خطوات البحث :

تشمل منهاجية البحث :

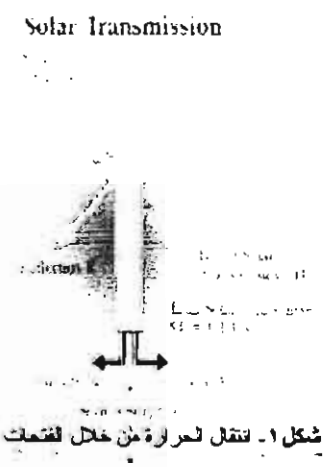
- دراسة تطوير الغلاف الخارجي للمبني باستحداث مواد جديدة .
- -دراسة خصائص مادة البوليكربونيت الفزيوحرارية .
- مقارنة بينها وبين الزجاج لبيان أهمية استخدامها .
- -عرض لبعض النماذج التطبيقية للمادة .
- مناقشة مميزات المادة والوصول إلي النتائج والتوصيات .

الفتحات الخارجية كمصدر حراري :

تعتبر الفتحات من أحد أهم المؤثرات على الوسط الحراري داخل الفراغ حيث تمثل الانتقالية الحرارية من خلالها نحو ثلاثة أضعاف الحوائط الخارجية ، كما يلعب الاشعاع الساقط علي النافذة دوراً هاماً في تحديد كمية الحرارة الداخلة للفراغ وحيث تعتبر وظيفة الفتحات هي نقل الضوء إلي الداخل فإنها تستقطب أيضا حرارة حيث تنقسم الموجات الطولية إلي ٤.-٧. ميكرون اضاءة وأكثر من ٧. حرارة وحيث أن متوسط الاشعاع النافذ من الزجاج يتراوح من ٤.-٢,٥ ميكرون فإن الزجاج يمكن أن يمنع هذه النفاذية للموجات الطولية إلي نحو ١٠ ميكرون (Givoni 69) وهكذا فإن استخدام بدائل حديثة للزجاج للتقليل من النفاذية الحرارية وهي الهدف من البحث .

يشعر الانسان بالراحة الحرارية عندما يتحقق الاتزان الحراري للجسم وهي الحالة التي تتساوي فيها الحرارة المفقودة مع الحرارة المكتسبة وذلك من خلال علاقة التبادل الحراري بين جسم الانسان وجلده والعناصر المؤثرة المحيطة عن طريق التوصيل والحمل والاشعاع (د.صلاح السيد٨٧) ويكون التوصيل والانتقال عن طريق سطح النافذة متمثل في درجات الحرارة والاشعاع الساقط عليها.بينما يبلغ تأثير الاشعاع والذي يعتمد علي نوع السطح المستقبل ضعف درجات الحرارة ويختلف من سطح لآخر (Ingersall,86) كما يعتبر الاشعاع الساقط من أهم العوامل المؤثرة علي اكتساب أوفقد الحرارة حيث تبلغ درجة حرارة الاشعاع ضعف درجة الحرارة الجافة (د. شفق الوكيل٨٥) .

ويهدف العزل الحراري إلي التقليل من انتقال الحرارة خلال الفتحات والعكس (شكل١). ويمثل السطح النافذ حوالي٨٠% من مكونات الفتحة من هنا يكمن دور السطح الزجاجي الشفاف في نفاذ الحرارة.وتتأثر درجة حرارة

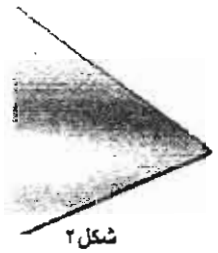


شكل١- انتقال الحرارة من خلال الفتحات

الهواء بالأشعاع المباشر + الحرارة المكتسبة للزجاج أوالمادة المزججة طبقاً للمعادلة Dt+R+A=I حيث الاشعاع المباشر المنفذ DT الاشعاع المنعكس R والاشعاع الممتص A (Ingersall,86). ويتراوح معامل المقاومة الحرارية للنوافذ ٧٥. -١٧٦. م٢م°/وات ويختلف باختلاف نظام التزجج كلما زاد هذا المعامل كلما زادت مقاومة النافذة للاكتساب الحرارى85 (Ned Nisson) وفيما يلي الخصائص الفيزيوحرارية لمادة البوليكربونيت والتي تميز بها عن الزجاج .

