الإتزان الحراري في الأبنية

د. رمضان عبد المقصود
قسم الهندسة المعمارية / كلية الهندسة / جامعة الإسكندرية

ملخص البحث :

من أهم أهداف المهندس المعماري أن يصمم حيزا معماريا يتوفر فيه أكثر قدر ممكن من الراحة لمستخدمي هذا الحيز وهذا لا يمكن قياسه بطريقة مباشرة حيث أن راحة الإنسان لا تتوقف فقط على الحالة الفسيولوجية التي قد يمكن قياسها بطريقة أو بأخرى وإنما تدخل في تحديدها عوامل نفسية تختلف باختلاف الخلفية الثقافية والبيئية لكل شخص .

لذا فإن من المهم في تصميم المباني وإتزانها حراريا مراعاة خاصية إختزان الحرارة في المواد المكونة لأجزاء البناء غير أن الدراسات الحاضرة لا تركز إهتمامها على مواد البناء بقدر ما تعنى بالطريقة التي تشاد بها الأبنية بحيث تكون على توافق تام مع الشروط المناخية والبيئية المحيطة .

مقدمة :

من أهم العوامل الفسيولوجية التي تؤثر بشدة في راحة الإنسان العامة هي الراحة الحرارية فالشعور بالراحة – سواء كان ذلك في فصل الشتاء أو الصيف – لا يتعلق فقط بدرجة المكان المخصص للإقامة أو العمل بل أيضا بدرجة حرارة الجدرانالمحيطة بمكان الأشغال فالجدران الباردة والتي تقل درجة حرارتها كثيرا عن درجة حرارة الغرفة المدفأة في الشتاء تجعل الإقامة غير مريحة وذلك بسبب إزدياد الإشعاع الحراري بين جسم الإنسان والجدران المحيطة الباردة ومن جهة أخرى فإن إرتفاع درجات حرارة السطوح الداخلية لجدران وسقف المبنى في فصل الصيف والمتسببة عن تركيب فيزيائي خاطىء لهذه الأجزاء أو عزلها بشكل غير مناسب يؤدي إلى الشعور بالضيق الشديد وعدم الراحة في السكن .

ورغم أن الراحة هذه لا يمكن قياسها بالمادة إلا أن لها تأثير كبير على الإنسان من نواح عدة أهمها الصحة والإنتاجية فالإنسان الموجود في جو غير مريح يقضي بعضا من وقته في محاولة تكييف نفسه مع الجو المحيط به مما يضيع العديد من ساعات العمل التي يمكن أن تكون منتجة إذا توفر لهذا الإنسان الجو المريح من حيث درجة الحرارة والرطوبة الداخلية .

والبحث يتعرض إلى موضوع إتزان المبنى حراريا في التسلسل التالي :

أولا : الكسب الحراري في الأبنية .

ثانيا : الفقد الحراري في الأبنية .

ثالثا : الراحة الحرارية .

رابعا : مفهوم الإتزان الحراري في الأبنية .

خامسا: إستنتاج أساليب (من قبل الباحث) كمنهاج لإتزان المبنى حراريا .

أولاً: الكسب الحراري في الابنية

(١) الكسب الحراري من الشمس

١/١ الاشعاع الشمسي

تطلق الشمس كميات هائلة من الطاقة الحرارية على شكل موجات كهرومغناطيسية عالية التردد .

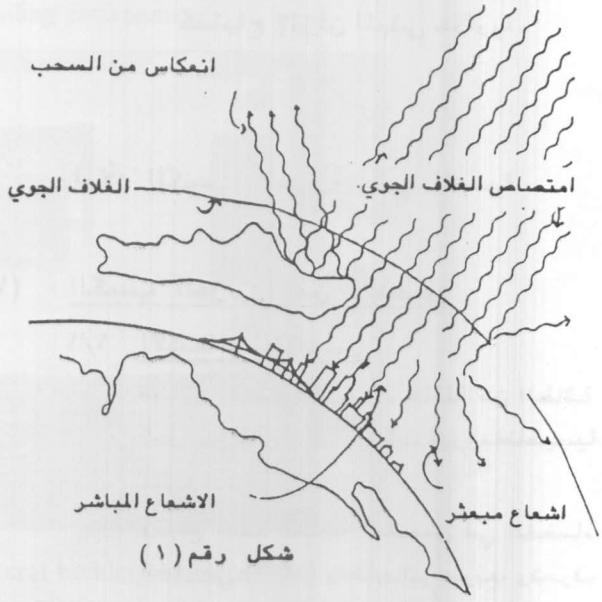
وتبلغ شدة أشعة الشمس في الفضاء الخارجي (١٣٥٣) واط/متر مربع، وتعرف

هذه القيمة على أنها الثابت الشمسي، يصل منها الى الارض حوالي (١٠٢٠) واط/متر مربع منها (٩٤٠) واط/متر مربع أشعة مباشرة والباقي أشعة غير مباشرة نتجت عن: [١]

- تبعثر الاشعة الشمسية عند ارتطامها بجزيئات الاوكسجين والنيتروجين وبخار الماء.
- الامتصاص الاختياري للاشعة الشمسية من قبل الاوكسجين والنيروجين وبخار الماء واعادة اشعاعها ثانية.
- تبعثر الاشعة عند ارتطامها بجزيئات الغبار الموجود في الجو.

أما الفقدان الحامل في شدة الاشعاع الشمسي فيعود أصلاً الى امتصاص الاشعة الشمسية من قبل غاز الاوزون وبخار الماء وثاني أكسيد الكربون اضافة الى انتشار الاشعاع الشمسي عند وجود الغيوم.

والشكل (١) يبين ان الاشعاع المباشر يصل إلى سطح الارض من أشعة متوازية بعد مروره عبر الغلاف الجوي (عند عدم وجود الغيوم تكون أكبر طاقة حرارية شمسية)



شكل رقم (١)

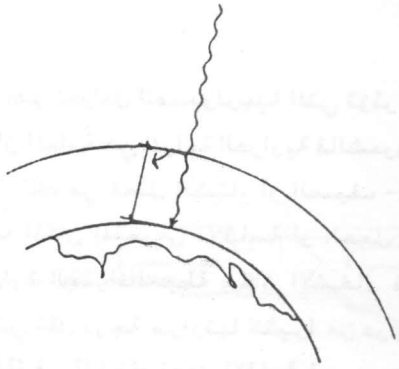
أنواع الاشعاع الشمسي

هناك نوعين من الاشعاع الشمسي وهما: [١]

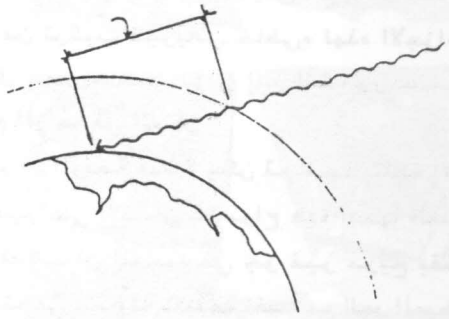
١ - الإشعاع المباشر : وهو ذلك الجزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض ولا يتأثر بعوامل الإمتصاص أو الإنتشار .

٢ - الإشعاع المنتشر : هو ذلك الجزء من الإشعاع الذي يصل إلى سطح الأرض بعد أن يتعرض لعوامل الإنعكاس والإنكسار .

والشكل (٢) يبين أن شدة شمس الظهر أكبر من شدتها في أول الصباح بسبب أن طول المسار الذي تخترقه أشعة الشمس ضمن الغلاف الجوي يتغير مع تغير ميل الشمس بسبب دوران الأرض حول الشمس [١] .



المسافة القصيرة من الغلاف الجوي تعني مزيد من إنتشار الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض

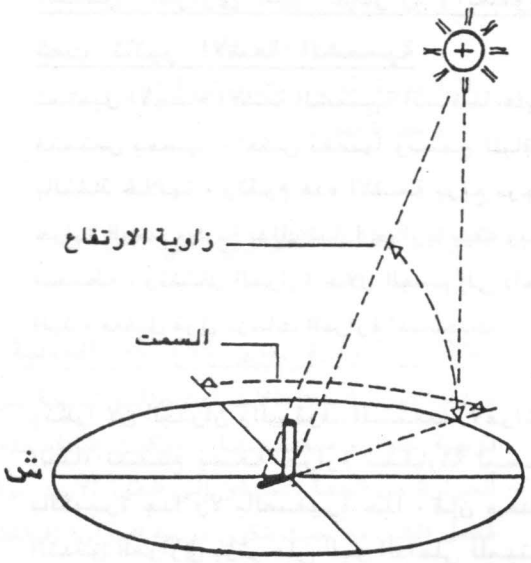


المسافة الأكبر تعني إشعاع شمسي أكبر قد تشرد وتمتص بالغلاف الجوي

شكل رقم (٢)

٢/١ زوايا ميل الشمس

يتغير مكان الشروق والغروب ووصول الأشعة وقوتها وانحناءاتها تبعا للفصول من شتاء وصيف وتبعا لأوقات النهار والليل كذلك ويعتمد اختيارنا لموقع المبنى وتوجيهه على دوران الأرض حول محورها وعلاقة ذلك مع الشمس على مدار الأيام والفصول والسنة ولا بد من معرفة دقيقة لهذا الموضوع لدراسة الموقع والتوجيه الصحيح لأي مبنى أو تجمع عمراني للإستفادة من هذه الطاقة .



