جامعة المنصورة
كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

إستخدام تقنيات العزل الحرارى فى تحسين جودة البيئة الداخلية للمبانى السكنية بالمناطق الحارة الجافة

رسالة مقدمة لقسم الهندسة المعمارية
كأحد المتطلبات لدرجة الماجستير فى الهندسة المعمارية

بحث مقدم من
المهندسة / سماح صبحى عبد العزيز منصور

تحت إشراف

أ.د.م/ محمد عبد الرحمن حسن المكاوى
الأستاذ المساعد بقسم الهندسه المعمارية – كلية الهندسة – جامعة المنصورة

د.م / أشرف فؤاد حافظ
مدرس بقسم الهندسه المعمارية – كلية الهندسة – جامعة المنصورة

٢٠٠٨

المشرفون

عنوان الرساله : إستخدام تقنيات العزل الحرارى فى تحسين جودة البيئه الداخليه للمبانى السكنيه بالمناطق الحاره الجافه .

اسم الباحث : سماح صبحى عبد العزيز منصور .

لجنة الإشراف :-

م	الإسم	الوظيفة	التوقيع
١	ا.م.د/ محمد عبد الرحمن المكاوى	استاذ مساعد بقسم الهندسةالمعمارية جامعة المنصورة	
٢	د.م/ أشرف فؤاد حافظ	مدرس مساعد بقسم الهندسةالمعمارية جامعة المنصورة	

رئيس القسم وكيل الكليه للدراسات العليا عميد الكليه

لجنةالمناقشة والحكم :

عنوان الرساله : إستخدام تقنيات العزل الحرارى فى تحسين جودة البيئه الداخليه للمبانى السكنيه بالمناطق الحاره الجافه .

اسم الباحث : سماح صبحى عبد العزيز منصور .

لجنة الإشراف :-

م	الإسم	الوظيفة	التوقيع
١	أ.م.د/ محمد عبد الرحمن المكاوى	استاذ مساعد بقسم الهندسةالمعمارية جامعة المنصورة	
٢	د.م/ اشرف فؤاد حافظ	مدرس مساعد بقسم الهندسةالمعمارية جامعة المنصورة	

لجنةالمناقشة الحكم :

م	الإسم	الوظيفة	التوقيع
١	أ.د/ محمد محمود عبد الرازق	أستاذ ونائب رئيس مركز بحوث الإسكان والبناء	
٢	أ.د/ محمد عصمت حامد العطار	أستاذ مساعد بقسم الهندسةالمعمارية جامعة المنصورة	
	أ.د/ محمد عبد الرحمن المكاوى	أستاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية جامعة المنصورة	

رئيس القسم وكيل الكليه للدراسات العليا عميد الكليه

بسم الله الرحمن الرحيم

(وقل ربى زدنى علما)

صدق الله العظيم

من الآيه ١١٤ سورة طه

إهـــــداء

- إلى الصدق والبراءة إلى أمي وأبي اليهما معا .
- إلى زوجي الحبيب الذي تجلت لي معه آية الله الذي خلق لنا من أنفسنا أزواجا لنسكن إليها وجعل بيننا مودة ورحمة .
- إلى كل من قدم إلى يد المساعدة من أجل إنجاز رسالتي وتقديمها بهذا الشكل .

اهديهم جميعا هذا العمل المتواضع

الباحثة

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة والسلام على اشرف المرسلين ..

أما بعد ،

فلا يسعنى وانا اتقدم برسالتى إلا ان اعترف بالفضل لأساتذتى الأجلاء اعضاء لجنة الاشراف

أ.د.م/ محمد عبد الرحمن حسن المكاوى

الأستاذ المساعد بقسم الهندسه المعمارية – كلية الهندسة – جامعة المنصورة

د.م / أشرف فؤاد حافظ

مدرس بقسم الهندسه المعمارية – كلية الهندسة – جامعة المنصورة

كما اتقدم بالشكر لكل من اسهم فى اخراج هذا البحث وعاون فى اتمامه .

الباحثة

ملخص البحث

الطاقة هى قصة الأمس واليوم والغد بها قامت حضارات ومن أجلها قامت حروب وعليها تقوم التنمية المستدامة فى العصر الحالى. و هناك **محوران أساسيان** للحصول على الطاقة، **المحور الأول** : توليد المزيد من الطاقة وهذا يؤثر سلبا على إستنزاف الثروات وضياع حق الأجيال القادمة. **والمحور الثانى** (موضوع الدراسة) : وهو ترشيد إستهلاك الطاقة فى شتى القطاعات، ويعتبر قطاع التشييد والبناء من أكثر القطاعات إستهلاكا للطاقة إذ أن جميع المواد التى تستخدم فى هذا القطاع كثيفة الإستهلاك للطاقة عند إنتاجها ، كما أن إدارة شئون قطاع التشييد والبناء تحتاج إلى كميات كبيرة من الطاقة ولذلك فإن أى جهد يبذل فى ترشيد إستهلاك الطاقة فى هذا القطاع سوف يكون له مردود إقتصادى كبير على عملية التنمية وخاصة التنمية المستدامة. وتعتبر التقنيات الحديثة للعزل الحرارى أحد أهم الوسائل التى يمكن إستخدامها لرفع كفاءة مواد البناء وترشيد إستهلاك الطاقة فى القطاع السكنى حيث أن إستخدام أجهزة التكييف فى المبانى فى زيادة مستمرة عام بعد عام وهذا مؤشر على زيادة إستهلاك الطاقة الكهربائية التى تعتبر من أنواع الطاقات التى يجب ترشيدها للحد من الإنبعاثات الضارة على الغلاف الخارجى .

والرسالة تتكون من ستة أبواب ،يتناول **الباب الاول** المعطيات المناخيه للاقليم الحار الجاف فيبدأ باستعراض تعريف المناخ وتاثير اختلاف المناخ من منطقه الى اخرى على تشكيل الغلاف الخارجى والتحليل المناخى لمدينة توشكى خلال فترات العام وكذلك خصائص المسكن بها ،ويتناول الباب الاول معدلات استهلاك الطاقه فى قطاع الاسكان فى مصر ثم يعرض الاستراتيجيات المختلفه لتحسين كفاءة الاداء الحرارى للمبان من خلال تقليل الاشعاع ، تقنيات العزل الحرارى .ويخلص الباب الى وجود اجهادات حراريه عاليه داخل المبانى السكنيه بهذا الاقليم لذا لابد من ايجاد وسيله للتحكم فى الانتقال الحرارى بين البيئه الخارجيه والداخليه .

يتناول **الباب الثانى** انواع المواد العازله للحراره المستخدمه فى المبانى . فيبدأ بتعريف العزل الحرارى وفوائده المختلفه وتصنيف مواد العزل الحرارى طبقا للمعايير المختلفه ثم دراسة ميكانيكية انتقال الحراره بها وأيضا دراسة انواع المواد العازله للحراره وخواصها من حيث تكوينها وشكلها العام وخصائصها الحراريه والميكانيكيه واستخدامها فى مجال البناء .

ثم بعد ذلك دراسة ميكانيكية انتقال الحراره بالغلاف الخارجى، ثم اجراء دراسه تحليليه لتصميم قطاع حائط مبنى سكنى، حيث يتم دراسة تاثير المتغيرات المختلفه على الاداء الحرارى للحائط ، والمقارنه بين القطاعات المختلفه بناءا على قيمة الانتقاليه الحراريه وبما يحقق الراحه الحراريه لمستعملى الفراغ و متطلبات الغلاف الخارجى للمبانى المكيفة وغير المكيفة بالاقليم .

ويتناول **الباب الرابع** زيادة كفاءة النوافذ من خلال تحسين الاداء الحرارى لها . فيستعرض تاثير النوافذ على الوسط الحرارى الداخلى حيث انها من اهم العناصر المسئوله عن انتقال الحراره، فالزجاج المستخدم بها يعمل على تسريب حرارى كبير، لذلك لابد من تحسين كفاءة النوافذ ويتناول الباب الرابع ايضا طرق التحكم الحرارى للزجاج ثم دراسة الانماط المختلفه للزجاج المستخدم فى المبانى والانتقالية الحرارية لمختلف الفتحات الزجاجية .

ويتناول **الباب الخامس** تقييم الاداء الاقتصادى للغلاف الخارجى للمبنى من خلال دراسة نماذج لمبانى سكنيه بالمنطقه المقترحه وتقييم الاداء الحرارى لها وتحديد معيار للأداء الحرارى للمبانى السكنيه بالمناخ الحار الجاف ثم بعد ذلك يتناول الباب الخامس دراسة الأداء الاقتصادى لمواد العزل الحرارى من خلال تحديد كمية الوفر فى الطاقه لنموذج مبنى سكنى وتكلفة العزل المستخدم ، ومن خلال ذلك يمكن تعيين عدد السنوات الراجعه التى يستطيع من خلالها المبنى ان يسترد تكلفة العزل وبالتالى تتم عملية التقييم الاقتصادى .

ويتناول **الباب السادس** النتائج والتوصيات حيث تبدو مدى اهمية العزل الحرارى خاصة المستخدم فى الغلاف الخارجى للمبانى الواقعه فى الاقليم فى ترشيد استهلاك الطاقه ثم يعرض الباب السادس لأهم التوصيات التى توصلت اليها الدراسه .

- الاهداء
- شكر وتقدير
- ملخص البحث باللغةالعربية
- محتوى البحث
- فهرس الاشكال والصور
- فهرس الجداول

مقدمة البحث
- عرض المشكله البحثيه
- اهداف البحث
- الدراسات السابقه حول الموضوع
- الاسئله البحثيه
- منهج البحث
- محتوى الدراسه
- هيكل البحث

الباب الاول : العوامل المناخية المؤثرة على استخدام العزل الحرارى فى القطاع السكنى

١-١ : الفصل الاول : التحليل المناخى لمدينة توشكى خلال فترات العام

دراسة تحليلة للمعطيات المناخية للاقاليم الحار الجاف

١-١-١ : مقدمة ١

١-١-٢ : التحليل المناخى لمدينة توشكى خلال فترات العام ٢

١-١-٢-١: المناخ الحار الجاف المحتمل حراريا ٢

١-١-٢-٢ : المناخ شديد الحرارة والجفاف ٤

١-١-٢-٣ : المناخ المعتدل والبارد المحتمل حراريا ٦

١-١-٢-٤ : خصائص المسكن بتوشكى ٧

١-١-٢-٥ : استهلاك الطاقة فى قطاع الاسكان فى مصر ٨

١-٢ : الفصل الثانى : استراتيجيات تحسين كفاءة الإداء الحرارى للمبانى فى المناطق الحارة الجافة

دراسة نظرية للعناصر المستخدمة لتقليل تاثير الاشعاع الشمسى

١-٢-١: تقليل الاشعاع الشمسى ١١

١-٢-١-١: توجيه المبنى..... ١١

١-٢-١-٢ :البواكى ١٢

١-٢-١-٣: المبانى المحيطه ١٢

١-٢-١-٤: جسم المبنى وارتفاعه ونسبة ١٣

١-٢-١-٥: الأسقف ١٤

١-٢-١-٦ : البروزات وكاسرات الشمس ١٤

١-٢-٢: التحكم فى درجة الحراره والرطوبة النسبية ١٥

١-٢-٢-١: إستخدام العناصر المائيه كالنوافير ١٥

١-٢-٢-٢ :إستخدام الأفنيه الداخلية والخارجية ١٦

١-٢-٢-٣ : إستخدام الأشجار فى تقليل درجة الحرارة ١٧

١-٢-٢-٤ : إستخدام الملاقف فى التحكم فى درجة الحراره والرطوبة النسبية ٢٠

١-٢-٢-٥: إستخدام أبراج التبريد فى تقليل درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية ٢٢

١-٢-٣: تقنيات العزل الحرارى ٢٢

خلاصة الباب الاول ٢٤

الباب الثانى : انواع المواد العازله للحراره المستخدمه فى المبانى

٢-١: الفصل الاول : فوائد العزل الحرارى

٢-١-١ : مقدمة ٢٦

٢-١-٢ : فوائد العزل الحرارى ٢٨

٢-١-٢-١: تعريف العزل الحرارى ٢٨

٢-١-٢-٢ : أهم فوائد العزل الحرارى ٢٨

٢-١-٣ : مواد العزل الحرارى ٢٩

٢-١-٣-١ : تصنيف المواد العازله للحراره ٢٩

٢-١-٤ :ميكانيكية إنتقال الحراره فى المواد العازله للحراره ٣٢

٢-١-٤-١: إنتقال الحراره خلال الغازات ٣٢

٢-١-٤-٢ :إنتقال الحراره خلال الماده الصلبه ٣٢

٢-٢: الفصل الثانى : انواع المواد العازلة للحرارة وخواصها

دراسة تحليلة للخصائص الحرارية والميكانيكية للمواد العازلة للحراره

٢-٢-١ :المواد العازله السائبه ٣٦

٢-٢-١-١ :الفيرميكيوليت ٣٦

٢-٢-١-٢ :البرلايت المسامى ٣٧

٢-٢-٢: المواد العازله شبه الجاسئه ٤٠

٢-٢-٢-١: التركيب ٤٠

٢-٢-٢-٢ :التكسيات ٤٠

٢-٢-٣ :المواد العازله الجاسئه ٤٦

٢-٢-٣-١: البولسترين المدد ٤٦

٢-٢-٣-٢ :البولسترين المشكل بالبثق ٤٨

٢-٢-٤ :المواد العازله الرغويه ٥٢

٢-٢-٤-١ :البولى يوريثان ٥٢

٢-٢-٤-٢: الخرسانة الخفيفة ٥٥

خلاصة الباب الثانى ٥٧

الباب الثالث : تأثير الغلاف الخارجي على الاداء الحرارى للمبنى

٣-١ :الفصل الاول : وظائف الغلاف الخارجى

دراسة تحليليه لمكونات الغلاف الخارجى والمعالجات المناخيه المختلفه

٣-١-١: مقدمه ٥٩

٣-١-٢ : وظائف الغلاف الخارجى ٦١

٣-١-٣ : مكونات الغلاف الخارجى..... ٦١

٣-١-٣-١: الاسقف..... ٦٢

٣-١-٣-٢ : المعالجات المناخيه للأسقف ٦٣

٣-١-٣-٣ : الحوائط ٦٦

٣-١-٣-٤ : ميكانيكية انتقال الحراره فى الغلاف الخارجى ٦٨

٣-٢: الفصل الثانى : دراسة وتحليل قطاعات الحوائط الخارجيه والاستجابات الحراريه للاسقف فى المبانى السكنيه

٣-٢-١ : اسس وفرضيات الدراسه التحليليه..... ٧١

٣-٢-٢ : القطاع الاساسى للحائط لغلاف المبنى الخارجى ٧١

٣-٢-٣ : المتغيرات الاساسيه فى قطاع الحائط الاساسى ٧١

٣-٢-٤ : الخواص الحراريه والفيزيائيه للمواد المستخدمه ٧٢

٣-٢-٥ : دراسة تاثير المتغيرات على الاداء الحرارى للحائط..... ٧٤

٣-٢-٦ :المقاومه الحراريه لمواد البناء ٨٥

٣-٢-٧ : دراسة الاستجابات الحراريه للاسقف ٨٦

٣-٢-٧-١ : قياسات حقليه توضح الاستجابات الحراريه لخمس حجرات تجارب اسقفها مشيده من مواد بناء مختلفه..... ٨٦

خلاصة الباب الثالث ٩٢

الباب الرابع: زيادة كفاة من خلال تحسين الاداء الحرارى لها

٤-١: الفصل الاول : الشباك كوسيط بين الفراغ الداخلى والحيز الخارجى

٤-١-١ : مقدمه ٩٣

٤-١-٢ : الشباك كوسيط بين الفراغ الداخلى والحيز الخارجى ٩٣

٤-١-٢-١ : الانتقال المباشر للاشعاع الشمسى من خلال مادة النوافذ ٩٣

٤-١-٢-٢ : انتقال الحراره بالتوصيل بين البيئه الخارجيه والبيئه الداخليه

من خلال جسم الشباك ٩٧

٤-١-٢-٣ :الاشعاع من السطح الزجاجى الى الداخل ٩٨

٤-٢: الفصل الثانى : تحسين كفاءة النوافذ

٤-٢-١ : أنواع الزجاج المستخدم من حيث عزل الحراره او نفاذها..... ٩٩

٤-٢-١-١ : الزجاج الصافى العادى ١٠٠

٤-٢-١-٢ : الزجاج الماص للحراره..... ١٠١

٤-٢-١-٣ : الزجاج العاكس للحراره..... ١٠٤

٤-٢-١-٤ : الزجاج فائق العزل الحرارى ١٠٧

٤-٢-١-٥ : الزجاج منخفض الانبعاثيه ١٠٨

٤-٢-١-٦ :الزجاج الرمادى والزجاج الملون ١٠٩

٤-٢-٢ : تأثير نوع الزجاج على معدلات استهلاك الطاقه من الغلاف الخارجى..... ١١٣

٤-٢-٣ : تأثير طبقات التزجيج على العزل الحرارىللشباك ١١٥

٤-٢-٣-١ : تحقيق أداه أعلى للتزجيج المزدوج..... ١١٨

٤-٢-٤ : العزل الحرارى لاطار الشبابيك ١١٩

٤-٢-٤-١ : منع تسرب الهواء من خلال النوافذ..... ١٢٠

خلاصة الباب الرابع ١٢١

الباب الخامس : التقييم الاقتصادى للأداء الحرارى للغلاف الخارجى للمبانى السكنيه

٥-١: الفصل الاول : معيار الاداء الحرارى

٥-١-١: مقدمه ١٢٣
٥-١-٢: معيار الأداء الحرارى..... ١٢٣
٥-١-٣: معيار الإتاحه الإقتصادى..... ١٢٨

خلاصة الباب الخامس..... ١٣١

الباب السادس : الخلاصة والتوصيات ١٣٢

المراجع ١٣٨

فهرس الاشكال

الباب الاول

شكل (١-١) النسب المئويه للمجالات المناخيه لاجمالى ساعات العام بمنطقة توشكى ٧

شكل (١-٢) نموذج بناء فعال بإقليم توشكى كأحد المبانى التجريبيه ٧

شكل (١-٣) معدلات استهلاك الطاقه الكهربائيه فى مصر فى إدارة المبانى السكنيه والتجاريه والحكوميه ٩

شكل (١-٤) البيان السنوى لاستهلاك الطاقه الكهربائيه للمبانى ١٠

شكل (١-٥) يوضح استخدام البواكى للحمايه للحماية من إشعاع الشمس ١٢

شكل (١-٦) استخدام الحل المتضام – تصميم الموقع يقلل الظلال ١٣

شكل (١-٧) طرق التحكم فى درجة الحراره والرطوبه النسبيه من خلال تقنيات المعالجه المناخيه ١٨

شكل (١-٨) تشكيل بعض الشجيرات بأشكال هندسيه ١٩

شكل (١-٩) إستخدام ملقف الهواء موجهه ناحية الشمال ٢١

الباب الثانى

شكل (٢-١) مجال الراحه الحراريه داخل المسكن وعلاقته بدرجة حرارة الرجدران المحيطه والهواء الداخلى وبيان أثر العزل الحرارى للجدران (التقليديه) على مستوى الراحه خلال فترة التدفئه ٢٧

شكل (٢-٢) كيفية إنتقال الحراره خلال المواد العازله المختلفه ٣٤

شكل (٢-٣) جدار من الطوب الاسمنتى المفرغ مع مادة حشو الفيرميكيوليت ٣٧

شكل (٢-٤) يوضح عزل الاسقف بإستخدام البيرلايت الممدد ٤٠

شكل (٢-٥) جدار مع عازل من البولسترين الممدد ٤٧

شكل (٢-٦) العزل المقلوب بإستخدام الواح البولسترين المبثوق ٤٩

شكل (٢-٧) جدار معزول بمادة البولسترين المشكل بالبثق ٥١

شكل (٢-٨) جدار مع عازل من ألواح البولى يوريثان ٥٥

الباب الثالث

شكل (٣-١) قطاع توضيحى لعناصر الغلاف الخارجى للمبنى ٥٩

شكل (٣-٢) الإنتقال الحرارى عبر الغلاف الخارجى للمبنى ٦٠

شكل (٣-٣) النفاذ الحرارى خلال النهار لمواد الانشاء بطيئة النفاذ الحرارى ٦٣

شكل (٣-٤) أمثلة معالجات الاسقف لتجنب الأحمال الحراريه الزائدة ٦٤

شكل (٣-٥) إستخدام الاسقف المنحنيه لتقليل الحمل الحرارى ٦٥

شكل (٣-٦) تاثير العوامل المناخيه الخارجيه على الانتقال الحرارى للحوائط ٦٧

شكل (٣-٧) معالجات الحوائط لتقليل الأحمال الحراريه الزائده ٦٨

شكل (٣-٨) ميكانيكية إنتقال الحراره من خلال الغلاف الخارجى للمبنى ٧٠

شكل (٣- ٩) يوضح قطاع الحائط S1-1 ..... ٧٤
شكل (٣-١٠) يوضح قطاع الحائط S2-1 ..... ٧٥
شكل (٣-١١) يوضح قطاع الحائط S1-2 ..... ٧٦
شكل (٣-١٢) يوضح قطاع الحائط S2-2..... ٧٦
شكل (٣-١٣) يوضح قطاع الحائط S2-3 ..... ٧٨
شكل (٣-١٤) يوضح قطاع الحائط S2-4 ..... ٧٨
شكل (٣-١٥) يوضح قطاع الحائط S2-5 ..... ٧٩
شكل (٣-١٦) يوضح قطاع الحائط S2-8 ..... ٨١
شكل (٣-١٧) يوضح قطاع الحائط S2-9 ..... ٨١
شكل (٣-١٨) يوضح قطاع الحائط S2-10 ..... ٨٢
شكل (٣-١٩) يوضح قطاع الحائط S2-11..... ٨٣
شكل (٣-٢٠) مقارنة بين درجات حرارة الاسطح الخارجيه والداخليه لثلاث حجرات ٨٨
شكل (٣-٢١) مقارنة بين درجات حرارة الهواء الداخلى لخمس حجرات ذات اسقف انشائيه متماثله .. ٨٨
شكل (٣-٢٢) توزيع درجات الحراره لثلاث حجرات متماثله ذات اسقف مختلفه خلال ساعات اليوم المتغيره ٨٩

الباب الرابع
شكل (٤-١) النفاذ الحرارى الى المبانى ٩٤
شكل (٤-٢) علاقة انعكاس الاشعاع بزاية سقوطه ٩٤
شكل (٤-٣) الاستجابات المختلفه لبعض انواع الزجاج فى الصيف والشتاء ٩٦
شكل (٤-٤) تأثير الصوبه الزجاجيه ٩٧
شكل (٤-٥) الزجاج الماص بالحراره وعلاقته بالتوين الطيفى للإشعاع الشمسى ١٠٢
شكل (٤-٦) توزيع الطاقه فى نوعين مختلفين من الزجاج ١٠٣
شكل (٤-٧) تزجيج مزدوج من زجاج عادى وزجاج ماص للحراره ١٠٤
شكل (٤-٨) يوضح العلاقه بين الموصليه الحراريه واللزوجة للغازات المستخدمه فى الفراغ الموجود داخل الزجاج ١٠٨
شكل (٤-٩) إستخدام غاز الارجون كبديل للهواء فى أنواع التزجيج المختلفه ١٠٨
شكل (٤-١٠) قطاع يوضح الزجاج المزدوج ١١٢
شكل (٤-١١) يوضح القيم المختلفه لقدرة النفاذ الحرارى والموصليه الحراريه والانبعاثيه بإستخدام انواع التزجيج المختلفه مع وجود فراغ هواء ١٢ مم ١١٦
شكل (٤-١٢) القيم المختلفه لقدرة النفاذ الحرارى والموصليه الحراريه وتأثير الغاز بإستخدام Double and triple glazing..... ١١٧

شكل (٤-١٣) تزجيج مزدوج من زجاج شفاف وزجاج رمادى ١١٧
شكل (٤-١٤) تزجيج مزدوج للزجاج الشفاف ١١٧
شكل (٤-١٥) تزجيج مزدوج من(LBNL) High Performance Tint ١١٨
شكل (٤-١٦) نماذج من تزجيج مزدوج محكم العزل ١١٩

الباب الخامس

شكل (٥-١) يوضح المقارنه بين احمال التبريد التدفئه والتبريد لنماذج الوحدات السكنيه المختلفة .. ١٢٥
شكل (٥-٢) يوضح تأثير العزل الحرارى للأسقف والحوائط على الأحمال الحراريه للتدفئه والتبريد ١٢٦
شكل (٥-٣) تاثير العزل الحرارى على الاحمال الحراريه للتدفئه والتبريد للنموذج (١) لكل من المناخ الحار الجاف والمناخ الحار الرطب ١٢٦
شكل (٥-٤) تاثير العزل الحرارى على الفقد والاكتساب الحرارى بالتوصيل لمبانى متصله شريطيه واخرى منفصلة فى نسيج شبكى ١٢٧

ملحق (١)

شكل (م١-١) التغيرات اليوميه لدرجات الحراره الداخليه والخارجيه ٥
شكل (م١-٢) العلاقه بين التخلف الزمنى وتخانة الحوائط او الاسقف لمنشآت ذات كثافات مختلفه وبدون عزل حرارى ٥

ملحق (٢)

شكل (م٢-١) يوضح خريطة الراحه الحراريه لأولجاى والتى وضعها ١٩٦٣ ..... ٤
شكل (م٢-٢) يوضح المجالات البيومناخيه للخريطه السيكومتريه ٦
شكل (م٢-٣) يوضح الشكل تاثير الرطوبه النسبية على الراحه الحراريه ٧
شكل (م٢-٤) البيانات المناخية لأشهر يوليو وأغسطس وسبتمبر على خريطة الراحه الحراريه لجيلفونى ١٠

فهرس الجداول

جدول (٢-١) خصائص الفيرميكيوليت الحراريه والميكانيكيه ٣٦

جدول (٢-٢) نسب الخلط المختلفه للخرسانه البيرلايتيه ٣٩

جدول (٢-٣) يوضح انواع الصوف الزجاجى حسب اشكالها المختلفه ٤٢

جدول (٢-٤) المواد المستخدمه كعازل حرارى من الصوف الصخرى حسب اشكالها المختلفه ٤٣

جدول (٢-٥) يوضح خصائص الصوف الصخرى ٤٣

جدول (٢-٦) يوضح خصائص الألواح ، اللباد ، الإسطوانات ، الأحزمة والأغطيه من الصوف الصخرى ٤٤

جدول (٢-٧) يوضح الخصائص الحراريه والميكانيكيه للصوف الخبثى ٤٥

جدول (٢-٨) درجات البولسترين الممدد طبقا للكثافه ٤٦

جدول (٢-٩) الخواص الطبيعيه الحراريه للبولسترين المشكل بالتمدد ٤٨

جدول (٢-١٠) الخواص الطبيعيه الحراريه للبولسترين المشكل بالبثق ٥٠

جدول (٢-١١) مقارنه بين العزل الحرارى التقليدى ونظام العزل المقلوب ٥١

جدول (٢-١٢) متطلبات الخصائص الفيزيائيه للبولى يوريثان الرغوى الجاسىء طبقا للمواصفات القياسيه البريطانيه ٥٤

جدول (٣-١) الموصليه الحراريه لمواد البناء والمواد العازله للحراره ٧٣

جدول (٣-٢) نتائج تحليل قطاعات الحوائط الخارجيه فى المبانى السكنية ٨٤

جدول (٣-٣) متطلبات الغلاف الخارجى للمبانى غير المكيفه بإقليم جنوب مصر ٩٠

جدول (٣-٤) متطلبات الغلاف الخارجى للمبانى المكيفه بإقليم جنوب مصر ٩١

جدول (٤-١) القيم النمطيه لاكتساب الحراره من خلال أنماط متعدده من الزجاج ٩٥

جدول (٤-٢) القيم النمطيه لإكتساب الحراره من خلال أنماط متعدده من الزجاج ١٠٦

جدول (٤-٣) مدى قيم خواص الزجاج بالنسبه للزجيج المفرد ووحدات التزجيج المزدوج المعزول. ١٠٦

جدول (٤-٤) الإشعاع النافذ بإختلاف زوايا السقوط لزجاج مفرد وزجاج مزدوج ١٠٧

جدول (٤-٥) معامل شفافية الزجاج (SC) والاكتساب الحرارى الشمسى (SHGC)ونفاذية الضوء المرئى للفتحات (VLT)..... ١١٠

جدول (٤-٦) معامل إظلال الزجاج الناتج عن إستخدام وسائل الإظلال الخارجيه ١١٤

جدول (٤-٧) الإنتقاليه الحراريه (U-Value) لمختلف الفتحات الزجاجيه ١١٥

جدول (٤-٨) أثر إطار (حلق الشباك) على قيمة (U)..... ١٢٠

جدول (٥-١) يوضح التفاصيل المعماريه والمواصفات الحراريه الطبيعيه لمواد البناء لنماذج الوحدات السكنيه للمناطق الحراريه شديدة الجفاف ١٢٤

جدول (٥-٢) يوضح مقارنه بين أحمال التدفئه والتبريد لنماذج الوحدات السكنيه للمناطق الحراريه شديدة الجفاف ١٢٧

تابع فهرس الجداول

جدول (م١-١) التوصيل الحرارى لبعض المواد العازله وسماكتها ٢
جدول (م١-٢) الخواص الحراريه للمواد العازله للحرارة ٣
جدول (م٢-١) تأثير سرعات الرياح على الإنسان ٨
جدول (م٢-٢) وسائل المعالجات المناخيه لكل منطقه بالخريطه السيكومتريه ٩

عرض المشكلة البحثية

إن إستخدام أجهزة التكييف فى تزايد مستمر وجميعها يستخدم الطاقة الكهربائية ، و مواد البناء المصرية مثل الطوب الطفلى والأسمنتى والحجر الجيرى وغيرها ذات موصلية حرارية كبيرة نسبيا ومقاومة حرارية منخفضة ، ومن أجل ذلك فإن إستخدام مواد العزل الحرارى فى أغلفة المبانى المكيفة سوف يؤدى إلى الحفاظ على الطاقة وتحسين جودة البيئة الداخلية.

وقد إتجهت معظم الحكومات فى الدول المتقدمه وبعض حكومات الدول الناميه إلى وضع برامج متخصصه لترشيد استهلاك الطاقه ورفع كفاءة استخدامها نظرا لأن الطاقه هى المحرك الأول لعملية التنمية المتواصلة التى تساهم فى رفاهية الشعوب ، كما أن مصادر الطاقه التقليدية (الوقود الأحفورى) فى طريقها للنضوب ويصعب حتى الآن الاعتماد على الطاقة النظيفة المتجددة كبديل للطاقه التقليديه ، ومن هنا ظهرت الحاجه إلى تخطيط وتحليل سياسات الطاقه فى إطار عملية النمو الاقتصادى والاجتماعى وقد أنشأت معظم الدول أجهزه لتخطيط الطاقة.

ومع اهتمام الحكومة المصرية بتعمير جنوب مصر حيث ترتفع درجات الحراره صيفا لتصل فى الظل إلى أكثر من ٤٠ م مع طول فترة سطوع الشمس مما ينتج عنها بيئة خارجية شديدة الحرارة ، ومع عدم ملائمة معظم المبانى لمناخ هذه المناطق مما يؤثر على صحة المستعملين ، وعدم قيامهم بالأنشطه المختلفه داخل المبنى على الوجه الأكمل . مما يزيد الطلب على وسائل التبريد الميكانيكية وهذا يؤدى الى المزيد من استهلاك الطاقه .

لذا فإن واجب المعماريين المعاصريين البحث عن وسائل لتحسين التصميم الحرارى للمنشأ لتقليل استهلاك الطاقه ، وتقليل الاحساس بسخونة المناخ والآخذه فى التصاعد عاما بعد عام. والغلاف الخارجى للمبنى (حوائط – أسقف– نوافذ) هو أحد أهم العناصر التى تساهم فى رفع كفاءة استخدام الطاقه فى المبانى السكنية ، ذلك لأنه يعتبر خط الدفاع الأول للمبنى وهو المنوط به التعامل مع البيئة الحرارية المحيطة بالمبنى .وحيث أن الحرارة التى تتسرب عبر الجدران والأسقف فى أيام الصيف تمثل الجزء الأكبر من الحرارة المراد إزاحتها بأجهزة التكييف وتقدر نسبتها بحوالى ٦٠- ٧٠ % – أى أن معظم هذه الطاقة تذهب للتخلص من الحرارة المكتسبة من الجدران والأسقف ، لذا فإن التصميم البيئى السليم يمكن أن يساهم في حل أزمة الطاقة.

و العزل الحرارى يمكن أن يلعب دورا كبيرا فى تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة فى أغراض التكييف وذلك بالحد من تسرب الحرارة خلال الجدران والأسقف الامر الذى يؤدي إلى وفر كبير فى الطاقة . ومن هنا تظهر مدى الحاجه الى استخدام تقنيات العزل الحرارى والتى تهدف الى ترشيد استهلاك الطاقه من خلال التصميم الواعي للظروف المناخية المحيطة .

أهداف البحث

تعتبر المواد العازلة للحرارة أحد أهم المواد التى تؤثر على الشعور بالراحة الحرارية داخل المبانى ، لذلك فإن إيجاد أنسب تقنيات للعزل الحرارى والتى تمكن المعمارى من إستخدامها فى المناطق الحارة الجافة هى أحد أهم الأهداف الرئيسية للبحث ، وهناك اهداف اخرى للبحث يمكن تناولها على النحو التالى :

١ – توفير مناخ يبعث على الراحه للساكنين .
٢ – تخفيض الأحمال الحرارية ، وتقليل الطاقة المستخدمة فى تبريد وتدفئة المسكن .
٣ – تخفيض مصاريف التشغيل والصيانة الدورية على الأجهزة الكهربية والميكانيكية .
٤ – حماية المسكن من التصدعات والتلف نتيجة الإجهاد المتبادل لارتفاع وانخفاض درجات حرارة عناصره ومكوناته وبالتالى التأثير على العمر الافتراضي للمسكن .
٥ – تحسين جودة البيئة الداخلية للمبانى السكنيه بواسطة زيادة كفاءة العزل الحرارى .

الدراسات السابقة حول الموضوع

تطرق الكثير من الباحثين فى مجال تكنولوجيا الغلاف الخارجى للمبانى والاداء الحرارى والاقتصادى لها ، ولكن لم يتم تناول تقنية العزل الحرارى من حيث ادائها الحرارى والاقتصادى وملاءمتها للمناخ الحار الجاف ، من هذه الدراسات مايلى:

-محمد عبد العال سليم ، " رشا " ٢٠٠٢ " تأثير تكنولوجيا البناء المستخدمة فى الغلاف الخارجي على ترشيد الطاقه فى المبانى "- جامعة القاهره .ويشمل البحث دراسة تاثير الغلاف الخارجى للمبنى على الراحه الحراريه للانسان داخل الفراغ المعمارى فى ظل الظروف المناخيه المختلفه لبعض مدن المعمور المصرى . وكذلك دراسة تاثير الغلاف الخارجى على معدلات استهلاك الطاقه فى المبانى من حيث توفير نظم الاظلال والحمايه لخفض كميات الحراره المنتقله من والى المبنى والوصول الى محددات التصميم الطاقى للمبنى .

- فتحى أحمد إبراهيم ، "أحمد " ٢٠٠٦ " التقييم الاقتصادى للأداء الحراري للحوائط الخارجية بالمبانى السكنية في ظل تشريعات الكود المصري للطاقة " – جامعة قناة السويس . ويهدف البحث الى وضع منهجيه عمليه يتم من خلالها تقييم الجدوى الاقتصاديه للاداء الحرارى للحوائط الخارجيه كاحد العناصر الرئيسيه للغلاف الخارجى للمبنى وذلك بهدف تسهيل القرار التصميمى الخاص باختيار نوع الحوائط الخارجيه بناءا على معايير مدروسه للاداء الحرارى والاقتصادى .
- عبد الغفار بدير سالم ، " هشام " ٢٠٠٢ " تحليل الاداء الحرارى لاسطح المبانى السكنيه فى المناطق الحاره الجافه " – جامعة المنصوره .ويشمل البحث دراسة تاثير الاداء الحرارى للاسقف على المناخ الداخلى للمبانى السكنيه فى المناطق الحاره الجافه فى جنوب مصر وخاصة منطقة توشكى ، ومحاولة التوصل لايجاد انسب شكل للسقف وكذلك انسب مواد بناء يمكن ان تستخدم من وجهة النظر المعماريه ، والبحث عن مقدار الوفر فى الطاقه نتيجة استخدام المعالجات المختلفه للاسقف .

من خلال البحوث السابق ذكرها والمتعلقة بالموضوع نجد أنها تناولت الموضوع من منظور واحد وهو عرض تكنولوجيا البناء الحديثه ، وتاثيرها على ترشيد الطاقه وتقييم الاداء الاقتصادى و الحرارى لها ولكنها لم تعرض الموضوع من منظور الوفر فى الطاقه وتحسين البيئه الداخليه للمبانى من اجل تحقيق الراحه الحراريه للمستخدمين ،وهذا ما سيتناوله موضوع البحث بالدراسه .

الأسئلة البحثية :

من خلال المشكله البحثيه السابق ذكرها يمكن طرح التساؤلات التالية :

١ – كيف نختار أفضل الوسائل لتقليل نفاذية الحراره من خلال الحوائط والأسقف الموجودة فى المبنى ؟

٢ – كيف نختار أفضل الوسائل لتقليل نفاذية الحرارة من خلال الفتحات الموجودة فى المبنى؟

٣ – كيف نقيم أداء العزل الحرارى في المبنى السكنى ؟

وسوف يحاول البحث الاجابه عن هذه التساؤلات بهدف التوصل الى أنسب مواد العزل الحرارى للمبانى السكنيه بالمناطق الحاره الجافه .

منهج البحث :

تشمل المنهجية البحثية مايلى :

أولا : دراسة تحليلية للمعطيات المناخية للإقليم الحار الجاف من خلال التحليل المناخى لمدينة توشكى خلال فترات العام ومعدلات استهلاك الطاقة فى قطاع الإسكان فى مصر .

ثانيا : تصنيف مواد العزل الحرارى وخصائصها الحرارية والميكانيكية .

ثالثا : دراسة خصائص الغلاف الخارجي للمبنى باعتباره خط الدفاع الأول ضد عوامل المناخ .

رابعا : دراسة تطبيقية على بعض نماذج المباني السكنية التى تم استخدام مواد العزل الحرارى وتقييم الاداء الحرارى والاقتصادى لها .

محتوى الدراسة :

المرحلة الأولى : طرح مدخل نظرى يتناول الدراسه التحليليه للمناخ فى الاقليم المقترح ومعدلات استهلاك الطاقة فى قطاع الإسكان فى مصر- الأستراتيجيات المختلفة لتحسين كفاءة الأداء الحرارى للمبانى للمناطق الحارة الجافة – تصنيف المواد العازله للحراره وخصائصها.

يتناول الدراسه التحليليه من خلال :

- دراسة المعطيات المناخية للأقاليم الحارة الجافة من خلال التحليل المناخى لمدينة توشكى خلال فترات العام ودراسة معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية فى مصر فى ادارة المبانى السكنية والتجارية والحكومية ، ودراسة الاستراتيجيات المختلفة لتحسين كفاءة الأداء الحرارى للمبانى للمناطق الحارة الجافة .
- تصنيف أنواع العزل الحراري المستخدمه فى المنشآت حسب الشكل النهائى – دراسة انواع المواد العازله للحراره وخواصها ، من حيث التكوين والشكل العام ، الخصائص الحراريه والميكانيكيه ، الاستخدام فى مجال البناء .
- دراسة تاثير تكنولوجيا الغلاف الخارجى على الاداء الحرارى للمبنى من خلال دراسة الغلاف الخارجى ومكوناته، وميكانيكية انتقال الحراره به ، وتصميم قطاع حائط بناءا على قيمة الانتقاليه الحراريه والراحه الحراريه للمبنى .

تصنيف ودراسة التصميمات المختلفة لعزل الفتحات حراريا من خلال:

- المعالجات المختلفه (الزجاج الماص للحرارة – الزجـاج العـاكس – الزجـاج مـنخفض الإنبعاثية – الزجاج فائق العزل الحرارى – الزجاج الرمادى والملون) واختيار أنسب هذه المعالجات للمباني السكنية في الاقليم الحار الجاف وذلك من حيث الخصائص السابق ذكرها.

المرحلة الثانية : المنهج التطبيقى من خلال دراسة بعض الحالات التى تم اسـتخدام تقنيـات العزل الحرارى بها .

من خلال دراسة بعض الحالات التى تم استخدام تقنيات العزل الحرارى بها ، حيث يـتم دراسة بعض الحالات لعزل الحوائط الخارجيه لبعض المبانى السكنية والاسقف بمـواد العـزل السابق ذكرها ومقارنة الاداء الحرارى للمبنى قبل وبعد العزل .

المرحلة الثالثة : المنهج التقييمى من خلال تقييم النتائج من حيث الجدوى الاقتصاديه وكفـاءة العزل الحرارى .

من خلال تقييم نتائج التجربه :

- تقييم التجربة اقتصاديا من حيث حساب كمية الوفر فى الطاقه وتكـاليف العـزل الحـرارى المستخدم وتحديد الفتره الزمنيه التى من خلالها يمكن استرجاع تكاليف العزل الحرارى مـن خلال توفير الطاقه .

لتحقيق هذه المراحل جاء الباب الاول معتمدا على اجراء دراسه تحليليه للمعطيـات المناخيـه للاقليم الحار الجاف من خلال التحليل المناخى لمدينة توشكى خـلال فتـرات العـام ودراسـة معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية فى مصر فى ادارة المبانى السكنية والتجارية والحكوميـة ، ودراسة الاستراتيجيات المختلفة لتحسين كفاءة الأداء الحرارى للمبانى للمناطق الحارة الجافة .

- وجاء الباب الثانى معتمدا على دراسة انواع المواد العازله للحـراره والمعـايير المختلفـه لتصنيف المواد العازله للحراره وميكانيكية انتقال الحراره بها – تصنيفها وخصائصها حسب شكلها النهائى .
- وجاء الباب الثالث معتمدا على دراسة تاثير تكنولوجيـا الغـلاف الخـارجى علـى الاداء الحرارى للمبنى من خلال دراسة مكونات الغلاف الخارجى من حوائط واسقف والمعالجات المناخيه المختلفه لها – طرق انتقال الحراره بها- واجراء دراسة تحليليه لتصميم قطاع حائط

لمبنى سكنى طبقا لقيمة الانتقاليه الحراريه وتحقيق الراحه الحراريه للمستخدمين – ودراسة الاستجابات الحرارية للأسقف – متطلبات الغلاف الخارجى للمبانى المكيفة وغير المكيفة بالأقاليم .

- وجاء الباب الرابع معتمدا على اجراء دراسه تحليليه للتصميمات المختلفة لعزل الفتحات حراريا من خلال استعراض الانواع المختلفه لها (الزجاج الصافى العادى – الزجاج الماص للحراره – الزجاج العاكس للحراره – الزجاج فائق العزل الحرارى – الزجاج منخفض الانبعاثيه – الزجاج الرمادى والزجاج الملون) ، تأثير نوع الزجاج على معدلات استهلاك الطاقة من الغلاف الخارجى – الانتقالية الحرارية لمختلف الفتحات الزجاجية .
- واخيرا جاء الباب الخامس معتمدا على تقييم نماذج لمبانى سكنيه بالمنطقه المقترحه حسب معيار الاداء الحرارى والاقتصادى .

والمخطط التالى يعرض المنهجية البحثية ويوضح المراحل المتتابعة للبحث وعناصرها الأساسية بما يمثل تأسيسا للهيكل العام للبحث:

شكل (م-١)هيكل الدراسة [1]

١- الباحثة.

الباب الاول
(١)

العوامل المناخية المؤثرة على إستخدام العزل الحرارى فى القطاع السكنى

الفصل الاول
(١-١)

التحليل المناخى لمدينة توشكى خلال فـــــــترات الـــعـــام

١-١-١: مقدمه

المناخ بصفة عامة هو أحد فروع علم الجغرافيا الطبيعية ، ويعرف بأنه معدل حالة الطقس فى مكان ما لفترة زمنية طويلة لاتقل عن حوالى ١٠ سنوات ، وفى بعض التعاريف كما فى دائرة المعارف البريطانية يعرف بأنه معدل حالة الطقس فى فترة زمنية تصل الى حوالى ٥٠ عاما أو أكثر. والمناخ على سطح الكرة الأرضيةيختلف من مكان إلى مكان ويتباين من بارد إلى حار ومن حار رطب إلى حار جاف[١] .

وقد أثر إختلاف المناخ من منطقه إلى أخرى على سطح الكرة الارضية على تشكيل الغلاف الخارجى للمبنى ففى المناطق الحارة الرطبة اعتمدت تكنولوجيا الغلاف الخارجى على مرور كميات كبيرة من الهواء داخل المبنى لخفض كمية الرطوبة والدخول بالفراغات المعمارية الداخلية بالمبنى إلى منطقة الراحةالحرارية للإنسان أما فى المناطق الباردة فقد اعتمد شكل الغلاف الخارجى على المسطحات المائلة وزيادة نسب الزجاج للاستفاده من الإشعاع الشمسى كما أن التهوية فى هذه المناطق تطور لها نظم تهوية اعتمدت على اللاستفادة من درجات حرارة الأرض ومن استخلاص الحرارة من الهواء الغير نقى عند التهوية بينما تأثرت تكنولوجيا البناء فى المناطق الحاره الجافه حيث إنخفضت نسبة الفتحات الخارجيه وظهرت الملاقف وأبراج التبريد فى أعمال التهويه وأصبحت الفتحات على أحواش داخلية يمكن السيطرة على درجة حرارتها بالتظليل والزراعة وتوفير الخصوصية[٢].

وعلى الرغم من قيام العديد من الباحثين المهتمين بدراسة التصميم البيومناخى[٣] بوضع المعايير المناخيه للتصميم فى كل اقليم بغرض مساعدة المهندس المصمم على وضع تصميمات أكثر ملاءمة مع مناخ كل إقليم من خلال العديد من الدراسات التى كان هدفها الرئيسى هو وضع المحددات التصميمه لكل إقليم لمواءمة العماره مع البيئه وتوفير الراحة الحرارية بداخل المبانى لفترات طويله إلا من خلال أغلفة المبانى[٤]. إلا أن اعتبارات ترشيد إستخدم الطاقة أصبح

١- محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى ، رسالة ماجيستير، كلية الهندسه، جامعة القاهره ، ٢٠٠٢ .

2- Abd El-Razek MM," Heat Insulation And Indoor Climate Control in Arid Area",Tosk Region,Iproplan.conf(2002)

٣- ميشيل، سوزيت تقييم السلوك الحرارى كاداة لتصميم التجمعات السكنيه فى مصر" رسالة دكتوراة ، كلية الهندسة، جامعة القاهره ١٩٨٩ .

٤- عبد المنعم ، عمرو " تقييم الاداء الحرارى للمبانى التعليميه فى مصر " رسالة دكتوراه ، كلية الهندسه – جامعة عين شمس،٢٠٠٢ .

ضروريا لهدفين أساسيين الهدف الأول هو ما يتعرض له كوكب الأرض من إنبعاثات ضارة وصلت إلى زيادة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى حوالى ٧,٢ مليون طن سنويا بالإضافة إلى السبب الثانى وهو أن معظم المدن قد وصل إلى الكتلة الحرجة والتى عندها فنشئ الجزر الحرارية وبذلك تنعدم كافة الوسائل السلبية لتحسين الأجواء الداخلية[1].

ومن ثم فإن إستخدام أجهزة التكييف فى تزايد مستمر الأمر الذى أدى إلى ضرورة الإهتمام بترشيد إستهلاك الطاقة . ومن ثم فإن تقنيات العزل الحرارى تصبح ذات أهمية فى هذه الدراسة .

كما أن الحاجة دعت الكثير إلى إنتاج مواد بناء حديثة ذات خصائص حرارية متدنية مثل الطوب الأسمنتى والبلوكات الأسمنتية الأمر الذى أدى إلى زيادة مطردة فى إستهلاك الطاقة ومما أثر على معدلات استهلاك الطاقة فى الدول النامية الفكر المتنامى للعولمه ونقل العمارة الشفافه دون دراسة خصائص علامها الخارجى وهى غير ملائمة للمناطق الحارة الجافة دون دراسة.

١-١-٢: التحليل المناخى لمدينة توشكى خلال فترات العام .

١-١-٢-١ :المناخ الحار الجاف المحتمل حراريا

يسود هذا المناخ الإقليم إبتداء من أول شهر مارس وحتى منتصف شهر مايو ويقصد به بأنه المناخ الذى ترتفع فيه درجات الحرارة ويشتد فيه الإشعاع الشمسى على الأسطح الأفقيه، ونتيجة لصفاء الجو فإن الارض تستطيع ان تفرغ حرارتها ليلا عن طريق الاشعاع الليلى وبالتالى يصبح المناخ مريح حراريا أثناء ساعات الليل ويمكن باستخدام تقنيات معمارية بسيطة الدخول فى منطقة الراحة الحرارية للإنسان وأوضحت نتائج الدراسات التى أجريت على الإقليم مايلى[2] :

١ - يصل معدل سقوط الفيض الشمسى على الأسطح الأفقية الى ما بين ١٠٠٠ - الى ١١٥٠ وات / م^{٢} كقيمة عظمى ويستمر أكثر من ٨٠٠ وات / م٢ لمدة تتراوح من ٤- ٥ ساعات وتصل ساعات الإشراق إلى أكثر من ١٢ ساعه يوميا .

1- M.M. AbdEL-Razek, "Atlas of Arabe world" energy Efficient and Environmentally Compatible Civiel Infrastracture System, August 27-29, 2008 Irvine, CA, USA.

٢- الدراسات البيومناخيه لاقليم توشكى وتقييم معدلات الاداء الحرارى لبعض النماذج المنفذه بالاقليم، مركز بحوث الاسكان والبناء - التقرير الاول (يونيو ١٩٩٩م)

٢ – القيمة العظمى لسرعة الرياح تتراوح ما بين ١٠– ١٢ م/ ث وهى رياح فجائيه تشتد أثناء ساعات النهار وتنخفض تدريجيا أثناء ساعات الليل وأحيانا تصل إلى السكون أثناء ساعات الصباح الباكر.

٣ – المناخ المحتمل حراريا أثناء الساعات الأولى من النهار ومريح حراريا خلال ساعات الليل فى هذه الفتره على الرغم من أن الحرارة العظمى للهواء تصل ما بين ٤٠ س– ٤٢ س بينما يتميز الليل فى هذه الفترة بإنخفاض ملحوظ فى درجات حرارة الهواء الجوى يصل إلى ما يقرب من ٢٠ س وهو ما يؤكد أنه يمكن استخدام ساعات الليل فى تحسين المناخ الداخلى للعمارة إذا ما روعى التصميم الجيد[١] .

٤ – يتميز الإقليم خلال هذه الفتره بمدى حرارى فى درجات حرارة الهواء الجاف يصل إلى أكثر من ١٥ س وهذا المدى ناتج عن عمليات التفريغ الحرارى إلى الغلاف الجوى أثناء ساعات الليل عن طريق الإشعاع الحرارى كما يمكن الاستفادة من هذه الظاهرة عن طريق التبريد بالإشعاع إلى السماء والحماية نهارا من أشعة الشمس[٢] .

٥ – يصل الفارق بين درجات حرارة الهواء الجاف والهواء الرطب الى ٢٠ س فى معظم أيام هذه الاشهر بما يوضح الارتفاع الكبير فى معدلات البخر فى الاقليم وقد تكون هذه احد المميزات والعيوب فى آن واحد تتسبب زيادة معدلات البخر (١٥ كجم /م٢ يوم) فى الجفاف السريع للتربة الزراعية من جهه ، وقد يساعد هذا المعدل الكبير فى تحسين مناخ الإقليم عند استخدام وسائل التبريد بالبخر .

٦ – تنخفض الرطوبه النسبيه إلى ما يقرب من ١٠ % أثناء ساعات النهار وترتفع قليلا لتصل الى ٢٠ % أثناء الليل وتعتبر الرطوبة النسبية أحد أهم العوامل التى تساعد على تحمل مناخ الإقليم حيث تعتبر عامل أساسى فى عمليات بخر العرق الذى يساهم فى عملية الراحة الحرارية مع التوصية بتطبيق أساليب لزيادة نسبة الرطوبة النسبية فى هواء الفراغات المعماريه لتصل إلى ٤٠ % على الأقل .

وخلاصة القول أن مناخ الإقليم فى هذه الفتره يمكن التغلب عليه ببساطه شديده إذا ما روعى التصميم الجيد للمبانى باستخدام مواد بناء مناسبة ومواد عزل حرارى تؤدى إلى توفير مناخ مريح حراريا للقاطنين داخل الأبنية السكنية[٣].

---

١ – المرجع السابق

٢ – هشام عبد الغفار بدير سالم " الاداء الحرارى لاسطح المبانى السكنيه فى المناطق الحاره الجافه "، رسالة ماجستير، كلية الهندسه،جامعة المنصوره ، ٢٠٠٢م .

٣ – الدراسات البيومناخيه لاقليم توشكى وتقييم معدلات الاداء الحرارى لبعض النماذج المنفذه بالاقليم ، مركز بحوث الاسكان والبناء – التقرير الاول (يوليو ١٩٩٩م) .

١-١-٢-٢: المناخ شديد الحرارة والجفاف

يسود هذا المناخ الإقليم إبتداء من النصف الثانى من شهر مايو وحتى نهاية شهر سبتمبر والجزء الأول من شهر أكتوبر ويعتبر المناخ فى هذه الفتره مناخ قاسى شديد الحرارة والجفاف ولذلك تأثير سيىء على المنشآت حيث يمثل هذا المناخ إجهادات حرارية عالية على المنشآت والمزروعات المتواجدة بالإقليم ويمكن إيضاح خصائص هذا المناخ فيما يلى[٢]:

١ - إشعاع شمسى مباشر تصل كثافتة العظمى إلى ١١٥٠ وات / م^{٢} على الأسطح الأفقية وتصل الساعات التى يصل فيها الإشعاع الشمسى إلى أكثر من ٨٠٠ وات / م^{٢} لمدة أكثر من ٤- ٦ ، وهى كثافة فيض شمسى عالى إذا ما قورنت بكثافة الفيض الشمسى فى شمال البلاد .

٢ - تنخفض شدة الاشعاع الشمسى خلال شهر سبتمبر لتصل إلى ما يقرب من ١٠٠٠ - ١٠٥٠ وات / م^{٢} وتصل ساعات إشراق الشمس الى ١٣ ساعة وهى فترة إشراق كبيرة .

٣ - تخزين حرارى عالى من سطح الأرض فى الأيام الصافية مما يتسبب فى إرتفاع درجة حرارة سطح الأرض ويساعد على ذلك وجود مسطحات كبيرة من الرمال المختلطة مع البازلت ذات السعة الحرارية العالية ، كما يساعد على ذلك نسبة الأتربة العالقة فى الغلاف الجوى المحيط نتيجة نشاط الرياح الناتجة من تسخين سطح الارض[١] .

٤ - السماء بدون غطاء سحب فى معظم شهور هذه الفترة وإن كان هناك سحب عابرة فى بعض الأحيان تحجب ضوء الشمس وتسبب نوع من الاحتباس الحرارى فى مناخ الإقليم يؤدى إلى زيادة كبيرة فى النهاية الصغرى لدرجات حرارة الهواء ، كما يؤدى إلى خروج الإقليم من مجال الراحة الحرارية أثناء ساعات الليل ليصبح الإقليم غير مريح حراريا أثناء ساعات النهار والليل ويمثل إجهاد حرارى عالى على المنشآت والمقيمين بداخلها حيث يقع متوسط درجات الحرارة أعلى بكثير من الحدود العليا لمنطقة الراحة الحرارية للإنسان.

٥ - زيادة فى نسبة الرمال العالقة فى بعض أيام هذه الفترة وهذه ظاهرة تشبه ظاهرة الضباب وتنخفض الرؤية فى بعض الأيام وتتقلب احيانا الى عواصف ترابية نتيجة تيارات الحمل الناتجه من التسخين الشديد للأرض وأحيانا تظهر تيارات دوامية تؤثر بدرجة كبيرة على

---

١ - الدراسات البيومناخيه لاقليم توشكى وتقييم معدلات الاداء الحرارى لبعض المعالج المنفذه بالاقليم ،مركز بحوث الاسكان والبناء - التقرير الاول ،(يوليو ١٩٩٩م) .

زيادة كمية الأتربة والرمال كما أن لها أثر سيىء على إحتباس الحراره داخل الإقليم أثناء ساعات الليل وبالتالى لاتتمكن الأرض من تفريغ حرارتها بالإشعاع أثناء ساعات الليل ويحدث نوع من التراكم الحرارى يؤثر سلبيا فى اليوم التالى مباشرة حيث يبدأ اليوم بدراجات حرارة مرتفعة .

٦- رطوبه نسبية منخفضة مع عدم وجود غطاء من السحب وترتفع الرطوبه النسبية قليلا لتصل الى١٣ % خلال شهر أغسطس بسبب مياه فيضان النيل وقد تسبب هذه الزيادة فى الرطوبه النسبية أيضا فى زيادة الإحساس بالحرارة خلال هذه الفترة نظرا لما تقوم به من إمتصاص للإشعاع الحرارى المنبعث من الأرض ليلا إلى طبقات الغلاف الجوى[١] .

٧ - ترتفع درجة حرارة الأرض المعرضة للشمس لتصل إلى أكبر من ٥٥ درجة مئوية كقيمة عظمى أثناء ساعات النهار وإذا كانت تنخفض لتصل قريبة من ٣٠ س اثناء ساعات الليل لتمثل إجهاد حرارى كبير على الأفراد داخل الإقليم وأيضا على المزروعات خلال هذه الفترة .

٨ - ساعات الليل خلال شهر يونيو ويوليو وأغسطس وسبتمبر دائما أكبر من ٣٥ س ويصل متوسط القيمة العظمى لدرجات حرارة الهواء المظلل الى ٤٦ س [٢].

٩ - المدى الحرارى لدرجات حرارة الهواء المظلل تتراوح ما بين ١٥ - ٢٠ س وعلى الرغم من ذلك يصبح الليل غير مريح حراريا .

١٠- المتوسط العام لدرجة الحرارة فى الإقليم خلال شهور يونيو - يوليو - أغسطس - سبتمبر - دائما أكبر من ٣٥ س ويصل متوسط القيمة العظمى لدرجات حرارة الهواء المظلل الى ٤٦ س .

١١- متوسط الرطوبه النسبية ينخفض إلى أقل من ٢٠ % خلال شهر يونيو ويوليو ويرتفع تدريجيا إبتداء من شهر أغسطس وسبتمبر بسبب فيضان النيل وإتساع مساحة بحيرة ناصر وخروجها عن الحدود التى تحكم الرطوبه فيها .

١٢- الضغط الجوى شبه ثابت وإن كان يتغير تغير خفيف بين الليل والنهار[٣] .

١٣- تتساقط بعض الأمطار الخفيفة على الإقليم فى فترات متباعدة ويتبخر الجزء الأكبر منها عادة قبل أن تصل إلى سطح الارض وهذه الظاهره نادرة التكرار فى الإقليم .

---

١ - الدراسات البيومناخيه لاقليم توشكى وتقييم معدلات الاداء الحرارى لبعض النماذج المنفذه بالاقليم ،مركز بحوث الاسكان والبناء - التقرير الاول (يوليو ١٩٩٩م) .