الخواص الفيزيو حرارية لمادة البوليكربونيت :

يبحث المعماري عن الشكل الجمالي بالاضافة إلي التصميم الحر فتتنوع المادة المنتجة من البوليكربونيت كمادة مصمتة أومتعددة الطبقات لكل من خصائصها وتطبيقاتها المناسبة لها وقد ظهرت هذه المادة منذ أكثر من ثلاثين عاما وهي مادة شفافة لها سلوك خاص حيث أنها ناتجة من تفاعلات كيميائية من مشتقات البترول والكربون .وتنقسم ألواح البوليكربونيت إلي :



شكل٢
ألواح البوليكربونيت المصمتة

أولا : الألواح المصمتة :Solid Sheets (شكل٢)

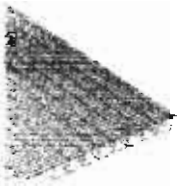
وتمثل أحد أنواع البولكربونيت الشفافة والمسنفرة يمكن تشكيلها علي البارد وتمثل حماية من آشعة ال UV(الآشعة فوق البنفسجية) من الجانبين مما يزيد من مقاومة العوامل الجوية حوالي ٩٨% يمكن تطويعه وتشكيله ليأخذ شكل المنحنى والقبوات ويتناسب سمك الألواح مع قطر الانحناءة مثلا سمك٥ مم يناسبه ٧٥٠ سم وهكذا- من الناحية الاقتصادية مقاومته للكسرلها مقاومة خاصة تمثل ٢٠٠ مرة الزجاج مما يخفض من مبلغ الصيانة ويقلل من الطاقة المفقودة ،ويمكن نقله بسهولة من مكان لأخر بدون هالك سهل التقطيع .له قدرة عالية لمقاومة النفاذ الحراري داخل المباني وفيما يلي (جدول١) يوضح بعض الخصائص الفيزيوحرارية للمادة .

ألواح البوليكربونيت مم	نفاذية الضوء	نفاذية الأشعة الشمسية	الانعكاسية	معامل التظليل
أبيض شفاف	%٨٤	%٨٤	%٩	%.٩٤
أبيض مسنفر	%٥٠	%٦٥	%٧	%.٧٥
برونز	%٥٠	%٥٥	%٧	%.٦٧
مسنفرأبيض ذومقاومة حرارية عالية	%٢٥	%٣٣	%٥٢	%.٣٨

جدول١ الخصائص الفيزيوحرارية للمادة - GE Polycarbonates sheets96

وحيث أن الضوء ينفذ من الألواح الشفافة بقيمة ٧٥-٨٧% تتراوح طبقاً لسمك اللوح فيفضل في الواجهات الجنوبية والغربية استخدام الألواح البرونزية أو الرمادية والمسنفرة مما يخفض من دخول الأشعة الشمسية وبالتالي يخفض من استهلاك الطاقة الموجبة وهو ذو حماية عالية ضد امتصاص الأشعة فوق البنفسجية وضد الاصفرار أو الخدش.

- له مقاومة عالية ضد الكسر حيث يستخدم في مجمعات الاسكواش والأماكن المرئية ويستخدم كواطيع داخلية في الاماكن الادارية .يمكن ثنيه علي البارد لعمل قبوات وفتحات مستديرةوالبلكونات والسلالم وأسقف ال skyligh لتغطية الفراغات المستديرة مثل حمامات السباحة وأسقف المصانع . يمكن عزل الصوت بعمل طبيقتين بفاصل ٥سم .