شكل رقم (٣)

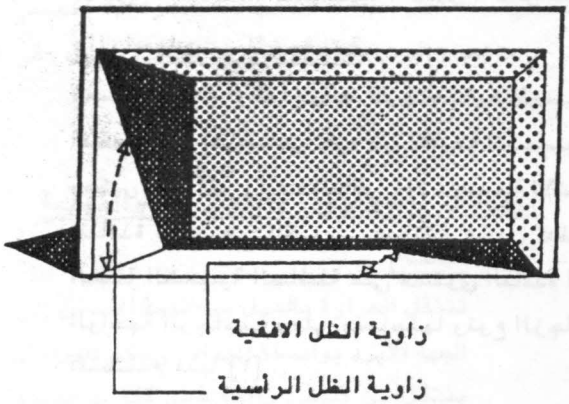
تعويف زوايا الشمس [٢]

١/٢/١ زاوية السمت

قياس انحراف الشمس بالدرجات مأخوذ حسب إتجاه حركة عقارب الساعة من الجهة الشمالية نحو الشرق والجنوب فالغرب والشمال من جديد - شكل رقم (٣) .

٢/٢/١ زاوية الإرتفاع

الزاوية بين المسطح الأفقي والخط الذي يصل بين المكان حيث تقاس زاوية الإرتفاع وبين الشمس وتكون زاوية الإرتفاع صفرا عند شروق الشمس وغروبها وتصل إلى حدها الأعلى اليومي عند الساعة الثانية عشرة ظهرا حين تكون الشمس متجهة نحو الغرب أو الشمال مباشرة - شكل رقم (٣) .



شكل رقم (٤)

٣/٢/١ زاوية الظل الراسية

هي إسقاط زاوية الإرتفاع على سطح رأسي عموديا على سطح الواجهة وتسمى بزاوية الظل الراسية لمسطح هذه الواجهة وتتمثل في الزاوية المبينة في شكل رقم (٤) .

٤/٢/١ زاوية الظل الأفقية

هي الزاوية الصغرى المتكونة من مسطح الواجهة وإتجاه أشعة الشمس مسقطة على المسطح الأفقي ، وتتمثل بالزاوية المبينة في شكل رقم (٤) .

٣/١ التدفق الحراري عبر الجدران والسقوف تحت تاثير الأشعة الشمسية

تستقبل الأجسام الأشعة الشمسية الساقطة عليها فتمتص بعضها وتعكس بعضها وتسمح للباقي بالنفاذ خلالها ، وتقوم هذه الأشعة برفع درجة حرارة الجسم مكونة بذلك تيارا حراريا بينه وبين محيطه ، وتنتقل الحرارة خلال الجسم إلى داخل البناء بفضل فرق درجات الحرارة المستحدث .

ونظرا لأن الجدران والسقوف المستعملة لأغراض البناء تتمتع بسعة حرارة متفاوتة ليست بالكبيرة جدا ولا بالصغيرة جدا ، فإن معدل التدفق الحراري يؤثر على الجو الداخلي للمبنى في وقت لاحق يتناسب والتأخر الزمني* للجدار أو السقف [٣] .

٤/١ تدفق الطاقة الشمسية خلال النوافذ والواجهات الزجاجية

تعمل النوافذ والواجهات الزجاجية كالأجسام الأخرى على إمتصاص جزء من الأشعة الشمسية وعكس جزء آخر وإنفاذ الباقي . إلا أن نسبة الأشعة النافذة تكون هي الكبرى . ويعتمد معدل تدفق الطاقة الشمسية الساقطة على مستوى النافذة أو الواجهة الزجاجية وعلى مساحتها ونوع الزجاج المستخدم فيها [٣] .

(٢) الكسب الحراري الناتج عن جسم الإنسان

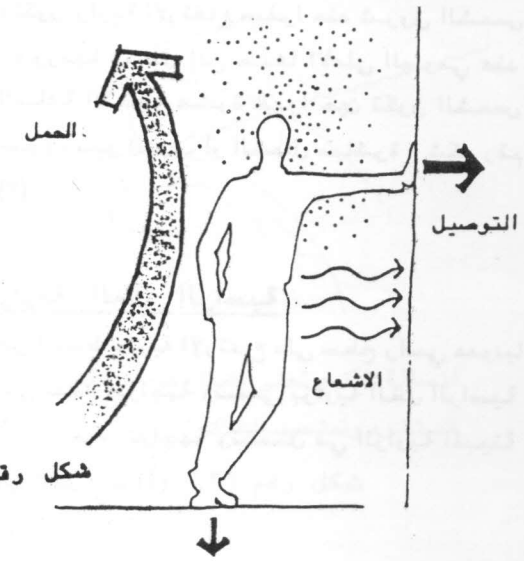
يعمل جسم الأنسان دوما على إنتاج الطاقة الحرارية ، فمعظم التفاعلات الكيميائية الميوية في الجسم تولد الطاقة الحرارية . ويستهلك الجسم البشري ما يعادل (٢٠) بالمائة فقط من الطاقة التي ينتجها ويشتت الباقي ، الذي يعادل (٨٠) بالمائة من إنتاجه إلى البيئة المحيطة به . وتعتمد كمية الفائض من الطاقة الحرارية على نوع الحركة التي يقوم بها الإنسان . ويبين الجدول رقم (١) معدل الطاقة الفائضة التي يشتتها جسم الإنسان تبعا لنوع النشاط الذي يقوم به .

جدول رقم (١)

الطاقة الحرارية الفائضة الناتجة من جسم الإنسان

النشاط	الطاقة الحرارية الفائضة * (وات/شخص)
النوم	٧٠ حد أدنى
الجلوس مع الحركة الخفيفة	١٣٠ - ١٦٠
الوقوف مع العمل الخفيف	١٦٠ - ١٩٠
الجلوس مع الحركة الكثيفة	١٩٠ - ٢٣٠
الوقوف مع العمل المتوسط وبعض المشي	٢٢٠ - ٢٩٠
المشي مع العمل الخفيف أو الدفع	٢٩٠ - ٤١٠
العمل الكثيف المتقطع	٤٤٠ - ٥٨٠
عمل شاق محتمل	٥٨٠ - ٧٠٠
أقصى عمل شاق	١١٠٠ حد أقصى

* المعدلات المبينة هي معدلات متوسطة من عدد من المصادر [٢] .



شكل رقم (٥)

* التأخر الزمني : هو الفارق الزمني في وصول الموجة الحرارية من السطح الخارجي للعنصر الإنشائي إلى سطحه الداخلي ويقاس بالساعات .

وتعتبر الطاقة الحرارية الفائضة المشتتة من قبل الإنسان مصدرا للطاقة الحرارية داخل المباني . ويحسب معدل هذه الطاقة بضرب ما ينتجه الشخص الواحد ، تبعا لنوع النشاط الذي يقوم به داخل المبنى ، في عدد شاغلي المبنى .

(٣) الكسب الحراري الناتج عن المعدات والآلات والأجهزة الكهربائية المختلفة

١/٣ المصابيح الكهربائية

تشتت المصابيح الكهربائية عند عملها طاقة حرارية تعادل قدرتها الكهربائية تقريبا . فإذا كان مجموع قدرات المصابيح المكهربائية الموجودة في مبنى ما يساوي (١٥٠٠) واط فإن الطاقة الحرارية الناتجة عنها تعادل أيضا (١٥٠٠) واط [٤] .

٢/٣ المحركات المهربائية

إذا كان أي محرك كهربائي والآلة التي يحركها موجودين في حيز واحد داخل المبنى فإن ما يصدر عنهما من طاقة حرارية يعادل قدرة المحرك الكهربائية (بالواط) . وفي حال عدم معرفة القدرة (بالواط) فإنه يمكن الحصول على كمية الطاقة الحرارية الناتجة عنهما إذا عرفت قدرة المحرك بالحصان كما يلي : [٣]

(الطاقة الكهربائية) = W = 764 hp

حيث:

W = القدرة (واط)

hp = القدرة (حصان)

أما إذا كان المحرك الكهربائي وحده موجودا داخل الحيز ، فإن الطاقة الحرارية الناتجة عنه تعادل قدرته المهربائية مضروبة في (١-كفاءته) ، وتحسب كما يلي :

الطاقة الحرارية الناتجة عن المحرك = W (1-e)

الكهربائي

حيث:

W = قدرة المحرك الكهربائي (واط)

e = كفاءة المحرك

ثانيا: الفقد الحراري في الأبنية

(١) إنتقال الحرارة عبر الأجسام الصلبة

تنتقل الحرارة خلال الأجسام الصلبة نتيجة لفرق درجة حرارة سطحيها . ويكون إتجاه تدفق الحرارة من الجهة الأسخن إلى الجهة الأبرد . وفي فصل الشتاء ، حيث تكون درجة الحرارة الداخلية أعلى من درجة الحرارة الخارجية ، تنتقل الحرارة من الداخل إلى الخارج وتفقد نتيجة التبادل الحراري بين الأجسام والهواء الخارجي .

