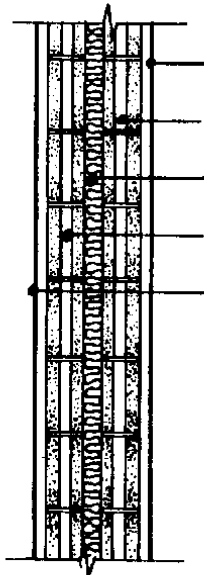


شكل ٨ . سقف خرساني معزول حراريًا بخرسانة خلوية .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

لسقف الخرسانة الخلوية (١) =  $0,642$  وات / م<sup>٢</sup> م<sup>٢</sup> °

لسقف الخرسانة الخلوية (٢) =  $2,124$  وات / م<sup>٢</sup> م<sup>٢</sup> °



شكل ٩ . جدار مركب معزول حراريًا .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

لجدار البرلايت (١) =  $0,648$  وات / م<sup>٢</sup> م<sup>٢</sup> °

لجدار البرلايت (٢) =  $0,886$  وات / م<sup>٢</sup> م<sup>٢</sup> °

لجدار البوليورثين =  $0,426$  وات / م<sup>٢</sup> م<sup>٢</sup> °

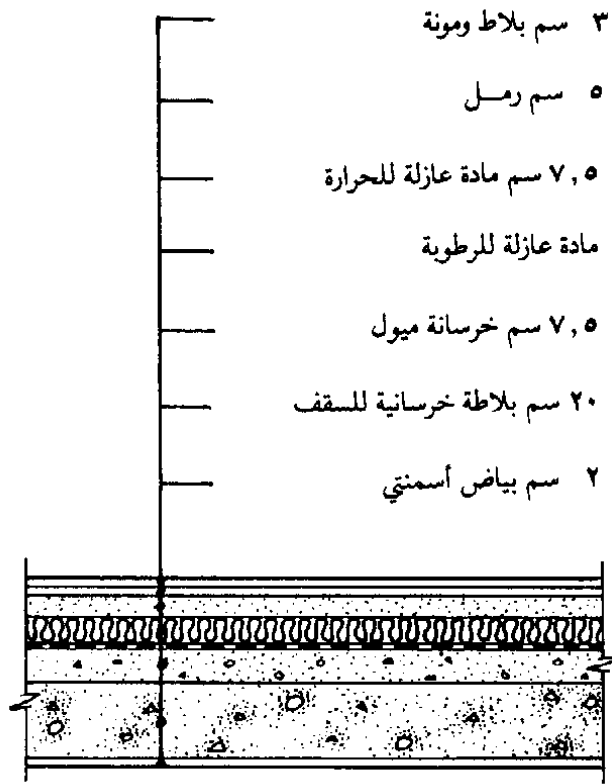
لجدار البوليستيرين =  $0,625$  وات / م<sup>٢</sup> م<sup>٢</sup> °

لجدار رغوة الزجاج =  $0,846$  وات / م<sup>٢</sup> م<sup>٢</sup> °

لجدار الألياف الزجاجية =  $0,551$  وات / م<sup>٢</sup> م<sup>٢</sup> °

لجدار الصوف الزجاجي =  $0,551$  وات / م<sup>٢</sup> م<sup>٢</sup> °





شكل ١٠ . بلاطة سقف خرسانية معزولة حراريًا.

معامل التوصيل الحراري الكلي:

$$\text{للبرلايت (١) = } 0,443 \text{ وات/م}^2\text{م}^\circ$$

$$\text{للبرلايت (٢) = } 0,596 \text{ وات/م}^2\text{م}^\circ$$

$$\text{للبوليورثين = } 0,284 \text{ وات/م}^2\text{م}^\circ$$

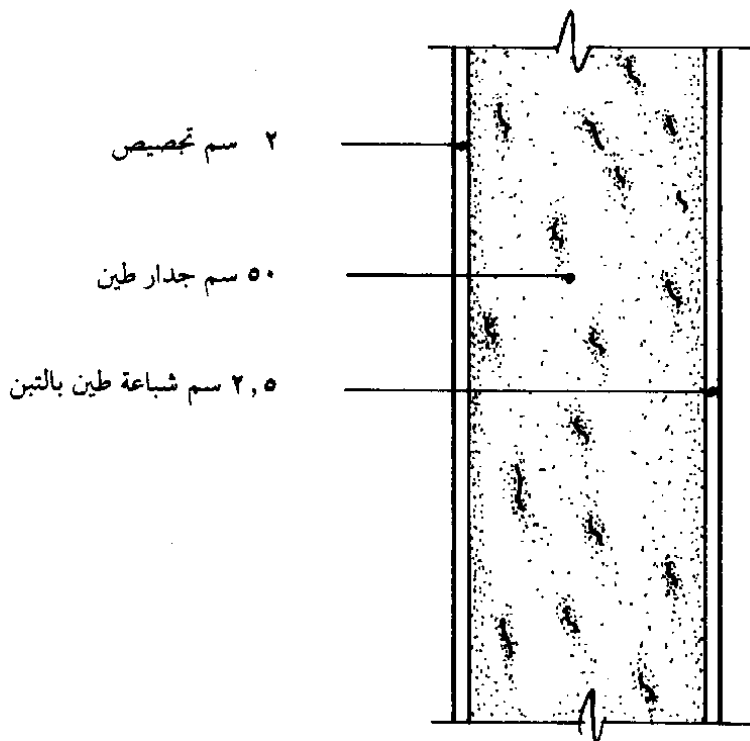
$$\text{للبوليستيرين = } 0,426 \text{ وات/م}^2\text{م}^\circ$$

$$\text{لرغوة الزجاج = } 0,579 \text{ وات/م}^2\text{م}^\circ$$

$$\text{للألياف الزجاجية = } 0,375 \text{ وات/م}^2\text{م}^\circ$$

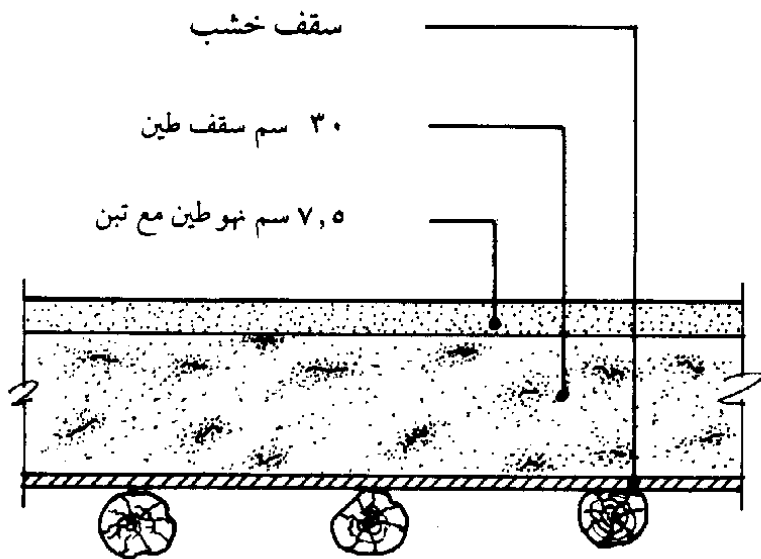
$$\text{للمصوف الزجاجي = } 0,375 \text{ وات/م}^2\text{م}^\circ$$

ويتلخص عملها في الشتاء، بأن تقوم هذه الكتلة بامتصاص وتخزين وحفظ الطاقة الحرارية المتولدة داخل الحيز الداخلي للمبنى، والناجمة عن النشاطات الداخلية والإشعاع الشمسي المباشر خلال النوافذ الزجاجية وأجهزة التدفئة أثناء فترة عملها. بينما تقوم المادة العازلة للحرارة بإبطاء سريان وفقد تلك الحرارة المتولدة والمخزنة إلى البيئة الخارجية والاستفادة منها في التخفيف عن أجهزة تدفئة المبنى. أما عملها في الصيف فإن المادة العازلة للحرارة تقوم



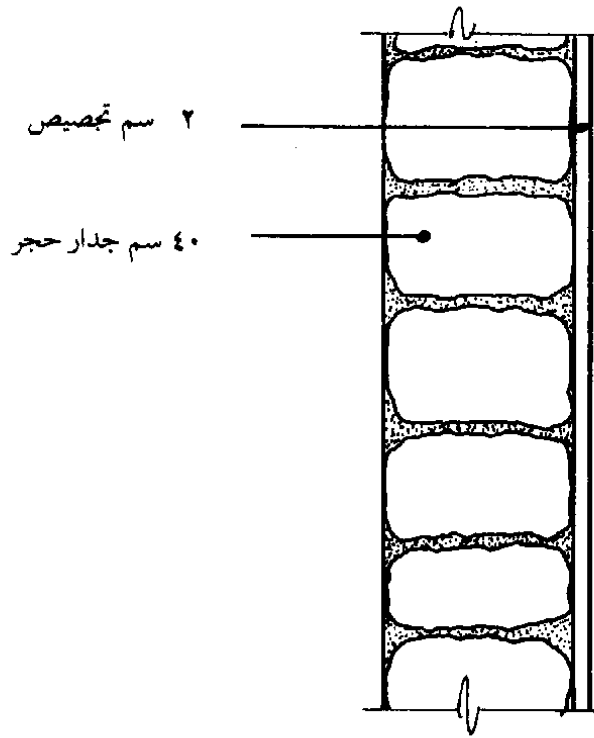
شكل ١١ . جدار من الطين .

معامل التوصيل الحراري الكلي:  
 جدار الطين =  $0,948$  وات / م<sup>2</sup>م



شكل ١٢ . سقف من الطين والخشب .

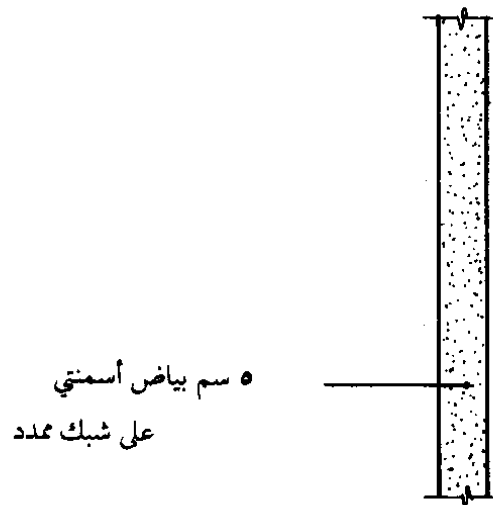
معامل التوصيل الحراري الكلي:  
 لسقف الطين والخشب =  $1,03$  وات / م<sup>2</sup>م



شكل ١٣ . جدار من الحجر .

معامل التوصيل الحراري الكلي:

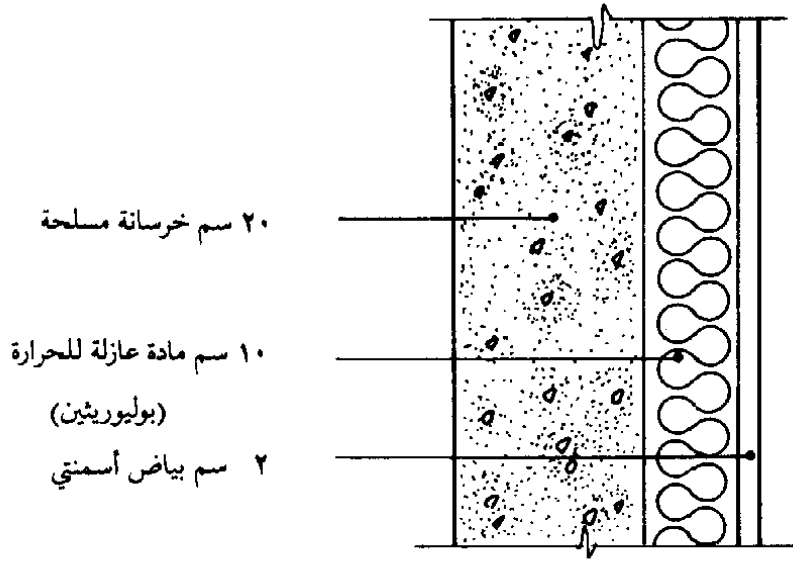
$$\text{لجدار الحجر} = 3,923 \text{ وات/م}^2 \text{م}^\circ$$



شكل ١٤ . جدار شديد التوصيل للحرارة .

