مجلة جامعة الملك سعود، م٤، العمارة والتخطيط، ص ص ١٤٣ ـ ١٨٨، الرياض (١٤١٢هـ/١٩٩٢م).

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 ـ 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 ـ إمكانية تصنيف منطقة البيئة الحرارية الجافة من المملكة إلى عدة أنماط مناخية من خلال دراسة مبدئية لعناصر مناخها لعدة أعوام.

٣ ـ تقويم الأداء الحراري للأسطح المغلفة للمباني والمعرضة للشمس حسب توجيهها وتأثرها بالبيئة المحيطة.

تم إنجاز (١، ٣) باستخدام برنامج محاكاة للأداء الحراري بواسطة الحاسب الآلي، أعدته ووثقته واعتمدته هيئة علمية متخصصة كأداة للبحث. ويقوم برنامج المحاكاة بحساب درجة الحرارة الداخلية للحيز الداخلي للمبنى وكمية الأحمال اللازمة لتبريده وتدفئته 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 تتلاءم مع تصنيف نمط المناخ الخارجي للبيئة المذكورة.

مقدمة

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

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 الدافىء والرطوبة النسبية المعتدلة.

وتهب على منطقة الدراسة عواصف رملية مختلفة التوقيت والاتجاهات تحد من الاستفادة من التهوية الطبيعية للمباني. وتوضح الجداول (١ ـ 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.

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

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

الشهر	الجوف		بدنة		بيشة		القصيم		حائل		المدينة		نجران		القيصومة		رفحة		الرياض		السليل		تبوك		طريف	
	عظمى	يوم	عظمى	يوم	عظمى	يوم	عظمى	يوم	عظمى	يوم	عظمى	يوم	عظمى	يوم	عظمى	يوم	عظمى	يوم	عظمى	يوم	عظمى	يوم	عظمى	يوم	عظمى	يوم
١	٢٤,٦	٣	٢٣,٧	٣	٢٧,٩	٨	٢٦,٠	٤	٢٣,٨	٤	٢٨,٥	١٤	٣٠,٤	٩	٢٧,٨	١٧	٢٨,٢	١٥	٢٨,٠	٥	٣٢,٦	٩	٢٥,٧	٣	٢١,٣	٣
٢	٣١,٠	١٩	٢٨,٢	١٩	٣٤,٦	٢٥	٣١,٦	٢٦	٢٧,٧	٢٧	٣٥,٥	٢٧	٣٤,٨	٢٦	٢٩,٤	١٥	٣١,٢	١٩	٣٤,٩	٢٧	٣٨,٠	٢٨	٣٠,٠	١٩	٢٤,٥	١٤
٣	٣١,٨	٣١	٣٠,١	٣١	٣٤,٤	٢٤	٣٥,٨	٢٤	٣٠,٢	٢٤	٣٥,٥	٢٣	٣٧,٠	٢٦	٣٤,٢	٢٤	٣٢,٨	٧	٣٦,٤	٢٦	٣٩,٥	٢٦	٣٣,٠	٣١	٢٩,٩	٣١
٤	٣٨,٩	٣	٤٠,١	٣	٣٦,٦	١٤	٤٠,٨	٢٢	٣٨,٠	٢١	٤٠,٦	٢٠	٣٧,٤	١٤	٤٣,٨	٢١	٤٠,٩	٢١	٤٢,٠	٢١	٤١,٠	١٤	٣٨,٤	٣	٣٧,٠	٣
٥	٣٩,٥	٢٩	٤٢,٦	٣٠	٣٩,٠	٢٩	٤٢,٢	٢١	٣٨,٤	٢٩	٤١,٨	١٤	٣٨,٦	٢٦	٤٥,٠	٢٢	٤٣,٨	٢٩	٤٣,٥	٢٣	٤٣,٥	٢٧	٤٠,٦	٢٩	٣٥,٢	٣٠
٦	٤١,٨	١١	٤٣,٥	١٢	٤٠,٦	١٧	٤٣,٧	٩	٤٢,٠	١٠	٤٦,٣	١١	٤١,١	١٩	٤٦,٢	٥	٤٦,٢	١٢	٤٦,٢	١٣	٤٥,٤	١٤	٤١,٣	١١	٣٩,٧	١١
٧	٤٣,٦	٢٧	٤٦,٥	٢٤	٤١,٢	٢٩	٤٥,٦	٢٨	٤١,٠	٢٥	٤٦,٢	٢٤	٤٢,٠	٢٣	٤٨,٧	٢٣	٤٨,٨	٢٤	٤٥,٨	٢٨	٤٥,٧	٢٢	٤٢,٦	٢٠	٤٠,٢	٢٧
٨	٤٢,٧	٢٩	٤٤,٦	٢٢	٣٩,٢	٢٥	٤٣,٠	٢٧	٤٠,٢	٢٦	٤٤,٤	٢٤	٤٠,٠	٤	٤٦,٦	٢٤	٤٥,٤	٣٠	٤٤,٢	٤	٤٤,٠	٤	٤٢,٣	٣٠	٣٩,٥	٢٢
٩	٤٢,٩	١٢	٤٤,٠	١	٣٩,٨	٣٠	٤٢,٦	٥	٣٩,٤	١٣	٤٣,٥	١	٣٩,٢	٦	٤٥,٠	٤	٤٦,١	١٢	٤٣,٨	٥	٤٤,٤	٦	٤١,٤	٢	٣٩,٨	١١
١٠	٣٨,٠	١	٣٩,٠	١	٣٥,٠	٤	٣٩,٠	٣	٣٥,٤	٢	٣٩,٥	٢	٣٥,١	٤	٤٠,٧	٣	٤٠,٣	١٠	٤٠,٠	٤	٣٩,٤	٥	٣٩,٤	٢٩	٣٣,٥	٩
١١	٣١,٧	١٣	٣٢,٠	١٣	٣١,١	٧	٣٤,٠	٨	٢٩,٦	٧	٣٤,٨	٣	٣٣,٧	٢٩	٣٦,٧	٨	٣٣,٦	١٣	٣٤,٠	٤	٣٣,٦	٥	٣٢,٤	١	٢٩,٤	١٣
١٢	٢٢,٨	٥	٢٠,٢	٥	٣٠,٠	١٤	٢٦,٠	٥	٢٤,٠	٥	٢٧,٥	١٢	٣١,٠	١٩	٢٧,٠	٦	٢٤,١	٥	٢٨,٥	١٢	٣٠,٠	١٢	٢٥,٤	٤	١٩,٠	٤

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

الشهر	الجوف		بدنة		بيشة		القصيم		حائل		المدينة		نجران		القيصومة		رفحة		الرياض		السليل		تبوك		طريف	
	صغرى	يوم	صغرى	يوم	صغرى	يوم	صغرى	يوم	صغرى	يوم	صغرى	يوم	صغرى	يوم	صغرى	يوم	صغرى	يوم	صغرى	يوم	صغرى	يوم	صغرى	يوم	صغرى	يوم
١	٠,٤	١٢	-١,٤	١٢	٤,٨	١١	٢,٠	١٢	-٢,٠	١٢	٥,٦	١٢	٥,٠	١٤	١,٧	١٢	٠,٠	١٣	٤,١	١٣	٤,٥	١٤	-١,٠	١١	-١,٦	٦
٢	١,٣	٤	١,٠	١٠	٥,٩	١	٦,٤	١٨	٣,٠	١٢	١١,٨	١	٦,٠	١	٥,٥	٥	٤,٠	٥	٦,٨	١	٤,٤	٢	٣,٧	٤	٠,٠	٤
٣	٢,٦	٥	٢,٠	٥	٨,٦	٦	٤,٥	٥	٢,٢	٥	١١,٧	١٠	٧,٤	٢٣	٢,٩	٥	٠,٤	٥	٦,٠	٦	٤,٩	١٠	٥,٢	٤	١,١	٤
٤	٩,٤	١١	٩,٨	١٧	١٢,٨	٣	١٣,٤	١	١١,٠	١	١٩,٠	١	١٢,٤	٥	١١,٤	١٨	٨,٦	١٨	١٦,٠	١٨	١١,٠	٢٣	١١,٢	١٦	٥,٨	١٦
٥	١٢,٤	١٧	١٣,٨	١٧	١٥,٧	٩	١٧,٠	٧	١٢,٦	٦	١٩,٠	٥	١٧,٤	٦	١٥,٣	١	١٢,٠	١	١٨,١	٨	١٦,٠	١	١٣,٦	٧	١٠,٢	١٨
٦	١٦,٤	١٧	٢٠,٣	١	١٧,٦	٣	٢١,٢	٢٠	١٨,٠	١٩	٢٤,٥	٣	١٩,٤	٦	٢٢,٧	١	١٨,٠	١٤	٢٥,٨	٢١	٢٣,٠	٢٢	١٨,٢	٢	١٤,٧	٢
٧	١٩,٤	٣	١٩,٥	٣	١٨,٤	٨	١٨,٠	٣	٧,٨	١١	٢٥,٦	٧	١٥,٢	١٥	٢٣,٢	٤	١٩,٢	١٩	٢٤,٨	٤	٢٢,٤	١٥	١٩,٣	٧	١٥,٩	١٢
٨	١٨,٦	٦	١٩,٠	١	٢٠,٠	٢٩	٢٠,٤	٤	١٥,٠	٢	٢٣,٦	١١	١٨,٥	٣٠	٢٤,٠	٢	١٦,٧	١	٢٥,٣	٨	٢٢,٧	٢٨	١٩,٦	١٧	١٤,٧	١
٩	١٩,٠	٣٠	١٩,٢	٣٠	١٦,٤	٢٥	٢٠,٠	٢٤	١٤,٨	٣٠	٢١,٧	٢٩	١٦,٦	٣٠	٢١,٩	٢٦	١٨,٧	٣٠	٢٦,٦	٢٥	٢٠,٢	٣٠	١٨,٠	٢٣	١٥,٠	٢٦
١٠	١١,٦	٢٧	١٢,١	٢٥	١٢,٢	٢٧	١٣,٨	٣١	١٣,٤	٣١	١٥,٧	٢٢	١٠,٢	٢٨	١٥,٣	٣١	١٢,٧	٣١	١٩,٨	٣١	١٦,٢	٢٨	١٣,٠	٢٨	١٠,٢	٢٨
١١	٦,٠	٢٥	٥,٨	٢٤	٣,٣	٢٦	٧,٤	٢٣	٥,٠	١٢	١١,٨	٢٣	٣,٠	٢٧	٨,٣	٢٨	٧,٠	٢٤	٩,٨	٢٧	٥,٢	٢٦	٨,٤	٣٠	٢,٨	٣٠
١٢	١,٨	٣٠	-٣,٤	٣٠	٦,٠	٣	٠,٠	٢٤	-٥,١	٢٤	٦,٥	٢٠	٤,٨	٦	٠,٠	٣١	-٢,٦	٣١	٢,٨	٣١	٦,٦	٥	-٠,٢	٣١	-٣,٠	٣٠