٢ - هشام عبد الغفار بدير سالم " الاداء الحرارى لاسطح المبانى السكنيه فى المناطق الحاره الجافه " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه، جامعة المنصوره ، ٢٠٠٢ م .

٣ - الدراسات البيومناخيه لاقليم توشكى وتقييم معدلات الاداء الحرارى لبعض النماذج المنفذه بالاقليم ،مركز بحوث الاسكان والبناء - التقرير الاول ،(يوليو ١٩٩٩م) .

١٤- الرياح تكاد تكون ساكنة دائما فى ساعات النهار الباكر وتزداد تدريجيا حتى تصل الى سرعه مقدارها اكبر من ١٠ م / ث بعد الظهر وتنخفض تدريجيا أثناء ساعات الليل حتى أنه يهب على الإقليم نسيم خفيف أثناء فترات الليل والرياح فى معظم هذه الشهور مثيرة للرمال والاتربة وذات تاثير سيىء على الاقليم ولا تعتبر مناسبه للتهوية الطبيعية وخاصة أثناء ساعات النهار حيث تتراوح درجة حرارتها أعلى من ٤٠ س لمدة تسعة ساعات .

١٥- سكون الهواء أثناء ساعات الصباح الباكر يحرم الإقليم من التفريغ الحرارى وأيضا يحرم المنشآت من التبريد عن طريق الحمل مما يؤثر سلبيا على إحداث تراكم حرارى كبير فى المبانى[١].

١٦- بالنسبه لشهر أكتوبر تنخفض درجات حرارة الهواء بمعدل يصل الى ٨ درجات أثناء ساعات النهار وإلى ما يقرب من ١٠ درجات أثناء ساعات الليل ، وعلى ذلك يبدأ المناخ المعتدل خلال شهر أكتوبر وإن كان هناك بعض الساعات الحارة أثناء النهار أما الليل فهو مريح حراريا بصفة عامة.

١-١-٢-٣ : المناخ المعتدل والبارد المحتمل حراريا

يسود هذا المناخ الإقليم إبتداء من النصف الثانى لشهر أكتوبر وحتى نهاية شهر فبراير ويتضح من تحليل النتائج ما يلى :

١ - يصل معدل سقوط الأشعه الشمسية على الأسطح الأفقيه إلى ٨٠٠ وات / م^{٢} كقيمة عظمى بينما تصل ساعات الإشراق إلى ما يقرب من ١١ ساعه يوميا فى حين تصل الطاقه الشمسية الساقطة خلال اليوم بين ٦٠٠٠- ٦٥٠٠ وات / م^{٢} ، وتعتبر هذه الطاقة كافيه بالدخول بالمبنى فى المنطقةالمريحه حراريا أو قريبه من الحد الأدنى للراحه الحراريه[٢] .

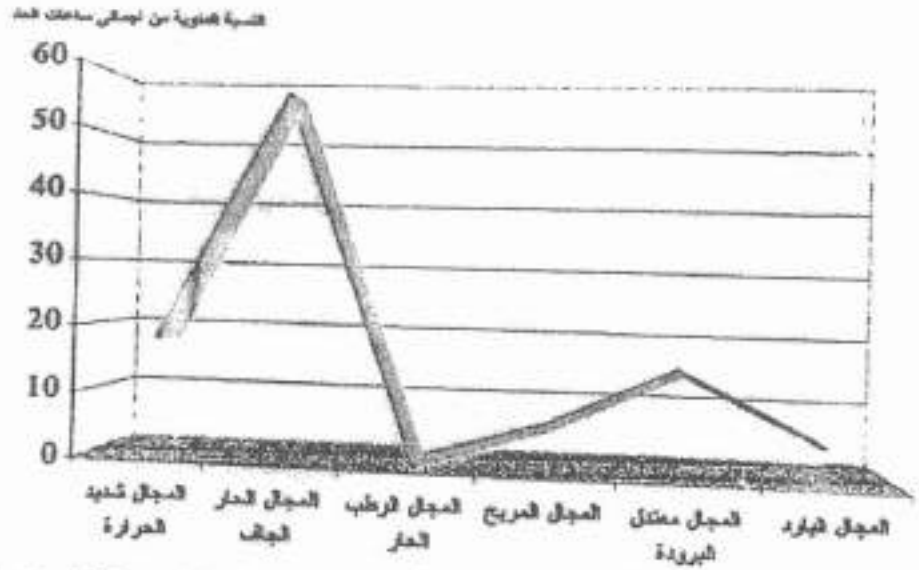
٢ - تصل القيمه العظمى لدرجات حرارة الهواء من ٢٨ – ٣٥ س بينما تتراوح القيمه الصغرى ما بين ١٢- ٢٠ س أثناء ساعات الليل والمدى الحرارى يظل مرتفع ويصل إلى ١٥ م، وتصل الفترة التى تقل فيها درجات الحراره عن ١٨ س ما بين ٥- ٧ ساعات فقط وبذلك يخرج مناخ الإقليم من مجال الراحة الحرارية فى فتره صغيرة أثناء ساعات الليل بينما تظل المبانى بسبب التخزين الحرارى قريبة من منطقة الراحة الحرارية أو المحتملة حراريا[٣].

---

١ - الدراسات البيومناخيه لاقليم توشكى وتقييم معدلات الاداء الحرارى لبعض النماذج المنفذه بالاقليم ،مركز بحوث الاسكان والبناء – التقرير الثانى(اكتوبر ١٩٩٩م) .

٢ - الدراسات البيومناخيه لاقليم توشكى وتقييم معدلات الاداء الحرارى لبعض النماذج المنفذه بالاقليم ،مركز بحوث الاسكان والبناء – التقرير الأول(اكتوبر ١٩٩٩م) .

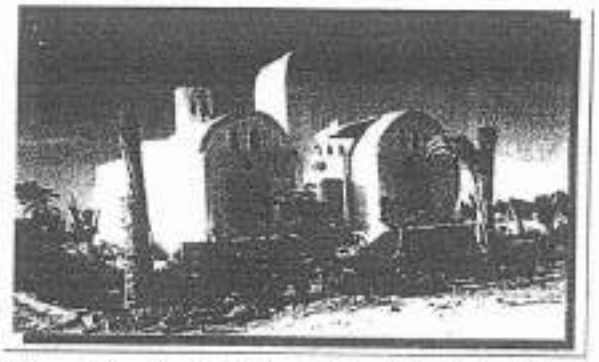
٣ - المرجع السابق .



شكل (١-١) :النسب المئوية للمجالات المناخية لإجمالى ساعات العام بمنطقة توشكى[١]

١-١-٢-٤: خصائص المسكن بتوشكى[٢]

يعتبر المسكن بتوشكى غير محدد الملامح بعد نظرا لكون التجمعات السكنية لم تبدأ ،وإن كانت هناك بعض النماذج السكنية القائمة بالمناطق العمرانية المحيطة – مساكن النوبة – أو المساكن المرتبطة بطبيعة النشاط التنفيذى لترعة الشيخ زايد – نواة التجمع العمرانى بتوشكى – وتحاول هذه النماذج إيجاد صيغة متوافقة مع الظروف المناخية القاسية .



شكل رقم (١-٢) :نموذج بناء فعال بإقليم توشكى كأحد المبانى التجريبية لدراسة الغلاف الخارجى فى المناطق الحارة الجافة[٣]

---

١ – هلال ، احمد ." البعد البيئى فى عمارة الصحراء ، حاله دراسيه توشكى "جامعة اسيوط ، المؤتمر المعمارى الدولى الرابع " العماره والعمران على مشارف الالفيه الثالثه " (مارس ٢٠٠٠م).

٢ – محمد غريب ، نادر " التصميم البيئى : اثر المناخ الصحراوى على مفردات غلاف المبنى حالة الدراسة : المسكن فى منطقة توشكى " ، رسالة ماجيستير بجامعة الاسكندريه ، كلية الهندسه ، يونيو ٢٠٠٤ م .

٣- مركز بحوث الإسكان والبناء " نموذج بناء فعال " التقرير الأول ٢٠٠٠ .

ويوضح الشكل مدى تأثير درجات الحرارة العالية على المسكن وهو نموذج تجريبى منفذ بواسطة مركز بحوث الإسكان والبناء ، ويغلب على المسكن المقام حاليا بمنطقة توشكى الإعتماد على المعالجات المناخيه ذات التصميم السلبى والإيجابى .

فنجد أن المبنى كمثال لأحد المساكن المقامة بمنطقة توشكى المتكون من دور واحد يوضح تلك المعالجات التى تظهرفى إستخدام القباب والأقبية فى تغطية الأسقف الموضحه بشكل (١-٢) كما تم بناء الحوائط بالحجر الرملى بسمك ٠,٦ متر .

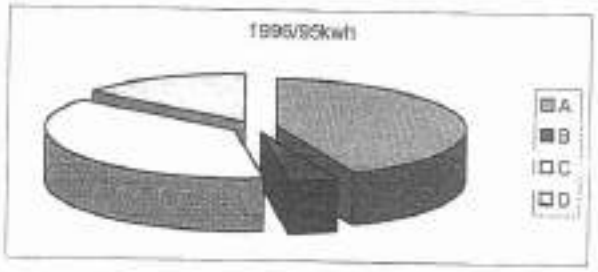
مما سبق من خلال إستعرض المعطيات المناخية للمناطق الصحروية الحارة الجافة مثـل إقليم توشكى وما تتميز به مناخ شديد الحرارة والجفاف مما ينتج عنه إجهادات حرارية عاليـة على القاطنين داخل المنشآت فى هذه الأماكن – فلذلك كان لابد من مقارنة الحدود المناخية لهذه المنطقة المعلوم لدينا بياناتها المناخ مع حدود الراحة الحرارية[1].

١-١-٢-٥: إستهلاك الطاقة فى قطاع الإسكان فى مصر [1]

توضح الأشكال أرقام (١-٣-أ) ، (١-٣-ب) ، (١-٣-ج) معـدلات إسـتهلاك الطاقـة الكهربائية فى مصر فى إدارة المبانى السكنية والتجارية والحكومية ويتضح من الشكل أن أكثر من ٥٥ % مما تنتجه الدولة من طاقة كهربائية يستخدم فى القطاع السكنى والتجارى والحكومى وأنه وفر فى هذا القطاع سوف يكون له مردود على الإقتصاد القومى.

ويوضح الأشكال أرقام (١-٣-أ) ، (١-٣-ب) ، (١-٣-ج) معدلات إسـتهلاك الطاقـة الكهربائية فى بعض المبانى التجارية والحكومية فى مصر ويتضح أن إستخدام الطاقة اللازمـة لأعمال تكييف الهواء هى أكبر كمية من الطاقة لذلك فإن إستخدام تقنيات العزل الحرارى سوف يكون لها مردود جيد على الوفر فى الطاقة.

١- دليل العمارة والطاقة، أحصائية أستهلاك الكهرباء فى مصر، جهاز تخطيط الطاقة فى مصر، ٩٦/٩٧، صـ ٧.

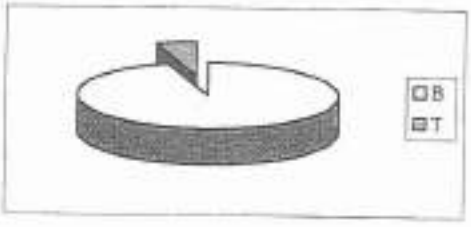


A ١. أستهلاك الصناعة
B أستهلاك الزراعة
C أستهلاك مبانى سكنية /تجارية ٣٥ %
D أستهلاك حكومة ومرافق ١٠ %

شكل رقم (١-٣-أ)

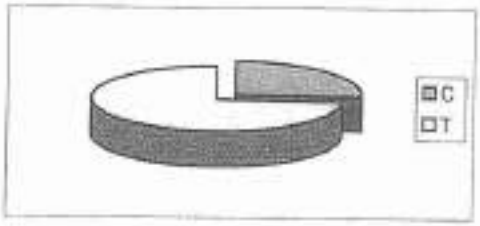
النسب المئوية لإستهلاك الكهرباء فى القطاعات المختلفة فى مصر

شكل رقم (١-٣-أ) : إجمالى أستهلاك الطاقة الكهربية فى مصر عام ١٩٩٧/٩٦[1]



أستهلاك أجهزة حكومية ومرافق يمثل ١٠ % من الطاقة الكهربية الكلية فى مصر

شكل رقم (١-٣-ب)



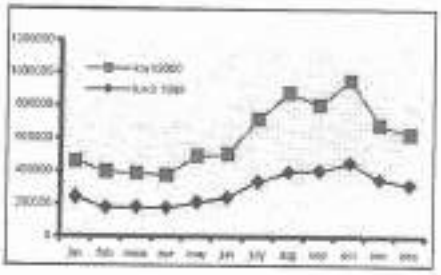
أستهلاك مبانى سكنية وتجارية يمثل٣٥ % من الطاقة الكهربية الكلية فى مصر

شكل رقم (١-٣-ج)

شكل (١-٣) : معدلات إستهلاك الطاقة الكهربائية فى مصر فى إدارة المبانى السكنية والتجارية والحكومية

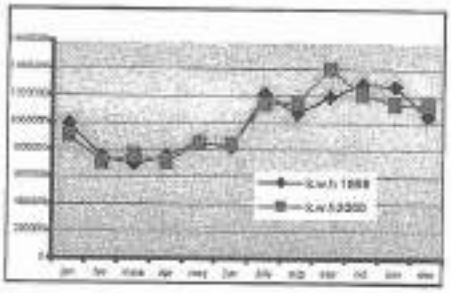
١ - محمد عبد العال ، رشا " تأثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى ، رسالة ماجستير، كلية الهندسه، جامعة القاهره ، ٢٠٠٢ .

شكل رقم ١-٤-أ البنك العقارى العربى



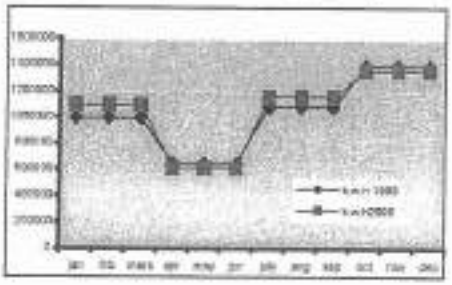
شكل ١-٤-أ / منحنى أستهلاك الطاقة بالبنك العقارى عام ٢٠٠٠/٩٩

شكل رقم ١-٤-ب برج النهضة بالمهندسين



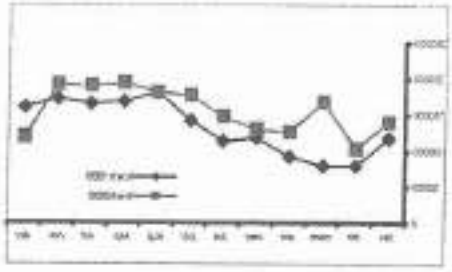
شكل ١-٤-ب/ منحنى أستهلاك الطاقة ببرج النهضة عام ٢٠٠٠/٩٩

شكل رقم ١-٤- ج وزارة الكهرباء والطاقة



شكل ١-٤-ج/ منحنى أستهلاك الطاقة بوزارة الكهرباء عام ٢٠٠٠/٩٩

شكل رقم ١-٤-د بنك كايرو بركليز القصر العينى



شكل ١-٤-د/ منحنى أستهلاك الطاقة بنك بركليز عام ٢٠٠٠/٩٩

شكل (١-٤) : البيان السنوى لإستهلاك الطاقة الكهربائية للمبانى[1]

[1] - شركة كهرباء القاهرة ، البيان السنوى لاستهلاك الطاقة الكهربية للمبانى ، القاهرة ، ١٩٩٩ /٢٠٠٠

الفصل الثانى
(١-٢)

استراتيجيات تحسين كفاءة الأداء الحرارى للمبانى فى المناطق الحارة الجافة

١-٢: استراتيجيات تحسين كفاءة الأداء الحرارى للمبانى فى المناطق الحارة الجافة

١-٢-١ : تقليل الإشعاع الشمسى

إن تأثير الإشعاع الشمسى مهم جدا ويعتبر من أهم المؤثرات على تحقيق الراحه الحراريه فى الفراغات العمرانية وبصفة خاصة فى المناطق الحارة الجافة . حيث أن هناك تاثير غير مرغوب فيه من الإشعاع الشمسى حيث أن مدة سطوع الشمس تكون معظم أيام السنة مما يؤدى إلى رفع درجة حرارة الهواء والأسطح فى المحيط العمرانى مما يسبب الإحساس بعدم الراحة وذلك لأن إرتفاع درجة حرارة الأسطح تؤدى إلى زيادة كمية الإشعاع الحرارى طويل الموجة المنبعث من هذه الاسطح ونتيجة لذلك أعتبرت أشعة الشمس ذات تأثير سلبى يتحتم تجنبه أوعلى الأقل التحكم فيه بدرجة كبيرة[١].

وهناك عدة إستراتيجيات حديثه تستخدم لتقليل الإشعاع الشمسى والإحساس بالراحة الحرارية داخل الفراغات العمرانية ويتم ذلك بواسطة مجموعة من العناصر منها:

١-٢-١-١: توجيه المبنى

يعتبر توجيه المبانى من أهم العناصر فى تحديد كمية الظل فى الفراغات العمرانيه حيث يخضع أختيار التوجيه لأعتبارات الشمس أكثر من خضوعه لإعتبارات حركة الرياح وذلك لضمان توفير أكبر كمية من الظلال . ونجد أن أقصى إشعاع شمسى على مدار العام يقع على السطح ثم الواجهات على الواجهات الشرقيه والغربيه وتستقبل الواجهات الجنوبيه إشعاعا محدودا فى الصيف إلا أن حصتها فى الإشعاع الشمسى فى الشتاء تكون كبيرة أما الواجهات الشماليه فتحظى بأقل نصيب من الإشعاع الشمسى على مدار العام[٢].

ولذلك يفضل أن يأخذ محور الفراغات العمرانية الطولى الإتجاه شرق غرب . أى أن الحوائط الطولية المكونة من مبانى للفراغات العمرانية هى الشمالية وبذلك تسقط أشعة الشمس على واجهة واحدة طولية هى الجنوبية وذلك لتلقى الجزء الشمالى أقل كمية من الاشعاع[٣].

---

١ - شفق العوضى الوكيل ، محمد عبدالله سراج ، " المناخ وعمارة المناطق الحاره " الطوبجى للطباعه ،دار الكتب القوميه، (١٩٨٥ م) .

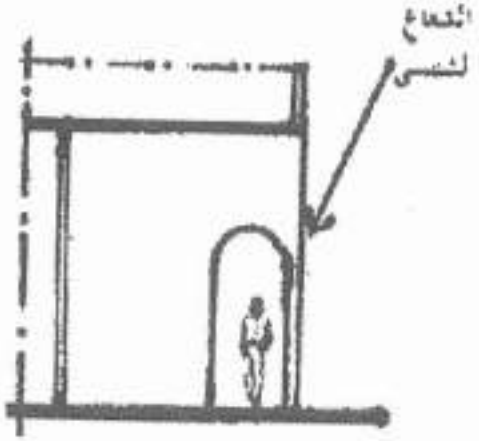
2 -.givoni B," Man Climate and architecture ", second edition,applied science publishers, Ltd (1981) .

٣ - شفق العوضى الوكيل ، محمد عبدالله سراج ، " المناخ وعمارة المناطق الحاره " الطوبجى للطباعه ،دار الكتب القوميه ،(١٩٨٥ م) .

ويفضل أن تكون توجيه الفراغات العمرانية الطولية مثل مسارات الحركة فى الإتجاه الشمالى الجنوبى .

١-٢-١-٢: البواكى

تعتبر من أبسط الحلول للحصول على أكبر كمية من الإظلال داخل الفراغ العمرانى الداخلى ويتمثل ذلك من خلال حركة الهواء داخل تلك البواكى مما يؤدى إلى خفض درجة الحرارة وتحقيق الراحة الحرارية داخل تلك البواكى كما بالشكل (١-٥).

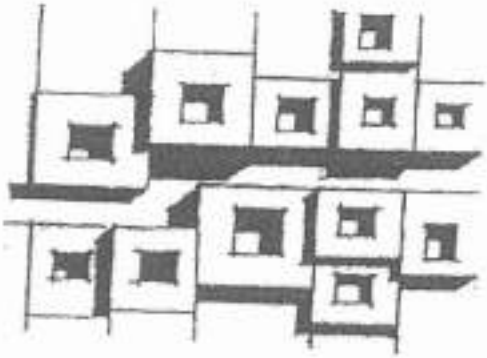


شكل (١-٥) :يوضح استخدام البواكى للحمايه من إشعاع الشمس[١]

١-٢-١-٣ :المبانى المحيطة

ويظهر استخدام أسلوب الحل المتضام فى تجميع المبانى السكنية ومن المفضل استخدام أسلوب الحل المتضام على مستوى المدينة مما يؤدى إلى تقليل تعرض الأسطح الخارجية لهذه المبانى لأشعة الشمس الشديده لتقليل الإكتساب الحرارى حيث تزداد كمية الظلال بازدياد عدد الفراغات العمرانية مع صغر مسطح كل منها وعدم إنتظام الشوارع كما بالشكل (١-٦)

١- ابو المجد احمد خليفه ، هيدار ، " تصميم الفراغات العمرانيه لتحقيق الراحه الحراريه باستخدام التقنيات الحديثه للتحكم المناخى" رسالة ماجيستير،كلية الهندسه جامعة القاهره ، ٢٠٠٤م .



شكل (١-٦): إستخدام الحل المتضام سلبى – تصميم الموقع يقلل الظلال[1]

١-٢-١-٤ : جسم المبنى وإرتفاعه ونسبه

تتغير نسب الإظلال فى الفراغات العمرانيه والفراغات الداخليه بالنسبه لشكل المبنى ونسبه وذلك سواء من ناحية الواجهات أو الأسقف المظلله ، ونجد أن كمية الإظلال تزداد كلما أصبح شكل المبنى اكثرتعقيدا أى أن الكتله مركبة المسقط . ويلاحظ أن الأفنية الداخلية والفراغات العمرانية بين المبانى هى أكثر المناطق إظلالا خاصة إذا كان ارتفاع المبانى المحيطه ترتفع إلى أكثر من دور ونجد أن المبنى الذى لايأخذ إستطالة هو الذى يحقق كمية إظلال أكبر واذا وجدت الإستطاله فتكون غالبا للمبانى القائمة بذاتها وتكون فى إتجاه شرق – غرب حيث تكون أكبر قدر من الواجهات الشماليه فلاتشكل أشعة الشمس مشكلة وفى الجنوب يكون التظليل أسهل.

ونجد أن نسبة ارتفاع الفراغات العمرانية H إلى عرضها W لها تأثيركبير ومباشر على توفيرأكبر كمية ممكنة من الإظلال للحماية من تأثيرالإشعاع الشمسى على الفراغات العمرانيه كما وضحها Luding حيث قام بتحليل تأثيرنسبة إرتفاع المبنى إلى عرضه على الإشعاع الشمسى ودرجة الحرارة ، وفى هذا التحليل يبين توزيع الإشعاع الشمسى على a منطقة منفتحة ، b منطقه مبنية ذات نسبة H\W= ١ ، c منطقه مبنيه ذات نسبه H\W= ٤ وقد لوحظ التالى :

فى المنطقه a – أن الإشعاع الشمسى ينعكس على سطح الارض إلى بعيدا و ينعكس بعد إمتصاصه كأشعة طويلة الموجه إلى السماء .

---

١ – شفق العوضى الوكيل ، محمد عبدالله سراج ، " المناخ وعمارة المناطق الحاره " الطوبجى للطباعه ،دار الكتب القوميه ،(١٩٨٥ م) .

اما المنطقه b – إن الاشعاع الشمسى ينعكس ويرتطم بالمبانى المحيطه أو بالأرض ثم يمتص قريبا من سطح الأرض او عند سطح الأرض .

أما المنطقه c – إن الإشعاع الشمسى لايصل إلى الأرض وبالتالى فإن معظم كمية الإشعاع الممتصه تكون بعيدة عن سطح الأرض ، وبالتالى إن الأشعة التى تصل إلى الأرض وتعمل على تسخينها تكون قليله فى النسبه H\W= ٤ فى الفراغات العمرانيه والمبانى .[1]

ومن هنا نجد أن كلما أزدادت نسبة ارتفاع الحوائط إلى عرضها فى الفراغات العمرانية كلما كانت نسبة التظليل الممكنه كبيرة إلى حد ما وبالتالى يفضل استخدام الفراغات العمرانية الصغيرة وبالتالى يقل الحمل الحرارى داخل هذا الفراغ .

١-٢-١-٥:الأسقف

نظرا إلى أن الأسطح العلوية للفراغات العمرانية تتسم بالحرية وبالتالى تمتد إلى السماء مما يعرض الفراغات العمرانية وأرضيتها لاكتساب أكبر كمية من الإشعاع الشمسى ، ولذلك لابد من محاولة تغطية هذه الأسقف للحمايه من أثر الإشعاع الشمسى و العمل على تلطيف درجة حرارة الجو وكذلك العمل على تحقيق الراحة الحرارية و داخل الفراغات العمرانية ويكون غالبا هذا الغطاء من الخامات الطبيعية.

ومن الأسقف الحديثة التى يمكن إستخدامها لتحقيق الظلال هى الأسقف الخيامية وهى تلعب دورا أساسيا فى رفع كفاءة الأداء البيئى للفراغات التصميمية ونجد أن الأسقف الخيامية يوصى بإستخدامها فى المناطق الحارة والصحراوية لما لها من قدرة على تشتيت الإشعاع الشمسى المركز وذلك فى فترات الإجهاد الحرارى الزائد مما يساهم فى رفع كفاءة الأداء الحرارى للفراغات الوظيفية الداخلية .

١-٢-١-٦ :البروزات وكاسرات الشمس

من العناصر التى تستخدم فى حجز أشعة الشمس وتحقيق كمية كبيرة من الاظلال هى عمل البروزات وتصميم كاسرات الشمس . حيث نجد أن لبروز الأدوار كلما ارتفعنا إلى أعلى يعطى كمية كبيرة من الإظلال وذلك لمنع أشعة الشمس من المرور داخل الفراغ .
وبالنسبة إلى حماية الفراغات الداخلية يتم إستخدام كاسرات الشمس Sun Breakers

---

[1] – شفق العوضى الوكيل ، محمد عبدالله سراج ، " المناخ وعمارة المناطق الحاره " الطوبجى للطباعه ،دار الكتب القوميه ،(١٩٨٥ م) .

وهى عبارة عن عناصر تنشأ خصيصا للوقاية من أشعة الشمس وتتخذ غالبا أحد الإتجاهين الرأسى و الأفقى أو كلاهما ويجب أن توضع الكاسرات بحيث تتلافى إنعكاس أشعة الشمس الساقطة عليها على أى جزء من أجزاء المبنى ويجب أن تكون المادة المصنوعة من الكاسرات خفيفة ولاتحتفظ بالحرارة .

١-٢-٢: التحكم فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية

من أجل تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية لابد من التحكم فى الإنتقال الحرارى بين البيئة الخارجية والوسط الداخلى للمبنى[١].

ويتم ذلك عن طريق تقليل درجة حرارة الهواء من خلال تبريد الهواء المحيط والحفاظ على نسبة الرطوبة المطلوبة لأن درجة الحرارة والرطوبة النسبية هما من أهم ما تم التعامل معه فى تكييف الهواء حيث هناك علاقة قوية بين الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة حيث يتم تأثير كل منهما على الأخر .

وهناك مجموعه من الطرق التى من خلالها التحكم فى درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية منها[٢] :

١-٢-٢-١ :إستخدام العناصر المائية كالنوافير :

تعتبر العناصر المائية من العناصر الهامة المؤثرة التى تساهم فى توفير شروط الراحة الحراريه المتعلقة بالمحيط الحرارى فى البلاد الحارة الجافة عن طريق زيادة الرطوبة النسبية داخل الفراغ العمرانى ، فقديما فى البيت العربى نجد أن العنصر المائى يلعب دورا هاما فى عملية التبريد[٣]، ويختلف عنصر المياه فى طبيعة تأثيره عن باقى العناصر فهى يمكن أن تكون مستوية السطح مثل البحيرات الهادئة أو السلسبيل أو المنحدرات ذات الأمواج كما فى الشلالات الصناعية ، ويمكن الحصول على درجة معقولة من الرطوبة عن طريق إستخدام أحواض المياه أو البحيرات الصناعية[٤] فى مسار الرياح السائدة حيث تحمل بالرطوبة قبل دخولها إلى المبنى.

---

١ - شفق العوضى الوكيل ، محمد عبدالله سراج ، " المناخ وعمارة المناطق الحاره " الطوبجى للطباعه ،دار الكتب القوميه ،(١٩٨٥ م) .

٢ - المرجع السابق .

٣ - حسن فتحى " الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية " المؤسسة العربية للدراسات والنشر ، بيروت ، ١٩٨٨ م .

٤ - أسامة الحداد ، " عمارة الصحراء " مكتبة الانجلو ، ١٩٨٧ م .

وفى حالة انخفاض الضغط بحيث لايكون كافيا لدفع المياه يتم استخدام السلسبيل وهو عبارة عن لوح رخامى متموج المظهر (Wavy Pattern) مستوحى من حركة الماء أو الريح . يوضع اللوح داخل كوة من الجدار المقابل للفراغ ويكون اللوح مائلا للسماح للماء بأن يتقطر فوق سطحه لتسهيل عملية التبخر وزيادة رطوبة الهواء حيث تنساب المياه بعد ذلك فى مجرى رخامى حتى تصل إلى موضع نافورة فى وسط الفراغ وبالتالى نجد أن المياه متواجده فى كامل الفراغ.

١-٢-٢-٢ :إستخدام الأفنية الداخلية والخارجية

يعتبر الفناء الداخلى والخارجى من العناصر المعمارية التقليدية التى كانت شائعة وسائدة الاستخدام فى عمارة المناطق الحارة لخلق مناخ مريح للتغلب الشديد فى درجة الحرارة حيث كان الفناء الداخلى يعتبر قلب الوحدة السكنية لقيامه بتجميع وسحب الهواء البارد لتوجيهه داخل الوحده السكنية وعمل التيارات الهوائية التى تعمل على تهوية المبنى[١].

ونجد أن وظيفة الفناء الداخلى قديما تهيىء من الظروف المناخية الخارجية وتعمل على الإتزان الحرارى بين الداخل والخارج . حتى يكون الفناء فى الليل درجة حرارته منخفضة فيمكن الجلوس به والنوم به عكس الغرف الداخلية حيث درجة حرارتها مرتفعة نتيجة تعرضها للشمس طوال النهار بعكس الفناء يكون مظلل بفضل الحجرات المحيطه به مع إلقاء أكبر كمية من الظل على الفناء[٢].ويعتبر الفناء محميا من العوامل المناخية الخارجية مثل الأتربة والرياح غير المرغوب فيها .

ومن هنا بدأ الإتجاه إلى خلق فراغات عمرانية خارجية مشابهه للأفنية الداخلية بالمنازل التى كانت سائده قديما فى المدن والمناطق الحارة حيث بدأ العمل فى تصنيع فراغات عمرانية تجميعية صغيرة المساحة بين المبانى السكنية ، حيث يعمل الفراغ التجميعى المحاط بمجموعة من المبانى من جميع الإتجاهات كمنظم لدرجات الحرارة والعمل على توزيع الحمل الحرارى داخل وخارج الفراغات العمرانية[٣].

فمثلا فى الليل تفقد الأسطح المطلة على الفراغ الداخلى جزءا من الحرارة المكتسبة أثناء النهار فيحدث فقد فى درجة حرارة هذه الأسطح وبالتالى درجة حرارة الهواء الملامس لها تدريجيا . وبما أن الهواء البارد الموجود فى الجو ليلا يكون درجة حرارته منخفضة وأثقل من الهواء الساخن فيندفع الهواء البارد أسفل الهواء الساخن طاردا الهواء الساخن أعلى الفراغ أو

---

١ – إبراهيم محمد سالم ، رماح ، " تصميم الفراغات العمرانية فى المناطق الحارة " ، رسالة ماجيستير ، جامعة القاهرة ١٩٨٤ م .

٢ – المرجع السابق .

٣ – المرجع السابق .

خارجه وبالتالى تكون درجة حرارة الفراغ ليلا مريحه حراريا الى حد ما[1]. أما نهارا فتكون الفراغات التجميعية الداخلية مازالت محتفظة بدرجة الحرارة المنخفضة المكتسبة أثناء الليل ويظل الهواء البارد لفترة أطول نتيجة توافر عناصر الإظلال .

وعندما تبدأ أشعة الشمس فى سقوطها على المبانى المحيطة بالفراغ يمتص جزء منها هذه المبانى وينعكس الجزء الآخر وهو يتوقف على نوعية وملمس السطح الممتص لأشعة الشمس وسعته الحرارية ثم تبدأ الأسطح الممتصة لأشعة الشمس فى أرتفاع درجة حرارتها وبالسعة الحرارية لها تبدأ درجة الحرارة بالانتقال إلى داخل المبانى . ونجد أن الأرضيات أيضا تمتص جزء من هذه الأشعة فترتفع درجة حرارتها وبالتالى درجة حرارة الهواء الملامس لها ثم يحدث إحلال للهواء الساخن بالهواء البارد الى أن تتعادل درجة الحرارة داخل الفراغ العمرانى وخارجة بالإضافة إلى الظلال التى تحدثها المبانى على الفراغ وتعمل كمنطقة ضغط منخفض تعمل على سحب الهواء البارد إلى داخل الفراغ التجميعى كما بالشكل (١-١٧)[2].

ويفضل إستخدام مجموعة من عناصر تلطيف الجو داخل الفراغ لتوفير الراحة الحرارية داخل الفراغ مثل استخدام مسطحات مائية لتنظيم الرطوبة فى الجو لتعويض الإنخفاض فى الرطوبة بالجو عن طريق البخر مع توافر عناصرنباتية التى تمتص كثير من الإشعاع الشمسى داخل الفراغ وتوفر كمية كبيرة من الظل مع توفير بخار الماء بواسطة عملية النتح والتمثيل الضوئى[3].

١-٢-٢-٣: استخدام الأشجار فى تقليل درجة الحرارة

يعتبر استخدام الأشجار والمسطحات النباتية من أبسط الحلول وأقلها خطر على البيئة .. حيث تعمل على تقليل درجة حرارة الجو ومعادلة نسبة الرطوبة النسبية به والإحساس بالراحة داخل فراغات المبانى السكنيه حيث تقوم الأشجار بتوفير كمية كبيرة من الظل مما يؤدى إلى خفض درجة حرارة الأرض حيث أن المسطحات الخضراء فى وقت سطوع الشمس وسقوط أشعته عليه تكون درجة حرارة تكون درجة حرارة هذا السطح أقل حوالى من ١٠ الى ١٤ (درجة مئوية) من سطح غير مغطى بالنباتات أو المسطحات الخضراء[4].

وبالتالى نجد أن درجة حرارة المناطق التى يكون سطحها مغطى بالنباتات أقل من المناطق التى لايفرش سطحها النباتات والمسطحات الخضراء .

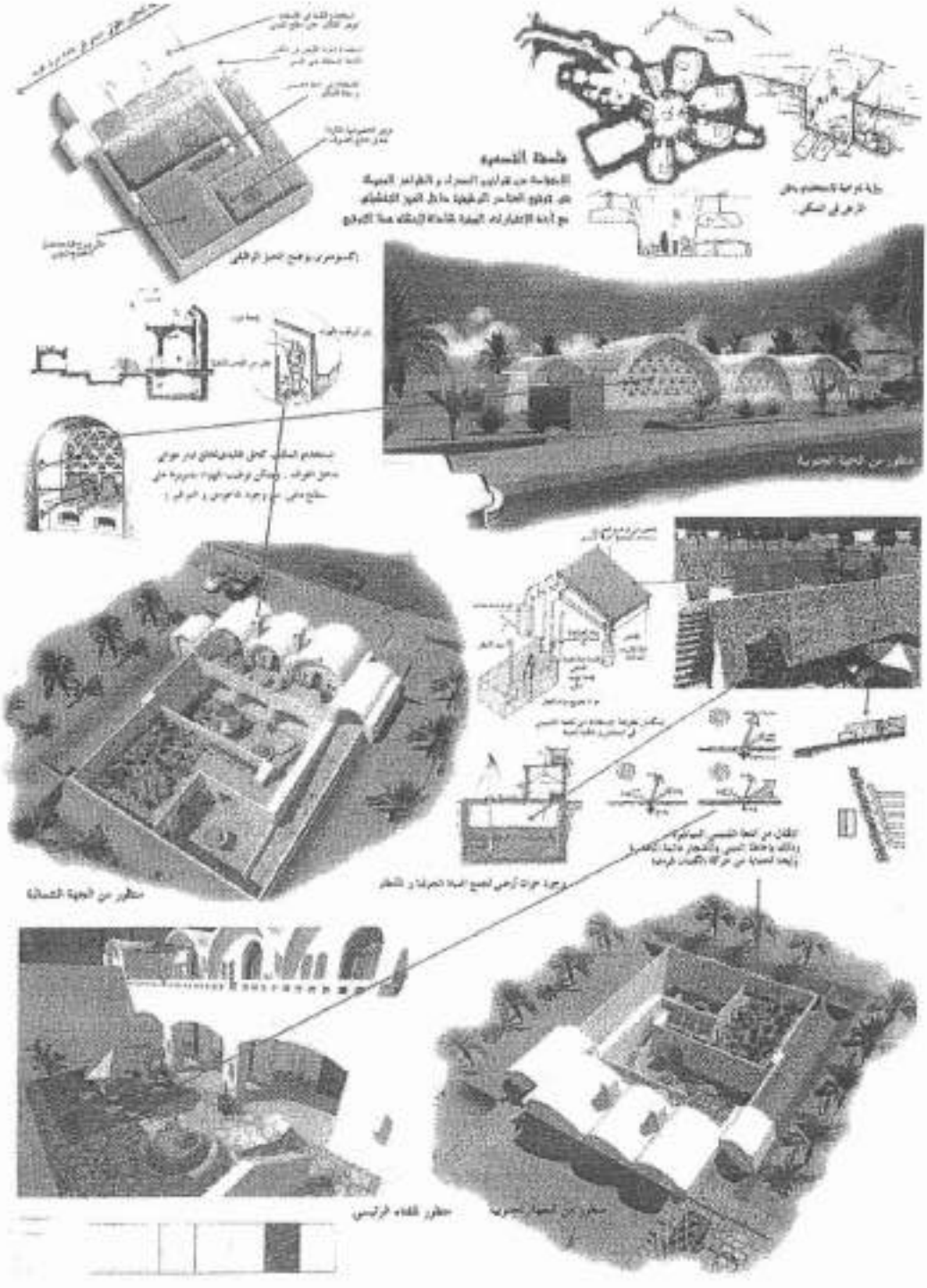
---

١ - إبراهيم محمد سالم ، رماح ، "تصميم الفراغات العمرانية فى المناطق الحارة" ، رسالة ماجستير ، جامعة القاهرة ١٩٨٤ م .

٢ - المرجع السابق .

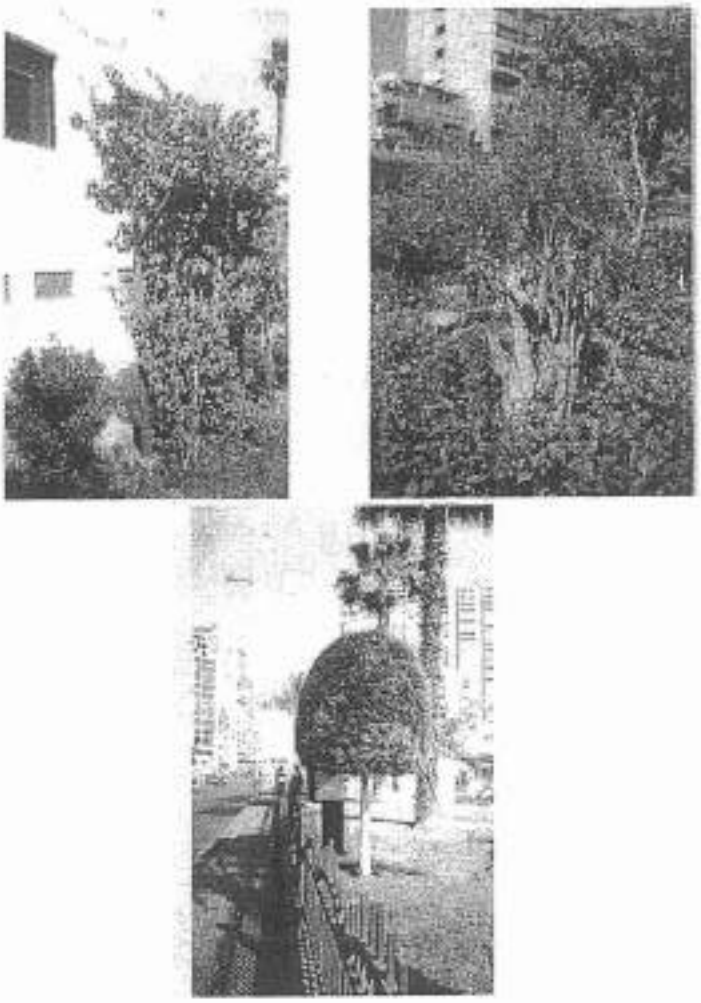
٣ - المرجع السابق .

4 - Beer Anee , R" Environment planning for site development", Clayslid Dress,England, (1990).



شكل (١-٧) : طرق التحكم فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية من خلال تقنيات المعالجة المناخية[١]

١. مجلة عالم البناء ، العدد ٢١٤السنة١٩٩٩ م



شكل (١-٨): تشكيل بعض الشجيرات بأشكال هندسيه[١]

ونجد أن المناطق المظللة تحدث فروق فى الضغط لإختلاف درجات الحـرارة وبالتـالى تعمل على سحب الهواء داخل هذه الفراغات بالإضافة إلى أن المناطق المظللة تمنع من إرتفاع درجة حرارة الجو المحيط بها وتساعد على تلطيف حدة المناخ الحار.

ويتم إستخدام الأشجار التى تتميز بضخامة الحجم والأوراق الكبيرة أو الـصغيرة التـى تحيط بالساق لمنع وصول أشعة الشمس داخل الفراغ ويجب أيضا أن تتحمل الشمس وتـزرع

[١] - محمد حماد ، محمد فتحى سالم " التشجير المعمارى "، القاهرة، ١٩٧١ م

ويتم إستخدام الأشجار التى تتميز بضخامة الحجم والأوراق الكبيرة أو الصغيرة التى تحيط بالساق لمنع وصول أشعة الشمس داخل الفراغ ويجب أيضا أن تتحمل الشمس وتزرع متجمعة على هيئة اسوار وقد يصل إرتفاعها الى ٣٠ متر وقطرها ١ متر ولكن يتم إستخدام الأشجار التى يمكن تشكيلها وتتميز بأنها صغيرة الأوراق – غزيرة الفريعات – سريعة النمو – مستديمة الخضرة – تتجدد فريعاتها وأوراقها بسرعة بعد القص ولايتغير لون أوراقها طوال العام ويمكن زراعتها متجمعة على المسطحات الخضراء كما هو موضح بالشكل (١-٨) .

١-٢-٢-٤: إستخدام الملاقف فى التحكم فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية

تعتبر الملاقف الهوائية من أهم العناصر المستخدمة فى تحسين وتلطيف الهواء والحصول على الراحة الحرارية والتى تعد من أهم الوسائل الطبيعية التقليدية المستخدمة والخاصة بتهوية وتبريد المبانى ويعتبر من الحلول الأساسية فى عملية التهوية الطبيعية . وقد أنتشر إستعمال الملاقف فى المناطق الحارة لزيادة فاعلية التهوية الطبيعية .. فقد أستعمل الملقف الهوائى فى المناطق ذات المناخ الحار الجاف[١].

وتعتمد فكرة الملقف الهوائى على أن التيارات الهوائية كلما زاد إرتفاعها عن سطح الأرض كلما كانت درجة حرارتها أقل وسرعتها أكبر نتيجة لأن الأرض هى مصدر الإشعاع الساخن ولذلك نجد أن الملقف الهوائى المرتفع يسمح بدخول الهواء البارد فقط إلى حد ما[٢].

ويتم انشاء الملقف الهوائى من الحجر السميك ليس فقط لحاجة انشائية ولكن لتلطيف درجة حرارة الهواء أثناء مروره .. حيث تمتص الحرارة الزائدة عن طريق الحوائط المغلفة للملقف[٣] حيث تتميز بسعة حرارية عالية فيظل منخفض الحرارة مما يساعد فى خفض درجة حرارة الهواء الذى يمر من خلاله . ومن أحد المميزات التى يجب أن تتوافر فى الملاقف الهوائية هى الخلو من الأتربة والمواد العالقه به التى تنفذ أثناء حركتها داخل الملقف وبالتالى نجد أن الملاقف الهوائية كانت مزوده بشبك من السلك الناعم أو الخيش لتنقية الهواء من الأتربة والشوائب الاخرى كالحشرات والطيور .. وكان يستخدم أيضا كميات من الفحم المحروق الذى يساعد على امتصاص الروائح الكريهة .. ونجد فى المناطق الحارة الجافة الفرصة فى الإستفادة من عملية تبخر الماء وتلطيف درجة حرارة الهواء وخفض نسبة درجة

---

١ – وفيق محمد، طارق "المناخ والتشكيل المعمارى" ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ١٩٨٩ م .

٢ – المرجع السابق .

٣ – على رافت ، " ثلاثية الابداع المعمارى " ، الإبداع المادى فى العماره ن مركز ابحاث التركونسلت للنشر ،١٩٩٦ م .

الجرة ويلامس سطح الجرة يتبخر الماء وتنخفض درجة حرارة الهواء وترتفع نسبة رطوبته النسبية وبالتالى يساعد على تلطيف مناخ الفراغ الداخلى[1].

وبالتالى يمكن إستخدام الملاقف فى المبانى السكنية لتقليل درجة حرارة الهواء بها وتكييفها وجعلها ذات مناخ مريح يحقق الراحة الحرارية ، بحيث عندما يسخن هواء الفراغ تقل كثافته ويرتفع إلى أعلى محلا معه الهواء البارد الخارج من الملقف ذو الكثافة العالية .

يكون هناك رياح ليلا ويكون الهواء الخارجى مدفوع للحركة فى الإتجاه المضاد من الملقف إلى الفراغ نجد أن هواء الليل الآتى من الملقف أبرد من الآتى من باقى الفتحات وبالرغم من أن الهواء المار فى الملقف يسخن نتيجة لتعرض حوائط الملقف للشمس طوال النهار إلا انه يظل ذو كفاءة فى عملية التبريد للفراغ وفى حالة عدم وجود رياح فى الليل تكون حوائط الملقف قد بردت وعند مرور الهواء الخارجى عليه يبرد فتزداد كثافته فيهبط إلى أسفل الفراغ دافعا الهواء البارد داخل الفراغ والساخن أعلى الفراغ وبالتالى نجد أن الملقف يمد الفراغات بالهواء بإستمرار فى حالة وجود الرياح أو عدم وجودها أيضا كما هو موضح بالشكل (١-٩)[2].

شكل (١-٩) : إستخدام ملقف الهواء موجهه ناحية الشمال[3]

---

١ - أ.د/ سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف ، " العناصر المناخيه والتصميم المعمارى "، جامعة الملك سعود، النشر العلمى والمطابع، ١٩٩٤م .

٢ - محمد عبد المجيد الشالتى ، ايهاب، " الطاقه الشمسيه كمدخل للتحكم فى البيئه الداخليه للمنزل" رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ١٩٨٥م .

٣ - "مجلة عالم البناء" ، العدد ٢١٤لسنة ١٩٩٩ م .

١-٢-٢-٥ :إستخدام أبراج التبريد فى تقليل درجة حرارة الهواء والرطوبه النسبية

يعد برج التبريد Cooling Tower من العناصر التى تساعد على تقليل درجة حرارة الهواء. ويعتبر هو تطوير لإستخدام الملاقف قديما حيث يعمل على تخفيض درجة الحرارة حوالى ١٤ درجة مئوية عن درجة حرارة الهواء العادى أى الغير مار من خلال أبراج التبريد وتستخدم فى المسطحات والمساحات الكبيرة وهو عبارة عن برج تكون قاعدته غالبا على شكل مربع وذات إرتفاع لايقل عن ١٠ متر وفيه يتم تمرير الهواء الساخن من خلاله ويمر على رشاشات من المياه تنزل عليه على هيئة رذاذ يتم تبخير جزء منه مما يقلل من درجة حرارته ويخرج من أسفل البرج البارد لتكيف الفراغ المراد تبريده .

ويمكن أن يتم الجمع بين برج التبريد والمكثف فى جهاز واحد حيث فى المكثف يمر الهواء خلال ملفات التبريد Coil chiller تقوم بتبريد الهواء إلى درجة حرارة أقل من درجة التندى Dew Point وبذلك تتكثف كمية المياه الموجودة فى الهواء ثم تنزاح بعيدا[١].

ويستخدم الماء عادة فى التبريد حيث يستخدم بعد خفض درجة حرارته من خلال برج التبريد Cooling Tower وهذا الجهاز الذى يجمع بين الإثنين أقل حجما من برج التبريد ثم يمر الهواء بعد ذلك بعدة مراحل وتكون هذه الأجهزة الخاصة بمعالجة ومناولة الهواء Air Handling Unites حيث تتم تنقية الهواء من الأتربة والأدخنة العالقة ، ثم يتم ضبط درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية ثم يدفع الى مجارى الهواء التى توزعه على الفراغات .

يمكن خفض درجة حرارة الهواء باستخدام رذاذ المياه بواسطة رشاشات عالية فتكثف الهواء وتقل درجة حرارته مثل رشاشات المياه المستخدمة فى خفض درجة حرارة الحرم فى مدينة مكة بالسعودية[٢].

١-٢-٣: تقنيات العزل الحرارى

من المعروف فيزيائيا أن الحرارة تنتقل من الأعلى درجة حرارة على الأقل درجة حرارة وتمثل مواد البناء المستخدمة فى القطاعات المختلفة للإسكان مشكلة حقيقية إذ أن الحاجة أصبحت ضرورية لتوفير المساحات ومن ثم فإن الاعتماد على الحوائط ذات التخانات الصغيرة أصبح يلازم المصمم عند وضع التصميم بما يسبب مشكلة حقيقية للراحة الحرارية للإنسان

---

١ - محمد عبد المجيد الشاذلى ، ايهاب " الطاقه الشمسيه كمدخل للتحكم فى البيئه الداخليه للمنزل" رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه جامعة القاهره ، ١٩٨٥م .

٢ - على رافت " ثلاثية الأبداع المعمارى " ، الإبداع المادى فى العمارة ، مركز أبحاث انتركونسلت للنشر ، ١٩٩٦ م .

داخل الفراغات المعمارية وبالرغم من أن هناك العديد من الرسائل العلمية التى أوصت بضرورة ألا تقل تخانات الحوائط الخارجية المبنية من الطوب الطفلى أو الأسمنتى أو مواد البناء التقليدية عن ٢٥ سم إلا أن المعماريين يواجهون صعوبة فى إقناع مالك العقار حيث أن الجدوى الإقتصادية تفقد نفسها على المساحة المبنية نتيجة الحوائط ذات التخانات الأقل ومن ثم فإن إستخدام العزل الحرارى بتقنياته المختلفة يصبح هو الحل الذى يوائم بين تحقيق أهداف التصميم البيئى والبعد الإقتصادى للمبنى حيث أن العزل الحرارى يدفع لنفسه ثمنه فى فترات قليلة كما أن الدراسات الحديثة أوضحت أن إستخدام العزل الحرارى يؤدى إلى الحفاظ على التشطيبات الداخلية للمبنى ويؤثر إيجابيا فى إستخدامها وهو بعد إقتصادى بالإضافة إلى ما يوفره العزل الحرارى مباشرة فى خفض نسبة أجهزة التكييف وهذا مردود إقتصادى ولذلك فإن تقنيات العزل الحرارى تصبح إستراتيجية ذات أهمية فى هذه الدراسة [1] .

1- M.M. AbdEL-Razek, "Atlas of Arabe world" energy Efficient and Environmentally Compatible Civiel Infrastructure System, August 27-29, 2008 Irvine, CA, USA.

خلاصة الباب الاول :

أولا : من خلال دراسة الخصائص المناخية لمدينة توشكى خلصت الدراسه إلى أن مناخ توشكى يتميز بما يلى :

١ – ارتفاع كبير فى درجات الحرارة فى فصل الصيف حيث قد تصل درجات الحراره فى الظل الى ٥٠ م .

٢ – الرياح السائدة هى الشمالية والشمالية الغربية حيث يبلغ متوسط سرعة الرياح ٥ م / ثانية .

٣ – متوسط الرطوبة النسبيه ٢٠ % فى فصل الصيف ٤٠ % فى فصل الشتاء .

٤ – إشعاع شمسى يتميز بالكثافة الشديدة يسقط على الأسطح وواجهات المساكن .

ثانيا : من خلال استعراض نموذج تجريبى منفذ بواسطة مركزبحوث الاسكان والبناء وجد مايلى :

١ – أنه أعتمد على المعالجات المناخية ذات التصميم السلبى والايجابى حيث أستخدم القباب والأقبية فى تغطية الأسقف

٢ – بناء الحوائط بالحجر الرملى ينتج إجهادات حرارية عاليه على القاطنين داخل المبانى السكنية على الرغم من محاولة هذه النماذج إيجاد صيغة متوافقة مع الظروف المناخية .

ثالثا : من خلال دراسة استراتيجيات تحسين كفاءة الأداء الحرارى للمبانى فى المناطق الحارة الجافة اتضح أن هناك مجموعة من الطرق التى يمكن بها التحكم فى درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبيه منها :

١ – إستخدام العناصر المائية كالنوافير فى عملية التبريد .

٢ – إستخدام الأفنية الداخلية والخارجية لخلق مناخ مريح وسحب الهواء البارد داخل الوحدة السكنية .

٣ – إستخدام الأشجار فى تقليل درجة الحرارة وتوفير كمية كبيرة من الظل .

٤ – إستخدام الملاقف الهوائية لزيادة فاعلية التهوية الطبيعية .

٥ – إستخدام أبراج التبريد وهى تعتبر تطوير لأستخدام الملاقف .

والطرق السابق ذكرها يصعب تطبيقها بالنسبة للمبانى المكيفة لذا يجب البحث عن وسيلة لتحسين كفاءة الطاقة ويمكن تحقيق ذلك من خلال الآتى :

١ - العزل الحرارى للفتحات (النوافذ – الأبواب) وتحسين كفاءة الاداء الحرارى لها .

٢ - العزل الحرارى فى الأسقف والحوائط للحد من إنتقال الحرارة وتسربها إلى داخل المبنى.

وهذا ما سيتناوله البحث فى الدراسة فى الابواب التالية .

الباب الثانى
(٢)

انواع المواد العازلة للحرارة
المستخدمة فى المبانى

الفصل الاول
(٢-١)

فوائد العزل الحرارى

٢-١-١: مقدمة :

استعمل الإنسان المواد العازلة للحرارة منذ زمن بعيد وذلك لتوفير الظروف الملاءمة لحياته فى السكن والإقامة فقد عرف بفطرته الإنتشارية الحرارية حينما استخدم الصخور والاحجار حاجزا أمام النار لتبقى ساخنة لمدة طويلة تمده بالدفء بعد أن تطفىء النار واستخدم الإنسان المصرى القديم الطوب اللبن فى بناء مسكنه بالرغم عما شيده من عمارة بمواد بناء اخرى. وقد لجأ الإنسان الأول إلى إستخدام المواد العازلة للحرارة الطبيعية مثل الأخشاب ومشتقاتها. وللإحتياج الشديد لهذه المواد العازلة للحرارة ظهر فى أوائل هذا القرن وبدأ عزل المنشآت حراريا بطريقة مدروسة بغرض الحد من فقد الحرارة أو اكتسابها إلى جانب تحقيق الراحة الحرارية للإنسان داخل منزله ومع بداية الثلاثينات من هذا القرن ظهر الصوف الزجاجى وفى أواسط الأربعينات ظهرت صناعة البولسترين بنوعيه والبولى يوريثان ومادة الفورمالهيد وفى الخمسينات ظهر الفينول الرغوى[1].

وتوفير الراحة الحرارية داخل المسكن يمكن تحقيقه عن طريق إستخدام المواد العازلة للحرارة فى اجزاء كثيرة من المبنى كما أن الشعور بالحرارة لا يتوقف فقط على درجة حرارة المكان بل يمتد ليشمل درجة حرارة الجدران الداخلية المحيطة كما بشكل (٢-١)[2].

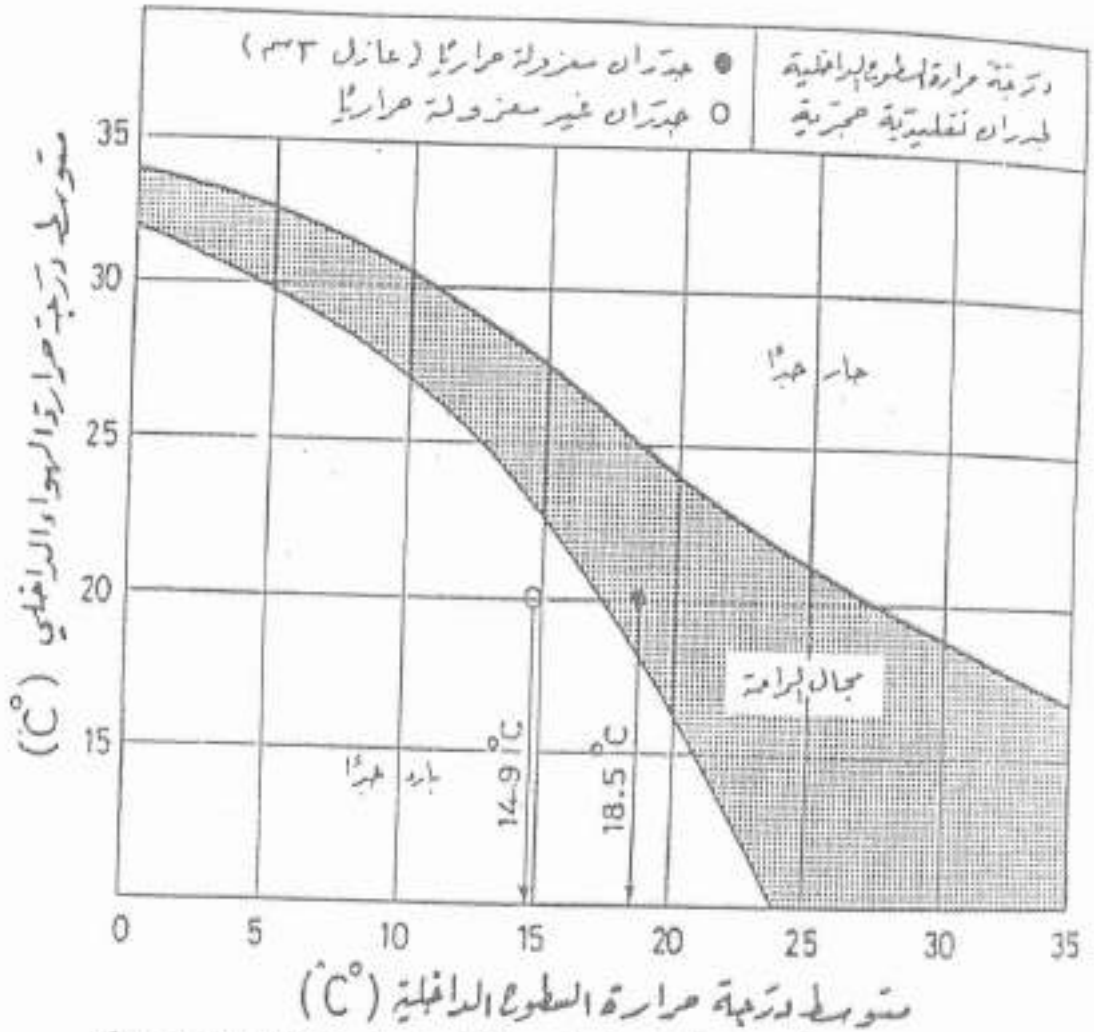
فإرتفاع درجة حرارة الأسقف والحوائط فى فصل الصيف الناتجة عن عدم إستخدام المواد العازلة للحرارة أو وضع المواد العازلة للحرارة وإختيارها بطريقة خاطئة يتسبب فى عدم الشعور بالراحة الحرارية وقد يتسبب أيضا فى ضياع المردود الاقتصادى لإعادة العازلة لذلك فمن المهم عند استخدام المواد العازلة للحرارة مراعاة بعض الخصائص الفيزوحرارية للمواد العازلة مثل إختزان الحرارة لضمان عمل هذه المواد بطريقة سليمة تؤدى فى النهاية إلى الوفر المنشود فى الطاقة وتأمين اجواء حرارية للقاطنين داخل هذه الأبنية خلال فصلى الشتاء والصيف. ومعرفة آلية إنتقال الحرارة فى المواد العازلة للحرارة يساعد كثيرا على إختيار هذه المواد فى المكان المناسب وتحت الظروف المناخية المناسبة فالمواد العازلة للحرارة بإستثناء العازلات الحرارية العاكسة للحرارة تتميز بكثافة ظاهرية منخفضة ومعامل توصيل حرارى متدنى وذلك لإحتوائها على عدد كبير جدا من المسامات والفراغات المملوئة بالهواء أو الغاز والموزعة بأحجام وأشكال مختلفة فى المادة .