معامل التوصيل الحراري الكلي:

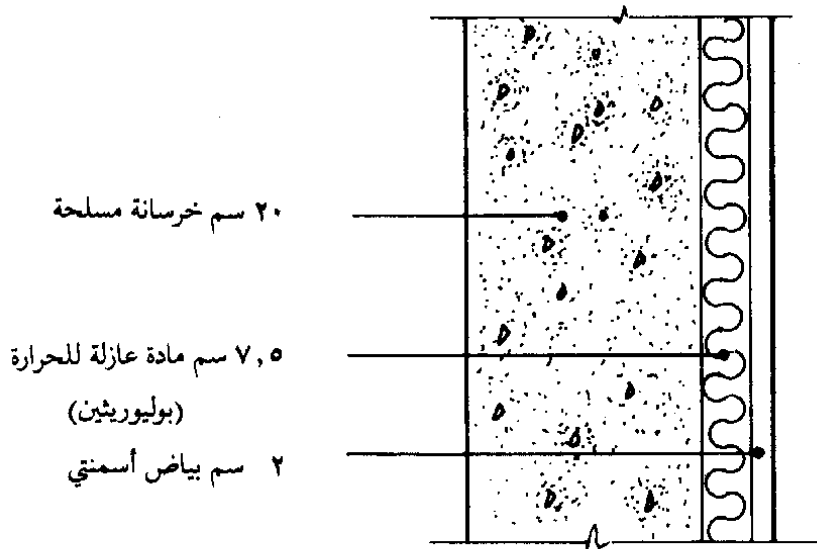
$$\text{للجدار شديد التوصيل للحرارة} = 15,643 \text{ وات/م}^2 \text{م}^\circ$$



شكل ١٥ . جدار خرساني معزول حراريًا من الخارج .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

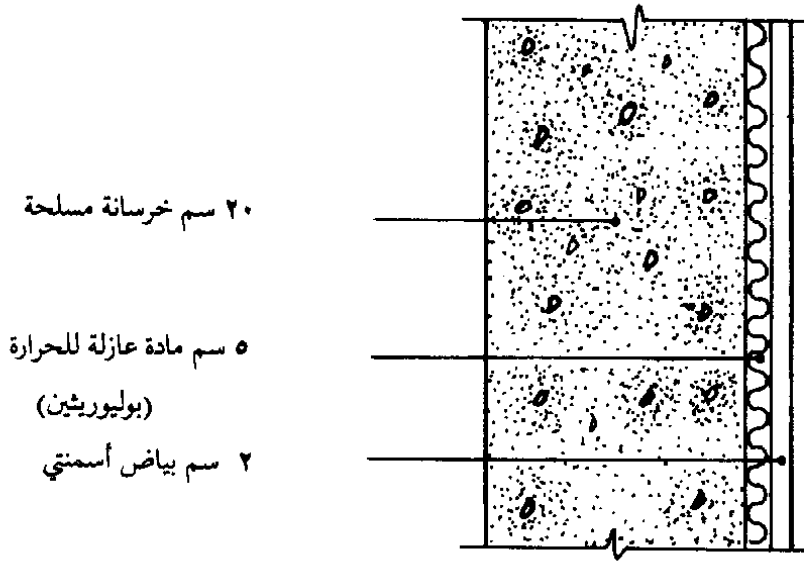
للجدار المعزول بمادة سمك (١٠سم) =  $0,233$  وات/م<sup>٢</sup>م°



شكل ١٦ . جدار خرساني معزول حراريًا من الخارج .

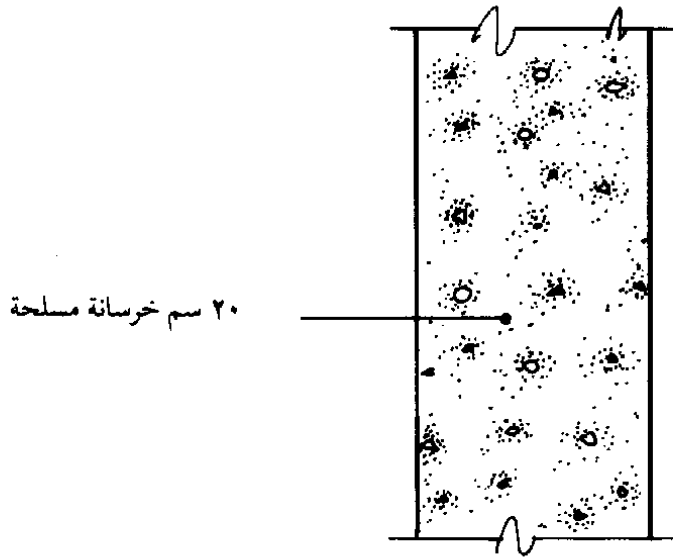
معامل التوصيل الحراري الكلي :

للجدار المعزول بمادة سمك (٧,٥سم) =  $0,307$  وات/م<sup>٢</sup>م°



شكل ١٧ . جدار خرساني معزول حراريًا من الخارج .

معامل التوصيل الحراري الكلي:

للجدار المعزول بمادة سمك (٥سم) =  $0,443$  وات/م<sup>٢</sup>م°

شكل ١٨ . جدار خرسانة مسلحة سمك (٢٠سم)

معامل التوصيل الحراري الكلي:

للجدار الخرسانة المسلحة =  $8,51$  وات/م<sup>٢</sup>م°

بإبطاء انتقال وكسب الطاقة الحرارية من الخارج إلى كتلة البناء. وتقوم في الوقت نفسه كتلة البناء بتخزين البرودة من الحيز المكيف وحفظها ثم الإسهام في تنظيم الحرارة الداخلية للحيز الداخلي وذلك أثناء توقف أجهزة تبريد المبنى، كما أن البرودة المخزنة تسهم في التخفيف من أحجام وعمل أجهزة التكييف اللازمة للمبنى. ومثل هذا النوع من نظم العزل الحراري يلائم المباني التي لها طبيعة تشغيل دائمة كالمنازل والمستشفيات.

## ٢ - العزل الحراري الداخلي لوحدات تغليف المبنى

وفيه يتم وضع طبقة المادة العازلة للحرارة مع المواد الحامية لها من الداخل أي خلف كتلة طبقات وحدة تغليف المبنى الأساسي. ويفترض أن المواد المشكلة لوحدة تغليف المبنى كفيلة بعمل اتزان إنشائي له، ولا يشترط أن يكون لها قدرة عالية على تخزين الحرارة. وحيث إن هذه المواد العازلة للحرارة معامل انتقال حراري قليل جداً، فإنها تعمل على الإسراع في عملية تدفئة وتبريد الحيز الداخلي للمبنى شتاءً وصيفاً على الترتيب. وهذا بطبيعته يقلل من الطاقة اللازمة لتدفئة أو تبريد الحيز الداخلي، مع وجود محذور واحد، هو وجوب التحكم بكمية الهواء المكيف المسموح بتسربه، وعمل التحكم اللازم في الأبواب والنوافذ لمنع تسرب الهواء المكيف ومثل هذا النوع من نظم العزل يلائم المباني التي لها طبيعة تشغيل دورية كالمدارس والمكاتب، حيث إن فترة التشغيل تشمل فترات من اليوم وتتطلب أداءً فورياً.

## سبل التقليل من استهلاك الطاقة في المباني المعزولة [٩]

عند المراحل الأولى لإعداد التصميم المعماري أو العمراني، هنالك سبل يجب شموها ومراعاتها في التصميم والتخطيط المعني لتساعد في حفظ استهلاك المبنى المصمم من الطاقة اللازمة لتبريده وتدفئته، وتشمل هذه السبل ولا تقتصر على:

١ - الاهتمام بالمناخ المصغر للمبنى، وذلك بتكثيف التشجير والتظليل وإيجاد قنوات

تبريد للأسطح الخارجية، من خلال التهوية الطبيعية حول المبنى.

٢ - التوجيه الشمسي السليم للمبنى، وذلك للاستفادة من حرارة الإشعاع

الشمسي المكتسب والساقط على المبنى في فصل الشتاء، والتقليل من حرارة

الإشعاع الشمسي المكتسب والساقط على المبنى في فصل الصيف وذلك بتوجيه المسطحات الكبرى من الحوائط نحو الشمال والجنوب ما أمكن .

٣ - الاهتمام بتشكيل الغلاف الخارجي للمبنى ، حيث يساهم التشكيل في تقليل الأحمال الحرارية المكتسبة للمبنى .

٤ - الاهتمام بترتيب وتنظيم المواد الداخلة في بناء وحدات تغليف المبنى وذلك لتأثر كميات أحمال التكيف للمبنى بمقادير الاستجابة الحرارية لوحدات التغليف .

٥ - تقليل الهواء المتسرب من المبنى وإليه ، ويتم ذلك باختيار النوع الجيد من النوافذ والأبواب التي لا تسمح بتسرب الهواء المكيف .

٦ - اختيار النوع الموفر لاستهلاك الطاقة من أنظمة التبريد والتدفئة والتهوية .

٧ - استخدام الإضاءة الطبيعية في إنارة الحيزات الداخلية خلال النهار، للتقليل من الطاقة المستهلكة وتحسين محيط البيئة الداخلية .

٨ - استخدام الألوان العاكسة للحرارة في وحدات التغليف الخارجي للمبنى ، وذلك للتقليل من الحرارة الممتصة في كتلة بنائها .

٩ - استخدام المواد العازلة للحرارة في الحوائط والأسقف واستخدام الزجاج العازل والمزدوج في النوافذ ، وذلك للتقليل من الأحمال اللازمة لتبريد وتدفئة المبنى .

### أسلوب حل المشكلة

#### ١ - التصميم الحراري الأمثل للمباني

عند الرغبة في الوصول إلى تصميم حراري أمثل للمباني ، لا بد من تقييس وحدات تغليفها وتوصيف خواصها الحرارية ، وتحديد المتطلبات اللازمة لانتقالها الحراري ، ولا بد من بناء هذا التقييس والتوصيف على دراسة مدى تأثير عناصر المناخ المحلي بدرجاته المختلفة على تلك الوحدات ، ولا بد من تحديد معايير للتصنيف ، يمكن بناءً عليها اختيار أفضلها . وتشمل معايير التصنيف ولا تقتصر على التالي :

#### أ - تصنيف النمط المناخي

تقع منطقة البيئة الحرارية الحارة الجافة من المملكة والمصنفة سابقاً ما بين خطي عرض (١٥ - ٣١ درجة شمال خط الاستواء) وما بين خطي طول (٣٦ - ٥٢ درجة شرق

جريتنتش). وعند الدراسة المبدئية لعناصر المناخ من واقع المعلومات المتوافرة عن أحوال الطقس لمدن مختارة في منطقة الدراسة [٢]، والموضحة بالجداول ١ - ٣ [١]، يستقرأ منها تشابه الموقع الجغرافي والارتفاع النسبي عن سطح البحر لبعض مدن منطقة الدراسة (حائل وتبوك) وهذا بالطبع يمكن اعتباره مؤشراً لتشابه ظروف الارتفاع الحراري لهاتين المدينتين. [١٠] وبناءً عليه، يمكن تصنيف هذه المنطقة إلى نمطين للمناخ طبقاً لتشابه ظروف الارتفاع الحراري لبيئتها والذي غالباً ما يعتمد على معدلات الدرجة العظمى لحرارة ورطوبة الجو.

نتيجة لما سبق، يمكن أن يوصف النمط المناخي الأول بأنه ما تشابهت ظروف الارتفاع الحراري لبيئته وما زاد معدل درجة حرارته العظمى عن (٤٢ درجة مئوية) والنمط المناخي الثاني بأنه ما تشابهت ظروف الارتفاع الحراري لبيئته وما قل معدل درجة حرارته العظمى عن (٤٢ درجة مئوية). وتوضح الجداول ١ - ٣ [١]، أن درجة الحرارة العظمى للجو في النمط المناخي الأول تصل إلى أكثر من (٤٩ درجة مئوية). وقد دخلت مدن: تبوك، حائل وبيشة ضمن النمط المناخي الثاني، بينما بقية مدن منطقة البيئة الحارة الجافة ضمن النمط المناخي الأول.

وقد اختيرت مدينتي الرياض وتبوك لتمثل مكاني الدراسة لنمطي المناخ الأول والثاني على التوالي.

### ب - تصنيف الأسطح

يمكن تصنيف الأسطح الداخلة في تشكيل الغلاف الخارجي للمبنى إلى التالي:

١ - أسطح معتمدة غير منفذة للإشعاع الشمسي (الجدران والسقف) ويمكن

تصنيف هذه الأسطح إلى الآتي:

أ - أسطح محمية من التعرض للإشعاع الشمسي.

ب - أسطح شبه محمية من التعرض للإشعاع الشمسي.

ج - أسطح غير محمية من التعرض للإشعاع الشمسي.



- ٢ - أسطح شفافة منفذة للإشعاع الشمسي (النوافذ والمسطحات الزجاجية).  
 يمكن تصنيف هذه الأسطح إلى الآتي:  
 أ - زجاج اعتيادي مفرد.  
 ب - زجاج اعتيادي مزدوج.  
 ج - زجاج معالج مزدوج ذو حاجز حراري.  
 د - بلوكات زجاجية.

### ج - تصنيف كتلة الغلاف الخارجي للبناء

يستنتج من دراسة جدول ٤ ، أهمية كمية التخزين الحراري للمادة والتي تعتمد أساساً على الحرارة النوعية والكثافة لها . ومنها يمكن تصنيف كتلة الغلاف الخارجي للمبنى حسب قدرتها على التخزين الحراري إلى الآتي:

- ١ - كتلة عالية الكثافة وتدخل ضمنها أية مواد بناء يزيد وزنها عن ١٥٠٠ كجم / م<sup>٣</sup>.  
 ٢ - كتلة متوسطة الكثافة وتدخل ضمنها أية مواد بناء يتراوح وزنها بين أكثر من ٥٠٠ كجم / م<sup>٣</sup> وأقل من ١٥٠٠ كجم / م<sup>٣</sup>.  
 ٣ - كتلة خفيفة الكثافة وتدخل ضمنها أية مواد بناء يقل وزنها عن ٥٠٠ كجم / م<sup>٣</sup>.

### ٢ - محاكاة الأداء الحراري

#### أ - أداة البحث

الأداة الأساسية المستخدمة في محاكاة الأداء الحراري ، عبارة عن برنامج بالحاسب الآلي يحاكي التأثير الحراري للطقس الخارجي على الجو الداخلي للمبنى . وهذا البرنامج أعدته واختبرته ووثقته هيئة علمية متخصصة كأداة بحث موثقة ومعتمدة [١١] .

ويقوم هذا البرنامج بحساب معامل الانتقال الحراري الكلي لوحدة تغليف المبنى ومعامل الاستجابة الحرارية لها . ونتيجة لذلك يقوم بحساب درجة الحرارة الداخلية للحميز الداخلي للمبنى ، وحساب أحمال تكيفه ودرجات حرارة أسطحه الداخلية والخارجية طبقاً

لتوصيف الطقس الخارجي ومواصفات الحيز الداخلي للمبنى . ويعمل هذا البرنامج حسب طريقة الانتقال الآني للحرارة، وطريقة معامل الاستجابة الحرارية .

