تأثير تصميم الغلاف الخارجي للمبنى
على الإكتساب الحراري والراحة الحرارية للمستعملين
منهج لعملية التصميم البيئي للغلاف الخارجي للمباني

إعـــــــــــداد

المهندس / محمد عبد الفتاح أحمد العيسوي

رسالـــة مقدمـــة إلى كليـــة الهندســـة ، جامعـــة القاهرة
كجـــــزء من متطلبـــــات الحصـــــول على درجـــــة
المـــاجســـــتـــير في التصـــمـــــيم البيـــئي

قســـــم الهندســـــة المعمـــاريـــــــة
كليـــة الهندســـة ، جامعـــة القاهـــــرة
مارس 2003

الـــــمـــــوضـــــوع		الصفحة
مقدمة البحث	.....	1
الخلفية التاريخية	.....	2
المشكلة البحثية	.....	2
هدف البحث	.....	3
تسلسل البحث	.....	3
الباب الأول: التصميم المناخي في العمارة	.....	5
1-1 تمهيد	.....	6
1-2 الخلفية التاريخية للفكر البيئي في العمارة	.....	7
1-2-1 العمارة المصرية القديمة	.....	7
1-2-2 العمارة الإغريقية	.....	10
1-2-3 العمارة الرومانية	.....	11
1-2-4 العمارة البيزنطية	.....	12
1-2-5 العمارة القوطية	.....	13
1-2-6 العمارة الإسلامية	.....	14
1-2-6-1 الطابع العام لتخطيط المدينة السكنية	.....	15
1-2-6-2 الفتحات الخارجية بالمباني	.....	15
1-2-6-3 المعالجات الخارجية	.....	16
1-2-6-4 خط القطاع الرأسي	.....	18
1-2-6-5 طرق الإنشاء	.....	18
1-2-6-6 إستخدام الأفنية	.....	18
1-2-6-7 إستخدام الملقف	.....	20
1-2-7 حركة العمارة الحديثة ما بعد الثورتين الصناعية والفرنسية	.....	22
1-3 مفهوم وأهداف التصميم المناخي	.....	23
1-3-1 تعريف التصميم المناخي	.....	23
1-3-2 تحقيق الراحة الحرارية لمستعملي الفراغ	.....	23
1-3-3 توفير ظروف مناخية آمنة لمستعملي الفراغ	.....	23
1-3-4 تحقيق الأهداف بأقل قدر من التكاليف	.....	25
1-4 المشاكل التي تواجه التصميم المناخي	.....	25
1-4-1 مشاكل ترجع للمهندس المصمم	.....	25
1-4-2 مشاكل ترجع للمالك	.....	26

1-4-3 مشاكل ترجع لظروف الموقع المحيطة	.....	27
الـــــمـــــوضـــــوع		**الصفحة**
1-4-4 مشاكل ترجع للحياه العامة	.....	27
1-5 تكاليف المعالجات والحلول المناخية	.....	28
1-6 مقاييس الراحة الحرارية	.....	31
1-6-1 تأثير أشعة الشمس والإشعاع الحراري	.....	32
1-6-2 تأثير درجة حرارة الهواء	.....	34
1-6-3 تأثير الرطوبة النسبية	.....	34
1-6-4 تأثير الرياح	.....	34
- الخلاصة	.....	35
الباب الثاني: المناخ والنظام البيئي الحراري	.....	37
2-1 مستويات المناخ	.....	38
2-1-1 المناخ العالمي	.....	38
2-1-2 المناخ الإقليمي	.....	38
2-1-3 المناخ المحلي	.....	38
2-1-4 المناخ المحدود / المباشر	.....	38
2-1-4-1 الطبوغرافيا	.....	39
2-1-4-2 سطح الأرض	.....	39
2-1-5 المناخ الداخلي	.....	40
2-2 عناصر المناخ الرئيسية	.....	41
2-2-1 الإشعاع الشمسي	.....	42
2-2-1-1 مدة سطوع الشمس	.....	44
2-2-1-2 شدة أشعة الشمس	.....	44
2-2-1-3 زاوية سقوط الشمس	.....	45
2-2-2 درجة الحرارة	.....	48
2-2-3 الرطوبة	.....	50
2-2-4 الرياح	.....	51
2-2-4-1 العلاقة بين الكتل المبنية وحركة الرياح	.....	54
2-2-5 المتساقطات	.....	55
2-2-6 الظواهر الخاصة	.....	55
2-3 الأقاليم المناخية في مصر	.....	56
2-3-1 مقدمة	.....	56