شكل٣
ألواح البوليكربونيتمتعددة الطبقات

ثانياً :البوليكربونيت المتعدد الطبقات :Structured sheets (شكل٣)

هونوع من التركيبات تزيد من المقاومة الحرارية عن طريق الهواء المحصور في الفراغات البينية وتنتقل الحرارة بالتوصيل عبر الفراغات الهوائية والتي تعمل كعازل حراري. وكلما زادت الطبقات زاد معامل المقاومة الحرارية وكذلك زيادة عدد المسافة بين الطبقات فنجد أنها مادة خفيفة لاتؤثر تعدد الطبقات علي زيادة ملحوظة بالوزن مقارنة بالزجاج.

- تناسب طبقات متعددة تغطية المناطق الخدمية والترفيهية والصناعية للمساحات الواسعة والتي يراد تشكيلها .وتمثل ألواح البوليكربونيت المتعددة الطبقات خاصية مميزة حيث أن لها طبقة حماية من ال UV من الجهة المعرضة للأشعة الخارجية تلائم الأماكن الخاصة المطلوب بها الإقلال من تأثير الاكتساب الحرارى. مثل Skyligh والقبوات والأسقف العلوية للمصانع والأسواق التجارية حيث أن لها نفاذية عالية للضوء دون إحداث زغللة.

- يحدث الاكتساب الحراري الشمسي من الأشعة الشمسية النافذة تزيد من الطاقة المكتسبة وتخفض هذه الألواح من نفاذية الاشعاع الشمسي بحوالي ٦٩% من هذا النفاذ الحراري ويمكن أن يصل إلي ٤٥% (Marlon fs-2000) ويعمل هذا علي تخفيض طاقة التبريد ويعمل أيضا كعازل يخفض من الحرارة المفقودة أثناء الليل أوعند الاحتفاظ بالحرارة.

- يعمل كعازل لل UV وللعوامل الجوية - غير قابل للكسر أو للإصفرار .

وهي مادة سهلة التقطيع يمكن لصقها بسهولة بمادة إيبوكسية أو من بوليبترين سهلة التنظيف بالماء والمنظفات العادية أو الكحول ويتم تركيبه علي حلوق خشبية أو ألومنيوم أو PVC

- يمكن استخدامها كحوائط داخلية من سمك ٢٠-٣٠سم - ممرات للمشاه وتغطيات لحمامات السباحة.

توفير للطاقة الحرارية داخل المباني:

يمكن أن توفر حوالي ٤٠% عن الزجاج التقليدي ويمكن أن تزيد هذه النسبة عند استخدامها كطبقة عازلة مع الزجاج التقليدي .

خصائص المادة الطبيعية :

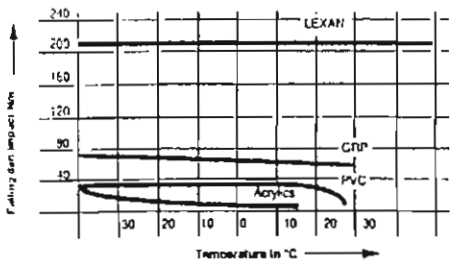
شفافة – برونز – مسنفر – ضد الحرارة – مسنفر برونز–حيث تنتج في طبقات ثنائية وثلاثية وحتي خمس طبقات ويعطي اللون برونز خصوصية للمكان مع السماح بنفاذ ضوء خفيف كما أن لها خاصية للحماية من الشمس عن الزجاج المزدوج وتعمل بذلك كعازل للفراغ الداخلي ويوضح (جدول٢) بعض خصائص الألواح متعددة الطبقات:

	السمك						
	٤	٤,٥	٦	٨	١٠	١٦	٢٠
الوزن جم/م٢	٨٠٠	١٠٠٠	٢١٠٠	١٥٠٠	٢٠٠٠	٢٧٠٠	٣١٠٠
نفاذية الضوء%							
شفاف	٨٨	٨٨	٨٨	٨٦	٨٢	٧٩	٧٧
برونز	–	–	٥٥	٤٦	٤٦	٣١	٣١
مسنفر طبقتين	٧٠	٧٠	٧٠	٦٦	٦٤	٦٤	٦١
مسنفر ٣ طبقات	٦٦	٦٣	٥٩	٥٧	٥١	٥١	٥٠
نفاذية الأشعة الشمسية%	٧٩	٧٤	٧١	٦٦	٥٩	٥٢	٤٥
u-luew/m^2k	٣,٩	٣,٩	٣,٦	٣,٤	٢,٨	٢,٢	١,٩
عزل الصوت db	١٨	١٨	١٩	١٩	٢١	٢١	٢٢

(جدول٢) بعض خصائص الألواح متعددة الطبقات GE- *Structured Products* 2000

خصائص مادة البوليكربونيت مقارنة بالزجاج:

– لها قوة ضغط عالية تتحمل الكسر عند ٢٠٠Nm عن المواد الأخري من الزجاج وخمسة أضعاف الأكريليك (شكل٤).مقاوم للكسر اليدوي مما يجعله مادة آمنة للمناطق السكنية والتجارية .

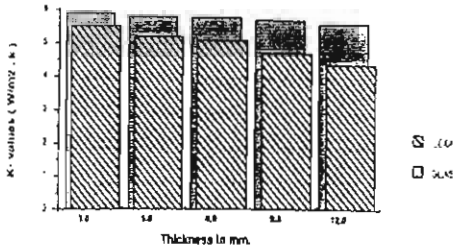


شكل ٤ – قوة تحمل المادة ضد الكسر
GE- *Polycarbonates Sheet 96*

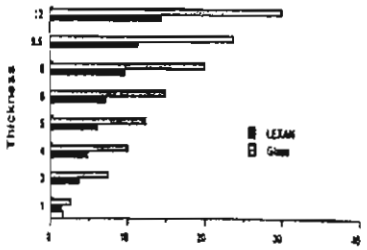
– لها أداء حراري متميزويوضح (جدول٣) مقارنة بين المقاومة الحرارية لمادة البوليكربونيت والزجاج لنفس السمك كما يوضح (شكل٥) قيمة الأداء الحراري للمادة والتي تزيد كلما زاد سمك اللوح.

السمك (مم)	ألواح البوليكربونيت	الزجاج
	٥,٦٦	٥,٨٨
	٥,٤٩	٥,٨٧
	٥,٢١	٥,٨٢
	٥,٠٩	٥,٧٧
	٤,٨٤	٥,٧١
	٤,٦١	٥,٦٦
	٤,٣٥	٥,٥٨

جدول٣- المقاومة الحرارية لمادتي
البوليكربونيت والزجاج Marlon fs -2000



شكل ٥- مقارنة بين الأداء الحراري
للزجاج والبوليكربونيت-*GE-Poly. Sheet 96*



شكل٦- مقارنة بين وزن لوح ٣مم زجاج
وآخر بوليكربونيت*GE-Poly. Sheet 96*

- سهلة التقطيع بدون هوالك وسهلة التركيب لها قابلية التشكيل علي البارد .
- يقل وزن البوليكربونيت بنحو نصف وزن الزجاج تقريبا وهو ما يعطي ميزة لاستخدامه وسهولة تناوله (شكل٦).
- له مقاومة عالية لأشعة الشمس وخاصة الضارة منها الفوق بنفسجية فتعكس نحو ٩٨ % منها مقاوم للأحماض والمواد الكيميائية ومقاوم للعوامل الجوية وخاصة التغير في درجات الحرارة الخارجية اكثر من الزجاج .
-لايتأثر بمواد البناء العادية من خرسانة وطوب وغير ذلك وله خواص مقاومة الحريق وتؤخر من زمن الحريق .
-له خاصية متميزة لامتصاص الصوت بنحو ١٠% عن الزجاج .