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

الشهر	الجوف			بدنة			بيشة			القصيم			حائل			المدينة			نجران			القيصومة			رفحة			الرياض			السليل			تبوك			طريف		
	س	ع	ص	س	ع	ص	س	ع	ص	س	ع	ص	س	ع	ص	س	ع	ص	س	ع	ص	س	ع	ص	س	ع	ص	س	ع	ص	س	ع	ص	س	ع	ص	س	ع	ص
١	٦١	٩٨	١٣	١٠٠	٦٤	١٨	٥٥	٩٧	١٢	٥٧	١٠٠	٤	٦٥	١٠٠	٨	٤٨	١٠٠	٣	ـ	٩٥	١٠	٥٩	١٠٠	١٣	٥٦	١٠٠	١٠	٤٦	٩٥	٥	٤٩	٩٤	٢٠	٥٠	٩٠	١١	٦٨	١٠٠	١٩
٢	٤٧	٩٥	١٢	٩٩	٤٨	١٠	٣٥	٨٩	٥	٤١	٩٩	١٣	٥٣	٩٥	٧	٣٢	٩٠	٧	ـ	٦٠	٤	٤٤	٩٥	١٣	٤٧	٩٧	١٤	٣٢	٩٥	٦	٤	٧٤	٣	٤٦	٩٧	٨	٥٦	١٠٠	١٥
٣	٣٧	٩٥	٤	٣٥	٨٤	١٠	٣٩	٩٥	٨	٣٠	٩٥	٢	٤٦	٩٢	١١	٢٤	٦٦	٦	ـ	٥	ـ	٣٣	٩٦	٦	٣٤	٧٥	١٠	٣٣	٨٣	٣	ـ	ـ	٦	٣٥	٨٦	٥	٤٥	٩٦	٧
٤	٢٨	٨٩	٣	٢٦	٧١	٥	٢٣	٩٣	٢	١٧	٥٧	٢	٣٤	٨٣	٢	١٧	٤٠	٢	ـ	ـ	٧	٢٥	٥٧	٨	٢٥	٨١	٦	٢٤	٦٨	٣	ـ	ـ	٢	٢٧	٧٢	٥	٣٥	٩٢	٦
٥	٢٨	٩٤	٧	٢٩	١٠٠	٦	٣٠	٩٤	٤	٢٥	٩٣	٧	٣٧	١٠٠	١٣	٢٠	٨٥	٣	ـ	ـ	١١	٢٥	٧٨	٧	٢٦	٨٢	٦	٢٩	٩٧	٩	ـ	ـ	٣	٣١	٩٧	٤	٣٣	١٠٠	٧
٦	٢٠	٦٠	٥	١٧	٤٦	٥	١٧	٦٤	٢	١٥	٨٨	٢	٢٥	٥٤	٣	١٢	٣٣	٢	ـ	ـ	١١	٢٠	٨٠	٧	١٦	٤٢	٥	٢٠	٤٦	٥	ـ	ـ	٨	٢٤	٧٢	٣	٢٩	٧٣	٨
٧	١٩	٨٦	٣	١٨	٤٥	٧	١٨	٥٦	٣	١٣	٢٤	٤	٢٤	٤٧	٣	١٢	٢٨	٢	ـ	ـ	٥	١٣	٨١	٤	١٥	٣٤	٥	١٦	٣١	٤	ـ	ـ	٤	٢٣	٥٧	٣	٣٠	٨٠	٧
٨	١٨	٦٣	٣	١٨	٥٧	٦	٢٣	٦٨	٤	١٢	٣٩	٣	٢٥	٤٨	٦	١٥	٦٢	٢	ـ	ـ	٣	١٥	٧٧	٤	١٥	٦١	٣	١٣	٣٠	٣	ـ	ـ	٢	٢٦	٥٩	٥	٢٩	٧٨	٧
٩	١٩	٥٣	٤	١٧	٤٣	٧	١٧	٦٧	٣	١٥	٤٤	٤	٢٣	٤٥	١٠	١٦	٣٩	٢	ـ	ـ	٢١	١٨	٧٨	٤	١٥	٨٣	٥	١٦	٤١	٥	ـ	ـ	٢	٢٩	٧٥	٤	٢٨	٩٠	٨
١٠	٣٣	٩٣	٧	٣٤	٩٥	٧	١٩	٦٩	٣	٢٨	٩٩	٧	٣٨	١٠٠	٢	٢٦	١٠٠	٤	٢٣	٧١	٦	٢٩	١٠٠	٧	٣٤	٩٨	٥	٢١	٧١	٤	ـ	ـ	٤	٤٢	٩٢	٩	٤٤	٩٥	٥
١١	٤٠	٩١	٦	٤٢	٩٨	٥	٢٧	٦٨	٥	٣٢	٩٣	٦	٤٧	٩٠	١٣	٢٦	٦٥	٩	٢٧	٥٧	٥	٣٠	٩٦	١٠	٣٧	٩٩	١٢	٢٩	٧٥	٦	٢٨	٦٢	٣	٤٠	٨٩	٥	٤٩	٩٩	٣
١٢	٦٣	١٠٠	١٨	٦٥	١٠٠	٢٢	٤٨	٩٤	١٤	٥٤	٩٩	١١	٦٢	٩٨	٢٠	٤١	٩٨	٤	٤٣	٩٨	٨	٦٤	٩٩	٨	٥٦	٩٢	٣	٤٨	١٠٠	٩	٤٥	٩٨	٧	٥٣	١٠٠	١٩	٧٤	١٠٠	٢٢

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 أساسًا 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 لوحدات 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 واشتراطات التنفيذ المبنية على ظروف البيئة الحرارية لوحدات تغليف المباني في تنفيذ كثير منها طبقًا 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 لوحدات تغليف مباني تقليدية ومعاصرة سبق تنفيذها في البيئة الحرارية المشار إليها.

٢ - تقويم الأداء الحراري لوحدات 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 ولإحلال 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 والتعليمات 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 والمبادىء التي لو روعيت عند المراحل الأولى لتصميم المباني أو تنفيذها لأمكن خفض المتطلب للحد الأدنى في استهلاك الطاقة خفضًا كبيرًا يؤثّر تأثيرًا قويًّا على حمل المبنى الكهربي، وعلى الحمل الأقصى للطاقة الكهربية للمدينة . »

تصنيف منطقة البيئة الحرارية للمملكة

من دراسة مخطط المملكة (شكل١) ودراسة المعلومات المناخية المتوافرة لدى مصلحة الأرصاد 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 .

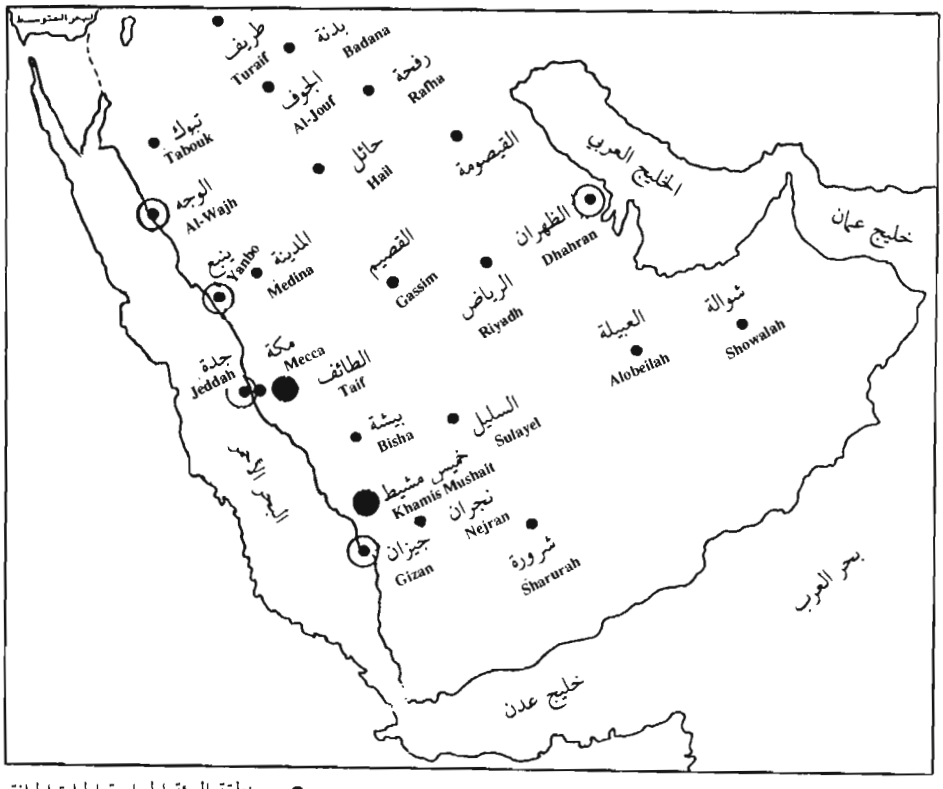
ويوضح شكل ١ مواقع بعض المدن الممثلة لهذه المناطق .

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 (جدول٤)، ومن ثم يمكن حساب معامل الانتقال الحراري الكلي لمادة البناء سواء أكانت تستخدم منفردة أم مجمعة من مواد مختلفة .



شكل ١ . مدن المناطق البيئية الحرارية .

وبما أن هذه الخواص تعمل أساسًا تبعًا 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 ، ص٨٢]

ويتأتى التأثير الحراري غالبًا من المقدار الكمي للطاقة الحرارية المخزنة في قطاع المبنى والتي تعتمد أساسًا على خاصية التخزين الحراري لمواد القطاع ، والتي غالبًا 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].

المـــــــادة	معامل الانتقال الحراري وات/ م . م°	الحرارة النوعية كيلوجول/ كجم . م°	الكثافة كجم/ م٣	التخزين الحراري ميجا جول/ م٣ . م°
١ ـ مواد البناء:				
التـراب	٠,٦٣٠	١,٨٠	٢٠٠٣	٣,٦٠
الطـين	٠,٥١٦	١,٠٠	١٧٣٠	١,٧٣
الحجـر	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
الرمـــل	٠,٨٧٠	٠,٨٨	١٥٠٠	١,٣٢
البلاط الأسمنتي	١,٠٦٠	٠,٨٤	١٥٠٠	١,٢٦
الطوب الفخاري المفرغ				
ـ سمك ١٠سم (نوع أ)	٠,٤٤٠	٠,٨٤	٨٣٤	٠,٧٢
ـ سمك ٢٠سم (نوع ب)	٠,٦٥٠	٠,٨٤	٨١٢	٠,٦٨
الطوب الأسمنتي المفرغ				
ـ سمك ١٠ سم (نوع أ)	٠,٩٦٠	٠,٨٤	١٨٢٧	١,٥٣
ـ سمك ٢٠سم (نوع ب)	١,٣٨٩	٠,٨٤	١٢٠٣	١,٠١
الطوب الأسمنتي المصمت				
ـ سمك ١٥سم	١,٢١٩	٠,٨٤	٢١٢٢	١,٧٨
ـ سجاد الأرضية	٠,٠٦٠	٠,٧٥	١١٢	٠,٠٨
٢ ـ 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 .

المـــــــادة	معامل الانتقال الحراري وات/م . م°ك	الحرارة النوعية كيلوجول/كجم . م°ك	الكثافة كجم/م٣	التخزين الحراري ميجا جول/م٣ . م°ك
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 دورًا كبيرًا 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 المبنى

مما لا شك فيه، أن لترتيب المواد الداخلة في تشكيل وحدات تغليف المبنى، دور فعال في تزامن السريان الحراري الداخل أو الخارج من المبنى 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 لهما، فمثلاً لو أن عندنا وحدة التغليف الخارجي لمبنى عبارة عن:

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

وحدة تغليف أخرى عبارة عن:

١ ـ ملاط أسمنتي

٢ ـ طوب أسمنتي (كتلة وحدة التغليف)

٣ ـ طبقة عازلة للحرارة

٤ ـ ملاط أسمنتي

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

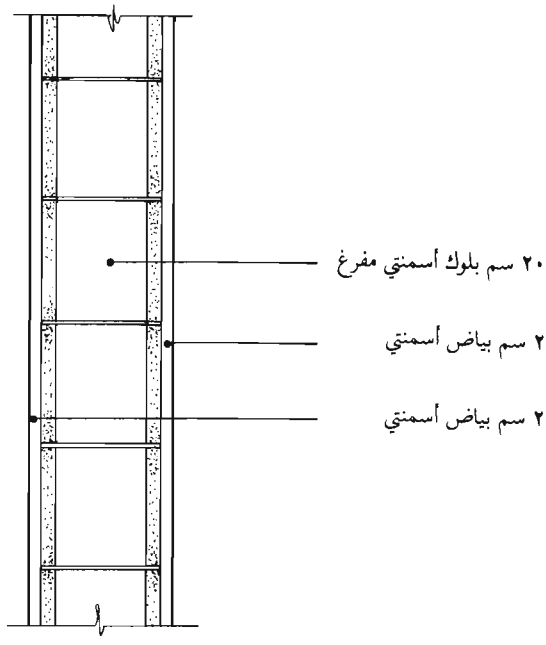
فقد أغفل كثير من مهندسي تصميم المباني والمعماريين المعايير والأساليب المهمة والفعالة لتطبيق نظام العزل الحراري، ووضع المادة العازلة للحرارة في مكانها الملائم عند تصميم معظم المباني الحديثة. ويؤثِّر وضع المادة العازلة للحرارة على متطلبات المبنى من الطاقة الكهربائية المطلوبة لتشغيل أجهزة تكييف المبنى،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

وتسجل الأشكال (٢ ـ 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:

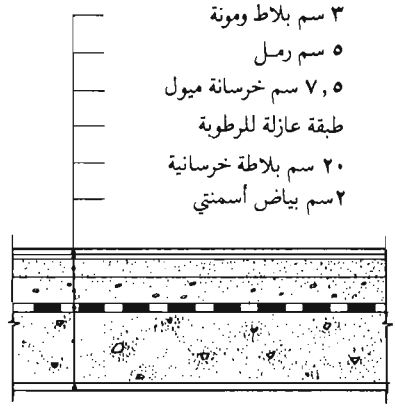
١ ـ العزل الحراري الخارجي لوحدات تغليف المبنى

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.