الصفحة	الموضوع	
56	2-3-2 أقاليم مصر المناخية	.....
57	2-3-2-1 التقسيم الجغرافي	.....
57	2-3-2-2 تقسيم التصميم المناخي	.....
61	2-3-2-3 الأقاليم المناخية العمرانية	.....
65	2-3-3 التمثيل البياني للمعلومات المناخية	.....
65	- الخلاصة	.....
67	**الباب الثالث: الغلاف الخارجي للمبنى**	.....
68	3-1 المقدمة	.....
69	3-2 عناصر الغلاف الخارجي للمبنى	.....
70	3-2-1 الأسقف	.....
72	3-2-1-1 المعالجات المناخية للأسقف	.....
74	3-2-1-2 ظاهرة إنتشار المخلفات فوق أسطح البيوت	.....
75	3-2-2 الحوائط	.....
77	3-2-3 الفتحات الخارجية	.....
84	- الخلاصة	.....
86	**الباب الرابع: الإشعاع الشمسي والبيئة المبنية**	.....
87	4-1 مقدمة: الإكتساب الحراري من الإشعاع الشمسي	.....
87	4-2 معدل تدفق الأحمال الحرارية عبر الغلاف الخارجي للمبنى	.....
89	4-3 حساب معدل التبادل الحراري للمنشأ	.....
89	4-3-1 عملية التبادل الحراري للمنشأ	.....
91	4-3-2 حساب الأحمال الحرارية على المنشأ	.....
91	4-3-2-1 الإنتقال الحراري عن طريق الإشعاع	.....
100	4-3-2-2 التبادل الحراري عن طريق الحمل	.....
101	4-3-2-3 التبادل الحراري عن طريق التوصيل	.....
108	4-3-2-4 التبادل الحراري عن طريق التكثيف	.....
111	- الخلاصة	.....
112	**الباب الخامس: خواص النافذة وتأثيرها على السلوك الحراري للمبنى**	.....
113	5-1 مقدمة: الفتحات الخارجية بالمباني	.....
116	5-2 التحكم في حركة الهواء من خلال فتحات المبنى	.....

الصفحة	الموضوع
116	5-2-1 وظائف حركة الهواء داخل الفراغ .....
116	5-2-2 تقييم التهوية داخل الفراغ .....
117	5-3 تأثير موضع الفتحات الخارجية على حركة الهواء بالفراغ .....
117	5-3-1 موضع الفتحات في المسقط الأفقي .....
117	5-3-1-1 إتجاه حركة الهواء بالفراغ الداخلي .....
120	5-3-1-2 سرعة الهواء بالفراغ الداخلي .....
123	5-3-2 موضع الفتحات في القطاع الرأسي .....
125	5-4 توجيه النوافذ .....
126	5-4-1 التوجيه بالنسبة لأشعة الشمس .....
128	5-4-2 توجيه النافذة بالنسبة للرياح .....
128	5-4-3 العلاقة بين التوجيه للرياح والتوجيه للشمس .....
129	5-5 تأثير أبعاد ومساحة الفتحات الخارجية للمباني .....
129	5-5-1 التأثير على سرعة الرياح داخل الفراغ .....
131	5-5-2 التأثير على حجم التهوية المطلوبة للفراغ .....
131	5-5-2-1 العلاقة بين حجم التهوية عن طريق قوى الرياح ومساحة النافذة .....
131	5-5-2-2 العلاقة بين حجم التهوية عن طريق فرق درجات الحرارة ومساحة النافذة .....
132	5-6 إستخدام وسائل الإظلال للفتحات الخارجية .....
132	5-6-1 جوانب فتحة النافذة .....
132	5-6-2 نوع مادة الزجاج للنافذة .....
133	5-6-3 كاسرات الشمس .....
133	5-6-4 المشربيات / المخرمات .....
136	- الخلاصة .....
137	**الباب السادس: منهج للتصميم البيئي للغلاف الخارجي للمبنى** .....
138	6-1 المقدمة .....
138	6-2 دراسة منهج التصميم البيئي للغلاف الخارجي للمبنى .....
140	6-2-1 التحليلات المناخية والتمثيل البياني للعناصر المناخية .....
159	6-2-2 الدراسة المناخية للواجهات .....
162	6-2-3 تحديد زمن التخلف الملائم لكل واجهة .....
165	6-2-4 تحديد قيمة الإنتقالية الحرارية الملائمة للواجهة .....