ويقاس معدل التدفق الحراري (بالواط) وتعتمد قيمته على قيمة الإنتقالية الحرارية للجسم ومساحته السطحية وفرق درجة حرارة الهواء على جانبيه [٣] .

(٢) الإنتقال الحراري بالتسرب والتهوية

١/٢ عام

تنتقل الحرارة بالحمل من الجهة الأسخن إلى الجهة الأبرد بواسطة الهواء . ويمكن للهواء أن ينتقل من المبنى وإليه عبر قنوات عديدة منها مجاري الهواء المصممة خصيصا لأغراض تهوية المباني ، ومنها الفتحات الموجودة في الواجهات الخارجية كالنوافذ والأبواب المفتوحة ، ومنها الفتحات والشقوق عند مناطق تركيب النوافذ والأبواب مع الجدران الخارجية ، ومنها خطوط تلاقي مصاريع هذه النوافذ والأبواب بعضها مع بعض أو مع أطرها ، ومنها الشقوق التي قد توجد في الجدران الخارجية .

٢/٢ معدل التدفق الحراري

وحدة قياسه هي (الواط) ولأجل حساب معدل التدفق الحراري لا بد من معرفة تدفق الهواء في الغرفة . وحينما تكون جميع النوافذ والأبواب مغلقة فإن الهواء سوف يتدفق خلال الفتحات والشقوق الموجودة في تلك النوافذ والأبواب . ويعتمد مقدار هذا التدفق على عوامل عدة هي فرق الضغط بين الداخل والخارج وطول هذه الفتحات والشقوق ومعامل التسرب للنوافذ والأبواب[٣] .

وهذه العوامل تعتمد على :

١/٢/٢ سرعة الريح وتؤثر عليها وعورة الإرض بما عليها من أبنية وإنشاءات وغابات ومزارع .

٢/٢/٢ نوع البناء وارتفاعه عن سطح الأرض .

٣/٢/٢ تصنيف الأرض (أراضي مفتوحة - أراضي مفتوحة ذات عوائق قليلة غير مرتفعة - أراضي ذات عوائق متعددة ومتقاربة وتشمل المدن الصغيرة والضواحي - أراضي ذات عوائق ضخمة وعالية ومتقاربة وتشمل مراكز المدن الكبيرة .

ثالثا : الراحة الحرارية

للخروج بتوصيات بعد دراسة الكسب و الفقد الحراري للابنية كما سبق يجب دراسة العوامل التي تؤثر علي الراحة الحرارية في الغرفة و هي ما يلي : [٢]

١- حرارة جو الغرفة

٢- حرارة عناصر البناء المحيطة به (و هي الحرارة التي تتأتى من الاشعاع الشمسي .

٣- سرعة تحرك الهواء (التهوية)

٤- الرطوبة النسبية لجو الغرفة.

٥- عدد الاشخاص في الغرفة (عوامل أخري كالملابس - العمر - الصحة - مستوي النشاط)

و يعتمد جو الغرفة الداخلي اذا ما وزع علي العوامل المذكورة اعلاه علي ما يلي :[٦]

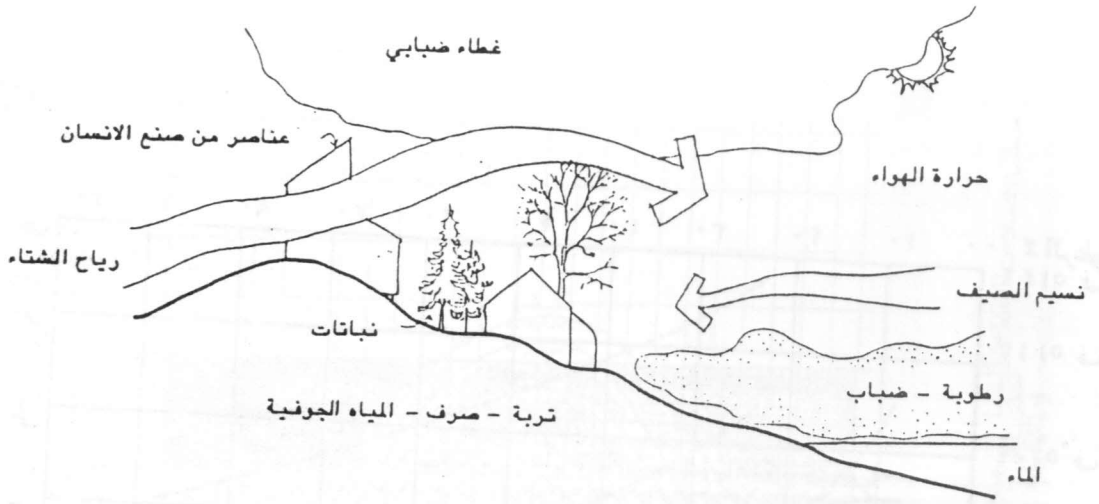
البيانات المتغيرة الخاصة بالظواهر و الاحوال الجوية لمنطقة ما	انعكاسات الشمس / حركة الهواء الرياح / الرطوبة
استخدام المبني	حرارة الجسم و تاثيره علي الهواء حرارة الاجهزة الضوء الاصطناعي الاستخدام المحتمل لاجهزة التبريد و التدفئة
مفهوم البناء و تصميمه	اختيار الموقع توجيه المبني التهوية الطبيعية حجم و مواقع النوافذ فعالية ادوات التظليل

و يشعر اكثر الافراد بالراحة عندما تتراوح الحرارة ما بين ٢١ و ٢٧ درجة مئوية و الرطوبة ما بين ٢٠ ٪ و ٥٠ ٪ و ذلك بدون ان تكون هناك تهوية انما مع وجود امكانية التخفيف من حرارة الجسم بالهواء النقي . و اذا ما جاوزت درجة الحرارة أو الرطوبة هذه الدرجات يصبح من الضروري وجود التهوية وذلك لتوسيع نطاق الراحة.

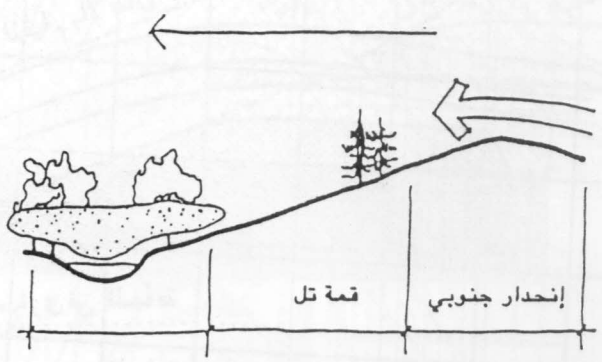
و من الممكن أن نوسع من منطقة الراحة في الاجواء الحارة و الجافة القائمة في الصحاري العربية و ذلك بزيادة الرطوبة في هواء الغرفة و جوها . و يصبح ثمن الادوات البسيطة للتبريد صغيرا اذا ما قورن مع اسعار اجهزة تكييف الهواء .[٢]

و الشكل رقم (٧) يوضح حدود الراحة الحرارية و علاقتها بنوع الفعالية الادائية .

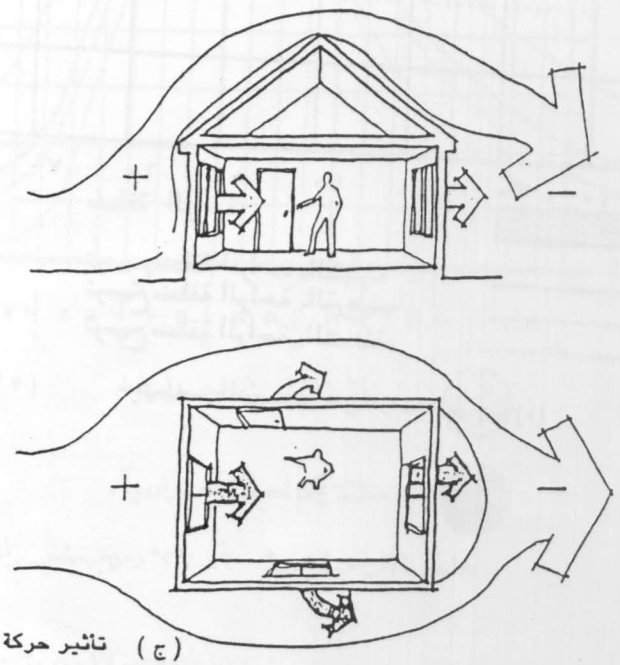
وقد تم تحديد مجال الراحة الحرارية للانسان بمدينة القاهرة لاغراض تحديد المعايير التصميمية و التخطيطية المناخية و المتوائمة مع الظواهر البيئية اثناء الفترتين الاعلي - والأقل من المحتملة حراريا بهدف التوصل الي التوازن الحراري للانسان داخل الفراغات المعمارية من خلال احد البحوث المنشورة [٥] و يوضح الشكل رقم (٨) ان منطقة الراحة الحرارية للانسان بمدينة القاهرة (٢٠ - ٢٤) درجة مئوية مؤثرة و يبين كذلك المناطق الممكن احتمالها حراريا و كذلك الفترتين الاقل - والاعلي من المحتملة حرارية .