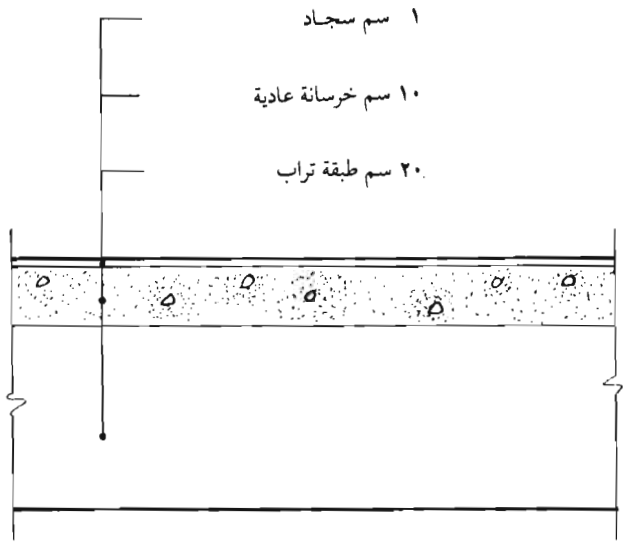
شكل ٢ . جدار من البلوك الأسمنتي المفرغ غير معزول حراريًا .

معامل التوصيل الحراري الكلي للجدار = ٥,٠٨٤ وات/م^{٢} م$^{\circ}$



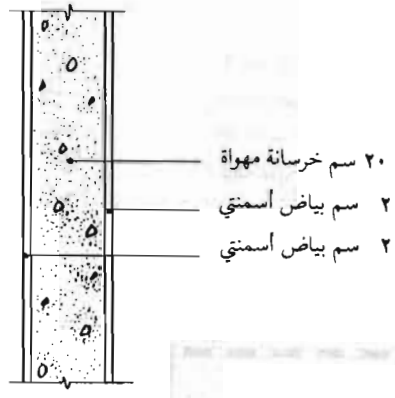
شكل ٣ . بلاطة سقف غير معزولة حراريًا .

معامل التوصيل الحراري الكلي لبلاطة السقف = ٢,٨٥٧ وات/م^{٢} م$^{\circ}$.



شكل ٤ . أرضية مفروشة .

معامل التوصيل الحراري الكلي للأرضية = ١,٤٢٠ وات/م٢ م°

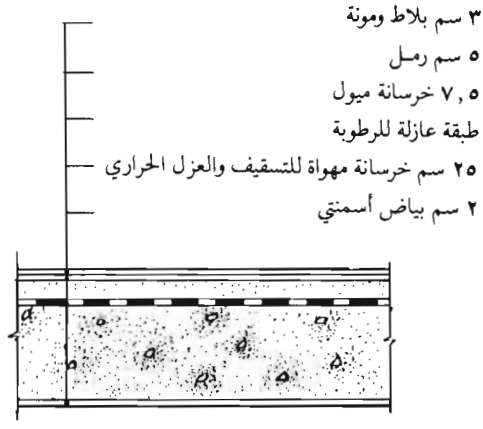


شكل ٥ . جدار خرسانة مهواة

معامل التوصيل الحراري الكلي :

للخرسانة المهواة (١) = ٠,٥٩٦ وات/م٢ م°

للخرسانة المهواة (٢) = ١,١٩٣ وات/م٢ م°

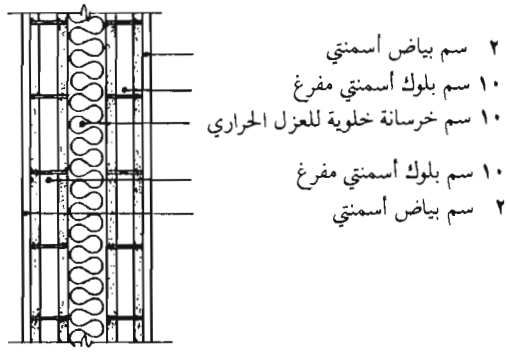


شكل ٦ . سقف خرسانة مهواة .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

لسقف الخرسانة المهواة (١) = ٠,٤٥٤ وات/م^{٢} م°

لسقف الخرسانة المهواة (٢) = ٠,٨٧٥ وات/م^{٢} م°

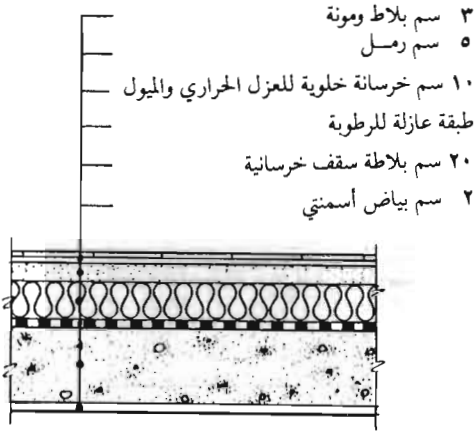


شكل ٧ . جدار مركب معزول حراريًا بخرسانة خلوية .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

لجدار الخرسانة الخلوية (١) = ٠,٦٤٨ وات/م^{٢} م°

لجدار الخرسانة الخلوية (٢) = ٢,٢٢١ وات/م^{٢} م°

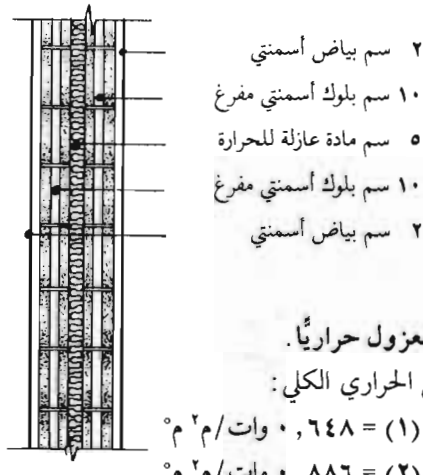


شكل ٨. سقف خرساني معزول حراريًا بخرسانة خلوية.

معامل التوصيل الحراري الكلي:

لسقف الخرسانة الخلوية (١) = ٠,٦٤٢ وات/م^{٢} م°

لسقف الخرسانة الخلوية (٢) = ٢,١٢٤ وات/م^{٢} م°



شكل ٩. جدار مركب معزول حراريًا.

معامل التوصيل الحراري الكلي:

لجدار البرلايت (١) = ٠,٦٤٨ وات/م^{٢} م°

لجدار البرلايت (٢) = ٠,٨٨٦ وات/م^{٢} م°

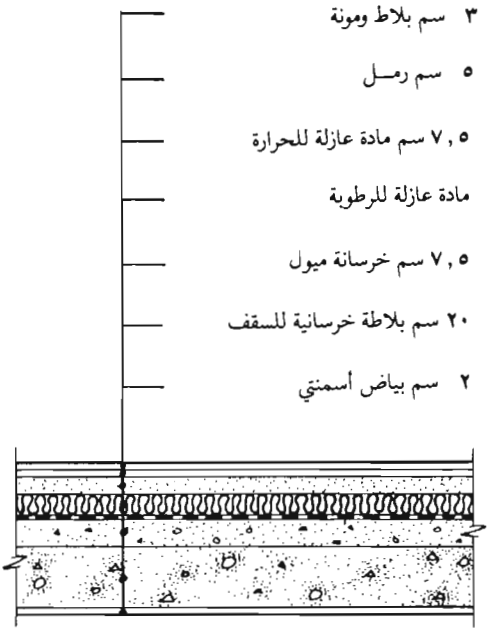
لجدار البوليورثين = ٠,٤٢٦ وات/م^{٢} م°

لجدار البوليستيرين = ٠,٦٢٥ وات/م^{٢} م°

لجدار رغوة الزجاج = ٠,٨٤٦ وات/م^{٢} م°

لجدار الألياف الزجاجية = ٠,٥٥١ وات/م^{٢} م°

لجدار الصوف الزجاجي = ٠,٥٥١ وات/م^{٢} م°



شكل ١٠ . بلاطة سقف خرسانية معزولة حراريًا .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

للبرلايت (١) = ٠,٤٤٣ وات/م^{٢} م°

للبرلايت (٢) = ٠,٥٩٦ وات/م^{٢} م°

للبوليورثين = ٠,٢٨٤ وات/م^{٢} م°

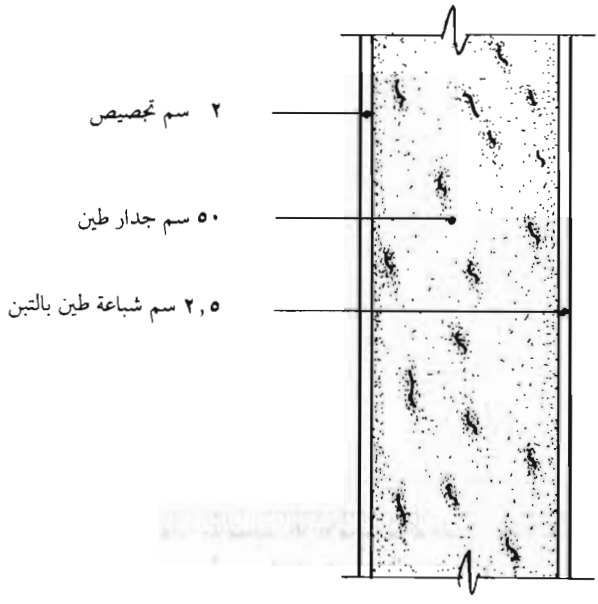
للبوليستيرين = ٠,٤٢٦ وات/م^{٢} م°

لرغوة الزجاج = ٠,٥٧٩ وات/م^{٢} م°

للألياف الزجاجية = ٠,٣٧٥ وات/م^{٢} م°

للصوف الزجاجي = ٠,٣٧٥ وات/م^{٢} م°

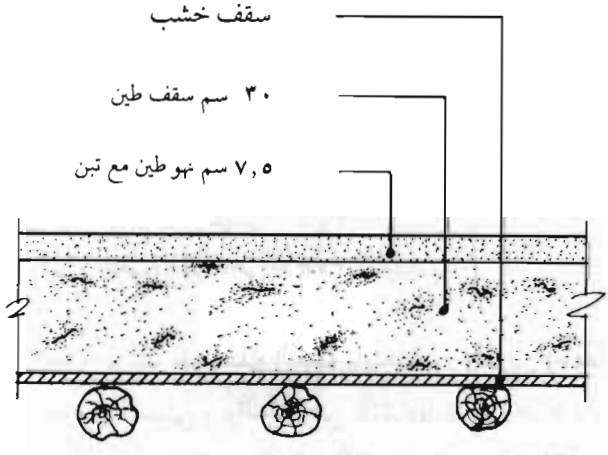
ويتلخص عملها في الشتاء، بأن تقوم هذه الكتلة بامتصاص وتخزين وحفظ الطاقة الحرارية المتولدة داخل الحيز الداخلي للمبنى، والناتجة عن النشاطات الداخلية والإشعاع الشمسي المباشر خلال النوافذ الزجاجية وأجهزة التدفئة أثناء فترة عملها. بينما تقوم المادة العازلة للحرارة بإبطاء سريان وفقد تلك الحرارة المتولدة والمخزنة 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:

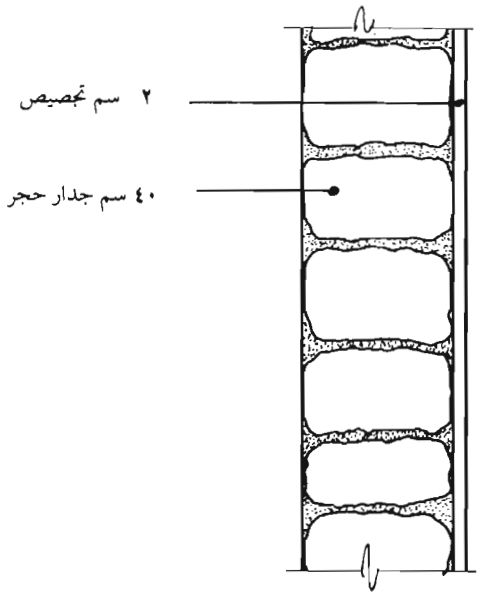
جدار الطين = ٠,٩٤٨ وات/م٢أم°



شكل ١٢ . سقف من الطين والخشب.