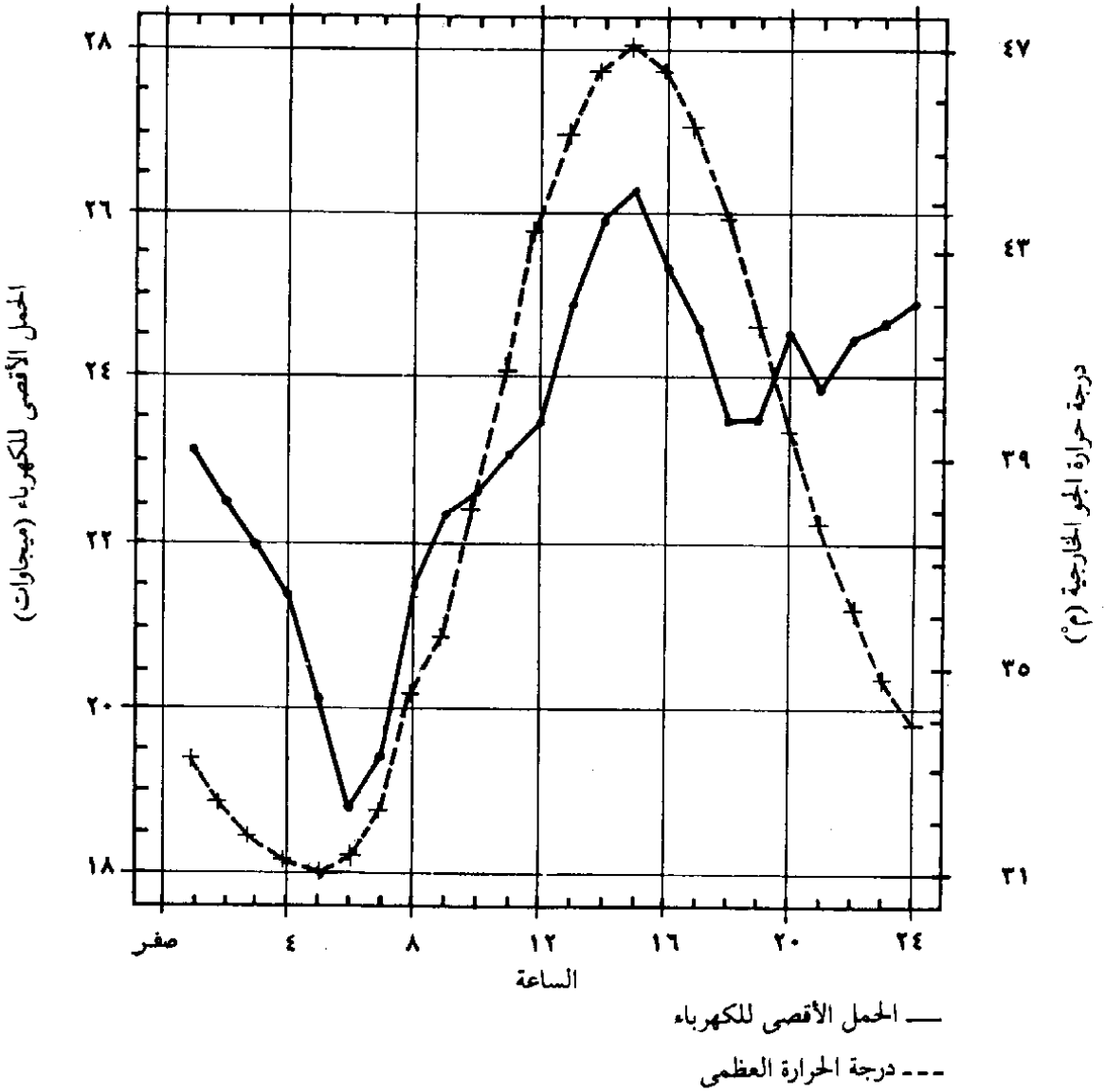
ويراعي البرنامج المستخدم عند الحساب الخواص الطبيعية والحرارية لمواد البناء، وخاصة خاصية وزن كتلة مادة البناء التي كثيراً ما أهملت عند استخدام الطرق التقليدية في الحساب مثل طريقة الحالة الثابتة، وطريقة الحالة الدورية . وهذه النتائج للتشغيل ستساعد في الحكم على الأداء الحراري لوحدات تغليف المباني حسب التوصيف المتكامل للنموذج المستخدم بالبحث .

ويمكن أن يعد تطبيق هذا البرنامج من الناحية العلمية بديلاً للقياس الحقل للأداء الحراري لنماذج المباني المقترحة بالبحث، وذلك عند عدم توافر الظروف الملائمة للقياس الحقل في مباني أبحاث قائمة .

### ب - مكان وزمان المحاكاة

١ - النمط المناخي الأول: اختيرت مدينة الرياض التي تقع على خط عرض (٦, ٢٤° شمال خط الاستواء)، وخط طول (٧, ٤٦° شرق جرينتش) مكاناً للمحاكاة في النمط المناخي الأول. ومناخ الرياض شديد الحرارة والجفاف في الصيف خلال النهار، وذو مدى حراري مرتفع ورطوبة نسبية منخفضة. وقد اختير يوم واحد من أيام سنة (١٩٨٩م) (ليمثل الحد الأقصى من استهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة الرياض) يوماً للمحاكاة، وقد وافق العاشر من (يونيو). ووصلت درجة الحرارة العظمى فيه إلى (٤٧ درجة مئوية)، وأدنى درجة (٣١ درجة مئوية) ومدى حراري بلغ (١٦ درجة مئوية). ويوضح شكل ١٩ الحمل الساعي للكهرباء مع درجة الحرارة الساعية لذلك اليوم. [١٢]

٢ - النمط المناخي الثاني: اختيرت مدينة تبوك التي تقع على خط عرض (٣٧, ٢٨° شمال خط الاستواء) وخط طول (٥٨, ٣٦° شرق جرينتش) مكاناً للمحاكاة في النمط المناخي الثاني. ومناخ تبوك يماثل، إلى حد ما، مناخ الرياض سوى أن درجة الحرارة



شكل ١٩ . علاقة الحمل الأقصى للكهرباء بدرجة الحرارة الخارجية العظمى للجو الخارجي [١٢].

العظمى تقل بنحو خمس درجات مئوية عن الرياض . وقد اختير يوم محاكاة النمط المناخي الأول نفسه لتحصل الفائدة من المقارنة بين مستوى الأداء لوحدات تغليف المباني نفسها في نمطي مناخ مختلفين ، وذلك ليتمكن إدخال التحسينات اللازمة على وحدة التغليف لتلائم النمط المناخي المختار . وافترض أن يوم المحاكاة أعطى درجة حرارة عظمى بلغت (٤٢ درجة مئوية) وأدنى درجة حرارة بلغت (٢٦ درجة مئوية) ومدى حراري بلغ (١٦ درجة مئوية) .

### ج - الوصف الطبيعي لنماذج المحاكاة

نماذج المحاكاة عبارة عن وحدات فراغية متصلة، لا يوجد بها أي فواصل أفقية أو رأسية، وبذلك أهملت الخواص الحرارية للمواد داخل الفراغ من امتصاص للحرارة ونحوه، كما افترض عدم وجود أي اختلاف في الظروف الحرارية من مكان لآخر داخل الفراغ. والنموذج الأساسي مسقطة الأفقي على شكل مربع، مختلف الارتفاعات، لقياس مدى أهمية توجيه ومساحة السطح بالنسبة للمعامل الكلي لتوصيله للحرارة، ومدة أهمية تصنيف سطحه كما ورد في الفقرة (ب - ١). وعند استعراض الجدول ٤ أمكن، بناء وتوصيف أسطح مكعب كما في (الأشكال ٢٠ - أ إلى ٢٠ - و) كنماذج افتراضية للدراسة. وهذا المكعب يمثل وحدة فراغية متجانسة التغليف، أي أن تغليفها واحد لكل أسطحها، عدا سطح واحد، يمكن تغييره، ليتمكن الباحث من تقويم أثر هذا السطح المختلف على الأداء الحراري الكلي للنموذج، وتقدير مدى أهمية ذلك السطح.

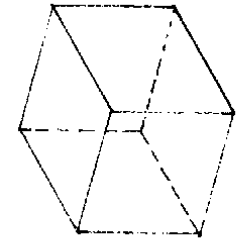
وبلغت مساحة أرضية المكعب الافتراضي للمحاكاة مائة وأربعة وأربعين متراً مربعاً. كما قدر الارتفاع باثني عشر متراً للنموذج الافتراضي الأول، وستة أمتار للنموذج الافتراضي الثاني.

وقد افترض عدم وجود أي فتحات بالغللاف الخارجي للنماذج تؤدي إلى دخول الإشعاع الشمسي المباشر خلالها أو تؤدي إلى تهوية طبيعية للفراغ الداخلي.

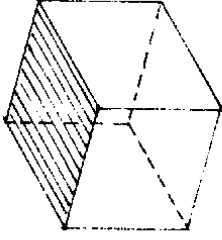
### د - نماذج المحاكاة

بنيت نماذج المحاكاة لتمثل وحدات فراغية كما في الفقرة السابقة (ج). وقد اختيرت عناصر تغليف الوحدات الفراغية بعد دراسة وحدات عناصر تغليف المباني التقليدية والمعاصرة، والحديثة للحصول على نتائج يسهل مقارنة بعضها مع بعض. وبنيت النماذج لتلائم النمط المناخي الأول على النحو التالي:

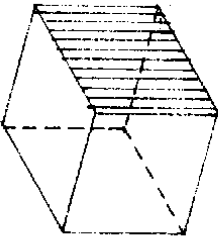
١ - ثمان نماذج، الأول مغلف بغللاف شديد العزل للحرارة والموضح قطاعه في شكل ١٥، والثاني غير معزول حرارياً والموضح قطاعه في شكل ١٨، والثالث مغلف بغللاف



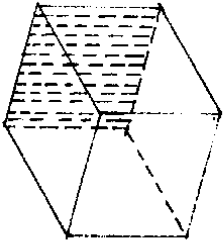
شكل (أ- ٢٠)



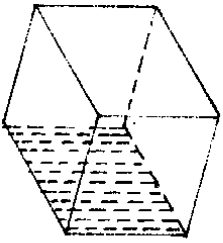
شكل (ب- ٢٠)



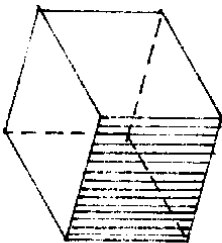
شكل (ج- ٢٠)



شكل (د- ٢٠)



شكل (هـ- ٢٠)



شكل (و- ٢٠)

لا يوجد

السقف

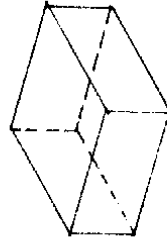
الواجهة الجنوبية

الواجهة الغربية

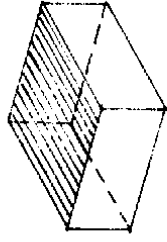
الواجهة الشمالية

الواجهة الشرقية

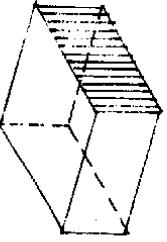
نماذج متجانسة الأسطح ذات ارتفاع يعادل الطول والمعرض ما عدا السطح المائل :-



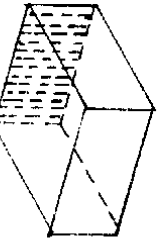
شكل (أ١- ٢٠)



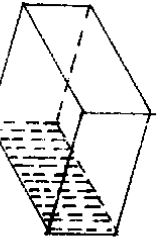
شكل (ب١- ٢٠)



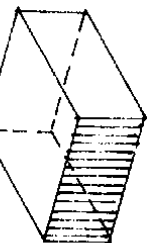
شكل (ج١- ٢٠)



شكل (د١- ٢٠)



شكل (هـ١- ٢٠)



شكل (و١- ٢٠)

لا يوجد

السقف

الواجهة الجنوبية

الواجهة الغربية

الواجهة الشمالية

الواجهة الشرقية

نماذج متجانسة الأسطح ذات ارتفاع يعادل نصف الطول والمعرض ما عدا السطح المائل :-

شكل ٢٠. نماذج الدراسة.

متوسط العزل الحراري والموضح قطاعه في شكل ١٦ والنماذج الخمسة الباقية بنيت جدرانها جميعاً وسقفها من وحدات تغليف ثابتة شديدة العزل للحرارة إلا واحداً منها بني من مادة ضعيفة العزل للحرارة (السطح المختلف كما في شكل ١٤) وبقية الأسطح كما في شكل ١٥ والأرضية لجميع النماذج كما في شكل ٤ وقد افترض ارتفاع النموذج مساوياً لعرضه وطوله كما افترض تعرض جميع أسطح النماذج للإشعاع الشمسي .

٢ - نفس النماذج بالخطوة الأولى لكن بتغيير الارتفاع إلى نصف العرض وذلك لقياس أهمية تأثير ارتفاع المبنى فيما يتعلق بالأداء الحراري حيث إن تأثير الإشعاع الشمسي الساقط على الأسطح الخارجية يعتمد على نسبة السطح الخارجي المعرض للشمس .

٣ - نفس النماذج بالخطوتين الأولى والثانية بعد فرض عدم تأثير الإشعاع الشمسي المباشر عليها وذلك لقياس أهمية الإشعاع المباشر فيما يتعلق بالأداء الحراري حيث يفترض أن النماذج موقعة تحت مظلة .