(أ) العناصر المناخية النمطية في موقع مبنى

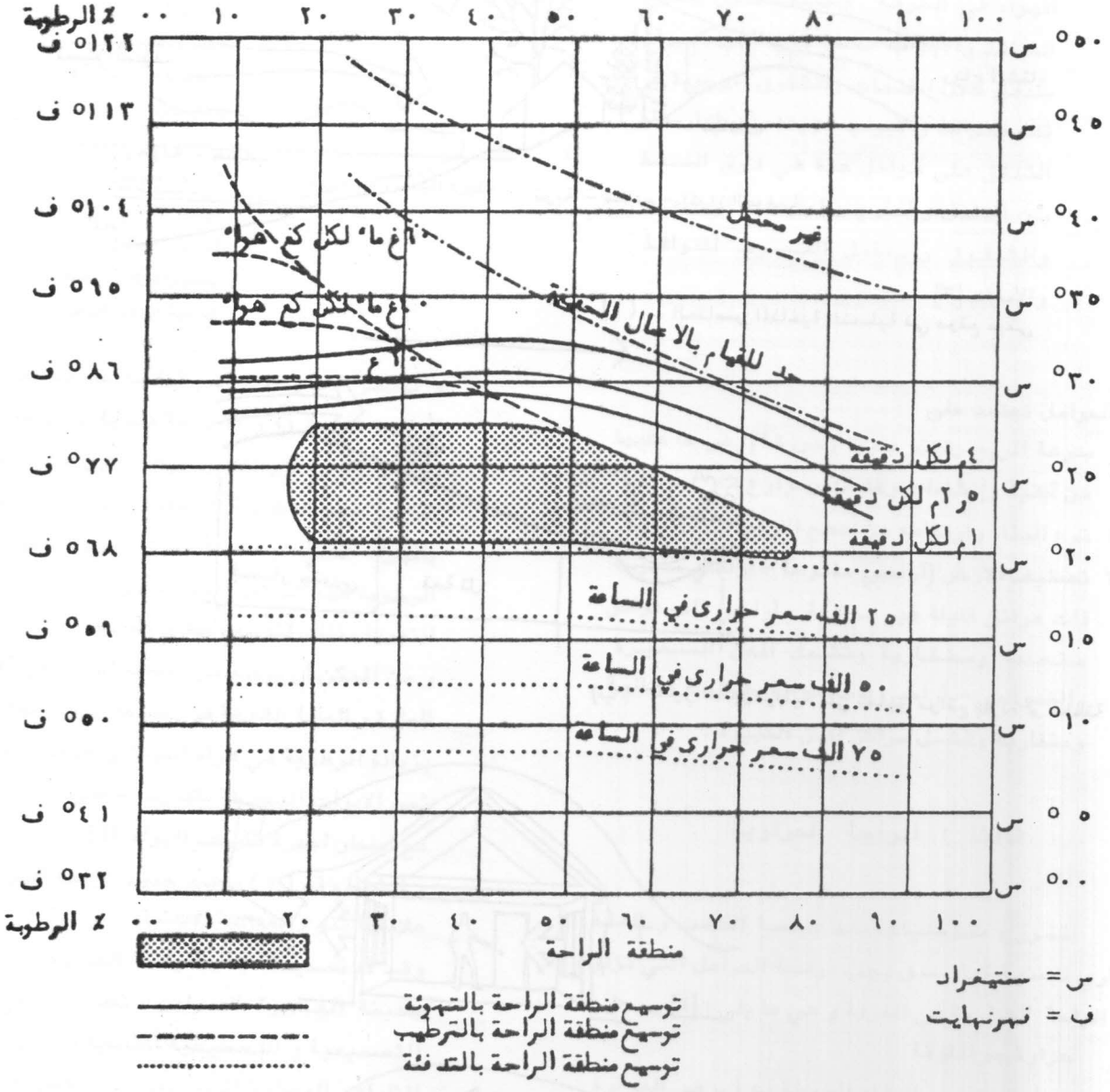


(ب) تأثير الطبوغرافية على تحقيق مواقع باردة أو ساخنة

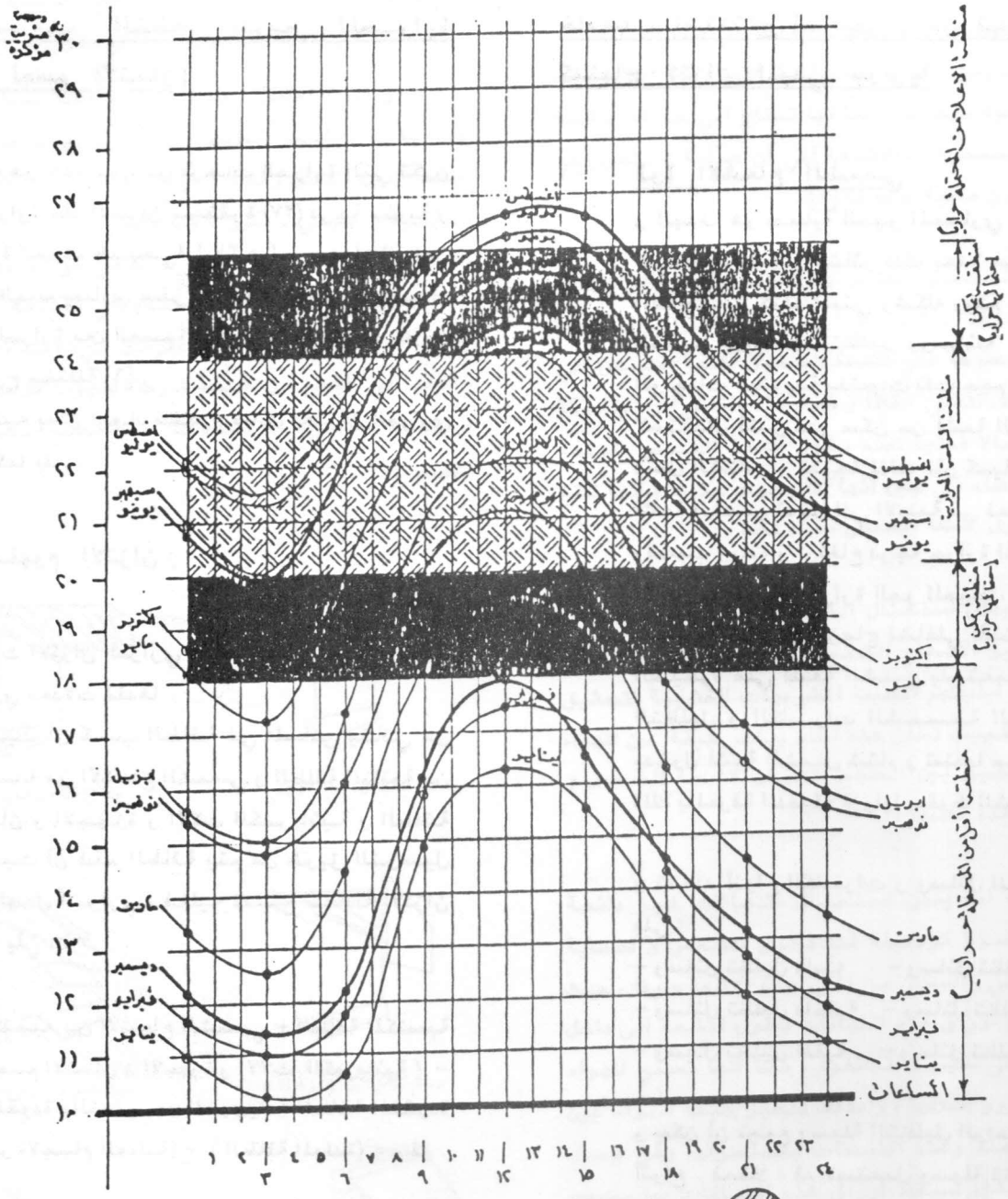


(ج) تأثير حركة الرياح في الموقع على الفقد الحراري.