معامل التوصيل الحراري الكلي:

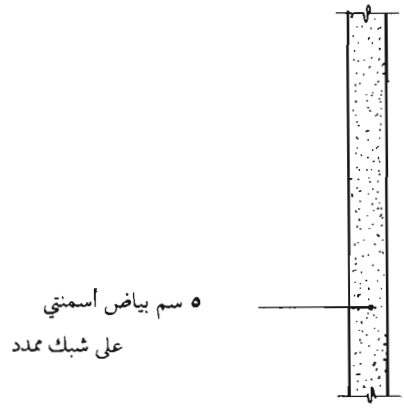
لسقف الطين والخشب = ١,٠٣ وات/م٢ م°



شكل ١٣ . جدار من الحجر .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

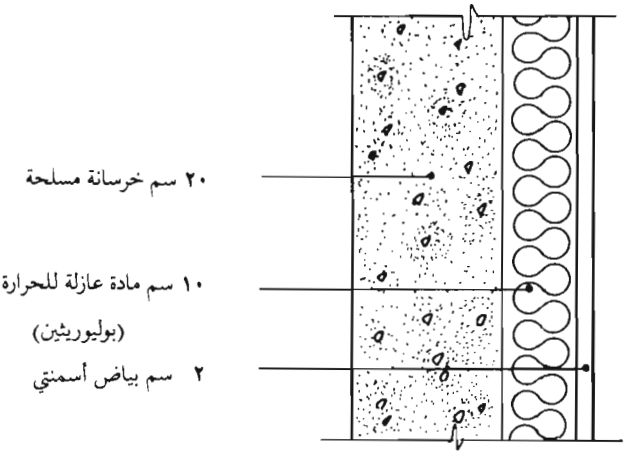
لجدار الحجر = **٣,٩٢٣** وات/م^{٢} م$^{\circ}$



شكل ١٤ . جدار شديد التوصيل للحرارة .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

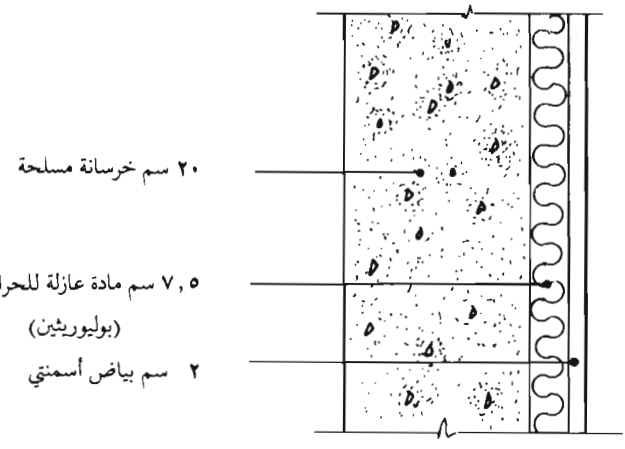
للجدار شديد التوصيل للحرارة = **١٥,٦٤٣** وات/م^{٢} م$^{\circ}$



شكل ١٥ . جدار خرساني معزول حراريًا من الخارج .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

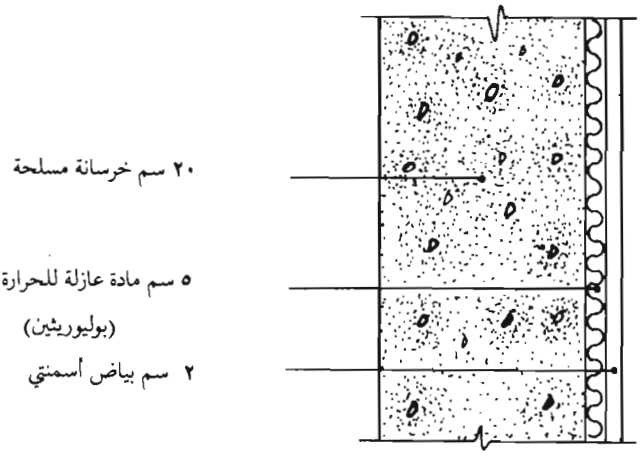
للجدار المعزول بمادة سمك (١٠سم) = ٠,٢٣٣ وات/م٢م°



شكل ١٦ . جدار خرساني معزول حراريًا من الخارج .

معامل التوصيل الحراري الكلي :

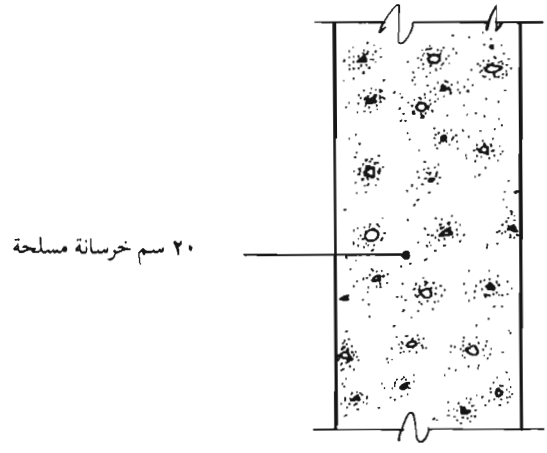
للجدار المعزول بمادة سمك (٧,٥سم) = ٠,٣٠٧ وات/م٢م°



شكل ١٧ . جدار خرساني معزول حراريًا من الخارج.

معامل التوصيل الحراري الكلي:

للجدار المعزول بمادة سمك (٥سم) = ٠,٤٤٣ وات/م٢م°



شكل ١٨ . جدار خرسانة مسلحة سمك (٢٠سم)

معامل التوصيل الحراري الكلي:

لجدار الخرسانة المسلحة = ٨,٥١ وات/م٢ 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 ـ 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 لهذه المواد العازلة للحرارة معامل انتقال حراري قليل جدًّا، فإنها تعمل على الإسراع في عملية تدفئة وتبريد الحيز الداخلي للمبنى شتاءً وصيفًا 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 فوريًّا.

سبل التقليل من استهلاك الطاقة في المباني المعزولة [٩]

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

١ ـ الاهتمام بالمناخ المصغر للمبنى، وذلك بتكثيف التشجير والتظليل وإيجاد قنوات تبريد للأسطح الخارجية، من خلال التهوية الطبيعية حول المبنى.

٢ ـ 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 ـ الاهتمام بتشكيل الغلاف الخارجي للمبنى ، حيث يساهم التشكيل في تقليل الأحمال الحرارية المكتسبة للمبنى .

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

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

٦ ـ اختيار النوع الموفر لاستهلك الطاقة من أنظمة التبريد والتدفئة والتهوية .

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

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

٩ ـ 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 ـ 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 ـ تصنيف النمط المناخي

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

جرينتش). وعنـد الدراسة المبدئية لعناصر المناخ من واقع المعلومات المتوافرة عن أحوال الطقس لمدن مختارة في منطقة الدراسة [٢]، والموضحة بالجداول ١ ـ ٣ [١]، يستقرأ منها تشابه الموقع الجغرافي والارتفاع النسبي عن سطح البحر لبعض مدن منطقة الدراسة (حائل وتبوك) وهذا بالطبع يمكن اعتباره مؤشرًا لتشابه ظروف الارتياح الحراري لهاتين المدينتين. [١٠] وبنـاءً عليه، يمكن تصنيف هذه المنـطقـة إلى نمطين للمناخ طبقًا لتشابه ظروف الارتياح الحراري لبيئتها والذي غالبًا ما يعتمد على معدلات الدرجة العظمى لحرارة ورطوبة الجو.

نتيجـة لما سبق، يمكن أن يوصف النمط المنـاخي الأول بأنه ما تشابهت ظروف الارتياح الحراري لبيئته وما زاد معدل درجة حرارته العظمى عن (٤٢ درجة مئوية) والنمط المناخي الثاني بأنه ما تشابهت ظروف الارتياح الحراري لبيئته وما قل معدل درجة حرارته العظمى عن (٤٢ درجة مئوية). وتوضح الجداول ١ ـ 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 ـ تصنيف الأسطح

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

١ ـ أسـطح معتمـة غير منفـذة للإشعـاع الشمسي (الجـدران والسقف) ويمكن تصنيف هذه الأسطح إلى الآتي:

أ ـ أسطح محمية من التعرض للإشعاع الشمسي.

ب ـ أسطح شبه محمية من التعرض للإشعاع الشمسي.

جـ ـ أسطح غير محمية من التعرض للإشعاع الشمسي.

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

جـ ـ تصنيف كتلة الغلاف الخارجي للبناء

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

١ ـ كتلة عالية الكثافة وتدخل ضمنها أية مواد بناء يزيد وزنها عن ١٥٠٠كجم/ م٣.
٢ ـ كتلة متوسطة الكثافة وتدخل ضمنها أية مواد بناء يتراوح وزنها بين أكثر من ٥٠٠كجم/ م٣ وأقل من ١٥٠٠كجم/م٣.
٣ ـ كتلة خفيفة الكثافة وتدخل ضمنها أية مواد بناء يقل وزنها عن ٥٠٠كجم/م٣.

٢ ـ محاكاة الأداء الحراري

أ ـ 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 للحيز الداخلي للمبنى، وحساب أحمال تكييفه ودرجات حرارة أسطحه الداخلية والخارجية طبقًا

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

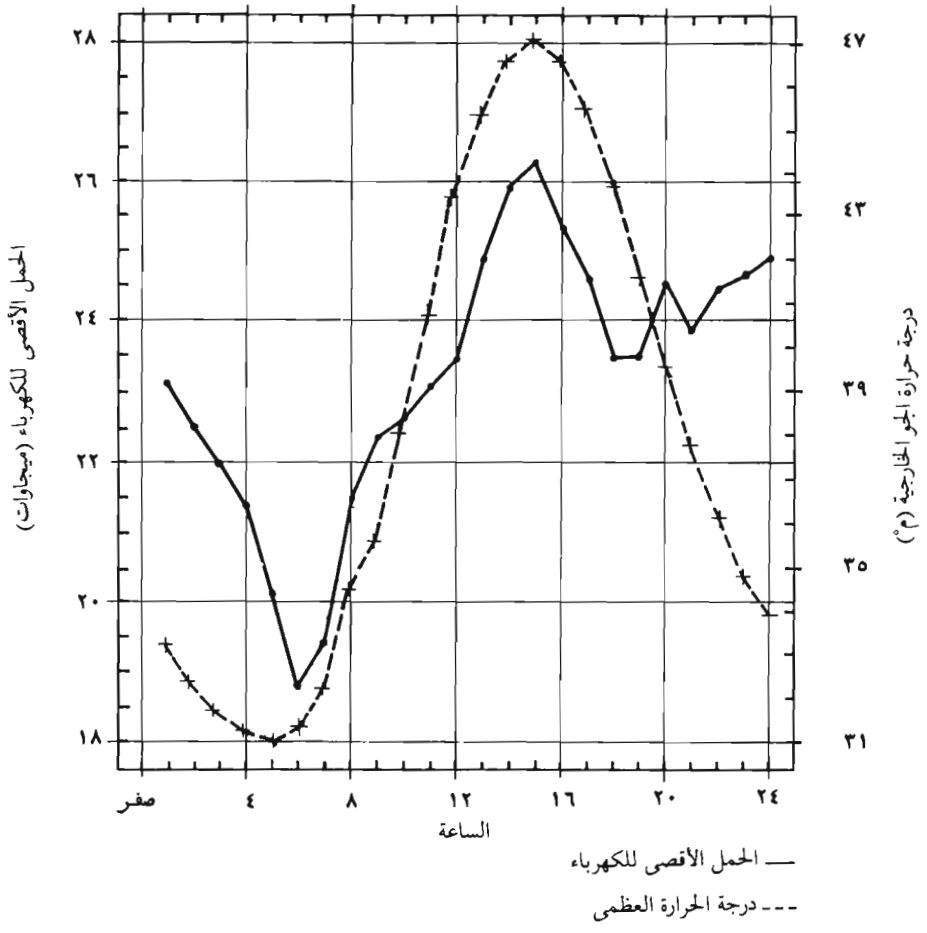
ويراعي البرنامج المستخدم عند الحساب الخواص الطبيعية والحرارية لمواد البناء، وخاصة خاصية وزن كتلة مادة البناء التي كثيرًا ما أهملت عند استخدام الطرق التقليدية في الحساب مثل طريقة الحالة الثابتة، وطريقة الحالة الدورية. وهذه النتائج للتشغيل ستساعد في الحكم على الأداء الحراري لوحدات تغليف المباني حسب التوصيف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

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

ب ـ مكان وزمان المحاكاة

١ ـ **النمط المناخي الأول**: اختيرت مدينة الرياض التي تقع على خط عرض (٢٤,٦° شمال خط الاستواء)، وخط طول (٤٦,٧° شرق جرينتش) مكانًا 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 الكهربية في مدينة الرياض) يومًا 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 ـ **النمط المناخي الثاني**: اختيرت مدينة تبوك التي تقع على خط عرض (٢٨,٣٧° شمال خط الاستواء) وخط طول (٣٦,٥٨° شرق جرينتش) مكانًا للمحاكاة في النمط المناخي الثاني. ومناخ تبوك يماثل، إلى حدٍّ 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 ليمكن 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).