واقترضت النماذج لتلائم النمط المناخي الثاني على النحو التالي :

١ - تسع نماذج ، الأول مغلف بغلاف شديد العزل للحرارة والموضح قطاعه في شكل ١٥ ، والثاني غير معزول تماماً والموضح قطاعه في شكل ١٨ ، بينما النموذجين الثالث والرابع متدرجي العزل للحرارة مقارنة بالنموذج الأول وقد غلف النموذج الثالث بغلاف كما في شكل ١٦ بينما غلف النموذج الرابع بغلاف كما في شكل ١٧ وذلك لتحديد أهمية التدرج بسلك مادة العزل الحراري ومحاولة ربطها بالنمط المناخي ، والنماذج الخمسة الباقية مطابقة لأمثلة النمط المناخي الأول .

كما كررت الأعمال نفسها بالخطوتين الثانية والثالثة من النمط المناخي الأول .

### تحليل النتائج

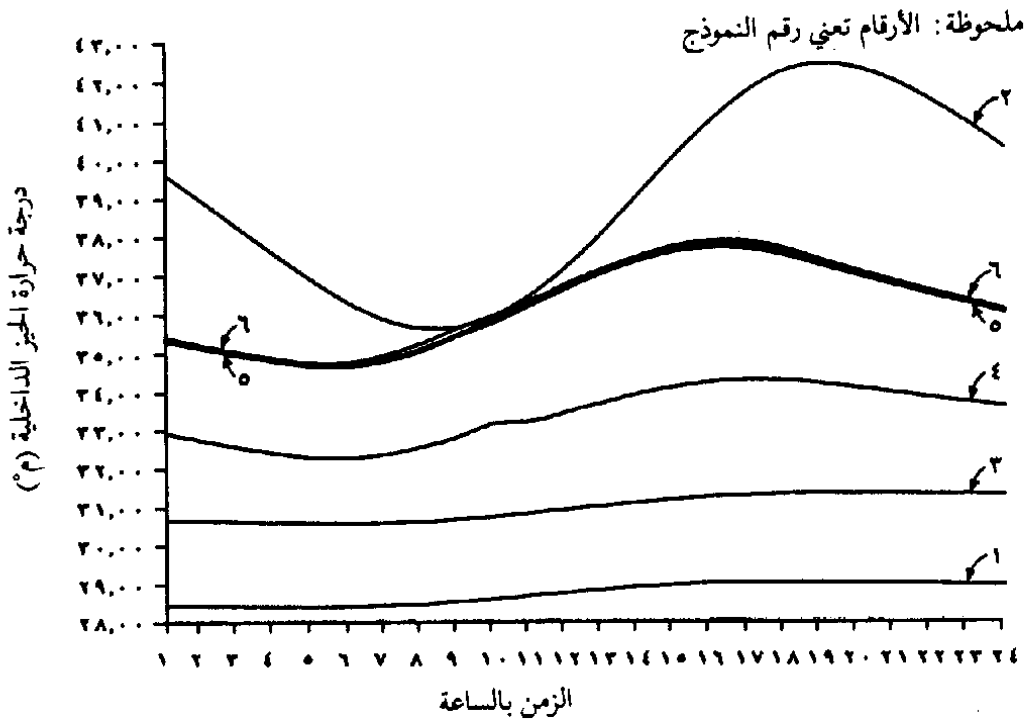
١ - تقويم الأداء الحراري لوحدات تغليف المباني التقليدية والمعاصرة والحديثة على ضوء مراجعة الأبحاث التي قمت بها [١٣ ، ١٤ ، ١٥ ، ١٦] ، عن الأداء

الحراري لوحادات تغليف مباني تقليدية ومعاصرة وحديثة يمكن أن نستخلص النتائج التالية:

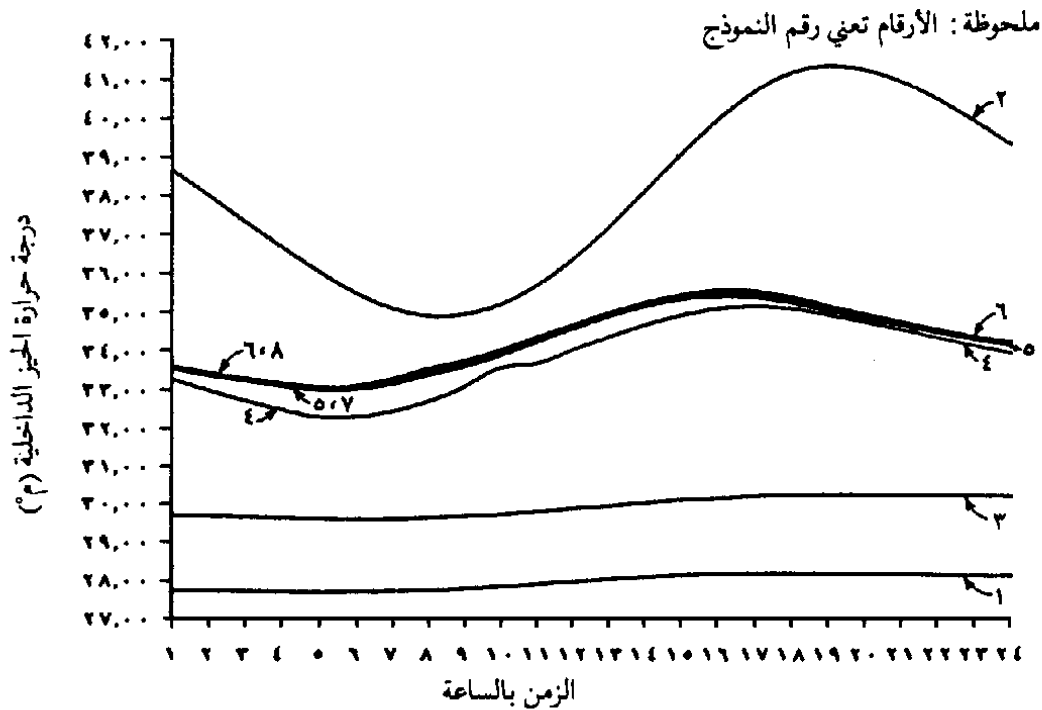
- ١ - الأداء الحراري للمباني المغلفة بوحادات تغليف تقليدية كالطين أو الحجر، والتي يمكن وصف وحدات تغليفها بأنها ذات كتلة بناء عالية الكثافة، سجل أفضلية عن المباني المغلفة بوحادات تغليف معاصرة مثل الطوب الأسمنتي المفرغ أو المصمت (والتي يمكن وصف وحدات تغليفها بأنها ذات كتلة بناء عالية الكثافة)، أو الطوب الفخاري المفرغ وغير المعزول (والتي يمكن وصف وحدات تغليفها بأنها ذات كتلة بناء متوسطة الكثافة).
- ٢ - الأداء الحراري للمباني المبنية من وحدات تغليف حديثة ومعزولة بمواد عازلة للحرارة مثل جدران الطوب الأسمنتي المفرغ أو المصمت، أو الطوب الفخاري، المفرغ أو أسقف الخرسانة المسلحة، سجل أفضلية عن وحدات تغليف المباني التقليدية.
- ٣ - يمكن تحسين الأداء الحراري للمباني عندما يتحكم في سمك الطبقة العازلة للحرارة ووضعها ونوعيتها وصف كتلة البناء.
- ٤ - مساهمة العزل الحراري في زيادة التكاليف الأولية لإنشاء المباني بحدود (٥٪) من تكلفتها. ويمكن أن تعوض الزيادة على مدى زمني معقول، وذلك نظير توفير الطاقة اللازمة لتبريد المبنى وتدفئته وقد تصل الطاقة الموفرة عند الحمل الأقصى إلى (٤٥٪) عمًا يماثلها من مباني غير معزولة.

## ٢ - تقويم الأداء الحراري للنماذج المدروسة

نتيجة لتشغيل البرامج حسب النماذج والأمكنة الموصوفة كما في الفقرة السابقة (د)، والتوصيف للبيئة الخارجية والداخلية لها، أمكن الحصول على نتائج رقمية تمثل الأداء الحراري لوحادات تغليف المباني المدروسة، وأمکن رسمها في صورة منحنيات (الأشكال من ٢١ - ٣٧) وتلخيصها في صورة جدولين ٥، ٦. وتمثل هذه المنحنيات أدلة لدرجات الحرارة الداخلية والخارجية، وأحمال التكييف للنماذج المدروسة، وذلك ليوم واحد يمثل فصل الصيف كما توضح الكشوف والمنحنيات أسلوب مقارنة للنماذج المدروسة.

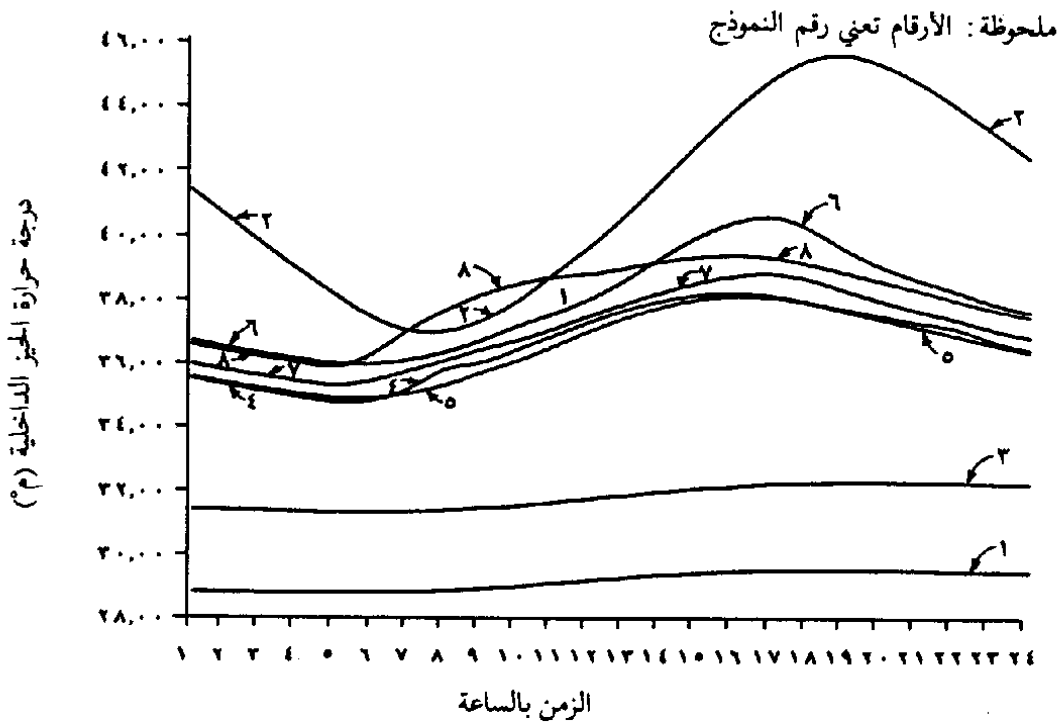


شكل ٢١. مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.

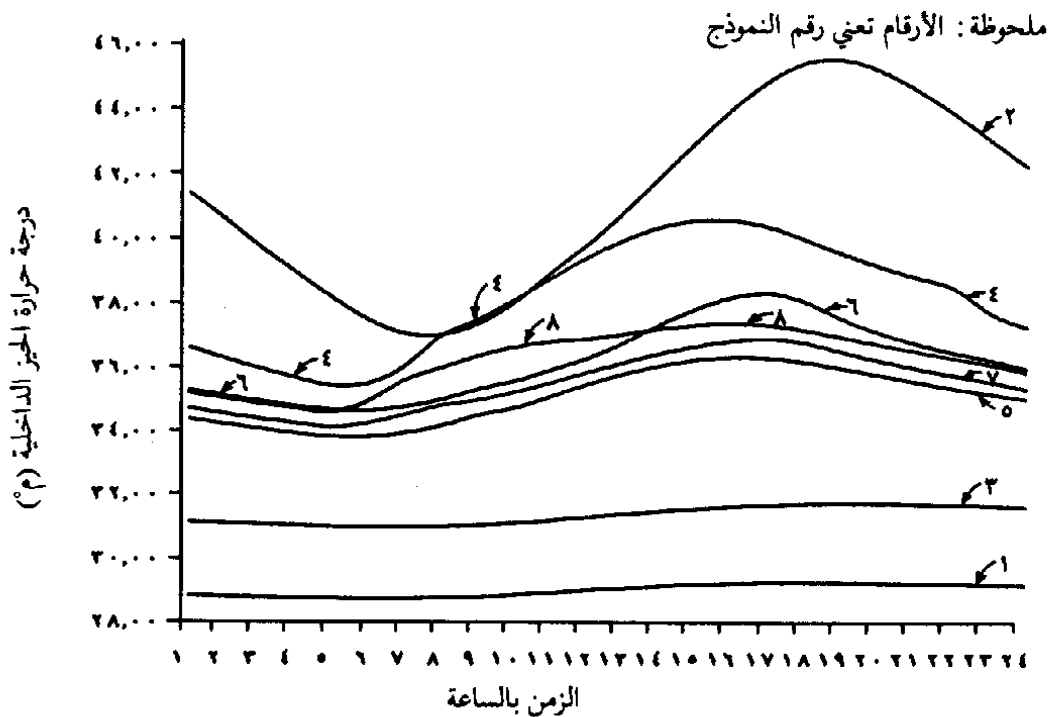


شكل ٢٢. مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل لنصف الطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.