شكل رقم (٦)



شكل رقم (٧) – العناصر التي تؤثر على الراحة الحرارية [١]



شكل رقم (٨) منطقة الراحة لمدينة القاهرة (بين ٢٠° - ٢٤° درجة حرارة منوية) [٥]

ومن تعريف النظام المريح للحرارة (بالنسبة لجسم الانسان)

بانه هو ذلك المدي من درجات الحرارة التي تكون بها درجة حرارة جلد الانسان مستقرة (٢٧) درجة مئوية و درجة حرارة الجوف طبيعية (٣٧ م) و معدل تخزين الحرارة في الجسم يساوي صفر اي انه لا يوجد اكتسلب أو فقدان في الحرارة بين الجسم البشري و ما يحيط به من هواء و سطوح مختلفة [٦].

و عليه يمكن ايجاد مفهوم مماثل للاتزان الحراري في الابنية كما يلي :

رابعا : مفهوم الاتزان :

يحدث الاتزان الحراري عندما تصبح معدلات كسب الطاقة تساوي معدلات فقدها .

و حيث أن كسب الطاقة في المباني يتاتي من الطاقة المكتسبة من الاشعاع الشمسي و الطاقة الناتجة عن جسم الانسان و الاجهزة و الالات الكهربائية و الطاقة المولدة، و حيث أن فقد الطاقة يتم عن طريق التوصيل الحراري و الحمل الحراري ، فعليه تصبح معادلة الاتزان الحراري كما يلي :

(الطاقة المكتسبة من الاشعاع الشمسي + الطاقة المكتسبة الناتجة عن جسم الانسان و الاجهزة و الالات الكهربائية) - (الطاقة المفقودة بالتسرب و التهوية + الطاقة المفقودة بالانتقال عبر الاجسام الصلبة) $\pm$ (الطاقة المولدة) = صفر .

و اذا كانت الطاقة اللازم توليدها موجبة (أكبر من الصفر) فيكون المبني في حالة فقد حراري . وإذا كانت سالبة (أصغر من الصفر) فيكون المبنى في حالة كسب حراري . وفي كلتا الحالتين علي الطاقة المولدة ان تعادل مقدار الفقد أو الكسب الحراريين .

خامسا : استنتاج اساليب (من قبل الباحث) كمنهاج لاتزان المبني حراريا :

١ - **قوة الاشعاع الشمسي :**

و الهدف هو حماية الحيز المعماري من الاشعة الساقطة عليه و يتاثر ذلك بعدة عوامل منها التوجيه و كتلة المبني وشكله ويتم التنظيم أو الضبط بواسطة التظليل ووسائله . فتصمم الواجهات الجنوبية بفتحات ذات حجم كبير وذلك لاستقبال أكبر قدر ممكن من أشعة الشمس في فصل الشتاء . و نتيجة لذلك فان كمية كبيرة من أشعة الشمس تدخل الي الابنية في فصل الصيف وتسبب زيادة و ارتفاع درجة حرارة المبني بشكل أكبر من درجة حرارة الجو المحيط ، الأمر الذي يسبب الضيق و الازعاج لشاغلي المبني . و يمكن السيطرة علي أشعة الشمس باستعمال و سائل التظليل و الكاسرات الشمسية التي تسمح بدخول أشعة الشمس شتاء و تمنعها صيفا . و يتم ذلك بالمعرفة الدقيقة لزوايا سقوط الشمس .

و تتعدد أنواع الكاسرات و وسائل التظليل كما يلي :

- وسائل تظليل ثابته - وسائل تظليل متحركة
- وسائل تظليل داخلية - وسائل تظليل خارجية
- وسائل تظليل أفقية - وسائل تظليل عامودية

و يمكن أن تجمع وسيلة التظليل الواحدة بين عدة أنواع . فمثلا : قد تستعمل وسيلة تظليل أفقية ثابتة أو أفقية متحركة أو عامودية متحركة وداخلية . و يبين الشكل رقم (٩) أنواع و أشكال مختلفة من وسائل التظليل .

و ليس من الضروري أن تكون وسائل التظليل أو الكاسرات الافقية الثابتة هي الحل الأمثل ، فهي تمنع دخول أشعة الشمس صيفا و تسمح بدخولها شتاء وهذا لا يكفي .

وقد ينصح باستعمال الكاسرات المتحركة التي يمكن

أن تمنع دخول أشعة الشمس في فترات الصيف والخريف و تسمح بدخولها في فترات الشتاء والربيع . الا ان تكلفة هذا النوع من الكاسرات غالية نوعا ما ، كما نها تحتاج الي صيانة دائمة ومستمرة ، بالاضافة الي أن عملية التشغيل قد تكون صعبة نوعا ما [٧] .

و تستعمل الكاسرات العامودية في الواجهات الشرقية و الغربية . و تساعد الكاسرات العامودية المتحركة علي التحكم بدخول أشعة الشمس الي داخل المبني . فإذا وجهت هذه الكاسرات المتحركة شمالا فانها تمنع دخول أشعة الشمس صباحا ومساء في حين أنها إذا وجهت جنوبا فانها تمنع دخول أشعة الشمس مساء فقط .

و يمكن استعمال الكلوسترا لحماية النوافذ من تاثير الاشعاع الشمسي . و لقد استعمل العرب في أبنيتهم القديمة المشربيات الخشبية لتحقيق ذلك حيث تخلق هذه المشربيات طبقة من الهواء المتغير بين السطح المعرض لاشعة الشمس و النافذة نفسها .

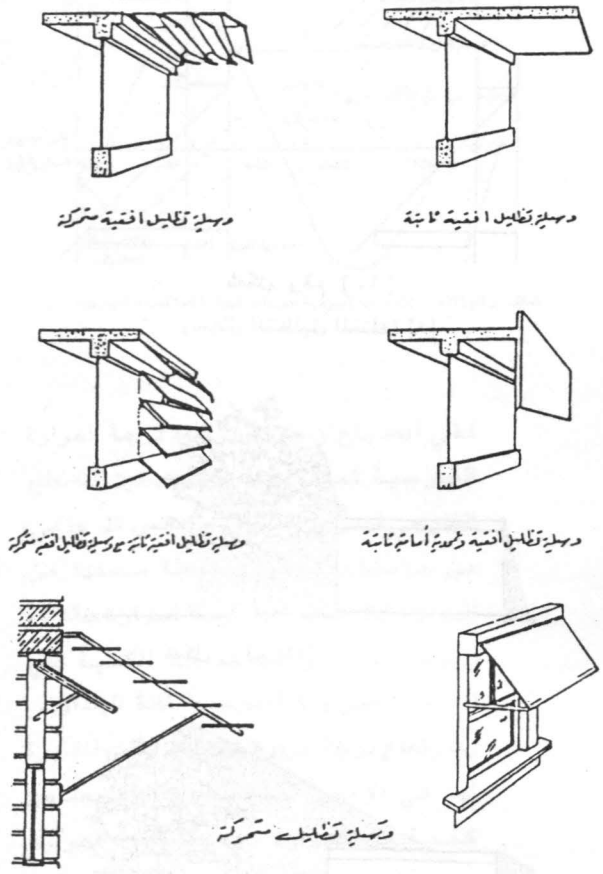
كما انه يمكن استعمال النباتات غير دائمة الخضرة كوسيلة لمنع دخول الشمس و لحماية المبني والسكان من تاثير هذه الاشعة صيفا ، حيث تمنع أوراق هذه النباتات دخول الاشعة الى داخل المبنى نتيجة لتكاثفها ، كما أنها تسمح للهواء بالمرور خلالها ، و بذلك تتغير طبقة الهواء بين النافذة وهذه النباتات باستمرار، وفي فصل الشتاء تسقط أوراق هذه النباتات مما يسمح لاشعة الشمس بالدخول الى داخل المبنى [٧] .

التظليل بالوسائل الطبيعية [٢]

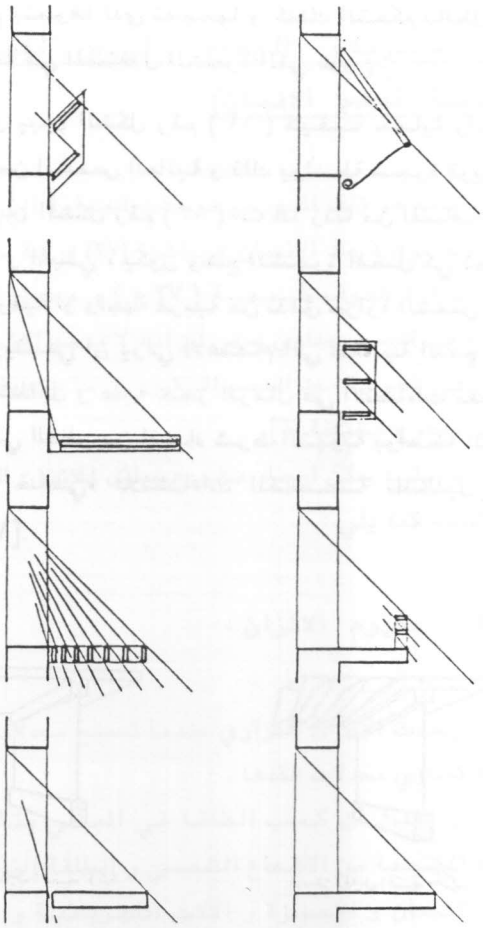
ويتوقف يأثير الظل الذي تعكسه شجرة ما على البناء على شكل و حجم قمة او تاج تلك الشجرة و كذلك على بعدها عن المبنى . و من الممكن الي حد ما التحكم بهذا الظل الذي تعكسه الشجرة القائمة وذلك علي اساس مدي التحكم بنموها لدى تقليمها و كذلك التحكم بالظل الذي ستعكسه في المستقبل الشجرة التي تزرع .