---

١ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير نهائى(سبتمبر ١٩٩١م).

٢ - محمد محمود عبد الرازق ،" اقتصاديات استخدام المواد العازله للحراره فى المبانى "، المؤتمر الثانى للتنمية الريف المصرى، مركز بحوث الاسكان والبناء ، ١٩٩٩.

ويصل حجم الهواء فى بعض المواد العازلة للحرارة إلى ما يقرب من ٧٥ % وأحيانا يصل الى ٩٩ % من حجمها الكلى وهو ما يسبب أيضا التكنى الملحوظ فى معامل التوصيل الحرارى للمادة . ويؤثر حجم وشكل الخلايا وطريقة توزيعها فى العازل الحرارى على خاصية التوصيل كما أن خلايا هذه المواد من حيث أنه مفتوحة إلى مغلقة تلعب دورا حيويا فى نفاذية بخار الماء[1].



شكل (٢-١): مجال الراحة الحرارية داخل المسكن وعلاقته بدرجة حرارة الجدران المحيطة والهواء الداخلى وبيان أثر العزل الحرارى للجدران (التقليدية) على مستوى الراحة خلال فترة التدفئة[2]

---

[1] - مركز بحوث الاسكان والبناء :محمد محمود عبد الرازق ، " المواد العازله للحراره " ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل -

[2] - محمد محمود عبد الرازق " اقتصاديات استخدام المواد العازله للحراره فى المبانى " المؤتمر الثانى لتنمية الريف المصرى، مركز بحوث الاسكان والبناء ، ١٩٩٩ م.

٢-١-٢ : فوائد العزل الحرارى

٢-١-٢-١ : تعريف العزل الحرارى

يمكن تعريف العزل الحرارى على أنه استخدام مواد لها خواص عازلة للحرارة (قابلة للتوصيل للحرارة) بحيث تساعد على الحد من تسرب الحرارة وإنتقالها من خارج المبنى إلى داخله صيفا والعكس شتاءا . ويتم إنتقال الحرارة إلى داخل المبنى عن طريق الأسقف والحوائط والنوافذ ، وتقدر نسبة الحرارة المتسربة من الأسقف والجدران بحوالى ٦٠ -٧٠ % والباقى من النوافذ وفتحات التهوية[١].

٢-١-٢-٢: أهم فوائد العزل الحرارى للمبانى السكنيه

تتمثل أهم فوائد العزل الحرارى للمبانى السكنيه فى الآتى :

- يخفض إستهلاك الطاقة الكهربائية التى تعد من اهم مزايا العزل الحرارى .
- يؤدى العزل الحرارى إلى جعل الهواء داخل المبنى بدون تكييف مقبولا نسبيا فى أيام الصيف الحارة ، حيث تصل درجة الحرارة بدون تكييف داخل المبنى إلى ٣٥ م شكل (٢-٢) ويلاحظ أن الفرق كبير بين درجة حرارة الداخل ودرجة الحرارة فى الخارج ، كما تؤدى إلى إحتفاظ المبنى بدرجة الحرارة المناسبة لمدة طويلة دون الوصول إلى تشغيل أجهزة التكييف فترة أطول .
- حماية المبنى : يؤدى العزل الحرارى إلى حماية الطبقة العازلة للماء فى الأسطح لأنه فى حالة عدم وجود عازل للحرارة تصل درجة حرارة الهواء الخارجى لسطح المبنى الى ٤٢ م عند الساعه ٢ ظهرا وتصل درجة حرارة العازل المائى فى نفس الوقت الى ٤٧ م بينما تنخفض إلى ٣٢ م عند الساعة الخامسة صباحا . يؤدى هذا الفرق فى درجات الحرارة وتكرار هذا إلى تشقق العازل المائى وفقدانه لخواصه ، وهذا ينطبق على سقف المبنى بشكل كبير ، فيؤدى ذلك إلى حدوث شروخ فى هيكل المبنى على عكس المبانى المعزولة حيث يساعد العزل على حماية العازل المائى من عوامل التقلبات الجوية.
- إستخدام أجهزة التكييف ذات قدرة أقل ، حيث يلاحظ أن تحديد سعة التكييف يعتمد على حجم الهواء فى الغرفة وعلى الحرارة المتسربة إلى داخل الغرفة ، ويلاحظ أنه فى حالة المبانى المعزولة تقل الحرارة المتسربة إلى داخل المبنى وبالتالى يمكن استخدام مكيفات ذات سعة أقل.
- تقليل إستخدام التكييف وبالتالى تقليل التأثير الصحى والنفسى على الإنسان بسبب الضوضاء الناتجة عن تشغيل الأجهزة .
- تقليل سماكات الحوائط والأسقف اللازمة لتخفيض إنتقال الحرارة إلى داخل المبنى[١].

---

١ - احمد هلال "العزل الحرارى وترشيد الطاقه فى عمارة الصحراء " ، التنميه العمرانيه فىالمناطق الصحراويه ومشكلات البناء فيها ، الجزء الثانى العمارة فى الصحراء " مركز بحوث الاسكان والبناء .

٢-١-٣ : مواد العزل الحرارى

وهى المواد التى إذا استخدمت بطريقة مناسبة يمكن أن تقلل أو تمنع إنتقال الحرارة بوسائل إنتقال الحرارة المختلفة (التوصيل – الحمل – الإشعاع) . ويمكن التعرف على المواد العازلة وأشكالها وأهم الأنواع الشائعة منها فيما يلى[1]:

٢-١-٣-١: تصنيف المواد العازلة للحرارة

هناك عدد كبير من المواد العازلة للحرارة تستعمل فى شتى أغراض العزل الحرارى فى مجالات البناء والصناعة وتتوفر بأشكال وأحجام مختلفة ، لذلك فإن تصنيف المواد العازلة للحرارة حسب معيار معين يسهل التمييز بينها مما يؤدى بالتالى إلى سهولة إختيار المواد العازلة المناسبة فى المكان المناسب لها وتحت الظروف التطبيقية الملائمة ويمكن أن تصنف المواد الانشائية الخفيفة بشكل عام والمواد العازلة للحرارة بشكل خاص حسب المعايير التالية :

- تصنف حسب طبيعة تركيب الفراغات فى الماده العازلة للحرارة .
- تصنف حسب منشأ المواد العازلة للحرارة .
- تصنف حسب الشكل النهائى للمواد العازلة للحرارة .
- تصنف حسب التركيب الكيميائى للمواد العازلة للحرارة.

التصنيف حسب طبيعة تركيب الفراغات :

يمكن التمييز بين المواد العازلة للحرارة حسب تركيب الفراغات الداخلية لها كالتالى :

مواد ذات تركيب ليفى :

وهى المواد العازلة المكونة من ألياف شعرية يتخللها ويمكن أن تكون هذه المواد مصنعة من مواد معدنية (حجرية) كالألياف الزجاجية والصوف الصخرى حيث يجرى تصنيع هذه المواد بتحويل المادة الخام بطريق الصهر والعزل إلى ألياف دقيقة تكون النسيج الليفى للمنتج النهائى . كما أن هناك مواد اخرى طبيعية عضوية لها نفس التركيب كالصوف الطبيعى والقطن والألياف النباتية واللباد . **مواد ذات تركيب خلوى**

تنقسم هذه المواد إلى مواد عازلة عضوية وأخرى غير عضوية ويمتاز التركيب الخلوى لهذه المواد بصغر حجم الفرغات التى تكون غالبا موزعة بشكل متجانس خاصة فى المواد العازلة للحرارة

---

١ - المقرن خالد بن عبد الله بن محمد " العزل الحرارى للمبانى " مجلة المهندس- المجلد ٢ – العدد ١ صفر ، ١٤٠٩ هـ

المنتجة صناعيا ومن الأمثلة على المواد العازلة للحرارة الخلوية غير العضوية، الزجاج الرغوى والحجارة البركانية والخرسانة الخفيفة الرغوية والخلوية وكذلك البيرلايت والطين الممدد. أما المواد العازلة العضوية ذات التركيب الخلوى فيمثلها البولستيرين بنوعيه الممدد والمشكل بالبثق وكذلك الفلين الممدد والبولى يوريثان وكافة اللدائن الرغوية المستعملة فى العزل الحرارى[1].

ويمكن هنا إجراء تقسيم آخر لهذه المواد يتعلق بنوع الخلايا من حيث كونها مفتوحة أو مغلقة وهذا التقسيم ذات أهمية لبيان ومعرفة مدى قدرة المادة على إمتصاص الماء لذلك يمكن تقسيم المواد العازلة ذات التركيب الخلوى إلى :

- مواد ذات خلايا مفتوحة .
- مواد ذات خلايا مغلقة .
- مواد ذات خلايا مختلطة (مغلقة – مفتوحة) .

وجميع المواد المستعملة فى العزل الحرارى ذات خلايا مغلقة أو ذات خلايا مختلطة مرجح فيها الخلايا المغلقة .

<u>مواد ذات تركيب مسامى :</u>

تتكون الفراغات فى هذه المواد من مسامات شعرية تختلف فى حجمها وطريقة توزيعها وذلك حسب المادة وتقسيم هذه المواد إلى مواد طبيعية كبعض أنواع الخشب والفلين والقصب وإلى مواد أخرى صناعية لبعض اللدائن المسامية .

<u>مواد ذات تركيب رقائقى (قشور) :</u>

هناك أنواع من المواد العازلة للحرارة تتكون من جزيئات صغيرة على شكل قشور متراكمة أو رقائق يتخللها الهواء وتشكل بذلك فراغات هوائية منفصلة تؤدى إلى خفة وزنها ومن أهم انواع المواد الرقائقية المستعملة لمواد العازلة للحرارة الفيرمكيولايت والمايكا الممدد والطين الصفحى الممدد .

<u>التصنيف حسب الشكل النهائى :</u>

يمكن تصنيف المواد العازلة للحرارة من حيث استخدامها فى مجال عزل المنشآت إلى الأنواع التالية حسب الشكل النهائى .

---

[1] – مركز بحوث الاسكان والبناء ،محمد محمود عبد الرازق " المواد العازله للحراره " ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل.

المواد العازلة للحرارة السائبة :

هى مواد تتكون من حبيبات يمكن استخدامها مباشرة فى ملء الفراغات بين الحوائط المزدوجة كما يمكن خلطها بمواد رابطة لإنتاج ألواح جاسئة مثل الفيرميكوليت والبيرلايت .

المواد العازلة للحرارة شبة الجاسئة :

تتكون هذه المواد من مواد عضوية او غير عضوية لها درجات مختلفة من قابلية الانضغاط وتكون عادة فى شكل أغطية (لفائف) أو لباد عازل ويستعمل معها حواجز لبخار الماء وأحيانا تغلف من أحد الوجهين أو كلاهما برقائق الألمنيوم أو البلاستيك أو الورق وقد تغطى بشبكة أسلاك معدنية بتخانات أو أشكال مختلفة ويمكن إعتبارها فى بعض الأحيان مادة تشطيب نهائيه ومن أمثلتها الصوف الزجاجى والصوف الصخرى والصوف الخبثى والفلين الطبيعى .

المواد العازلة الجاسئة :

المواد العازلة الجاسئة تنتج على شكل ألواح ذات أبعاد مختلفة وتتكون هذه المواد من خلايا مغلقة مجوفة وتصنع من الزجاج والمطاط والبلاستيك ومن أمثلتها الزجاج الرغوى والمطاط الممدد والبولسترين الممدد والبولسترين المشكل بالبثق[1].

المواد العازلة الرغوية :

وهى مواد عازلة تنتج فى شكل رغوة يمكن تنفيذها على الأسطح الأفقية المراد عزلها بالحقن فى فراغات الحوائط المزدوجة ومن أمثلة هذه المواد رغوة اليولى يوريثان ورغوة الفينول والخرسانة الخفيفة الخلوية .

المواد العازلة للحرارة العاكسة :

تتكون المواد العازلة العاكسة من شرائح دقيقة متوازية أو رقائق ذات انعكاسية مرتفعة وتتوقف خواص المواد العاكسة للحرارة على طريقة تصميمها وتركيبها على الأسطح الخارجية أو داخل الفراغات بحيث يتم تغليف أحد سطحى هذه الفراغات أو السطحين معا بالمواد العاكسة للحرارة[2].

---

١ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،محمد محمود عبد الرازق ، " المواد العازله الحراره "، ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل.

٢ - المرجع السابق

٢-١-٤ : ميكانيكية إنتقال الحرارة فى المواد العازلة للحرارة

٢-١-٤-١ : إنتقال الحرارة خلال الغازات

تنتقل الحرارة فى المواد العازلة عموما بشكل يشارك فيه الغاز أو الهواء الذى يملأ الخلايا كما تشارك فيه المادة الصلبة التى تشكل جدران الخلايا أو الألياف نفسها التى يتخللها الهواء. كما بالشكل (٢-٢) اما المواد العاكسة العازلة للحرارة يمثل تجويف معزولا بثلاث سطوح عاكسة للحرارة ومن المعروف أن الجزء الرئيسى من الحرارة ينتقل خلال الغازات أو الهواء بالحمل بينما ينتقل الجزء الأقل عن طريق التوصيل وفى المواد العازلة للحرارة تلعب حجم المسافات على تقيد حركة الهواء ومن ثم الموصلية الحرارية وعند إنتقال الحرارة بالحمل يمكن تميز نوعين من الحمل أولهما الحمل المجهرى والحمل الجاهرى فالحمل المجهرى Qgc يتم داخل المواد العازلة للحرارة بواسطة الغاز أو الهواء

المحصور ضمن المسام الصغيرة والتى تزيد أبعادها عن متوسط المسار (mean free path of molecul) وتتعدم هذه الخاصية فى العوازل الحرارية المتناهية فى الصغر والتى تبلغ أقطارها (٠,١) ميكرومتر أو اقل أما الحمل الجاهرى Qgr (marco- convetion) يتم فى التجويفات الهوائية وتنشأ عن الحمل الجاهرى تيارات حمل متفاوتة ناتجة عن تدفق درجات الحرارة حيث تنتقل جزيئات الهواء الدافئة عبر المسافات المفتوحة إلى أعلى ثم تعاود هبوطها وهكذا[١].

٢-١-٤-٢: إنتقال الحرارة خلال المادة الصلبة

هناك نوعان من الانتقال الحرارى عن طريق المادة الصلبة للعازل الحرارى أولهما الإنتقال بالتوصيل خلال المادة الصلبة Qsc وتعتمد كمية الحرارة على طول المسار التى تسلكه الحرارة من الجانب الدافىء إلى الجانب البارد ويزداد هذا المسار طولا وتعرجا فى المواد العازلة للحرارة وبالتالى تقل كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل فى هذه المواد .

وثانى هذه الطرق هو انتقال الحرارة بالإشعاع Qsr بين سطوح الخلايا أو الألياف ويشكل هذا النوع جزءا مهما من مجمل الحرارة المنتقلة عبر العوازل الحرارية التى تقل كثافتها عن ١٢ كجم /م^{٣} عند درجات الحرارة العادية ويمكن تقليل هذا المعدل عبر المواد العازلة إذا كانت المواد الصلبة المكونة لجدران الخلايا ذات سطح عاكسة للحرارة أو غير شفافة وكذلك إذا كانت السطوح لامعة عاكسة للحرارة .

---

١ - مركز بحوث الاسكان والبناء محمد محمود عبد الرازق " المواد العازله للحراره " ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل

أ – كيفية انتقال الحرارة خلال العوازل الحرارية الخلوية

ب – انتقال الحرارة خلال العوازل الحرارية الليفية

جـ– انتقال الحرارة خلال العوازل العاكسة للحرارة

وعلى ذلك يمكن كتابة كمية الحرارة المنتقلة خلال المادة العازلة (Q) على الصورة التالية:

$$Q=Q_{gc}+Q_{gv}+Q_{sc}+Q_{sr} \qquad (1)$$

حيث :

Q_{gc} كمية الحرارة المنتقلة بالحمل الجاهرى خلال الغاز الموجود بالمادة العازلة

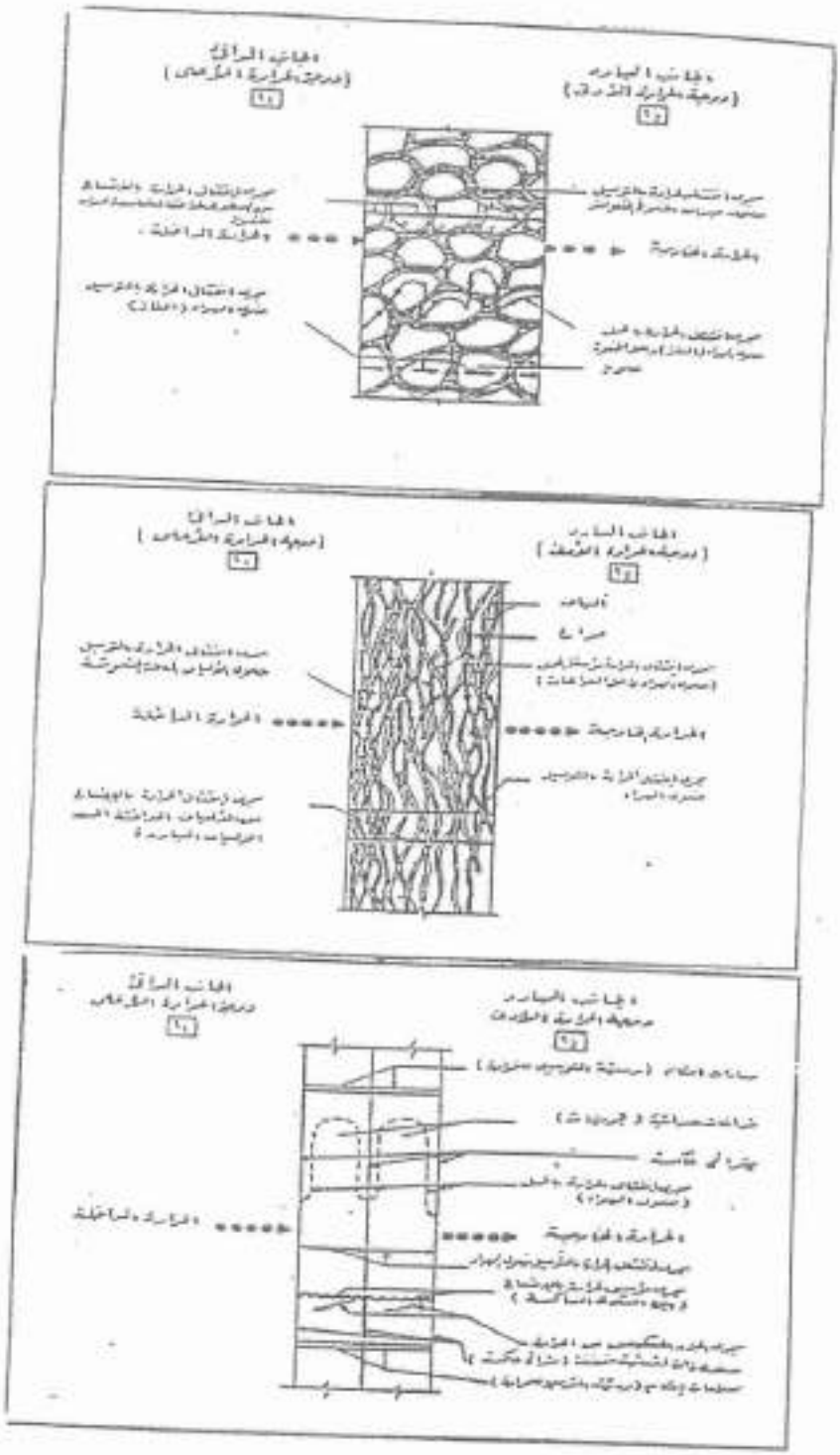
Q_{gv} كمية الحرارة المنتقلة بالحمل المجهرى خلال الغاز الموجود بالمادة العازلة

Q_{sc} كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل خلال المادة الصلبة فى المادة العازلة

Q_{sr} كمية الحرارة المنتقلة بالإشعاع بين السطوح الداخلية فى المادة العازلة

---

١ – احمد هلال "العزل الحرارى وترشيد الطاقه فى عمارة الصحراء" ، التنميه العمرانيه فىالمناطق الصحراويه ومشكلات البناء فيها ، الجزء الثانى العمارة فى الصحراء ، " مركز بحوث الاسكان والبناء .



شكل (٢-٢) : كيفية انتقال الحرارة خلال المواد العازلة المختلفة[١]

١- محمد محمود عبد الرازق ، " الاعتبارات استخدام المواد العازلة للحرارة فى المبانى "، المؤتمر الثانى لتنمية الريف المصرى، مركز بحوث الإسكان والبناء ، ١٩٩٩ م.

وعليه يصبح إصطلاح معامل التوصيل الحرارى للمادة العازلة إصطلاح مجازى يقصد به الموصلية الحرارية الظاهرية (Apparent Thermal Conductivity) ويتضمن أجزاء من الحرارة المنتقلة بالتوصيل والحمل والإشعاع للمواد التى تتكون منها المادة العازلة لذلك فإن الموصلية الحرارية للماده العازلة للحرارة تتكون من[1]:

$$K = K_{gc} + K_{gv} + K_{sc} + K_{sr} \qquad (2)$$

حيث :

K_{gc} الموصلية الحرارية المعبرة عن التوصيل الجاهرى

K_{gv} الموصلية الحرارية المعبرة عن التوصيل المجهرى

K_{sc} الموصلية الحرارية المعبرة عن التوصيل خلال المادة الصلبة

K_{sr} الموصلية الحرارية المعبرة عن الاشعاع بين السطوح الداخلية

---

[1] - احمد هلال "العزل الحرارى وترشيد الطاقه فى عمارة الصحراء" ، التنميه العمرانيه فىالمناطق الصحراويه ومشكلات البناء فيها ، الجزء الثانى العمارة فى الصحراء ، " مركز بحوث الاسكان والبناء .

[2] - بالقيم عبد المحسن بن سليمان . الحاجه لاستعمال العوازل الحراريه فى المملكه العربيه السعوديه . مجلة المهندس المجلد الثانى ، العدد ١ ، صفر ١٤٠٩ هـ .

الفصل الثانى
(٢-٢)

أنواع المواد العازلة للحرارة وخواصها

٢- ٢: انواع المواد العازلة للحرارة وخواصها

٢-٢-١: المواد العازلة السائبة

من اهم أنواع المواد العازلة السائبة مادة الفيرميكيوليت ومادة البيرلايت .

٢-٢-١-١: الفيرميكيوليت

أ- التكوين والشكل العام :

الفيرميكيوليت عبارة عن معدن طينى صلصالى يشبه الميكا ، وهو عبارة عن قشور تنتج من تسخين وتحميص الفيرميكيوليت الخام عند درجات حرارة عالية فتتمدد ويزداد حجمها عدة مرات . ويتراوح التدرج الحبيبى للقشور من ٠,١٥ مم الى ٩,٥ مم .

والمكونات الأساسيه للخام هى :

- سليكا - أكسيد ماغنسيوم - ألومنيا - ماء- أكسيد صوديوم - أكسيد حديد- أكسيد بوتاسيوم - أكسيد تيتانيوم

ب - الخصائص الحرارية والميكانيكية[١]:

جدول (٢-١) خصائص الفيرميكيوليت الحرارية والميكانيكية[٢]

الخاصيه	القيمه Value	الوحده Unit
الموصلية الحرارية	٠,٠٦٥	(وات / م . س)
الكثافه	١٠٠	(كجم / م٣)
إمتصاص الرطوبة	%٣,٥	النسبة المئوية لإمتصاص الرطوبة لقشور الفيرميكيوليت بالوزن
مقاومة الحريق	درجة الانصهار ٣١١٥	س
مقاومة الإنضغاط	٣,٥ لخلطة مكونة من ١٧٥ كجم أسمنت بورتلاندى لكل مترمكعب فيرميكيوليت	كجم / سم٢

---

١ - اللجنه الدائمه لاعداد الكود المصرى لاسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنود اعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥ م.

٢ - المرجع السابق

٢- ٢: انواع المواد العازلة للحرارة وخواصها

٢-٢-١: المواد العازلة السائبة

من اهم أنواع المواد العازلة السائبة مادة الفيرميكيوليت ومادة البيرلايت .

٢-٢-١-١: الفيرميكيوليت

أ- التكوين والشكل العام :

الفيرميكيوليت عبارة عن معدن طينى صلصالى يشبه الميكا ، وهو عبارة عن قشور تنتج من تسخين وتحميص الفيرميكيوليت الخام عند درجات حرارة عالية فتتمدد ويزداد حجمها عدة مرات . ويتراوح التدرج الحبيبى للقشور من ٠,١٥ مم الى ٩,٥ مم .

والمكونات الأساسيه للخام هى :

- سليكا – أكسيد ماغنسيوم – ألومنيا – ماء- أكسيد صوديوم – أكسيد حديد- أكسيد بوتاسيوم – أكسيد تيتانيوم

ب – الخصائص الحرارية والميكانيكية[1]:

جدول (٢-١) خصائص الفيرميكيوليت الحرارية والميكانيكية[2]

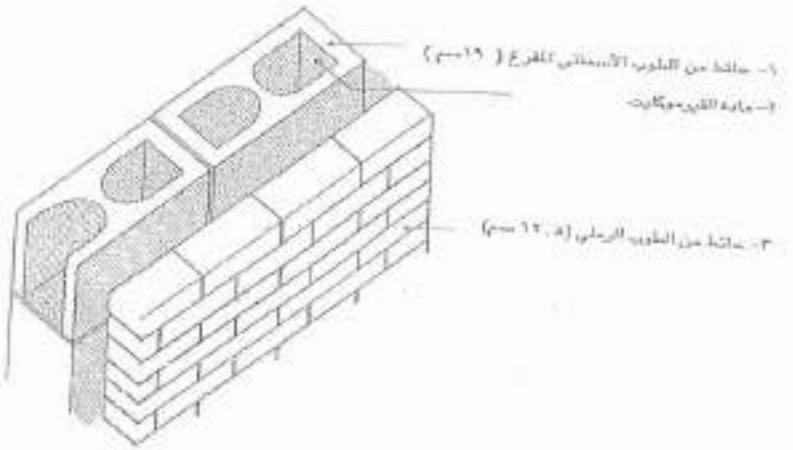
الخاصيه	القيمه Value	الوحده Unit
الموصلية الحرارية	٠,٠٦٥	(وات / م ٠ س)
الكثافه	١٠٠	(كجم / م٣)
إمتصاص الرطوبة	%٣,٥	النسبة المئوية لإمتصاص الرطوبة لقشور الفيرميكيوليت بالوزن
مقاومة الحريق	درجة الانصهار ١١٥٣	س
مقاومة الإنضغاط	٣,٥ لخلطة مكونة من ١٧٥ كجم أسمنت بورتلاندى لكل مترمكعب فيرميكيوليت	كجم / سم٢

١ - اللجنه الدائمه لاعداد الكود المصرى لأسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنود اعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥ م.

٢ - المرجع السابق

جـ- الاستخدام فى مجال البناء

١ - فى حالته السائبة
٢ - لإنتاج الخرسانة الخفيفة العازلة بخلطة مع الركام والأسمنت
٣ - لإنتاج المون العازلة للحرارة بخلطة مع الأسمنت أو الجبس
٤ - لانتاج ألواح باستخدام مواد رابطة مناسبة



شكل (٢-٣) : جدار من الطوب الأسمنتى المفرغ مع مادة حشو الفيرميكيوليت[١]

٢-٢-١-٢: البيرلايت السائب

أ- التكوين والشكل العام :

البرلايت هو الاسم العام للمعادن السيليسية الموجودة فى الطبيعة والتى يتم استخراجها من المناجم وطحنها ونخلها وتجفيفها لإنتاج البرلايت الخام[٢].

وهو عبارة عن مادة صخرية طبيعية على شكل حبيبات بيضاء اللون[٣] مختلفة الأحجـام تزن (٩٦٠-١٢٠٠) كجم /م٣ وتحضر هذه المادة بتسخين صخور البرلايت البركانية إلى درجة حرارة ١٢٠٠ س إلى كثافات ٣٢ - ١٧٦ كجم/ م٣ متحولة إلى اللون الأبيض على شكل معدن

١ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير نهائى (سبتمبر ١٩٩١م) .
٢ - الهيئه المصريه العامه للمواصفات والجوده ،" البيرلايت السائب المستخدم فى العزل" المواصفات القياسيه المصريه ، ٢٠٠٦م.
٣ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير نهائى(سبتمبر ١٩٩١م) .

طبيعى نتيجة لتحول المحتوى الرطوبى للخام إلى بخار يعمل على تكوين خلايا ميكروسكوبية ويصنف كمادة بناء أولية وهو غير قابل للإحتراق[1] .

ب – التصنيف :

يصنف البرلايت السائب المستخدم فى العزل إلى أربعة أصناف كالتالى[2]:

النوع الاول :

هو الناتج من تمدد خام البرلايت الطبيعى بواسطة التسخين

النوع الثانى :

هو البرلايت الممدد الذى تم معالجة سطحة ليكون طاردا للمياه وذو إمتصاصية محددة للرطوبة من السوائل وابخرتها .

النوع الثالث :

هو برلايت ممدد تم معالجة سطحة لكى يحد من الأتربة المتولدة أثناء الاستخدام .

النوع الرابع :

هو برلايت ممدد تم معالجة سطحه ليكون طاردا للمياه ولكى يحد من الأتربة المتولدة أثناء الاستخدام .

ج– عزل الجدران بالبيرلايت السائب :

من أهم مميزات استخدام البيرلايت السائب انه ينتشر ليملأ اصغر الفجوات والتشققات وهذه الخاصية الإنسيابية تزيد من كفاءة وفعالية جدران الطوب المعزولة بالبيرلايت[3].

د– طرق تنفيذ أعمال العزل الحرارى للجدران بالبيرلايت السائب :

فى حالة بناء الجدار الخارجى من بلوكين مع ترك فراغ ٥ سم بين الطبقتين:

١ – تغلق جميع الفتحات الموجودة فى الجدار مثل فتحات الأبواب والشبابيك وفتحات التكييف وغيرها حتى لايتسرب البيرليت منها للخارج .

---

١ – الهيئه المصريه العامه للمواصفات والجوده ،" البرلايت السائب المستخدم فى العزل" ،المواصفات القياسيه المصريه ، ٢٠٠٦م.

٢ – الهيئه المصريه العامه للمواصفات والجوده ،" البرلايت السائب المستخدم فى العزل" ،المواصفات القياسيه المصريه ، ٢٠٠٦م.

٣ – المصريه لصناعة البرلايت والفيرموكوليت ،" البرلايت الانشائى "

٢ – يوضع البيرليت سائب فى الفراغ بين الطبقتين مع التأكد بأن جميع الفجوات قد إمتلأت بالبيرلايت .

٣ – يمكن إضافة الاسمنت أو الجبس إلى البيرلايت بنسبة قليلة وذلك بإضافة ٥٠ كجم اسمنت لكل متر مكعب بيرلايت مع وضع كمية قليلة من الماء ثم يتم صب الخليط فى الفراغ بين الجدارين.

فى حالة بناء الجدار الخارجى من بلوك واحد مفرغ يراعى ما يلى :

١ – التأكد من ان جميع فراغات الطوب الأسمنتى متصلة

٢ – التأكد من عدم ترك أى بقايا للمونة الاسمنتية داخل الفراغات .

٣ – تملأ الفراغات بصفة دورية كل ١٢٠ سم إرتفاع أو بصفة كاملة عند نهاية الحائط .

٤ – يمكن استخدام الخلط بالاسمنت أو الجبس كما سبق[١].

و – عزل الاسقف :

يستخدم البيرلايت الممدد فى عزل الأسقف بعمل طبقة من الخرسانة البيرليتية الخفيفة مكونة من البيرلايت والأسمنت البورتلاندى العادى والماء كما هو موضح بالشكل (٢-٤) .

ويتم عمل الخرسانة البيرليتية بنسب خلط مختلفة تلائم الإحتياجات المطلوبة من العزل الحرارى كما هو موضح بالجدول : جدول (٢-٣) نسب الخلط المختلفة للخرسانة البيرلايتية[٢].

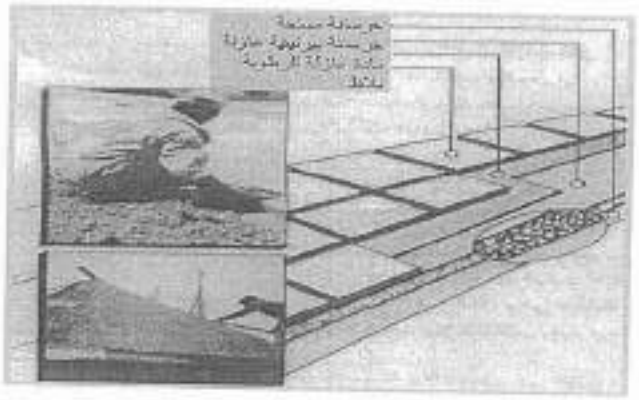
جدول (٢-٢) نسب الخلط المختلفة للخرسانة البيرلايتية[٣]

رمز الخلطه	مكونات الخلطه				الخصائص الفيزيائيه	
	بيرلايت / لتر	أسمنت / كجم	ماء /لتر	معامل هواء لتر	قوة الكسر / كجم / سم٢	الكثافه / م٣
١	١٠٠٠	٢٥٠	٢٧٠	٤,١	٥-٦	٤٠٠-٥٠٠
٢	١٠٠٠	٣٠٠	٢٩٠	٤,١	٨-١٠	٦٠٠-٥٠٠
٣	١٠٠٠	٣٥٠	٣٠٠	٤,١	١٢-١٤	٧٥٠-٦٥٠
٤	١٠٠٠	٤٠٠	٣٢٠	٤,١	١٨-٢٢	٨٥٠-٩٧٠
٥	١٠٠٠	٤٥٠	٣٣٠	٤,١	٢٦-٣٥	١١٠٠-١٢٠٠
٦	١٠٠٠	٥٠٠	٣٥٠	٤,١	٤٠-٦٠	١٣٠٠-١٤٠٠

١ – المصرية لصناعة البيرلايت والفورموكولايت " البيرلايت الانشائى "

٢ – المرجع السابق

٣ – المرجع السابق



شكل (٢-٤): يوضح عزل الأسقف باستخدام البيرلايت الممدد[١]

٢-٢-٢: المواد العازلة شبه الجاسئة

من اهم المواد شبه الجاسئة الصوف المعدنى – الفلين الطبيعى .

٢-٢-٢-١: التركيب

تتكون قوالب أو ألواح الصوف المعدنى الجاسئة والشبه جاسئة من عملية تصنيع الألياف من مصهور الصخر ، الخبث أو الزجاج إلى الحالة الليفية وتتماسك مع رباط عضوى أو غير عضوى أو كليهما ولا يستخدم الإسبستوس كجزء من المنتج[٢].

٢-٢-٢-٢ التكسيات

يحدد العميل ما إذا كان يورد له العازل عادى أو بتكسيات وفى حالة السطح المكسى سوف يحدد نوع ومتطلبات التكسيات .

التكسيات النمطية تكون كما يلى :

١ – رقائق الألومنيوم ، شاش من الصوف الزجاجى المقوى ، رقائق من ورق الكرافت البنى الطبيعى

---

١ – المصريه لصناعة البيرلايت والفورموكوليت ، " البيرلايت الانشائى "

٢ – الهيئة المصريه العامه للمواصفات والجوده ، "قوالب وألواح الصوف المعدنى العازل للحراره" ، المواصفات القياسيه المصريه ٢٠٠٦ م.

٢ - رقائق من الورق الكرافت الأبيض ، شاش من الصوف الزجاجى المقوى ، رقائق الالمنيوم (للوجه) والمعروفه بـ (All service Jacket)

٣ - رقائق من الألمنيوم ، شاش من الصوف الزجاجى المقوى ، رقائق من البلاستيك مثل بولى إيثيلين (للوجه) وتعرف عموما بـ " رقائق – شاش – بولى ايثيلين"[١]

ويتوافر الصوف المعدنى فى ثلاثة أنواع هى الصوف الزجاجى والصوف الصخرى والصوف الخبثى[٢].

أ- الصوف الزجاجى :

١ -التكوين والشكل العام[٣] :

الصوف الزجاجى هو مادة ناتجة عن طريق صهر الزجاج ثم تحويله إلى ألياف لايزيد قطرها عن ١٠ ميكرون بطريقة الطرد المركزى ويتم تشكيل الألواح شبه الجاسئة بإضافة مواد رابطة إلى ألياف الصوف الزجاجى وقد تحتوى هذه الألواح إلى أغلفة للحماية (من رقائق الألمنيوم العاكسة أورقائق البولى إيثيين أو الورق المقوى المقاوم للإشتعال) ويتوافر الصوف الزجاجى فى عدة صور وهى :

١ - الصوف الزجاجى السائب .
٢ - حصائر الصوف الزجاجى .
٣ - لباد الصوف الزجاجى .
٤ - ألواح .

يتم تصنيف المواد المستخدمة كعازل حرارى من الصوف الزجاجى حسب أشكاله والجدول التالى يبين هذه الأنواع.

---

١ - الهيئه المصريه العامه للمواصفات والجوده ، "قوالب وألواح الصوف المعدنى العازل للحراره"، المواصفات القياسيه المصريه ٢٠٠٦م .
٢ - اللجنه الدائمه لاعداد الكود المصرى لاسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنود اعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥م.
٣ - المرجع السابق

جدول (٢-٣): يوضح انواع الصوف الزجاجى حسب الشكل[١]

النوع	الوصف
الصوف الزجاجى السائب	ماده ناتجة عن طريق صهر الزجاج ثم تحويله إلى ألياف بواسطة إحدى الطرق الآتية : طريقة اللهب وطريقة الطرد المركزى أو طريقة الدوامة وتستعمل لمدى وسع من درجات الحرارة (١٩٥٠س- ٥٥ص)
حصائر الصوف الزجاجى	هى حصيرة من ألياف الصوف الزجاجى لاتحتوى على مادة لاصقة ومخاطة بخيط وسلك وتكون مغلفة من أحد جوانبها أو الجانبين بغلاف من قفص معدنى أو نسيج قماش أو ورق مقوى ويتحمل مدى واسع من درجات الحرارة .
لباد الصوف الزجاجى	يشكل بإضافة مواد رابطة تتصلد بالحرارة لألياف الصوف الزجاجى وكثافته أقل من ٣٢ كجم / م٣ وقد تحتوى على أغلفة للحماية من رقائق الألمنيوم العاكسه أو رقائق البولىثيلين أو الورق المقوى .
ألواح الصوف الزجاجى	يشكل بإضافة مواد رابطة تتصلد بالحرارة لالياف الصوف الزجاجى وكثافته اكبر من ٣٢ كجم / م^{3} وقد تحتوى على أغلفة للحماية من رقائق الألمنيوم العاكسة أو رقائق البولى إيثيلين أو الورق المقوى .

٢- إستخداماته فى مجال البناء

الالياف السائبة تستخدم فى حشو فراغات الحوائط المزدوجة كما يستخدم فى صورة ألواح لعزل الأسطح والحوائط[٢].

ب- الصوف الصخرى

١- التكوين والشكل العام[٣]

الصوف الصخرى هو ألياف ناتجة من صهر الفلزات ذات المقاومة الحرارية العالية والمكون بصورة رئيسية من الجير (الكلس) والسليكا . ويتم تشكيل الألواح بإضافة مواد رابطة

١- الهيئه المصريه العامه للمواصفات والجوده ، " المواصفات القياسيه الخاصه بمواد العزل الحرارى الصوف الزجاجى ومنتجاته "، المواصفات القياسيه المصريه ٢٠٠٦ م .

٢- اللجنه الدائمه لاعداد الكود المصرى لاسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنود اعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥م

٣- المرجع السابق

لألياف الصوف الصخرى وقد تغطى الألواح بغلاف مناسب من رقائق الألمنيوم أو الورق المقوى. ويتم تصنيف المواد المستخدمة كعازل حرارى من الصوف الصخرى حسب أشكالها كما هو موضح بالجدول(٢-٤).

جدول (٢- ٤) : المواد المستخدمة كعازل حرارى من الصوف الصخرى حسب أشكالها المختلفة[1]

النوع	الصنف
الصوف الصخرى	هو الألياف الناتجة عن صهر الفلزات ذات المقاومة الحرارية العالية والمكون بصور رئيسية من الجير (الكلس) والسليكا .
ألواح العزل الحرارى	تتشكل الألواح بإضافة مواد لاصقة لألياف الصوف الصخرى . يمكن أن تغطى الألواح من الخارج بغلاف مناسب يلصق بالغراء أو يمكن أن تغطى السطوح حسب الطلب .
لباد العزل الحرارى	يشكل اللباد باضافة مواد لاصقة لالياف الصوف الصخرى . يمكن ان تغطى من الخارج بغلاف مناسب يلصق بالغراء او يمكن ان تغطى السطوح حسب الطلب .
إسطوانات العزل الحرارى	تتشكل الإسطوانات (مغلفات الانابيب) بإضافة مواد لاصقة لألياف الصوف الصخرى ، يمكن أن تغلف الإسطوانات من الخارج بغلاف مناسب يلصق بالغراء أو حماية السطوح بطبقات حماية حسب الطلب .
أحزمة العزل الحرارى	عباره عن عدة طبقات من الصوف الصخرى أو من ألواح العزل الحرارى مقطوعة إلى عدة أجزاء ذات عرض محدد ومرتبة بشكل طولى ضمن سقوف وتوضع على سطح واحد .
أغطية العزل الحرارى	عباره عن طبقات من الصوف الصخرى أو ألواح العزل الحرارى مقواة بأغطية خارجية من الأسلاك أو من شبك معدنى .

٢- خصائص الصوف الصخرى

يمكن توضيح خصائص الصوف الصخرى من خلال الجدول التالى :

جدول (٢-٥): يوضح خصائص الصوف الصخرى[1]

النوع	تكاثة الالياف مم حد اقصى	محتوى الاجزاء الدقيقه % حد اقصى	الكثافة كجم / م٣ حد أقصى	الموصلية الحرارية وك/م من حد اقصى	درجة حرارة الانكماش من حد أقصى
الصوف الصخرى	٧	٥	١٥٠	٠,٠٤٤	٦٥٠

ملاحظه : لاتطبق متطلبات الكثافة على الصوف الصخرى المعبأ بطريقة الضغط .

[1] - الهيئه المصريه العامه للمواصفات والجوده : "مواد العزل الحرارى من الصوف الصخرى ومنتجاته ،الجزء الاول : المتطلبات" ، المواصفات القياسيه المصريه ٢٠٠٦م .

خصائص الالواح ، اللباد ، الاسطوانات ، الأحزمة والاغطية :

يمكن توضيح خصائص اللباد والإسطوانات و الأحزمة والألواح والأغطية من الصوف الصخرى من خلال الجدول التالى :

جدول (٢-٦): خصائص اللباد والإسطوانات الأحزمة الألواح، والأغطية من الصوف الصخرى [١]

النوع		الكثافة كجم / م٣ حد اقصى	الموصلية الحرارية وات / م س حد اقصى	درجة حرارة الإنكماش س حد أدنى	مقاومة الإنحناء نيوتن / سم٢
الألواح	١	١٠٠	٠,٠٤٤	٦٠٠	–
	٢	١٦٠	٠,٠٤٣		–
	٣	٣٠٠	٠,٠٤٤		–
	٤أ	٣٥٠	٠,٠٥٥		–
	٤ب				–
اللباد	–	٧٠	٠,٠٤٩	٤٠٠	–
الإسطوانات		٢٠٠	٠,٠٤٤	٦٠٠	–
الأحزمة	١	١٠٠	٠,٠٥٢		–
	٢	١٦٠	٠,٠٤٩		–
الأغطيه	١	١٠٠	٠,٠٤٤	٦٠٠	–
	٢	١٦٠	٠,٠٤٣		–

٣- إستخداماته فى مجال البناء

الألياف السائبة تستخدم فى حشو فراغات الحوائط المزدوجة كما يستخدم فى صورة ألواح لعزل الأسطح والحوائط[٢].

١- المرجع السابق

٢- المرجع السابق

ج- الصوف الخبثى :

١- التكوين والشكل العام[١]:

الصوف الخبثى هو مادة ناتجة عن طريق تحويل خبث الأفران المنصهر إلى ألياف بطريقة الطرد المركزى ويكون قطر الألياف حوالى ٨ ميكرون . ويتم تشكيل الألواح شبة الجاسئة بإضافة مواد رابطة لألياف الصوف الخبثى وقد تحتوى على أغلفة للحماية (من رقائق الألومنيوم العاكسة أو رقائق البولى إيثيلين أو الورق المقوى المقاوم للإشتعال).

ويتوافر الصوف الخبثى فى عدة صور أخرى تستخدم للعزل مثل : الألياف السائبة ، الحصائر ، اللباد ، الألواح الجاسئة .

٢- الخصائص الحرارية والميكانيكية[٢]:

جدول (٢-٧) : يوضح الخصائص الحرارية والميكانيكية للصوف الخبثى[٣]

الخاصية	الوصف
الموصلية الحرارية	تتراوح بين ٠,٠٣٦- ٠,٠٥٨ وات / م ºس
الكثافة	للألواح شبه الجاسئة لاتقل عن ٧٢ كجم / م^{٣} - اللباد والحصائر لاتزيد عن ٧٢ كجم / م^{٣}
إمتزاز الرطوبة	النسبة المئوية لإمتصاص الرطوبة لاتزيد عن ٥% للأغطية واللباد
مقاومة الإنضغاط	يكون الحد الادنى لمقاومة الانضغاط للألواح عند ١٠% ترخيم ٠,١٤ نيوتن / مم^{٢}

٣-إستخداماته فى مجال البناء

الألياف السائبة تستخدم فى حشو فراغات الحوائط المزدوجة كما يستخدم فى صورة ألواح لعزل الأسطح والحوائط.

١- اللجنة الدائمة لاعداد الكود المصرى لأسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنود اعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥م

٢- الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة ، "مواد العزل الحرارى من الصوف الصخرى ومنتجاته ،الجزء الاول : المتطلبات "، المواصفات القياسية المصرية ٢٠٠٦م .

٣- المرجع السابق

٢-٢-٣: المواد العازلة الجاسئة

من اهم المواد العازلة الجاسئة والأكثر شيوعا فى الإستخدام البولسترين الممـــدد والبولـــسترين المشكل بالبثق فى شكل ألواح جاسئة[١].

٢-٢-٣-١: البولسترين الممدد

أ- التكوين والشكل العام[٢]

الأسم التجارى " ستيروبور " أو " الفل الصناعى " حيث تتم عملية الإنتاج على ثلاث مراحـــل وهى: عملية التمدد الأولى ،عملية إنتاج وتبريد الحبيبات الممددة ، عملية الصب.

فى المرحلة الأولى تكون حبيبات البولسترين الصغيرة المبلمرة بيضاء اللـــون أو شـــفافه مشبعة بالغاز القابل للتمدد أما ببخار الماء لإنتاج كثافات منخفضة ، أو الماء الساخن بدلا مـــن البخار للحصول على بولسترين بكثافات أعلى.

يعمل الغاز على تمدد الحبيبات الصغيرة إلى حوالى ٣٠ ضعف حجمها الأصـــلى وفـــى المرحلة الثانية تنقل الحبيبات حيث تفقد جزء من الغاز بالتبريد ويتسرب الهواء بدلا من الغـــاز وتكون خلايا مغلقة مملؤه بالهواء . وفى المرحلة الثالثة يتم حقن القوالب ببخار الماء التى تعمل على تمدد الحبيبات الى ٥٠ ضعف حجمها الأول ويتم تبريد القوالب بالماء أو الهواء .

ينتج البولسترين على شكل حبيبات خفيفة الوزن وتباع بالكيلوجرام أو على شكل ألواح .

يوجد خمسة درجات من البولسترين الممدد تختلف طبقا للكثافة أو الاستخدام وهى :-

- درجات البولسترين الممدد طبقا للكثافة

جدول (٢-٨): درجات البولسترين الممدد طبقا للكثافة[٣]

النوع	الكثافة
القياسى (SD)	١٥ كجم / م^{٣}
ذو الأداء العالى (HD)	٢٠كجم / م^{٣}

---

١ - اللجنه الدائمه لاعداد الكود المصرى لاسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنـود اعمـال العـزل الحرارى" ٢٠٠٥ م.

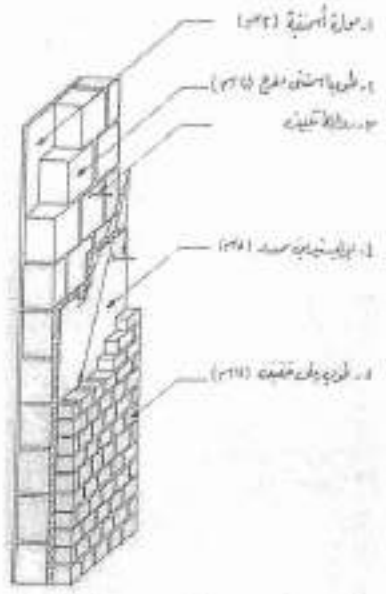
٢ - أ. د . جورج باسيلى خنا " دراسه مقارنه بين البولسترين الممدد والبولسترين المشكل بالبثق " ، قسم طبيعة المنشآت والعوامل البيئيه المحيطه ، مركز بحوث الاسكان والبناء .

٣ - المرجع السابق .

تابع جدول (٢-٨)

ذو الأداء المتفوق (EHD)	٢٥كجم / م^{٣}
ذو الأداء المتميز (UHD)	٣٠كجم / م^{٣}
العازل للصوت (ISD)	١٥ كجم / م^{٣}

وقد أجريت إختبارات معملية فى وحدة العزل والسلوك الحرارى * التابع لقسم طبيعة المنشآت والعوامل البيئية المحيطة على نوعين من ألواح البولسترين الممدد والمشكل بالبثق تم تجهيز العينات وأجريت الإختبارات لتعيين نسبة امتصاص الماء على فترات زمنية إمتدت حتى ٢٨ يوما وكذلك كلا من الموصلية الحرارية الجافه والرطبة ومعدل التجفيف والجدول(٢-٩) يلخص جميع القيم التى تم تعيينها معمليا[١].



شكل (٢-٥): جدار مع عازل من البولسترين الممدد[٢]

ويوضح الجدول التالى الخواص الطبيعية الحرارية للبولسترين المشكل بالتمدد .

---

١ - المرجع السابق

٢ - مركز بحوث الاسكان والبناء ، دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "الجمعيه الملكيه الارتنيه ، تقرير نهائى(سبتمبر ١٩٩١م)

جدول (٢-٩): الخواص الطبيعية الحرارية للبولسترين المشكل بالتمدد[١]

الخاصية	القيمة
الكثافة (كجم / م^{٣})	٢٥,٦
إمتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ١ يوم	%١,٤
إمتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ٤ يوم	% ٣,٧
إمتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ٧ يوم	% ٥,١
إمتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ١٤ يوم	% ٥,٤
إمتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ٢١ يوم	% ٥,٧
إمتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ٢٨ يوم	% ٦,١
الموصلية الحرارية للعينة الجافة وات / م س	٠,٠٣٥
الموصلية الحرارية للعينة المبللة وات / م س	٠,٠٥٠
الفترة الزمنية اللازمة لوصول العينات المبللة إلى حالة الجفاف الأولى (ساعة) عند ٥٠ س	٤٨

ب- إستخداماته فى مجال البناء[٢]

١ - فى اعمال العزل الحرارى للحوائط والأرضيات
٢ - فى عزل الأسقف بالنظام التقليدى
٣ - فى تصنيع الطوب الخفيف أو المون والخرسانات الخفيفة فى صورة قطع صغيرة سائبة

٢-٢-٣-٢: البولسترين المشكل بالبثق

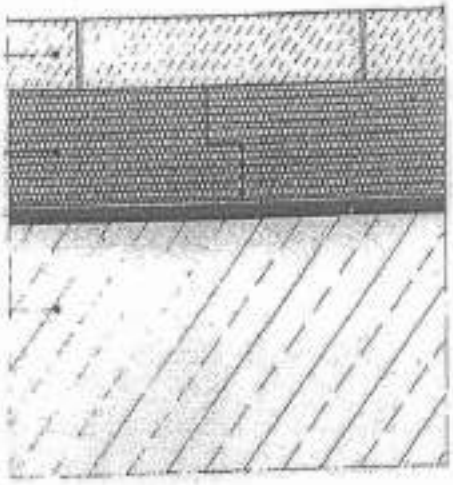
أ- التكوين والشكل العام :

الاسم التجارى إدفى فوم أو ستيروفوم أو البولسترين المضغوط وينتج منه أربعة أنواع طبقا للكثافه. وألواح البولسترين الجاسئة العازلة للحرارة المصنوعة بطريقة البثق المستمر ذات

١ - شركة ادفى كيمز " تعيين الخواص الفيزو حراريه للبولسترين المشكل بالبثق والتمدد " (شركة انظمة الهندسه الكيمياويه المتطوره)، مركز بحوث الاسكان والبناء .
٢ - اللجنه الدائمه لاعداد الكود المصرى لاسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنود اعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥ م.

اللون الأزرق[1] تصنع من بوليمر البولسترين المضاف إليه مادة نافخة رغوية مع بعض الإضافات الأخرى للتحكم فى حجم وانتشار وتوزيع الخلايا المغلقة فى المنتج النهائى . ويتم تشكيل الألواح بطريقة البثق المستمر بالسمك المطلوب[2].

ولألواح البولسترين المبثوق خواص ميكانيكية جيده وينتج منه أنواع خاصة ذات قابلية للإنضغاط كما يمكن التحكم فى شكل حواف الألواح بحيث يسهل تركيبها كما بالشكل الموضح شكل (٢-٦) .



شكل (٢-٦): العزل المقلوب باستخدام الواح البولسترين المبثوق[3]

ب- الخواص الطبيعية والحرارية

تم تجهيز العينات وأجريت الإختبارات لتعيين نسبة إمتصاص الماء على فترات زمنية إمتدت حتى ٢٨ يوما وكذلك كلا من الموصلية الحرارية الجافة والرطبة ومعدل التجفيف والجدول (٢-١٠) يلخص جميع القيم التى تم تعيينها معمليا[4].

---

١ - اللجنه الدائمه لاعداد الكود المصرى لاسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنود اعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥ م.

٢ - أ. د . جورج باسيلى حنا ، " دراسه مقارنه بين البولسترين الممدد والبولسترين المشكل بالبثق " ، قسم طبيعة المنشآت والعوامل البيئيه المحيطه ، مركز بحوث الاسكان والبناء .

٣ - اللجنه الدائمه لاعداد الكود المصرى لاسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنود اعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥ م.

٤ - أ. د . جورج باسيلى حنا ، " دراسه مقارنه بين البولسترين الممدد والبولسترين المشكل بالبثق " ، قسم طبيعة المنشآت والعوامل البيئيه المحيطه ، مركز بحوث الاسكان والبناء

جدول (٢-١٠) : الخواص الطبيعية الحرارية للبولستيرين المشكل بالبثق[١]

الخاصيه	القيمه
الكثافة (كجم / م٣)	٣٣,٣
امتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ١ يوم	%٠,٣
امتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ٤ يوم	%٠,٨
امتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ٧ يوم	%٠,٩
امتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ١٤ يوم	%٠,٩٣
امتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ٢١ يوم	%٠,٩٥
امتصاص المياه بالحجم (%) بالغمر لمدة ٢٨ يوم	%٠,٩٧
الموصلية الحرارية للعينة الجافة وات / م س	٠,٠٢٧
الموصلية الحرارية للعينة المبللة وات / م س	٠,٠٣١
الفترة الزمنية اللازمة لوصول العينات المبللة إلى حالة الجفاف الأولى (ساعة) عند ٥٠ س	٦

ولعزل الأسقف الخرسانية النهائية المعرضة للحرارة يوجد نظامان وهما :-

أ - النظام التقليدى للعزل : فى هذا النظام تكون طبقة عزل الحرارة أسفل طبقة عزل المياه ويجب استخدام طبقة حاجز للبخار أسفل طبقة عزل الحرارة ، مع مراعاة ركوب أحرف الألواح[١].

ب - النظام المقلوب (المحمى) : فى هذا النظام تكون طبقة عزل الحرارة أعلى طبقة عزل المياه مما يحافظ على طبقة عزل المياه من التذبذب فى درجات الحرارة ويستخدم فى هذا النظام مواد العزل الحرارى الأقل امتصاصيه للمياه وترص الألواح بدون تثبيت مع مراعاة ركوب أحرف الألواح[٢].

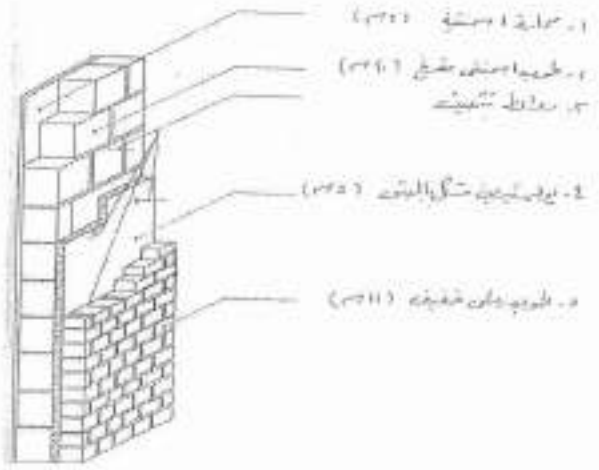
١ - أ.د . جورج باسيلى حنا ، " دراسه مقارنه بين البولستيرين الممدد والبولستيرين المشكل بالبثق " ، قسم طبيعة المنشآت والعوامل البيئيه المحيطه ، مركز بحوث الاسكان والبناء .