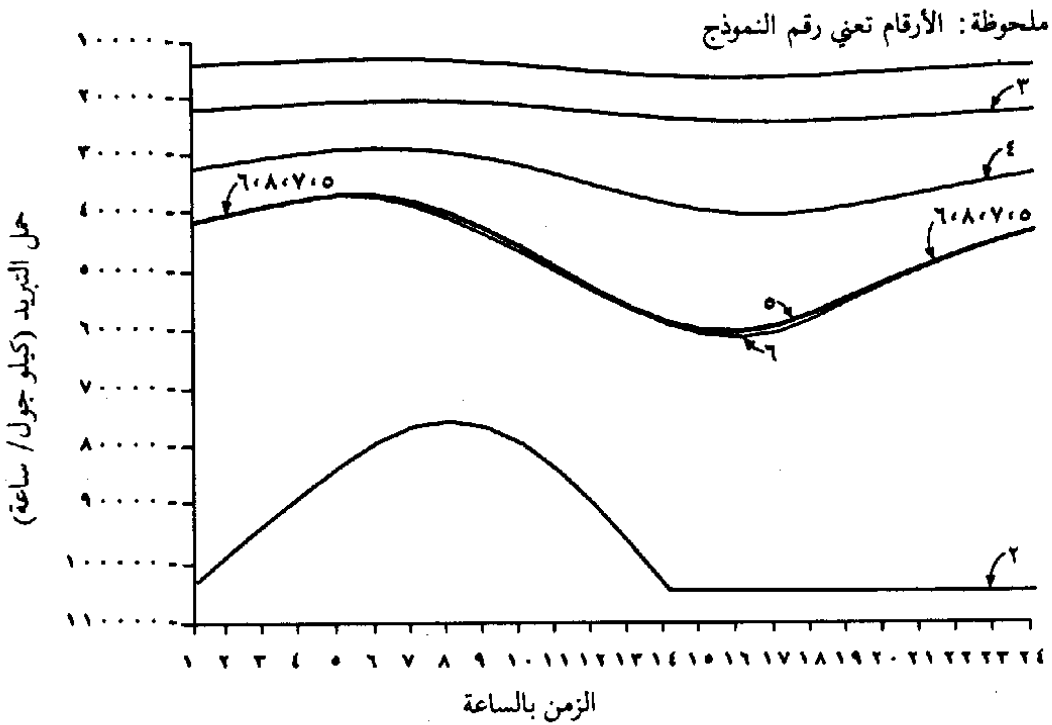




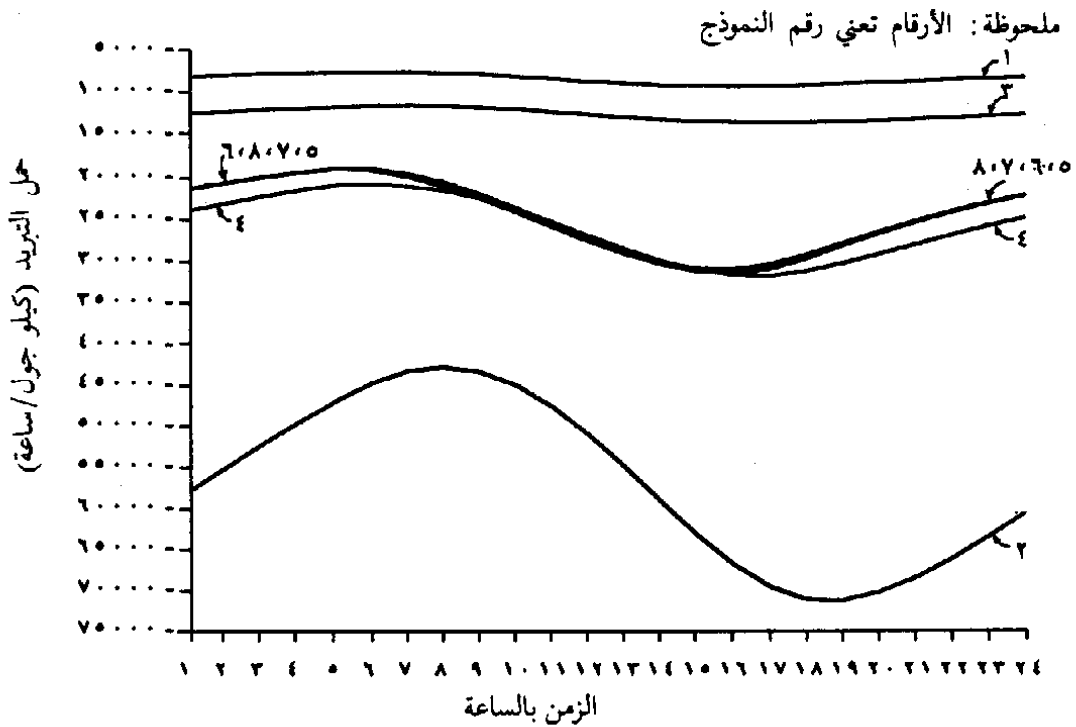
شكل ٢٣. مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



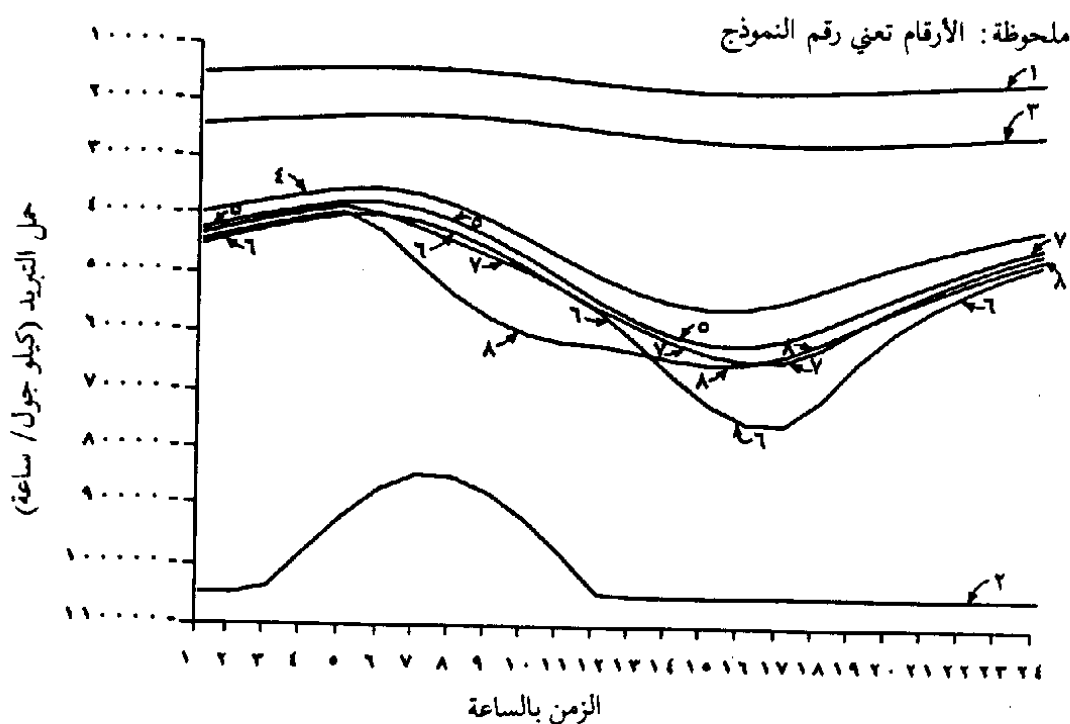
شكل ٢٤. مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل لنصف الطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



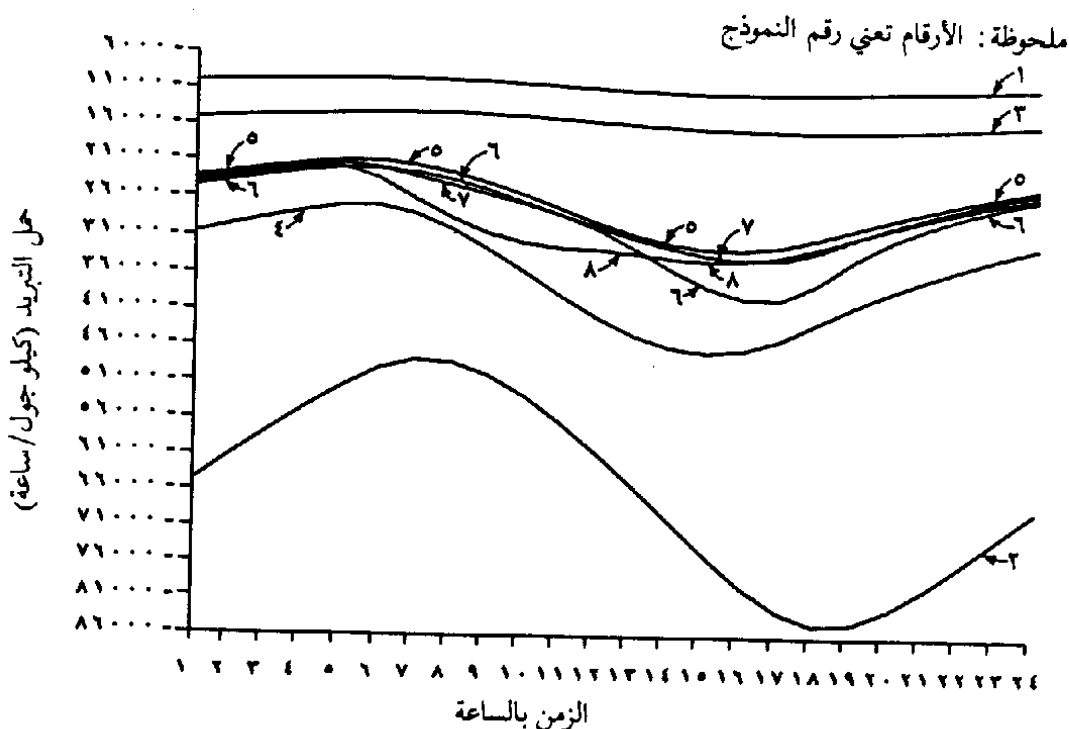
شكل ٢٥. مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلي للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



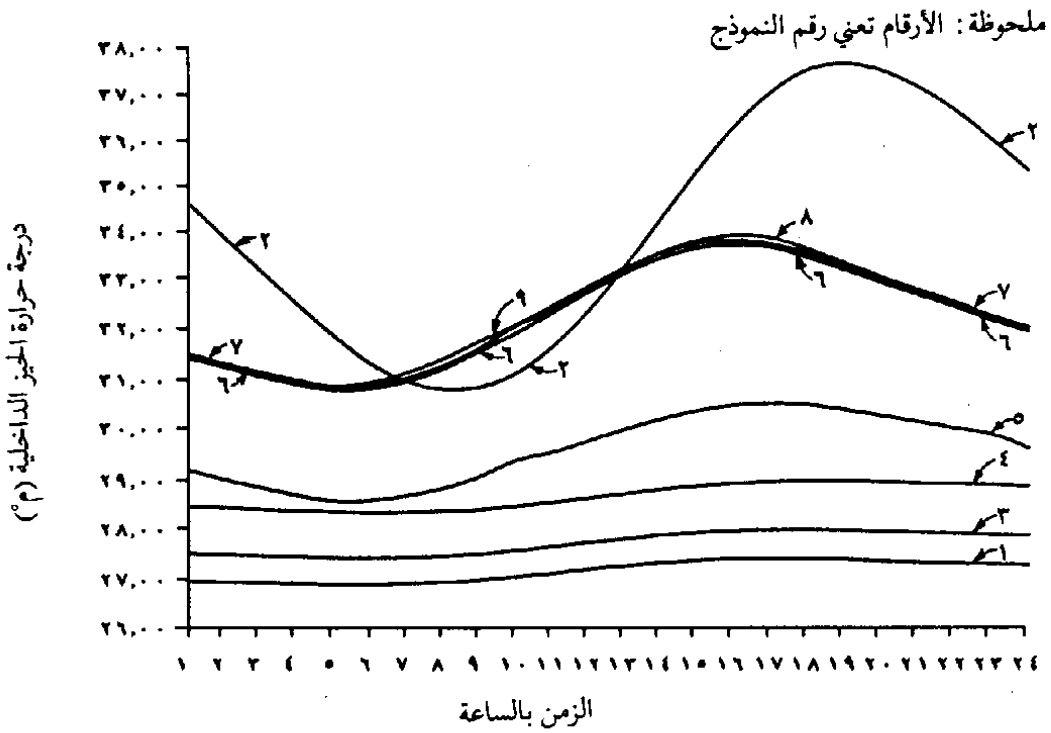
شكل ٢٦. مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلي للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل لنصف الطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