6-2-5 دراسة نسب الإظلال والشمس على الواجهة 167

الصفحة **الـــــمـــــوضـــــوع**

6-3 دراسة تحليلية لتصميم الغلاف الخارجي لأحد المباني بالقاهرة 167

6-3-1 الدراسات الخاصة بتصميم قطاع الحائط الخارجي 167

6-3-1-1 أسس وفرضيات الدراسة 167

6-3-1-2 القطاع الأساسي للحائط الخارجي للمبنى 168

6-3-1-3 المتغيرات الأساسية في قطاع الحائط الأساسي 168

6-3-1-4 الخواص الحرارية والفيزيائية للمواد المستخدمة 169

6-3-1-5 دراسة تأثير المتغيرات على الأداء الحراري للحائط 170

6-3-2 الدراسة الخاصة بتصميم النوافذ الخارجية للمبنى 179

6-3-2-1 أسس وفرضيات الدراسة 179

6-3-2-2 دراسة نسبة الإظلال والشمس على الواجهة 183

6-3-2-3 تصميم المعالجات الخاصة بالنوافذ الخارجية 183

6-3-3 الدراسة الخاصة بتصميم سقف المبنى 183

6-3-3-1 أسس وفرضيات الدراسة 183

6-3-3-2 تصميم المعالجات الخاصة بالسقف 184

- الخلاصة 184

الخلاصة والتوصيات 185

الخلفية 186

أهداف البحث 186

منهج البحث 187

مكونات البحث 188

النتائج والتوصيات 191

المـــــراجـــــع 194

المراجع العربية 195

المراجع الأجنبية 197

رقم الجدول	عنوان الجدول		الصفحة
الباب الأول: التصميم المناخي في العمارة			
(1-1)	تحليل مبسط لبنود تكلفة الحلول المناخية والميكانيكية	.....	29
(1-2)	العلاقة بين سرعة الرياح وإحساس الإنسان بتأثيرها	.....	35
الباب الثاني: المناخ والنظام البيئي الحراري			
(2-1)	متوسط درجات الحرارة لمدينتي القدس وجاياكيل	.....	48
(2-2)	الخصائص المميزة للأقاليم المناخية المقسمة تبعا للموقع الجغرافي	.....	57
(2-3)	الأقاليم المناخية طبقا للتصميم المناخي لمصر	.....	60
الباب الرابع: الإشعاع الشمسي والبيئة المبنية			
(4-1)	كثافة الإشعاع الشمسي الكلي لمدن القاهرة والإسكندرية وأسوان صيفا	.....	92
(4-2)	كثافة الإشعاع الشمسي الكلي لمدن القاهرة والإسكندرية وأسوان شتاءا	.....	93
(4-3)	معامل الإمتصاص والإنبعاث لعدة أسطح مختلفة	.....	95
(4-4)	قيم الحرارة الشمسية لأسوأ ساعة لمدينة القاهرة	.....	97
(4-5)	الطاقة الحرارية الناتجة لمستعملي الفراغ	.....	99
(4-6)	الطاقة الحرارية المنبعثة من وحدات الإضاءة	.....	100
(4-7)	الخواص الحرارية لمواد البناء والتشطيبات	.....	103
(4-8)	قيم مقاومة التجاويف لتوصيل الحرارة	.....	104
(4-9)	معامل الإنتقال الحراري الكلي لقطاعات حوائط مختلفة	.....	105