و يبين الشكل رقم (١١) كيفية حماية واجهة جنوبية من الشمس العالية و ذلك بواسطة شجرة قريبة ، بينما يبين الشكل رقم (١٢) انه اذا زدنا من المسافة بين الشجرة و المبني ، يكون وضع الشجرة افضل كي تحمي واجهة شرقية او واجهة غربية من تدفق حرارة الشمس .

وينبغي ان يولي الاهتمام الي امكانية الدمج بين عملية التظليل و عليه حجز الرمال في الانشاءات نفسها وكذلك الي الخطر من افساد شرط التهوية بواسطة اتباع مفهوم خاطيء للانشاءات المخصصة للتظليل من الشمس[١].



شكل رقم (٩)
وسائل التظليل المختلفة [٣]



شكل رقم (١٠)
وسائل التظليل المختلفة [٨]

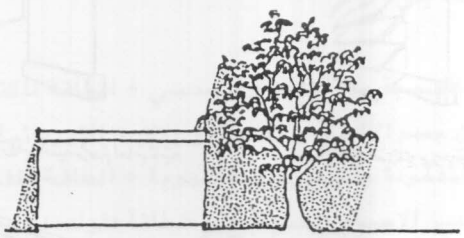
٢- **انعكاس الاشعة علي المساحات الخارجية للبناء (زوايا الشمس)**

و يتم التنظيم عن طريق اختيار المواد اختيارا صحيحا او عن طريق معالجة خاصة للسطح (كالطلاء الجيري مثلا) .

جدول رقم (٢) يوضح عوامل الانعكاس [٢]

الارض	٦ ٪
الخرسانة	٦ ٪
الرمل الابيض	٩ ٪
الطوب الاحمر	٣٠ ٪
الايترنيت الابيض	٦٠ ٪
الطلاء الجيري أو الكلسي	٨٠ ٪
الواح الالمينيوم	٨٠ ٪

و يوصي من وجهة نظر المحافظة علي الحرارة باعتماد العامل الانعكاسي الاعلي . غير انه ينبغي الا يهمل مثلا موضوع الوهج الذي يحصل بالنسبة للمساحات ذات الانعكاس العالي الدرجة كالطلاء الجيري مثلا.

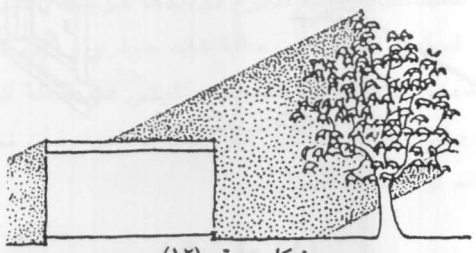


شكل رقم (١١)

٣- **التدفق الحراري عبر الجدران والسقوف تحت تاثير الاشعاع الشمسي**

٣-١ **خزن و انبعاث الحرارة:**

الطاقة الشمسية التي لا تعكسها سطوح المواد المستخدمة في البناء يتم امتصاصها كحرارة مخزونة . تخترق المواد من الخارج نحو الداخل بسرعة تتناسب و درجة التوصيل الحراري لدى المادة * ، ومن السطح الداخلي هذا تنبعث نحو الهواء و من ثم نحو السطوح الاخري في الغرفة .



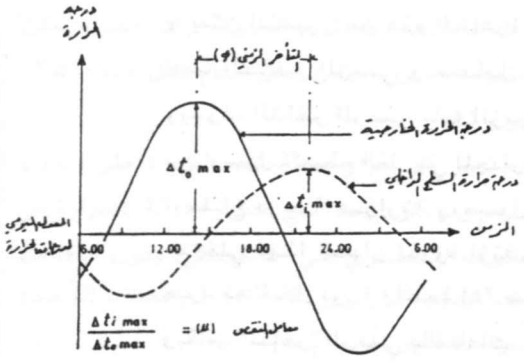
شكل رقم (١٢)

٢-٣ أهمية التدفق الحراري [٣]

أن معرفة التأخر الزمني و معامل النقص لعناصر المبني المختلفة تعتبر من الامور المهمة للمصمم . فالمصمم يهدف من خلال التصميم الحراري الجيد الي تأمين الراحة لشاغلي المبنى ، ويتأتي ذلك من منع الكسب الحراري في الاوقات التي يكون فيها فائضا من التدفق الحراري الى داخل المبنى، بينما يسمح بهذا الكسب في الاوقات التي يتزايد فيها الفقد الحراري . ويمكن تحقيق ذلك برسم العلاقة بين تغير درجات الهواء الخارجي و درجة حرارة السطح الخارجي للاجسام و العناصر الانشائية على مدار ساعات اليوم الواحد للواجهات الاربع مع السقف لأي مبني ، و بالتالي يتم تحديد التأخر الزمني المطلوب لكل منها بحيث يمكن الاستفادة من تأثير الخزن الحراري للأجسام .

٣-٣ التأخر الزمني و معامل النقص [٣]

في الطبيعة تخلق التغييرات المناخية حالة عدم ثبات . فالتغير اليومي لدرجات الحرارة يحدث في دورة متكررة مداها (٢٤) ساعة . و يكمن تأثير هذا التغير على المباني في التبادل الحراري بينها وبين الطبيعة ، ففي ساعات النهار الحارة خلال فصل الصيف تتدفق الحرارة من الخارج الى الداخل حيث يختزن قسم منها . و في ساعات الليل الباردة ينعكس هذا الاتجاه اذ يصبح التدفق الحراري من الداخل الى الخارج . و حيث أن هذه الدورة متكررة يوميا فانها تسمى بالتدفق الحراري الدوري. و يبين الشكل التغيرات اليومية لدرجات الحرارة الداخلية والخارجية .



شكل رقم (١٣) التغيرات اليومية لدرجات الحرارة الداخلية و الخارجية

ففي الصباح و مع بدء زيادة درجة الحرارة الخارجية تبدأ الحرارة بتسخين السطح الخارجي لجدران المبنى . و يمتص كل جزيء من جزيئات الجدران كمية محددة من الحرارة لكل تغير في درجة الحرارة مقداره درجة واحدة ، و تعتمد هذه الكمية علي السعة الحرارية النوعية لمادة الجدار . وبارتفاع درجة حرارة هذه الجزيئات المجاورة لها هي الاخرى تقوم بدورها بامتصاص كمية من الحرارة ، وهكذا تبدأ الحرارة بالانتقال رويدا رويد ا من الخارج الي الداخل كما يبينه الخط المتقطع في الشكل رقم (١٣) .

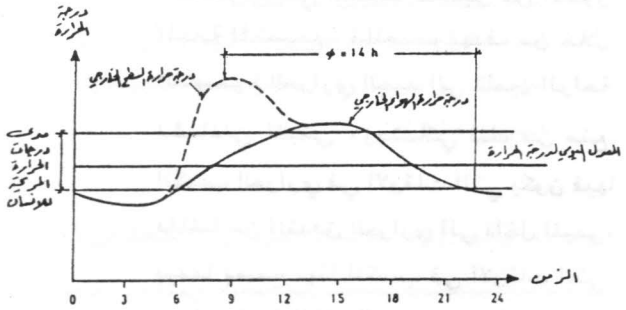
---

* **التوصيل الحراري** : و يعرف بانه مقدار التيار الكهربائي (بالواط) المار عموديا من خلال وحدة مساحة (متر مربع) من سطح وسط مادي سماكته وحده طول (متر) و ذلك بفعل فرق في درجة الحرارة بين سطحيه مقداره درجة مئوية واحدة (التوصيل الحراري للحوائط يتناسب عكسيا مع سمك هذه الحوائط).

بعد ان يصل السطح الخارجي الي ذروة ارتفاع حرارته عند فترة الظهيرة تكون الحرارة لا تزال تنتقل ببطء الي السطح الداخلي . و مع بدء انخفاض درجة حرارة الجو يبدأ الجدار بتشتيت الحرارة المختزنة فيه الي الخارج و الي الداخل . وعند انخفاض درجة حرارة الجو تبدأ الحرارة المختزنة في الجدار بالتدفق الي الخارج . وعندما تصبح درجة حرارة الجو الخارجي أقل من درجة الحرارة الداخلية يتغير اتجاه التدفق الحراري كليا ليصبح من الداخل الى الخارج .