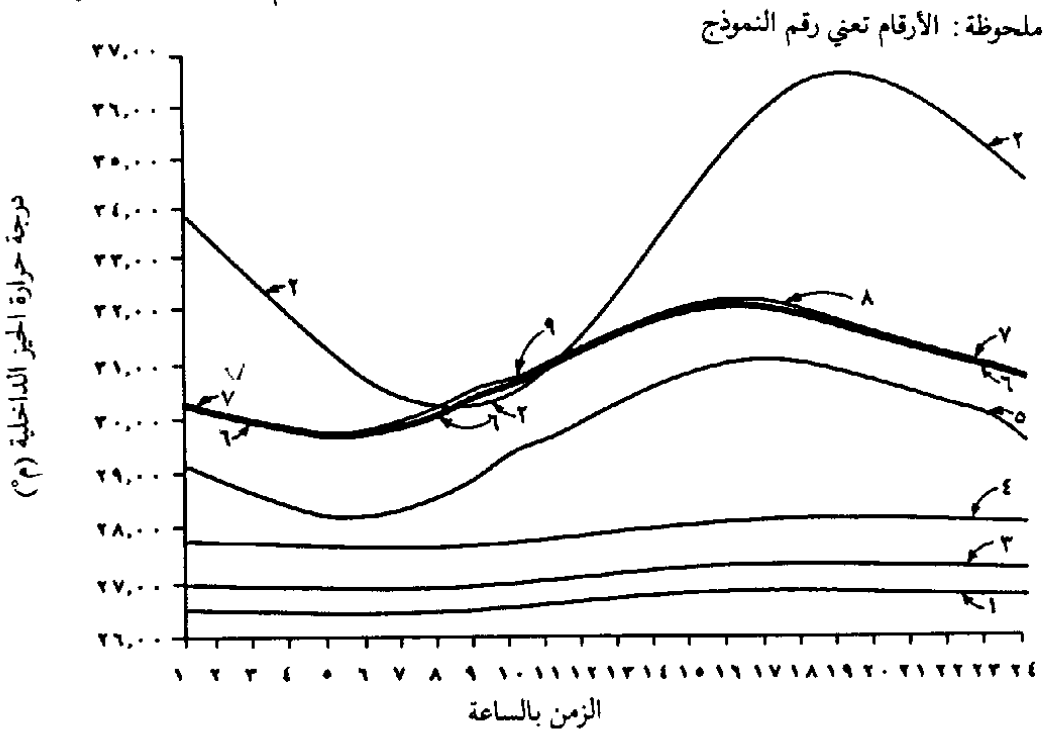
شكل ٢٧ . مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلي للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



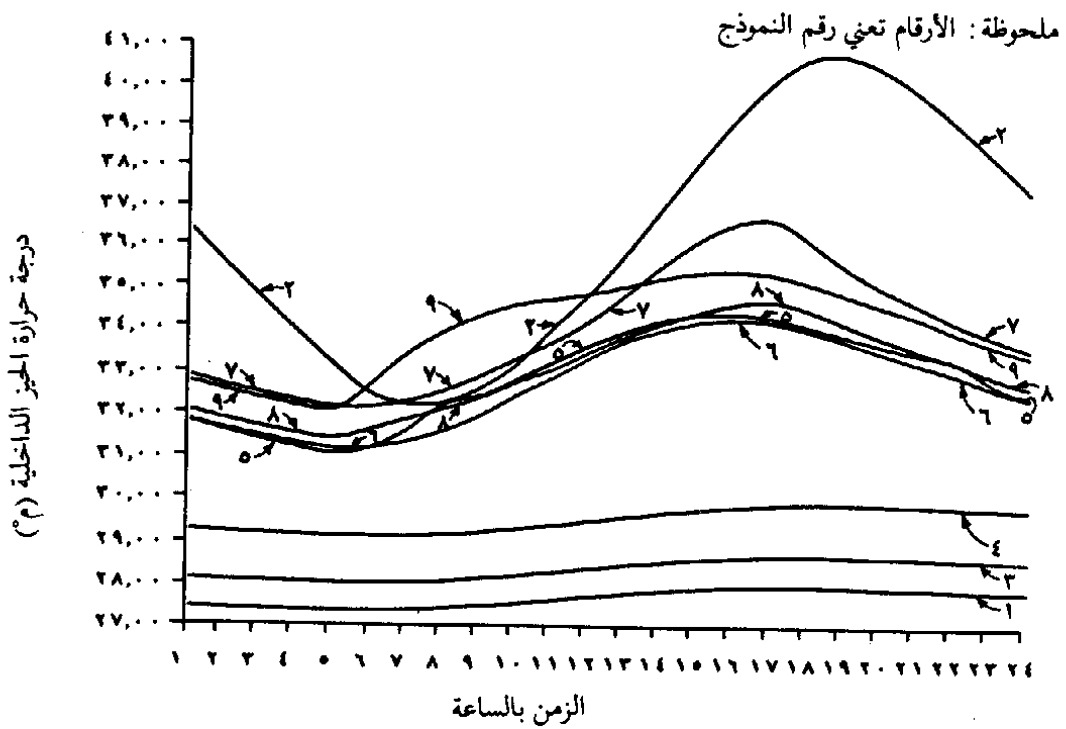
شكل ٢٨ . مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلي للنماذج غير المظللة ذات الإرتفاع المعادل لنصف الطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



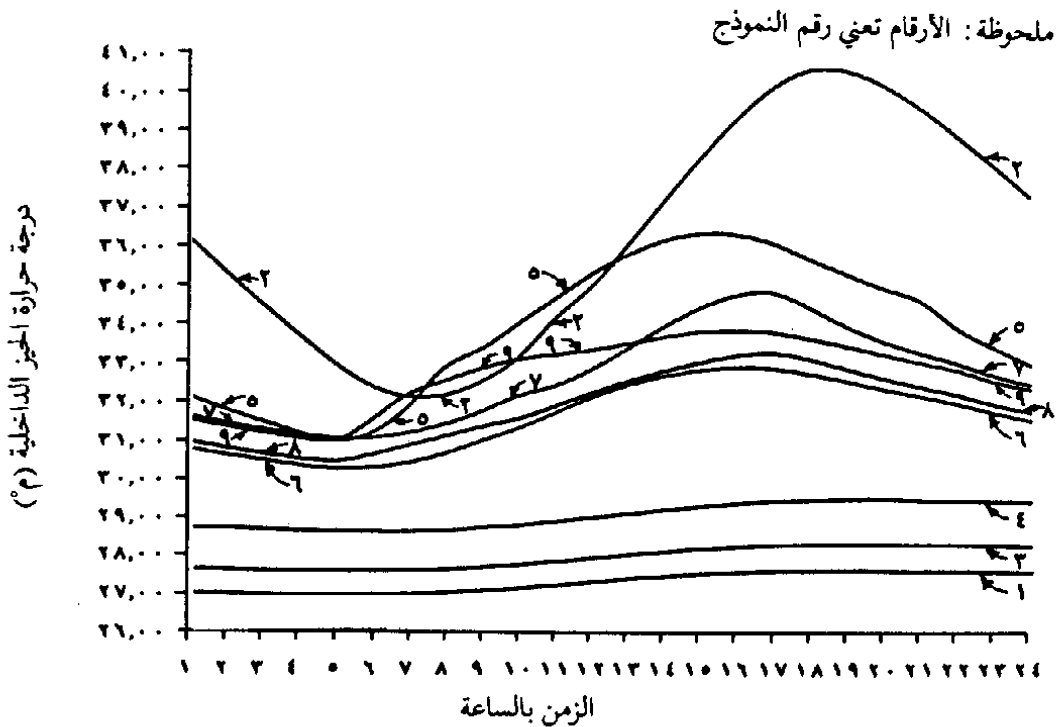
شكل ٢٩. مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك.



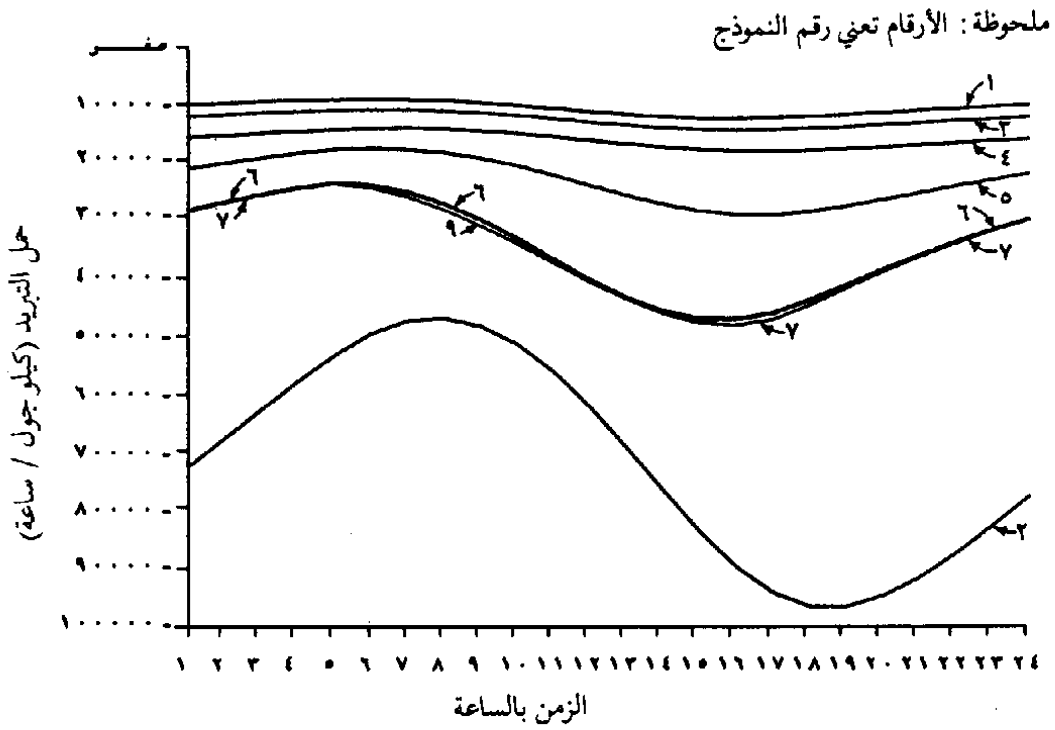
شكل ٣٠. مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك.



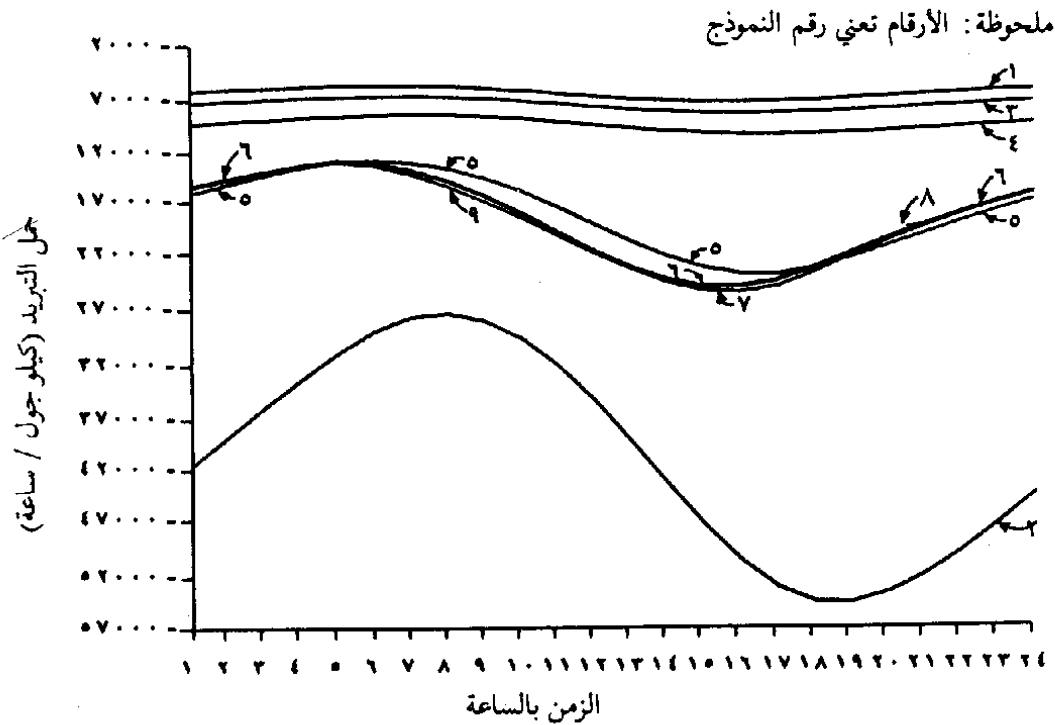
شكل ٣١. مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك.



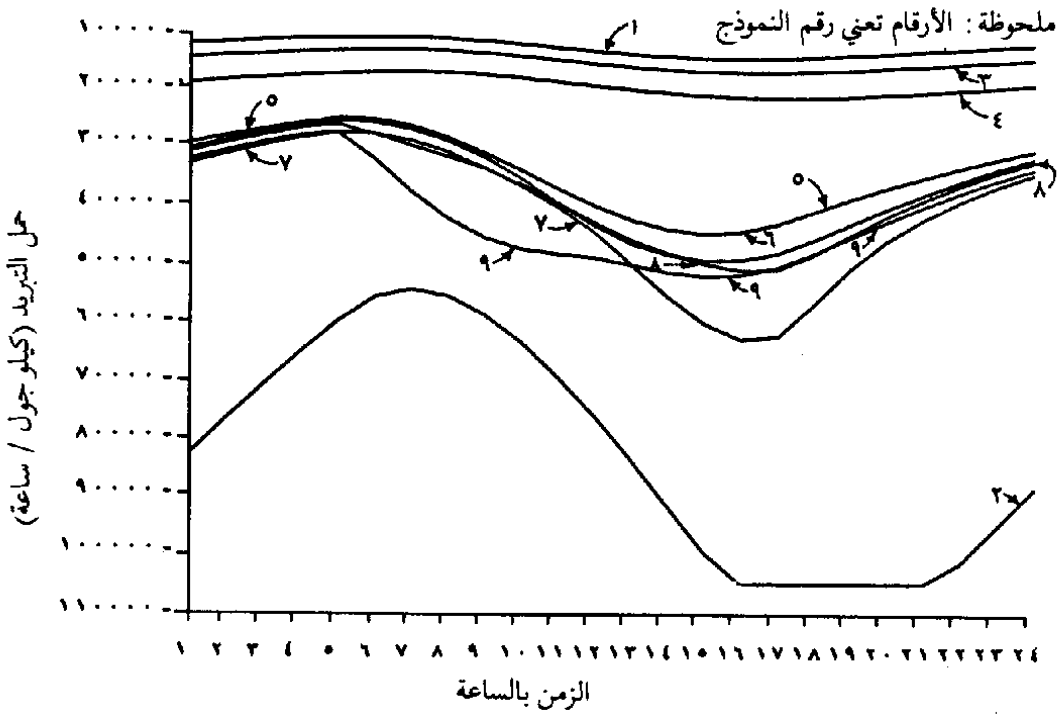
شكل ٣٢. مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل لنصف الطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك.