٢ - المرجع السابق

وفيمايلى مقارنة بين العزل الحرارى التقليدى ونظام العزل المقلوب كما هو موضح بالجدول (٢-١١) :

جدول (٢-١١) : يوضح مقارنة بين العزل الحرارى التقليدى ونظام العزل المقلوب[١]

العزل الحرارى التقليدى	العزل الحرارى المقلوب بالقوم المشكل بطريقة البئق
يكون العزل الحرارى تحت طبقة عزل المياه	العزل الحرارى فوق طبقة عزل المياه
طبقة اسمنت مائل ضرورية ، (خرسانة ميول)	طبقة أسمنت مائل غير ضرورية. (خرسانة ميول)
نوعية ذات كفاءة عالية من عزل الرطوبة لتحمل تأثير الحرارة	نوعية عادية من عازل الرطوبة نظرا للحماية بالعزل الحرارى المشكل بالبئق
حاجز بخارى مطلوب	حاجز بخارى غير مطلوب
تكلفة صيانة عالية جدا	تكلفة صيانة منخفضة
مطلوب عمالة ماهرة لتركيب هذا النظام المعقد وهذا يفسر التكلفة العالية	عمالة أقل مهارة – تكلفة تركيب منخفضة
عمر افتراضى قصير	عمر افتراضى طويل



شكل (٢-٧): جدار معزول بمادة البولستيرين المشكل بالبئق[٢]

١ - شركة اذفى كيمز " تعيين الخواص الفيزو حراريه للبولستيرين المشكل بالبئق والمتمدد " (شركة انظمة الهندسة الكيميائية المتطورة)، مركز بحوث الاسكان والبناء .

٢ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "،الجمعية الملكية الاردنية ، تقرير نهائى(سبتمبر ١٩٩١م)

ج- إستخداماته فى مجال البناء[1]:

١ - فى أعمال العزل الحرارى للحوائط والأرضيات .
٢ - فى عزل الأسقف بالنظام التقليدى والنظام المقلوب
٣ - فى إنتاج بلاط عازل للحرارة للأسطح
٤ - فى تصنيع الطوب الخفيف أو الخرسانة الخفيفة بإستخدامه فى صورة قطع صغيرة سائبة.

ويوضح شكل (٢-٧) العزل الحرارى للجدران بمادة البولستربن المشكل بالبثق .

٢-٢-٤ : المواد العازلة الرغوية

تتوافر المواد العازلة الرغوية فى صورتين ، الاولى فى صورة مواد كيماوية ذات مركبين عند خلطهما تنتج قوام رغوى يمكن حقنه داخل الفراغات بالاشكال المختلفة والثانية فى صورة مواد كيماوية ذات مركب واحد تستعمل كمولد للرغاوى داخل " المون والخرسانات لانتاج خرسانة خفيفة عازلة"[2]

٢-٢-٤-١: البولى يوريثان

أ- التكوين والشكل العام :

اللدائن الخلوية الجاسئة من البولى يوريثان الرغوى المنفذ بالرش هى لدائن خلوية جاسئة تتشكل فى الموقع نتيجة تفاعل حفزى لمركبات البولى أيزوسيانات والبولى هيدروكسيل ، بإستخدام مادة نافخة مناسبة مثل كلوروفلوركربون ، لإنتاج مواد ذات خلايا أغلبها مغلق[3].

وهناك نوعان من البولى يوريثان تستخدم فى مجالات العزل الحرارى هى البولى يوريثان الجاسىء والبولى يوريثان المرن ويتم إنتاج النوعين مبدئيا بإضافة مادة الأيزوسيانيد إلى بعض المواد الراتنجية السائلة مع إضافة مادة حفازة catalysts ومواد مضافة أخرى منها المادة النافخة المولدة للغاز الذى يساعد على تمدد المادة الناتجة وتحويلها إلى شكلها الرغوى ويتوقف نوع البولى يوريثان وكثافته ودرجة مرونته أو صلابته وكذلك تركيبه الخلوى على المادة

---

١ - اللجنة الدائمة لاعداد الكود المصرى لاسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنود اعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥ م.
٢ - المرجع السابق
٣ - المرجع السابق

الرائجية المستعملة وأيضا على المواد الأخرى الداخلة فى عملية التصنيع والمتمثلة فى الإضافات التالية :

- مواد نافخة – مواد حفازة – مواد معيقة للإشتعال – مواد ملينة – مواد سيلكونية – مواد صابغة – مواد مثبتة للرغوة – مواد مخفضة للتوتر السطحى .وبإستخدام هذه المواد أو جزء منها يتم توجيه خصائص المنتج النهائى[1].

أ-البولى يوريثان الجاسىء :

يتم إنتاجه بطريقة التمدد البارد وذلك بإضافة مادة سائلة حاملة مثل الفلوروكربون حيث تتحول هذه المادة إلى غاز بفعل حرارة المواد الأساسية وينتشر محلول البولى يوريثان الرغوى ذات الخلايا المغلقة المملوءة بغاز الفلوركربون والموصلية الحرارية لهذه المادة ملفتة للنظر إذ تبلغ ٠,٠١٧ وات/ م من عند درجة حرارة ١٠ س فى بداية الإنتاج وترتفع لتصل الى حوالى ٠,٠٢٧ وات / م من بعد خمسة سنوات .

ويستخدم البولى يوريثان إما بالرش أو بطريقة الصب أو بطريقة الحقن وتتطلب هذه الطريقة الأخيرة مهارة عالية . وعند إستخدام طريقة الرش المكشوف فإن هناك شروط معينة يجب أن تراعى:

١ – يجب تنظيف السطوح قبل الرش والتأكد من أن هذه السطوح جافة تماما .
٢ – يجب أن تكون الطبقة المرشوشة متجانسة وبالسمك المطلوب ويجب مراعاة الظروف الجويه السائدة قبل التنفيذ حيث لايتم إجراء العملية فى الأجواء الرطبة او الباردة أو فى حالة وجود رياح شديدة ويجب أن لا تقل درجة الحرارة عند الرش عن ١٠ س . وأن لاتزيد الرطوبة عن ٨٠ % .
٣ – يجب تغطية البولى يوريثان المعرض بمادة مناسبة لحمايتة من تأثير العوامل الجوية وخاصة أشعة الشمس حيث أن الأشعة الفوق بنفسجية تؤدى إلى تلفه .

خصائص البولى يوريثان الجاسىء :

ويوضح الجدول (٢-١٢) متطلبات الخصائص الفيزيائية للبولى يوريثان الرغوى الجاسىء طبقا للمواصفات القياسية البريطانية BS524

---

١ – مركز بحوث الاسكان والبناء بمحمد محمود عبد الرازق " المواد العازله للحراره " ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل.

ب - البولى يوريثان الرغوى :

يتم إنتاج هذا النوع من البولى يوريثان بمزج مادة الأيزويسيانيد مع محاليل عضوية من المواد الراتنجية كالبوليستير أو البوليثير ومواد حفازة مختلفة إلا أن التفاعل هنا يتم بإضافة الماء بكميات محددة حيث ينتج غاز ثانى أكسيد الكربون co2 الذى ينتشر فى المادة المتفاعلة عاملا على تشكيلها كمادة رغوية ذات خلايا مفتوحة متصل بعضها ببعض .

وتتراوح الكثافة للبولى يوريثان المنتج بهذه الطريقة ما بين ٢٣- ٣٠ كجم / م^{٣} ويمكن إنتاج كثافات أعلى من ذلك عن طريق التحكم فى كمية المياه ، وتتراوح الموصلية الحرارية للمنتج حسب الكثافة ما بين ٠,٠٣٥- ٠,٠٤ وات/ م س[١]

وتكمن خطورة هذه المادة فى أنها تبعث أدخنة سامة عند احتراقها تفوق خطورتها عن الحرارة المنبعثة من الإحتراق ذاته وهذا يتطلب إجراءات وقائية لحماية هذه المادة العازلة للحرارة من الحريق[٢].

ويوضح الجدول متطلبات الخصائص الفيزيائية للبولى يوريثان الرغوى الجاسىء طبقا للمواصفات القياسية البريطانية BS524[٣]

الجدول(٢-١٢): متطلبات الخصائص الفيزيائية للبولى يوريثان الرغوى الجاسىء طبقا للمواصفات القياسية البريطانية BS524

الخاصية الفيزيائية	القيمة	ملاحظات
الموصلية الحرارية كحد ادنى عند ١٠ س وبسمك ٢٥ سم والعينات عمرها ٣ أشهر	٠,٠٢٤ وات/ م س	BS4370
مقاومة الضغط لجهاد الضغط حد ادنى	١٠٠ pa	BS4370
خصائص الحريق	امتداد الحريق أقل من ١٢٥ mm	BS4735
الكثافة حد ادنى بطريقة الصب بطريقة الرش	 ٣٢ كجم/ م^{٣} ٤٠ كجم / م^{٣}	BS4370

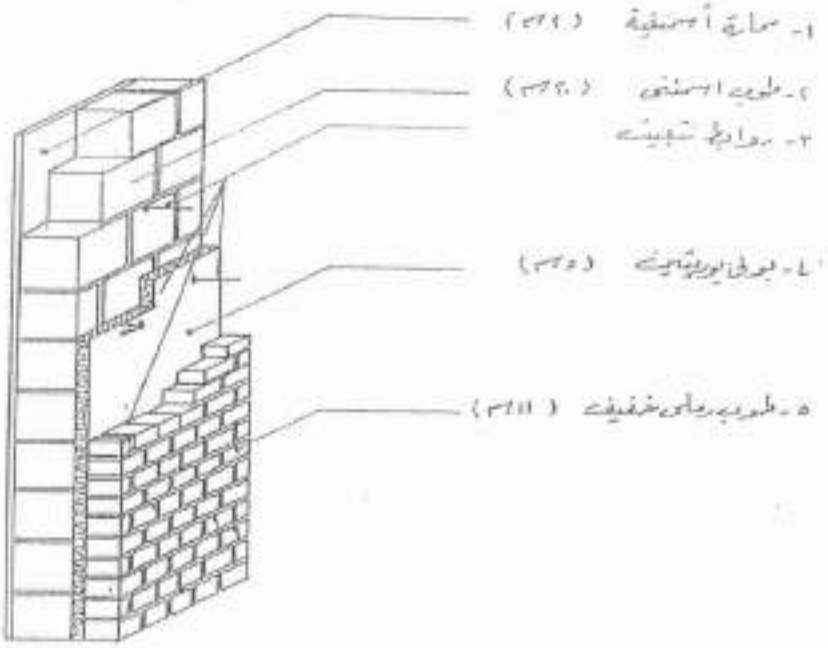
١ - المرجع السابق.
٢ - المرجع السابق
٣ - المرجع السابق

ب- إستخداماته فى مجال البناء

١ - يستخدم فى ملء الفراغات بين الحوائط .

٢ - فى صورة ألواح جاسئة ISO4898 كما بالشكل (٢-٨)

٣ - فى تصنيع وحدات التغطية المعدنية العازلة سابقة التجهيز .



شكل (٢-٨) جدار مع عازل من الوح البولى يوريثان[١]

٢-٢-٤-٢: الخرسانة الخفيفة

تنتج الخرسانة الخفيفة بطرق ووسائل متنوعة لإستعمالها فى الأغراض الإنشائية والعزل الحرارى وتسمى بأسماء متعددة تبعا للطرق التى يتم إنتاج الخرسانة بها وقد حددت المواصفات الأمريكية مجال كثافة الخرسانة العازلة للحرارة (Insulating Concrete) من ٢٤٠ الى ١٤٤٠ كجم /م٣ كما تتراوح الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity) ما بين ٠,٠٦٥ الى ٠,٤٣ وات / س اما الخرسانة الخفيفة المستخدمة فى أغراض الإنشاءات تتراوح كثافتها من ١٤٠٠ الى ١٩٢٠ كجم / م^{٣} فى تبلغ كثافة الخرسانة العادية ٢٢٤٠ الى ٢٥٠٠ كجم/ م^{٣}[٢]

[١] - المرجع السابق .

[٢] - المرجع السابق .

أنواع الخرسانة الخفيفة :

تنقسم الخرسانة الخفيفة إلى نوعين كالتالى :

أ – الخرسانة الخلوية (Aerated or Cellular) :

تنتج هذه الخرسانة بشكل عام بإدخال كمية من الهواء أو الغاز أثناء خلطهما بأساليب مختلفة ينتج عن ذلك تكون خلايا مملوءة بالغاز أو الهواء فى العجينة الأسمنتية مما يؤدى إلى إنخفاض كثافتها بعد أن تتصلب ، وتتعلق كثافة الخرسانة الناتجة بكمية الهواء الداخل فى تركيبها. وتسمى هذه الخرسانة أيضا باسم الخرسانة الغازية او الخرسانة المسامية[1].

ب – خرسانة الركام الخفيف Light Weight Aggregat Concrete :

تنتج بإستعمال مواد أولية من أنواع مختلفة من الركام خفيف الوزن ، حيث محتوى الركام نفسه فى هذه الحالة على خلايا هوائية ومسافات تؤدى إلى انخفاض كثافة الخرسانة المنتجة منه والتى تقل عن كثافة الخرسانة العادية المحتوية على ركام تقليدى ويمكن إنتاج النوعين فقط[2].

---

١ – مركز بحوث الاسكان والبناء ،محمد محمود عبد الرازق " المواد العازله للحراره " ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل.

٢ – المرجع السابق

خلاصة الباب الثانى :

إن توفير الراحة الحرارية داخل المسكن يمكن تحقيقه عن طريق استخدام المواد العازلة للحرارة ،وارتفاع درجة حرارة الأسقف والحوائط فى فصل الصيف فهو ناتج إما عن عدم استخدام المواد العازلة للحرارة أو وضع المواد العازلة للحرارة بطريقة خاطئة مما يتسبب فى عدم الشعور بالراحة الحرارية ، لذلك فمن المهم عند استخدام العازلة للحرارة مراعاة الخصائص الفيزوحرارية للمواد العازلة للحرارة وفيما يلى ما خلصت اليه الدراسة :

١ - تصنف المواد الانشائية الخفيفة بشكل عام ومواد العزل الحرارى بشكل خاص حسب المعايير التالية :

أ - حسب طبيعة تركيب الفراغات فى المواد العازلة للحرارة .

ب - حسب منشأ المواد العازلة للحرارة .

جـ- حسب الشكل النهائى للمواد العازلة للحرارة .

د - حسب التركيب الكيميائى للمواد العازلة للحرارة .

٢ - يمكن التمييز بين المواد العازلة للحرارة حسب تركيب الفراغات الداخلية لها كالتالى :

أ - مواد ذات تركيب ليفى .

ب - مواد ذات تركيب خلوى

جـ- مواد ذات تركيب مسامى

د - مواد ذات تركيب رقائقى

٣ - تصنف المواد العازلة من حيث إستخدامها فى مجال عزل المنشآت إلى الانواع التالية حسب الشكل النهائى :

أ - مواد عازلة سائبة .

ب - مواد عازلة شبه جاسئة .

جـ- مواد عازلة جاسئة .

د - مواد عازلة رغوية .

هـ- مواد عازلة عاكسة للحرارة .

٤ - تستخدم المواد العازلة السائبة مباشرة فى ملىء الفراغات بين الحوائط المزدوجة وهى تكون فى شكل حبيبات ، كما يمكن خلطها بمواد رابطة لإنتاج ألواح جاسئة مثل الفيرميكوليت والبيرلايت .

٥ - مواد عازلة للحرارة شبه جاسئة تكون فى شكل أغطية (لفائف) أو ألباد عازل ويستعمل معها حواجز لبخار الماء وأحيانا تغلف من أحد الوجهين أوكلاهما برقائق الألمنيوم أو البلاستيك ومنها الصوف المعدنى والفلين الطبيعى .

٦ - مواد عازلة جاسئة على شكل ألواح ذات أبعاد مختلفة وتتكون هذه المواد من خلايا مغلقة ومجوفة وتصنع من الزجاج والمطاط والبلاستيك ومنها البولسترين الممدد والبولسترين المشكل بالبثق .

٧ - مواد عازلة رغوية تنتج فى شكل رغوة يمكن تنفيذها على الأسطح الافقية المراد عزلها أو بالحقن فى فراغات الحوائط المزدوجة ومن أمثلتها البولى يوريثان والخرسانه الخفيفة الخلوية .

الباب الثالث
(٣)

تاثير الغلاف الخارجى على الاداء الحرارى للمبنى

الفصل الاول
(١-٣)

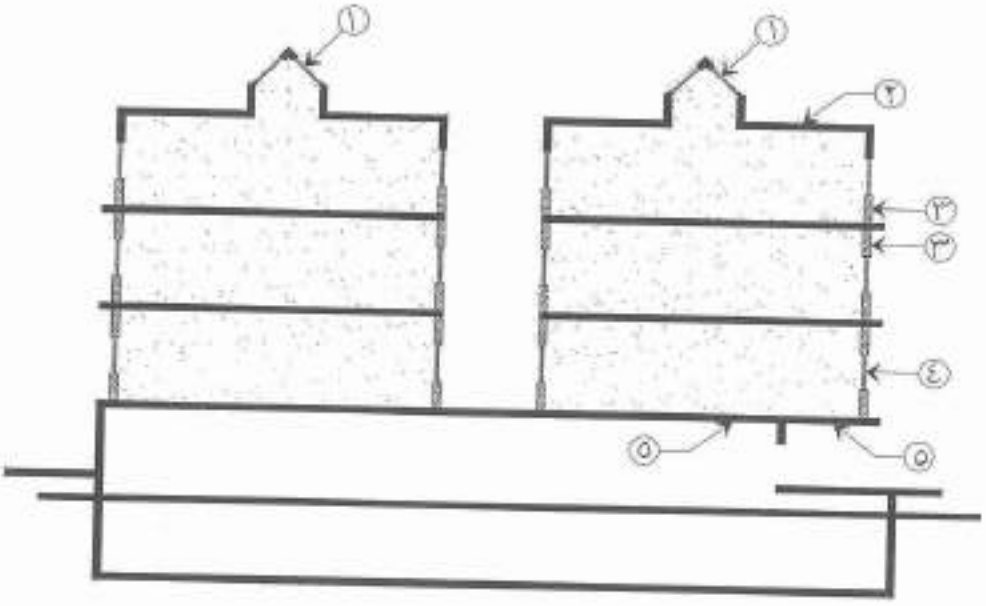
وظائف الغلاف الخارجى

٣-١-١: مقدمة

يعرف الغلاف الخارجي للمبنى بأنه مجموع الحوائط والفتحات والأسقف والأرضيات المعرضة للظروف المناخية الخارجية المحيطة والموضحة بالشكل رقم (٣-١)[١].

ويعتبر الغلاف الخارجي للمبنى حلقة الوصل ما بين الداخل والخارج سواء إتصال الداخل بالخارج كالرؤية أو دخول وخروج المبنى ، أو إتصال الخارج بالداخل سواء بالتأثير بالضوضاء أو الحرارة أو ما غير ذلك من العوامل الخارجية التى تؤثر على الفراغ الداخلى[٢] .

والمناخ داخل الفراغات العمرانية ما هو إلا جزء من المناخ الخارجى ولكن قد طرأت عليه بعض التغيرات عن ظروف المناخ الخارجى نتيجة وجود وسط إنتقل خلاله المناخ الخارجي إلى داخل الفراغ ، وهذا الوسط ما هو إلا الغلاف الخارجى لهذا الفراغ الموجود به الإنسان أو المستعمل لهذا الفراغ .



١- فتحة إضاءة علوية ٢- سقف معرض ٣- الجزء المعتم
٤- الجزء الشفاف ٥- سقف معرض يعامل معاملة الحائط الشمالي

شكل (٣-١) : قطاع توضيحى لعناصر الغلاف الخارجى للمبنى

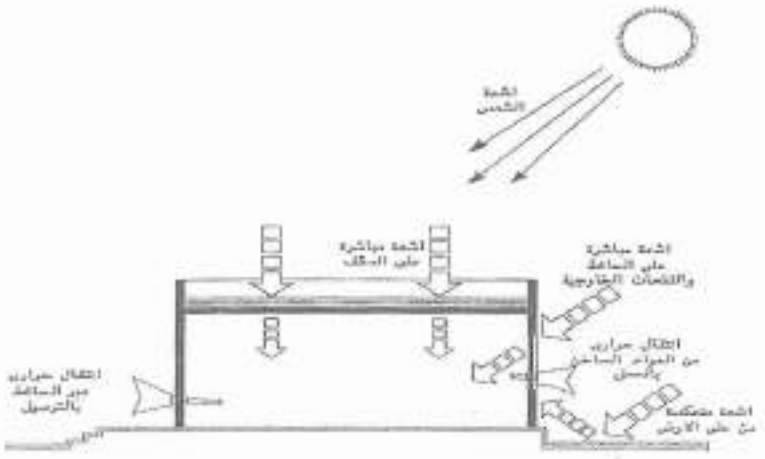
١- الكود المصرى لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى (الجزء الأول : المبانى السكنية) ، المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء ، طبعة ٢٠٠٦

٢- عبد الفتاح احمد العيسوى ، محمد " تأثير تصميم الغلاف الخارجى للمبنى على الاكتساب الحرارى والراحه الحراريه للمستعملين منهج لعملية التصميم المبنى للغلاف الخارجى للمبانى " رسالة ماجيستير بكلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٣ م

فالغلاف الخارجي لأى مبنى ما هو إلا تعبير مباشر عن العنصر الوظيفى خلف هذا الغلاف، وكذلك العنصر الإنشائى المستخدم فى المبنى ، سواء كان من الخرسانة المسلحة أو الحديد أو الزجاج أو غير ذلك من مواد الإنشاء المختلفة .

ومع تطور العمارة على مر العصور ، أصبح لكل منطقة مناخية مختلفة فى العالم غلاف خارجى للمبنى نابع من البيئة المحيطة بحيث يكون وسط انتقالى للعوامل المناخية لمعالجتها بقدر الإمكان حتى يكون الفراغ الداخلى ملائم إلى حد ما لمستعملى الفراغ الداخلى

ويتم الإنتقال الحرارى بين البيئة الخارجية والوسط الداخلى للمبنى من خلال غلافه الخارجى من حوائط وأسقف وكذلك من خلال الفتحات الخارجية . وتنتقل الحرارة بنفس الطريقة خلال الأسقف والحوائط على السواء ، إلا أن كمية الاشعة الساقطة على الأسقف تكون أكبر نتيجة طول مدة تعرضها للشمس فبالتالى تكون الحرارة المتسربة من خلالها إلى الداخل أكبر من الحوائط الرأسية . أما الفتحات فتعتبر المصدر الرئيسى لنفاذ الحرارة إلى الداخل وذلك لرقة سماكتها حيث أنها فى الغالب تكون من الزجاج ويوضح شكل (٣-٢) النفاذ الحرارى إلى داخل المبنى عن طريق الأسقف والحوائط والفتحات الخارجية ، ويتأثر معدل إنتقال الحرارة من وإلى المبنى بالخواص الطبيعية الحرارية لمواد البناء[1] .



شكل (٣-٢) : الانتقال الحرارى عبر الغلاف الخارجى للمبنى[2]

---

١ - عبد الفتاح احمد الجيوى ، محمد " تأثير تصميم الغلاف الخارجى للمبنى على الاكتساب الحرارى والراحة الحرارية للمستعملين منهج لعملية التصميم البيئى للغلاف الخارجى للمبانى " رسالة ماجيستير ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠٣ م.

٢ - المرجع السابق

٣-١-٢ : وظائف الغلاف الخارجى

تتعدد وظائف الغلاف الخارجى للمبنى وتختلف طبقا لوظيفة استخدام المبنى ويمكن ذكر بعض الوظائف المتكاملة فيمايلى[١] :

١ - التحكم فى الحماية من التقلبات الجوية
٢ - توفير بيئة مريحة حراريا ونفسيا داخل الفراغات المعمارية
٣ - عنصر تحمل مع باقى العناصر الانشائية فى المبنى .
٤ - الحفاظ على جودة الهواء داخل الفراغات المعمارية وذلك من خلال تجديد الهواء الداخلى كلما أمكن ذلك وتزويده بهواء نقى للمحافظة على جودة الهواء .
٥ - مقاومة الحريق .
٦ - حماية الفراغات الداخلية من الضوضاء .
٧ - هو العنصر المسئول عن الاتصال البصرى من داخل إلى خارج المبنى .
٨ - توفير الاضاءة الطبيعية .

٣-١-٣: مكونات الغلاف الخارجى

حتى يتمكن المعمارى من الوصول الى تحقيق بيئة مناخية صالحة داخل الفراغات المعمارية التى يقوم بتصميمها ، يجب أن يكون إهتمامه أكبر بتحليل الخصائص المناخية علاوة على دراسة العناصر المعمارية المختلفة للمبنى من حوائط وأسقف وفتحات خارجية والتأثير المتبادل بين العوامل المناخية وعناصر الغلاف الخارجى للفراغ حيث أنها تعتبر المنفذ الرئيسى لإنتقال الحرارة داخل المبنى وبالتالى حالة المناخ بالفراغ .

والغلاف الخارجى للمبنى يتكون من ثلاث عناصر رئيسية هى[٢]الأسقف و الحائط الخارجى الرأسى و الفتحات الخارجية (أبواب وشبابيك) . وقد تم ذكرها فى الباب السابق

ولكل من العناصر السابقة دورها فى الانتقال الحرارى بين خارج وداخل المبنى ، كما يمكن مراعاة تصميمها بصوره تقلل الإنتقال الحرارى من وإلى الفراغ ، وبالتالى المساعدة فى خلق بيئة صالحة مريحة للانسان .

١- Giovoni , B , " Climate considraration in building and urban design " van nostrad Rainhond, (1998

٢ - عبد الفتاح احمد العيسوى ، محمد " تاثير تصميم الغلاف الخارجى للمبنى على الاكتساب الحرارى والراحه الحراريه للمستعملين منهج لعملية التصميم البيئى الغلاف الخارجى للمبانى " رسالة ماجيستير بكلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٣ م.

٣-١-٣-١ :الأسقف

لما كان سقف المبنى يتعرض أكثر من الحوائط لأشعة الشمس المباشرة طوال ساعات النهار لكونه سطحا أفقيا – فى أغلب الأحوال – فإنه بذلك يكون مصدرا رئيسيا لنفاذ الحرارة إلى داخل المبنى[١] ونسبة الإنتقال الحرارى للمبنى من خلال السقف تختلف بإختلاف مادة إنشاء السقف ، فكلما كانت مواد الإنشاء من مواد لها خاصية اكتساب ونفاذ الحرارة بسرعة تكون كمية الحرارة النافذة أكبر من كمية الحرارة النافذة من خلال مواد إنشاء أخرى لها خاصية إكتساب وفقد الحرارة ببطء .

فأفضل مواد إنشاء السقف هى المواد ذات خاصية اكتساب وفقد الحرارة ببطء لقدرتها على الاحتفاظ بالحرارة خلال ساعات النهار حتى تكون مصدرا للحرارة ليلا حيث تتدنى درجات الحرارة ليلا كما يتضح من شكل (٣-٣) ومن أمثلة المواد ذات خاصية إكتساب الحرارة ببطء الخرسانة يعكس المواد المعدنية ذات خاصية إكتساب وإنتقال الحرارة بسرعة[٢].

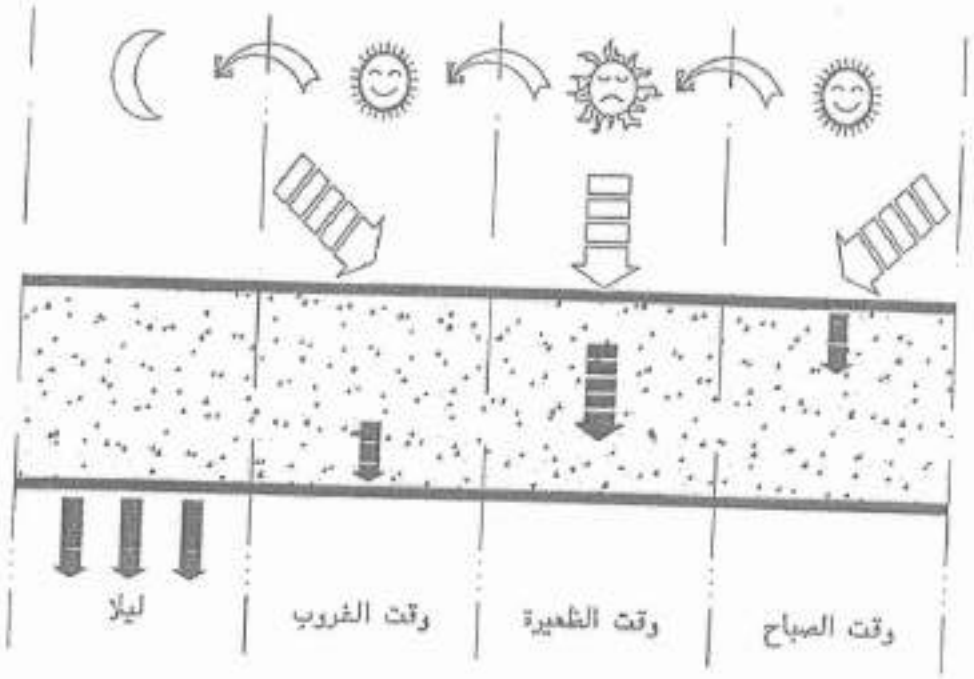
وتوضيحا لما سبق فإنه عند إستخدام مواد إنشاء فى السقف ذات خاصية إكتساب ونفاذ الحرارة ببطء ، تبلغ درجة الحرارة أثناء وقت الظهيرة أقصى مدى لها مما يسبب ضغوطا حرارية على السقف مما يؤدى لإكتساب السقف للحرارة ونفاذها إلى الداخل ، وتطول مدة نفاذ الحرارة الداخل خاصة كلما زاد سمك السقف إلى وقت تكون فيه درجة الحرارة خارج المبنى أخذت فى التدنى حتى الغروب ، فتصبح هذه المواد مصدرا للإشعاع الحرارى داخل الفراغ بسبب الحرارة الكامنه داخلها مما يحمى سكان المبنى من البرودة الشديدة ليلا وخاصة فى الشتاء ، أما إذا استخدمت مواد ذات إكتساب ونفاذ حرارى سريع مثل المواد المعدنية فى إنشاء الأسقف فإن حرارة وقت الظهيرة تنفذ بسرعة إلى داخل الفراغ مما يسبب ضغوطا حرارية على المبنى فى أوقات الحرارة الشديدة وخاصة وقت الظهيرة ، كما تتسرب البروده ليلا بسرعة إلى الداخل مما يؤدى إلى فقدان الراحة الحرارية المطلوبة داخل الفراغ[٣].

---

١ - محمد بدرالدين الحولى " المؤثرات المناخيه والعماره العربيه "، دار المعارف ، (١٩٧٦ م) .

٢ - عبد الفتاح احمد العيسوى ، محمد " تاثير تصميم الغلاف الخارجى للمبنى على الاكتساب الحرارى والراحه الحراريه للمستعملين منهج لعملية التصميم المبنى للغلاف الخارجى للمبانى " رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٣ م .

٣ - المرجع السابق



شكل (٣-٣): حركة الحراره خلال السقف اثناء اليوم عند تعرضها للعوامل المناخيه [١]

وحسن إختيار مادة مناسبة لتغطية المبنى لايعنى التخلص كليا من الحرارة النافذة عبر السقف ولكن اختيار وسائل مساعدة للحد من الحرارة النافذة إلى داخل الفراغ عند إنشاء الأسقف وهناك عدة معالجات مختلفة لتحقيق ذلك يمكن إيجازها فيما يلى[٢] :

٣-١-٣-٢: المعالجات المناخية للأسقف

أ- استخدام مواد عازلة للحرارة:

يمكن استخدام أحد المواد التى لها خاصية عدم النفاذ الحرارى ضمن مكونات تشطيب الأسقف ، ومن أشهر هذه المواد البولسترين والذى له خاصية عدم نفاذ الحرارة للداخل فيقوم بحماية الفراغ الداخلى من الأحمال الحرارية الزائدة ، وتكون طبقة العزل الحرارى من البولسترين أو من غيره من المواد المماثلة فى أسماك تبدأ من ٢ سم وكثافته ٤٠ كجم /م٣ وكلما زاد السمك كلما زادت كفاءته فى العزل الحرارى المطلوب[٣]، شكل (٣-٤-أ).

---

١ - عبد الفتاح احمد العيسوى ، محمد " تاثير تصميم الغلاف الخارجى للمبنى على الاكتساب الحرارى والراحه الحراريه للمستعملين منهج تعلية لتصميم البيئى للغلاف الخارجى للمبانى " رسالة ماجستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٣ م .

٢ - المرجع السابق

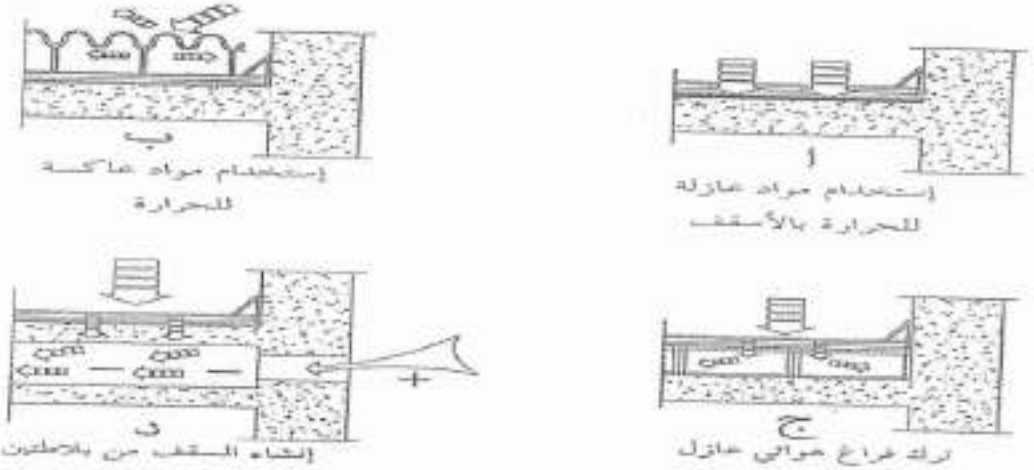
٣ - محمد بدرالدين الخولى ، " المؤثرات المناخيه والعماره العربيه "، دار المعارف ، (١٩٧٦ م) .

ب-استخدام مواد عاكسة للحرارة :

وذلك عن طريق تغطية السطح العلوى للسقف بماده عاكسة للتخلص من الأشعه الشمسيه وما ينتج عنها من طاقه حرارية ويمكن أن تكون هذه الماده العاكسة أما ألواح معدنية لامعة أو مادة للنهو بلون أبيض ناصع[1] . كما يوضح الشكل (٣-٤-ب)

ج- ترك فراغ هوائى عازل :

يمكن ترك فراغ هوائى عازل بين السطح العلوى للسقف المعرض لأشعة الشمس والفراغات الداخلية للمبانى وذلك لإعاقة نفاذ الحرارة الخارجية نهارا والبرودة ليلا إلى الداخل ويتحقق ذلك بإنشاء السقف من طبقتين بينهما فراغ إلا أنه بعد فترة من تعرض السقف للشمس وإذا لم يتجدد الهواء بين طبقتى السقف فإن درجة حرارة هذا الهواء المحبوس تتأثر بكل تأكيد بالتقلبات الحرارية خارج المبنى مما يتطلب ترك[2] بعض الفتحات المتقابلة بين طبقتى السقف وفى إتجاه حركة الهواء السائد بالمنطقة ليتجدد هذا الهواء بصفة مستمرة ويؤدى وظيفتة كعازل حرارى بين خارج المبنى ودلخلة ولتنفيذ هذه الطريقة ينشأ السقف من بلاطتين منفصلتين تماما عن بعضهما تماما تكون حركة الهواء بينهما حرة فتقوم البلاطة العليا بدور المظلة التى تقى السقف الرئيسى للمبنى (البلاطة السفلى) من أشعة الشمس وبالتالى تحمى الفراغات الداخلية من حرارتها.



شكل (٣-٤ أ، ب، ج، د): أمثلة معالجات الأسقف لتجنب الأحمال الحرارية الزائدة[3]

---

١ - محمد بدرالدين الخولى ، " المؤثرات المناخيه والعماره العربيه " ، دار المعارف ، (١٩٧٦ م) .

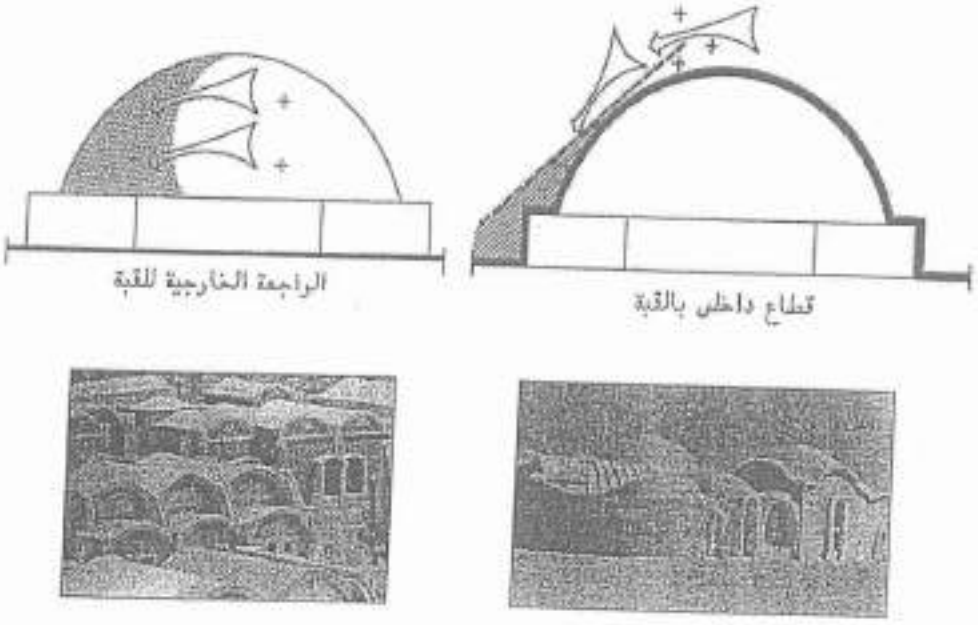
٢ - عبد الغفار ، هشام " الاداء الحرارى لاسطح المبانى السكنيه فى المناطق الحاره الجافه " رسالة ماجيستر ، كلية الهندسه، جامعة المنصوره ، ٢٠٠٢ م .

٣ - المرجع السابق

وقد أستعملت هذه الطريقة فى بعض المبانى العامة والمبانى السكنية فى المناطق الحـــارة الجافة بنجاح مما أضفى سمة من السمات المعمارية لمبانى هذه المنطقة[1].

د- استخدام أشكال منحنيه للسقف :

يعتبر إستخدام القبة (Dome) والقبو(Vault) والأشكال المنحنية بصفة عامـــة أساســا للتغطية. يسمح بعدم تعرض كامل مسطحة الخارجى لأشعة الشمس فى نفـــس الوقـــت خـــلال ساعات النهارومخالفا لما يحدث على السطح الأفقى وبالتالى يقـــل الـــضغط الحـــرارى علـــى الفراغات الداخلية كذلك يجب التنويه بأنه بالإضافة إلى ذلك فإن حركة الهواء تنشط بين الجزء المظلل من سطح القبة أو السطح المنحنى والجزء المشمس منها مما يساعد على التخلص مـــن الهواء الساخن الملاصق لهذا الجزء المشمس وبالتالى التخلص من مضاعفاته الحرارية[2].



شكل (٣-٥) : استخدام الاسقف المنحنية لتقليل الحمل الحرارى[3]

١ - عبد الغفار ، هشام ، " الاداء الحرارى لاسطح المبانى السكنيه فى المناطق الحاره الجافه " رسالة ماجستير، كلية الهندســـه ، جامعـــة المنصوره ، ٢٠٠٢م .
٢ - المرجع السابق
٣ - المرجع السابق

٣-١-٣-٣: الحوائط

إن الحوائط الخارجية تتعرض مثل الأسقف للإشعاع الحرارى والنفاذ الحرارى داخل الفراغ،[١] ومن المعروف أن درجة حرارة الأسطح المعرضة من الغلاف الخارجى تعتمد على كمية الإشعاع الساقط على هذه الأسطح ودرجة حرارة الهواء المظلل المحيط بالمبنى كما تعتمد أيضا على سرعة الهواء التى يتعرض لها كل حائط فى المبنى وفى غياب الإشعاع الشمسى الساقط على الواجهات المختلفة فإن درجة حرارة الأسطح الخارجية للغلاف الخارجى تتطابق مع درجة حرارة الهواء الخارجى ، وفى حالة سقوط الأشعة الشمسية على الواجهات فإن أهمية اللون الخارجى للأسطح الخارجية للغلاف الخارجى تحدد كمية الطاقة الممتصة من الإشعاع الشمسى الساقط كما يساهم التوجيه فى زيادة أو خفض كمية الإشعاع الشمسى الساقط على الأسطح ومن ثم يمكن إستخلاص الآتى[٢] :

أ - التوجيه للحوائط والواجهات عنصر أساسى فى ترشيد إستهلاك الطاقة للمبانى .

ب - لون السطح الخارجى لأغلفة المبانى يؤثر على الامتصاص الحرارى لحوائط وأسقف الغلاف الخارجى .

جـ- يجب أن تكون الحوائط ذات قدرة عالية على تأخير وصول الطاقة الحرارية إلى الفراغات الداخلية وذلك لضمان وصولها فى فترات الحمل الحرارى الناقص (الليل)

د - يجب أن تكون الحوائط ذات سعة تخزينية فى القشرة الخارجية للحائط بحيث تسمح بفقد الحرارة إلى الخارج أثناء ساعات الليل .

هـ- يجب أن تكون الحوائط ذات ألوان فاتحة خاصة فى المناطق الحارة الجافة .

و - يجب أن تعمل الحوائط مع الانظمة السلبية للتبريد فى منظومة متكاملة .

ز - الإعتماد على التهوية الطبيعية أمر طبيعى لتبريد المبانى صيفا .

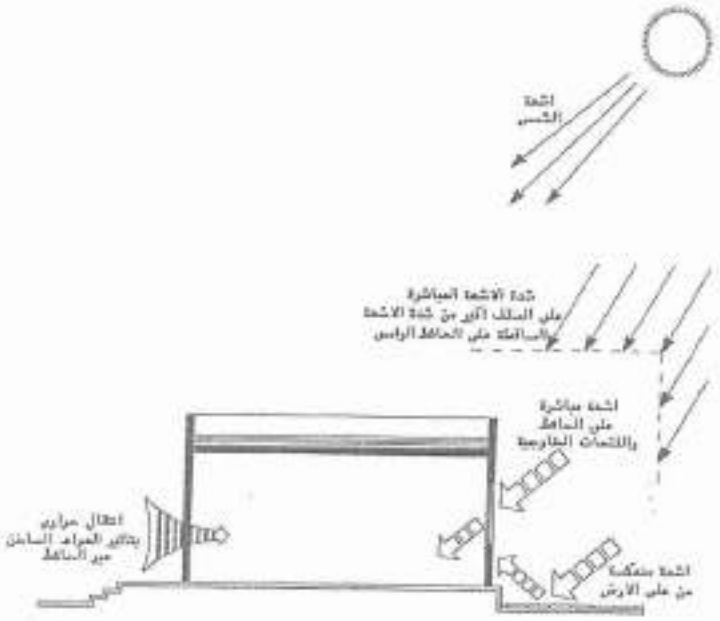
والحوائط لاتتعرض لأشعة الشمس مثل تعرض الأسقف لها ، وذلك لأن أى واجهة بالمبنى لاتتعرض لأشعة الشمس طوال اليوم مثل الأسقف ، إضافة إلى إختلاف زاوية ميل الشمس على الأسقف عنها على الحوائط مما يؤدى إلى تقليل شدة أشعة الشمس على الحوائط ، إلا أن الحوائط تتعرض لمصدر حرارى آخر وهو الأشعة المنعكسة من سطح الارض خاصة فى المناطق التى أرضها ذات خاصية السطح العاكس حراريا ، إضافة إلى مصدر حرارى آخر

١ - محمد بدرالدين الخولى، " المؤثرات المناخيه والعماره العربيه "، دار المعارف ، (١٩٧٦ م) .

٢ - محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى ، رسالة ماجستير، كلية الهندسه، جامعة القاهره ،٢٠٠٢م .

وهو الهواء الساخن القريب من سطح الأرض والذى يشمل مجال تأثيره الحائط الخارجى للمبنى،[1] ويوضح شكل (٣-٦) الاحمال الحرارية على السقف والحائط لنفس زاوية ميل الشمس ونفس التوقيت حيث يتضح النسبة بين كمية الإشعاع الشمسى على السقف والحائط ، وكذلك المصادر الحرارية التى تتعرض لها الحوائط الخارجية للمبنى والتى تشمل الآتى :

- أشعة الشمس المباشرة
- اشعة الشمس المنعكسة من الأرض
- الحمل الحرارى الناتج من الهواء الساخن القريب من سطح الأرض .
- اما ليلا فتعتبر أسطح الأرض مصدرا لإشعاع البرودة على الحوائط الخارجية[2].



شكل (٣-٦):تأثير العوامل المناخية الخارجيه على الانتقال الحرارى للحوائط [3]

ومعالجات الحوائط تتشابه إلى حد كبير مع معالجات الأسقف ومن أمثلة تلك المعالجات :

١ - إستخدام مواد عازلة فى الحوائط شكل (٣-٧-أ) .

٢ - إنشاء الحوائط من مواد بطيئة الاكتساب والإنتقال الحرارى شكل (٣-٧-ب) .

---

١ - عبد الفتاح احمد العيسوى ، محمد" تاثير تصميم الغلاف الخارجى للمبنى على الاكتساب الحرارى والراحه الحراريه للمستعملين منهج لعملية التصميم البيئى للغلاف الخارجى للمبانى "، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٣ م .

٢ - محمد بدرالدين الخولى " المؤثرات المناخيه والعماره العربيه "، دار المعارف ، (١٩٧٦ م) .

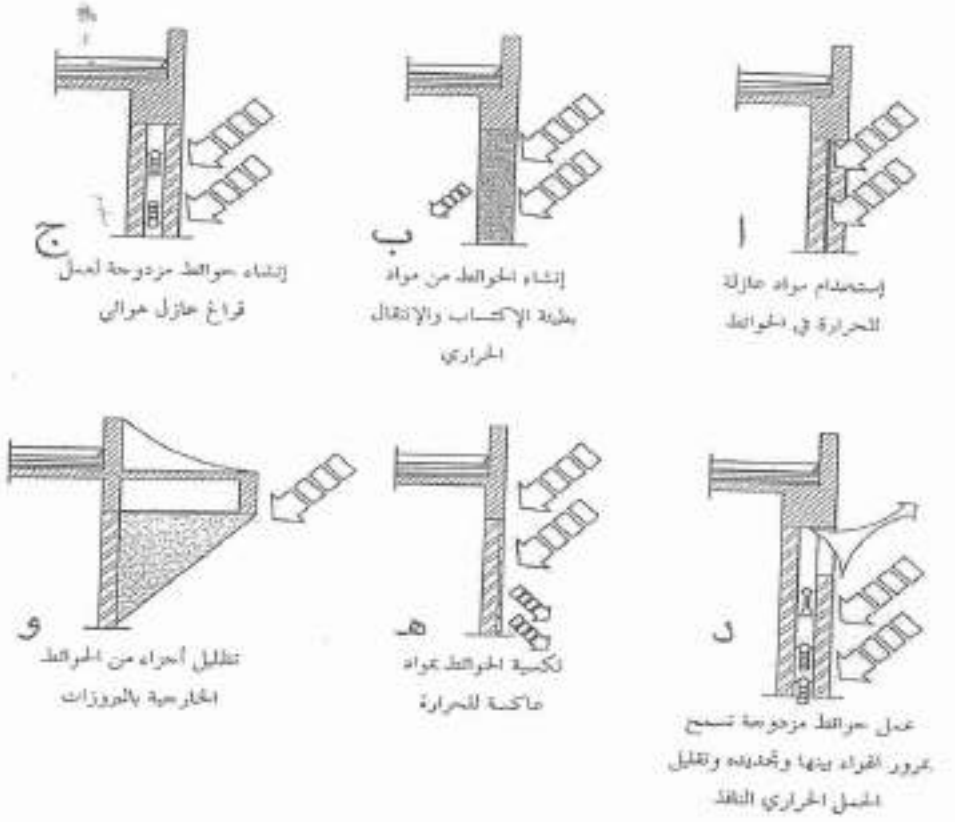
٣ - المرجع السابق

٣ - إنشاء حوائط مزدوجة لعمل فراغ هوائى عازل ، شكل (٣-٧-ج)

٤ - عمل حوائط مزدوجة تسمح بمرور الهواء بينها وتجديده وتقليل الحمل الحرارى النافذ إلى داخل الفراغ ، شكل (٣-٧-د) .

٥ - تكسية الحوائط بمواد عاكسة للحرارة ، شكل (٣-٧- هـ) .

٦ - تظليل أجزاء من الحوائط الخارجيه بالبروزات ، شكل (٣-٧-و) .



شكل (٣-٧) : معالجات الحوائط لتقليل الاحمال الحرارية الزائدة[1]

٣-١-٣-٤ : ميكانيكية إنتقال الحرارة فى الغلاف الخارجى

تنتقل الحرارة من الخارج إلى داخل المبنى خلال الغلاف الخارجى بعدة طرق منها :

١ - الحرارة المنتقلة بالتوصيل خلال الجزء المعتم من الغلاف الخارجى للمبنى إلى داخله أو العكس ($Q_{cond\ wall}$) وتتوقف كمية الحرارة المنتقلة خلال الجزء المعتم من الغلاف

[1] - عبد الفتاح احمد العيسوى ، محمد" تاثير تصميم الغلاف الخارجى للمبنى على الاكتساب الحرارى والراحه الحراريه للمستعملين منهج لعملية التصميم المبنى للغلاف الخارجى للمبانى "، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٣ م .

الخارجى بالتوصيل على الخصائص الفيزوحرارية لمواد البناء والمواد العازلة للحـرارة وطريقة تركيبها فى الحوائط والأسقف وتؤثر تكنولوجيا البناء فى إمكانية ترتيـب هـذه العناصر ترتيبا يضمن الحد من انتقال الحرارة وكما تؤثر تكنولوجيا البناء فى إنتاج أنواع من مواد البناء لها القدرة العالية على عزل الحرارة مثل الطوب المعزول المستخدم فـى كثير من دول العالم[1].

٢ - الحراره المنتقلة بالتوصيل خلال الهيكل الخرسانى للمبنى ($Q_{cond\ concrete}$) وتظهر هذه المشكلة فى معظم المبانى المملاقة نظرا لأن موصليته الحرارية مرتفعة عن باقى الجزء المعتم من الغلاف الخارجى والإنتقالية الحرارية له كبيرة ويفضل فى معظم هذه المبـانى عزل هذه الأجزاء لرفع كفاءتها .

٣ - الحرارة المنتقلة بالتوصيل خلال الجزء الشفاف من الغلاف الخارجى (الزجاج) وتعتمـد كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل على تكنولوجيا صناعة الزجاج وقدرة هذه التكنولوجيـا على فى إنتقال الحراره خلال الزجاج بالتوصيل وقد أصبح من الممكن إنتاج أنواع مـن الزجاج لها إنتقالية حرارية اقل من ١,٥ وات / م٢ من وهى تكافىء حائط بسمك ٤٠ سم من الطوب الطفلى. (وقد تم ذكره فى الباب السابق)

٤ - الحراره المنتقلة بالإشعاع المباشر من الجزء الشفاف بالمبنى (Q_{radwin}) وتتوقف هذه على التطور الحادث فى تكنولوجيا صناعة الاغشية المعدنية العاكسه للحرارة .

٥ - الحرارة المنتقلة بالحمل نتيجة التهوية (Q_{venwin}) والتسرب (Q_{infwin}) من الغلاف الخارجى وهى تعتمد على مدى التقدم فى صناعة الإطارات التى تحكم تسرب الهواء .

والتفاصيل المعمارية الدقيقة للشباك بالمبنى ويمكن التحكم فى ذلك رياضيا على الصورة الرياضية التالية[1]:

$$Q = Q_{condw} + Q_{cod\ win} + Q_{condcon} + Q_{radwin} + Q_{venwin} + Q_{infwin}$$

حيث :

Q : كمية الحرارة الكلية المنتقلة من الغلاف الخارجى للمبنى (وات)

$Q_{cond\ wall}$: كمية الحرارة الكلية المنتقلة بالتوصيل خلال الأجزاء الصلبة من الغلاف الخارجى للمبنى (وات) .

$Q_{cond\ window}$: كمية الحرارة الكلية المنتقلة بالتوصيل خلال فتحات المبنى (الشبابيك والأبواب) (وات)

1- MM.Abd-Razik,"ventilated buildings in Egypt" ,M .sc.Fac . of sci cairo Uni . (1984).

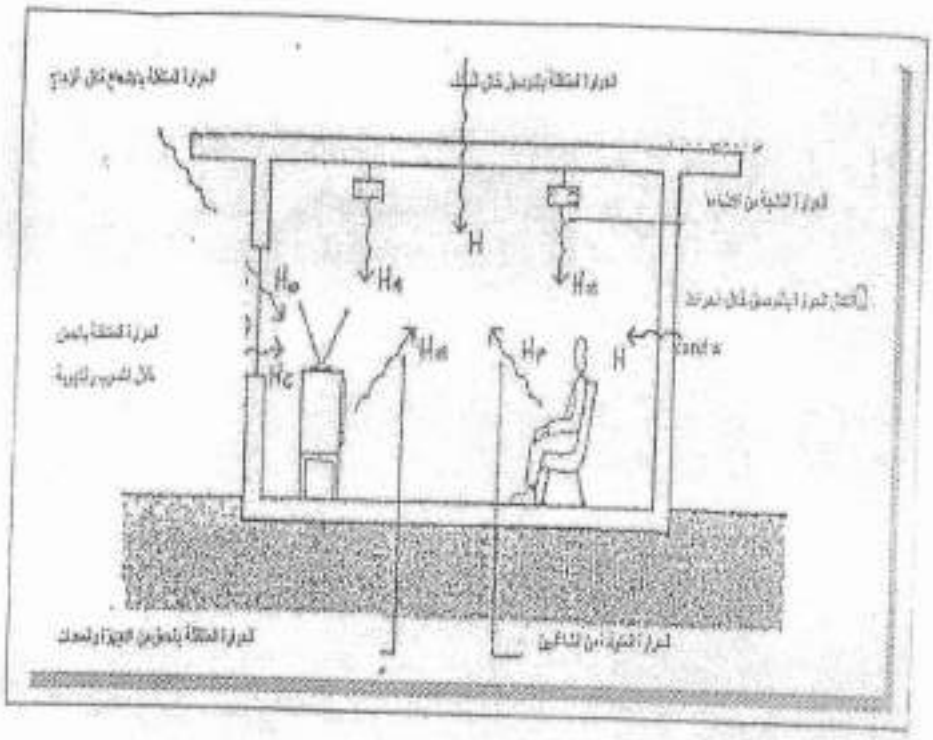
$Q_{cond\ concrete}$: كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل خلال الهيكل الخرسانى (وات)

$Q_{rad\ window}$: كمية الحرارة الكلية المنتقلة خلال الفتحات عن طريق الإشعاع (وات)

$Q_{inf\ window}$: كمية الحرارة الكلية المنتقلة من الغلاف الخارجى بتسرب هواء (وات)

$Q_{ven\ window}$: كمية الحرارة الكلية المنتقلة بالتهوية الطبيعية خلال الفتحات (وات)

ولفهم عملية انتقال الحرارة يوضح الشكل (٣-٨) ميكانيكية انتقال الحرارة خلال الغلاف الخارجى للمبنى



شكل (٣-٨):ميكانيكية إنتقال الحرارة من خلال الغلاف الخارجى للمبنى[1]

[1] - محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه، جامعة القاهره ٢٠٠٢م.

الفصل الثانى
(٣-٢)

دراسة وتحليل قـــــطاعات الحوائط الخارجية

٣-٢-١: أسس وفرضيات الدراسة التحليلية

تم إجراء الدراسة التحليلية لتصميم قطاع الحائط المطلوب على الأسس الآتية :

أ - تصميم الحائط كحائط مفرد بحيث تبلغ التخانة الكلية للحائط ١٤ سم .

ب - التحكم فى البدائل المختلفة لقطاع الحائط عن عدة متغيرات وبدائل تتمثل فى :

١ - نوع مادة بناء الحائط .

٢ - سمك الحائط .

٣ - سمك الطبقة العازلة للحرارة

٤ - نوع مادة التشطيب الخارجى للحائط .

وإختيار قطاع الحائط المناسب طبقا لأفضل البدائل تحقيقا للراحة الحرارية للمستعمل طبقا للقياسات المناخية المثلى .

٣-٢-٢ :القطاع الأساسى للحائط لغلاف المبنى الخارجى[١]

قام المصمم بتصميم قطاع أساسى للحائط مكون من :

١ - لياسة أسمنتية خارجية سمك ٢ سم .

٢ - طوب طفلى مفرغ سمك ١٢ سم .

٣ - لياسة أسمنتية داخلية سمك ٢ سم .

٣-٢-٣ :المتغيرات الاساسية فى قطاع الحائط الاساسى[٢]

قام المصمم بتحديد المتغيرات والبدائل فى قطاع الحائط الاساسى لدراسة تأثير كل متغير على الأداء الحرارى للحائط والمقارنة بين القطاعات المختلفة للحائط ، طبقا لقيمة الإنتقالية الحرارية U-value الذى يحققها كل قطاع من القطاعات البديلة وبما يحقق الراحة الحرارية لمستعملى الفراغ وتتمثل هذه البدائل فيما يلى :

أ- تأثير سمك الحائط .

ب-تأثير نوع الطوب المستخدم فى الحائط .

ج-تأثير اختلاف مادة التشطيب الخارجى للحائط .

د-تأثير تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة .

---

١ - عبد الفتاح احمد العيسوى ، محمد " تاثير تصميم الغلاف الخارجى للمبنى على الاكتساب الحرارى وانراحه الحراريه للمستعملين منهج لعملية التصميم البيئى للغلاف الخارجى للمبانى " رسالة ماجيستير ،كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٣ م

٢- المرجع السابق

هـ-تأثير وجود أو عدم وجود الطبقة العازلة للحرارة داخل فراغ الحائط ،وقد قام المصمم بإجراء الدراسات والتحليلات بإستخدام الطريقه الرياضية لحساب قيمة معامل الانتقال الحرارى الكلى لقطاع حائط مكون من عدة مواد إنشائية ، ويمكن الحصول على قيمة الانتقالية الحرارية الكلية لهذا القطاع كالاتى :

$$U=1/R_t$$

حيث ان :

U = معامل الانتقال الحرارى الكلى للقطاع (وات / م٢ م) .

Rt = المقاومة الكلية للقطاع (م٢ م / وات) .

ويمكن حساب R_t لحائط مكون من عدة طبقات وذلك بحساب مقاومة كل طبقة على حدة والجمع الجبرى لهذه المقاومات ، مع الوضع فى الإعتبار حساب مقاومة الهواء الخارجى والهواء الداخلى المجاور للقطاع ، وذلك من العلاقة[1] :

$$R_t= R_o+\sum^{n}_{i=1} R+R_i$$

حيث ان :

R_t = المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات).

R_o = مقاومة الهواء الخارجى (م٢ م / وات).

$\sum^{n}_{i=1}$= المجموع الجبرى لمقاومة مكونات الحائط (م٢ م / وات).