الخلاصة :

- تعتبر منتجات البوليكربونيت مواد تكنولوجية متطورة تفي باحتياجات عملية البناء ادخلت كمادة تستعمل في الغلاف الخارجي للمبني وكتغطية علوية وكذلك كحوائط داخلية (قواطيع) حيث يتنشر استخدام ألواح البوليكربونيت في دول العالم المتقدمة. لها معالجة ضد الأشعة فوق البنفسجية وضد الكسر والصدمات وخفيفة الوزن مما يسهم في سهولة النقل. وتوفر هذه

الضوء بكفاءة أكبر حيث تحد من نفاذية الأشعة الضارة من الأشعة فوق البنفسجية كما تعكس الأشعة تحت الحمراء بنسبة ٤٠% أكثر من الزجاج بنفس السمك.

وينعكس نحو ٤٠% من كمية الأشعة الساقطة علي ألواح البوليكربونيت وينفذ نحو ٣٠% إلي داخل الفراغ

- تنتج في ألواح مصمتة ومتعددة الطبقات لكل منها استخداماته الخاصة في الفراغات المعمارية فيستخدم في المباني التعليمية والمكتبات العامة من الألواح المصمتة الشفافة بحيث تنفذ أكبر كمية من الضوء بينما نجد أن استخدام الألواح البرونزية أو الأزرق المصمت للواجهات الجنوبية الغربية حيث تقلل من شدة نفاذية الأشعة الشمسية وبالتالي تخفض من الموصلية الحرارية حسب سمك اللوح، ولما تتميز به من صلادة وقوة تحمل ومقاومة للكسر فتستخدم في واجهات البنوك والمباني المؤمنة ضد السرقة والمعارض الفنية حيث يمكن أن يستخدم في المعارض والمتاحف لحماية المعروضات وفي نفس الوقت هى مادة شفافة .

- ويستخدم متعدد الطبقات في الأسقف العلوية للتغطيات الخاصة لحمامات السباحة والمراكز التجارية والإدارية والمطارات حيث يمكن تشكيله بسهولة ويعطي التعدد في طبقاته الفرصة أكثر لعزل الفراغ حرارياً ليخفض نحو ٤٠% من الطاقة الحرارية داخل الفراغ كما يستخدم المستشفيات ومحطات الركاب.ويستخدم اللون البرونز مثلا في البلكونات الخارجية والفراغات التي تحتاج إلي الخصوصية حيث يتناسب كل نوع مع مكان تركيبه في الغلاف الخارجى والعلوي والتصميم الداخلي. وتعد ألواح البوليكربونيت المعالج حراريا غير الشفاف له أعلي نفاذية للضوء نحو:٨٢% وفي نفس الوقت لا ينفذ الأشعة فوق البنفسجية وهو مادة غير ضارة بيئيا ويستخم في الواجهات المعرضة للشمس أطول مدة مثل الواجهات الجنوبية والغربية .

- وعند مقارنةالموصلية الحرارية لمادة البوليكربونيت بالنسة للزجاج بنفس السمك نجد أنها تقل نحو من ٢٠- ٣٠% حسب لون اللوح .

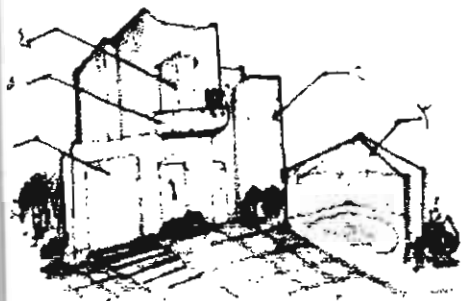
- نجد من التجارب أن زجاج سمك ٤مم حقق موصلية حرارية ٥,٨ وات/ م٢مْ ولوح الليكسان ٣,٠٠ وات/ م٢مْ وهو ما يمكنه تخفيض نسبة ترشيد الطاقة الكهربية إلي نحو ٤٢% فتقل الموصلية الحرارية إلي نحو ١,٢ وات/ م٢مْ عند استخدام لوحين مزدوجين من البوليكربونيت.