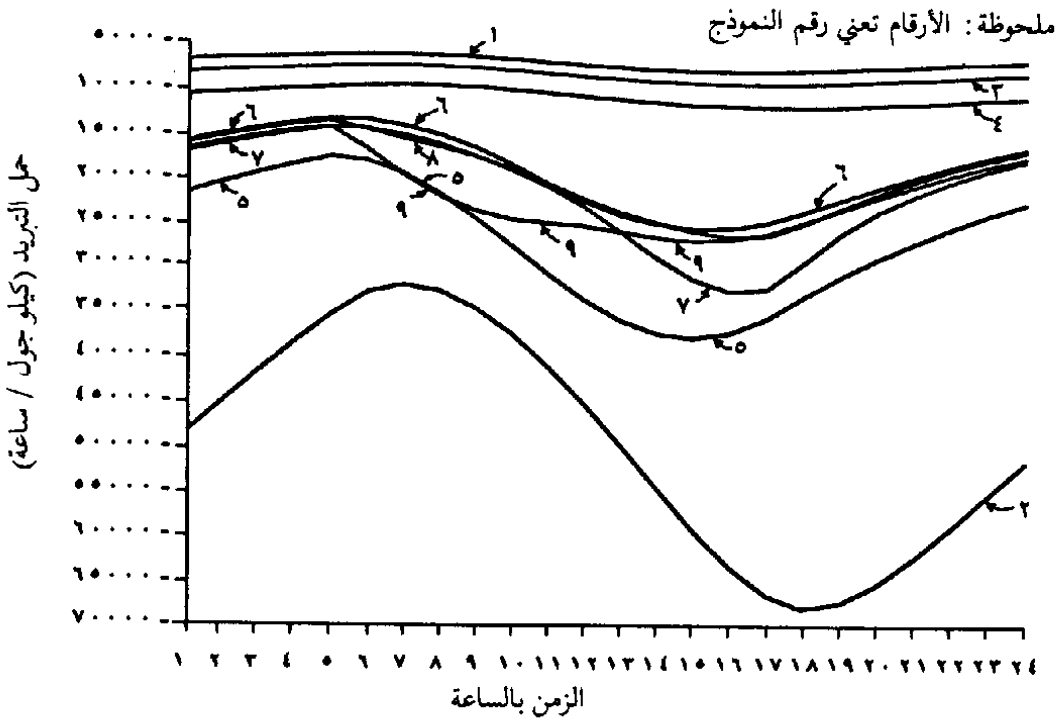
شكل ٣٣. مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك.



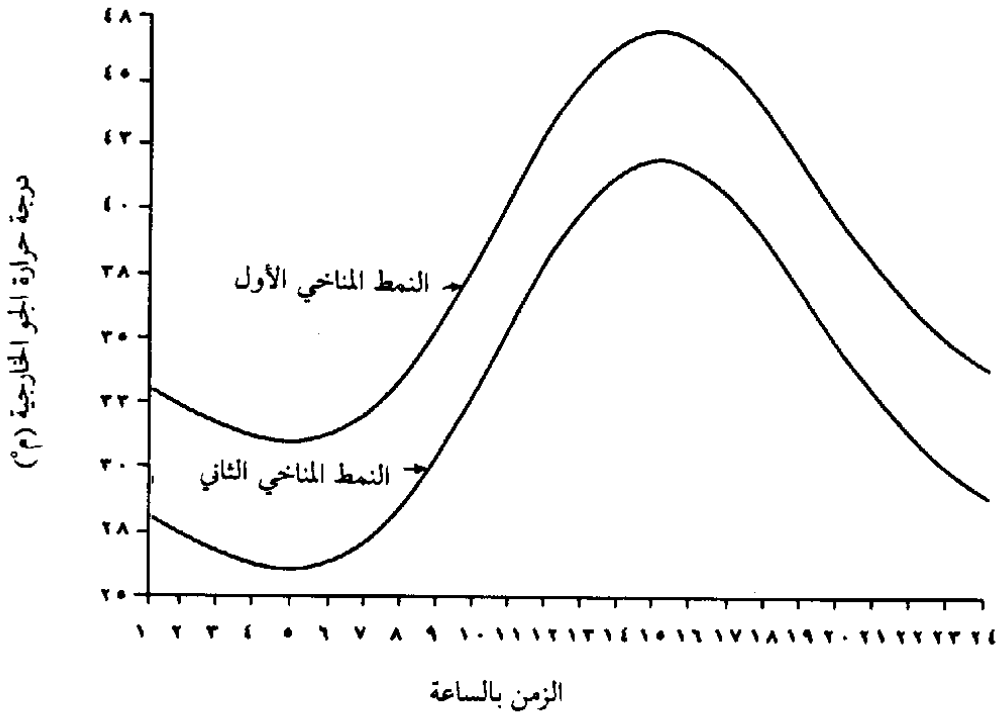
شكل ٣٤. مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك.



شكل ٣٥. مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلية للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك.



شكل ٣٦. مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلية للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل لنصف الطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك.



شكل ٣٧. مقارنة بين درجات حرارة الجو الخارجية للأنماط المناخية المدروسة.

ويمكن من خلال دراسة المنحنيات والكشوف استقراء التالي:

١ - عند مقارنة الأداء الحراري للنماذج الخمسة الأخيرة، يلاحظ وجود فرق في مقدار أحمال التكييف اللازمة لتبريد الحيز الداخلي لكل نموذج، وفي مقدار درجة حرارته الداخلية وذلك نتيجة لاختلاف الأداء الحراري للأسطح المغلفة لكل نموذج. يأتي تأثير تغيير مواصفات قطاع وحدة تغليف النموذج على الأداء الحراري مرتباً بدرجة تصاعدية بالنسبة للسقف والسطح المغلف للواجهة الجنوبية والشالية. ويتماثل تأثير السطح المغلف للواجهة الشرقية إلى حد كبير مع السطح المغلف للواجهة الغربية، وذلك عندما يكون الفراغ مكعب الشكل. أما إذا كانت الفراغات الداخلية للنموذج تمثل نصف مكعب بارتفاع يساوي نصف طول ضلعه فإن التأثير للأسطح يأتي مرتباً بدرجة تصاعدية بالنسبة للسطح المغلف للواجهة الجنوبية والشالية والشرقية والغربية والسقف على التوالي (انظر الجدولين ٥، ٦).



جدول ٥ . مقارنة الأداء الحراري بين النماذج المدروسة للنمط المناخي الأول .

النموذج الثامن	النموذج السابع	النموذج السادس	النموذج الخامس	النموذج الرابع	النموذج الثالث	النموذج الثاني	النموذج الأول
معامل	معامل	معامل	معامل	معامل	عازل	عازل	عازل
للنموذج الأول	للنموذج الأول	للنموذج الأول	للنموذج الأول	للنموذج الأول	عازل	عازل	عازل
عدا الواجهة	عدا الواجهة	عدا الواجهة	عدا الواجهة	عدا الواجهة	عدا السقف	عدا السقف	عدا السقف
الشرقية	الشرقية	الغربية	الجنوبية	الجنوبية	عدا السقف	عدا السقف	عدا السقف
٤٧٦٠٦	٤٧٣٣٠	٤٧٦٠٦	٤٧٢١٢	٣٣٩٢٠	٢٢١٤٤	٩٤٥٩٩	١٤٥٩٣
١١٤٢٥٣٨	١١٣٥٩٢٢	١١٤٢٥٣٥	١١٣٣٠٩٦	٨١٤٠٩٢	٥٣١٤٥١	٢٢٧٠٣٨٥	٣٥٠٢٣٠
%/٣٢٦	%/٣٢٤	%/٣٢٦	%/٣٢٤	%/٣٢٢	%/١٥٢	%/٦٤٨	%/١٠٠
٥٣١٦٣	٥٠١٧٣	٥٣١٦٣	٤٨٣٤٢	٤٤٣١٨	٢٤٤٣٦	٩٩٥٧٧	١٥٨٦٤
١٢٧٥٩٠٣	١٢٠٤١٥٧	١٢٧٥٩٠٠	١١٦٠٢٠٩	١٠٦٣٦٤٣	١٨٢٤٧١	٢٣٨٩٨٥٤	٣٨٠٧٤٧
%/٣٣٥	%/٣١٦	%/٣٣٥	%/٣٠٥	%/٢٧٩	%/١٥٤	%/٦٢٨	%/١٠٠
٢٥١٦٨	٢٥٠٣١	٢٥١٦٨	٢٤٩٧٢	٢٦٤٧٧	١٢٩٢٣	٥٦٩٨١	٨٦٧٥
٦٠٤٠٣٨	٦٠٠٧٣٤	٦٠٤٠٣٦	٥٩٩٣٢٤	٦٣٥٤٥٦	٣١١٥٠	١٣٦٧٥٤٦	٢٠٨٢٠٣
%/٢٩٠	%/٢٨٩	%/٢٩٠	%/٢٨٨	%/٣٠٥	%/١٤٩	%/٦٥٧	%/١٠٠
٢٨٢٢٥	٢٦٧٣١	٢٨٢٢٤	٢٥٨١٨	٣٥٧٦٨	١٤٦٠٨	٦٥٥٨٤	٩٦٠٨
٦٧٧٣٩٧	٦٤١٥٥٣	٦٧٧٣٧٨	٦١٩٦٣٠	٨٥٨٤٣٣	٣٥٠٥٨٥	١٥٧٤٠٢٢	٢٣٠٥٨٢
%/٢٩٤	%/٢٧٨	%/٢٩٤	%/٢٦٩	%/٣٧٧	%/١٥٢	%/٦٨٣	%/١٠٠