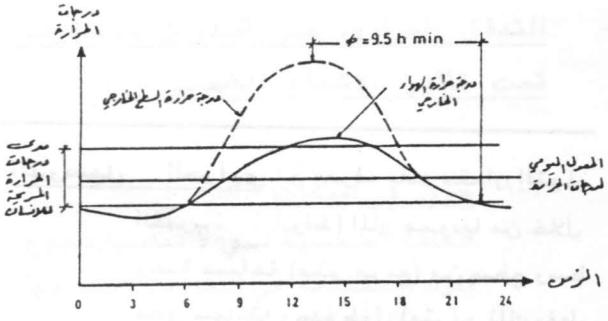
و يمكن التعبير عن هذه الظاهرة بقيمتين هما التأخر الزمني و معامل النقص . ويعرف التأخر الزمني بأنه الزمن الفاصل بين وصول السطح الخارجي للجدار الي ذروة ارتفاع درجة حرارته ووصول السطح الداخلي لهذا الجدار لذروة ارتفاع درجة حرارته خلال دورة واحدة (٢٤ ساعة) ، ويقاس التأخر الزمني بالساعات . و يعرف معامل النقص على أنه النسبة بين أعلى قيمة لدرجة حرارة السطح الداخلي لجدار وأعلى قيمة لدرجة سطحه الخارجي خلال دورة واحدة (٢٤ ساعة) ، مقاسة من معدل درجة الحرارة اليومية .

الواجهات الشرقية : من المعروف أن الواجهات الشرقية في أي مبنى تتعرض لأشعة الشمس المباشرة في الفترة الصباحية ، و عليه تكون درجة حرارة السطوح الخارجية لهذه الواجهات أعلى ما يمكن خلال فترة الصباح . الا أن درجة حرارة الجو الخارجي تكون أدنى ما يمكن خلال منتصف الليل. و عليه ، و بغرض الاستفادة من الطاقة المخزنة في هذه الواجهات خلال الليل فلا بد أن يكون التأخر الزمني لها عاليا ويتجاوز (١٢) ساعة . و يبين الشكل رقم (١٤) مثالا علي هذه الواجهات .



شكل رقم (١٤) تغير درجة حرارة الواجهات الشرقية

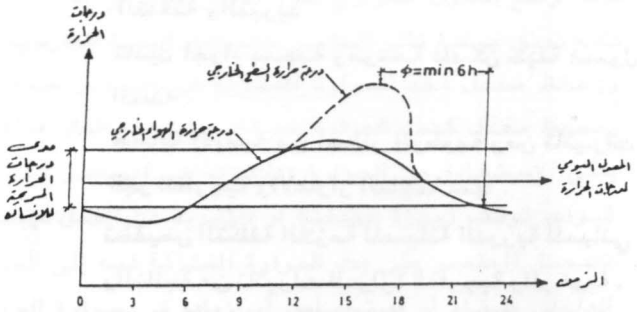
الواجهات الغربية : خلافا للواجهات الشرقية ، فان الواجهات الغربية تتعرض لاشعة الشمس المباشرة في فترات بعد الظهر حيث تصبح خلالها درجة حرارة السطح الخارجي لهذه الواجهات أعلى ما يمكن . وبغرض الاستفادة من الطاقة المخزونة في هذه الواجهات خلال فترات الليل التي تنخفض فيها درجات الحرارة الخارجية الى أدنى ما يمكن ، فلا بد من استخدام واجهات ذات تأخر زمني منخفض نوعا ما و لا يتجاوز (٨) ساعات . و يبين الشكل رقم (١٥) مثالا على هذه الواجهات .



شكل رقم (١٥) تغير درجة حرارة الواجهات الغربية

السقوف : تتعرض السقوف لاعلي معدل من كثافة الأشعة الشمسية الساقطة خلال فترة الظهيرة ، حيث تكون فيها درجة حرارة السطح الخارجي لهذه

السقوف أعلي ما يمكن . و عليه ، فإن التأخر الزمني لهذه السقوف لا بد و أن يكون متوسطا و يقع في حدود (١٠) ساعات حتي يمكن الاستفادة من الطاقة المخزنة فيها خلال فترات الليل الباردة . و يبين الشكل رقم (١٦) مثالا للسقوف .



شكل رقم (١٦) تغير درجة حرارة السقوف

الواجهات الجنوبية والشمالية: كما هي الحال في السقوف ، فإن الواجهات الجنوبية تكون معرضة لأقصى معدل لكثافة الأشعة الشمسية خلال فترات الظهيرة ، وبشكل خاص خلال فصل الشتاء حيث تكون الشمس فوق النصف الجنوبي من الكرة الأرضية . أما الواجهات الشمالية فإن معدل كثافة الأشعة الشمسية الساقطة عليها يكون قليلا وخلال فترة لا تتجاوز شهرا واحدا من أشهر بداية الصيف ، حين تكون الشمس واقعة فوق أقصى نقطة من نصف الكرة الشمالي ، كما تكون هذه المعدلات أقصى ما يمكن خلال فترة الظهيرة كما هي الحال في الواجهات الجنوبية والسقوف . وعليه، تعامل الواجهات الجنوبية والشمالية كالسقوف من حيث التأخر الزمني المتوسط .

٤- تدفق الإشعاع الشمسي خلال النوافذ والواجهات الزجاجية :

تشكل النوافذ نسبة لا يستهان بها من مساحة الجدران الخارجية للمباني قد تصل إلى أكثر من ٢٠٪ من مجمل المساحة الخارجية لهذه الجدران [٣] وحيث أن الإنتقالية الحرارية للنوافذ عالية نوعا ما مقارنة مع الإنتقالية الحرارية للجدران المصمتة فإن معدل التدفق الحراري خلالها لوحدة المساحة يكون أعلى من معدل التدفق الحراري خلال الجدران المصمتة .

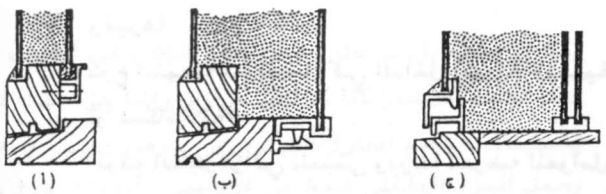
ويمكن التغلب على هذه الظاهرة عن طريق الآتي :

١- إستعمال أطر مصممة خصيصا لتقليل الإنتقال الحراري خلالها عن طريق فصل جزئيها الخارجي والداخلي بمادة ذات توصيل حراري منخفض .

٢- إستعمال النوافذ ذات الزجاج المزدوج ويمكن إستعمال الجزء الداخلي لها متحرك لتحريكه كلما دعت الحاجة .

هذا ومن الممكن منع الحرارة من إجتياز الجدران وذلك باستخدام المواد العازلة وهذا إجراء يمكن إعتماده وسوف يكون الحل العام لمثل هذه المشكلة بدون شك .

وتعتبر كل مواد البناء لها القدرة على العزل الحراري ولكن المادة التي تعتبر عازلة للحرارة في العرف المعماري هي المادة التي يكون معامل التوصيل الحراري لها أقل من نصف الوحدة الحرارية البريطانية [١٠] .



(أ) أطار معدني داخلي مصمم ثابت
(ب) إطار بلاستيكي داخلي سهل التركيب مثبت من طريقة مكبس لسهولة خلعه مبدئيا
(ج) الشباك الداخلي المنزلق في الإطار المعدني مصمم لسهولة المرونة بتغير المناخ

شكل رقم (١٧) مرجع [٩]

الهدف من العزل الحراري في البناء وفوائده:

يهدف العزل الحراري في البناء إلى التقليل من إنتقال الحرارة خلال أجزاء البناء وعناصره الخارجية سواء كان ذلك من داخل المبنى إلى خارجه كما هو الحال في فصل الشتاء (فقدان حراري) أو من الخارج إلى الداخل كما هو الحال في فصل الصيف (كسب حراري) .

وتتعلق كمية الحرارة المنتقلة خلال العناصر الإنشائية الخارجية للمبنى وقدرتها على عزل الحرارة بالعوامل التالية [٣] :

- الإنتقالية الحرارية * لكافة عناصر البناء التي تحد المبنى بالهواء الخارجي كالجدران والأسقف والأبواب والنوافذ .
- نوع المواد المكونة لجدران وسقف المبنى وتركيب طبقاتها وتوزيعها وسماكتها وقدرة هذه الطبقات على عزل الحرارة واختزانها .
- نوع الشبابيك الخارجية المستعملة ومساحتها واتجاهها الجغرافي ومدى إحكامها لتسرب الهواء وقدرتها على توصيل الحرارة (زجاج مفرد أو مزدوج) والوسائل المتخذة للتخفيض من الإشعاع الشمسي أو تأثير الرياح كالستائر والمظلات وغيرها ...
- نوع التهوية المستعملة في الداخل (تهوية طبيعية أو ميكانيكية) .
- الموقع الطبوغرافي للمبنى ودرجة تعرضه للعوامل الجوية .