<u>مقترح تطبيقي:</u> (شكل٧)

ونعرض فيما يلي نموذجاً تطبيقياً للمادة من خلال مقترح لفيلا سكنية يستخدم فيها الآتي :

١-ألواح مسنفرة مصمتة ضد الكسر للمداخل الرئيسية

٢- ألواح مستيرة للسلم حيث يمكن تشكيلها بسهولة .



شكل٧- مقترح تطبيقي لاستخدامات ألواح البوليكربونيت - الباحثة

٣- تغطية لحمام السباحة متعدد الطبقات الشفاف لنفاذ الضوء لاحساس باستمرارية الفراغ

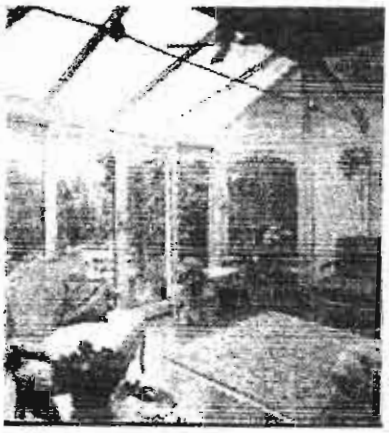
٤- ألواح مصمتة شفافة أورمادية للنوافذ الخارجية حسب اتجاه الواجهة

٥- استخدام اللون البرونزي لاضفاء الخصوصية في البلكونات الخارجية

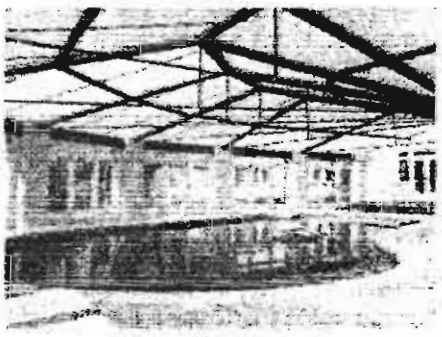
٦- استخدام ألواح البوليكربونيت متعددة الطبقات لبوابة الجراج للحماية من السرقة .

وفيما يلي عرض لنماذج تطبيقية استخدم فيه البوليكربونيت في المباني الادارية والفراغات المعيشية حيث تتداخل الطبيعة مع الفراغ وتقلل من الموصلية الحرارية كما يستخدم كقواطيع داخلية وفي التراسات الخارجية وتغطيات حمامات السباحة والمباني العامة :

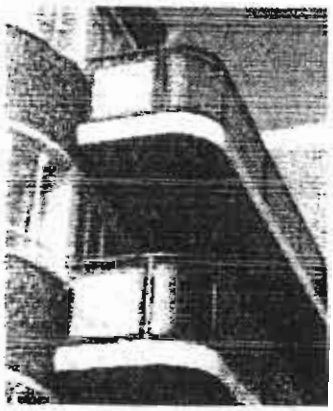
شكل٨ - في البنوك والمباني الادارية (الباحثة)



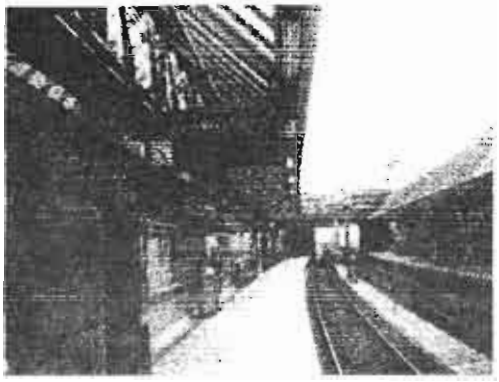
شكل٩- في الفراغات المعيشية لتقليل الموصلية الحرارية Marlon fs2000