المصدر

## جدول ٦. مقارنة الأداء الحراري بين النماذج المدروسة للنمط المناخي الثاني.

النموذج	النموذج الأول	النموذج الثاني	النموذج الثالث	النموذج الرابع	النموذج الخامس	النموذج السادس	النموذج السابع	النموذج الثامن	النموذج التاسع	الأسطح مظلمة		الأسطح مظلمة		الأسطح غير مظلمة		الأسطح مظلمة		
										وارتفاع السقف ٦م	وارتفاع السقف ١٢م	وارتفاع السقف ٦م	وارتفاع السقف ١٢م	وارتفاع السقف ١٢م	وارتفاع السقف ١٢م	وارتفاع السقف ١٢م	وارتفاع السقف ١٢م	
معدل الحمل الساعي (كيلوجول/ ساعة)	١٠٨١١	٧١٤٥٧	١٢٧٤٠	١٦٢٠٠	٢٣١٣٥	٣٤٥٨٣	٣٤٩٠٤	٣٤٥٩٣	٣٤٥٩٠	١٠٨١١	٧١٤٥٧	١٢٧٤٠	١٦٢٠٠	٢٣١٣٥	٣٤٥٨٣	٣٤٩٠٤	٣٤٥٩٣	٣٤٥٩٠
الحمل اليومي الكلي (كيلوجول/يوم)	٢٥٩٤٥٣	١٦٦٦١٨١	٢٦٠٥٨٧	٣٨٥٥٣٣	٥٥٥٢٥٥	٦٣٥٨٧٧	٦٧٦٨٧٨	٦٧٦٨٧٨	٦٧٦٨٧٨	٢٥٩٤٥٣	١٦٦٦١٨١	٢٦٠٥٨٧	٣٨٥٥٣٣	٥٥٥٢٥٥	٦٣٥٨٧٧	٦٧٦٨٧٨	٦٧٦٨٧٨	٦٧٦٨٧٨
النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	٪١٠٠	٪٦٦	٪١١	٪١٥	٪٣١	٪٦١	٪٣٣	٪٣٢	٪٣٢	٪١٠٠	٪٦٦	٪١١	٪١٥	٪٣١	٪٦١	٪٣٣	٪٣٢	٪٣٢
معدل الحمل الساعي (كيلوجول/ ساعة)	٧٩٠٩١	٧٧٧١٧	١٢٤٣١	١١٥٧١	١٥٦٣٨	٢١٠٦٨	٥٧٥٠٤	١٧٠٧٨	١٧٠٧٨	٧٩٠٩١	٧٧٧١٧	١٢٤٣١	١١٥٧١	١٥٦٣٨	٢١٠٦٨	٥٧٥٠٤	١٧٠٧٨	١٧٠٧٨
الحمل اليومي الكلي (كيلوجول/يوم)	١٦٨٠٣٦	١٦٥٦٩١	٣٥٥٥٣٣	٢٨٥٣٣٣	٢١٦٨٠٧	٥٦٨٤٦٧	٣٤٠٦٣٦	٢١٦٨٠٧	٢١٦٨٠٧	١٦٨٠٣٦	١٦٥٦٩١	٣٥٥٥٣٣	٢٨٥٣٣٣	٢١٦٨٠٧	٥٦٨٤٦٧	٣٤٠٦٣٦	٢١٦٨٠٧	٢١٦٨٠٧
النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	٪١٠٠	٪٩٨	٪٢١	٪١٧	٪١٣	٪٣٢	٪١٩	٪١٣	٪١٣	٪١٠٠	٪٩٨	٪٢١	٪١٧	٪١٣	٪٣٢	٪١٩	٪١٣	٪١٣
معدل الحمل الساعي (كيلوجول/ ساعة)	٦٥٥٥	٤٠٧٨٧	٣١٦٨	٤٣٥٦	٥٦٧٨١	٥٦٨٧١	٥٧٥٧١	٤٣٦٧١	٤٣٦٧١	٦٥٥٥	٤٠٧٨٧	٣١٦٨	٤٣٥٦	٥٦٧٨١	٥٦٨٧١	٥٧٥٧١	٤٣٦٧١	٤٣٦٧١
الحمل اليومي الكلي (كيلوجول/يوم)	٤١٨٣٥١	٩٧٧٨٦	١٥٦٢٧١	١٠٠٦٨٨	١٢٣٦٨٣	١٧٤١٣٣	٤٣٠٦٣٣	١٢٣٦٨٣	١٢٣٦٨٣	٤١٨٣٥١	٩٧٧٨٦	١٥٦٢٧١	١٠٠٦٨٨	١٢٣٦٨٣	١٧٤١٣٣	٤٣٠٦٣٣	١٢٣٦٨٣	١٢٣٦٨٣
النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	٪١٠٠	٪٢٣	٪٣٧	٪٢٤	٪٣٠	٪٣٩	٪٣١	٪٣٠	٪٣٠	٪١٠٠	٪٢٣	٪٣٧	٪٢٤	٪٣٠	٪٣٩	٪٣١	٪٣٠	٪٣٠
معدل الحمل الساعي (كيلوجول/ ساعة)	٧٩٦٩١	٤٦٤٦٣	١٢٤٣١	١١٥٧١	١٥٦٣٨	٢١٠٦٨	٥٧٥٠٤	١٧٠٧٨	١٧٠٧٨	٧٩٦٩١	٤٦٤٦٣	١٢٤٣١	١١٥٧١	١٥٦٣٨	٢١٠٦٨	٥٧٥٠٤	١٧٠٧٨	١٧٠٧٨
الحمل اليومي الكلي (كيلوجول/يوم)	١٦٦٦١٨١	١٦٥٦٩١	٣٥٥٥٣٣	٢٨٥٣٣٣	٢١٦٨٠٧	٥٦٨٤٦٧	٣٤٠٦٣٦	٢١٦٨٠٧	٢١٦٨٠٧	١٦٦٦١٨١	١٦٥٦٩١	٣٥٥٥٣٣	٢٨٥٣٣٣	٢١٦٨٠٧	٥٦٨٤٦٧	٣٤٠٦٣٦	٢١٦٨٠٧	٢١٦٨٠٧
النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	٪١٠٠	٪٩٨	٪٢١	٪١٧	٪١٣	٪٣٢	٪١٩	٪١٣	٪١٣	٪١٠٠	٪٩٨	٪٢١	٪١٧	٪١٣	٪٣٢	٪١٩	٪١٣	٪١٣
معدل الحمل الساعي (كيلوجول/ ساعة)	٧٩٦٩١	٤٦٤٦٣	١٢٤٣١	١١٥٧١	١٥٦٣٨	٢١٠٦٨	٥٧٥٠٤	١٧٠٧٨	١٧٠٧٨	٧٩٦٩١	٤٦٤٦٣	١٢٤٣١	١١٥٧١	١٥٦٣٨	٢١٠٦٨	٥٧٥٠٤	١٧٠٧٨	١٧٠٧٨
الحمل اليومي الكلي (كيلوجول/يوم)	١٦٦٦١٨١	١٦٥٦٩١	٣٥٥٥٣٣	٢٨٥٣٣٣	٢١٦٨٠٧	٥٦٨٤٦٧	٣٤٠٦٣٦	٢١٦٨٠٧	٢١٦٨٠٧	١٦٦٦١٨١	١٦٥٦٩١	٣٥٥٥٣٣	٢٨٥٣٣٣	٢١٦٨٠٧	٥٦٨٤٦٧	٣٤٠٦٣٦	٢١٦٨٠٧	٢١٦٨٠٧
النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	٪١٠٠	٪٩٨	٪٢١	٪١٧	٪١٣	٪٣٢	٪١٩	٪١٣	٪١٣	٪١٠٠	٪٩٨	٪٢١	٪١٧	٪١٣	٪٣٢	٪١٩	٪١٣	٪١٣

- ٢ - عند مقارنة النماذج التي افترض عدم تأثير الإشعاع الشمسي المباشر عليها (مظللة) مع النماذج الاعتيادية، يلاحظ وجود فرق كبير في مقدار التكييف اللازمة لتبريد الحيز الداخلي للنموذج ومقدار درجة حرارته الداخلية (انظر الجدولين ٥ ، ٦).
- ٣ - لا يمكن مقارنة الأداء الحراري للنموذج المعزول حراريًا (نموذج ١) بالنماذج غير كاملة العزل الحراري (النماذج الخمسة الأخيرة) لا من حيث درجة الحرارة الداخلية للحيز الداخلي للنموذج ولا من حيث مقدار حمل التبريد. إن النموذج كامل العزل الحراري تنخفض درجة حرارة حيزه الداخلي وأحمال تبريده انخفاضًا ملحوظًا مقارنة مع النماذج غير كاملة العزل الحراري (الجدولين ٥ ، ٦).
- ٤ - يمكن الاستفادة من الفرق الواضح في الأداء الحراري لوحدات تغليف النماذج المبنية في بيئة النمط المناخي الأول والثاني عند اختيار سمك الطبقة العازلة للحرارة المناسبة لكل نمط، فمثلًا لو قارنا النموذج بالنمط لوجدنا أن نموذج النمط المناخي الأول والمعزول بمادة عازلة للحرارة سمك (١٠سم) يماثل إلى حد ما، النموذج بالنمط المناخي الثاني والمعزول بمادة عازلة للحرارة سمك (٥, ٧سم). (انظر الجدولين ٥ ، ٦).

### الاستنتاج والتوصيات

١ - يمكن أن يؤدي تقييس وحدات تغليف المباني واشتراطات التنفيذ، دوراً في خفض الطاقة اللازمة لتبريد المبنى حسب مكان وتوصيف وحدة التغليف بالنسبة للمبنى. ويلاحظ أن للسقف دوراً سلبياً في ارتفاع الحرارة في الصيف وانخفاضها في الشتاء، عندما تكون مساحته أكبر من مساحة أكبر واجهة من واجهات المبنى.

٢ - يمكن أن يؤدي تقييس وحدات تغليف المباني حسب تصنيف نمطها المناخي، دوراً في خفض تكلفة وحدة التغليف دون الإخلال بالأداء الحراري وذلك من خلال التحكم بمعامل الانتقال الحراري الكلي لوحدة التغليف، حيث إن معامل الانتقال الحراري الكلي لوحدات تغليف المباني الملائمة للنمط المناخي الأول يجب أن تقل عن مثيلها لوحدات تغليف المباني الملائمة للنمط المناخي الثاني.

٣ - مساهمة العزل الحراري والتظليل لوحدات تغليف المباني من أسقف وأسطح في تقليل حمل الذروة للمبنى وتصغير حجم وخدمات التكييف اللازمة له. كما أن تعميم العزل الحراري للمباني يمكن أن يسهم إسهاماً كبيراً على مستوى المدينة في تقليل حمل الذروة للمحطات الكهربائية بنسبة كبيرة. وهذا بدوره يعطي مؤشراً لحفظ الطاقة على المستوى الإقليمي أيضاً.

٤ - يوصى باستخدام سمك أكبر لمواد العزل الحراري للنمط المناخي الأول بحيث تزيد عن سمك مواد العزل الحراري للنمط المناخي الثاني التي يجب أن لا تقل عن (٥سم) من النوع الجيد للعزل مثل البوليوريثين أو البوليستيرين، أو الصوف الزجاجي للجدران و(٥, ٧سم) للأسقف.

٥ - لا شك أن نوعية الطبقة العازلة للحرارة وسمكها يؤديان دوراً كبيراً في خفض حمل التكييف اللازم لتبريد الحيز الداخلي وتدفعته. ويجب أن تخضع نوعيتها وسمكها لمقارنة مدروسة بين التكلفة والأداء.

٦ - يوصى باستخدام قيمة معامل الانتقال الحراري الكلي لوحدات تغليف المباني الموضحة بالبحث كمرشد لصياغة الأنظمة المناسبة لتقيس وحدات تغليف المباني التي يتوخى أنها ستساعد في المحافظة على استهلاك الطاقة.

٧ - يوصى بأن يتولى صندوق التنمية العقارية والبلديات التأكد من أن وحدات التغليف المقدمة للمباني التي يشترط اعتمادهم لها، موفية بالحد الأدنى لمعامل الانتقال الحراري الكلي لوحدة التغليف والمصاغة في البند السابق.

### المراجع والحواشي

- [ ١ ] مصلحة الأرصاد وحماية البيئة. التقرير البيئي السنوي. جدة: ١٩٧٩م.
- [ ٢ ] مصلحة الأرصاد وحماية البيئة. معلومات مناخية وبيئية عن مدن المملكة. جدة: (معلومات متفرقة).
- [ ٣ ] ابن إبراهيم، أحمد سعيد وحسن، عبد الجواد علي. «العوازل الحرارية وتطبيقاتها». ضمن أبحاث

- ندوة العزل الحراري وفوائده في توفير الطاقة الكهربائية سواء على المستهلك أو المنتج والمعقودة في الرياض في الفترة من ١٥ - ١٦ جمادى الثانية، ١٤٠٦هـ - الحلقة الثالثة، المحاضرة الأولى - المؤسسة العامة للكهرباء. (١٤٠٦هـ).
- [ ٤ ] الأمانة العامة للمنظمة العربية للمواصفات والمقاييس، جامعة الدول العربية، التقييس (مواصفات - مقاييس - جودة)، الطبعة الأولى، ١٤٠٥هـ.
- [ ٥ ] صابر، برنس محمد (ترجمة). «التقييس والتنمية». مجلة المواصفات والمقاييس، الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس، العدد (٣)، (١٤٠١هـ)، ص ٣٨.
- [ ٦ ] فتحي، حسن. الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية. بيروت: المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ١٩٨٨م.
- [ ٧ ] ASHREA, *Fundamentals Handbook*. SI Units, Atlanta, U.S.A., Chapter 37, 1989.
- [ ٨ ] القاسم، جامع محمد. «اقتصاديات تطبيق طرق ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية للمنتج». ضمن ندوة ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في المباني، الشركة السعودية الموحدة للكهرباء بالمنطقة الوسطى خلال الفترة من ٧ - ٨ ربيع الثاني، (١٤١٠هـ)، ص ٦.
- [ ٩ ] للاستزادة يمكن الرجوع إلى: الحماد، عبدالمحسن عبدالله الحماد وبديوي، إسماعيل. «نحو استخدام أمثل للمواد العازلة الملائمة للمباني السعودية». مجلة المهندس، المجلد الرابع، العدد (٣)، (١٤١١هـ)، ٥٤ - ٥٩.
- [ ١٠ ] Bowen Arthur. Bioclimatic Indicators for Determining Passive and Low Energy Hybrid System - Case Study, Saudi Arabia. in: *Solar buildings*. Edited by James S. Williamson et al., (Eds.). *Proceedings of the Fifth SOLERAS Workshop*, May 1984, Riyadh, Saudi Arabia, Midwest Research Institute, Kansas City, Missouri, U.S.A.
- [ ١١ ] Kusuda Tamami. "NBSLD, The Computer Program for Heating and Cooling Loads in Buildings." Washington D.C.: National Bureau of Standards, 1976.
- [ ١٢ ] بركات، الحاج الحسين. «نظام التحكم بالأحمال القصوى». ضمن أبحاث ندوة: ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في المباني، الشركة السعودية الموحدة للكهرباء بالمنطقة الوسطى، خلال الفترة من ٧ - ٨ ربيع الثاني. الرياض، (١٤١٠هـ)، ص ١١.
- [ ١٣ ] Saleh M. A. Eben, "Adobe as a Thermal Regulating Material." *Solar & Wind Technology*, Vol. 7, No.4, (1990), 407-416.
- [ ١٤ ] Saleh M. A. Eben, "Impact of Thermal Insulation Location on Building in Hot Dry Climates." *Solar & Wind Technology*, Vol. 7, No. 4 (1990), 393-406.
- [ ١٥ ] Saleh M. A. Eben, "Thermal Insulation of Buildings in a Newly Built Environment of a Hot Dry

Climate: Saudi Arabian Experience." *International Journal of Ambient Energy*, Vol. 11, No. 3  
(1990), 157-168.

[١٦] ابن صالح، محمد بن عبدالله. «مقارنة الأداء الحراري لمباني الطوب الفخاري المفرغ مع الطوب  
الأسمنتي المفرغ في المنطقة الحرة الجافة من المملكة العربية السعودية.» مجلة جامعة الملك سعود،  
م٤، العمارة والتخطيط، (١٤١٢هـ / ١٩٩٢م).

## **The Importance of Thermal Insulation in the Standardization of Building Envelopes to Conserve Energy in the Hot Dry Climate of Saudi Arabia**

**Mohammed A. Eben Saleh**

*Associate Professor, Department of Architecture and Building Sciences  
College of Architecture and Planning, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia*

**Abstract.** In the course of this research, the following items were studied and discussed:

1. The possibility of standardizing building envelopes for the purpose of energy conservation in the hot dry climate of Saudi Arabia. This was performed through the evaluation of the thermal performance of building envelopes utilized in traditional, contemporary and modern architecture.
2. The possibility of classifying the hot dry climate regions of Saudi Arabia to different climatic patterns. This was performed through a preliminary study of its climate over several years.
3. The evaluation of thermal performance of building envelopes as affected by solar exposure, solar orientation and external environment.

Items (1,3) were achieved by utilizing a predefined computer program which employed the transient heat transfer method and thermal response factor method as the main research tools for investigation.

The study demonstrated the possibility of conserving energy required for cooling loads of buildings when utilizing a prescribed building envelope to suit the defined climatic pattern.