*الإنتقالية الحرارية للعناصر : هي التيار الحراري (بالواط) المنتقل خلال متر مربع واحد من العنصر الإنشائي خلال طبقاته المختلفة بعامل تأثير فرق مقداره درجة مئوية واحدة بين درجة حرارة الهواء داخل وخارج المبنى .

فوائد العزل الحراري :

هناك فوائد عديدة يمكن جنيها من عزل المباني حراريا . وتتلخص أهم مزايا وفوائد العزل الحراري في النقاط التالية :

* توفير في استهلاك الطاقة اللازمة لأغراض التدفئة والتبريد .
* تأمين أجواء صحية ومريحة للسكن طيلة فصول السنة .
* حماية الأبنية من أخطار الرطوبة ومن تأثيرات الجو الخارجية والأضرار الناجمة عنها .
* تخفيض التكلفة اللازمة للصيانة الدورية للمباني والناتجة عن تأثيرات الحرارة الخارجية والرطوبة .
* تخفيض التكلفة الأساسية لأجهزة ومعدات التدفئة والتبريد وتلك اللازمة لصيانتها .

وأنه لمن البديهي أن يكون لهذه العوازل تكلفة رأسمالية إضافية تنشأ عن ثمن المواد المستعملة سواء أكانت مواد عازلة أم مواد أخرى مساندة تستخدم لأغراض تثبيت هذه العوازل (وتختلف نوعية المواد المساندة وكمياتها حسب نوع النظام الإنشائي المستخدم)وتنشأ كذلك عن أجور العمالة اللازمة لتنفيذ هذا العمل . ويترتب على ذلك أن الخفض في كمية الطاقة اللازم تزويدها (نتيجة إستخدام العوازل الحرارية) سوف يتطلب إستخدام أجهزة تدفئة أو تبريد قدرتها الحرارية أقل من سابقتها ، وبالتالي أقل ثمنا ، مما يعوض بعض الفرق في التكلفة الرأسمالية .

أما من حيث التكلفة التشغيلية السنوية ، فإن المباني المعزولة حراريا تحتاج إلى كميات من الوقود أقل بكثير مما تحتاجه المباني غير المعزولة . وهذا يعني أن وفرا سنويا ثابتا سوف ينشأ معوضا زيادة التكلفة الرأسمالية وذلك خلال فترة محددة لا تتجاوز عدة سنوات .

موضع العازل الحراري وعلاقته بالإتزان الحراري [٣] :

لتخفيض مقدار الطاقة الضائعة،فإنه لا بد من تخفيض قيمة الإنتقالية الحرارية للعناصر . ويتأتى ذلك بعدد من الطرق أهمها تزويد تلك العناصر بعازل حراري مناسب .

وهناك عدة طرق أيضا لوضع وتثبيت العازل الحراري . فيمكن وضع العازل على السطح الخارجي للعنصر أو على السطح الداخلي أو في وسط العنصر . ولكل موضع منها تأثير مختلف على مقدار الخزن الحراري .

فعند وضع العازل الحراري على السطح الخارجي للعنصر فإنه يعيق عملية تأثر العنصر بالعوامل الجوية الخارجية ويحفظ معدل فقد الحرارة المختزنة في العنصر شتاء ويحفظ معدل كسب الحرارة صيفا . وفي هذه الحال فإنه يمكن الإستفادة من الحرارة المختزنة في العنصر أثناء فترات توقف أجهزة التدفئة أو التبريد عن العمل حيث سيعمل العنصر على بث الحرارة المختزنة فيه إلى الجو الداخلي شتاء أو إمتصاص أي زيادة في حرارة الجو الداخلي صيفا إلى حين حصول الإستقرار الحراري أو إعادة تشغيل الأجهزة الحرارية . وهذه العملية تساعد في المحافظة على درجة الحرارة الداخلية ثابتة لفترات معينة . وإن مثل هذه الطريقة في تنظيم درجات الحرارة يمكن الإستفادة منها في الإشغالات الدائمة مثل الوحدات السكنية حيث يطلب فيها المحافظة على ثبات درجات الحرارة إلى أقصى فترة ممكنة أثناء توقف الأجهزة الحرارية عن العمل كما هي الحال في غرف النوم ليلا وغرف المعيشة نهارا .

إن وضع العازل الحراري على السطح الخارجي يجعل من جسم العنصر كله خازنا حراريا . وحتى يصل جسم العنصر إلى حالة التوازن مع البيئة الداخلية ، فإنه يحتاج إلى كمية لا يستهان بها من الطاقة لإختزانها أثناء تشغيل الأجهزة الحرارية ، ومن ثم بثها أثناء توقف الأجهزة الحرارية عن العمل . وحيث أن الإستقرار الحراري يحدث عند تساوي معدلات إكتساب الطاقة أو تزويدها مع معدلات فقدان الطاقة فإنه يتضح أن كمية إضافية من الطاقة يجب تزويدها تعادل كمية الطاقة التي يتم إختزانها في جسم العناصر والتي سيتم بثها أثناء فترات توقف الأجهزة الحرارية عن العمل .
وكلما زاد حجم العناصر الداخلية العاملة كخازن حراري ، زاد مقدار الطاقة اللازم تزويدها لتفي بمتطلبات الإستقرار الحراري . وتسمى مثل هذه المباني بالمباني الثقيلة .

وعلى عكس المباني الثقيلة ، هناك المباني الخفيفة التي لا يوجد فيها أي عنصر داخلي خازن للحرارة ، أو أن عدد وحجم مثل هذه العناصر قليل . ويكون العنصر غير خازن للحرارة إذا وضع العازل الحراري على سطحه الداخلي ، والذي سيعيق بدوره عملية التبادل الحراري بين جسم العنصر والبيئة الداخلية . إن مثل هذه العناصر لا تحتاج إلى تزويد طاقة إضافية أثناء تشغيل الأجهزة الحرارية ، كما أن حالة الإستقرار الحراري يمكن الوصول إليها بسرعة بشرط أن تكون جميع النوافذ الحرارية الأخرى محكمة ومسيطر عليها .

أما في حالة توقف الأجهزة الحرارية عن العمل فلا يوجد ما يعوض الطاقة التي ستفقد أو تكتسب خلال تلك الفترة . ومن هنا يتضح أن مثل هذه المباني لا تكون مستحبة للوحدات السكنية أو المباني الدائمة الأشغال ، إلا أنها يمكن أن تكون جيدة للمباني ذات طبيعة الأشغال المؤقت مثل المكاتب والمصانع وما شابهها . ففي خلال فترات الأشغال اليومية يتم تزويد طاقة بمعدل يكفي لإحداث التوازن الحراري أثناءها وعند فترات عدم الأشغال كما هي الحال في فترات الليل . فليس هناك من حاجة لأي طاقة في مثل هذه المباني . وعليه ، فإن أي طاقة مختزنة فيها تعتبر طاقة ضائعة .

ويكون هناك دائما حلولا وسطية . فإذا رغب المصمم ألا يعمل جسم العنصر كلة كخازن حراري وإنما جزء منه ، فإن باستطاعته وضع العازل الحراري في موضع وسطي بحيث يعمل الجزء الداخلي فقط من العنصر كخازن حراري ، ويمكن بإتباع هذه الطريقة تحديد حجم العناصر الخازنة للحرارة تبعا لرغبة المصمم واحتياجات أشغال المبنى .

المراجع

[١] OLGWAY, V. : Design with Climate. Princeton University Press, Princeton N.J., 1969

[٢] Bussat, F. and Sonderberg, J., Sun Protection, ASCATEP: Beirut, 1972

[٣] خضر عكاوي، م. مقدر عكروش ، كريم خماش : دليل العزل الحراري في المباني
الجمعية العلمية الملكية – عمان – الأردن – ١٩٨٨

[٤] ROGERS, T.S.: Thermal Design of Buildings, John Wiley and Sons,
New York, London, Sydney, 1964

[٥] محمد صلاح الدين السيد : المعايير التخطيطية والمعمارية لمراعاة المناخ بالمناطق الحارة الجافة ، المجلة
المعمارية (المعمار) العددين السابع والثامن السنة الثالثة ، جمعية المهندسين المعماريين المصرية ، ١٩٨٧ .

[٦] Rick Schwolsky and James Williams: The Builders Guide to Solar Construction, McGraw-Hill Book Co., New York,
1982

[٧] DANZ, E.:Sun Protection, Verlag Gerd Hatje, Stuttgart, 1967

[٨] Evans, Martin. Housing, Climate and Comfort. The Architectural Press, London, 1980.

[٩] Lowrie, Joyce Heating and Insulation. Studio Vista Ltd., London 1969.

[١٠] فاروق عباس حيدر : تشييد المباني – الجزء الثاني ، منشأة المعارف ، الإسكندرية ، ١٩٨٦ .