R_i = مقاومة الهواء الخارجى (م٢ م / وات).

وتبلغ مقاومة كل من المقاومات السابقة كما يلى :

R_o =0.055 (م٢ م / وات). تقدر مقاومة الهواء الخارجى

R_i = ٠,١٢٣ (م٢ م / وات).

أما مقاومة أى مكون من مكونات الحائط تختلف بإختلاف نوع المادة وسمكها ويمكن حسابها من العلاقة الآتية : $R=L/K$

حيث ان :

R = المقاومة الحرارية للمادة (م٢ م / وات).

L = سمك المادة (م)

K = الموصلية الحرارية للماده (وات / م م)

٣-٢-٤: الخواص الحرارية والفيزيائية للمواد المستخدمة

يوضح الجدول التالى الخواص الفيزيائية والحرارية لمواد البناء والمواد العازلة للحرارة كما هو مبين بالجدول .

---

[1] - عبد الفتاح احمد العيسوى ، محمد " تاثير تصميم الغلاف الخارجي للمبنى على الاكتساب الحرارى والراحه الحراريه للمستعملين منهج لعملية التصميم البيئى للغلاف الخارجي للمبانى " رسالة ماجستير ،كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٣ م

جدول (٣-١): الموصلية الحرارية لمواد البناء والمواد العازلة للحرارة[1]

المواد	الخصائص الفيزيائية		المقاومة الحرارية (R) لمختلف السمكات (م٢.س°/وات)				
	الموصلية الحرارة (وات/م.س°)	الكثافة (كجم/م٣)	١٠ مم	١٠٠ مم	٢٠٠ مم	٢٥٠ مم	٣٨٠مم
١ – الطوب							
١-١ طوب طفلى	٠,٦	١٨٥٠	–	٠,١٩	٠,٣٠	٠,٥٩	٠,٨٠
١-٢ الطوب الأسمنتى مجصص	١,٤	٢٠٠٠	–	٠,٢٨	٠,٣١	٠,٣٥	٠,٤٤
١-٣ الطوب الرملى الثقيل	١,٧	٢٠٠٠	–	٠,٢٩	٠,٢٩	٠,٣٢	٠,٣٩
١-٤ الطوب الرملى الخفيف	٠,٣٥	٦٥٠	–	٠,٦٠	٠,٧١	٠,٨٨	١,٢٩
١-٥ طوب طفلى مفرغ	٠,٦	١٧٩٠	–	٠,٤٧	٠,٥٠	٠,٥٩	٠,٨٠
١-٦ طوب أسمنتى مفرغ	١,٦	١١٤٠	–	٠,٢٩	٠,٢٠	٠,٣٣	٠,٤١
٢ – البلاط							
٢-١ البلاط الأسمنتى	١,٤	٢١٠٠	–	–	–	–	–
٢-٢ بلاط السيراميك	١,٦	٢٠٠٠	٠,١٨	–	–	–	–
٢-٣ الدلتا	٠,١٦	١٣٥٠	٠,٢٣	–	–	–	–
٢-٤ بلاط مطاطية	٠,٤	١٧٠٠	٠,٢٠	–	–	–	–
٢-٥ بلاطات موزايكو	١,٦	٢٤٥٠	٠,١٨	–	–	–	–
٣ – الأخشاب							
٣-١ الخشب الزان	٠,٨٧	٧٠٠	٠,٢٣	٠,٢٩	–	–	–
٣-٢ خشب شجر البرودى	٠,١٠٥	٤١٥	٠,٢٧	٠,٣١	–	–	–
٣-٣ أبنوس	٠,١٦	٧٧٠	٠,٢٢	٠,٣٠	–	–	–
٣-٤ ماهوجانى	٠,١٥٥	٣٠٠	٠,٢٣	٠,٣٠	–	–	–
٣-٥ خشب حزيزى	٠,١٤	٩١٠	٠,٢٤	٠,٣١	–	–	–
٣-٦ خشب رقاقى	٠,١٤	٥٣٠	٠,٢٤	٠,٣١	–	–	–
٣-٧ خشب قشرة	٠,١٧	٤٠٠	٠,٢٣	٠,٢٩	–	–	–
٤ – المواد الجيسية							
٤-١ الجبس	٠,١٥	٣٢٠	٠,٣٠	٠,٣٧	٠,٤٤	–	–
٤-٢ الألواح الجيسية	٠,٣٩	٩٥٠	٠,٢٢	٠,٢٥	٠,٢٧	–	–
٤-٣ الأسمنت البورتلاندى	٠,١٧٥	١٣٣٥	٠,٢٨	٠,٢٤	٠,٤٠	–	–
٥ – الأحجار							
٥-١ الأحجار الزينيه	١,٦	١٨٠٠	٠,٢٥	٥,٢١	٠,٢٠	٠,٣٣	٠,٤١
٥-٢ الحجر الجيرى	٠,٧٩	١٦٠٠	٠,٣٢	٠,٢٦	٠,٤٢	٠,٤٩	٠,٦٥
٦ – المواد العازلة							
٦-١ البولستيرين الممدد	٠,٠٣٤	٣٥	٠,٧٦	١,٣٥	–	–	–
٦-٢ البولستيرين المدلوق	٠,٠٣	٣٠	٠,٨٤	١,٤٠	–	–	–
٦-٣ البولييوريثان	٠,٠٤٥	١٥	٠,٩١	١,٠٦	–	–	–
٦-٤ بولييوريثان	٠,٠٢٦	٣٠	٠,٩٤	١,٧١	–	–	–
٦-٥ البيرليت	٠,٠٥٥	١٢٠	٠,٩٣	٠,٩٠	–	–	–
٦-٦ الفيرموكليت أسمنت	٠,٠٦٥	١٠٠	٠,٤٨	٠,٢٩	–	–	–
٦-٧ فيرموكليت	٠,٢٢	١٥٠	٠,٢٦	٠,٢٥	–	–	–

[1] – الكود المصرى لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى (الجزء الأول : المبانى السكنية) ، المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء ، طبعة ٢٠٠٦

٣-٢-٥ : دراسة تأثير المتغيرات على الأداء الحرارى للحائط[1]

قام المصمم بعمل بدائل لقطاع طبقا للمتغيرات السابقة ، حيث قام بدراسة تأثير كل متغير على الأداء الحرارى للحائط مع ثبات باقى المتغيرات الأخرى ، لمعرفة تأثير كالبديل على الأداء الحرارى للحائط وذلك بإستخدام الطريقة الرياضية ، ويمكن ذكر التحليلات والدراسات التى قام بها المصمم كما يلى :

اولا : تأثير سمك الحائط على الأداء الحرارى للمبنى :

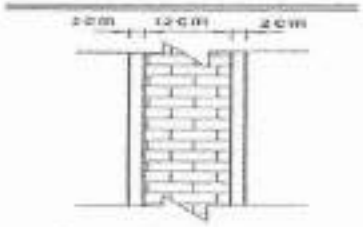
قام المصمم بعمل البدائل الآتية لتخانة مبانى الحائط مع ثبات باقى المكونات كما يلى :

- المواد المستخدمة فى مبانى الحائط :الطوب أسمنتى مفرغ والطوب طفلى مفرغ .
- التخانات المستخدمة لكل نوع من المبانى السابقة هى١٢ سم ، ٢٥ سم .

وقام المصمم باستخدام الطريقة الرياضية ، بحساب قيمة الانتقالية الحرارية U-Value لكل بديل كدلالة للأداء الحرارى للحائط البديل .

تأثير سمك الحائط على الأداء الحرارى للمبنى :

قطاع الحائط S1-1 مكون من محارة أسمنتية ٢ سم + طوب طفلى مفرغ ١٢ سم + محاره أسمنتية ٢ سم



Sec.S1 (12) cm

شكل (٣-٩): قطاع الحائط S1-1

[1] - الباحثة

$R_t = R_0 + \sum^{n}_{i=1} R + R_i$

حيث :

R_t = المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م٠ / وات)

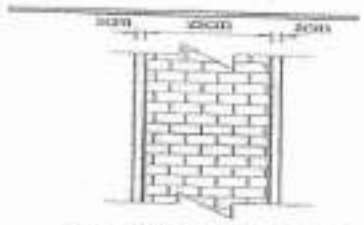
R_0 = ٠,٠٥٥ (م٢. م / وات)

$\sum^{n}_{i=1}$ = ٠,٠٢/٠,٩٥ + ٠,١٢ /٠,٦ + ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢. م / وات)

R_i = ٠,١٢٣ (م٢. م / وات)

R_t= 0.41 m2.C/ Watt
U= 2.43 Watt / m2 . C

قطاع الحائط S2-1 مكون من طوب طفلى مفرغ ٢٥ سم + محاره أسمنتية ٢سم[1]



شكل (٣-١٠) : قطاع الحائط S2-1

$R_t = R_0 + \sum^{n}_{i=1} R + R_i$

حيث :

Rt = المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات)

Ro = ٠,٠٥٥ (م٢. م / وات)

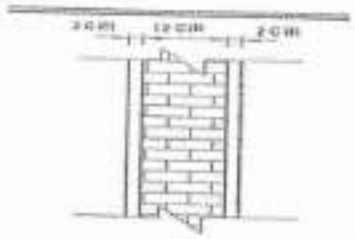
$\sum^{n}_{i=1}$ = ٠,٠٢/٠,٩٥ + .٢٥/٠,٦ + ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢. م / وات)

Ri = ٠,١٢٣ (م٢. م / وات)

R_t= 0.63 m2.C/ Watt
U= 1.6 Watt / m2 . C

قطاع الحائط S1-2 مكون محارة أسمنتية ٢ سم + طوب اسمنتى مفرغ ١٢ سم + محارة أسمنتية ٢ سم

[1] - لياحة



شكل (٣-١١) : قطاع الحائط S1-2

$R_t = R_0 + \sum^{n}_{i=1} R + R_i$

حيث :

R_t = المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات)

R_o = ٠,٠٥٥ (م٢. م / وات)

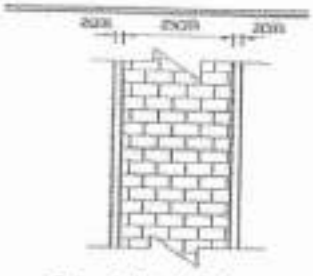
$\sum^{n}_{i=1} R$ = ٠,٠٢/٠,٩٥ + .١٢/١,٦ + ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢. م / وات)

Ri = ٠,١٢٣ (م٢. م / وات)

R_t= 0.28 m2.C/ Watt

U= 3.5 Watt / m2 . C

قطاع الحائط2-S2 مكون من محارة أسمنتية ٢ سم + طوب أسمنتى مفرغ ٢٥ سم + محارة أسمنتية ٢ سم[1]



شكل (٣-١٢) : قطاع الحائط2-S2

[1] - قياسة

$Rt= R_0+\sum^{n}_{i=1}R+R_i$

حيث :

R_t = المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات)

R_o = ٠,٠٥٥ (م٢. م / وات)

$\sum^{n}_{i=1}R$ = ٠,٠٢/٠,٩٥ + .٢٥/١,٦ + ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢. م / وات)

R_i = ٠,١٢٣ (م٢. م / وات)

Rt= 0.37 m2.C/ Watt
U=2.77 Watt / m2 . C

نتائج التحليل[1] :

١ - بزيادة سمك المباني تقل U- Value وتزداد الكفاءة الحرارية للحائط .

٢ - الأداء الحراري للطوب الطفلي المفرغ أعلى من الأداء الحراري للطوب الأسمنتي المفرغ

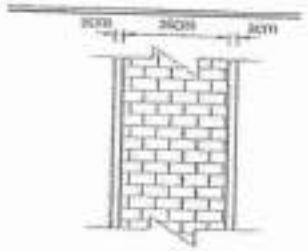
٣ - مدى الاختلاف في قيمة الانتقالية الحرارية U- Value للطوب الأسمنتي من تخانة لأخرى أكبر من مدى الإختلاف في قيمة الانتقالية الحرارية U- Value للطوب الطفلي المفرغ ، وأهمية ذلك يكمن في ملاحظة أن الأداء الحراري لتخانة ٢٥ سم من من الطوب الأسمنتي المفرغ أكبر من الأداء الحراري لتخانة ٢٥ سم من الطوب الطفلي المفرغ .

ثانيا : تأثير نوع الطوب المستخدم في الحائط :

قام المصمم بتغيير نوع الطوب المستخدم في الحائط مع ثبات باقي المكونات وأبعاد الحائط وكانت البدائل كالتالي :

- الحائط بتخانة ٢٥ سم من بدائل مختلفة من المواد كالتالي : طوب أسمنتي مفرغ ،طوب طفلي مفرغ ،طوب ليكا مفرغ .
- قطاع الحائطS2-3 مكون من محارة اسمنتية ٢ سم + طوب أسمنتي مفرغ ٢٥ سم + محارة أسمنتية ٢ سم .

[1] - الباحثة



شكل (٣-١٣) : يوضح قطاع الحائط S2-3

$Rt= R_0+\sum^{n}_{i=1}R+R_i$

حيث :

R_t = المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م٠ / وات)

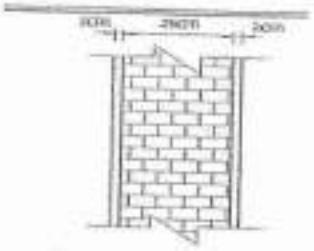
R_o = ٠,٠٥٥ (م٢.م / وات)

$\sum^{n}_{i=1}R$ = ٠,٠٢/٠,٩٥ + .٢٥/١,٦ + ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢.م / وات)

R_i = ٠,١٢٣ (م٢.م / وات)

R_t= 0.37 m2.C/ Watt
U=2.77 Watt / m2 . C

قطاع الحائط S2-4 مكون من محارة أسمنتية ٢ سم + طوب طفلى مفـرغ ٢٥ سـم + محارة أسمنتية ٢سم[1]



شكل (٣-١٤) : يوضح قطاع الحائط S2-4

$Rt= R_0+\sum^{n}_{i=1}R+R_i$

حيث :

[1] - الباحثة

حيث :

R_t = المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات)

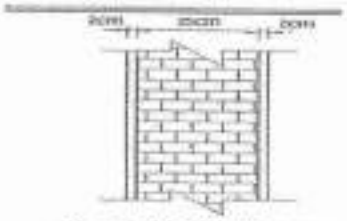
R_o = ٠,٠٥٥ (م٢. م / وات)

$\sum^{n}_{i=1}R$ = ٠,٠٢/٠,٩٥ + .٢٥/٠,٦ + ٠,٠٢/٠,٩٥ ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢. م / وات)

R_i = ٠,١٢٣ (م٢. م / وات)

R_t= 0.63 m2.C/ Watt
U= 1.6 Watt / m2 . C

قطاع الحائط S2-5 مكون من محارة أسمنتية ٢ سم + طوب ليكا مفرغ ٢٥ سم + محارة أسمنتية ٢سم[1]



Sec.S2 (25) cm

شكل (٣-١٥) : يوضح قطاع الحائط S2-5

$R_t = R_0 + \sum^{n}_{i=1}R + R_i$

حيث :

R_t = المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات)

R_o = ٠,٠٥٥ (م٢. م / وات)

$\sum^{n}_{i=1}R$ = ٠,٠٢/٠,٩٥ + ٠,٠٢/٠,٩٥ + .٢٥/ ٠,٤ ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢. م / وات)

R_i = ٠,١٢٣ (م٢. م / وات)

R_t= 0.85 m2.C/ Watt
U= 1.19 Watt / m2 . C

نتائج التحليل :

١ - الطوب الليكا المفرغ كان له أفضل أداء عند إستخدامه فى قطاع الحائط

٢ - أداء الطوب الطفلى المفرغ والأسمنتى المفرغ يعتمد أساسا على حجم الفراغات الهوائية داخل الطوب ومصدر مادة الطوب وعوامل أخرى غير ذلك .

[1] - قابلة

ثالثا : تاثير اختلاف مادة التشطيب الخارجى للحائط[1]

قام المصمم بتغيير مادة التشطيب الخارجى للحائط مع ثبات باقى مكونات وأبعاد الحائط الأساسى وكانت البدائل كالتالى :

- قطاع الحائط S2-6 مكون من تكسية حجر رملى بسمك ٤ سم + طوب اسمنتى مفرغ ٢٥سم + محارة أسمنتية ٢سم

$Rt = R_0 + \sum^{n}_{i=1} R + R_i$

حيث :

R_t = المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات)

R_o = ٠,٠٥٥ (م٢. م / وات)

$\sum^{n}_{i=1} R$ = ٠,٠٤/٠,٩٧ + ٠,٢٥/ ١,٦ + ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢. م / وات)

R_i = ٠,١٢٣ (م٢. م / وات)

R_t= 0.38 m2.C/ Watt
U=2.63 Watt / m2 . C

- قطاع الحائط S2-7 مكون من بياض اسمنتى + طوب اسمنتى مفرغ ٢٥ سم + محارة اسمنتية ٢سم

$R_t = R_0 + \sum^{n}_{i=1} R + R_i$

حيث :

R_t = المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات)

R_o = ٠,٠٥٥ (م٢. م / وات)

$\sum^{n}_{i=1} R$ = ٠,٠٣/٠,٩٥ + ٠,٢٥/ ١,٦ + ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢. م / وات)

R_i = ٠,١٢٣ (م٢. م / وات)

R_t= 0.37 m2.C/ Watt
U=2.77 Watt / m2 . C

نتائج التحليل :

- لايوجد تأثير يذكر باختلاف مكونات التشطيب فى الحائط طبقا للبدائل السابقة مقارنة مع اختلاف نوع الطوب المستخدم سابقا .

رابعا : تأثير تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة[2] :

قام المصمم باستخدام مادة البولسترين المبثوق بتخانات مختلفة مع ثبات باقى المكونات بأسماك كالتالى :

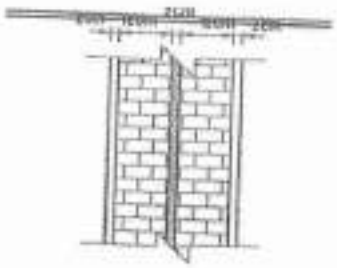
- ٢سم - ٣سم - ٥سم

---

[1] - الباحثة

[2] - الباحثة

قطاع الحائط S2-8 مكون من محارة أسمنتية خارجية ٢ سم + طوب لبكا مفرغ ١٢ سم +بولستيرين مشكل بالبثق ٢ سم + طوب لبكا مفرغ ١٢ سم + محارة أسمنتية داخلية ٢ سم



Sec.I_{Ext} I(12-2ins.-12)cm

شكل (٣-١٦) : يوضح قطاع الحائط S2-8

$Rt= R_0+\sum^{n}_{i=1}R+R_i$

حيث :

R_t = المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات)

R_o = ٠,٠٥٥ (م٢. م / وات)

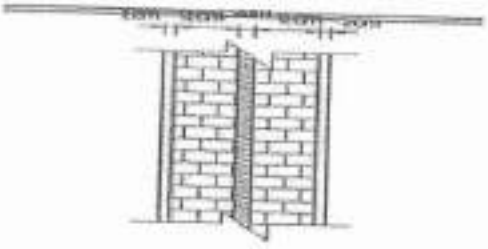
$\sum^{n}_{i=1}R$ = ٠,٠٢/٠,٩٥ + ٠,١٢/ ٠,٣٩ + ٠,٠٢/٠,٠٣ + ٠,١٢/٠,٣٩+٠,٠٢/٠,٩٥ + ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢. م / وات)

R_i = ٠,١٢٣ (م٢. م / وات)

Rt= 1.70m2.C/ Watt

U=.58 Watt / m2 . C

قطاع الحائط S2-9 مكون من محارة أسمنتية خارجية ٢ سم + طوب لبكا مفرغ ١٢ سم +بولستيرين مشكل بالبثق ٣ سم + طوب لبكا مفرغ ١٢ سم + محاره أسمنتية داخلية ٢سم [1]



Sec.I_{Ext} 2 (12-3ins.-12)cm

شكل (٣-١٧) : يوضح قطاع الحائط S2-9

$R_t= R_0+\sum^{n}_{i=1}R+R_i$

١ - البامة

حيث :

R_t – المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات)

R_o = ٠,٠٥٥ (م٢.م / وات)

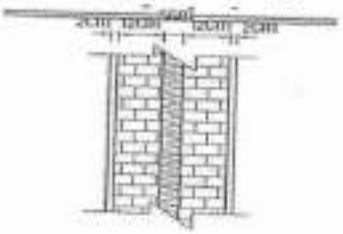
$\sum^n_{i=1}R$ = ٠,٠٢/٠,٩٥+٠,١٢/٠,٣٩+٠,٠٣/٠,٠٣+.١٢/ ٠,٣٩+٠,٠٢/٠,٩٥ + ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢.م / وات)

R_i – ٠,١٢٣ (م٢.م / وات)

R_t= 2.13m2.C/ Watt

U=.46 Watt / m2 . C

قطاع الحائط S2-10 مكون من محارة أسمنتية خارجية ٢ سم + طوب لبكا مفرغ ١٢ سم + بولستيرين مشكل بالبثق ٥ سم + طوب لبكا مفرغ ١٢ سم + محارة أسمنتية داخلية ٢سم[1]



Sec.I_{Ext} 3 (12-5ins.-12)cm

شكل (٣-١٨) : يوضح قطاع الحائط S2-10

$R_t= R_o+\sum^n_{i=1}R+R_i$

حيث :

R_t – المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات)

R_o – ٠,٠٥٥ (م٢.م / وات)

$\sum^n_{i=1}R$ = ٠,٠٢/٠,٩٥ + .١٢/ ٠,٣٩ + ٠,٠٥/٠,٠٣+٠,١٢/٠,٣٩ + ٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢.م / وات)

R_i = ٠,١٢٣ (م٢.م / وات)

R_t= 3.00m2.C/ Watt

U=.33 Watt / m2 . C

<u>نتائج التحليل</u>

١ – بتغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة من سمك ٥ سم إلى سمك ٣ سم كان لذلك تأثير كبير على قيمة الانتقالية الحرارية U- Value حيث نجد أن الانتقالية الحرارية تقل بنسبة تصل إلى أكثر من ٥٠% عند استخدام الطبقة العازلة للحرارة بسمك ٥ سم ، وكذلك التأثير عند تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة من ٣ سم إلى سمك ٢ سم .

[1] – الباحثة

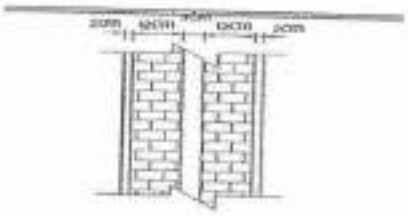
خامسا : تأثير وجود أو عدم وجود الطبقة العازلة للحرارة داخل فراغ الحائط[1]

قام المصمم بدراسة تأثير وجود أو عدم وجود الطبقة العازلة للحرارة داخل فراغ الحائط وكانت البدائل كالتالى :

- قطاع الحائط S2-6 مكون من محارة أسمنتية خارجية ٢ سم + طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + بولستيرين مشكل بالبثق ٥ سم + طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + محارة أسمنتية داخلية ٢سم

R_t= 3.00m2.C/ Watt
U=0.33 Watt / m2 . C

- قطاع الحائط S2-11 مكون من محارة أسمنتية خارجية ٢ سم + طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + فراغ هوائى بسمك ٥ سم + طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + محارة أسمنتية داخلية ٢سم



Sec.C1 (12-5-12) cm

شكل (٣-١٩) : يوضح قطاع الحائط S2-11

$R_t = R_0 + \sum_{i=1}^{n} R + R_i$

حيث :

R_t – المقاومة الكلية للحائط المكون من عدة طبقات (م٢ م / وات)

R_0 – ٠,٠٥٥ (م٢. م / وات)

$\sum_{i=1}^{n} R$ – ٠,٠٢/٠,٩٥+٠,١٢/٠,٣٩+٠,١٥٣+ .١٢/٠,٣٩+٠,٠٢/٠,٩٥ (م٢. م / وات)

R_t= 0.98m2.C/ Watt
U=1.02 Watt / m2 . C

نتائج التحليل :

١ – كان لاستخدام الطبقة العازلة للحرارة التأثير الكبير على الأداء الحرارى للحائط .

٢ – يمكن بواسطة استخدام الطبقة العازلة للحرارة داخل فراغ الحائط الوصول لأفضل أداء حرارى ، بحيث يحقق قيمة مثلى للانتقالية الحرارية U- Value حتى يمكن تحقيق المتطلبات الحرارية المثلى لمستعملى الفراغ وذلك طبقا لتخانة الطبقة العازلة للحرارة المطلوبة والتى تحقق قيمة الإنتقالية الحرارية المثلى .

---

[1] – الباحثة

جدول (٣-٢) : تحليل قطاعات الحوائط الخارجية فى المبانى السكنية[1]

البديل		قطاع الحائط (البدائل)	قيمة الانتقاليه الحراريه U- Value
تأثير سمك الحائط	١	قطاع الحائط باستخدام طوب طفلي مفرغ ١٢ سم	٢,٤٣
	٢	قطاع الحائط باستخدام طوب طفلي مفرغ ٢٥ سم	١,٦
	٣	قطاع الحائط باستخدام طوب أسمنتى مفرغ ١٢ سم	٣,٥
	٤	قطاع الحائط باستخدام طوب أسمنتى مفرغ ٢٥ سم	٢,٧٧
تأثير نوع الطوب المستخدم فى الحائط	١	قطاع الحائط باستخدام طوب أسمنتى مفرغ ٢٥ سم	٢,٧٧
	٢	قطاع الحائط باستخدام طوب طفلي مفرغ ٢٥سم	١,٦
	٣	قطاع الحائط باستخدام طوب ليكا مفرغ ٢٥ سم	١,١
تأثير إختلاف مادة التشطيب الخارجي للحائط	١	قطاع الحائط باستخدام تكسية حجر رملى بسمك ٤ سم + طوب أسمنتى ٢٥ سم + محارة أسمنتية ٢ سم	٢,٦٣
	٢	قطاع الحائط باستخدام بياض أسمنتى + طوب أسمنتى مفرغ + محارة أسمنتية ٢ سم	٢,٧٧
تأثير تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة	١	قطاع الحائط مكون من لياسة أسمنتية خارجية ٢ سم + ١٢ سم طوب ليكا مفرغ + ٢ سم بولسترين مشكل بالبئق + ١٢ سم طوب ليكا مفرغ + ٢ سم لياسة أسمنتية داخلية	٠,٥٨
	٢	قطاع الحائط مكون من لياسة أسمنتية خارجية ٢ سم + ١٢ سم طوب ليكا مفرغ + ٣ سم بولسترين مشكل بالبئق + ١٢ سم طوب ليكا مفرغ + ٢ سم لياسة اسمنتية داخلية	٠,٤٦
	٣	قطاع الحائط مكون من لياسة أسمنتية خارجية ٢ سم + ١٢ سم طوب ليكا مفرغ + ٥ سم بولسترين مشكل بالبئق + ١٢ سم طوب ليكا مفرغ + ٢ سم لياسة أسمنتية داخلية	٠,٣٣
تأثير وجود أو عدم وجود الطبقة العازلة للحرارة	١	محاره أسمنتيه ٢ سم + طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + فراغ هوائى بسمك ٥ سم + طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + محارة أسمنتية داخلية ٢ سم	١,٠٢
	٢	محارة أسمنتية ٢ سم + طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + بولسترين مشكل بالبئق٥ سم+ طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + محارة أسمنتية داخلية ٢ سم	٠,٣٣

١ - الباحثة

٣-٢-٦: المقاومة الحرارية لمواد البناء[1]

أ - المقاومة الحرارية المكافئة (R) للسقف

- المقاومة الحرارية = ٠,٣ تكافئ ١٢سم خرسانة ، ٦سم رمل ، ٢سم مونة ، ٢سم بلاط .
- المقاومة الحرارية = ٠,٤ تكافئ ١٢سم خرسانة مسلحة ، ٨سم خرسانة ميول ، ٦سم رمل ، ٢سم مونة ، ٢سم بلاط .
- المقاومة الحرارية = ٠,٦ تكافئ ٢٠سم بلوك خرسانى مفرغ ، ٨سم خرسانة ميول ، ٦سم رمل ، ٢سم مونة ، ٢سم بلاط .

ب - بالنسبة للحوائط

- المقاومة الحرارية = ٠,٦ تكافئ ٢٥ سم من الطوب الطفلى ، ٢ سم بياض اسمنتى من الجانبين .
- المقاومة الحرارية = ٠,٨ تكافئ ٣٨ سم من الطوب الطفلى ، ٢ سم بياض اسمنتى من الجانبين .

جـ- المقاومة الحرارية للمواد العازلة للحرارة بدون مقاومة السطح الخارجى والداخلى(Rsi, Rso)

- المقاومة الحرارية ٠,٥٩ تكافئ ٢ سم بولسيترين ممدد عازل للحرارة .
- المقاومة الحرارية ١,٧٥ تكافئ ٦ سم بولسيترين ممدد عازل للحرارة .
- المقاومة الحرارية ٢,٣٥ تكافئ ٨ سم بولسيترين ممدد عازل للحرارة .

- فى حالة وضع المادة العازلة للحرارة من الداخل فى الحوائط فإن قيمة المقاومة الحرارية تنقص بمقدار ٣٠ % .
- المقاومة الحرارية لفراغ الحائط المزدوج بسمك ١٠٠ مم غير مهواه تصل إلى حوالى ٠,١٦ م٢س°/وات
- المقاومة الحرارية للسطح الخارجى = ٠,٠٤ م٢.س°/وات .
- المقاومة الحرارية للسطح الداخلى = ٠,١٢٣ م٢.س°/وات .

---

[1] - الكود المصرى لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى (الجزء الأول : المبانى السكنية) ، المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء ، طبعة ٢٠٠٦

٣-٢-٧ : دراسة الاستجابات الحرارية للأسقف

٣-٢-٧-١: قياسات حقلية توضح الإستجابة الحرارية لخمس حجرات تجارب أسقفها مشيدة من مواد بناء مختلفة :

أجريت القياسات الحقلية على خمس حجرات تجارب لها نفس الأبعاد حيث تتماثل فى نوع وسمك مواد البناء الإنشائية للحوائط والأرضيات وتختلف فى نوعية وتركيب مواد البناء فى الأسقف وذلك لتوضيح تأثير الأسقف المختلفة على السلوك الحرارى[1].

تتكون أسقف الخمس حجرات من المواد التالية :

الحجرة الاولى :

يتكون السقف من الخرسانة المسلحة بسمك ١٠ سم . أختبرت هذه الحجرة تحت عدة ظروف مختلفة:

أ - بدون تظليل خارجى .
ب - تظليل خارجى وبدون تهوية أسفل المظلة .
جـ- باستخدام ألواح من الخشب .
د - استبدال ألواح الخشب بحصيرة من البوص تستخدم أثناء فترة النهار وترفع بعد الغروب وذلك لزيادة الفقد الحرارى بالإشعاع إلى الجو الخارجى المحيط .

الحجره الثانية : يتكون السقف من بلوكات الطوب الأسمنتى المفرغ بسمك ٢٥ سم .

الحجره الثالثة : يتكون سقف هذه الحجرة من البلوكات الجبسية بسمك حوالى ٢٠ سم .

الحجره الرابعة : يتكون سقف هذه الحجرة من ألواح الأسبستوس المعرج ذات مدى ١٠ سم .

الحجره الخامسة : يتكون سقف هذه الحجرة من خرسانة مسلحة بسمك ١٥ سم مع طبقة عازلة للحرارة من مادة البولسترين الممدد بسمك ٢٥ سم .

جميع هذه الأسقف ذات لياسة أسمنتية داخلية بسمك ٢ سم والأسطح الخارجية المعرضة يعلوها طبقة من البيتومين ومونة وبلاط أسمنتى .وقد تم إختبار هذه الحجرات خلال الفصول المناخية المختلفة .

---

[1] - مركز بحوث الاسكان والبناء "دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير نهائى (سبتمبر ١٩٩١م) .

نتائج القياسات الحقلية[1] :

١ - الإختلاف الكبير فى درجة حرارة السطح الخارجى لأسقف على ثبات درجة الحرارة الثلاث حجرات الأولى والثانية والخامسة وملاحظة أن سقف الحجرة الثانية والخامسة لهم نفس السوك الحرارى معظم ساعات اليوم مع وجود فرق حوالى ٣ س أما سقف الحجرة الأولى فيلاحظ إنخفاض درجة حرارته عن الحجرات الثانية والخامسة بحوالى ١٦ س بإستخدام الحصيرة المثبتة .

٢ - درجة الحرارة العظمى للسطح الداخلى لسقف الحجرة الأولى تتخلف زمنيا عن درجة الحرارة العظمى للسطح الخارجى بحوالى ٣ ساعات أما بالنسبة لسقفى الحجرة الثانية والخامسة فدرجة الحرارة العظمى للسطح الداخلى تتخلف زمنيا بحوالى ٨ ساعات عن درجة الحرارة العظمى للسطح الخارجى .

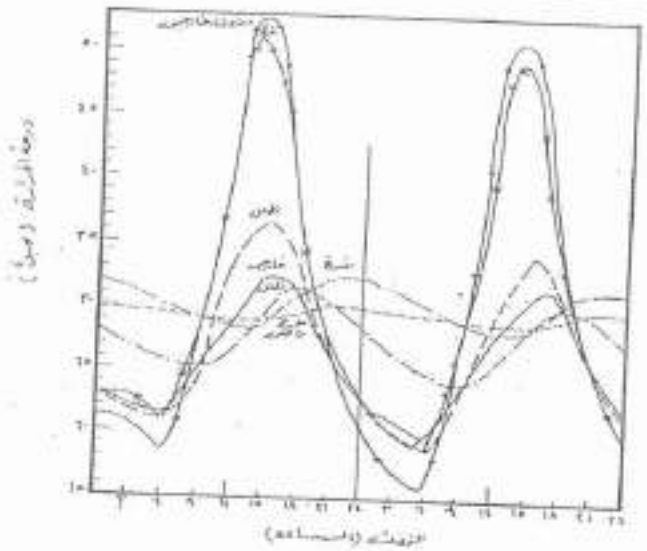
٣ - درجة الحرارة الداخلية لسقف الحجرة الخامسة يقل عن درجة الحرارة الداخلية لسقف الحجرات الأولى والثانية بحوالى ٤ س . كما هو موضح بالشكل (٣-٢١).

٤ - البلوكات الأسمنتية المفرغة او البلوكات الجبسية لها نفس السلوك الحرارى تقريبا وإختيار إحداهما يعتمد على الجدوى الاقتصادية وتوفرها فى السوق المحلى . كما هو موضح بالشكل (٣-٢٠).

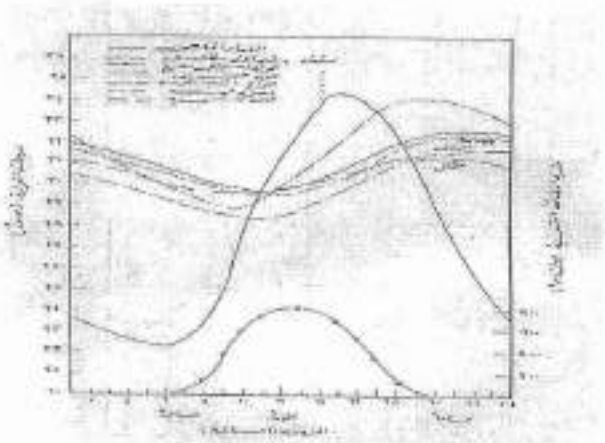
٥ - أهمية التظليل الخارجى حيث نجد أن الحجرة الرابعة هى تعتبر أسوأ الحجرات حراريا مقارنة بالحجرات الاخرى .

---

[1] - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "،الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير نهائى (سبتمبر ١٩٩١م) .



شكل (٣-٢٠): مقارنه بين درجات حرارة الأسطح الخارجية والداخلية لثلاث حجرات[١]



شكل(٣-٢١) : مقارنة بين درجة حرارة الهواء الداخلى لخمس حجرات متماثلة ذات اسقف انشائية مختلفة[٢]

١ - إستخدام التظليل الخارجى بألواح الخشب الخفيف مع التهوية بين الخشب والسقف المظلل بالنسبة للحجرة الأولى ساعد على ثبات درجات الحرارة على سطح البلاط الأسمنتى فوق السقف عنه بالنسبة لنفس الحجرة ولكن بدون تظليل .

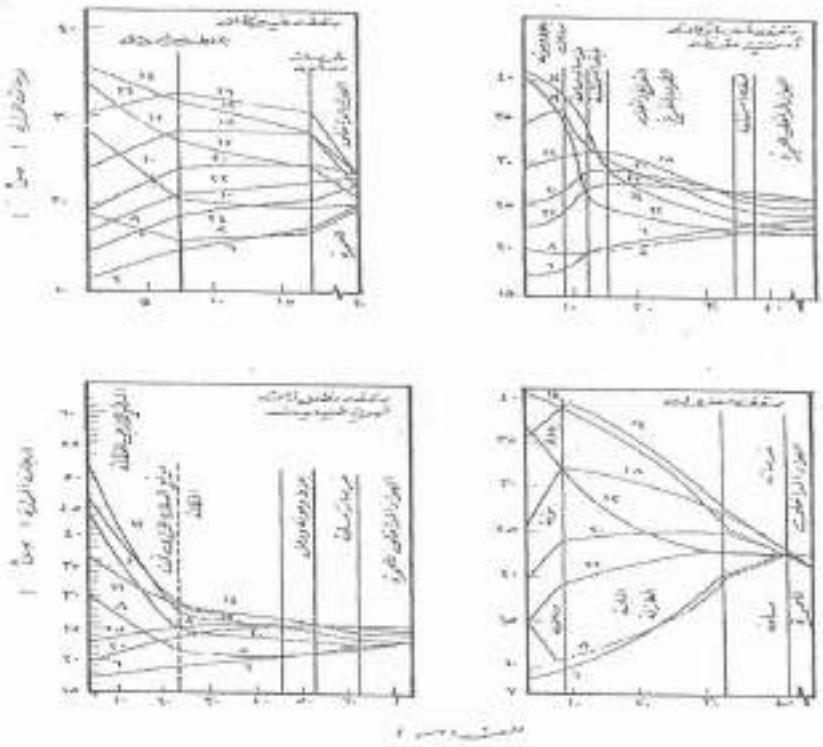
---

١ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "،الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير نهائى(سبتمبر ١٩٩١م) .

٢ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "،الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير نهائى(سبتمبر ١٩٩١م) .

٢ - درجة الحرارة تزداد من الخارج إلى الداخل فى مواد السقف خلال ساعات النهار الأولى وساعات الليل ثم تبدأ فى الإنخفاض فى نفس الإتجاه أثناء فترة النهار كما هـو موضـح بالشكل (٣-٢١) .

ونجد من خلال ذلك يتضح أهمية التظليل الخارجى بالنسبة للأسقف وتأثير العزل الحرارى على خفض درجة حرارة السطح الداخلى وثبات المدى الحرارى اليومى .



شكل (٣-٢٢) : توزيع درجات الحرارة لثلاث حجرات متماثلة ذات أسقف مختلفة خلال ساعات اليوم المتغيرة[١]

١ - الكود المصرى لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى (الجزء الأول : المبانى السكنية) ، المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء ، طبعة ٢٠٠٦

جدول (٣-٣) متطلبات الغلاف الخارجي للمباني غير المكيفة بإقليم جنوب مصر[1]

يوم تدفئه (١٨,٣ س°) =١٢٧ HDD 18.3 °C =127 يوم تبريد (٢٥س°) =١٢٨٧ CDD 25 °C =1278

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥
١. الإتجاه		مساحية السطح الخارجي	المقاومة الحرارية للطوبة م٢س°/وات	المقاومة الحرارية للعناصر الإنشائية			٢. معامل الاكتساب الحراري الشمسي المطلوب			لو		٣. نسبة إقلال الزجاج الواجب توافرها على الفتحة		
				٠,٤	٠,٦	٠,٨	٤. نسبة الفتحات بالواجهات							
				المقاومة الحرارية المطلوبة للعازل الحراري م٢س°/وات			ف≤١٠%	ف١٠<ف≤٢٠%	ف٢٠<ف≤٣٠%	ف>٣٠%	ف≤١٠%	ف١٠<ف≤٢٠%	ف٢٠<ف≤٣٠%	ف>٣٠%
							٥. SHGC				٦. SGR			
الحوائط	السقف	٠,٧٠	٣,٠٠	٢,٦	٢,٤	٢,٢								
	ش	٠,٣٨	١,٠٠	٠,٩	٠,٤	٠,٢	غ ط	غ ط	٠,٦	٠,٥	غ ط	٢٠ %	٥٠ %	٨٠ %
		٠,٥٠	١,٠٠	٠,٦	٠,٤	٠,٢								
		٠,٧٠	١,١	٠,٧	٠,٥	٠,٣								
	ش.ق /ش.غ	٠,٣٨	١,١	٠,٧	٠,٥	٠,٣	غ ط	غ ط			غ ط	٣٠ %		
		٠,٥٠	١,١	٠,٧	٠,٥	٠,٣								
		٠,٧٠	١,٢	٠,٨	٠,٦	٠,٤								
	ق/غ	٠,٣٨	١,٢	٠,٨	٠,٦	٠,٤	غ ط	٠,٦			١٠ %	٥٠ %		
		٠,٥٠	١,٣	٠,٩	٠,٧	٠,٥								
		٠,٧٠	١,٥	١,١	٠,٩	٠,٧								
	ج.ق /ج.غ	٠,٣٨	١,٢	٠,٨	٠,٦	٠,٤	غ ط	غ ط			غ ط	٥٠ %		
		٠,٥٠	١,٣	٠,٩	٠,٧	٠,٥								
		٠,٧٠	١,٤	١,٠٠	٠,٨	٠,٦								
	ج	٠,٣٨	٠,٩	٠,٥	٠,٣	غ ط	غ ط	غ ط	غ ط		غ ط	غ ط	٥٠ %	
		٠,٥٠	١,٠٠	٠,٦	٠,٤	٠,٢								
		٠,٧٠	١,٠٠	٠,٦	٠,٤	٠,٢								

* بالنسبة لقيم U-Value الخاصة بالفتحات في حالة المباني غير المكيفة لا ينظر إلى القيمة .

١ - الكود المصري لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة في المباني (الجزء الأول : المباني السكنية) ، المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء ، طبعة ٢٠٠٠

جدول (٣-٤) متطلبات الغلاف الخارجي للمبانى المكيفة بإقليم جنوب مصر[1]

يوم تدفئه (١٨,٣س°) =١٢٧٠ HDD 18.3 °C =127

يوم تبريد (٢٥س°) =١٢٨٧ CDD 25 °C =1278

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥
	٧. الإتجاه	متصاصية السطح الخارجي	مقاومة حرارية سطحية م٢س°/وات	المقاومة الحرارية للعناصر الإنشائية			٨. معامل الاكتساب الحرارى الشمسى المطلوب			٩. أو			٩. نسبة إظلال الزجاج الواجب توافرها على الفتحة	
				٠,٤	٠,٦	٠,٨	١٠. نسبة الفتحات بالواجهات							
				المقاومة الحرارية المطلوبة العازل الحرارى م٢س°/وات			من ١٠-١٥%	من ١٥٫٠١-٢٠%	من ٢٠٫٠١-٣٠%	أقل من ٣٠%	من ١٠-١٥%	من ١٥٫٠١-٢٠%	من ٢٠٫٠١-٣٠%	أقل من ٣٠%
							SHGC ١١				SGR ١٢			
الحوائط	أفقى	٠,٧٠	٣,٠٠	٢,٦	٢,٤	٢,٢								
	ش	٠,٣٨	١,٣	٠,٩	٠,٧	٠,٥	غ ط	غ ط	غ ط		غ ط	٠,٢	٠,٣	
		٠,٥٠	١,٣	٠,٩	٠,٧	٠,٥								
		٠,٧٠	١,٤	١,٠٠	٠,٨	٠,٦								
	ش.ق /ش.غ	٠,٣٨	١,٤	١,٠٠	٠,٨	٠,٦	غ ط	٠,٦	٠,٤		غ ط	٠,١	٠,٥	
		٠,٥٠	١,٤	١,٠٠	٠,٨	٠,٦								
		٠,٧٠	١,٥	١,١	٠,٩	٠,٧								
	ق/غ	٠,٣٨	١,٥	١,١	٠,٩	٠,٧	غ ط	٠,٦/ ٤,٢			٠,١	٠,٤		
		٠,٥٠	١,٦	١,٢	١,٠٠	٠,٨								
		٠,٧٠	١,٨	١,٤										
	ج.ق /ج.غ	٠,٣٨	١,٥	١,١	٠,٩	٠,٧	غ ط	٠,٦			غ ط	٠,٥		
		٠,٥٠	١,٦	١,٢	١,٠٠	٠,٨								
		٠,٧٠	١,٧	١,٣	١,١	٠,٩								
	ج	٠,٣٨	١,٢	٠,٨	٠,٦	٠,٤	غ ط	غ ط	٠,٦		غ ط	غ ط	٠,٢	
		٠,٥٠	١,٣	٠,٩	٠,٧	٠,٥								
		٠,٧٠	١,٣	٠,٩	٠,٧	٠,٥								

* بالنسبة لقيم U-Value الخاصة بالفتحات فى حالة المبانى المكيفة وفى حالة الفتحات التى تزيد نسبتها عن ٣٠ % من مساحة الواجهات فإن الانتقالية الحرارية يجب أن تؤخذ فى الاعتبار فيما عدا الواجهة الشمالية .

---

١ - الكود المصرى لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى (الجزء الأول : المبانى السكنية) ، المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء ، طبعة ٢٠٠٦

خلاصة الباب الثالث :

بعد دراسة تأثير الغلاف الخارجي على الأداء الحراري للمبنى فقد خلص الباب الثالث للآتي :

١ – الأداء الحراري للطوب الليكا المفرغ أفضل من الأداء الحراري للطوب الأسمنتي المفرغ والطوب الطفلي المفرغ .

٢ – الطوب الليكا المفرغ أغلى في التكلفة مقارنة بالطوب الطفلي والطوب الأسمنتي بنسبة حوالي ٤٥% .

٣ – يجب الأخذ في الإعتبار عند إختيار مواد إنشاء الحائط إضافة إلى أدائها الحراري ما يلي: تكلفتها الاقتصادية / الوزن وتأثيره على الإنشاء / وكل ما له علاقة بالأداء الوظيفي المطلوب من المادة.

٤ – تاثير سمك المادة المستخدمة في بناء الحائط على اداء الحائط ضئيل مقارنة بالمتغيرات الاخرى .

٥ – تأثيرالطبقة العازلة للحرارة على الأداء الحراري للحائط كبير طبقا لسمك الطبقة العازلة للحرارة ، فعلى سبيل المثال قيمة الانتقالية الحرارية للحائط المزدوج المستخدم فيه طبقة عازلة للحرارة من البوليسترين المشكل بالبثق تصل قيمتها إلى حوالى ٥٠ % من قيمة الإنتقالية الحرارية عند إستخدام طبقة عازلة للحرارة بسمك ٣سم من البوليسترين المشكل بالبثق لنفس الحائط السابق .

٦ – الحاجة لإستخدام الطبقة العازلة للحرارة داخل الحائط المزدوج يزداد كلما كان الحائط أكثر تعرضا للإشعاع الشمسي .

٧ – التأثير الأكبر والأهم في التحليلات السابقة كان تأثير الطبقة العازلة للحرارة من حيث السمك ، وإستخدامها من عدم إستخدامها داخل قطاع الحائط .

الباب الرابع
(٤)

زيادة كفاءة النوافذ من خلال تحسين الاداء الحرارى لها

الفصل الاول
(١-٤)

الشباك كوسيط بين الفراغ الداخلى والحيز الخارجى

٤-١-١ مقدمة :

يتصف مناخ المناطق الصحراوية بالجفاف والارتفاع الشديد فى درجات الحرارة التى تصل الى ٥٠ م فى بعض الأحيان ، ونتيجة لذلك تتسرب كميات كبيرة من الحرارة إلى داخل المبنى مما يتطلب استهلاك كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية لتبريد المبنى . وللتقليل من استهلاك الطاقة فإنه يلزم إستخدام عزل حرارى فى الأسقف والحوائط والنوافذ وذلك للحد من انتقال الحرارة وتسربها إلى داخل المبنى ويرتكز هذا الباب على دراسة العزل الحرارى للنوافذ ودورها فى تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة لتوفير مستوى الراحة المناسب لمستعملى المبانى السكنية[١].

٤-١-٢: الشباك كوسيط بين الفراغ الداخلى والحيز الخارجى

تؤثر النوافذ على الوسط الحرارى الداخلى من خلال عدة عناصركالتالى :

٤- ١-٢-١: الانتقال المباشر للإشعاع الشمسى من خلال مادة النوافذ

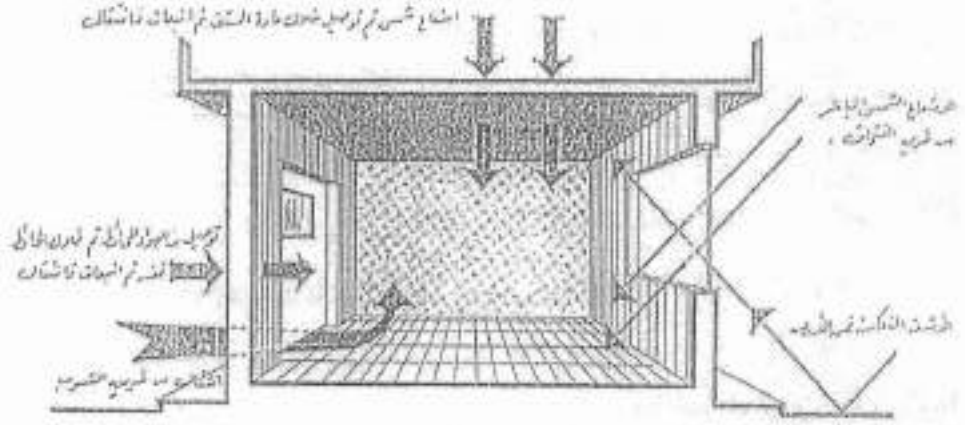
عندما تصطدم الطاقة الإشعاعية بسطح شفاف أو نصف شفاف فإنها تنقسم إلى ثلاث مكونات رئيسية - شكل (٤-١)[٢]:

١ - جزء منعكس Reflected .
٢ - جزء ممتص Absorbed .
٣ - جزء ينتقل مباشرة خلال المادة Transmitted .

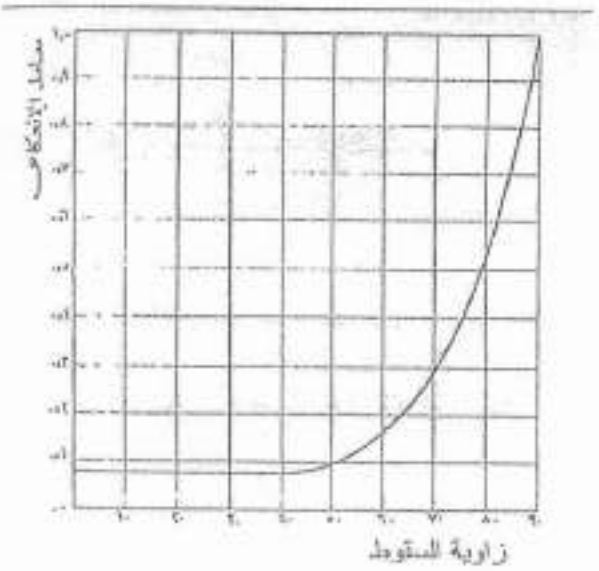
أولا : الجزء المنعكس

يعتمد الانعكاس أساسا على زاوية سقوط أشعة الشمس على الزجاج (الزاوية بين الأشعة والعمودى على سطح الزجاج) ويكون الإنعكاس فى أقل درجاته عندما تكون الأشعة أقرب إلى العمودية على سطح الزجاج ويزداد بزيادة الميل[٣]. وتكون الزيادة فى الإنعكاس صغيرة عندما تتراوح زاوية السقوط بين صفر (سقوط عمودى) وبين حوالى ٦٠ درجة مئوية ، ولكن بعدها يزداد الإنعكاس بحدة وبإطراد مع الزيادة التالية فى زاوية السقوط -والجزء المنعكس من

١ - هلال، احمد :" العمارة فى الصحراء، الجزء الثانى "، ندوة التنمية العمرانية فى المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها ، مركز بحوث الاسكان والبناء، (٢٠٠٢م) .
٢ - بهاء الدين بكرى ، ابراهيم ابوسته ، " البيئة الحرارية " ، المكتب العربى للتصميمات والاستشارات الهندسية ، الادارة العامة للبحوث ، ١٩٨٦م .
٣ - المرجع السابق



شكل (٤-١) : النفاذ الحرارى الى المبانى[١]



شكل (٤-٢) علاقة انعكاس الاشعاع بزاوية سقوطه[٢]

الإشعاع ليس له تأثير حرارى على مادة النوافذ كما بالشكل الموضح (٤-٢) .

ثانيا : الجزء الممتص

الجزء الممتص من الأشعة يتضمن عنصرين :

١- بهاء الدين بكرى ، ابراهيم ايوسف ، " البيئه الحراريه " ، المكتب العربى للتصميمات والاستشارات الهندسيه ، الادارة العامه للبحوث ، ١٩٨٦م .

٢- م/ رامى نبيه " الدراسات التحليليه المعماريه " دار قابس للطبع والنشر والتوزيع ، بيروت ، لبنان ، ٢٠٠٢ م

الأول : بالانتقال المباشر للموجة القصيرة المرئية visible short wave، والأشعة الحمراء infra- red radiation .

والثانى : عن طريق تدفق الحرارة الشمسية بواسطة الحمل convection والإشعاع طويل الموجة long wave radiation من سطح الزجاج الذى تم تسخينه .

ثالثا : الجزء المنتقل مباشرة من خلال المادة

بمعنى أن انتقاله يتم عن طريق التوصيل conduction، فعادة ما تكون نسبته أقل الأجزاء[1]. ويعتبر الزجاج ذو معامل توصيل حرارى منخفض نسبيا ولكنه يستخدم فى المبانى بطبقات رقيقة جدا لدرجة أن معظم مقاومة الإنتقال الحرارى التى تستمد من الشباك ترجع إلى طبقات الهواء الساكن نسبيا والقريب من سطح الزجاج .

وتعتمد نسب الأجزاء الثلاثة السابقة (المنعكس – الممتص – النافذ) على أنماط الزجاج المستخدم . ويلخص الجدول التالى جدول (٤-١) القيم النمطية لإكتساب الحرارة من خلال أنماط متعددة من الزجاج المستخدم فى الزجاج[2] .

كما يوضح شكل (٤-٣) الإستجابات المختلفة لبعض أنواع الحالات المثلى للصيف والشتاء.

جدول (٤-١) : القيم النمطية لاكتساب الحرارة من خلال انماط متعددة من الزجاج[3]

نوع الزجاج	النفاذ المباشر	الجزء الناتج بالامتصاص	النفاذ الكلى
زجاج صافى	٨٥	٣	٨٨
زجاج ماص للحرارة	٢٠	٢٥	٤٥
زجاج رمادى	٣٠	٣٠	٦٠
زجاج مطلى	٣٨	١٧	٥٥

تأثير الزجاج كمصيدة للحرارة :

تعتبر الخاصية المميزة للزجاج ولبعض البلاستيك الشفافة والمسئولة عن تأثيرها الحرارى هى الشفافية transparency المتفاوته بالنسبة للإشعاع طويل وقصير الموجة . وبينما يسمح

1- ASHRAE" Fenesstration energy" ASHRAE fundamentats coed , New York , 1997

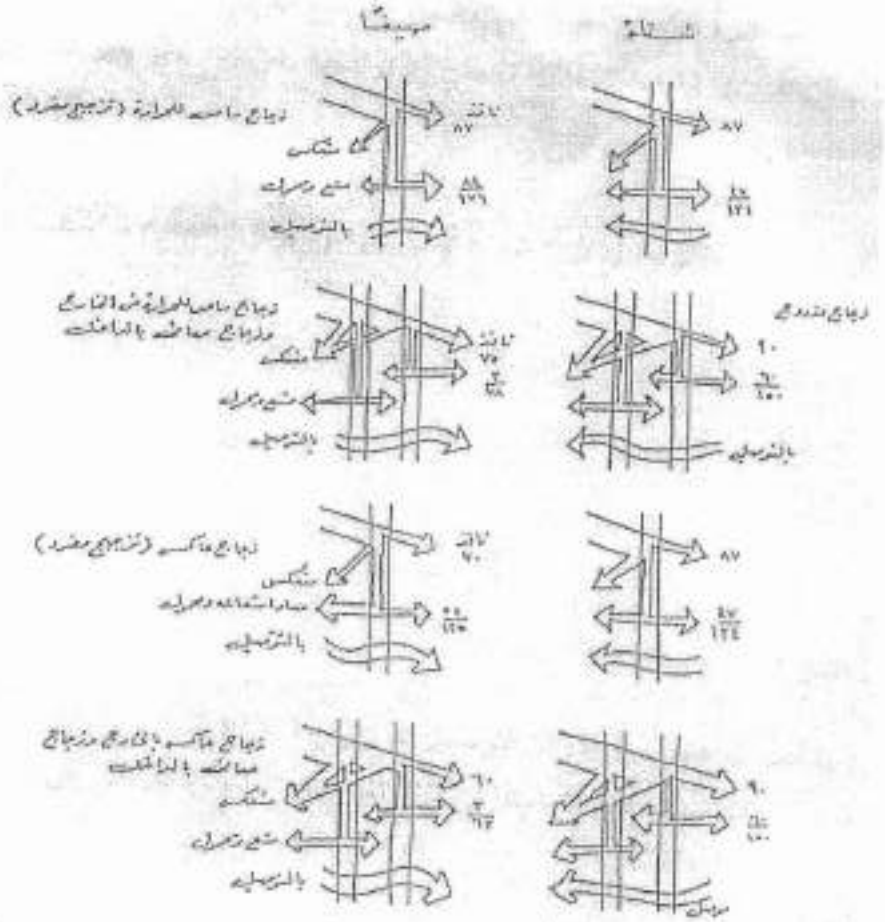
٢ - م/ راسى دينه " الدراسات التحليليه المعماريه " دار قابس للطبع والنشر والتوزيع ، بيروت ، لبنان ، ٢٠٠٢م .

3- ASHRAE" Fenesstration energy" ASHRAE fundamentats coed , New York , 1997

الزجاج بنفاذ معظم الإشعاع فى مدى يتراوح بين ٠,٤ : ٠,٢ ميكرون – وهذا المدى يتفق تقريبا مع مدى الطيف الشمسى – فإنه يكون معتما بالنسبة للإشعاع ذى الموجة الطويلة الذى يصل مداه إلى ١٠ ميكرون .