جـ ـ الوصف الطبيعي لنماذج المحاكاة

نماذج المحاكاة عبارة عن وحدات فراغية متصلة، لا يوجد بها أي فواصل أفقية أو رأسية، وبـذلـك أهملت الخـواص الحـرارية للمواد داخل الفراغ من امتصاص للحرارة ونحـوه، 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 سطحـه كما ورد في الفقـرة (ب ـ ١). وعنـد استعراض الجدول ٤ أمكن، بناء وتوصيف أسطح مكعب كما في (الأشكال ٢٠ ـ أ إلى ٢٠ ـ و١) كنماذج افتراضية للدراسة. وهذا المكعب يمثل وحدة فراغية متجانسة التغليف، أي أن تغليفها واحد لكل أسطحها، عدا سطح واحد، يمكن تغييره، ليمكن الباحث من تقويم أثر هذا السطح المختلف على الأداء الحراري الكلي للنموذج، وتقدير مدى أهمية ذلك السطح.

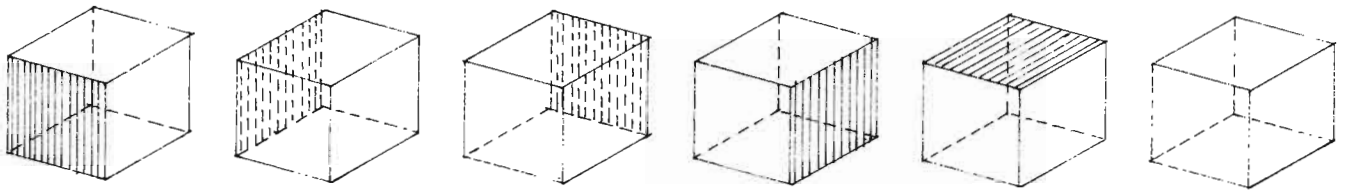
وبلغت مساحة أرضية المكعب الافتراضي للمحاكاة مائة وأربعة وأربعين مترًا مربعًا. كما قدر الارتفاع باثني عشر مترًا للنموذج الافتراضي الأول، وستة أمتار للنموذج الافتراضي الثاني.

وقـد افـترض عدم وجـود أي فتحات بالغلاف الخارجي للنماذج تؤدي إلى دخول الإشعاع الشمسي المباشر خلالها أو تؤدي إلى تهوية طبيعية للفراغ الداخلي.

د ـ نماذج المحاكاة

بنيت نماذج المحاكاة لتمثل وحدات فراغية كما في الفقرة السابقة (جـ). وقد اختيرت عنـاصر تغليف الـوحـدات 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:

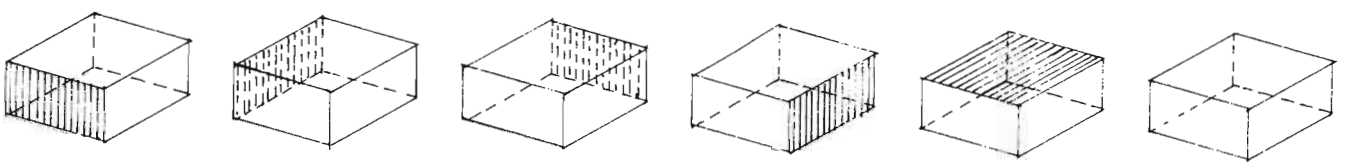
١ ـ ثمان نماذج، الأول مغلف بغـلاف شديد العـزل للحرارة والموضح قطاعه في شكل١٥، والثاني غير معزول حراريًا والموضح قطاعه في شكل١٨، والثالث مغلف بغلاف



شكل (٢٠ ـ أ) شكل (٢٠ ـ ب) شكل (٢٠ ـ جـ) شكل (٢٠ ـ د) شكل (٢٠ ـ هـ) شكل (٢٠ ـ و)

نماذج متجانسة الأسطح ذات ارتفاع يعادل الطول والعرض ما عدا السطح الممثل لـ:

لا يوجد السقف الواجهة الجنوبية الواجهة الغربية الواجهة الشمالية الواجهة الشرقية



شكل (٢٠ ـ أ١) شكل (٢٠ ـ ب١) شكل (٢٠ ـ جـ١) شكل (٢٠ ـ د١) شكل (٢٠ ـ هـ١) شكل (٢٠ ـ و١)

نماذج متجانسة الأسطح ذات ارتفاع يعادل نصف الطول والعرض ما عدا السطح الممثل لـ:

لا يوجد السقف الواجهة الجنوبية الواجهة الغربية الواجهة الشمالية الواجهة الشرقية

شكل ٢٠ . نماذج الدراسة .

متوسط العزل الحراري والموضح قطاعه في شكل١٦ والنماذج الخمسة الباقية بنيت جدرانها جميعًا وسقفها من وحدات تغليف ثابتة شديدة العزل للحرارة إلا واحدًا منها بني من مادة ضعيفة العزل للحرارة (السطح المختلف كما في شكل١٤) وبقية الأسطح كما في شكل١٥ والأرضية لجميع النماذج كما في شكل٤ وقد افترض ارتفاع النموذج مساويًا لعرضه وطوله كما افترض تعرض جميع أسطح النماذج للإشعاع الشمسي.

٢ ـ 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 ـ 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.

وافترضت النماذج لتلائم النمط المناخي الثاني على النحو التالي:

١ ـ تسع نماذج، الأول مغلف بغلاف شديد العزل للحرارة والموضح قطاعه في شكل١٥، والثاني غير معزول تمامًا والموضح قطاعه في شكل١٨، بينما النموذجين الثالث والرابع متدرجي العزل للحرارة مقارنة بالنموذج الأول وقد غلف النموذج الثالث بغلاف كما في شكل١٦ بينما غلف النموذج الرابع بغلاف كما في شكل١٧ وذلك لتحديد أهمية التدريج بسمك 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 ـ تقويم الأداء الحراري لوحدات تغليف المباني التقليدية والمعاصرة والحديثة

على ضوء مراجعة الأبحاث التي قمت بها [١٣، ١٤، ١٥، ١٦]، عن الأداء

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

١ ـ الأداء الحراري للمباني المغلفة بوحدات تغليف تقليدية كالطين أو الحجر، والتي يمكن وصف وحدات تغليفها بأنها ذات كتلة بناء عالية الكثافة، سجل أفضلية عن المباني المغلفة بوحدات 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).

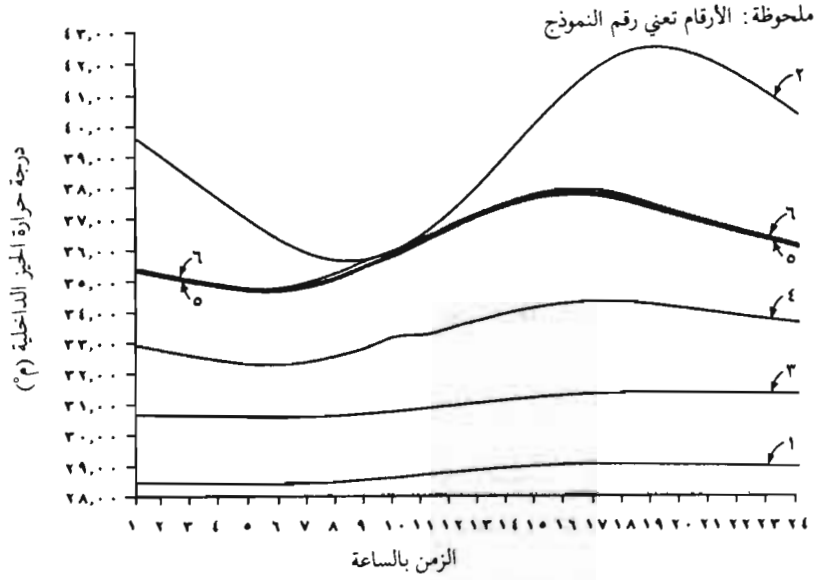
٢ ـ الأداء الحراري للمباني المبنية من وحدات تغليف حديثة ومعزولة بمواد عازلة للحرارة مثل جدران الطوب الأسمنتي المفرغ أو المصمت، أو الطوب الفخاري، المفرغ أو أسقف الخرسانة المسلحة، سجل أفضلية عن وحدات تغليف المباني التقليدية.

٣ ـ يمكن تحسين الأداء الحراري للمباني عندما يتحكم في سمك الطبقة العازلة للحرارة ووضعها ونوعيتها وصنف كتلة البناء.

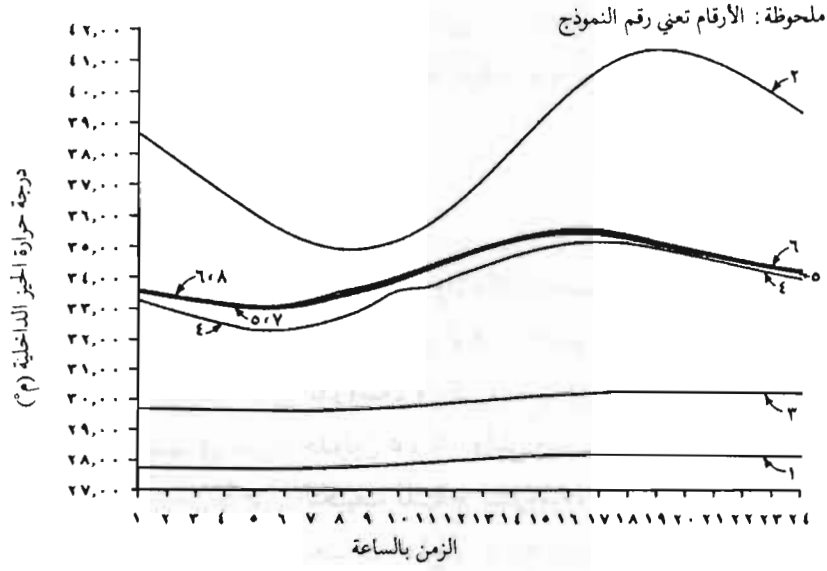
٤ ـ مساهمة العزل الحراري في زيادة التكاليف الأولية لإنشاء المباني بحدود (٥٪) من تكلفتها. ويمكن أن تعوض الزيادة على مدى زمني معقول، وذلك نظير التوفير في الطاقة اللازمة لتبريد المبنى وتدفئته وقد تصل الطاقة الموفرة عند الحمل الأقصى إلى (٤٥٪) عمَّا يماثلها من مباني غير معزولة.