الباب الخامس: خواص النافذة وتأثيرها على السلوك الحراري للمبنى			
(5-1)	أهم خصائص طرز النوافذ المختلفة	.....	113
(5-2)	معامل الإنتقال الحراري للنوافذ في الإتجاهات المختلفة	.....	115
(5-3)	العلاقة ما بين وضع النوافذ بالفراغ وإتجاه حركة الرياح داخل الفراغ	.....	118
(5-4)	العلاقة ما بين سرعة الرياح ومدى الإحساس بها	.....	120
(5-5)	العلاقة بين سرعة الهواء للنوافذ المتقابلة وزاوية إتجاه الرياح	.....	121
(5-6)	العلاقة بين سرعة الهواء للنوافذ المتجاورة وزاوية إتجاه الرياح	.....	122
(5-7)	العلاقة بين سرعة الرياح داخل الفراغ ومنسوب جلسة النافذة	.....	124
(5-8)	أثر توجيه الفتحات على النسبة المئوية لسرعة الرياح	.....	130
(5-9)	العلاقة بين زاوية سقوط الشمس على زجاج شفاف عادي والنسبة المئوية المارة	.....	133
الباب السادس: منهج للتصميم البيئي للغلاف الخارجي للمبنى			
(6-1)	درجات الحرارة لمدينة القاهرة	.....	141

(6-2)	درجات الحرارة العظمى والصغرى لمدينة القاهرة	.....	142
(6-3)	الرطوبة النسبية لمدينة القاهرة	.....	145
رقم الجدول	**عنوان الجدول**		**الصفحة**
(6-4)	الرطوبة النسبية العظمى والصغرى لمدينة القاهرة	.....	146
(6-5)	كمية السحاب لمدينة القاهرة	.....	149
(6-6)	المجالات المناخية لمدينة القاهرة	.....	152
(6-7)	تردد الرياح لمدينة القاهرة	.....	153
(6-8)	شدة الإشعاع الشمسي لمدينة القاهرة	.....	157
(6-9)	قيم زمن التأخير المختلفة لعدة قطاعات مختلفة من الحائط	.....	163
(6-10)	قيم زمن التأخير والإنتقالية الحرارية الملائمة لمدينة القاهرة	.....	165
(6-11)	الخواص الفيزيائية والحرارية لمواد البناء والمواد العازلة للحرارة	.....	169
(6-12)	تأثير سمك الحائط الداخلي على الأداء الحراري للمبنى	.....	171
(6-13)	تأثير نوع الطوب المستخدم بالحائط الخارجي على أداء الحائط	.....	173
(6-14)	تأثير إختلاف مادة التشطيب الخارجي للحائط على الأداء الحراري للمبنى	.....	175
(6-15)	تأثير تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة على الأداء الحراري للمبنى	.....	176
(6-16)	تأثير وجود أو عدم وجود الطبقة العازلة للحرارة على الأداء الحراري للمبنى	.....	177
(6-17)	السلوك الحراري لبدائل الحائط المزدوج	.....	178
(6-18)	زوايا الشمس الأفقية والرأسية لمدينة القاهرة خلال العام	.....	180