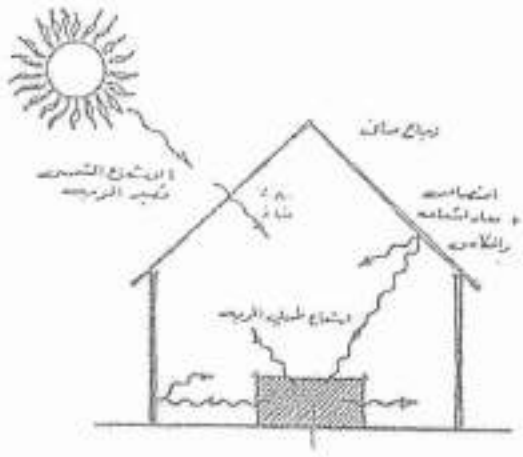
وهكذا فإن الزجاج ينفذ الإشعاع بشكل إختيارى بحيث أنه يسمح للإشعاع الشمسى بأن يتخلل المبنى لكى تستوعبه الأسطح الداخلية ، ويرفع من درجة حرارتها . ولكن الأسطح التى يتم تسخينها تبعث إشعاعا بطول موجى يصل إلى ١٠ ميكرون . ولايمكن لهذا الإشعاع ان ينتقل الى الخارج عبر الزجاج بسبب عدم نفاذية الزجاج لهذا الطول الموجى ، وهذه العملية تعرف باسم تاثير الصوبة الزجاجية greenhouse effect – شكل (٤-٤) .

وهذه العملية تسبب ارتفاعا لدرجة الحرارة الداخلية عن تلك التى تنتج من تخلخل الإشعاع الشمسى للشبابيك المفتوحة حتى مع أخذ تاثير التهوية فى الاعتبار .



شكل (٤-٣) : الاستجابات المختلفة لبعض انواع الزجاج فى الصيف والشتاء[١]

١ – محمد عبد المنعم عامر ، وفاء ، " تاثير الظروف البيئيه على تصميم الفتحات الخارجيه للمبانى " رسالة ماجيستير ، جامعة القاهره ، كلية الهندسه ، ١٩٨٣م.



شكل (٤-٤) : تأثير الصوبة الزجاجية[1]

وهذا يعنى أن الحرارة الصادرة كإشعاع طويل الموجة من الأسطح الداخلية فى الحجرة – والتى تدفئها الشمس – لايمكن هروبها ثانية من خلال الزجاج إلا بواسطة طريقتين فقط هما الحمل convection والتوصيل conduction .

٤-١-٢-٢ : إنتقال الحرارة بالتوصيل بين البيئة الخارجية والبيئة الداخلية من خلال جسم الشباك:

- حيث نجد معدل تدفق الحرارة خلال وحدة المساحات : Q/A= (K\L)(t1-t2)

حيث ان :

- فرق درجات الحرارة (م°) . (t1-t2)
- المساحة (مم٢). (A)
- السمك (مم) . (L)
- معامل التوصيل الحرارى للمادة (K) .

والمقاومة الحرارية نحصل عليها من مقلوب التوصيل الحرارى (k/١) .

ويتم الانتقال الحرارى بالتوصيل عبرالشبابيك فى الاتجاهين من الوسط الخارجى إلى الداخلى ، وبالعكس متوقفا على درجة الحرارة الأعلى .

[1] – جهاز تخطيط الطاقة، "دليل العمارة والطاقة"، ١٩٩٨م.

وتأثير الصوبة الزجاجية هذا يعنى أن الحرارة الصادرة كإشعاع طويل الموجة من الأسطح الداخلية فى الحجرة والتى تدفئها الشمس ، لايمكن هروبها ثانية من خلال الزجاج إلا بواسطة طريقتين فقط ، هما الحمل convection والتوصيل conduction[1].

٤-١-٢-٣ الإشعاع من السطح الزجاجى إلى الداخل :

وللإشعاع من جسم الشباك إلى الوسط أثر كبير فى الإحساس بالحرارة ، وقد أثبتت بعض الدراسات الحديثة أن متوسط درجة حرارة الإشعاع يكون ضعف درجة حرارة الهواء .

وينشط الإشعاع الساقط على الجسم الأعضاء الحسية نفسها تماما مثله مثل الهواء الدافىء الساقط على سطح وسط ما، وتتحول حرارة الإشعاع إلى حرارة محسوسة ، وعلى العكس فإذا كان الجسم يواجه سطحا باردا فإن كمية من الحرارة تخرج على شكل إشعاع تجاه هذا السطح ، وخروج مثل هذا الإشعاع يسبب إحساسا بالبرد[2].

١- حسن فتحى " الطاقات الطبيعيه والعماره التقليديه "،المؤسسه العربيه للدراسات والنشر،بيروت، ١٩٨٨م .

٢- على رافت ، " ثلاثية الابداع المعمارى "، الإبداع المادى فى العماره ،مركز ابحاث التركوسلت للنشر ،١٩٩٦ م .

الفصل الثانى
(٤-٢)

تحسين كفاءة النوافذ

من خلال استعراض ما سبق من تأثير الشبابيك على الوسط الحرارى الداخلى نجد أن النوافذ تعتبر من أهم العناصر المسئولة عن إنتقال الحرارة إلى داخل الفراغات من خلال الغلاف الخارجى للمبنى وذلك لأن نسبة المد إلى المفتوح تلعب دور كبير فى مدى مقاومة المبنى للأحمال الحرارية الخارجية وذلك لأن إستخدام الزجاج فى النوافذ وذلك لخدمة الوظيفة من تهوية وإضاءة ورؤية يؤثر عكسيا فى إنتقال الحرارة نظرا لعدم تمتع الزجاج بخاصية بطء الإمتصاص والنفاذ من خلال مكوناته مما يسمح بتسريب حرارى سريع[1].

لذلك فإن تحسين نوعية الشبابيك المستخدمة فى المبانى السكنية يعمل على توفير الطاقة فى أحمال التدفئة والتبريد للمبنى ويعمل على خلق بيئة مريحة حراريا وتشمل عملية تحسين أنواع الشبابيك مايلى :

١ - عزل الفراغات بين ألواح الزجاج لكى تساعد على خفض قيمة الحرارة المنتقلة بالتوصيل.
٢ - استخدام تكنولوجيا الأغشية الرقيقة وذلك لخفض كمية الحرارة المنتقلة بالإشعاع خلال أنواع الزجاج المختلفة .
٣ - خفض غاز الارجون أو الكربون فى الفراغات يؤدى إلى خفض كميات الحرارة المنتقلة بالحمل بين ألواح الزجاج .
٤ - تحسين نظم الاظلال الخارجى لكاسرات الشمس وهذا يساعد بدوره فى تقليل كمية الاشعاع الشمسى الذى تنفذ خلال الزجاج إلى داخل الفراغات المعمارية[2].

٤-٢-١: أنواع الزجاج المستخدم من حيث عزل الحرارة أو نفاذها[3]

نظرا للتقدم التكنولوجى فى صناعة مواد البناء والزجاج فقد تم تصنيع أنواع مختلفة من الزجاج ذات أهمية فى ترشيد إستهلاك الطاقة فى المبانى فمن المعروف أن الحرارة تنتقل خلال الزجاج بالإشعاع المباشر نتيجة نفاذية الزجاج وأيضا تنتقل بالتوصيل خلال الزجاج نتيجة وجود فرق فى درجات الحرارة ويمكن التحكم فى الزجاج بثلاث طرق :

١ - الطريقة الأولى خفض الانتقالية الحرارية (U- Value) .

---

١ - صبحى عبد المنعم قوده ، احمد " كود الطاقه وعلاقته بالغلاف الخارجى للمبنى بين النظريه والتطبيق مع ذكر خاص لكود الطاقه المصرى " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٥م .
٢ - محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه، جامعة القاهره، ٢٠٠٢م .
٣ - مختار عبد القادر ، اسانى " الشبابيك وتاثيرها على البيئه الداخليه للمبانى " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة المنصوره ٢٠٠٦م .

٢ – الطريقة الثانية خفض قيمة معامل الاظلال (SC)، (SHGC) .

٣ – التحكم فى نفاذية الضوء خلال الزجاج باستخدام الأغشية الرقيقة .

وقد مرت تكنولوجيا صناعة الزجاج بإنتاج العديد من أنواع الزجاج حيث وصلت إلى أنواع متقدمة تعتبر بالنسبة للانتقالية الحرارية أكثر كفاءة من أنواع الزجاج التقليدية .

ويقسم الزجاج المستخدم فى المبانى إلى أنماط متعددة طبقا لنفاذيته الطيفية Spetral transmission ، وخواصه الإمتصاصية absorptive ، والإنعكاسية reflective[1].

وأهم هذه الانواع هى :

– الزجاج الصافى العادى	Clear glass
– الزجاج الماص للحرارة	Heat absorping glass
– الزجاج العاكس للحرارة	Heat reflective glass
– الزجاج فائق العزل الحرارى	Super insulating glass
– الزجاج منخفض الإنبعاثية	low – emissivity glass
– الزجاج الرمادى والزجاج الملون	Grey and coloured glass

٤-٢-١-١ :الزجاج الصافى العادى Clear glass

الزجاج الشفاف هو أكثر أنواع الزجاج التى ينتقل خلالها الإشعاع الشمسى بجميع أطواله الموجية وبالتالى فإن أعلى كمية إضاءة يمكن الحصول عليها من خلال الزجاج الشفاف كما يساهم هذا النوع من الزجاج أيضا فى نقل أكبر كمية من الحرارة إلى داخل المبنى فى فصل الصيف مما يؤدى إلى زيادة كبيرة فى أحمال التبريد للمبنى بينما يساهم هذا النوع من الزجاج شتاءا فى تحسين الأجواء الداخلية للفراغات المعمارية (يعتبر من النظم السلبية للتدفئة شتاءا ويمكن معالجة هذا النوع بإستخدامه فى الواجهات التى يمكن التحكم فى وسائل إظلالها خلال فصل الصيف)[2].

١- مختار عبد القادر ، امانى " الشبابيك وتاثيرها على البيئه الداخليه للمبانى " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة المنصوره ٢٠٠٦م .

2- B.Stien and J.S Reynolds ,'Mechanical and electrical , equipment for buildings " Jhon Willey and sons , inc, ninth , 2000

٤-٢-١-٢: الزجاج الماص للحرارة[1] Heat absorping glass

نتيجة للتطور التكنولوجى فى مواد البناء توصل العلماء إلى نوع جديد من الزجاج يعرف بالزجاج الماص للحرارة وهذا الزجاج يتميز بدرجة عالية بالقدرة على إمتصاص جزء من الأشعه تحت الحمراء infra-red radiation من الطيف الشمسى ، والمقاس بالنانومتر ، بينما يسمح بمرور ونفاذ الجزء الأكبر من الضوء المرئى .

والامتصاص الأختيارى المتزايد للأشعة تحت الحمراء من هذا النوع من الزجاج يرجع إلى وجود كمية كبيرة من أكسيد الحديد Iron-Oxide تدخل فى مكونات الزجاج ، ونتيجة للامتصاص ؛ فإن درجة حرارة الزجاج ترتفع بدرجة ملحوظة عن معدل درجة حرارة الهواء الخارجى external air temreture مما يقلل من حدة الإشعاع الداخل .

ويتضمن إكتساب الحرارة الشمسية solar heat gain من خلال الزجاج الماص للحرارة عنصرين[2]:

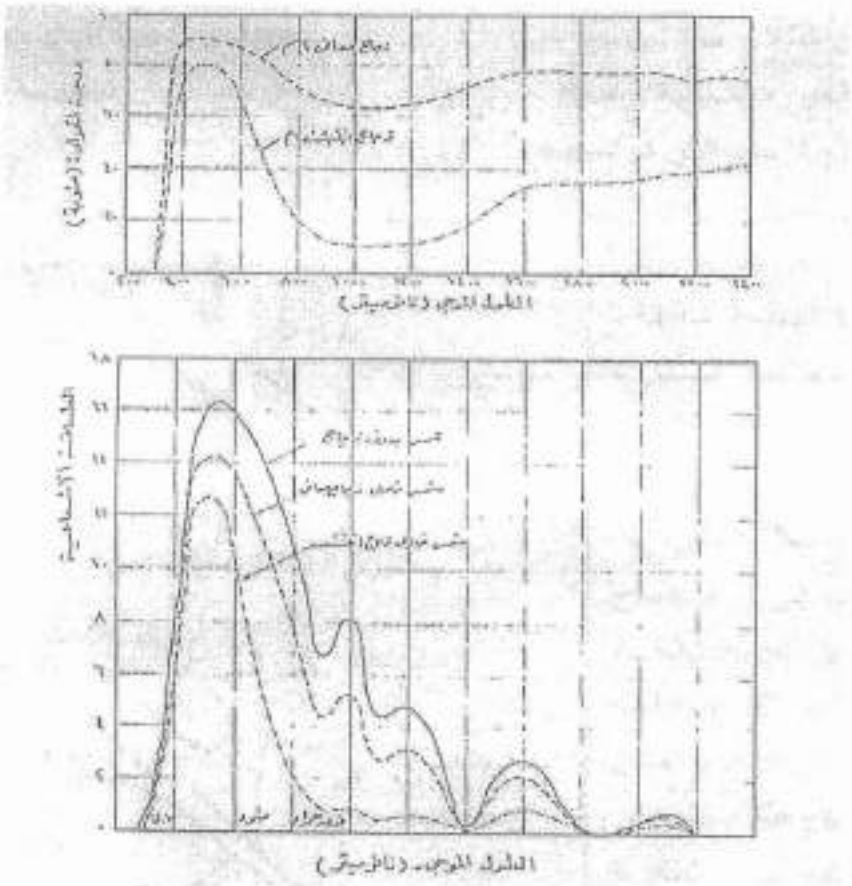
الأول : الإنتقال المباشر Direct transmission للموجة القصيرة Visisble short wave .
والثانى : تدفق الحرارة الشمسية بواسطة الحمل Convetion والإشعاع طويل الموجة Long wave radiation من سطح الزجاج الذى تم تسخينه .

والزجاج الماص للحرارة يوجد فى مدى عريض بالأسواق ، وهو ينفذ ما بين ١٠ : ٧٠% من الحرارة الشمسية الداخلة . ويعتبر القسم الكبير منه محدود التأثير ، لأن درجة حرارته ترتفع ، الأمر الذى يؤدى بدوره إلى زيادة فى الحرارة المحمولة والمعاد إشعاعها داخل الحجرة.

وتشير الإختبارات إلى أن الزجاج الماص للحرارة يقلل من كمية الطاقة الشمسية بحوالى ٥٠ % عن تلك المنقولة transmited خلال ألواح من الزجاج العادى ، ويمكن تعويض جزء من هذا النقص عن طريق امتصاص جزء كبير من الطاقة الشمسية التى ترفع بدورها من درجة حرارة الزجاج ، وتؤدى إلى اكتساب متزايد عن طريق الحمل وتبادل إشعاع درجة الحرارة المنخفضة نحو الداخل ، إلا أن التدفق الحرارى الكلى total heat flow يعتبر أقل بكثير من ذلك الذى يمر خلال لوح الزجاج العادى شكل (٤-٥).

---

1. Ashrea "Handbook Fundamntals",AmericanSociety of Heating Refrigerating And Air Conditioning, Engineers (1997)
2. Ashrea "Handbook Fundamntals",AmericanSociety of Heating Refrigerating And Air Conditioning, Engineers (1997)

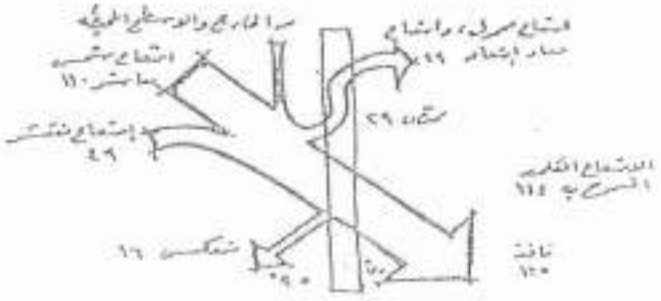


شكل (٤-٥) : الزجاج الماص للحرارة وعلاقته بالتكوين الطيفى للاشعاع الشمسى[1]

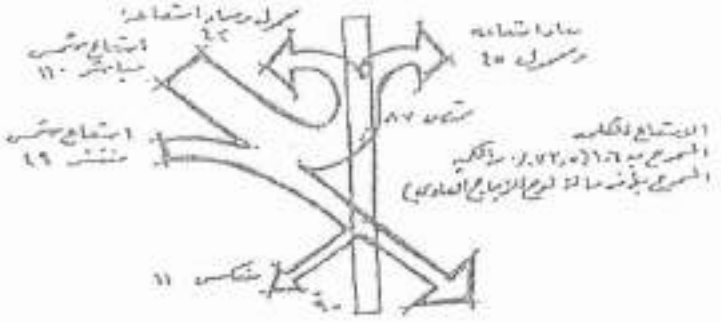
ويمكن الحصول على فاعلية افضل اذا ما استخدمنا الزجاج دون ان يكون مرتبطا بالانشاء ذاته ، وبحيث يوضع بعيدا عن الحائط فى موقع منفصل ، وتشير هذه الملاحظة الى انه توجد حاجه لعمل وسائل اظلال فعالة بغض النظر عن أدنى استخدام للزجاج ، والبديل هو استخدام زجاج يمتص الحرارة مرتبطا بالواح زجاج عادى كنوع عادى من التزجيج المزدوج double glazing – شكل (٤-٦) ويصل لفارق فى الانتقال الكلى للحرارة بين التزجيج الاحادى single المضاد لضوء الشمس الى الزجاج الممتص للحرارة – هذا اذا حل محل الواح الزجاج العادية – الى حوالى ٢٥ % ، ومن ثم فإن كفاءة الزجاج الممتص للحرارة اذا ما استخدمناه فيما سبق تكون محدودة نوعا ما ، وفى حالى استخدامنا للتزجيج المزدوج double glazing سوف يصل النقص إلى ٤٥ % [2] .

1- Ashrea "Handbook Fundamntals",AmericanSociety of Heating Refrigerating And Air Conditioning, Engineers (1997)

2- stephen J.Harrison Ph.D.,P.E., simon J.van Wonderen P.E , "Evaluation of solar heat gain coefficient for solar – control glazing and shading devices " Ashrea Transactions , part 1 B , 1998 .



توزيع الطاقة للزجاج العادي .



توزيع الطاقة في الزجاج الماص للحرارة .

شكل (٤-٦) : توزيع الطاقة فى نوعين مختلفين من الزجاج . ويظهر ان التدفق الحرارى خلال الزجاج الماص للحرارة اقل منه فى الزجاج العادى[1]

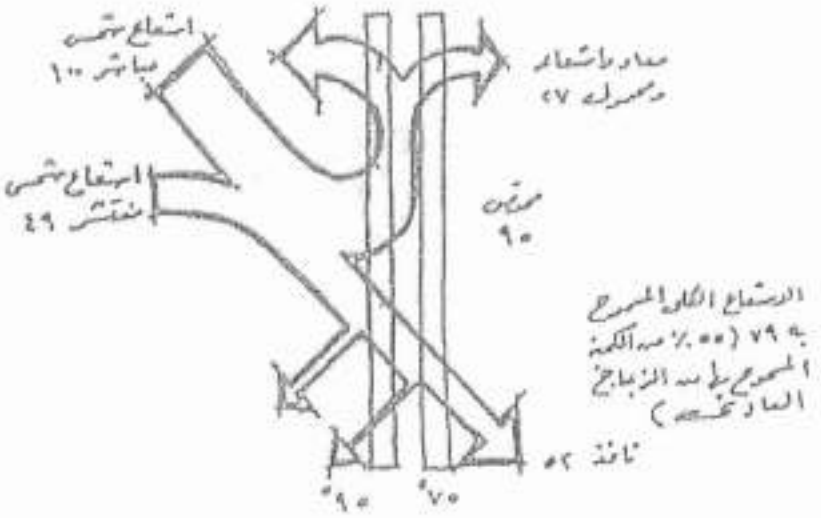
ولايمثل اللوح الداخلى العادى مجرد الحماية من طبقة الهواءالساخن التى توجد خلف الطبقة الخارجية مباشرة ، ولكنه يعتبر أيضا بمثابة مرشح filter إشعاعى للطاقة طويلة المدى long wave energy التى تنبعث بواسطة الزجاج الممتص للحرارة . واذا أمكن تهوية الفراغ الموجود بين لوحى الزجاج لإزالة الهواء الساخن بأسرع ما يمكن ؛ فإنه يمكن زيادة كفاءة النفاذه أكثر من ذلك[2].

وهناك طريقه أخرى لتقليل انتقال الحرارة ودخول الإشعاع الشمسى عبر الزجاج وهى استخدام مبدأ الانعكاس reflection .

---

1 - stephen J.Harrison Ph.D.,P.E., simon J.van Wonderen P.E , "Evaluation of solar heat gain coefficient for solar – control glazing and shading devices " Ashrea Transactions , part 1 B , 1998 .

2 - Micheal J. croshie " Green architecture " The American Institute of architects press , Washington, D.C1994 .



شكل (٤-٧) : تزجيج مزدوج من زجاج عادى وزجاج ماص للحرارة[١]

٤-٢-١-٣ :الزجاج العاكس للحرارة Heat reflective glass

نظرا للطفرة التكنولوجية التى حدثت فى تكنولوجيا صناعة الأغشية الرقيقة Thin Film Tecnology ، فقد أمكن إنتاج أنواع من الأغشية الرقيقة المعدنية يمكن التحكم فى خصائصها الضوئية بحيث يكون معامل إنفاذها للضوء يعتمد على الطول الموجى للضوء وعادة ماتصنع هذه الأغشية المعدنية من أنواع لها معامل إنفاذ عالى للضوء المرئى ومعامل إنعكاس كبير بالنسبة للأشعة فوق الحمراء ونتيجة لإستخدام هذا النوع من الزجاج فإن كمية الحرارة المنتقلة خلال الزجاج نتيجة سقوط الأشعة الشمسية عليه تنخفض بشكل كبير مما يساهم فى ترشيد أستهلاك الطاقة نتيجة خفض الأحمال الحرارية الناتجة عن الفتحات[٢].

ولأن الزجاج العاكس يمكن الحصول عليه عن طريق تبطين سطح الزجاج بطبقات معدنية رقيقه جدا – شبه شفافة – فإن هذه الطبقة تكون حساسة ويمكن أن تتلف ؛ فإن الزجاج العاكس يحتاج حماية ، إما عن طريق تزجيج مزدوج مضاعف double- glazing مع فراغ هواء بين طبقتى الزجاج ، أو عن طريق التصفيح lamination[٣].

١- محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه، جامعة القاهره ٢٠٠٢م .

٢- المرجع السابق

٣- عوض الوزير ، منى " تاثير تقنيات البناءالحديثه للحوائط المتاثريه على ترشيد استهلاك الطاقه بالمبانى فى مصر " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة المنصوره ٢٠٠٤م .

والمشكلة فى استخدام الزجاج العاكس هى أن الطبقات المعدنية الرقيقة على سطح الزجاج تمتص بكمية كبيرة الجزء المرئى من الطيف الشمسى ، وتعكس الجزء الحرارى ، وبالتالى يحدث انخفاض كبير فى الضوء أكثر من الحرارة ؛ مع أن الحرارة هى المشكلة الجوهرية .

وتختلف نسبة الحرارة الكلية المتنقلة إلى الضوء المنتقل – النافذ – بالنسبة إلى الأنواع المختلفة من الزجاج ، وتكون فى أدنى درجة لها بالنسبة للزجاج العاكس للحرارة Heat- reflecting ، بينما تكون فى أعلى درجة لها فى حالة الزجاج الرمادى المضاد للإبهار Anti- glare .

ويمكن تعديل الخواص الطيفية لسطح الزجاج عن طريق تغطية coating الزجاج الصافى العادى، وهذه التغطيات تمتص بدرجة كبيرة الجزء المرئى من الطيف الشمسى ، وبالتالى فإنها تقلل من الضوء أكثر مما تقلل من الحرارة ، وهى نفس مشكلة الزجاج العاكس للحرارة[1].

ويمكن تحديد الامتصاص الشمسى solar- absorption لأى نوع محدد من الزجاج عن طريق تعيين الناتج من ضرب معامل امتصاصه فى سمكه .

ويلخص جدول (٤-٢) القيم النمطية لإكتساب الحرارة من خلال أنماط متعددة من الزجاج مقسمه الى:

- الجزء المنتقل مباشرة عبر الزجاج .
- الجزء الناتج عن الإشعاع الممتص فى الزجاج .

ويجب ملاحظة أن الأرقام الموجودة بالجدول هى متوسط لتلك الأرقام المأخوذة عن مصادر مختلفة ، وأنها تشير إلى الحالة التى تصطدم فيها أشعة الشمس بالزجاج بزوايا تبدأ من العمودية وحتى ٤٥ م.

وبالنسبة للزوايا الأقل فإنه يجب أن نأخذ فى الإعتبار الزيادة فى حجم الإنعكاس ، حيث يعتمد الإنعكاس على زاوية سقوط أشعة الشمس على الزجاج .

١- مختار عبد القادر ، امانى " الشبابيك وتاثيرها على البيئه الداخليه للمبانى " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة المنصوره ،٢٠٠٦م

جدول (٤-٢) : القيم النمطية لإكتساب الحرارة من خلال أنماط متعددة من الزجاج[١]

نوع الزجاج	النفاذ المباشر	الجزء الناتج بالامتصاص	النفاذ الكلى
زجاج صافى	٨٥	٣	٨٨
زجاج ماص للحرارة	٢٠	٢٥	٤٥
زجاج رمادى	٣٠	٣٠	٦٠
زجاج مطلى	٣٨	١٧	٥٥

والأنواع المختلفة المتوفرة من الزجاج ذو الخواص المختلفة يمكن أن يعبر عنها بالجدول رقم (٤-٢) ومعامل الإظلال shading coefficient الذى يفسر القدرة الكلية للزجاج على نفاذ الأشعة الشمسية كجزء من٠,٨٧ – معامل نفاذ الزجاج النقى بسمك ٣ : ٤ مم – يعطى طريقة معقوله لمقارنة أداء انواع مختلفة من الزجاج بصرف النظر عن تأثيرات الحرارة المختزنة فى المبنى. وبشكل عام فإننا يمكننا أن نعتبر أنه كلما إنخفض معامل الإظلال فكلما زادت الحرارة المطرودة بواسطة النافذة[٢].

جدول (٤-٣) : مدى قيم خواص الزجاج بالنسبة للتزجيج المفرد single ووحدات التزجيج المزدوج المعزول sealed double glazed unit [٣]

الخاصية	مدى القيمة
نفاذية رؤية	٠,٨٩-٠,٠٧
إنعكاس حراره شمسية	٠,٥١-٠,٠٥
إمتصاص حراره شمسية	٠,٨٢ -٠,٠٨
نفاذ حرارة شمسية مباشرة	٠,٨٥ -٠,٠٧
معامل إظلال	٠,٠١ -٠,١٨

ويمكن زيادة طرد الإشعاع الشمسى عن طريق الانعكاس reflection إذا ما أميل الزجاج لزيادة زاوية السقوط – وهذا معناه أنه يمكن استخدام زاوية السقوط كعامل فى تصميم عملية التحكم فى تخلل ضوء الشمس .

١ – مختار عبد القادر ، امانى " الشبابيك وتاثيرها على البيئه الداخليه للمبانى " ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسه ، جامعة المنصوره ،٢٠٠٦م.

٢ – المرجع السابق

٣ – المرجع السابق

ويوضح جدول (٤-٤) الإشعاع النافذ باختلاف زوايا السقوط بالنسبة لزجاج مفرد وزجاج مزدوج.

جدول (٤-٤) :الإشعاع النافذ باختلاف زوايا السقوط لزجاج مفرد وزجاج مزدوج[١]

زاوية سقوط	زجاج مفرد	زجاج مزدوج
٥٠	٠,٩٠	٠,٨١
٢٠	٠,٩٠	٠,٨١
٤٠	٠,٨٩	٠,٨٠
٥٠	٠,٨٧	٠,٧
٦٠	٠,٨٢	٠,٧١
٧٠	٠,٧٧	٠,٥٩
٨٠	٠,٤٤	٠,٢٩
٩٠	٠,٠٠	٠,٠٠

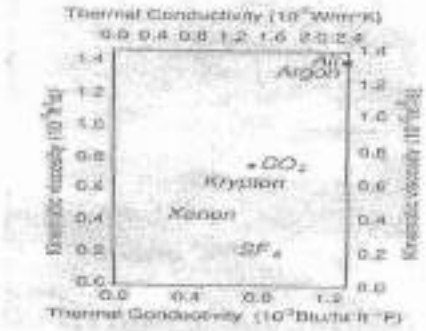
٤-٢-١-٤ : الزجاج فائق العزل الحرارى Super insulating glass

يتكون هذا النوع من ثلاث طبقات من الزجاج ويعتمد فى طريقة عمله على الخصائص الضوئية للزجاج والغاز الموجود داخل الزجاج ويركب من طبقة داخلية لها إنبعاثية منخفضة للضوء وتملا الفراغ الموجود بداخله بغاز له موصلية حرارية منخفضة كبديل للهواء أو الأرجون أو الكريتون ويستخدم هذا النوع فى الحوائط الستائرية وأيضا فى الواجهات الغربية عندما لايكون هناك بديل لاستخدامه[٢].

---

١ - مختار عبد القادر ، اسامى " الشبابيك وتاثيرها على البيئه الداخليه للمبانى " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه، جامعة المنصوره ٢٠٠٦م.

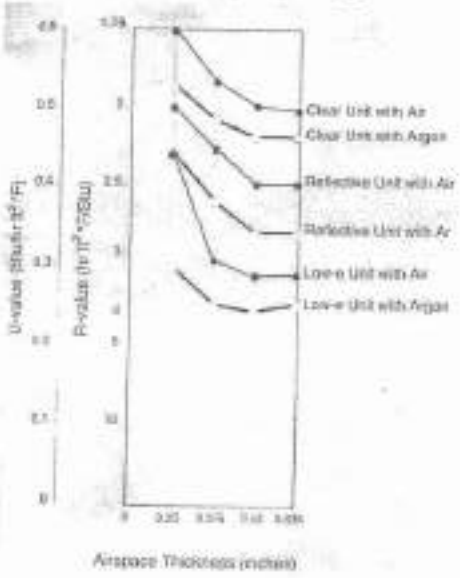
٢ - محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه، جامعة القاهره ٢٠٠٢.



شكل (٤-٨) : يوضح العلاقة بين الموصلية الحرارية واللزوجة للغازات المستخدمة فى الفراغ الموجود داخل الزجاج[1]

٤-٢-١-٥:الزجاج منخفض الاشعاعية Low – emissivity glass

ينتج هذا النوع من الزجاج بتغليف الزجاج بطبقة من الأغشية المعدنية الرقيقة ذات إنبعاثية منخفضة ذات الأطوال الموجية الطويلة (Long – Wave Radiation) وهذه الميزة تقلل من كمية الإشعاع الحرارى المنبعث من الزجاج والذى يعتبر جزء هام من كمية الحرارة التى تنتقل إلى داخل الفراغات المعمارية عن طريق الأشعة[2].



شكل (٤-٩): استخدام غاز الارجون كبديل للهواء فى أنواع التزجيج المختلفة[3]

1. Timothy E.johnson" Low- E Glazing Design guide ". department of Architecture, Massachusetts institute of Technology, Butter worth Architecture ,1979.

2 - محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه، جامعة القاهره، ٢٠٠٢م.

3. Timothy E.johnson " Low- E Glazing Design guide ". department of Architecture Massachusetts institute of Technology, Butter worth Architecture ,1979.

٤-٢-١-٦ : الزجاج الرمادى و الملون Grev and coloured glass

تتميز هذه الأنواع من الزجاج بقدرتها العالية على امتصاص الضوء المرئى أكثر من إمتصاصها للأشعة فوق الحمراء (infra-red radiation) وتستخدم هذه الأنواع من الزجاج لتقليل الإبهار الناتج من الضوء وخفض كمية الأشعة الشمسية من الشبابيك الكبيرة والحوائط الزجاجية ويؤدى إمتصاص جزء كبير من الضوء إلى رفع درجة حرارة الزجاج مما يؤدى إلى زيادة الإشعاع الحرارى الناتج من هذا النوع من الزجاج إلى داخل الفراغ المعمارى وبالتالى زيادة فى أحمال التبريد فى المناطق الحارة[١].

وقد أمكن من نتائج الدراسات التى أجريت على الزجاج وضع النتائج بالجدول (٢-٥) وهو يمثل المقاومة الحرارية (R) (م٢ س° / وات) ومعامل الإظلال (Sc shading coefficient) ونفاذية الإشعاع الشمسى (Ts) (Solar transmittante) ونفاذية الضوء المرئى (Tv) (visible Transmitance) ومعامل ke (Tv/Sc) لبعض أنواع الزجاج المزدوج وهناك أنواع كثيرة يمكن استخدامها[٢].

---

١ - محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسه، جامعة القاهره، ٢٠٠٢م.

٢ - B. Giovoni , " Climate considraration in building and urban design" van nostrad Rainhond, (1998)

جدول (٤-٥) : معامل شفافية الزجاج (SC) والإكتساب الحرارى الشمسى (SHGC) ونفاذية الضوء المرئى للفتحات (VLT)[1]

نوع الزجاج المستخدم فى الفتحات محدد (مم)	مركز الزجاج		معامل الإكتساب الحرارى الشمسى لزوايا سقوط الأشعة الشمسية المباشرة SHGC					معامل الإكتساب الحرارى الشمسى للنظام بالإطار SHGC				معامل النفاذية للضوء المرئى VLT	
	معامل النفاذية للضوء VLT	معامل شفافية SC	٠°	٤٠°	٥٠°	٦٠°	٧٠°	ألومنيوم		أنواع أخرى		أسطح صودى	
								متحرك	ثابت	متحرك	ثابت	متحرك	ثابت
زجاج مفرد غير مغطى													
٣,٢ شفاف	٠,٩	١	٠,٨٦	٠,٨٥	٠,٨٣	٠,٧٨	٠,٦٧	٠,٧٥	٠,٧٨	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٦٥	٠,٧٨
٦,٤ شفاف	٠,٨٩	٠,٩٤	٠,٨١	٠,٨٠	٠,٧٧	٠,٧٣	٠,٦٢	٠,٧١	٠,٧٤	٠,٦٠	٠,٧١	٠,٦٥	٠,٧٨
٣,٢ برونز	٠,٦٨	٠,٨٥	٠,٧٣	٠,٧١	٠,٦٩	٠,٦٤	٠,٥٥	٠,٦٤	٠,٦٧	٠,٥٤	٠,٦٤	٠,٤٩	٠,٥٩
٦,٤ برونز	٠,٥٥	٠,٧٣	٠,٦٩	٠,٦٠	٠,٥٨	٠,٥٤	٠,٤٩	٠,٥٥	٠,٥٧	٠,٤٦	٠,٥٤	٠,٤٠	٠,٤٨
٣,٢ أخضر	٠,٨٢	٠,٨٢	٠,٧١	٠,٦٨	٠,٦٦	٠,٦٢	٠,٥٣	٠,٦٢	٠,٦٥	٠,٥٣	٠,٦٢	٠,٦٠	٠,٧١
٦,٤ أخضر	٠,٧٤	٠,٦٨	٠,٥٨	٠,٥٦	٠,٥٤	٠,٥١	٠,٤٤	٠,٥١	٠,٥٣	٠,٤٣	٠,٥١	٠,٥٤	٠,٦١
٣,٢ رمادي	٠,٦٢	٠,٨٢	٠,٧٠	٠,٦٨	٠,٦٦	٠,٦١	٠,٥٣	٠,٦١	٠,٦٤	٠,٥٢	٠,٦١	٠,٤٥	٠,٥٤
٦,٤ رمادي	٠,٤٣	٠,٦٥	٠,٥٩	٠,٥٣	٠,٥١	٠,٤٨	٠,٤١	٠,٥٠	٠,٥٢	٠,٤٢	٠,٤٩	٠,٣٦	٠,٣٧
٦,٤ أخضر مزرق	٠,٧٥	٠,٧٢	٠,٦٢	٠,٥٩	٠,٥٧	٠,٥٤	٠,٤٦	٠,٥٥	٠,٥٧	٠,٤٦	٠,٥٤	٠,٤٥	٠,٦٥
زجاج مفرد خلص													
٦,٤ شفاف مغطى بالاستانلس ستيل٨٪	٠,٠٨	٠,٢٢	٠,١٩	٠,١٩	٠,١٨	٠,١٧	٠,١٥	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٥	٠,١٧	٠,٠٩	٠,٠٧
٦,٤ شفاف مغطى بالاستانلس ستيل ١٤٪	٠,١٤	٠,٢٩	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٢٤	٠,٢٣	٠,٢٠	٠,٢٤	٠,٢٣	٠,١٩	٠,٢٢	٠,١	٠,١٢
٦,٤ شفاف مغطى بالاستانلس ستيل ٢٠٪	٠,٢٠	٠,٣٦	٠,٣١	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٢٨	٠,٢٤	٠,٢٨	٠,٢٩	٠,٢٤	٠,٢٧	٠,١٥	٠,١٧
٦,٤ أخضر مغطى بالاستانلس ستيل العاكس ١١٪	٠,١٢	٠,٢٩	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٢٤	٠,٢٣	٠,٢٠	٠,٢٣	٠,٢٤	٠,١٩	٠,٢٢	٠,٠٩	٠,١٠
٦,٤ شفاف مغطى بالتانيوم العاكس ٢٠٪	٠,٢٠	٠,٣٤	٠,٢٩	٠,٢٩	٠,٢٨	٠,٢٦	٠,٢٢	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٢	٠,٢٦	٠,١٥	٠,١٧
٦,٤ شفاف مغطى بالتانيوم العاكس ٣٠٪	٠,٣٠	٠,٧٥	٠,٣٩	٠,٣٨	٠,٣٧	٠,٣٥	٠,٣٠	٠,٣٦	٠,٣٦	٠,٢٩	٠,٣٤	٠,٢٢	٠,٢٦
زجاج مزدوج غير مغطى													
٣,٢ شفاف -شفاف	٠,٨١	٠,٧٨	٠,٧٥	٠,٧٣	٠,٧٠	٠,٦٣	٠,٤٩	٠,٦٦	٠,٦٨	٠,٥٥	٠,٦٦	٠,٥٩	٠,٧١
٦,٤ شفاف -شفاف	٠,٧٨	٠,٨١	٠,٧٠	٠,٦٨	٠,٦٥	٠,٥٨	٠,٤٥	٠,٦١	٠,٦٤	٠,٥٢	٠,٦١	٠,٥٢	٠,٦٨
٣,٢برونز -شفاف	٠,٦٢	٠,٧٢	٠,٦٢	٠,٥٩	٠,٥٧	٠,٥١	٠,٣٩	٠,٥٥	٠,٥٧	٠,٤٦	٠,٥٤	٠,٤٥	٠,٥٤
٦,٤ برونز-شفاف	٠,٥٨	٠,٥٩	٠,٥٠	٠,٤٧	٠,٤٥	٠,٤٠	٠,٣١	٠,٤٥	٠,٤٦	٠,٣٧	٠,٤٤	٠,٣٥	٠,٤٢
٣,٢أخضر -شفاف	٠,٧٤	٠,٧٠	٠,٦٠	٠,٥٧	٠,٥٥	٠,٤٩	٠,٣٨	٠,٥٢	٠,٥٥	٠,٤٥	٠,٥٣	٠,٤١	٠,٦٤
٦,٤ أخضر -شفاف	٠,٦٦	٠,٥٤	٠,٤٧	٠,٤٤	٠,٤٢	٠,٣٨	٠,٣٠	٠,٤٢	٠,٤٣	٠,٣٥	٠,٤١	٠,٤٨	٠,٥٧

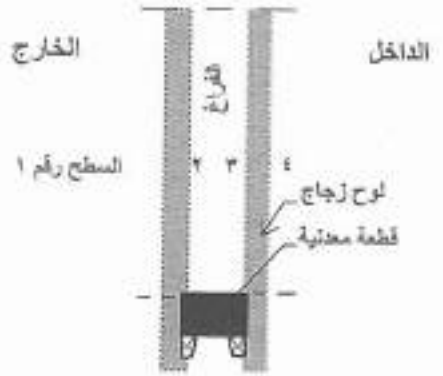
[1] - الكود المصرى لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى (الجزء الأول : المبانى السكنية) ، المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء ، طبعة ٢٠٠٦

تابع جدول (٤-٥)

٣,٢ رمادي-شفاف	٠,٥٩	٠,٦٩	٠,٥٩	٠,٥٧	٠,٥٤	٠,٤٨	٠,٣٧	٠,٥٢	٠,٥٤	٠,٤٧	٠,٤٦	٠,٤١	٠,٤٩
٦,٤ رمادي-شفاف	٠,٤٠	٠,٥١	٠,٤٤	٠,٤٢	٠,٤٠	٠,٣٥	٠,٢٨	٠,٢٩	٠,٣٣	٠,٣٩	٠,٣٩	٠,٣٥	٠,٣٥
٦,٤ أخضر مزرق-شفاف	٦,٧	٠,٥٨	٠,٥٠	٠,٤٧	٠,٤٥	٠,٤٠	٠,٢٢	٠,٢٥	٠,٢٧	٠,٤٤	٠,٤٤	٠,٤٩	٠,٥٨
٦,٤ أخضر عالي الأداء-شفاف	٠,٥٩	٠,٤٦	٠,٣٩	٠,٣٧	٠,٣٥	٠,٣١	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٢٩	٠,٣٤	٠,٤٣	٠,٤٣	٠,٥١
زجاج مزدوج خاص													
٦,٤ شفاف منخفض بالاستاتس ستيل٧٨ - شفاف	٠,٧٠	٠,٦٥	٠,٦٣	٠,٦٣	٠,٦٢	٠,٦١	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٢	٠,٦٣	٠,٦٣	٠,٦٥	٠,٦٦
٦,٤ شفاف منخفض بالاستاتس ستيل٧٤ - شفاف	٠,٦٣	٠,٦٩	٠,٦٧	٠,٦٧	٠,٦٦	٠,٦٥	٠,٦٤	٠,٦٤	٠,٦٦	٠,٦٧	٠,٦٧	٠,٦٩	٠,٦٩
٦,٤ شفاف منخفض بالاستاتس ستيل٧٠ - شفاف	٠,٦٨	٠,٧٢	٠,٧١	٠,٧١	٠,٧٠	٠,٦٩	٠,٦٨	٠,٦٨	٠,٧٠	٠,٧١	٠,٧١	٠,٧٢	٠,٧٢
٦,٤ أخضر منخفض بالاستاتس ستيل٧٤ - شفاف	٠,٦٩	٠,٦٨	٠,٦٩	٠,٦٩	٠,٦٨	٠,٦٧	٠,٦٦	٠,٦٦	٠,٦٨	٠,٦٩	٠,٦٩	٠,٦٨	٠,٦٨
٦,٤ شفاف منخفض بالكربتون العاكس ٢٠ Z - شفاف	٠,٦٨	٠,٦٤	٠,٦١	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠
٦,٤ شفاف منخفض بالكربتون العاكس ٣٠ Z - شفاف	٠,٦٧	٠,٦٢	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٠
زجاج مزدوج ذو انبعاثية صغيرة (طي السطح٢ e = 0.2)													
٣,٢ الزجاج	٠,٧٦	٠,٧١	٠,٦٥	٠,٦٢	٠,٦١	٠,٥٥	٠,٤٣	٠,٥٧	٠,٥٩	٠,٥٨	٠,٥٧	٠,٥٥	٠,٦٦
٦,٤ الزجاج	٠,٧٣	٠,٧٠	٠,٦٠	٠,٥٨	٠,٥٦	٠,٥١	٠,٤٠	٠,٥٣	٠,٥٥	٠,٤٥	٠,٥٣	٠,٥٣	٠,٦٤
زجاج مزدوج ذو انبعاثية صغيرة (طي السطح٢ e = 0.2)													
٣,٢ شفاف	٠,٧٦	٠,٨١	٠,٧٠	٠,٦٨	٠,٦٥	٠,٥٩	٠,٥٣	٠,٦١	٠,٦٢	٠,٥٤	٠,٥٨	٠,٥٥	٠,٦٦
٦,٤ زجاج	٠,٧٣	٠,٧٥	٠,٦٥	٠,٦٣	٠,٦٠	٠,٥٤	٠,٤٢	٠,٥٧	٠,٥٩	٠,٤٨	٠,٥٧	٠,٥٣	٠,٦٤
٣,٢ برونز- زجاج	٠,٥٨	٠,٦٦	٠,٥٧	٠,٥٤	٠,٥٢	٠,٤٦	٠,٣٦	٠,٥٠	٠,٥٢	٠,٤٢	٠,٤٢	٠,٤٢	٠,٥١
٦,٤ برونز- زجاج	٠,٤٥	٠,٥٢	٠,٤٥	٠,٤٢	٠,٤٠	٠,٣٥	٠,٢٧	٠,٤٠	٠,٤١	٠,٣٤	٠,٤٠	٠,٣٣	٠,٣٩
٣,٢ أخضر- زجاج	٠,٧٠	٠,٦٣	٠,٥٥	٠,٥٢	٠,٥٠	٠,٤٤	٠,٣٤	٠,٤٩	٠,٥٠	٠,٤١	٠,٤٨	٠,٥١	٠,٦١
٦,٤ م أخضر- زجاج	٠,٦١	٠,٤٨	٠,٤٢	٠,٣٩	٠,٣٧	٠,٢٣	٠,٢٥	٠,٣٨	٠,٣٩	٠,٣٢	٠,٣٧	٠,٤١	٠,٤٣
٣,٢ م رمادي- زجاج	٠,٥٣	٠,٦٣	٠,٥٤	٠,٥١	٠,٤٩	٠,٤٣	٠,٣٢	٠,٤٨	٠,٥٠	٠,٤٠	٠,٤٧	٠,٣٨	٠,٤٦
٦,٤ م رمادي	٠,٤٧	٠,٤٦	٠,٣٩	٠,٣٩	٠,٣٦	٠,٢٤	٠,٢١	٠,٣٥	٠,٣٦	٠,٢٩	٠,٣٤	٠,٢٧	٠,٣٩
٦,٤ م أخضر مزرق- زجاج	٠,٦٢	٠,٥٢	٠,٤٥	٠,٤٢	٠,٤٠	٠,٣٥	٠,٢٧	٠,٤٠	٠,٤١	٠,٣٤	٠,٤٠	٠,٤٥	٠,٥٤
٦,٤ م أخضر عالي الأداء- زجاج	٠,٥٥	٠,٤٠	٠,٣٤	٠,٣١٠	٠,٢٩	٠,٢٦	٠,٢٠	٠,٢٢	٠,٢٢	٠,٢٦	٠,٣٠	٠,٤٠	٠,٤٨
زجاج مزدوج ذو انبعاثية صغيرة (طي السطح٢ e = 0.1)													
٣,٢ الزجاج	٠,٧٥	٠,٦٩	٠,٦٤	٠,٦٢	٠,٦٠	٠,٥٨	٠,٥١	٠,٥٦	٠,٥٩	٠,٥٤	٠,٥٤	٠,٥٣	٠,٦٥
٦,٤ الزجاج	٠,٧٢	٠,٦٦	٠,٦٢	٠,٦٠	٠,٥٩	٠,٥٤	٠,٤٧	٠,٥٢	٠,٥٤	٠,٤٩	٠,٥٢	٠,٥٢	٠,٦٣
٣,٢ برونز- زجاج	٠,٥٧	٠,٥٦	٠,٤٨	٠,٤٦	٠,٤٣	٠,٣٦	٠,٢٩	٠,٤٣	٠,٤٤	٠,٣٦	٠,٤٢	٠,٤١	٠,٥٠
٦,٤ برونز- زجاج	٠,٤٥	٠,٤٥	٠,٣٧	٠,٣٤	٠,٣١	٠,٢٤	٠,٢١	٠,٣٤	٠,٣٥	٠,٢٩	٠,٣٣	٠,٣٣	٠,٣٩
٣,٢ أخضر- زجاج	٠,٦٨	٠,٥٧	٠,٤٩	٠,٤٧	٠,٤٤	٠,٣١	٠,٢٥	٠,٤٠	٠,٤٥	٠,٣٧	٠,٤٣	٠,٤٩	٠,٥٩
٦,٤ أخضر- زجاج	٠,٦١	٠,٤٥	٠,٣٩	٠,٣٦	٠,٣٤	٠,٢٥	٠,٢٠	٠,٣٤	٠,٣٦	٠,٢٩	٠,٣١	٠,٤٤	٠,٥٣

تابع جدول (٤-٥)

٢,٧ رمادي- زجاج	٠,٥٢	٠,٥٣	٠,٤٦	٠,٤٤	٠,٤٩	٠,٣٧	٠,٢٩	٠,٤١	٠,٤٧	٠,٤٤	٠,٣٨	٠,٤٥
٦,٤ رمادي- زجاج	٠,٣٧	٠,٤٠	٠,٣٥	٠,٣٣	٠,٣١	٠,٢٨	٠,٢٤	٠,٣٢	٠,٣٣	٠,٢٦	٠,٣١	٠,٣٢
٦,٤ أخضرمزرق- زجاج	٠,١٢	٠,٤٨	٠,٤٢	٠,٤٩	٠,٤٧	٠,٤٣	٠,٢٦	٠,٣٨	٠,٣٩	٠,٣٢	٠,٣٧	٠,٤٤
زجاج مزدوج ذو انعكاسية صغيرة (على السطح٢ e = 0.05)												
٣,٢زجاج	٠,٧٢	٠,٤٨	٠,٤١	٠,٣٨	٠,٣٤	٠,٢٦	٠,١٤	٠,٣٧	٠,٣٨	٠,٣١	٠,٣٩	٠,٤٣
٦,٤زجاج	٠,٧٠	٠,٤٢	٠,٣٧	٠,٣٤	٠,٣١	٠,٢٤	٠,١٣	٠,٣٣	٠,٣٤	٠,٢٨	٠,٣٢	٠,٣١
٦,٤ برونز	٠,٤٢	٠,٣٠	٠,٢٦	٠,٢٤	٠,٢٢	٠,١٨	٠,١٠	٠,٢٤	٠,٢٤	٠,٢٠	٠,٢٣	٠,٢٧
٦,٤ أخضر	٠,٦٠	٠,٣٥	٠,٣٠	٠,٢٨	٠,٢٥	٠,٢٠	٠,١١	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٣	٠,٢٧	٠,٤٤
٦,٤ رمادي	٠,٣٥	٠,٢٧	٠,٢٤	٠,٢٢	٠,٢٠	٠,١٦	٠,١٠	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,١٨	٠,٢١	٠,٢٥
٦,٤ أخضر حالي	٠,٥٣	٠,٣١	٠,٢٧	٠,٢٦	٠,٢٥	٠,٢٣	٠,١٨	—	—	٠,٢٢	٠,٢٥	٠,٣٨٠



شكل (٤-١٠) : مقطع يوضح الزجاج المزدوج

٤-٢-٢: تأثير نوع الزجاج على معدلات استهلاك الطاقة من الغلاف الخارجى

من المعروف أن هناك ثلاثة عوامل تؤثر على معدلات استهلاك الطاقة من خلال الزجاج الموجود بالغلاف الخارجى للمبنى ، أول هذه العوامل هو نوعية الزجاج ويعرف هذا العامل باسم SGHG او SC حيث SC=SGHG\0.87 وقد ساهمت تكنولوجيا البناء فى تطور قيمة SC حتى أمكن التحكم فيها فى حدود ٠,٢ بالمقارنة بالزجاج الشفاف والذى تبلغ قيمة SC ١,٠[١].

والعامل الثانى هو الإنتقالية الحرارية الكليه للزجاج وقد أمكن باستخدام التكنولوجيا الحديثة خفض هذه القيمة إلى اقل من ١,٢ وات / م٢ س وهى بذلك تكافىء المواد التقليدية ذات خصائص العزل الحرارى المتميز[٢].

وثالث هذه العوامل هو استخدام نظم إظلال متطور هذه النظم تمثل حماية القيمة من الإشعاع الشمسى المباشر وتساهم أيضا فى الاضاءة الطبيعية[٣].

ومن خلال ذلك يمكن إستنتاج أن استخدام الزجاج فى الواجهات الخارجية يجب أن يتبع معايير تصميمية دقيقة توامم بين الإضاءة الطبيعية والطاقة المستهلكة فى التبريد والتدفئة والحدود الاقتصادية لاستخدام الزجاج.

١- محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه، جامعة القاهره، ٢٠٠٢م.

٢- المرجع السابق

٣- المرجع السابق

جدول (٤-٦) : معامل إظلال الزجاج الناتج عن استخدام وسائل الإظلال الخارجية[1]

أ - معامل إظلال الزجاج (SGR) الناتج عن استخدام الكاسرات الأفقية

معامل البروز	التوجيه الجغرافى				
	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب
٠,١٠	٠,١٩	٠,١٥	٠,١٧	٠,١١	٠,١٣
٠,٢٠	٠,٣٧	٠,٣٠	٠,٣٥	٠,٢٣	٠,٢٥
٠,٤٠	٠,٦٥	٠,٦٠	٠,٦٩	٠,٤٦.	٠,٤٥
٠,٦٠	٠,٨١	٠,٧٨	١	٠٦١.	٠,٥٧.
٠,٨٠	٠,٩٠	٠,٨٩	١	٠,٧٧	٠,٦٦
١,٠٠	٠,٩٠	٠,٩٦	١	٠,٧٨	٠,٧٢

ب - معامل إظلال الزجاج (SGR) الناتج عن استخدام الكاسرات الرأسية

معامل البروز	التوجيه الجغرافى				
	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب
٠,١٠	٠,١١	٠,٠٥	٠,٢٠	٠,٠٥	٠,٧٠
٠,٢٠	٠,٢١	٠,٠٩	٠,٣٥	٠,١	٠,١٥
٠,٤٠	٠,٤٣	٠,١٧	٠,٥٥	٠,٢٠	٠,٢٩
٠,٦٠	٠,٦١	٠,٢٦	٠,٦٧	٠,٣٠	٠,٤١
٠,٨٠	٠,٧٠	٠,٣٤	٠,٧٤	٠,٤٠	٠,٤٩
١,٠٠	٠,٧٩	٠,٤٣	٠,٧٩	٠,٥٠	٠,٥٦

جـ- معامل إظلال الزجاج (SGR) الناتج عن استخدام الكاسرات المركبة

معامل البروز	التوجيه الجغرافى				
	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب
٠,١٠	٠,٢٧	٠,١٨	٠,٣٤	٠,٣٢	٠,١٨
٠,٢٠	٠,٤٩	٠,٣٥	٠,٥٨	٠,٤٥	٠,٣٤
٠,٤٠	٠,٧٤	٠,٦٤	٠,٨٦	٠,٦١	٠,٥٣
٠,٦٠	٠,٨٧	٠,٨١	١	٠,٧١	٠,٦٥
٠,٨٠	٠,٩٤	٠,٩٢	١	٠,٧٧	٠,٧٣
١,٠٠	٠,٩٨	٠,٩٧	١	٠,٨٢	٠,٧٨

[1] - الكود المصرى لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى (الجزء الأول : المبانى السكنية) ، المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء ، طبعة ٢٠٠٦

٤-٢-٣ : تاثير طبقات التزجيج (المفرد او المزدوج او الطباقية) على العزل الحرارى للشباك:

تقدر قدرة النفاذ الحرارى (u) بمعدل انتقال الحرارة من الهواء فى أحد جوانب المنشأ إلى الهواء فى الجانب الآخر بالنسبة لوحدة المساحة ولوحدة إختلاف درجة الحرارة[١]. ويبين الجدول (٤-٧) الانتقالية الحرارية لمختلف الفتحات الزجاجية[٢].

جدول (٤-٧) : الانتقالية الحرارية (U-Value) لمختلف الفتحات الزجاجية (وات/م٢.س°)[٣]

م	اسم المنتج	الزجاج فقط الانتقالية الحرارية		الشبابيك الرأسية							
				شبابيك متحركة الإطارات				شبابيك ثابتة الإطارات			
		مركز الزجاج	حافة الزجاج	الومنيوم بدون عازل حرارى	الومنيوم بعازل حرارى	خشب/بلاستيك	فينيل معزول بالصوف الحرارى	الومنيوم بدون جسور حرارية	الومنيوم بجسور حرارية	خشب/بلاستيك	فينيل معزول بالصوف الحرارى
زجاج مفرد											
١	٣،٢ مم زجاج	٥،٩١	٥،٩١	٧،٢٤	٦،١٢	٥،٠٥	٤،٦١	٦،٤٢	٦،٠٧	٥،٥٥	٥،٣٥
٢	٦،٤ ألومنيوم/بولى كربون	٥،٠٠	٥،٠٠	٦،١٩	٥،٤٣	٤،٤٢	٤،٠١	٥،٦٠	٥،٢٥	٤،٧٥	٤،٥٨
٣	٣،٢ ألومنيوم/بولى كربون	٥،٤٥	٥،٤٥	٦،٨٧	٥،٧٧	٤،٧٢	٤،٣١	٦،٠٢	٥،٦٦	٥،١٥	٤،٩٧
زجاج مزدوج											
٤	٦،١ مم فراغ هوائى	٣،١٢	٣،٦٣	٤،٩٣	٣،٧٠	٣،١٣	٢،٧٧	٣،٩٤	٣،٥٩	٣،١٧	٣،٠٤
٥	١٢،٧ مم فراغ هوائى	٢،٧٣	٣،٣٦	٤،٦٢	٣،٤٢	٢،٨٧	٢،٥٣	٣،٦١	٣،٢٢	٢،٨٤	٢،٧٢
٦	٦،٤ مم فراغ معلبز بالأرجون	٢،٩٠	٣،٤٨	٤،٧٥	٣،٥٤	٢،٩٨	٢،٦٣	٣،٧٥	٣،٣٢	٢،٩٨	٢،٨٥
٧	١٢،٧ مم فراغ معلبز بالأرجون	٢،٥٦	٣،٣٤	٤،٤٩	٣،٣٠	٢،٧١	٢،٤٢	٣،٤٧	٣،٠٨	٢،٧٠	٢،٥٨
زجاج مزدوج مغطى بطبقة ذو معامل انبعاثية ٠،٦ على الوجه ٢ أو ٣											
٨	٦،٤ مم فراغ هوائى	٢،٩٥	٣،٥٢	٤،٨٠	٣،٥٨	٣،٠٢	٢،٦٧	٣،٨٠	٣،٤١	٣،٠٣	٢،٩٠
٩	١٢،٧ مم فراغ هوائى	٢،٥٠	٣،٢٠	٤،١٥	٣،٢٩	٢،٧٣	٢،٣٩	٣،٤٢	٣،٠٣	٢،٦٦	٢،٥٤
١٠	٦،٤ مم فراغ معلبز بالأرجون	٢،٦٧	٣،٣٢	٤،٥٨	٣،٣٨	٢،٨٤	٢،٤٩	٣،٥٦	٣،١٧	٢،٨٠	٢،٦٧
١١	١٢،٧ مم فراغ معلبز بالأرجون	٢،٣٣	٣،٠٨	٤،٢١	٣،١٣	٢،٦٦	٢،١٨	٣،٢٨	٢،٨٩	٢،٥٢	٢،٤٠
زجاج مزدوج مغطى بطبقة ذو معامل انبعاثية ٠،٤ على الوجه ٢ أو ٣											
١٢	٦،٤ مم فراغ هوائى	٢،٧٨	٣،٤٠	٤،٦٩	٣،٤٦	٢،٩١	٢،٥٩	٣،٦٦	٣،٢٧	٢،٨٩	٢،٧٦
١٣	١٢،٧ مم فراغ هوائى	٢،٢٧	٣،٠٤	٤،٢٧	٣،٠٩	٢،٥٨	٢،٢٥	٣،٢٢	٢،٨٤	٢،٤٧	٢،٣٥
١٤	٦،٤ مم فراغ معلبز بالأرجون	٢،٤٤	٣،١٦	٤،٤٠	٣،٢١	٢،٦٩	٢،٣٥	٣،٣٧	٢،٩٨	٢،٦١	٢،٤٩
١٥	١٢،٤ مم فراغ معلبز بالأرجون	٢،٠٤	٢،٨٨	٤،٠٩	٢،٩٢	٢،٤٣	٢،١٠	٣،٠٤	٢،٦٥	٢،٢٩	٢،١٧
زجاج مزدوج مغطى بطبقة ذو معامل انبعاثية ٠،٢ على الوجه ٢ أو ٣											
١٦	٦،٤ مم فراغ هوائى	٢،٥٦	٣،٢٤	٤،٤٩	٣،٣٠	٢،٧٦	٢،٤٢	٣،٤٧	٣،٠٨	٢،٧٠	٢،٥٨

---

١ - جهاز تخطيط الطاقه فى مصر " الطاقه فى مصر " ، (القاهره : جهاز تخطيط الطاقه) ، ١٩٩٦م .