٢ ـ تقويم الأداء الحراري للنماذج المدروسة

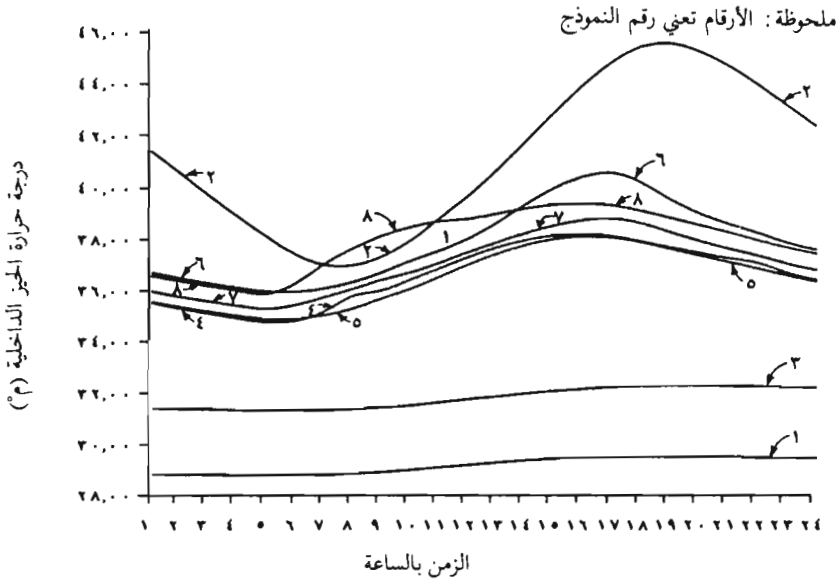
نتيجة لتشغيل البرامج حسب النماذج والأمكنة الموصوفة كما في الفقرة السابقة (د)، والتوصيف للبيئة الخارجية والداخلية لها، أمكن الحصول على نتائج رقمية تمثل الأداء الحراري لوحدات تغليف المباني المدروسة، وأمكن رسمها في صورة منحنيات (الأشكال من ٢١ ـ ٣٧) وتلخيصها في صورة جدولين ٥، ٦. وتمثل هذه المنحنيات أدلة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



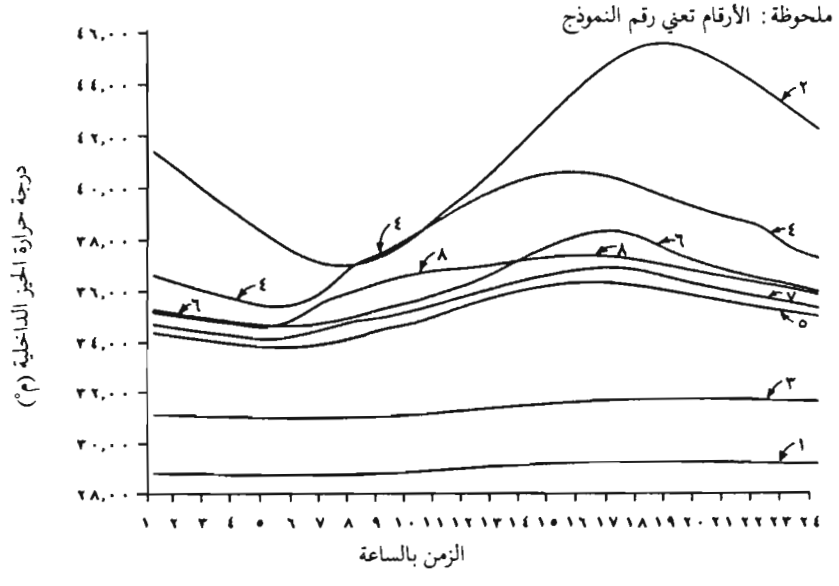
شكل٢١. مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



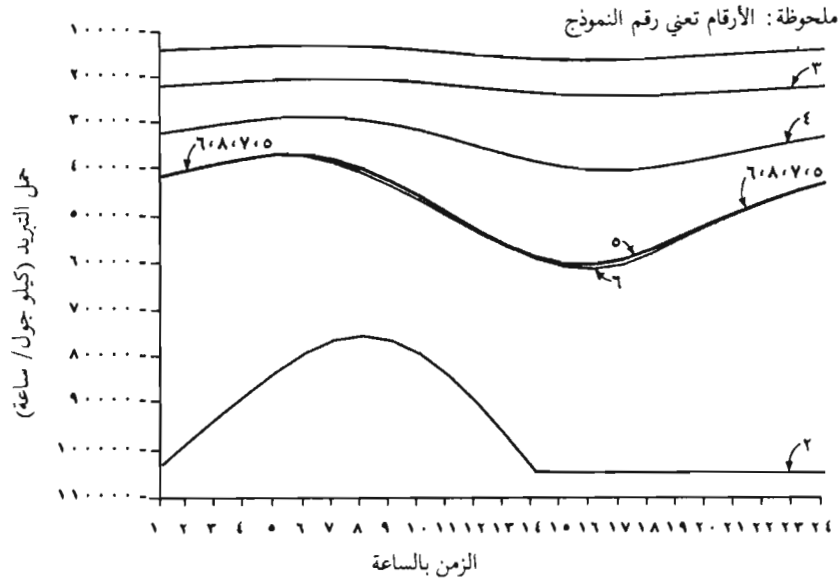
شكل٢٢. مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل لنصف الطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



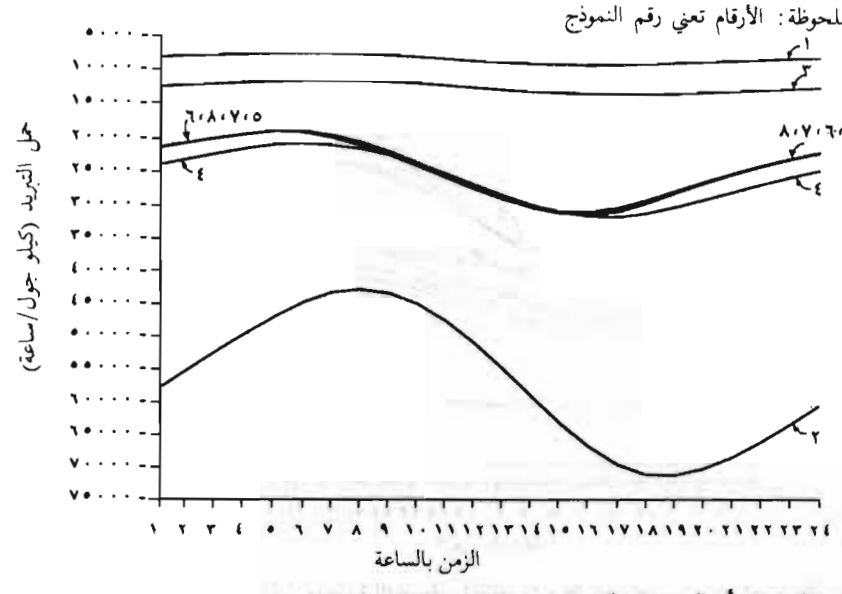
شكل٢٣ . مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



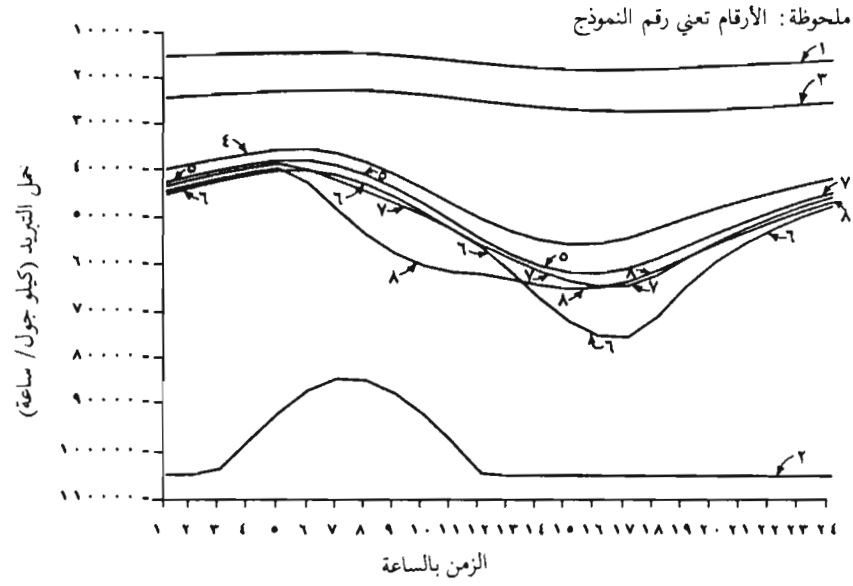
شكل٢٤ . مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل لنصف الطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



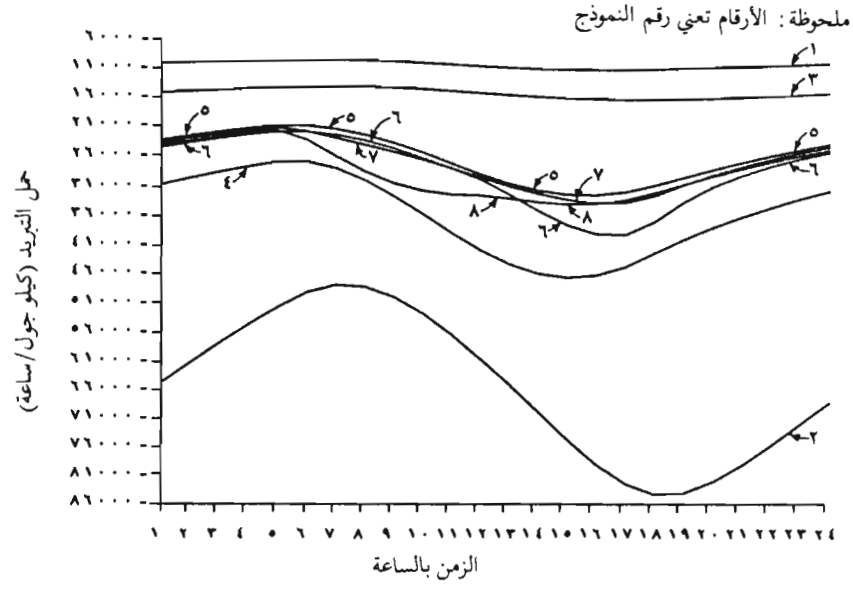
شكل٢٥ . مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلي للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



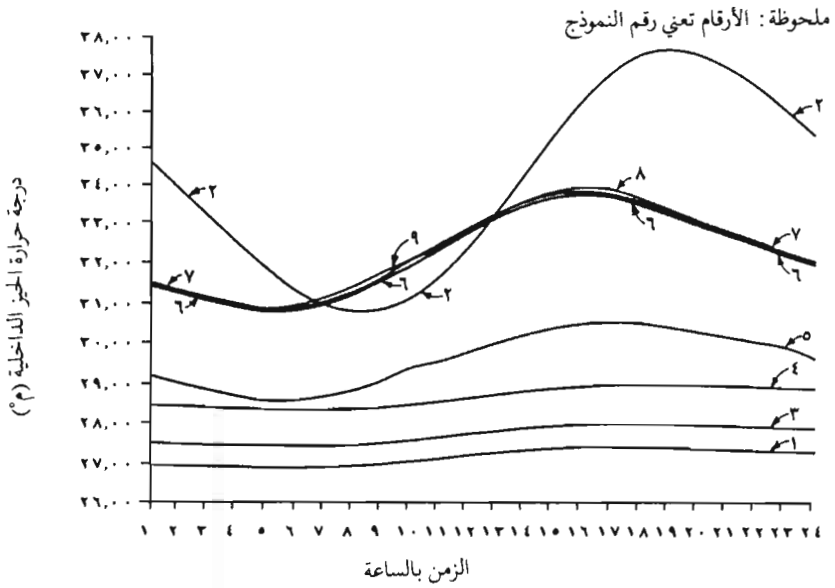
شكل٢٦ . مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلي للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل لنصف الطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