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
الباب الأول: التصميم المناخي في العمارة		
(1-1)	الأهرام الثلاثة – الجيزة	8
(1-2)	الممر المؤدي إلى مجموعة سقارة	8
(1-3)	معبد آمون	9
(1-4)	بعض أشكال تيجان الأعمدة الفرعونية	9
(1-5)	معبد حورس – إدفو	10
(1-6)	منظور عين الطائر لمجموعة من المعابد الإغريقية القديمة	10
(1-7)	هضبة الأكروبوليس – أثينا	11
(1-8)	معبد البانثينون	11
(1-9)	كنيسة سانت صوفيا	12
(1-10)	مسقط أفقي لكنيسة بيزنطية	12
(1-11)	منظور داخلي لكنيسة سانت صوفيا	13
(1-12)	منظور خارجي لكاتدرائية كوتانس	14
(1-13)	منظور خارجي لكاتدرائية ريمس	14
(1-14)	التخطيط المتضام للمدينة العربية قديما	15
(1-15)	نموذج لأحد الواجهات التراثية القديمة	15
(1-16)	مجموعة مساكن في قرى النوبة	16
(1-17)	إستخدام المشربيات في الفتحات الخارجية	17
(1-18)	واجهة مبنى حسن فتحي بالقلعة	17
(1-19)	مستويات الحائط الخارجي بالمباني التراثية	18
(1-20 أ)	المسقط الأفقي للدور الأرضي لمنزل جمال الدين الذهبي	19
(1-20 ب)	منظور للمقعد بالطابق الأول لمنزل جمال الدين الذهبي	19
(1-21)	إستخدام الأفنية في المنازل التراثية القديمة	20
(1-22)	كروكي توضيحي لملقف الهواء	20
(1-23)	العقود من الطوب الطفلي والمخرمات للتهوية العلوية	21
(1-24)	إستحداث طريقة لتلطيف درجة حرارة الهواء عن طريق الملقف	21
(1-25)	منظور عين الطائر لعدة مباني بجوهانسبرج	22
(1-26)	تسلسل الدراسات المناخية	24
(1-27)	نظام / آلية فقد وإكتساب الحرارة أثناء النهار والليل	33

الباب الثاني: المناخ والنظام البيئي الحراري

(2-1)	كمية الحرارة الممتصة لأنواع مختلفة من الأرضيات	39
(2-2)	تأثير طبيعة الأسطح المحيطة على تشكيل درجة الحرارة	40
(2-3)	عناصر المناخ التي تؤثر على الإنسان والمبنى	41
(2-4)	الإتزان الحراري لسطح الأرض	43
رقم الشكل	**عنوان الشكل**	**الصفحة**
(2-5)	إختراق أشعة الشمس للغلاف الجوي	45
(2-6)	كروكي حركة الشمس وتمثيل الزوايا الأفقية والرأسية	45
(2-7)	المونجرام الشمسي – منقلة الزوايا لتحديد زوايا سقوط الشمس	46
(2-8)	تمثيل لبعض زوايا سقوط الشمس صيفا وشتاءا	47
(2-9)	تأثير زاوية سقوط الشمس على طول الإشعاع الشمسي	48
(2-10)	العلاقة بين درجة الحرارة وأشهر السنة	49
(2-11)	العلاقة بين درجة الحرارة والإرتفاع عن سطح الأرض	50
(2-12)	كروكي وردة الرياح لنسب ترددات مختلفة	52
(2-13)	تأثير طبوغرافيا سطح الأرض على إتجاه الرياح	52
(2-14)	العلاقة بين شدة الرياح والمسافة التي تتخلخلها في منطقة الغابات	53
(2-15)	تأثير كثافة المزروعات على حركة الرياح	53
(2-16)	تأثير المبنى على حركة الرياح	54
(2-17)	تأثير علاقة الكتل بعضها ببعض على حركة الرياح	54
(2-18)	التقسيم المناخي لمصر تبعا للتقسيم الجغرافي	58
(2-19)	تقسيم التصميم المناخي لمصر	59
(2-20)	التقسيم المناخي للأقاليم المناخية التصميمية لمصر	62
(2-21)	الأقاليم المناخية العمرانية بمصر	64