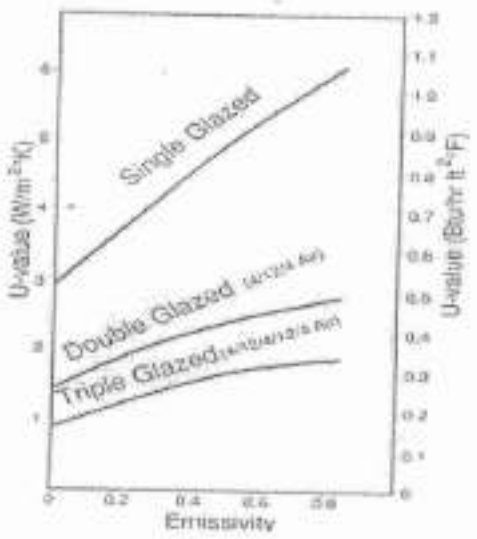
٢ - الكود المصرى لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة فى المبانى (الجزء الأول : المبانى السكنية) ، المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء طبعة ٢٠٠٦م.

٣ - المرجع السابق

تابع جدول (٤-٧) :

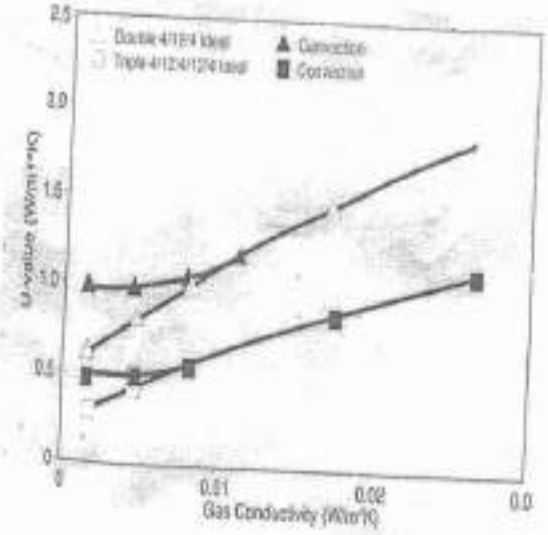
١٧	١٢،٧ مم فراغ هوائى	١،٩٩	٢،٨٣	٤،٠٨	٢،٨٩	٢،٣٩	٢،٠٧	٢،٩٩	٣،١٠	٢،٢٤	٢،١٣
١٨	٦،٤ مم فراغ معشق بالأرجون	٢،١٦	٢،٩٦	٤،١٨	٣،٠١	٢،٥١	٢،١٧	٣،١٣	٣،٧٤	٢،٣٨	٢،٢٦
١٩	١٢،٧ مم فراغ معشق بالأرجون	١،٧٠	٢،٦٢	٣،٨٣	٢،٦٨	٢،٢١	١،٨٩	٢،٧٥	٢،٢٦	٢،٠١	١،٩٠
زجاج مزدوج منخفض بطبقة ذو معامل انبعاثية ٠،١ على الوجه ٢ أو ٣											
٢٠	٦،٤ مم فراغ هوائى	٢،٣٩	٢،١٢	٤،٢١	٣،١٧	٢،٦٥	٢،٣٢	٣،٢٩	٢،٩٣	٢،٥٦	٢،٤٥
٢١	١٢،٧ مم فراغ هوائى	١،٨٢	٢،٧١	٣،٩٢	٢،٧٧	٢،٢٨	١،٩٦	٢،٨٤	٢،٤٥	٢،١٠	١،٩٩
٢٢	٦،٤ مم فراغ معشق بالأرجون	١،٩٩	٢،٨٣	٤،٠٥	٢،٨٩	٢،٣٩	٢،٠٧	٢،٩٩	٣،٦٠	٢،٢٤	٢،١٣
٢٣	١٢،٧ مم فراغ معشق بالأرجون	١،٥٣	٢،٤٩	٣،٧٠	٢،٥٦	٢،١٠	١،٧٩	٢،٦٠	٢،٢١	١،٨٦	١،٧٦
زجاج مزدوج منخفض بطبقة ذات معامل انبعاثية ٠،٠٥ على الوجه ٢ أو ٣											
٢٤	٦،٤ مم فراغ هوائى	٢،٣٣	٣،٠٨	٤،٣١	٣،١٣	٢،٦٢	٢،٢٨	٣،٢٨	٢،٨٩	٢،٥٢	٢،٤٠
٢٥	١٢،٧ مم فراغ هوائى	١،٧٠	٢،٦٢	٣،٨٣	٢،٦٨	٢،٢١	١،٨٩	٢،٧٥	٢،٣٦	٢،٠١	١،٩٠

وبالنسبه لفراغات الهواء التى يزيد إتساعها عن ٢٠ مم ، فإن قوة النفاذ الحرارى تظل ثابته ، لأن النقص فى التوصيل الحرارى conduction يتم تعويضه بالزيادة فى الحمل convection

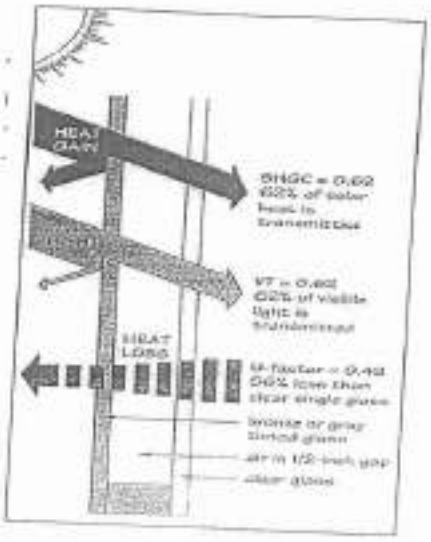


شكل (٤-١١) : يوضح القيم المختلفة لقدرة النفاذ الحرارى والإنبعاثية باستخدام أنواع التزجيج المختلفة مع وجود فراغ هواء ١٢ مم[١]

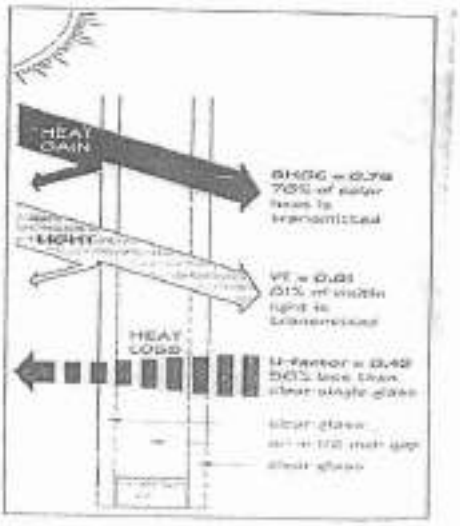
١- Timothy E.johnson" Low- E Glazing Design guide ". department of Architecture Massachusetts institute of Technology, Butter worth Architecture ,1979.



شكل (٤-١٢) :القيم المختلفة لقدرة النفاذ الحرارى والموصلية الحرارية وتاثير الغاز باستخدام double and triple glazing [١]



شكل (٤-١٣): تزجيج مزدوج من زجاج شفاف وزجاج رمادى[٢]



شكل (٤-١٤): تزجيج مزدوج للزجاج الشفاف[٣]

---

١ - المرجع السابق .

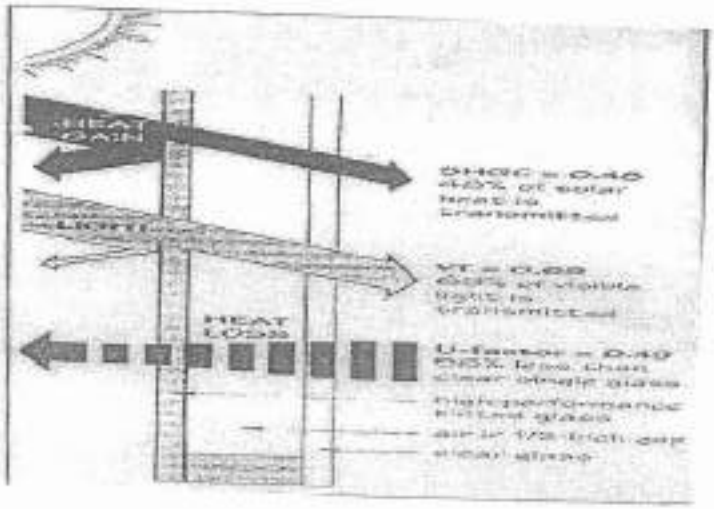
٢ ، ٣ - عبد الخالق السيد ، سيد " كفاءة استهلاك الطاقه بفتحات المبانى نموذج لترشيد الطاقه للنوافذ فى المبانى فى مصر "، رسالة دكتوراه ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٤ م .

٤-٢-٣-١: تحقيق اداء اعلى للتزجيج المزدوج

ظل معروفا لبعض الوقت أنه فى المنشآت المعتمة فإن تبطين فراغات الهواء بطبقات من الألمنيوم يمكن أن يزيد من المقاومة الحرارية بتخفيض مركبة الإشعاع radiation component ، ويمكن تطبيق هذا المبدأ على وحدات الزجاج المزدوج المعزول . فاللوح الخارجى يمكن أن يكون عاكسا للحرارة ذو طبقة عاكسة تغطى سطحه الداخلى[١].

واستبدال الهواء الذى يفصل لوحى الزجاج بغازات ذى خواص مختلفة يمكنه أن يغير الخواص الحرارية للوحدة فخواص الغازات المختلفة – من توصيل حرارى thermal conductivity ، وكثافة density ، ولزوجة viscosity – كلها سوف تؤثر فى إنتقال الحرارة من خلالها . وقد يبدو متوقعا أن الغاز ذو اقل درجة توصيل حرارى thermal conductivity قد يكون له افضل أثر ، وقد يعطى أفضل النتائج ؛ ولكن هذا لا يحدث دائما بسبب تأثير الحمل convection .

وتأثير الغاز فى حدود الفراغ يظهر بوضوح أكبر فى حالات الفواصل الضيقة بين الألواح وبالإشتراك مع أسطح التجويف ذات قدرة النفاذ emissivity المنخفضة[٢].



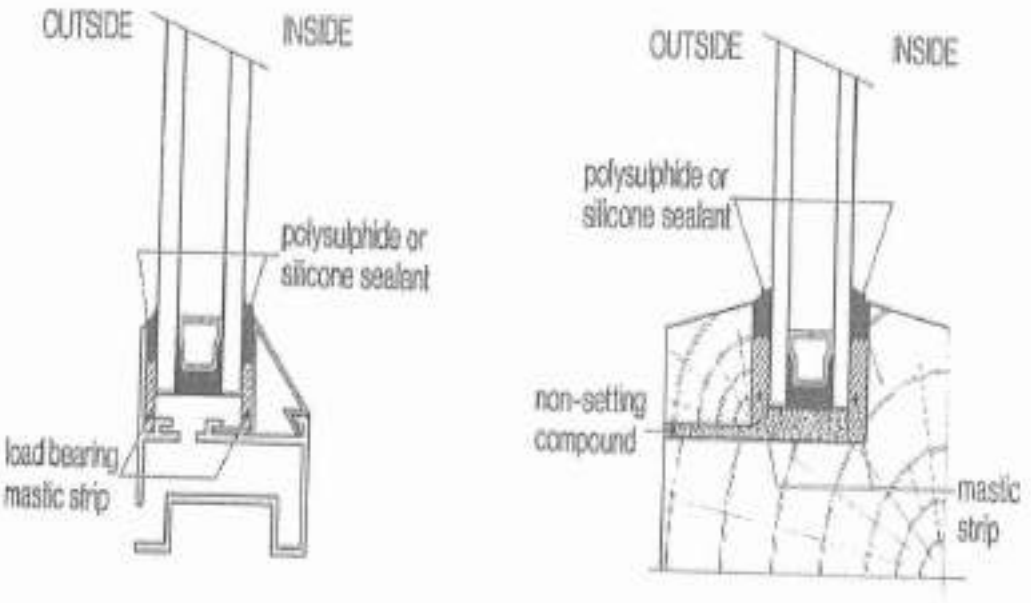
شكل (٤-١٥) :تزجيج مزدوج من (LBNL) High performance tint [٣]

---

١ – المرجع السابق

٢ – أ.د/ سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف ، " العناصر المناخيه والتصميم المعمارى "، جامعة الملك سعود، النشر العلمى والمطابع، ١٩٩٤م.

٣ – عبد الخالق السيد ، سيد " كفاءة استهلاك الطاقه بفتحات المبانى نموذج لترشيد الطاقه للنوافذ فى المبانى فى مصر "، رسالة دكتوراه ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٤ م .



شكل (٤- ١٦) نماذج من تزجيج مزدوج محكم العزل[1]

٤-٢-٤: العزل الحرارى لإطار الشبابيك

فى كثير من الحالات فإن القيمة المناسبة لنفاذ الحرارة تكون أساسية فى تقييم النافذة. وبالنسبه لأثر إطار النافذة على قيمة (u) الخاصة بالنافذة فإنها تكون كما هو موضح بالجدول (٤-٨) وبصفة عامة فإن الإطارات الخشبية يمكنها أن تخفض النفاذ الحرارى الكلى ، بينما تزيدها الإطارات الألمنيوم . وبغض النظر عن بعض الإعتبارات – مثلا إرتفاع فراغ الهواء وأثر تصميم جلسة الشباك على حركة الهواء – فإن فقدان الحرارة من خلال الشباك لايعتمد على الشكل ، ولكنه يعتمد فقط على نفاذية الحرارة (u) ، والمساحة، كما يعتمد على الفارق بين درجتى حرارة الهواءعلى جانبى الشباك[2] .

1- R.M.E.Diamant, " Thermal and Acoustic Insulation" Mse,DipChemE,MinatE,ceng, Butter worths1979.,

2- جهاز تخطيط الطاقه فى مصر " الطاقه فى مصر " ، (القاهره : جهاز تخطيط الطاقه) ، ١٩٩٦ م.

جدول (٤-٨) : أثر إطار (حلق) الشباك على قيمة (u) [١]

نوع النافذة		جزء المساحةالخاصة بالحلق (%)	قيمة u وات / م٢ س		
			تعرض مغطى	تعرض عادى	تعرض شديد
تزجيج مفرد	حلق خشبى	٣٠	٣,٨	٤,٣	٥,٠
	حلق معدنى	٢٠	٥,٠	٥,٦	٦,٧
تزجيج مزدوج	حلق خشبى	٣٠	٢,٣	٢,٥	٢,٧
	حلق معدنى	٢٠	٣,٠	٣,٢	٣,٥

٤-٢-٤-١: منع تسرب الهواء من خلال النوافذ

فى المبانى السكنية المعزولة يشارك التسرب بحوالى ٤٠ % من أحمال التدفئة والتبريد وقد أجريت العديد من الدراسات وأوضحت نتائجها فى حالة التسرب وتغير الهواء داخل الفراغات المعمارية بنسبة ٠,١ الى ٠,٥ مرة تغير الهواء فى الساعة (air change per hour) فإن أحمال التبريد والتدفئة تزداد بنسبه تصل إلى حوالى ١٠ الى ٢٥ % ولتحسين كفاءة التسرب من النوافذ يجب إتباع التقنيات التالية[٢]:

١ - غلق جميع الشروخ المتواجدة فى النوافذ بإستخدام مواد مانعة .
٢ - إستخدام إطارات كاوتش محكمة ولاتتأثر بالعوامل الجوية ومواد لصق جيدة لمنع تسرب الهواء من بين الزجاج والأطارات الخارجية .
٣ - استخدام الأشجار فى أعمال تنسيق الموقع لمنع تأثير الرياح على زيادة معدل التسرب .

١ - جهاز تخطيط الطاقه فى مصر " الطاقه فى مصر " ، (القاهره : جهاز تخطيط الطاقه) ، ١٩٩٦ م.
٢ - محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه، جامعة القاهره، ٢٠٠٢م.

خلاصة الباب الرابع :

تعتبر النوافذ من أهم العناصر المسئولة عن إنتقال الحرارة إلى داخل الفراغات المعمارية ويعتبر استخدام الزجاج فى النوافذ وذلك بغرض تحقيق وظائف الإضاءة والتهوية والرؤية يؤثر عكسيا فى إنتقال الحرارة وذلك نظرا لعدم تمتع الزجاج بخاصية بطء الإمتصاص والنفاذ من خلال مكوناته مما يسمح بتسرب حرارى كبير من خلاله.

ونظرا للتقدم فى تكنولوجيا صناعة مواد البناء والزجاج فقد تم تصنيع أنواع مختلفة من الزجاج ذات أهمية كبيرة فى ترشيد استهلاك الطاقة فى المبانى السكنية ، وقد خلص الباب الرابع إلى ما يلى :

١ – استخدام الزجاج بنسب عالية يؤثر على معدلات استهلاك الطاقة فى القطاع السكنى ويجب وضع استراتيجيات للتوفيق بين التهوية والاضاءة الطبيعية وإنتقال الحرارة من خلال الزجاج للحفاظ على الطاقة .

٢ – يمثل استخدام تكنولوجيا الزجاج حتى الآن أمر مكلف نتيجة ارتفاع أسعار الزجاج ذات التكنولوجيا العالية والقيمة الاسترجاعية له طويلة وقد لاتكون ذات جدوى اقتصادية .

٣ – يعتبر استخدام الزجاج الصافى العادى إحدى النظم السلبية للتدفئة شتاءا ويمكن معالجته باستخدامه فى الواجهات التى يمكن التحكم فى وسائل إظلالها فى فصل الصيف .

٤ – بالنسبه لاستخدام الزجاج الماص للحرارة فإنه يزيد من كفاءته اذا ما إستخدمنا تزجيج مزدوج من الزجاج الماص للحرارة والزجاج العادى حيث نجد أن الفارق يصل الى حوالى ٤٥ % فى الإنتقال الحرارى .

٥ – فى حالة استخدام الزجاج العاكس للحرارة ذو طبقات معدنية رقيقه جدا – فإنه يحتاج إلى حماية لأن هذه الطبقات تكون حساسة ويمكن أن تتلف ويتم ذلك عن طريق تزجيج مزدوج مضاعف مع فراغ هواء بين طبقتى الزجاج .

٦ – يستخدم الزجاج فائق العزل الحرارى فى الحوائط الستائرية وفى الواجهات الغربية عندما لايكون هناك بديل لاستخدامه حيث يعتمد على الخصائص الضوئية للزجاج والغاز الموجود بداخله .

٧ – يستخدم الزجاج منخفض الإنبعاثية من أجل تقليل كمية الإشعاع الحرارى المنبعث إلى داخل الفراغات المعمارية لأنه مغلف بطبقة من الأغشية المعدنية الرقيقة ذات إنبعاثية منخفضة وأطوال موجية طولية.

٨ – يؤدى استخدام الزجاج الرمادى والملون إلى تقليل الإبهار الناتج من الضوء وخفض كمية الأشعة الشمسية كما أنه يؤدى إمتصاص جزء كبير من الضوء إلى رفع درجة

حرارة الزجاج مما يؤدى إلى زيادة الإشعاع الحرارى الداتج وبالتـــالى زيـــادة أحمـــال التبريد .

٩ - فى حالة استخدام طبقات التزجيج (المفرد - المزدوج - الطباقية) فنجد انه تقل درجـــة النفاذ الحرارى ويتحسن العزل كلما زاد اتساع فراغ الهواء .

الباب الخامس
(٥)

التقييم الاقتصادى للاداء الحرارى للغلاف الخارجى للمبانى السكنية

الفصل الاول
(٥-١)

معيار الاداء الحرارى

٥-١-١ :مقدمة

تستخدم العوازل الحرارية فى المنشآت لعدة أسباب منها تحسين كفاءة الطاقة فى المبانى إلا أنها تؤدى إلى زيادة فى التكاليف الإنشائية إلا أن هذه التكلفة يقابلها تحسن فى مناخ الفراغات المعمارية فى فترات زمنية كبيرة حيث توفر الراحة الحرارية للقاطنين داخل الفراغات كما أن هذه التحسينات تؤدى إلى منع تكثف بخار الماء والذى يسبب تدمير العناصر الانشائية للمبنى ، ومن ثم تصبح عملية العزل الحرارى عملية وفر إقتصادى على المدى الطويل حيث يمكن بسهولة استرجاع القيمة الانشائية التى صرفت فى تحسين كفاءة الطاقة فى فترة زمنية تختلف من مكان إلى مكان آخر[١].

وسيتم اختيار المواد العازلة للحراره بناءا على معيارين اساسين هما :

أ - معيار الاداء الحرارى

ب - معيار الاتاحة الاقتصادى

٥-١-٢: معيار الاداء الحرارى

هو أهم فى المبانى السكنية عن غيرها لأنها مشغولة بالناس ٢٤ ساعه / اليوم عكس المبانى الإدارية وغيرها . ولذلك فلابد أن يتم التقييم للأداء الحرارى بأسلوب علمى وهو يعتمد على تحديد المناخ المحيط بالمبنى السكنى بدقة وقد أجريت دراسة نظرية بإستخدام أحد البرامج الجاهزة الذى صمم بمعرفة مجموعة بركلى بالولايات المتحده للتنبأ بالأحمال الحرارية للمبانى السكنية بأسم California passive 3 وقد تم تقييم الأحمال الحرارية للتدفئة والتبريد لأربع وحدات سكنية بالطابق الأخير المعرض للعوامل المناخية المحيطة بالمناخ الصحراوى شديد الجفاف وتم تثبيت مساحة الوحدة ٩٠م^{٢} ، شيدت الحوائط الخارجية لهذه الوحدات من البلوكات الأسمنتية المفرغة سمك ٢٥سم وبلاطة السقف من الخرسانة المسلحة بتخانة ١٠ سم، الأسطح الخارجية والداخلية للحوائط ذات بياض أسمنتى فاتح اللون وبسمك ٢,٥ سم. السطح الخارجى للسقف المعرض ذات بلاط أسمنتى والسطح الداخلى ذات لايسة أسمنتية[٢].

والجدول التالى يوضح التفاصيل المعمارية والمواصفات الحرارية الطبيعية لمواد البناء لنماذج الوحدات السكنية بالمناخ الصحراوى شديد الجفاف[٣].

---

١ - محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه، جامعة القاهره ٢٠٠٢ م .

٢ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "،الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير نهائى (سبتمبر ١٩٩١م) .

٣ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "،الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير نهائى (سبتمبر ١٩٩١م) .

جدول (٥-١) : التفاصيل المعمارية والمواصفات الحرارية الطبيعية لمواد البناء لنماذج الوحدات السكنية بالمناخ الصحراوى شديد الجفاف[١]

التجمع العمرانى	مبانى متصلة فى نسيج شريطى		مبانى متصلة فى نسيج شبكى	
المبنى السكنى	النموذج الأول (أ)	النموذج الثانى (ب)	النموذج (ج)	النموذج (د)
الوحده السكنية الشمال				
عدد الواجهات الخارجية	واجهة واحدة (شمالية)	واجهتين (شمالية/ جنوبية)	ثلاث واجهات (شمالية/ جنوبية / شرقية)	أربع واجهات
مساحة الارضية	٩٠,٠٠ م٢	٨٨,٥ م٢	٩٠,٠٠ م٢	٩٠,٠٠ م٢
مساحة الواجهة الخارجية	٥٠,٠٠ م٢	٤٦,٤ م٢	٦٦,٠٠ م٢	٩٢,٨ م٢
نسبة مساحة الواجهة / مساحة الارض	%٥٥	% ٥٣	% ٧٣	% ١٠٢
مساحة النافذة	٧,٨ م٢	٦,٣ م٢	١٠,٩ م٢	١٤,٥ م٢
نسبة مساحة النافذة / مساحة الواجهة				

وقد أجريت دراسة تحليلية نظرية باستخدام الحاسب الآلى لتقييم هذه الوحدات السكنية كنماذج معمارية تصميمية، ثم أجريت دراسة لمقارنة الأحمال الحرارية للتدفئة والتبريد لهذه الوحدات السكنية كالآتى[٢]

١ - الحوائط الخارجية والأسقف المعرضة بدون عزل حرارى

٢ - الحوائط الخارجية بدون عزل حرارى ولكن السقف معزول حراريا بإستخدام الواح البولسترين المدد بسمك ٥ سم .

٣ - الحوائط الخارجية والأسقف المعرضة معزولة حراريا .

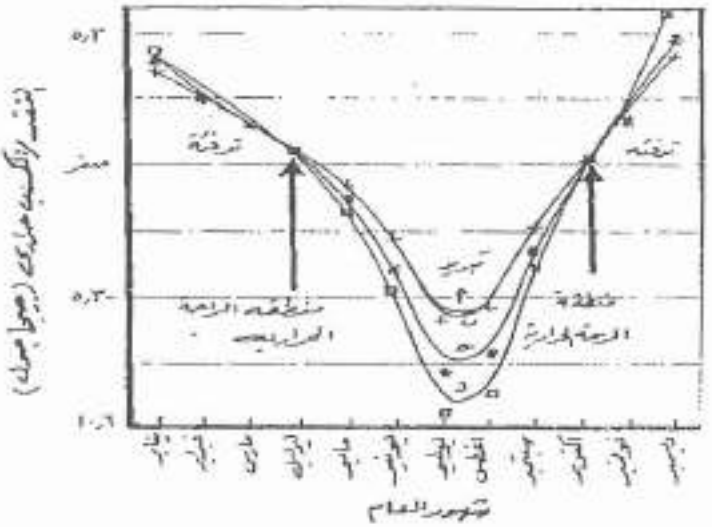
---

١ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير نهائى (سبتمبر ١٩٩١م) .

٢ - المرجع السابق

ويتضح من خلال الشكل (٥-١) أن جميع الوحدات السكنية تتزن حراريا خلال شهرى أكتوبر وأبريل . الوحدة السكنية ذات الأربع واجهات أكثر الوحدات فقدا للحرارة بالتوصيل تليها الوحده ذات ثلاث واجهات .

أما الوحدة ذات واجهة واحدة ومنور أو واجهتين خارجيتين فهما متقاربتان من حيث الاكتساب صيفا ولكن يختلفان فى معدل الفقد الحرارى شتاءا[1].



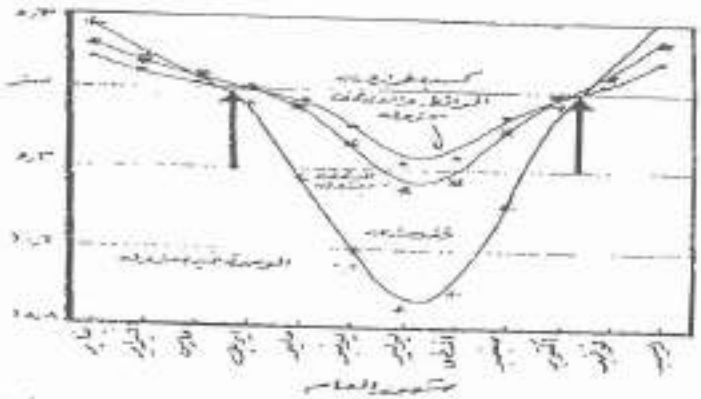
شكل (٥-١): المقارنة بين أحمال التدفئة والتبريد لنماذج الوحدات السكنية المختلفة[2]

ويتضح من خلال مقارنة الأحمال الحرارية الشهرية للتدفئة والتبريد للوحدات السكنية بالمناخ الصحراوى شديد الجفاف بالشكل (٥- ٢) التقارب للأحمال الحرارية الكلية لكل من النموذج (أ) والنموذج (ب) والنموذجان (أ، ب) أكثر توفيرا للطاقة الحرارية عن النماذج ج ، د ويتضح أن متوسط نسبة الزيادة فى الأحمال الحرارية للنماذج ج،د تصل الى ٥٦% مقارنة للنماذج أ، ب ويتضح أن جميع النماذج تحتاج إلى أحمال التبريد أكثر من أحمال التدفئة تقريبا حوالى ٤ شهور تبريد، وشهرين تدفئة[3].

١ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "،الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير نهائى (سبتمبر ١٩٩١م) .

٢ - المرجع السابق

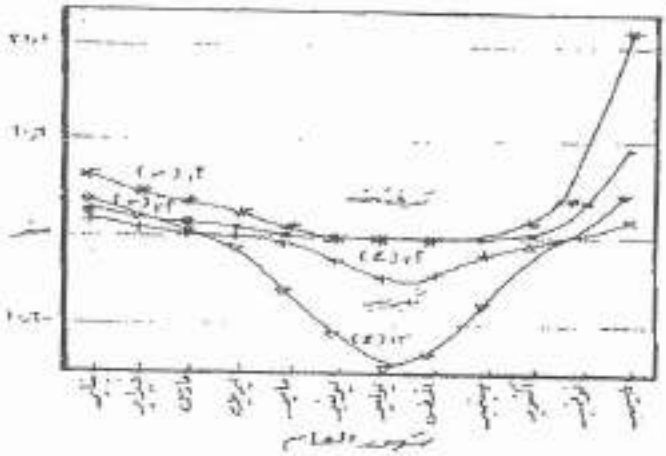
٣ - المرجع السابق



شكل (٥-٢): تأثير العزل الحرارى للأسقف وللحوائط على الاحمال الحرارية للتدفئة والتبريد[١]

ويتضح من خلال عزل السقف الأخير المعرض أن تأثير عزل السقف للنمـوذج (أ) ثـم إضافة عزل الحوائط الخارجية المعرضة ومقارنتها بالوحدة غير المعزولة . أن عزل الـسقف فقط يوفر حوالى ٣١,٥ من احمال التدفئة شتاءا وحوالى ٥٥ % من أحمال التبريد صيفا.

والنماذج السكنية معزولة الحوائط والأسقف معا توفر حوالى ٥٤ % من أحمال التدفئـة وحوالى ٦٨ % من أحمال التبريد صيفا كما هو موضح بالشكل (٥-٣)[٢].



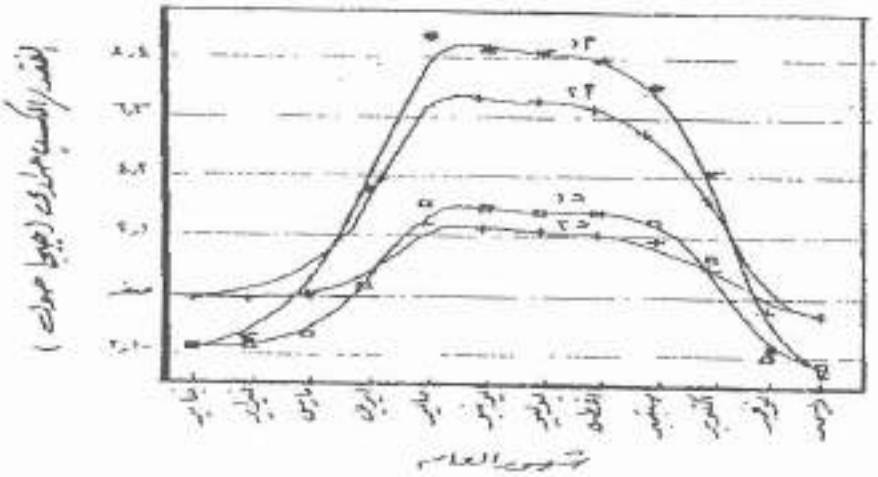
شكل (٥-٣): تأثير العزل الحرارى على الأحمال الحرارية للتدفئة والتبريد للنموذج (أ) لكل من المناخ الحار الجاف والمناخ الحار الرطب [٣]

١ - مركز بحوث الاسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "،الجمعيه الملكيه الاردنيـه ، تقريـر نهـائى (سـبتمبر ١٩٩١م) .

٢ - المرجع السابق

٣ - المرجع السابق

ويتضح من خلال المقارنة بين الفقد والكسب الحرارى بالتوصيل للنماذج أ،د المعزولة وغير المعزولة للمناخ الصحراوى شديد الجفاف . أن العزل الحرارى يقلل الكسب الحرارى خلال أشهر الصيف بحوالى ٦٦ % للوحدتين أ، د ويلاحظ وجود فرق فى الكسب الحرارى بين النموذجين بدون عزل يصل إلى ٢٠ % ولكن يقل هذا الفارق ليصل إلى ٨% فقد بعد عزل الوحدتين . ونجد أن إستخدام أجهزة التبريد قد إنخفض بمقدار ٣٠ % خلال الفترة الحارة كما موضح بالشكل (٥-٤)[1]



شكل (٥-٤) :تأثير العزل الحرارى على الفقد والإكتساب الحرارى بالتوصيل لمبانى متصلة شريطية وأخرى منفصلة فى نسيج شبكى[2]

جدول (٥-٢) :مقارنة بين أحمال التدفئة والتبريد لنماذج الوحدات السكنية للمناطق الحرارية شديدة الجفاف[1]

التصميم المعمارى	النموذج الأول			النموذج الثانى			النموذج الثالث			النموذج الرابع		
	غير معزول	السقف معزول فقط	الحوائط والاسقف معزولين	غير معزول	السقف معزول فقط	الحوائط والاسقف معزولين	غير معزول	السقف معزول فقط	الحوائط والاسقف معزولين	غير معزول	السقف معزول فقط	الحوائط والاسقف معزولين
الأحمال الحرارية												
تبريد	٦٠٩	٢١٩	١٥٢	٦٢٣	٢٢٣	١٤٩	٧٤٢	٣٣٢	٢١٧	٨٥١	٤٣٧	٢٦٥
تدفئة	١٥٧	١١٤	٧٢	١٣٣	٨٣	٥٨	١٤١	٨٢	٤٢	١٧٠	١٠٧	٥٢
نسبة التوفير فى إستهلاك الطاقة												
تبريد	-	٣٦	٦١	-	٦٤	٧٦	-	٥٥	٧١	-	٤٩	٦٩
تدفئة	-	٢	٥٤	-	٣٨	٥٦	-	١٢	٧٠	-	٣٧	٦٩

١ - مركز بحوث الإسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "،الجمعية الملكية الأردنية ، تقرير نهائى (سبتمبر ١٩٩١م) .

٢ - المرجع السابق

٣ - المرجع السابق

من خلال ما سبق من مقارنة الأحمال الحرارية لوحدات سكنية معزولة وغير معزولة بالطابق الأخير المعرض لأربع نماذج من الوحدات السكنية نجد أن عزل الحوائط المعرضة للمناخ الصحراوى شديد الحرارة والجفاف

بحيث يكون معامل إنتقال الحرارة الكلى أقل من الواحد الصحيح وبالتالى يقل تأثير الشكل المعمارى على الأحمال الحرارية للتدفئة والتبريد . ونجد من خلال الدراسة أن الوحدات السكنية فى نسيج شريطى أنسب حراريا من النماذج فى نسيج شبكى وأن درجة الحرارة إنخفضت بحوالى ٦ س وأتسعت فترة الراحة الحرارية بمقدار شهرين خلال فصل الصيف . وعزل السقف المعرض له تأثير كبير فى تقليل الفقد والكسب الحرارى خلال العام وكذلك يوفر حوالى ٤٥ % من الأحمال السنوية فى المناطق الحارة الجافة[١].

٥-١-٣: معيار الأتاحة الإقتصادى

هو مهم عندما نختار بين عدة قطاعات كلها ملاءمة حراريا ومقبولة حسب معيار الأداء الحرارى فنختار من هذه القطاعات حسب معيار الإتاحة الإقتصادى .

وسيتم حساب معيار الإتاحة الإقتصادى من خلال حساب كمية الطاقة التى يمكن توفيرها نتيجة استخدام العزل الحرارى ثم بعد ذلك حساب الفترة اللازمة لإسترجاع ثمن العزل الحرارى من خلال الوفر فى الطاقة .

وسيتم حساب الوفر فى الطاقة من المعادلة التالية[٢]:

$$\Delta E = H * A * (U_b - U_f) \cdot CDD$$

حيث :

ΔE : الوفر فى الطاقة (بالوات)

H : الفترة التشغيلية للمبنى وتشمل زمن تشغيل المبنى أو زمن تشغيل أجهزة التكييف بالمبنى .

A : مساحة أرضية المبنى فى حالة عزل السقف ، مساحة الحوائط فى حالة عزل الحوائط .

U_b : الانتقالية الحرارية للغلاف الخارجى قبل التحسين (وات / م٢ س)

---

١ - مركز بحوث الاسكان والبناء ." دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "،الجمعيه الملكيه الاردنيه ، تقرير فنى(سبتمبر ١٩٩١م) .

٢ - محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه، جامعة القاهره ٢٠٠٢ م .

U_f : الانتقالية الحرارية للغلاف الخارجى بعد التحسين (وات / م٢ س)

CDD : درجة حرارة يوم تبريد وتحسب على اساس ٢٥ درجة مئوية من المعادلة التالية[١]:

$$CDD= \sum_i^{12}\sum_j^{24}(T_\infty - 25)$$

حيث :

T_∞ : درجة حرارة الهواء الخارجى

i : رقم الشهر

j : الساعة بالنسبة لليوم

كما يمكن حساب الفترة الإسترجاعية اللازمة لإسترجاع ثمن العزل الحرارى من خلال الوفر فى الطاقة من خلال المعادلة التالية[٢]:

الفترة الاسترجاعية (Payback) = ثمن العزل الحرارى / كمية الوفر فى الطاقة .

وبتطبيق المعادلات السابقة على ما سبق يمكن حساب الوفر فى الطاقة والفترة الاسترجاعية كما هو موضح بالنموذج التالى:

- بفرض أن وحدة سكنية مساحتها ٩٠ م٢ ومساحة الحوائط الخارجية ١٠٠ م٢ ومساحة الزجاج بالنوافذ ١٥ م٢ – تم بناء الحوائط الخارجية من البلوكات الأسمنتية سمك ٢٥ سم وبلاطة السقف من الخرسانة المسلحة بتخانة ١٠سم والأسطح الخارجية والداخلية للحوائط ذات بياض أسمنتى فاتح اللون وبسمك ٢,٥ سم – السطح الخارجى للسقف المعرض ذات بلاط أسمنتى والسطح الداخلى ذات لياسة أسمنتية تم عزل الحوائط الخارجية والسقف المعرض بالبولستيرين الممدد بسمك ٥ سم فكانت الإنتقالية الحرارية قبل العزل ٢,٢٦ وات/ م٢.س وبعد العزل ٠,٧٩ وات/م٢.س والسقف قبل عزلها ٢,٥ وات/م٢.س وبعد العزل ٠,٥٤ وات/م٢.س وتم استبدال زجاج مفرد ذو انتقالية حرارية ٥,٦ وات / م٢ .س بزجاج مزدوج معالج ذو انتقالية حرارية ٢ وات/م٢.س والمبنى بمدينة أسوان يعمل ١٥ ساعة يوميا باستخدام أجهزة التكييف – سعر تكلفة استهلاك الكهرباء ٠,١ جنيه/كلوات/ساعة.

وسيتم حساب الوفر فى الطاقة بالنسبة للسقف من المعادلة التالية[٣]:

$$\Delta E=H*A*(U_b-U_f)*_{CDD}$$

حيث :

---

١ - محمد عبد العال ، رشا " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى على ترشيد الطاقه فى المبانى " ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسه، جامعة القاهره ٢٠٠٢ م .

٢ - المرجع السابق

٣ - المرجع السابق

H : زمن تشغيل أجهزة التكييف بالمبنى – ١٥ ساعه

A : مساحة أرضية المبنى فى حالة عزل السقف = ٩٠ م٢

U_b : الإنتقالية الحرارية للسقف قبل التحسين= ٢,٥ (وات / م٢ س) .

U_f : الإنتقالية الحرارية للسقف بعد التحسين– ٠,٥٤ (وات / م٢ س) .

CDD : ٤٢٠٠ درجة يوم تبريد لمدينة اسوان

$$\Delta E = 15*90*(0.54-2.5)*4200 = 11113.2 \text{ watt}$$

حساب الفترة الاسترجاعية للسقف

$$\text{Pay back Period} = 90*27\backslash 11113.2*0.1 = 2.18 \text{ year}$$

حساب الوفر فى الطاقة بالنسبة للحوائط

$$\Delta E = 15*100*(0.79 - 2.26)*4200 = 9261 \text{ watt}$$

حساب الفترة الاسترجاعية للحوائط

$$\text{Pay back Period} = 100*27\backslash 9261*0.1 = 2.9 \text{ year}$$

حساب الوفر فى الطاقة بالنسبة للزجاج

$$\Delta E = 15*15*(2-5.6)*4200 = 3402 \text{ watt}$$

حساب الفترة الاسترجاعية للزجاج

$$\text{Pay back Period} = 15*200\backslash 3402*0.1 = 8.81 \text{year}$$

يتضح من خلال ذلك أن مدينة أسوان يمكن إسترجاع ثمن العزل فى فترة زمنية مقدارها ٢,١٨سنة بالنسبة للسقف و ٢,٩سنة للحوائط و ٨,٨١ سنة بالنسبة للزجاج .

خلاصة الباب الخامس :

من خلال تقييم الأداء الحرارى لأغلفة المبانى لبعض النماذج المعمارية المفترض وجودها بمدينة أسوان وذلك بإستخدام برنامج CP3 فقد خلصت الدراسة إلى ما يلى :

١ - إعتمدت الدراسة على برنامج CP3 أو California Passive 3 الذى صمم بمعرفة مجموعة بركلى بالولايات المتحدة للتنبأ بالأحمال الحرارية للمبانى السكنية وجاءت أهم النتائج كمايلى :

أ - أوضحت الدراسة أن الوحدات السكنية فى نسيج شريط النسب حراريا من النماذج فى نسيج شبكى وأن درجة الحرارة الداخلية انخفضت حوالى ٦ س واتسعت فترة الراحة الحرارية بمقدار شهرين خلال فصل الصيف .

ب - عزل السقف المعرض له تأثير كبير فى تقليل الفقد والكسب الحرارى خلال العام وكذلك يوفر حوالى ٤٥ % من الأحمال السنوية فى المنطقة الحارة .

جـ- يجب عند اختيار القطاع المقترح أن يفى بالحد الأدنى من المتطلبات الحرارية والذى حدده دليل مواد العزل الحرارى للمبانى فى مصر وهو لايتعدى ١,٠٠ وات/م٢.س للحوائط ، ٠,٨ للأسقف المعرضة وات / م٢.س بالنسبة للمناطق الحرارة الجافة وذلك لخلق مناخ داخلى مناسب .

٢ - يعد إستخدام العزل الحرارى للمبانى ذو جدوى إقتصادية يمكن إسترجاعها فى فترة زمنية صغيرة وتقل هذه الفترة كلما اتجهنا جنوبا فى مصر .

٣ - يعد إستخدام تكنولوجيا الزجاج حتى الآن أمر مكلف نتيجة إرتفاع أسعار الزجاج ذات التكنولوجيا العالية والقيمة الإسترجاعية له طويلة وقد لاتكون ذات جدوى إقتصادية .

٤ - التأكيد على إعادة تأهيل المنشآت السكنية عند إستخدام أجهزة التكييف وذلك بعزل الحوائط الخارجية والأسقف المعرضة وأيضا الأهتمام بتفاصيل الفتحات من حيث منع التسرب وتحسين كفاءة النوافذ .

الباب السادس
(٦)

الخلاصة والتوصيات

توصل البحث من خلال مراحلة وأقسامه المختلفة إلى إظهار مدى أهمية تقنيات العـزل الحرارى وخاصة تلك المستخدمة فى تصميم الغلاف الخارجى للمبـانى الـسكنية والمعرضـة لعوامل المناخ الحار الجاف والتى تؤثر على الأداء الحرارى لجميع عناصر المبنـى وبالتـالى راحة القاطنين ، كما أوضحت الدراسة ضرورة ترشيد إستهلاك الطاقة كأحد الأسس الهامة التى يجب أن يأخذها المعمارى فى الإعتبار عند إعداد التصميم للمبنى .

ويمكن تناول أهم ما توصلت إليه الدراسة فيما يلى :

١ - من خلال دراسة المعطيات المناخية للمناخ الحار الجاف استخلصت الدراسـة أن مدينـة نوشكى تتميز بخصائص مناخية منفردة وهى تقع ضمن الإقليم الصحراوى شديد الجفاف المتصف بشدة الحرارة والجفاف والقارية ويتضح مدى تأثير ذلك على المسكن الذى يعتمد على المعالجات المناخية ذات التصميم السلبى والإيجابى من خلال اسـتخدام القبـاب – الأقبية فى تغطية الأسقف وبناء الحوائط بالحجر الرملى بسمك ٠,٦ م وما ينتج عنه من إجهادات حرارية عالية على القاطنين داخل تلك المبانى السكنية .

٢ - انه من أجل تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية لابد من التحكم فى الإنتقال الحرارى بين البيئة الخارجية والوسط الداخلى للمبنى من خلال عدة طرق يتم من خلالها التحكم فى درجة الحرارة مثل استخدام العناصرالمائية كـالنوافير ، اسـتخدام الافنيـة الداخلية والخارجية ، استخدام الأشجار فى تقليل درجة الحرارة ، اسـتخدام الملاقـف ، استخدام أبراج التبريد، ولكن هذه الطرق لم تتمكن من التوصل بالمبنى وقاطنية إلى منطقة الراحة الحرارية كما ان هذه الطرق يصعب تنفيذها فى معظم المبانى السكنية لاعتبارات تصميمية ومعمارية ، **وعليه يتضح لنا أهمية العزل الحرارى فى عمارة الصحراء .**

٣ - تصنف المواد الإنشائية الخفيفة بشكل عام والمواد العازلة للحرارة بشكل خاص حـسب المعايير التالية:

أ - حسب تركيب الفراغات فى المادة العازلة للحرارة .

ب - حسب منشأ المواد العازلة للحرارة .

جـ- حسب الشكل النهائى للمواد العازلة للحرارة .

د - حسب التركيب الكيميائى للمواد العازلة للحرارة .

وبالنسبه لتصنيف المواد العازلة للحرارة حسب الشكل النهائى فهى :

أ - المواد السائبة مثل الفيرميكيوليت ، البيرليايت .

حيث يستخدم الفيرميكيوليت كمادة حشو فى حالتة السائبة – اما البيرلايت فهو يستخدم فى حالته السائبة فى عزل الجدران والاسقف .

ب –المواد شبه الجاسئة : الصوف المعدنى وهو يتوافر فى صورة ثلاث انواع الصوف الزجاجى – الصوف الصخرى– الصوف الخبثى ،وتستخدم الألياف السائبة من الصوف المعدنى (زجاجى – صخرى – خبثى) فى حشو فراغات الحوائط المزدوجة – كما يستخدم أيضا فى صورة ألواح لعزل الأسطح .

جـ–المواد العازلة الجاسئة : بولسترين ممدد – بولسترين مشكل بالبثق ، (يستخدم فى أعمال عزل الحوائط ، عزل الأسقف بالنظام التقليدى ، تصنيع الطوب الخفيف والخرسانات الخفيفة .

د – المواد العازلة الرغوية :– البولى يوريثان الجاسىء– الرغوى ،وهى تتوافر فى صورتين الأولى فى صورة مواد كيماوية مركزه عند خلطهما ينتج قوام رغوى يمكن حقنه داخل الفراغات بالأشكال المختلفة – الثانية فى صورة مواد كيماوية ذات مركب واحد تستعمل كمولد للرغاوى داخل المون لانتاج خرسانة خفيفة عازلة يستخدم فى ملء فراغات الحوائط – صورة الواح جاسئة .

٤ – عناصر الغلاف الخارجى تعتبر المنفذ الرئيسى لانتقال الحرارة الى داخل المبنى وبالتالى تؤثر فى حالة المناخ فى الفراغ الداخلى ، والغلاف الخارجى يتكون من (الأسقف – الحوائط الخارجية – النوافذ) لذلك يجب مراعاة تصميمها بطريقة تقلل من الا نتقال الحرارى من وإلى الفراغ الداخلى ، ولتحقيق ذلك هناك عدة معالجات للحوائط تشمل:–

أ – إستخدام مواد عازلة للحرارة فى الحوائط .

ب – إنشاء الحوائط من مواد بطيئة الاكتساب والانتقال الحرارى .

جـ– إنشاء حوائط مزدوجة لعمل فراغ هوائى عازل .

د – عمل حوائط مزدوجة تسمح بمرور الهواء بينهما وتجديده وتقليل الحمل الحرارى النافذ .

هـ– تكسية الحوائط بمواد عاكسة للحرارة .

و – تظليل أجزاء من الحوائط الخارجية بالبروزات .

٥ – من خلال دراسة وتحليل قطاعات الحوائط الخارجية فى المبانى السكنية تم التوصل الى المتغيرات التى تؤثر على الإداء الحرارى للحائط وبالتالى قيمة الإنتقالية الحرارية وتتمثل هذه المتغيرات فى الآتى:

أ – تأثير سمك الحائط .

ب – تأثير نوع الطوب المستخدم فى الحائط .

جـ– تأثير إختلاف مادة التشطيب الخارجى للحائط .

د – تأثير تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة .

هـ– تأثير وجود أو عدم وجود الطبقة العازلة للحرارة داخل فراغ الحائط .

حيث قام المصمم بإجراء الدراسات والتحليلات بإستخدام الطريقة الرياضية لحساب قيمة معامل الإنتقال الحرارى الكلى لقطاع حائط مكون من عدة مواد إنشائية وقد إستخلص البحث تأثير المتغيرات كما هو موضح بالجدول (خ–١) .

جدول (خ-١)

البديل		قطاع الحائط (البدائل)	قيمة الإنتقاليه الحراريه U- Value
تأثير سمك الحائط	١	قطاع الحائط بإستخدام طوب طفلى مفرغ ١٢ سم	٢,٤٣
	٢	قطاع الحائط بإستخدام طوب طفلى مفرغ ٢٥ سم	١,٩
	٣	قطاع الحائط بإستخدام طوب اسمنتى مفرغ ١٢ سم	٣,٥
	٤	قطاع الحائط باستخدام طوب أسمنتى مفرغ ٢٥ سم	٢,٧٧
تأثير نوع الطوب المستخدم فى الحائط	١	قطاع الحائط بإستخدام طوب أسمنتى مفرغ ٢٥ سم	٢,٧٧
	٢	قطاع الحائط باستخدام طوب طفلى مفرغ ٢٥ سم	١,٦
	٣	قطاع الحائط باستخدام طوب ايكا مفرغ ٢٥ سم	١,١
تأثير إختلاف مادة التشطيب الخارجى للحائط	١	قطاع الحائط بإستخدام تكسية حجر رملى بسمك ٤ سم + طوب أسمنتى ٢٥ سم + محاره أسمنتية ٢ سم	٢,٦٣
	٢	قطاع الحائط بإستخدام بياض أسمنتى + طوب أسمنتى مفرغ + محارة أسمنتية ٢ سم	٢,٧٧
تأثير تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة	١	قطاع الحائط مكون من لياسة أسمنتية خارجية ٢ سم + ١٢ سم طوب ايكا مفرغ + ٢ سم بولستيرين مشكل بالباق + ١٢ سم طوب ايكا مفرغ + ٢ سم لياسة اسمنتية داخلية	٠,٥٨
	٢	قطاع الحائط مكون من لياسة أسمنتية خارجية ٢ سم + ١٢ سم طوب ايكا مفرغ + ٣ سم بولستيرين مشكل بالباق + ١٢ سم طوب ايكا مفرغ + ٢ سم لياسة أسمنتيه داخلية	٠,٤٦
	٣	قطاع الحائط مكون من لياسة اسمنتيه خارجية ٢ سم + ١٢ سم طوب ايكا مفرغ + ٥ سم بولستيرين مشكل بالباق + ١٢ سم طوب ايكا مفرغ + ٢ سم لياسة أسمنتية داخلية	٠,٣٣

تابع جدول (خ -١)

تأثير وجود أو عدم وجود الطبقة العازلة الطبقة العازلة للحرارة	١	محارة أسمنتية ٢ سم + طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + فراغ هوائى بسمك ٥ سم + طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + محارة أسمنتية داخلية ٢ سم	١,٠٢
	٢	محارة أسمنتية ٢ سم + طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + بولستارين مشكل بالبثق٥ سم+ طوب ليكا مفرغ ١٢ سم + محارة أسمنتية داخلية ٢ سم	٠,٣٣

٦ - أن تأثير الطبقة العازلة للحرارة على الأداء الحرارى للحائط كبير طبقا لسمك الطبقه العازلة للحرارة ، على سبيل المثال قيمة الانتقالية الحرارية للحائط المزدوج المستخدم فيه طبقة عازلة للحرارة من البولستيرين المشكل بالبثق بسمك ٥ سم تصل قيمتها الى حوالى ٥٠ % من قيمة الإنتقالية الحرارية عند إستخدام طبقة عازلة للحرارة بسمك ٣ سم من البولستيرين المشكل بالبثق لنفس الحائط السابق .

٧ - أن النوافذ تؤثر على الوسط الحرارى الداخلى من خلال (الإنتقال المباشر للإشعاع الشمسى من خلال مادة النوافذ - إنتقال الحرارة بالتوصيل بين البيئة الخارجية والبيئة الداخلية من خلال جسم الشباك - الإشعاع من السطح الزجاجى إلى الداخل) وبالتالى تعتبر النوافذ من أهم العناصر المسئولة عن إنتقال الحرارة إلى داخل الفراغات من خلال الغلاف الخارجى للمبنى.

٨ - أن تحسين كفاءة النوافذ المستخدمة فى المبانى السكنية يعمل على توفير الطاقة ويعمل على خلق بيئة مريحة حراريا وتشمل عملية تحسين كفاءة النوافذ مايلى :

أ - عزل الفراغات بين ألواح الزجاج مما يعمل على خفض قيمة الحرارة المنتقلة بالتوصيل

ب - إستخدام تكنولوجيا الإغشية الرقيقة وذلك لخفض كمية الحرارة المنتقلة بالإشعاع من الزجاج .

جـ- خفض غاز الأرجون أو الكربون فى الفراغات يؤدى إلى خفض كميات الحرارة المنتقلة بالحمل بين ألواح الزجاج.

د - تحسين نظم الإظلال الخارجى لكاسرات الشمس وهذا يساعد بدوره فى تقليل كمية الإشعاع الشمسى الذى ينفذ من خلال الزجاج إلى داخل الفرغات المعمارية .

٩ - أن أنواع الزجاج المختلفة ذات أهمية كبيرة فى ترشيد أستهلاك الطاقة فى المبانى السكنية ويتضح ذلك من خلال :-

أ - إستخدام الزجاج الصافى العادى ولكن معالجته بإستخدامه فى الواجهات التى يمكن التحكم فى وسائل إظلالها .

ب - إستخدام الزجاج الماص للحرارة من خلال تزجيج مزدوج (زجاج ماص للحرارة - زجاج صافى عادى) حيث أن التزجيج المزدوج يزيد من كفاءته ويصل الفارق الى حوالى ٤٥ % فى الإنتقال الحرارى .

جـ- إستخدام الزجاج العاكس للحرارة من خلال تزجيج مزدوج مضاعف مع فراغ هواء بين طبقتى الزجاج لحمايته لأنه ذو طبقات معدنية رقيقة جدا وهذه الطبقات تكون حساسة .

د - إستخدام زجاج فائق العزل الحرارى فى الحوائط الستائرية وفى الواجهات الغربية عندما لايكون هناك بديل آخر حيث يعتمد على الخصائص الضوئية للزجاج والغاز الموجود بداخله .

هـ- إستخدام الزجاج منخفض الإنبعاثية من أجل تقليل كمية الاشعاع كمية الإشعاع الحرارى المنبعث إلى داخل الفراغات المعمارية لأنه ذات إنبعاثية منخفضة وأطوال موجية طويلة .

و - إستخدام الزجاج الرمادى والملون يؤدى إلى زيادة الإشعاع الحرارى وبالتالى زيادة أحمال التبريد .

ز - فى إستخدام طبقات التزجيج (المفرد - المزدوج - الطباقية) فنجد أنه تقل درجة النفاذ الحرارى ويتحسن العزل كلما زاد إتساع فراغ الهواء .

١٠- من خلال تقييم الأداء الحرارى لأغلفة المبانى لبعض النماذج المعمارية المفترض وجودها بمدينة أسوان وذلك بإستخدام برنامج Passive3 CP3 والذى صمم بمعرفة مجموعة بركلى بالولايات المتحده للتنبأ بالأحمال الحرارية للمبانى السكنية فقد إتضح من التحليل النتائج التالية :

أ - الوحدات السكنية فى نسيج شريط أنسب حراريا من النماذج فى نسيج شبكى حيث إنخفضت درجة الحرارة حوالى ٦ س واتسعت فترة الراحة الحرارية بمقدار شهرين خلال فصل الصيف بالنسبة للوحدات فى نسيج شريطى .

ب – عزل السقف المعرض له تأثير كبير فى تقليل الفقد والكسب الحرارى خلال العام وكذلك يوفر حوالى ٤٥ % من الأحمال السنوية فى المنطقة الحارة .

جـ– يجب عند إختيار القطاع المقترح أن يفى بالحد الأدنى من المتطلبات الحرارية والذى حدده دليل مواد العزل الحرارى للمبانى فى مصر وهو لايتعدى ١,٠٠ وات/م٢.س للحوائط ، ٠,٨ للأسقف المعرضة وات / م٢ .س بالنسبة للمناطق الحرارة الجافة وذلك لخلق مناخ داخلى مناسب .

د – يعد إستخدام العزل الحرارى للمبانى ذو جدوى إقتصادية يمكن إسترجاعها فى فترة زمنية صغيرة وتقل هذه الفتره كلما إتجهنا جنوبا فى مصر .

هـ– التأكيد على إعادة تاهيل المنشآت السكنية عند إستخدام أجهزة التكييف وذلك بعزل الحوائط الخارجية والأسقف المعرضة وأيضا الأهتمام بتفاصيل الفتحات من حيث منع التسرب وتحسين كفاءة النوافذ .

المراجع

اولا : المراجع العربيه

١- أحمد هلال ،" البعد البيئى فى عمارة الصحراء ، حاله دراسيه توشكى "، جامعة أسيوط ،المؤتمر المعمارى الدولى الرابع ،" العماره والعمران على مشارف الألفيه الثالثه "، (مارس٣ ٢٠٠) .

٢-أحمد هلال "العزل الحرارى وترشيد الطاقه فى عمارة الصحراء " ، التنميه العمرانيه في المناطق الصحراويه ومشكلات البناء فيها ، الجزء الثانى العمارة فى الصحراء ، " مركز بحوث الإسكان والبناء .

٣ - أحمد هلال،" العماره فى الصحراء، الجزء الثانى "، ندوة التنمية العمرانيه فى المناطق الصحراويه ومشكلات البناء فيها ، مركز بحوث الإسكان والبناء، (٢٠٠٢م) .

٤- أسامه النحاس ، "عمارة الصحراء " ،مكتبة الأنجلو ، ١٩٨٧م.

٥- الدراسات البيومناخيه لإقليم توشكى وتقييم معدلات الأداء الحرارى لبعض النماذج المنفذه بالإقليم ، مركز بحوث الإسكان والبناء – التقرير الأول (يوليو ١٩٩٩م) .