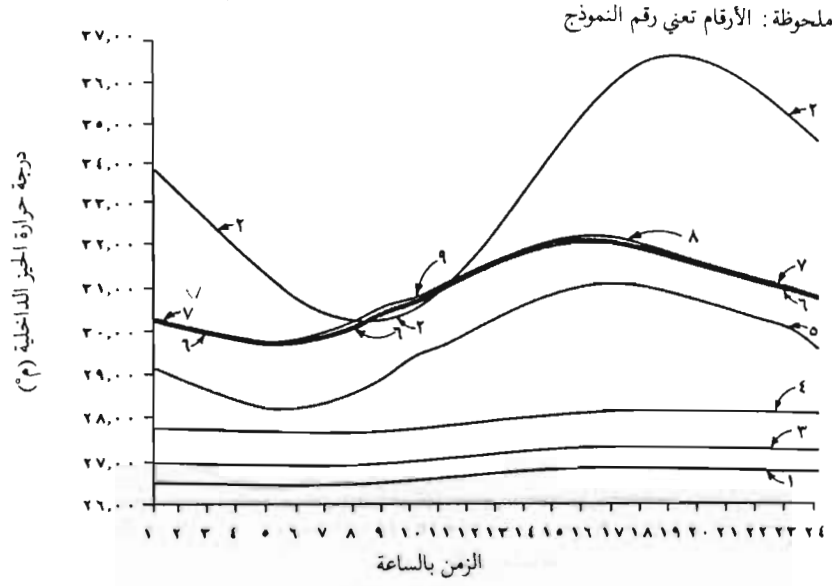
شكل٢٧ . مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلي للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



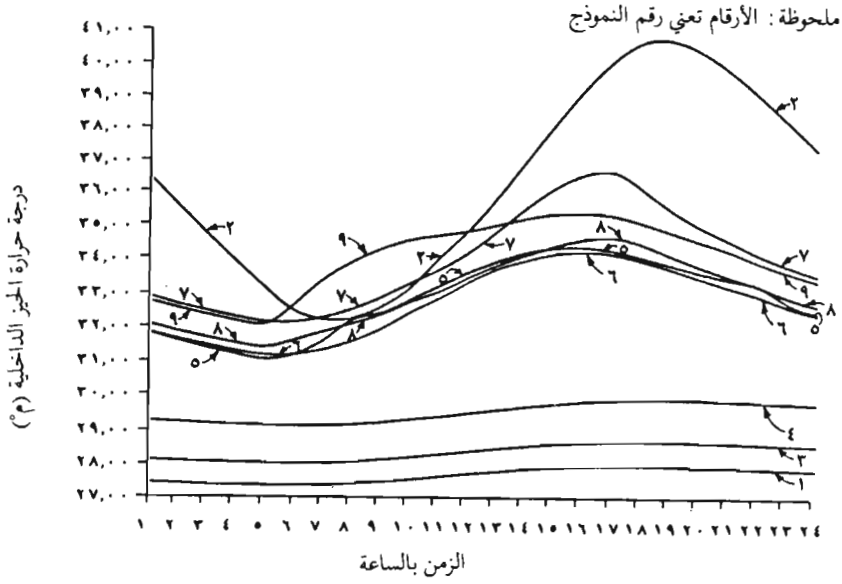
شكل ٢٨ . مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلي للنماذج غير المظللة ذات الإرتفاع المعادل لنصف الطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة الرياض.



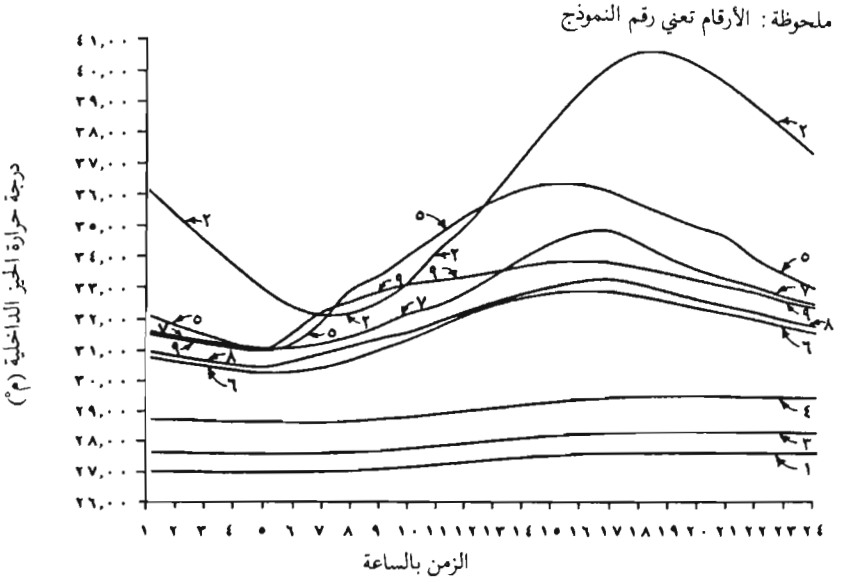
شكل٢٩ . مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك .



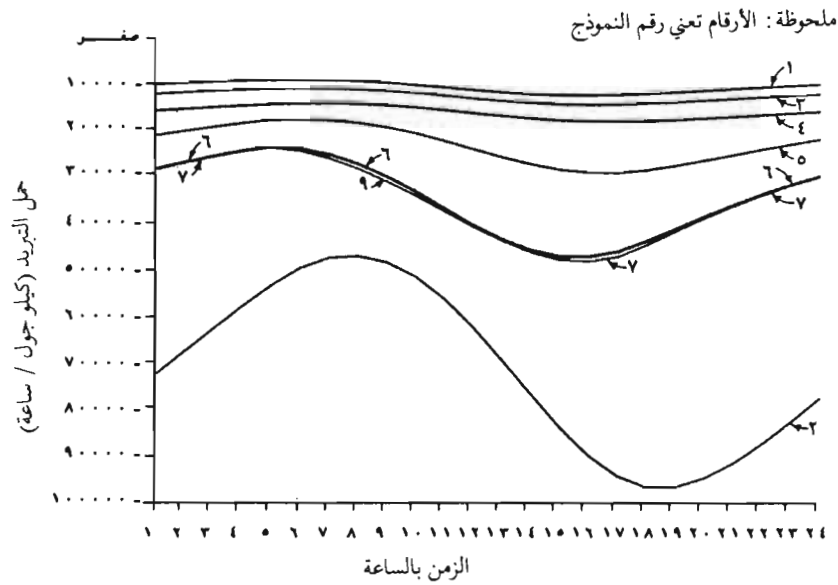
شكل٣٠ . مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك .



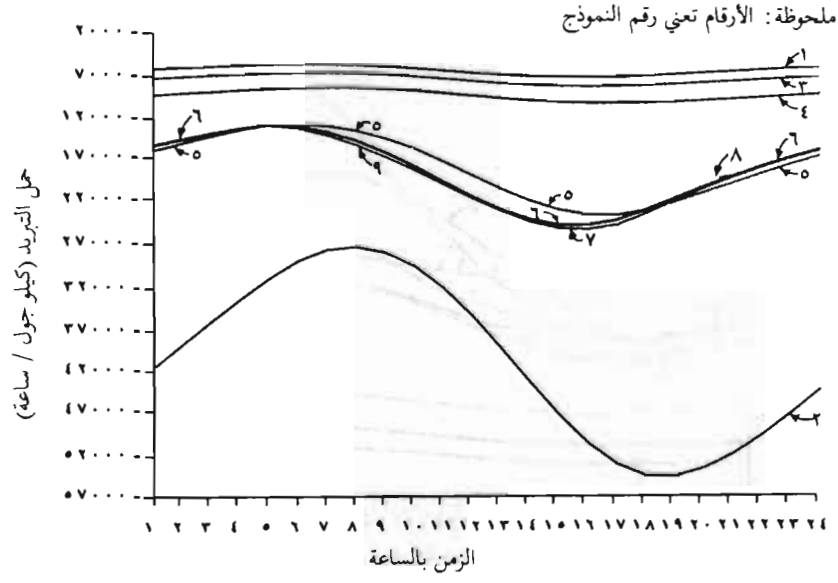
شكل٣١ . مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك .



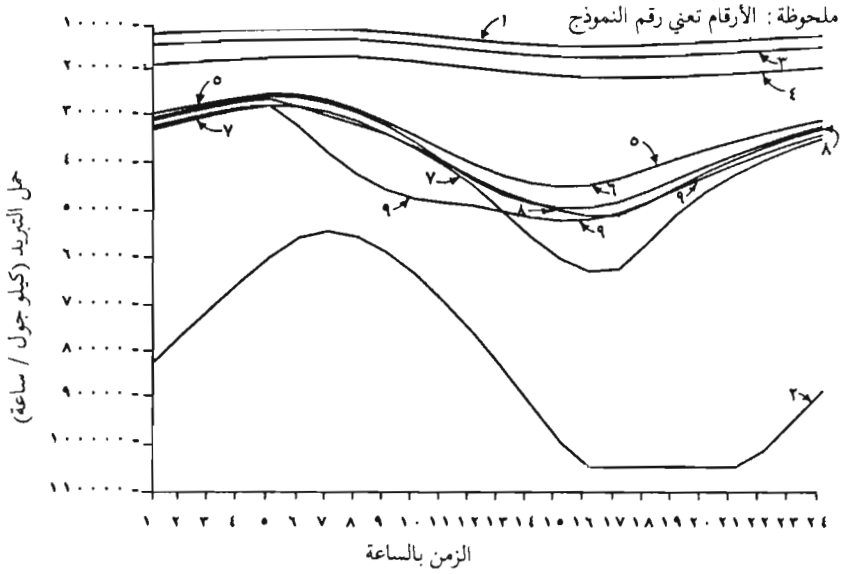
شكل٣٢ . مقارنة بين درجات حرارة الحيز الداخلية للنماذج غير المظللة ذات الارتفاع المعادل لنصف الطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك .



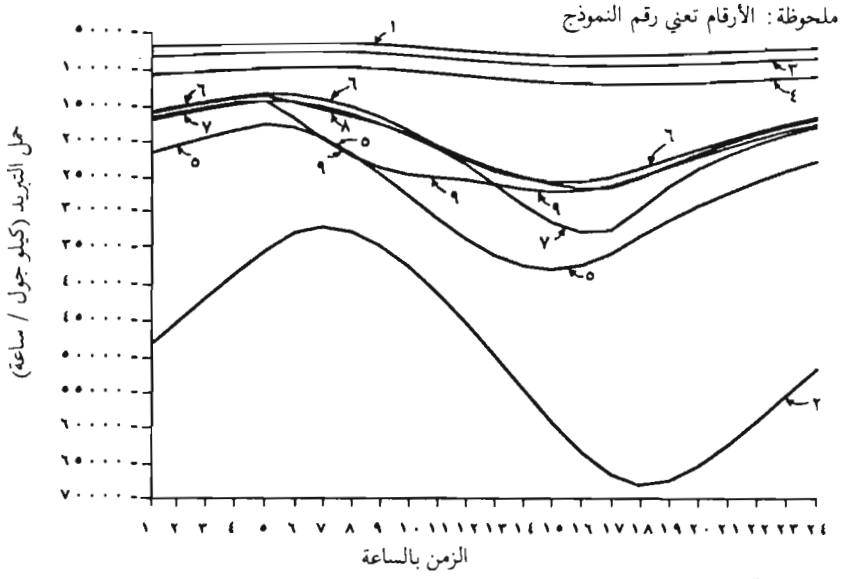
شكل٣٣. مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك.



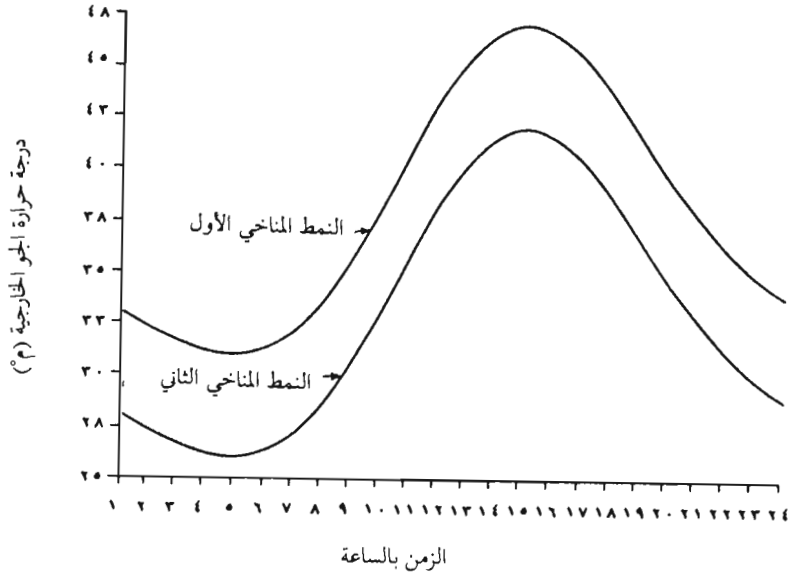
شكل٣٤. مقارنة بين أحمال تبريد الحيز الداخلية للنماذج المظللة ذات الارتفاع المعادل للطول والعرض والمتولدة من سريان الحرارة خلال الحيطان والسقف أثناء ساعات يوم المحاكاة لمدينة تبوك.