شكل١٠ - تغطية حمامات السباحة
Marlon fs 2000



شكل١١ - يستخدم اللون البرونزي في التراسات Lexan St 5000 - 1999



شكلي ١٣،١٢- في المطارات ومحطات القطارات
(الباحثة) ألمانيا

النتائج والتوصيات :

١- تستخدم البوليكربونيت كمادة بديلة للزجاج تعمل عازل حراري للفراغات وتخفض من الاكتساب الحراري للأشعة الشمسية حيث يمكن التوسع في تصميم فتحات انارة في الواجهات الغربية والجنوبية مع اختيار ألوان رمادية أو برونزية لحجب الأشعة الضارة والسماح بنفاذ الضوء الطبيعى وفي الوقت ذاته تسمح للمعماري بالتفكير الحر للفراغات ذات البحور الكبيرة حيث أعطت المادة مرونة في التغطية وفي نفس الوقت توفير الطاقة الحرارية وبالتالي توفير الطاقة الموجبة من استهلاك للطاقة الكهربية .

٢- المادة متعددة الخصائص ولها أنواع متعددة تنافس مادة الزجاج من حيث أنهاتقل بنسبة تصل إلي نصف وزن الزجاج وسهلة النقل ومقاومة للخدش فيقلل ذلك من الهالك الذي يتكون نتيجة أعمال النقل والتركيب .

٣- تتميز المادة بأنها تعكس الأشعة الضارة لتصل إلي ٩٨% من الأشعة فوق البنفسجية

٤- تتميز المادة بأن لها مقاومة عالية للنفاذية الحرارية فتناسب أجواءنا الحارة وخاصة بالنسبة عند اختيار المعماري للألوان الرمادية والبرونزية حيث تقل النفاذية الحرارية نحو ٤٠% عن الزجاج مما يوفر في استهلاك في الطاقة الكهربية داخل المباني السكنية والعامة .

التوصيات :

مما سبق نوصي بالتوسع في استخدام تطبيقات مادة البوليكربونيت في تصميم الغلاف الخارجى للمباني من فتحات وأسقف علوية تغطي احتياجات الفراغات من اضاءة طبيعية أو أسقف وفي الوقت ذاته توفر طاقة حرارية وهو هدف البحث .

References & Bibliographies :

- B. Givoni – *Man Climate & Architecture*- Elsevier publishing COM. limited 1969 NK
- GE- *Polycarbonates Sheet* – Technical Report –Lab 1996-U.S
- GE- *Structured Products Lexan Sheet* -2000 U.S
- Koenigsberger,Ingersoll,Mayhew,Szokolay, *Manual Of Tropical Housing and Building*, 1986,Longman Limited, London
- Laurence Berkeley Laboratory. *From Lab to Market Place* Dept. Of Engineering 1998 California U.S..
- Laurence Berkeley Laboratory. *Building Technologies Program*, Annual report, 1994 California U.S.
- Lexan St 5000-*Lastra di Policarbonato* -1999- Italy
- Marlon fs properties –*Fabricating guidelines*-2000 –UK
- Ned Nesson ,Gantam Dutt, *The Superinsulated Home Book* -1985- New York John Wiky & Sons

- د. شفق عوض الوكيل – د. محمد عبد الله سراج – *المناخ وعمارة المناطق الحـــارة* – ١٩٨٥-عالم الكتاب .
- د. محمد صلاح الدين السيد – *الراحة الحرارية للانسان داخل الفراغات المعماريـــة* – ١٩٨٧- مجلة جمعية المهندسين المصرية
- د/ محي الدين سليقيني – *العمارة البيئية* –٢٠٠١- دار قابس .
- وزارة الإسكان والمجتمعات العمرانية – *المواصفات العامة المصرية* – أعمال العـــزل الحراري –١٩٩٩