الباب الثالث: الغلاف الخارجي للمبنى

(3-1)	أهم المؤثرات ما بين داخل وخارج المبنى عبر غلافه الخارجي	68
(3-2)	العلاقة ما بين المناخ والغلاف الخارجي للمبنى	69
(3-3)	الإنتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبنى	70
(3-4)	النفاذ الحراري خلال النهار لمواد بطيئة النفاذ الحراري	71
(3-5)	أمثلة معالجات الأسقف لتجنب الأحمال الحرارية الزائدة	73
(3-6)	إستخدام الأسقف المنحنية لتقليل الحمل الحراري	74
(3-7)	كروكي ساخر للطابع المعماري للأسقف في مصر	75
(3-8)	كروكي شدة الإشعاع الشمسي على الحائط والسقف	76
(3-9)	معالجات الحوائط لتقليل الأحمال الحرارية الزائدة	77
(3-10)	إستخدام كاسرات الشمس لمنع نفاذ أشعة الشمس	78
(3-11)	تصميم كاسرات الشمس بالواجهة	79

(3-12)	حماية الحوائط والفتحات الخارجية من أشعة الشمس	.....	80
(3-13)	تأثير زراعة المسطحات الخضراء حول المبنى	.....	81
(3-14)	دور المسطحات الخضراء داخل الأفنية في إمتصاص أشعة الشمس	.....	81
(3-15)	زراعة الأشجار حول المبنى لإلقاء الظلال عليها	.....	82
(3-16)	زراعة الأشجار حول المبنى لإلقاء الظلال عليها	.....	83
رقم الشكل	**عنوان الشكل**		**الصفحة**
(3-17)	مسطحات المياه ودورها في تشتيت الأشعة الشمسية	.....	83
(3-18)	دور المسطحات المائية في إحساس المستعمل بالراحة الحرارية	.....	84

الباب الرابع: الإشعاع الشمسي والبيئة المبنية

(4-1)	التدفق الحراري عبر الحائط	.....	88
(4-2)	حساب شدة الإشعاع الشمسي المباشر على الحوائط والأسقف	.....	92
(4-3)	حساب شدة الإشعاع الشمسي المشتت على الحوائط والأسقف	.....	95
(4-4)	بياني تدرج درجات الحرارة داخل الحائط	.....	109
(4-5)	حدوث التكثيف بالحوائط	.....	110

الباب الخامس: خواص النافذة وتأثيرها على السلوك الحراري للمبنى

(5-1)	إستخدام العناصر النباتية لتوجيه الرياح داخل الفراغ	.....	123
(5-2)	العلاقة ما بين منسوب النافذة وحركة الرياح داخل الفراغ	.....	124
(5-3)	إستخدام العناصر النباتية لسحب أو منع الهواء لدخول الفراغ	.....	125
(5-4)	تدفق الحرارة خلال سطح زجاجي لمدينة القاهرة	.....	127
(5-5)	إدخال الإضاءة الطبيعية من خلال السقف	.....	127
(5-6)	العلاقة بين إتجاه حركة الرياح بالفراغ والمحور الواصل بين النوافذ	.....	128
(5-7)	توجيه النوافذ بالنسبة للرياح	.....	129
(5-8)	العلاقة ما بين عرض الفتحات والنسبة المئوية لسرعة الرياح	.....	130
(5-9)	إستخدام كاسرات الشمس بالمباني العامة	.....	134
(5-10)	إستخدام المشربيات والمخرمات على الواجهة	.....	135

الباب السادس: منهج للتصميم البيئي للغلاف الخارجي للمبنى

(6-1)	منهج للتصميم البيئي للغلاف الخارجي	.....	139
(6-2)	درجات الحرارة لمدينة القاهرة خلال العام	.....	143
(6-3)	أقصى وأقل درجات حرارة لمدينة القاهرة خلال العام	.....	144
(6-4)	الرطوبة النسبية لمدينة القاهرة خلال العام	.....	147
(6-5)	أقصى وأقل رطوبة نسبية لمدينة القاهرة خلال العام	.....	148
(6-6)	كمية السحب لمدينة القاهرة خلال العام	.....	151