شكل٣٥ . 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 .



شكل٣٦ . 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 .



شكل٣٧. مقارنة بين درجات حرارة الجو الخارجية للأنماط المناخية المدروسة.

ويمكن من خلال دراسة المنحنيات والكشوف استقراء التالي:

١ ـ 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 مرتبًا بدرجة تصاعدية بالنسبة للسقف والسطح المغلف للواجهة الجنوبية والشمالية. ويتماثل تأثير السطح المغلف للواجهة الشرقية إلى حدٍّ 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 مرتبًا بدرجة تصاعدية بالنسبة للسطح المغلف للواجهة الجنوبية والشمالية والشرقية والغربية والسقف على التوالي (انظر الجدولين ٥، ٦).

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

	المعـــدل	النموذج الأول	النموذج الثاني	النموذج الثالث	النموذج الرابع	النموذج الخامس	النموذج السادس	النموذج السابع	النموذج الثامن
	العزل الحراري بمادة عازلة للحرارة	سمك(١٠)سم	لا يوجد	سمك(٧,٥)سم	مماثل للنموذج الأول عدا الـسقف	مماثل للنموذج الأول عدا الواجهة الجنوبية	مماثل للنموذج الأول عدا الواجهة الغربية	مماثل للنموذج الأول عدا الواجهة الشمالية	مماثل للنموذج الأول عدا الواجهة الشرقية
الأسطح غير مظللة وارتفاع السقف ٦م	معدل الحمل الساعي (كيلو جول/ ساعة)	١٤٥٩٣	٩٤٥٩٩	٢٢١٤٤	٣٣٩٢٠	٤٧٢١٢	٤٧٦٠٦	٤٧٣٣٠	٤٧٦٠٦
	الحمل اليومي الكلي (كيول جول/ يوم)	٣٥٠٢٣٠	٢٢٧٠٣٨٥	٥٣١٤٥١	٨١٤٠٩٢	١١٣٣٠٩٦	١١٤٢٥٣٥	١١٣٥٩٢٢	١١٤٢٥٣٨
	النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	٪١٠٠	٪٦٤٨	٪١٥٢	٪٢٣٢	٪٣٢٤	٪٣٢٦	٪٣٢٤	٪٣٢٦
الأسطح مظللة وارتفاع السقف ٦م	معدل الحمل الساعي (كيلو جول/ ساعة)	١٥٨٦٤	٩٩٥٧٧	٢٤٤٣٦	٤٤٣١٨	٤٨٣٤٢	٥٣١٦٣	٥٠١٧٣	٥٣١٦٣
	الحمل اليومي الكلي (كيول جول/ يوم)	٣٨٠٧٤٧	٢٣٨٩٨٥٤	٥٨٦٤٧١	١٠٦٣٦٤٣	١١٦٠٢٠٩	١٢٧٥٩٠٠	١٢٠٤١٥٧	١٢٧٥٩٠٣
	النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	٪١٠٠	٪٦٢٨	٪١٥٤	٪٢٧٩	٪٣٠٥	٪٣٣٥	٪٣١٦	٪٣٣٥
الأسطح غير مظللة وارتفاع السقف ١٢م	معدل الحمل الساعي (كيلو جول/ ساعة)	٨٦٧٥	٥٦٩٨١	١٢٩٢٣	٢٦٤٧٧	٢٤٩٧٢	٢٥١٦٨	٢٥٠٣١	٢٥١٦٨
	الحمل اليومي الكلي (كيول جول/ يوم)	٢٠٨٢٠٣	١٣٦٧٥٤٦	٣١٠١٥٠	٦٣٥٤٥٦	٥٩٩٣٢٤	٦٠٤٠٣٦	٦٠٠٧٣٤	٦٠٤٠٣٨
	النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	٪١٠٠	٪٦٥٧	٪١٤٩	٪٣٠٥	٪٢٨٨	٪٢٩٠	٪٢٨٩	٪٢٩٠
الأسطح مظللة وارتفاع السقف ١٢م	معدل الحمل الساعي (كيلو جول/ ساعة)	٩٦٠٨	٦٥٥٨٤	١٤٦٠٨	٣٥٧٦٨	٢٥٨١٨	٢٨٢٢٤	٢٦٧٣١	٢٨٢٢٥
	الحمل اليومي الكلي (كيول جول/ يوم)	٢٣٠٥٨٢	١٥٧٤٠٢٢	٣٥٠٥٨٥	٨٥٨٤٣٣	٦١٩٦٣٠	٦٧٧٣٧٨	٦٤١٥٥٣	٦٧٧٣٩٧
	النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	٪١٠٠	٪٦٨٣	٪١٥٢	٪٣٧٢	٪٢٦٩	٪٢٩٤	٪٢٧٨	٪٢٩٤

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

	المعـــدل	النموذج الأول	النموذج الثاني	النموذج الثالث	النموذج الرابع	النموذج الخامس	النموذج السادس	النموذج السابع	النموذج الثامن	النموذج التاسع
الأسطح غير مظللة وارتفاع السقف ٣م	العزل الحراري بإضافة عازلة الحرارة	سمك (١٠) سم	لا يوجد	سمك (٧,٥) سم	سمك (٥) سم	مماثل للنموذج الأول عدا السقف	مماثل للنموذج الأول عدا الواجهة الجنوبية	مماثل للنموذج الأول عدا الواجهة الغربية	مماثل للنموذج الأول عدا الواجهة الشمالية	مماثل للنموذج الأول عدا الواجهة الشرقية
	معدل الحمل الساعي (كيلو جول/ ساعة)	١٠٨١١	٧١٤٥٧	١٢٧٤٠	١٦٢٠٠	٢٣١٣٥	٣٤٥٢٣	٣٤٩٠٤	٣٤٥٩٣	٣٤٩٠٠
	الحمل اليومي الكلي (كيول جول/ يوم)	٢٥٩٤٥٣	١٧١٤٩٦٦	٣٠٥٧٦٦	٣٨٨٨١١	٥٥٥٢٥١	٨٢٨٥٤٦	٨٣٧٦٨٦	٨٣٠٢٢٧	٨٣٧٥٩١
	النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	١٠٠٪	٦٦١٪	١١٨٪	١٥٠٪	٢١٤٪	٣١٩٪	٣٢٣٪	٣٢٠٪	٣٢٣٪
الأسطح غير مظللة وارتفاع السقف ٦م	معدل الحمل الساعي (كيلو جول/ ساعة)	١٢٠٩٨	٨١٨٨٨	١٤٤٠٠	١٨٥٢٢	٣٣٦٥١	٣٦٠١٦	٤٠٥٨٥	٣٧٠٧١	٤٠٥٣٩
	الحمل اليومي الكلي (كيول جول/ يوم)	٢٩٠٣٦١	١٩٦٥٣٠٦	٣٤٥٥٩٩	٤٤٤٥٣٢	٨٠٧٦١٢	٨٦٤٣٩٥	٩٤٧٠٤٣	٨٨٩٦٩٣	٩٧٢٩٤٥
	النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	١٠٠٪	٦٧٧٪	١١٩٪	١٥٣٪	٢٧٨٪	٢٩٨٪	٣٣٥٪	٣٠٦٪	٣٣٥٪
الأسطح غير مظللة وارتفاع السقف ١٢م	معدل الحمل الساعي (كيلو جول/ ساعة)	٦٥٥٥	٤٠٧٨٣	٧٦٢٣	٩٥٤٢	١٧٨٩٣	١٨٣٩٥	١٨٥٨٥	١٨٤٣٠	١٨٥٨٣
	الحمل اليومي الكلي (كيول جول/ يوم)	١٥٧٣١٤	٩٧٨٨٠٠	١٨٢٩٥٢	٢٢٩٠٠٢	٤٢٩٤٢٨	٤٤١٤٨٠	٤٤٦٠٤٣	٤٤٢٣١٩	٤٤٥٩٩٦
	النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	١٠٠٪	٦٢٢٪	١١٦٪	١٤٦٪	٢٧٣٪	٢٨١٪	٢٨٤٪	٢٨١٪	٢٨٤٪
الأسطح مظللة وارتفاع السقف ١٢م	معدل الحمل الساعي (كيلو جول/ ساعة)	٧٤٩٩	٤٩٤٩٢	٨٨٤٠	١١٢٤٧	٢٧٢٨٨	١٩٤٢٦	٢١٧٠٦	١٩٩٥٢	٢١٦٨٤
	الحمل اليومي الكلي (كيول جول/ يوم)	١٧٩٩٦٩	١١٨٧٨٠٢	٢١٢١٧٢	٢٦٩٩٢٨	٦٥٤٩٠٢	٤٦٦٢١٨	٥٢٠٩٥٣	٤٧٨٨٣٨	٥٢٠٤٢٠
	النسبة المئوية بالنسبة للنموذج الأول	١٠٠٪	٦٦٠٪	١١٨٪	١٥٠٪	٣٦٤٪	٢٥٩٪	٢٨٩٪	٢٦٦٪	٢٨٩٪

٢ ـ عند مقارنة النماذج التي افترض عدم تأثير الإشعاع الشمسي المباشر عليها (مظللة) مع النماذج الاعتيادية، يلاحظ وجود فرق كبير في مقدار أحمال التكييف اللازمة لتبريد الحيز الداخلي للنموذج ومقدار درجة حرارته الداخلية (انظر الجدولين ٥، ٦).

٣ ـ لا يمكن مقارنة الأداء الحراري للنموذج المعزول حراريًّا (نموذج١) 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 ـ 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، فمثلاً لو قارنا النموذج بالنمط لوجدنا أن نموذج النمط المناخي الأول والمعزول بمادة عازلة للحرارة سمك (١٠سم) يماثل إلى حدٍّ ما، النموذج بالنمط المناخي الثاني والمعزول بمادة عازلة للحرارة سمك (٧,٥سم). (انظر الجدولين ٥، ٦).

الاستنتاج والتوصيات

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

٢ ـ يمكن أن يؤدي تقييس وحدات تغليف المباني حسب تصنيف نمطها المناخي، دورًا 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 ـ 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 إسهامًا كبيرًا على مستوى المدينة في تقليل حمل الذروة للمحطات الكهربية بنسبة كبيرة. وهذا بدوره يعطي مؤشرًا لحفظ الطاقة على المستوى الإقليمي أيضًا.

٤ ـ 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 الجيِّد للعزل مثل البوليوريثين أو البوليستيرين، أو الصوف الزجاجي للجدران و(٥ , ٧سم) للأسقف.

٥ ـ لا شك أن نوعية الطبقة العازلة للحرارة وسمكها يؤديان دورًا كبيرًا في خفض حمل التكييف اللازم لتبريد الحيز الداخلي وتدفئته. ويجب أن تخضع نوعيتها وسمكها لمقارنة مدروسة بين التكلفة والأداء.

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

٧ ـ 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، عبدالجواد 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 ـ ١٦ جمادى الثانية، ١٤٠٦هـ ـ الحلقة الثالثة، المحاضرة الأولى ـ المؤسسة العامة للكهرباء. (١٤٠٦هـ).

[٤] الأمانة العامة للمنظة العربية للمواصفات والمقاييس، جامعة الدول العربية، *التقييس (مواصفات ـ مقاييس ـ 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 ـ ٨ ربيع الثاني، (١٤١٠هـ)، ص٦.

[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 ـ 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 ـ ٨ ربيع الثاني. الرياض، (١٤١٠هـ)، ص١١.

[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.