٦-الدراسات البيومناخيه لإقليم توشكى وتقييم معدلات الأداء الحرارى لبعض النماذج المنفذه بالإقليم ، مركز بحوث الإسكان والبناء – التقرير الثانى(اكتوبر١٩٩٩م) .

٧-الكود المصرى "لأسس تصميم واشتراطات تنفيذ أعمال المبانى" ٢٠٠٣ ، مركز بحوث الإسكان والبناء،٢٠٠٣ م .

٨-اللجنه الدائمه لإعداد الكود المصرى لأسس تصميم واشتراطات تنفيذ أعمال المبانى "الكود المصرى لبنود أعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥ م.

٩-المصريه لصناعة البيرلايت والفورموكوليت " البيرلايت الانشائى " .

١٠-الهيئه المصريه العامه للمواصفات والجوده ،" البيرلايت المائب المستخدم فى العزل" ،المواصفات القياسيه المصريه ، ٢٠٠٦م.

١١-الهيئه المصريه العامه للمواصفات والجوده ، " المواصفات القياسيه الخاصه بمواد العزل الحرارى الصوف الزجاجي ومنتجاته "، المواصفات القياسيه المصريه ٢٠٠٦ م

١٢-الهيئه المصريه العامه للمواصفات والجوده ، "قوالب وألواح الصوف المعدنى العازل للحراره "، المواصفات القياسيه المصريه ٢٠٠٦ م .

١٣-الهيئه المصريه العامة للمواصفات والجودة ، " مواد العزل الحرارى من الصوف الصخرى ومنتجاته ،الجزء الأول : المتطلبات "، المواصفات القياسيه المصريه ٢٠٠٦م .

١٤- بهاء الدين بكرى ، ابراهيم ابوسنه ، " البيئه الحراريه " ، المكتب العربى للتصميمات والاستشارات الهندسيه ، الاداره العامه للبحوث ، ١٩٨٦ م.

١٥- أ. د . جورج باسيلى حنا " دراسه مقارنه بين البولسترين الممدد والبولسترين المشكل بالبثق " ، قسم طبيعة المنشآت والعوامل البيئية المحيطة ، مركز بحوث الإسكان والبناء .

١٦- جهاز تخطيط الطاقه فى مصر " الطاقه فى مصر " ، (القاهره : جهاز تخطيط الطاقه) ، ١٩٩٦م

١٧- جهاز تخطيط الطاقه، " دليل العماره والطاقه "، ١٩٩٨م.

١٨- حسن فتحى " الطاقات الطبيعيه والعماره التقليديه "،المؤسسه العربيه للدراسات والنشر ،بيروت، ١٩٨٨م .

١٩-أ.د/ سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف ، " العناصر المناخيه والتصميم المعمارى "، جامعة الملك سعود، النشر العلمى والمطابع، ١٩٩٤م .

٢٠- شركة إدفى كيمز " تعيين الخواص الفيزو حراريه للبولسترين المشكل بالبثق والتمدد " (شركة انظمة الهندسه الكيمياويه المتطوره)، مركز بحوث الإسكان والبناء .

٢١- شفق العوضى الوكيل ، محمد عبدالله سراج ، " المناخ وعمارة المناطق الحاره " الطوبجى للطباعه ،دار الكتب القوميه ،(١٩٨٥ م) .

٢٢- م/ رامى ديبه " الدراسات التحليليه المعماريه " دار قابس للطبع والنشر والتوزيع ، بيروت ، لبنان ، ٢٠٠٢م .

٢٣- على رأفت ، " ثلاثية الابداع المعمارى "، الإبداع المادى فى العماره ن مركز ابحاث اتركونسلت للنشر ،١٩٩٦ م .

٢٤- محمد بدرالدين الخولى ،" المؤثرات المناخيه والعماره العربيه "، دار المعارف ،(١٩٧٦ م) .

٢٥- محمد حماد ، محمد فتحى سالم " التشجير المعمارى "، القاهره، ١٩٧١ م .

٢٦-مركز بحوث الإسكان والبناء ،" دليل مواد العزل الحرارى للمبانى "،الجمعيه الملكيه الأردنيه ، تقرير نهائى(سبتمبر ١٩٩١م) .

٢٧ - مركز بحوث الإسكان والبناء ،محمد محمود عبد الرازق " المواد العازلـه للحـراره " نـدوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل .

٢٨-محمد محمود عبد الرازق وآخرون ، "الدراسات البيومناخيه لإقليم توشكى وتقييم معدلات الأداء الحرارى لبعض النماذج المنفذه بالإقليم ،دراسه حقليه "، جامعة اسيوط ، كلية الهندسة ، قسم الهندسه المعماريه ،المؤتمر المعمارى الدولى الرابع ،" العماره والعمران على مشارف الألفيه الثالثه "، (مارس ٢٠٠٠ م).

٢٩-محمد محمود عبد الرازق ،" اقتصاديات استخدام المواد العازله للحراره فى المبانى "، المؤتمر الثانى لتنمية الريف المصرى، مركز بحوث الإسكان والبناء ، ١٩٩٩ م.

٣٠- مركز بحوث الإسكان والبناء، " نموذج بناء فعال "، التقرير الأول ، ٢٠٠٠ م.

٣١-أ.د/ هشام ابو سعدة ،م/ بدر عبد العزيز بدر ،" مهنة عمارة البيئة" ، دار العالم العربى للطباعه ،٢٠٠٢ م.

الرسائل العلميه :

اولا رسائل الدكتوراه

٣٢- سوزيت ميشيل عزيز "تقييم السلوك الحرارى كاداة لتصميم التجمعات السكنيه فى مصر" رسالة دكتوراة ، كلية الهندسة ، جامعة القاهره ١٩٨٩ .

٣٣- سيد عبد الخالق السيد ، " كفاءة استهلاك الطاقه بفتحات المبانى نموذج لترشيد الطاقه للنوافذ فى المبانى فى مصر "، رسالة دكتوراه ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٤ .

٣٤ – عمرو عبد المنعم جيره " تقييم الأداء الحرارى للمبانى التعليميه فى مصر " رسالة دكتوراه ، كلية الهندسه – جامعة عين شمس ،٢٠٠٢ .

ثانيا رسائل الماجيستير

٣٥- احمد صبحى عبد المنعم ، " كود الطاقه وعلاقته بالغلاف الخارجى للمبنى بين النظريه والتطبيق مع ذكر خاص لكود الطاقه المصرى " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٥م.

٣٦- امانى مختار عبد القادر ، " الشبابيك وتاثيرها على البيئه الداخليه للمبانى " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة المنصوره ، ٢٠٠٦م .

٣٧- ايهاب محمد عبد المجيد الشاذلى ، " الطاقه الشمسيه كمدخل للتحكم فى البيئه الداخليه للمنزل" رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ١٩٨٥م .

٣٨- رشا محمد عبد العال " تاثير تكنولوجيا البناء المستخدمه فى الغلاف الخارجى علـى ترشـيد الطاقه فى المبانى " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٢.

٣٩- رماح ابراهيم محمد سالم :" تصميم الفراغات العمرانيه فى المناطق الحاره " ١٩٨٤،رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ١٩٨٤ م .

٤٠- محمد عبد الفتاح احمد العيسوى ، " تاثير تصميم الغلاف الخارجى للمبنى على الاكتساب الحرارى والراحه الحراريه للمستعملين منهج لعملية التصميم البيئى للغلاف الخارجى للمبانى " رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ،جامعة القاهره ، ٢٠٠٣ م .

٤١- منى عوض الوزير ، " تاثير تقنيات البناءالحديثه للحوائط الستائريه على ترشيد استهلاك الطاقه بالمبانى فى مصر " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة المنصوره ،٢٠٠٤م .

٤٢- مها بكرى عليوه ، " تاثير المناخ على تصميم الغلاف الخارجى للمبنى "، رسالة ماجيستير، جامعة القاهره ،كلية الهندسه ، ١٩٨٩م .

٤٣- هشام عبد الغفاربدير " الأداء الحرارى لأسطح المبانى السكنيه فى المناطق الحاره الجافه" رسالة ماجيستير، كلية الهندسه ، جامعة المنصوره ،٢٠٠٢م .

٤٤- هيناراًبو المجد احمد ، " تصميم الفراغات العمرانيه لتحقيق الراحه الحراريه باستخدام التقنيات الحديثه للتحكم المناخى "، رسالة ماجيستير، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٤م .

٤٥- طارق وفيق محمد،" المناخ والتشكيل المعمارى " ، رسالة ماجيستير ، كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ١٩٨٩ م .

٤٦- نادر محمدغريب " التصميم البيئى ، اثر المناخ الصحراوى على مفردات غلاف المبنى حالة الدراسة ، المسكن فى منطقة توشكى "، رسالة ماجيستير ،جامعة الاسكندريه ،كلية الهندسه ، يونيو ٢٠٠٤ م .

٤٧- وفاء محمد عبد المنعم عامر ، " تاثير الظروف البيئيه على تصميم الفتحات الخارجيه للمبانى " رسالة ماجيستير ، جامعة القاهره ، كلية الهندسه ، ١٩٨٣م

المجلات والدوريات :

٤٨-مجلة المهندس – المجلد ٨ العدد ٢ ، رمضان ١٤١٥ هـ

٤٩- مجلة المهندس- المجلد ٢ العدد ١ صفر ، ١٤٠٩ هـ

٥٠- مجلة عالم البناء ، العدد ٢١٤السنة١٩٩٩ م .

ثانيا: المراجع الاجنبيه :

51 –ASHRAE" Fenesstration energy" ASHRAE fundamentats coed , New York ,(1997).

52-Ashrea "Handbook Fundamntals",AmericanSociety of Heating Refrigerating And Air Conditioning , Engineers (1997).

53- Beer Anee . R" Environment planning for site development", Claysltd Dress,England, (1990).

54-B. Giovoni , " Climate considraration in building and urban design " van nostrad Rainhond, (1998)

55-B.givoni ," Man Climate and architecture ", second edition,applied science publishers, Ltd(1981) .

56- MM. Abd El-Razek," Heat Insulation And Indoor Climate Control in Arid Area",Tosk Region,Iproplan,conf(2002)
57- MM.Abd-Razik,"ventilated buildings in Egypt" ,M .sc.Fac . of sci cairo Uni . (1984)
58 - M.M. AbdEL-Razek, "Atlas of Arabe world" energy Efficient and Environmentally Compatible Civiel Infrastracture System, August 27-29, 2008 Irvine, CA, USA.
59- Micheal J. crosbie , " Green architecture " The American Institute of architects press , Washington , D.C1994 .
60- R.M.E.Diamant, " Thermal and Acoustic Insulation" Msc,DipChemE,MinstE,ceng, Butter worths1979 .,
61-stephen J.Harrison Ph.D.,P.E., simon J.van Wonderen P.E , "Evaluation of solar heat gain coefficient for solar – control glazing and shading devices " Ashrea Transactions , part 1 B , 1998 .
62-.Stien B and Reynolds, J.S ," Mechanical and electrical , equipment for buildings " Jhon Willey and sons , inc , ninth , 2000
63-Timothy E.johnson" Low- E Glazing Design guide ". department of Architecture Massachusetts institute of Technology, Butter worth Architecture ,1979.
64-T. Markous,E.Morris " Building, climate and Energy", Pitman Publishing limited. London (1980) .
65-watson , D" climate Design,:Energy- Efficient building principles and Practices," New York- Hill Book Company(1983) .

ملحق (١)

خصائص مواد العزل الحرارى

يتوقف إختيار أى مادة عازلة على معرفة خصائصها المختلفة المتمثلة فـــى الخـــصائص الحرارية والميكانيكية ، وخاصية الإمتصاص ، وخاصية الأمان والصحة والخصائص الصوتية.

ويمكن توضيح هذه الخصائص فيمايلى :

الخصائص الحرارية

عام

تنتقل الحرارة بثلاث طرق هى التوصيل والحمل والإشعاع ولمعرفة كيفية إنتقال الحرارة فى المواد العازلة للحرارة لابد من التعرف على الخصائص الفيزيائية للمواد العازلة للحـــرارة وأيضا المواد الانشائية التى تعمل مع نظام العزل الحرارى واهم هذه الخصائص هى :

الخصائص الفيزو حرارية للمواد

الموصلية الحرارية

هى مقدار الطاقة الحرارية المارة عموديا خلال وحدة مساحة من سطح وسط مادى تخانته وحدة الأطول وذلك بفعل فرق فى درجة الحرارة بين سطحيه مقداره درجة مئوية واحدة ووحدة قياسها وات /م س.[١]

وتقاس بمعامل التوصيل الحرارى ، وكلما قل معامل التوصيل دل ذلك على زيادة مقاومة المادة لإنتقال الحرارة أما المواد العاكسة فتعتبر فعالة فى العزل الحرارى كلما كانت لها قـــدرة عالية على رد الإشعاعات والموجات الحرارية ، وكلما زاد لمعان المادة وصـــقلها كلمـــا زادت قدرتها على العزل .

وكل مادة من مواد العزل الحرارى لها معامل توصيل حـــرارى معـــين ، وكلمـــا زادت مقاومة المادة لتسرب الحرارة كلما زادت كفاءتها وأعطت نتائج أفضل فـــى العـــزل ويوضـــح الجدول (م١-١) التوصيل الحرارى لبعض المواد العازله وسماكتها[٢]

---

١ - مركز بحوث الإسكان والبناء ،محمد محمود عبد الرازق " المواد العازله للحراره " ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل.

٢ - بالقيم عبد المحسن بن سليمان ،"الحاجه لاستعمال العوازل الحراريه فى المملكه العربيه السعوديه" ، مجلة المهندس المجلـد الثانى ، العدد ١ ، صفر ١٤٠٦ هـــ .

جدول (م-١) التوصيل الحرارى لبعض المواد العازله وسماكتها[١]

الماده العازله	التوصيل الحرارى وات/م كلفن	السمك (مليمتر)
البوليورثين	٠,٠٢٣	٥٠
بولستربن (مبثوق)	٠,٠٣٢	٧٠
بيرلايت	٠,٠٣٢	١١٠
سليكات الكالسيوم	٠,٠٦	١٣٢
الزجاج الخلوى	٠,٠٦	١٣٢
الجبس	٠,١٦	٣٥٢

المقاومة الحرارية

يطلق مصطلح المقاومة الحرارية على خاصية منع إنتقال الحرارة من خلال مـادة ذات تخانة محددة ويرمز لها بالرمز R وتعرف على أنها حاصل قسمة التخانـة علـى الموصـلية الحرارية[٢].

$$R = d / k$$

حيث :

d = التخانة بالمتر

k = الموصليه الحرارية

ووحدة قياس المقاومة هى م . س / وات[٣]

المقاومة الحرارية للحوائط المركبة

تتكون العناصر الإنشائية فى المبانى كالجدران والأسقف والأرضيات من عـدة طبقـات متوازية من مواد مختلفة الخصائص والتخانات ويمكن إيجاد المقاومة الحرارية الكلية للعنـصر الإنشائى المركب من جمع جميع المقاومات الحرارية لكل طبقه جمع جبرى عادى[٤].

١- بالغنيم عبد المحسن بن سليمان ،"الحاجه لاستعمال العوازل الحراريه فى المملكه العربيه السعوديه" ، مجلة المهندس المجلد الثانى ، العدد ١ ، صفر ١٤٠٩ هـ .

٢- مركز بحوث الاسكان والبناء ،محمد محمود عبد الرازق " المواد العازله للحراره " ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل.

٣- اللجنه الدائمه لاعداد الكود المصرى لأسس تصميم واشتراطات تنفيذ أعمال المبانى "الكود المصرى لبنـود أعمـال العـزل الحرارى" ٢٠٠٥ م.

٤- مركز بحوث الاسكان والبناء ،محمد محمود عبد الرازق " المواد العازله للحراره " ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل.

جدول (م١-٢) الخواص الحرارية للمواد العازلة للحرارة[١]

م	المادة	الكثافة (كجم /م٣)	الموصليةالحرارية (وات /م . ºس)
١	**منتجات البولسترين**		
	ألواح بولسترين مبثوق	٢٨-٤٠	٠,٠٢٧-٠,٠٣٣
	ألواح بولسترين ممدد	١٥-٤٠	٠,٠٣ -٠,٠٣٧
	حبيبات بولسترين	١٥	٠,٠٤٥
٢	**منتجات الصوف الزجاجى**		
	لباد	أقل من ٣٢	٠,٠٤٥
	ألواح شبه جاسئة	أكبر من ٧٢	٠,٠٤٥ -٠,٠٥
	ألياف سائبة	١٣٠	٠,٠٤٣
٣	**منتجات الصوف الصخرى**		
	أعطية	١٣٠	٠,٠٤٣
	لباد	٧٠	٠,٠٤٩
	ألواح	١٠٠-٣٥٠	٠,٠٤٣-٠,٠٥٥
	ألياف سائبة	١٥٠	٠,٠٤٤
٤	**منتجات البولى يوريثان**		
	ألواح	٣٠-٤٠	٠,٠٢-٠,٠٢٧
	بولى يوريثان منفذ بالرش	٣٠	٠,٠٢٧
٥	**المون والخرسانات العازلة**		
	بيرلايت سائب	٣٢-١٧٦	٠,٠٣٩ -٠,٠٦
	مونة البيرلايت	٤٠٠-٦١٠	٠,٠٧٩-٠,١١
	مونة الأسمنت الرغوى	٤٠٠ -٨٨٠	٠,١-٠,٢٥
	مونة حبيبات الفرم	٦٠٠-١٠٠٠	٠,١١-٠,١٩
	الميلتون	٤٨٠	٠,١٧
	فيرميكوليت سائب	١٠٠	
	مونة فيرميكوليت	٤٨٠ -٩٦٠	٠,١٣٥-٠,٣٠٣

$$R_t = R_{so} + \sum d_i \backslash k_i + R_{si}$$

حيث :

---

١ - اللجنه الدائمه لاعداد الكود المصرى لاسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنود اعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥ م.

R_{so} = المقاومة الحرارية للسطح الخارجى (م٢ س / وات)

R_{si} = المقاومة الحرارية للسطح الداخلى (م٢ س / وات)

d_i = تخانة العنصر رقم i (م)

k_i = الموصلية الحرارية للعنصر i (وات / م س)

R_t = المقاومة الحرارية الكلية (م٢س / وات)

الانتقالية الحرارية للعناصر[١]

تعرف بأنها المواصلة الحرارية الكلية لأى عنصر (من الهواء الى الهواء) وهى من القيم الاساسية فى الحسابات الحرارية ، ويرمز لها بالرمز (U) . ويمكن حساب الإنتقالية الحرارية تساوى .

$$U = 1 / R_{Tot}$$

حيث :

U = الانتقالية الحرارية (وات / م٢س)

R_{Tot} = المقاومة الحرارية الكلية من الهواء الى الهواء (م٢س / وات)

الانتقالية الحرارية للعناصرغير المتجانسة[٢]

فى بعض العناصر الإنشائية لاتكون الطبقات المتتالية مستمرة بالإنتظام ذاته مثال على ذلك الطوب المفرغ ففى هذه الحالة لايمكن حساب قيمة الإنتقالية الحرارية لمثل هذه العناصر بإيجاد معكوس المقاومة الحرارية الكلية للعنصر ، لأن هذه المقاومة تختلف من جزء إلى آخر وللتغلب على هذه المشكلة يمكن تقسيم أى عنصر من هذه العناصر إلى عدة أقسام متجانسة التركيب، وتحسب الإنتقالية لكل قسم من هذه الأقسام على حده وتحسب مساحته السطحية . ومن ثم يمكن حساب الإنتقالية الحرارية الكلية للعنصر بتطبيق المعادلة التالية :

$$U = \sum_{i=1}^{n} \{U_i \, A_i\} / A$$

U = الإنتقالية الحرارية للعنصر غير المتجانس التركيب

Ui = الإنتقالية الحرارية للقسم (i)

Ai = المساحة السطحية للقسم (i)

---

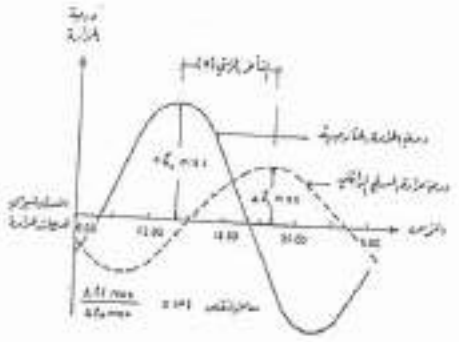
١ – مركز بحوث الاسكان والبناء محمد محمود عبد الرازق " المواد العازلة للحراره " ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل

٢ – المرجع السابق

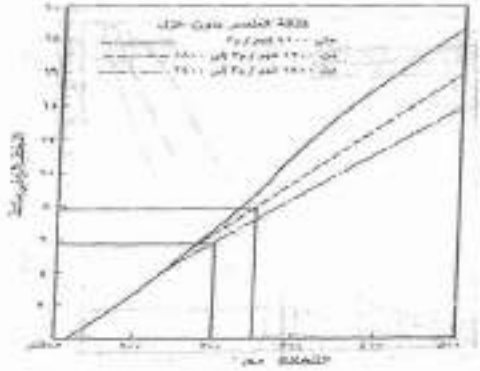
A = المساحة السطحية الكلية للعنصر غير متجانس التركيب

التخلف الزمنى ومعامل النقص

تخلق التغيرات المناخية حالة من عدم الثبات فالتغير اليومى لدرجات الحرارة يحدث فى دورة متكررة مداها ٢٤ ساعة. ففى فصل الصيف تتدفق الحرارة من الخارج إلى الداخل حيث يختزن جزء منها، وفى ساعات الليل الباردة ينعكس هذا الاتجاه اذ يصبح التدفق الحرارى من الداخل الى الخارج وحيث ان هذه الدورة متكررة يوميا فاءنها تسمى بالتدفق الحرارى والدورى ويبين الشكل (م١ -١) التغيرات اليومية لدرجات الحرارة الداخلية والخارجية[١].



شكل (م١-١) التغيرات اليومية لدرجات الحرارة الداخلية والخارجية[٢]



شكل (م١-٢) العلاقة بين التخلف الزمنى وتخانة الحوائط او الاسقف لمنشآت ذات كثافات مختلفة وبدون عزل حرارى[٢]

١ - مركز بحوث الاسكان والبناء محمد محمود عبد الرازق " المواد العازله للحراره " ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل

٢ - اللجنه الدائمه لاعداد الكود المصرى لاسس تصميم واشتراطات تنفيذ اعمال المبانى "الكود المصرى لبنود اعمال العزل الحرارى" ٢٠٠٥ م.

الخصائص الميكانيكية

بعض المواد العازلة لها قدرة على التحميل ، ولهذا يمكن إستخدامها للمساهمة فى دعم وتحميل المبنى بالإضافة إلى هدفها الأساسى وهو العزل الحرارى ، لذا يؤخذ فى الإعتبار قوة تحمل الضغط والشد والقص [١].

الإمتصاص

يقلل وجود الماء فى المادة العازلة من قيمة العزل الحرارى ومقاومتها الحرارية (نسبة للتوصيل الحرارى للماء) ، كما يؤدى إلى إتلاف المادة العازلة بسرعة . كما أن تاثير الرطوبة على المادة يعتمد على خصائص المادة من حيث قدرتها على الامتصاص والنفاذ ، كما يعتمد على عوامل المناخ المحيط بالمبنى مثل الرطوبة . ويقاس مدى تاثر المادة بالرطوبة بقدرتها على الإمتصاص والنفاذية[١].

الامان والصحة

بعض المواد العازلة لها خصائص يمكن أن تعرض الإنسان للخطر سواء أثناء التخزين أو النقل أو التركيب أو حتى خلال فترة الإستعمال ، حيث يمكن أن تسبب عاهات فى جسم الإنسان دائمة او مؤقتة كالجروح والتسمم والالتهاب الرئوى او الحساسية فى الجلد والعيون وهذا يستلزم التعرف على التركيب الكيميائى للمادة العازلة وصفاتها الأخرى من قابليتها للإحتراق والتسامى .

الخصائص الصوتية

تستخدم بعض المواد العازلة لتلبية بعض الإحتياجات الصوتية مثل إمتصاص الصوت أو تشتيته وإمتصاص الإهتزازات . لذلك فمن المهم معرفة خصائص المواد المرتبطة بهذا الجانب بحيث يمكن تحقيق هدفين باستخدام مادة واحدة فى العزل الحرارى والصوتى .

---

١ - مركز بحوث الاسكان والبناء "محمد محمود عبد الرازق " المواد العازله الحراره " ندوة الاساليب المتطوره فى اعمال العزل.

ملحق (٢)

الراحة الحرارية والعوامل المؤثرة عليها

إن جسم الانسان يستطيع أن يكون فى حالة إتزان حرارى مع المناخ المحيط به ولكن بشىء من الاجهاد لبعض عناصر جهاز تنظيم الحرارة ، مثل الإرتفاع الملموس فى نبضات القلب التى تؤدى إلى زيادة فى سرعة جريان الدم أو إلى إفراز كميات كبيرة من العرق فى حالة المناخ الحار وذلك لأن الاتزان الحرارى ضرورى لحياة الإنسان ولكنه وحده ليس كافيا لتحقيق الراحة الحرارية[١].

تعريف الراحة الحرارية

هناك مجموعة من التعريفات للراحة الحرارية حيث عرفها واطسون[٢] " على أنها حالة عقلية للإنسان يشعرمن خلالها بالراحة والرضا من الظروف البيئية المحيطة به " وهناك تعريفات أخرى من قبل الباحثين (ماركوس[٣] ، اولجاى) " وهى أن الراحة الحرارية أو التعادل الحرارى هى حاله لايشعرمعها بأى خلل فى البيئة الحرارية من سوء توزيع للإشعاع الشمسى أو سوء مرور التيارات الهوائية السريعة أو الشعور بالبرد أو الحر الى آخره من الظواهر الطبيعية المتغيرة التى تؤثر على الإنسان " وتتوقف الراحة الحرارية أيضا على طريقة وسرعة إكتساب أو فقد الجسم للحرارة من وإلى الوسط المحيط . ولايتطلب الإبقاء على الراحة الحرارية ضرورة المحافظة على الظروف الحرارية عند مستوى محدد دائما لأن الانظمة المنظمة للحرارة Thermoregulatory لها القدرة على تحقيق الراحة خلال مدى معلوم من الظروف[٤] .

* ولايجب الخلط بين الراحة الحرارية والاتزان الحرارى Thermal Balances حيث تحقيق هذا الاتزان الحرارى والذى يمثل أمرا حيويا بالنسبة للراحة فى ظل الظروف الغير مريحة من خلال أنشطة الآليات المنظمة للحرارة .

١- أ.د/ سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف ، " العناصر المناخيه والتصميم المعمارى " ، جامعة الملك سعود، النشر العلمى والمطابع، ١٩٩٤م .

٢ - D, watson " climate Design,:Energy- Efficient building principles and Practices," New York- Hill Book Company(1983).

٣ - Markous, T,.Morris, E " Building, climate and Energy", Pitman Publishing limited. London (1980).

٤- ابو المجد احمد خليفه ، هيثار ، " تصميم الفراغات المعماريه لتحقيق الراحه الحراريه باستخدام التقنيات الحديثه للتحكم المناخى"، رسالة ماجيستير،كلية الهندسه ، جامعة القاهره ، ٢٠٠٤م .

معادلة الراحة الحرارية[١]

قامت العديد من الدراسات النظرية والتجارب العلمية والعملية وتوصلت الى نتائج مهمة فى هذا المجال .حيث تنقسم المتغيرات التى لها إرتباط وثيق بالراحة الحرارية إلـى قـسمين رئيسيين.

القسم الاول ويشمل العناصر التى لها علاقة بالشخص وهى :

(أ) كفاءة العزل الحرارى للملابس التى يرتديها.
(ب) نوع النشاط الذى يقوم به .

القسم الثانى ويشمل العناصر المناخية وهى :

(ج) درجة حرارة الهواء .
(د) سرعة الهواء .
(هـ) ضغط بخار الماء فى الهواء المحيط بالانسان .
(و) متوسط درجة الحرارة الإشعاعية للأسطح الداخلية التى تحدد الفراغ .

وتستند هذه النظرية على أنه لايمكن تحقيق الراحة الحرارية إلا بتفاعل هـذه العناصـر الستة مع بعضها البعض ولايمكن الأخذ فى الاعتبار أى عنصر من العناصر المذكورة أعـلاه بمفرده ، أو بمعزل عن العناصر الاخرى .

وقد توصلت هذه النظرية التى قام بها فانقر من خلال تجاربه أن درجـة حـرارة جلـد الانسان ومعدل إفرازه للعرق لهما علاقة وثيقه جدا بمدى إحساسه بـالحرارة وبمـا أن هـذين العنصرين لهما علاقة قوية بنوعية النشاط الذى يمارسه الشخص فقد صارت هذه العلاقة اساسية من اجل تحقيق الراحة الحرارية . وكذلك أثبتت الدراسة أن معدل إنتاج الطاقة الحرارية بواسطة جسم الانسان نتيجة التفاعل الحيوى له دلالته الواضحة على مدى إحساسه بالراحة الحرارية .

ومن هذا المنطلق فقد إفترض (فانقر) أن الشخص إذا تعرض لمناخ معتدل ولفترة طويلة، يكون بمقدور جهاز تنظيم الحرارة الموجود داخل الجسم إيجاد الاتزان الحرارى المطلوب والذى يضمن ثبات درجة حرارة الأنسجة الداخلية.

---

١ – أ.د/ سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف ، " العناصر المناخيه والتصميم المعمارى "، جامعة الملك سعود، النشر العلمى والمطابع، ١٩٩٤م .

وهذا يعنى أن كمية الحرارة التى ينتجها الجسم تعادل كمية الحرارة التى يفقدها إلى المناخ المحيط. ويمكن تعريف ذلك بمعادلة الاتزان الحرارى كالاتى[١]:

$$H- E_d-E_{sw}-E_{re}-L =k= R+c \qquad kcal/hr$$

H = الحرارة التى ينتجها جسم الإنسان (كجم كالورى/ساعة)

E_d = الحرارة المفقودة نتيجة تبخر ذرات الماء بالقرب من الجسم (كجم كالورى/ساعة)

E_{sw} = الحرارة المفقودة نتجة لتبخر العرق من سطح الجسم (كجم كالورى/ساعة)

L = الحرارة المفقودة نتيجة عملية التنفس (كجم كالورى/ساعة)

K = تدفق الحرارة من جسم الإنسان إلى السطح الخارجى للملابس بواسطة التوصيل (كجم كالورى/ساعة)

R = الحرارة المفقودة بواسطة الأشعة ذات الموجات الطويلة من السطح الخارجى للملابس، ومن ثم إلى المناخ المحيط (كجم كالورى / ساعة)

C = الحرارة المفقودة بواسطة تيارات الهواء من السطح الخارجى للملابس إلى الهواء المحيط (كجم كالورى / ساعة)

طرق التقييم المناخى[٢]

تعددت طرق التقييم المناخى لتحديد مجال الراحة الحرارية للإنسان وتمثيلها بيانيا ، ومن أهم الطرق العالمية للتقييم المناخى :

١ - خريطة الراحة الحرارية لأوليجاى (Olgay) .

٢ - الخريطة السيكومترية (Psychiometric Chart) لجيفونى (Givoni)

٣ - طريقة قياس درجة الحرارة المؤثرة (Effective Temperature ET)

٤ - طريقة معامل الراحة الحرارية (Calidiy Factor).

٥ - طريقة الدرجة / يوم – للتدفئة والتبريد

٦ - طريقة ايفانز (Evans)

٧ - طريقة واتسون(Watson)

٨ - جداول ماهونى للمعالجة المناخية (Mahoney)

---

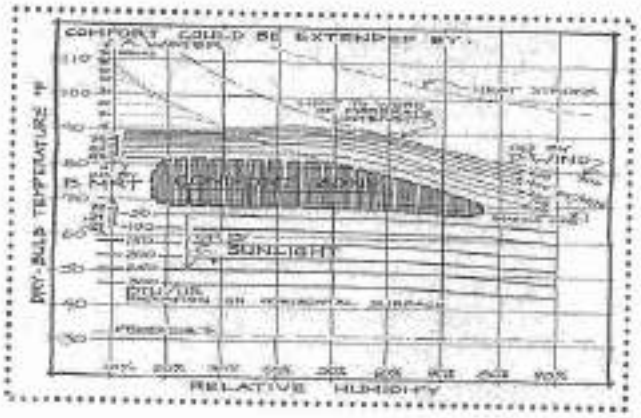
١ - أ.د/ سعيد عبد الرحيم سعيد بن عوف " العناصر المناخيه والتصميم المعمارى " جامعة الملك سعود ،النشر العلمى والمطابع، ١٩٩٤م .

٢ - جهاز تخطيط الطاقه، " دليل العماره والطاقه"، (يوليو ١٩٩٨) م.

وتكتفى هنا فقط بتوضيح طريقة التقييم بإستخدام خريطة الراحة الحرارية لأوليجاى والخريطة السيكرومترية.

خريطة الراحة الحرارية لفيكتور أوليجاى

وتعتمد هذه الطريقة على تمثيل منطقة الراحة الحرارية على خريطه بيانية بمعلومية كل من درجة الحرارة الجافه للهواء ، والرطوبة النسبية وتقع هذه المنطقة بين درجتى حرارة جافة (١٢-٢٧ س) ورطوبة نسبية (٢٠- ٧٠ %) ويفرض عند التمثيل البيانى لمنطقة الراحة الحرارية على الخريطة ، أن يكون الهواء ساكنا ، ولا يتعرض الجسم لأشعة الشمس المباشرة ، ومع حدوث حركه للهواء أو التعرض لأشعة حرارية أو تعديل رطوبة الهواء ، يتسع مجال منطقة الراحة على الخريطة ، حيث يتسع جهة أعلى اليمين مع حركة الهواء ، ولاعلى اليسار مع ترطيب الهواء، ولأسفل مع وجود إشعاع شمسى أو حرارى مباشر وتختلف مسافة إتساع منطقة الراحة لقيمة كل مؤثر إضافى .



شكل (م٢-١) : يوضح خريطة الراحة الحرارية لأولجاى والتى وضعها عام ١٩٦٣[1]

ويوضح الشكل كيفية معالجة عنصر مناخى يصعب التحكم فيه ، بواسطة التحكم فى عنصر آخر. فعند وقوع النقطة الممثلة لدرجة الحرارة الجافه للهواء والرطوبة النسبية أعلى منطقة الراحة، يمكن تحقيق الراحة الحرارية بتحريك الهواء بسرعة يمكن تحديد قيمتها من الخطوط الموازية للحد العلوى لمنطقة الراحة الحرارية على الخريطة .

وعند وقوع النقاط الممثلة للمناخ فى المجال البارد أسفل منطقة الراحة ، يمكن تحقيق الراحة عن طريق السماح بتواجد إشعاع يتم تحديد قيمته من الخطوط الموازية للحد السفلى لمنطقة الراحة الحرارية.

---

١ - جهاز تخطيط الطاقه ،" دليل العماره والطاقه "، (يوليو١٩٩٨م) .

وبالمثل يمكن تحقيق الراحة الحرارية بترطيب الهواء ، وعند وقوع النقاط الممثلة للمناخ فى المجال الحار الجاف على خريطة الراحة. كما تظهر فى خريطة الراحة حدود تأثير وسائل التحكم المناخي المختلفة لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة ويمكن إعتبار حدود تأثير وسائل التحكم المناخي ، إمتداد لمنطقة الراحة الحرارية عند تنفيذ تلك الوسائل كل منها داخل مجال تأثيره على الراحة الحرارية – وعادة ما تكون تلك الوسائل سلبية مثل التهوية أو الترطيب أو التخزين الحراري أو التدفئة بالإشعاع . أما خارج هذه الحدود فيجب إستخدام وسائل ميكانيكية سواء للتبريد أو التدفئة أو ترطيب أو تجفيف الهواء[١].

الخريطة السيكرومترية

توضح الخريطة السيكرومترية لجيفونى (Givoni) العلاقة بين درجة الحرارة الجافة ودرجة الحرارة الرطبة للهواء ودرجة الحرارة المؤثرة ، وذلك عندما تتساوى درجة الحرارة الجافة مع متوسط درجة حرارة الإشعاع . ويمكن تمثيل منطقة الراحة الحرارية على الخريطة السيكرومترية الموضحة بالشكل بمعلومية كل من درجة الحرارة الجافه للهواء والتى يجب الا تقل عن ٢٠ س ودرجة حرارة مؤثرة (ET) لا تزيد عن ٢٥,٦ س . كما يجب ألا تزيد الرطوبة النسبية عن ٨٠% وألايقل ضغط البخار عن ٦,٥ ملليبار (mb) وتعادل تقريبا رطوبة نسبية قدرها ٢٥ % فى هذه المنطقة .

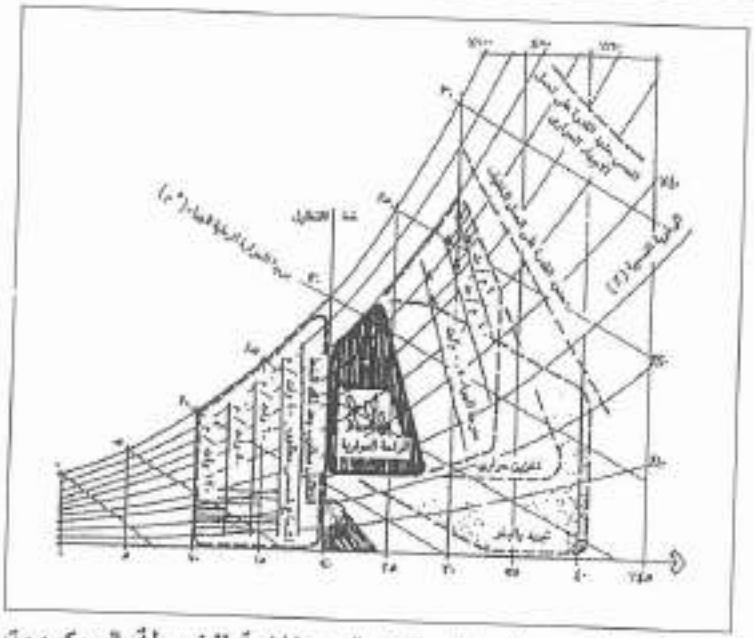
كما يوضح الشكل (١-١٢) المجالات البيوميناخية للخريطه السيكرومترية ، ووسائل التحكم المناخى المناسبة لكل جزء منها سواء كان ذلك سلبيا أو ميكانيكيا بهدف الوصول إلى مجال الراحة الحرارية المطلوبة .

ويلاحظ التشابه بين الخريطة السيكرومترية وخريطة أوليجاى من حيث تماثل العوامل المناخية المحددة للتقييم المناخى على الخريطتين (درجة الحرارة الجافة للهواء والرطوبة النسبية) كما تتشابة مناطق المجالات البيوميناخية بالنسبة لمنطقة الراحة وتتشابه ايضا وسائل التحكم الشمسى) . ويظهر الإختلاف فقط فى وضع وشكل التمثيل البيانى للعوامل المناخية[٢].

---

١ – جهاز تخطيط الطاقة، "دليل المعمارى والطاقة" (يوليو ١٩٩٨م) .

٢ – المرجع السابق



شكل (م٢-٢) : يوضح المجالات البيومناخية للخريطة السيكرومترية

العوامل المؤثره على الشعور بالراحة الحرارية[1]

عوامل ترجع للبيئة الخارجية

١ - درجة حرارة الهواء .

٢ - الرطوبة النسبية.

٣ - حركة الهواء .

٤ - الإشعاع .

تأثير درجة حرارة الهواء على الراحة الحرارية :

تعتبر درجة حرارة الهواء أهم عامل فى تحقيق الراحة الحرارية فإذا كانت أعلى من درجة حرارة البشرة فإن الحرارة المتولدة فى الجسم تجد صعوبة لكى تفقد الاجزاء الزائدة وينتج عن ذلك ارتفاع فى درجة حرارة البشرة ونشاط فى الغدد المفرزة للعرق، وعند تبخره يحدث تبريد ناتج عن امتصاص حرارة من الجسم لإتمام عملية البخر وفى حالة انخفاض درجة حرارة البيئة المحيطة عن حد الراحة، فإن الإستجابة الفسيولوجية الأولى لذلك انقباض الشعيرات الدموية تحت الجلد، وبالتالى يقل اندفاع الدم إلى البشرة مما يؤدى الى برودة البشرة وخاصة الاطراف .

---

[1] بكرى عليوه سعيد" تاثير المناخ على تصميم الغلاف الخارجى للمبانى "، رسالة ماجيستير، جامعة القاهره ،كلية الهندسه ، ١٩٨٩م.

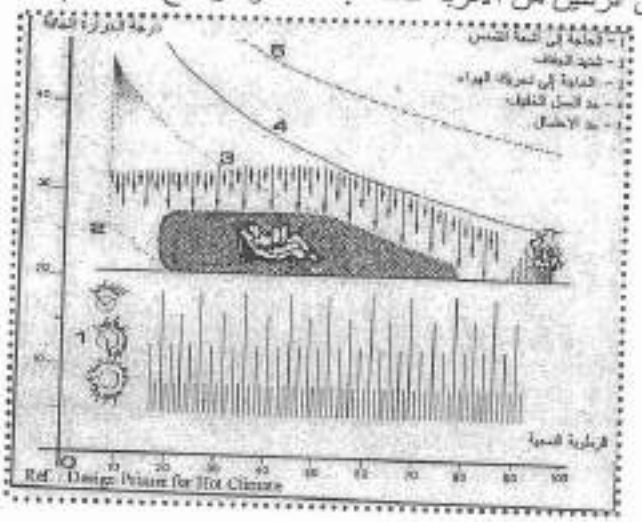
وتحدث رعشة لا إرادية فى حالات البرد الشديد ويزيد معدل الاحتراق داخل الجسم الى مرتين او ثلاث مرات.

تأثير الرطوبة النسبية:

تؤثر الرطوبة النسبية على معدل تبخر العرق من على سطح البشرة ، فنجده يزداد فى الجو الجاف بينما يقل فى الجو الرطب .

والتأثير الفسيولوجي بزيادة نسبة الرطوبة عن الحد المحتمل هو الإحساس بالاختناق ، وفشل البشرة الخارجية فى التخلص من العرق الزائد وغطاء الجسم بالسائل وعجز الجسم عن التحكم فى إنتقال الماء من داخل الجسم إلى خارجه مما يسبب تورم البشرة كما تضيق المسام وقد تنسد تماما.

١ – أما انخفاض الرطوبة عن الحد المناسب ولمدة طويلة فيسبب جفافا شديدا بالبشرة خاصة بالشفاة والأنف ، وتكون طبقة جافة من الجلد على سطح البشرة وقد يحدث بها تشققات وتقل نسبة نقية الهواء الداخل الى الرئتين من الاتربة العالقة به كما هو موضح بالشكل (١-١٣).



شكل(م٢-٣) يوضح الشكل تأثير الرطوبة النسبية على الراحة الحرارية[١]

تأثير حركة الهواء :

تؤدى حركة الهواء إلى خلق مؤثرات حرارية دون تغير فى درجة حرارة الهواء فهى تساعد البشرة على التخلص من الحرارة الزائدة وذلك بطريقتين :

١ – تزيد من فقدان البشرة للحرارة بتيارات الحمل طالما كانت درجة حرارة الهواء المتحرك أقل من درجة حرارة البشره ٣٣ م ، اما فى الاجواء التى تزيد درجة حرارتها عن ذلك فيسبب الهواء المتحرك فى زيادة الشعور بالحرارة .

---

[١] – (د/ هشام ابو سعدة، م/ بدر عبد العزيز بدر ": مهنة عمارة البيئة"، دار العالم العربى للطباعه ٢٠٠٢م.

٢ - تساعد فى زيادة عملية بخر العرق من على الجلد وبالتالى زيادة التبريد ، ذلك لأن الهواء المتحرك يحمل معه بخار الماء ويحل محله دائما هواء اكثر جفافا[١].

٣ - وينعدم هذا التاثير عندما تكون الرطوبة النسبية اقل من ٣٠ % وذلك لأن البخر يكون فى هذه الظروف نشيط حتى مع سكون الهواء . أما فى حالة الرطوبة النسبيه الأعلى من ٨٥ % فان البخر يكون محدودا حتى مع تحريك الهواء .ممايحد من استعمال الهواء فى اغراض التبريد بعض المضايقات التى يسببها ارتفاع سرعته ويكون رد الفعل بالنسبة لسرعات الهواء المختلفة كما هو موضح بالجدول (م٢-١).

جدول (م٢-١) : تاثير سرعات الرياح على الإنسان[١]

الوصف	السرعه م/ث	التاثير على الانسان
ساكن calm	صفر - ٠,٥٠	لايوجد
هواء خفيف Light air	٠,٦٠ -١,٥٠	حركه محسوسة نتيجة الأثر البارد
نسمه خفيفه Light breeze	١,٦٠-٣,٣٠	الاحساس بهواء بارد على الوجهه
نسمه هادئه Gentle breeze	٣,٤٠ -٥,٤٠	حركة الشعر والأقمشه الخفيفه وبداية الإحساس بعدم الراحه
نسمه معتدله Moderate breeze	٥,٥٠ -٧,٩٠	عدم انتظام الشعر - عدم الراحه(تقريبا).
نسمه منعشه Fresh breeze	٨,٠٠ -١٠,٧٠	الإحساس بقوة الرياح على الجسم - عدم الراحه
نسمه قويه Strong breeze	١٠,٨٠ -١٣,٨٠	صوت الريح فى الاذن . الشعر يطير صعوبة المشى برسوخ .
شبه نوه (رياح قويه - عاصفه) Near Gale	١٣,٩٠ -١٧,١٠	السير فى مواجهة الريح يساوى صعود ميل ١/٧
نوه (رياح قويه) Gale	١٧,٢٠ -٢٠,٧٠	تزيد العواقق . تساوى صعود ميل ١/٥
رياح قويه Strong gale	٢٠,٨٠ -٢٤,٤٠	الأشخاص تقع من مهبة الرياح الصعود بميل ١/٤
عاصفه storm		السير فى مواجهة الريح تساوى صعود منحدر بميل ١/٣ ولكن الحركه عمليا مستحيله.

التحليل البيومناخى لإقليم الدراسة باستخدام الخريطة السيكومترية

الهدف من المنحنى السيكومترى هو مقارنة الحدود المناخية لأى منطقة معلوم لدينا بياناتها المناخية بحدود الراحة الحرارية وذلك على مدار العام[١] وهو يبين العلاقة بين درجة حرارة الترمومتر الجاف ودرجة حرارة الترمومتر المبلل والرطوبة النسبية ، ودرجة الحرارة المؤثرة عندما تتساوى درجة حرارة الترمومتر الجاف مع متوسط درجة حرارة الإشعاع . ولعل أهم ما يميز المنحنى السيكومترى هو تحديد الإحتياجات التصميمية لوسائل المعالجات المناخية سواء

١ - يكرى عليوه ، مها " تاثير المناخ على تصميم الفلات الخارجى للمبنى" ، ١٩٨٩ رسالة ماجيستير، جامعة القاهره ،كلية الهندسه ، ١٩٨٩م .

السلبية منها أو الميكانيكية على مدار العام وذلك لأى منطقة يراد دراستها والتعرف على الأسلوب الأمثل لكيفية وقوع حدود مناخ هذه المنطقة ضمن مجال الراحة الحرارية للانسان والجدول (م٢-٢) يوضح وسائل المعالجات المناخية لكل منطقة بالخريطة السيكومترية .

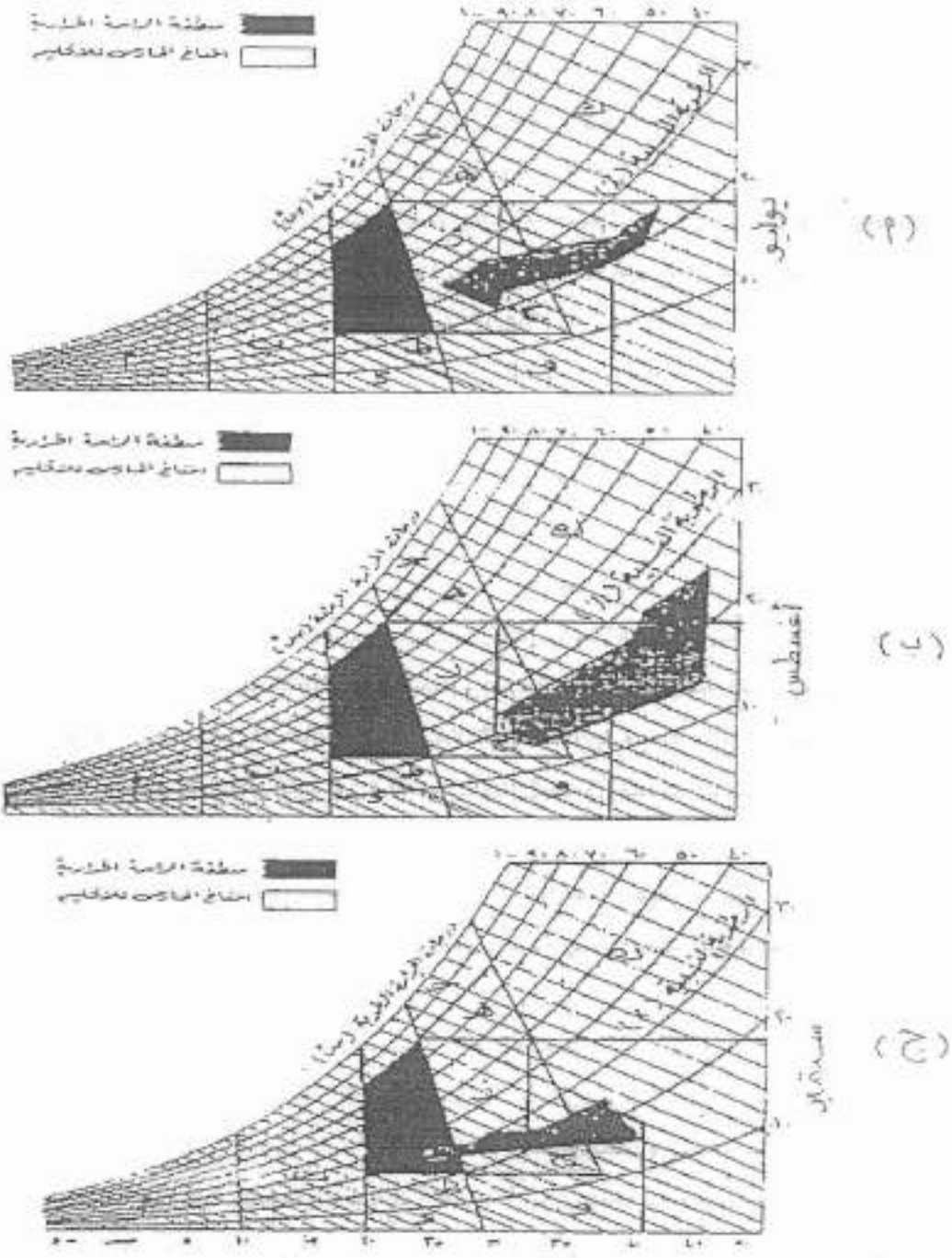
جدول(م٢-٢) : يوضح وسائل المعالجات المناخية لكل منطقة بالخريطة السيكومترية[1]

المنطقة	وسائل المعالجات المناخية
أ	تدفئة بالوسائل الميكانيكية
ب	تدفئة بالوسائل السلبية (خفض معدل فقدان الحرارة بالتوصيل والتسرب – زيادة التعرض لأشعة الشمس)
ج	خفض معدل الرطوبة النسبية للهواء بمنع التسرب بالإضافة الى الحماية من الإشعاع الشمسى .
د	ترطيب الهواء
هـ	تهوية طبيعية مع التظليل
و	تبريد بالبخر بالإضافة إلى الحماية من أشعة الشمس بالتظليل .
ز	تبريد بالاشعاع (تخزين حرارى عالى – تهوية طبيعية – تظليل) بالإضافة إلى الإحتياج للتبريد بالبخر
ح	تبريد بالإشعاع (تخزين حرارى متوسط – تظليل) بالإضافة إلى الإحتياج إلى التبريد بالبخر .
ط	خفض معدل إكتساب الحرارة بالحماية من أشعة الشمس بالتظليل
ك	التبريد بالطرق الميكانيكية (تكييف هواء تقليدى)
ل	منطقة الراحة الحرارية

توضح الأشكال رقم (١٤/١أ ،٦ب ، ٦ج) البيانات المناخية لعدد ثلاث أشهر على خريطة الراحة الحرارية لجيفونى ويتضح من هذه الأشكال إحتياج المنطقة فى الأشهر الثلاثة إلى التبريد بالبخر وذلك للدخول بالفراغات المعمارية الداخلية إلى منطقة الراحة الحرارية وأن الحاجة ضرورية لإستخدام كافة الوسائل السلبية لتحسين البيئة الداخلية بها[2].

1- givoni B," Man Climate and architecture ", second edition,applied science publishers, Ltd(1981) .

2- محمود عبد الرازق ،محمد وآخرون ، "الدراسات البيوميناخيه لاقليم توشكى وتقييم معدلات الاداء الحرارى لبعض النماذج المنفذه بالاقليم دراسه حقليه "، جامعة اسيوط ، كلية الهندسة ، قسم الهندسه المعماريه ،المؤتمر المعمارى الدولى الرابع "العماره والعمران على مشارف الالفيه الثالثه "، (مارس ٢٠٠٠ م).



شكل رقم (م٢- ٤ أ، ب ، ج) البيانات المناخية لأشهر يوليو وأغسطس وسبتمبر على خريطة الراحة الحرارية لجيفوني[١]

١- محمود عبد الرازق محمد وآخرون ، "الدراسات البيومناخيه لاقليم توشكى وتقييم معدلات الاداء الحرارى لبعض النماذج المنفذه بالاقليم «دراسه حقليه "، جامعة اسيوط ، كلية الهندسة ، قسم الهندسه المعماريه «المؤتمر المعمارى الدولى الرابع " المعماره والعمران على مشارف الالفيه الثالثه "، (مارس ٢٠٠٠ م).

Mansoura University
Faculty of Engineering
Department of Architecture

The Use of Thermal Insulation Techniques to Enhance Indoor Air Quality in Residential Buildings in Hot Arid Regions

A thesis Submitted to the Department of Architecture
In Partial Fulfilement of The Requirements for
The Degree of Master in Architecture

Presented by
Samah Sobhy Abed-Elaziz Mansour

Supervisors

Dr. Mohamed Abed –Alrahman Almakawy
Ass. Prof, Department of Architecture
Faculty Of Engineering
El Mansoura University

Dr. Ashraf Hafez
Lecturer, Deapartment of Architecture,.
Faculty Of Engineering
El Mansoura University

2008

Supervisors

Thesis title:

The Use Of Themal Insulation Teccniques to Enhance Indoor Air Quality in Residential Buildings in Hot Arid Regions

Researcher name : **Samah Sobhy Abed Elaziz Mansour**

Supervisors

name	profession	signature
.Dr. Mohamed Abed – Alrahman Almakawy	Ass. Prof, Department of Architecture Faculty Of Engineering El Mansoura University	Dr. M. MaKawy
Dr. Ashraf Hafez	Lecturer, Deapartment of Architecture,. Faculty Of Engineering El Mansoura University	Dr: Ashraf Hafez

Dep . Head **Vice – Dean** **Dean**

Examination Committee

Thesis title:

The Use of Thermal Insulation Teccniques To Enhance Indoor Air Quality in Residential Buildings in Hot Arid Regions

Rescarcher name : **Samah Sobhhy Abed Elaziz Mansour**

Supervisors

name	Profession	Signature
Dr. Mohamed Abed Alrahman Almakawy	Ass. Prof, Department of Architecture, Faculty of engineering El Mansoura University	Dr: M. MaKawy
Dr. Ashraf Hafez	Lecturer, Department of Architecture,. Faculty of Engineering El Mansoura University	Dr. Ashraf Hafez

Examination Committee

name	Profession	Signature
Dr. Mohammed Mahmoud Abed-Alrazik	Prof. of Building physics, vice chairmen of Housing & Building National Research Center	M. M. Abd El Razik
Dr. Mohammed Essmat Alattar	Prof, Department of Architecture, Faculty of Engineering, El Mansoura University	M. El Attar
Dr. Mohamed Abed Alrahman Almakawy	Lecturer, Department of Architecture, Faculty of Engineering El Mansoura University	Dr: M. MaKawy

Dep. Head **Vice - Dean** **Dean**

Research Summary

Energy is the story of yesterday and today and tomorrow by the civilizations and for the wars in the sustainable development in the current era. There was a major focus for energy, **First:** generating more energy and this negatively affects the drain of wealth and the loss of the right of future generations. **The second:** (the study area) is the rationalization of energy consumption in various sectors, and the construction sector of the most energy-consuming sectors as all the materials used in the sector of energy-intensive consumption in the production, and manage the construction sector requires large quantities of Energy, and therefore any effort to rationalize energy consumption in this sector will have a significant economic impact on the process of development, especially sustainable development. The modern techniques to isolate one of the most important means warming, which can be used to upgrade the building materials and rationalization of energy consumption in the residential sector where the use of air conditioners in buildings in a continuous increase year after year is an indication of increased power consumption, which is one of the types of energy that must be rationalized to reduce Harmful emissions from the outside on the cover letter consists of six sections.

Part I deals with weather information for the province comes hot dry review of the definition change and the impact of climate variability from one area to another to form the outer casing and analysis climate of the city of Toshka during periods of the year, as well as the characteristics of housing them.

The first section deals with rates of energy consumption in the housing sector in Egypt, then introduced various strategies for improving the thermal efficiency of buildings by reducing radiation techniques, thermal insulation.

Part I Summarized to a high thermal stresses within the residential buildings this region therefore necessary to find a way to control the thermal transition between the external and internal environment.

Part II addressed the types of heat-insulating materials used in buildings. It appeared the definition of thermal insulation and various benefits thermal insulation materials classified according to different criteria and then study mechanical heat transfer and also to examine the types of heat-insulating materials and their properties in terms of composition and shape public and thermal and mechanical characteristics and use in the field of construction.

It reviewed the impact of Title III outer casing on the thermal performance of the building seemed the definition of the outer casing and functions of multiple processors and components and then weather the various roofs and walls and then study the mechanical movement of the Earth's temperature outside and then conduct an analytical study to design the wall of a residential building sector where they are studying the impact of different variables on performance thermal Of the wall and

comparison between different sectors based on the value of the transition, so as to achieve thermal comfort for users of thermal vacuum and the requirements of the outer casing of the buildings air-conditioned and non air-conditioned Territory.

The fourth section dealing more efficient windows through improved thermal performance to them. Reviewed the research center on the impact of windows and internal heat it one of the most important elements responsible for the transmission of heat and glass used by the diversion of a significant heat that must improve the efficiency of the windows were ways to control emissions of the glass and then examine different types of glass used in buildings and transitional thermal vents of different glass .

Part V deals with evaluation of the economic performance of the outer shell of the building by studying models of buildings proposed residential area and assess the performance of thermal and determine the standard for thermal performance of buildings housing the hot dry climate and then study the economic performance of thermal insulation materials through the identification of the quantity of energy savings model and the cost of a residential building Insulation is used during the appointment the number of years due to be able to recover the cost of building insulation and thus the process of economic valuation.

Title VI address the findings and recommendations by demonstrating how important special thermal insulation used in the outer casing of the buildings in the rationalization of energy consumption, and then review the most important foundations of the study.