(6-7)	وردات الرياح لأشهر السنة لمدينة القاهرة	154
(6-8)	وردة الرياح لمدينة القاهرة	156
(6-9)	شدة الإشعاع الشمسي لمدينة القاهرة	158
(6-10)	درجة الحرارة الخارجية طوال العام لمدينة القاهرة	160
(6-11 أ)	درجة الحرارة الشمسية للواجهة الشمالية لمدينة القاهرة	160
(6-11 ب)	درجة الحرارة الشمسية للواجهة الشرقية لمدينة القاهرة	161
رقم الشكل	**عنوان الشكل**	**الصفحة**
(6-11 جـ)	درجة الحرارة الشمسية للواجهة الجنوبية لمدينة القاهرة	161
(6-11 د)	درجة الحرارة الشمسية للواجهة الغربية لمدينة القاهرة	162
(6-12)	زمن التأخير للأسطح الخارجية والداخلية	163
(6-13 أ)	زمن التأخير المثالي للواجهة الشمالية لمدينة القاهرة	164
(6-13 ب)	زمن التأخير المثالي للواجهة الشرقية لمدينة القاهرة	164
(6-13 جـ)	زمن التأخير المثالي للواجهة الجنوبية لمدينة القاهرة	164
(6-13 د)	زمن التأخير المثالي للواجهة الغربية لمدينة القاهرة	165
(6-14)	القطاع الأساسي بالحائط المستخدم بالدراسة التحليلية	168
(6-15)	تصميم برجولا لمنع أشعة الشمس صيفا عن الأسقف	184

تأثير تصميم الغلاف الخارجي للمبنى
على الإكتساب الحراري والراحة الحرارية للمستعملين
منهج لعملية التصميم البيئي للغلاف الخارجي للمباني

مقـــــدمـــة الـــبـــحـــث:

أولا: الخلفية التاريخية:

كانت فكرة المأوى للإنسان عبر الزمن عبارة عن حمايته، ويندرج تحت كلمة الحماية كل ما تعني من حماية للإنسان من أية أخطار محيطة به، فعلى سبيل المثال كانت فكرة المأوى في قديم الزمن أساسها الحماية من الحيوانات المفترسة والعوامل المناخية القاسية التي لا يستطيع الإنسان التعايش معها، وتطورت فكرة المأوى عبر العصور حتى عصرنا الحالي والذي ظهرت فيه المباني ليست كمأوى فقط ولكن أصبح هناك المباني النوعية الوظيفية.

فبعد أن كان المأوى في العصر القديم عبارة عن كهف في الجبل، أصبح هناك المباني من مواد الإنشاء والتشطيبات الحديثة والتي اكتشفت وتطورت عبر الزمن حتى أصبح في إمكان المالك أو المصمم أن يقوم بانهاء المبنى على الصورة التي يتخيلها، وقد مر هذا التطور بالعديد من المراحل والعديد من العصور، والتي شارك فيها العديد من المصممين والمعماريين، فمنهم من أضاف لتطور العمارة بظهور الطرز الجديدة ومنهم من ساهم في اكتشاف وتطوير مواد حديثة سواء أكانت مواد إنشائية أو معمارية، وكذلك منهم من شارك بأعماله المعمارية حتى أصبحت من تراث وحضارات الأمم، فهناك العديد من المباني التي أصبحت رمزا حضاريا للأمم تتفاخر بها وبحضارتها.

ثانيا: المشكلة البحثية:

رغم مرور العمارة بتطور كبير حتى وقتنا الحالي، فقد كان لهذا التطور مزاياه ومساوئه، فقد ارتبط تطور العمارة ارتباطا وثيقا بتطور النظريات التكنولوجية والإنشائية، بالإضافة إلى تطور المفاهيم الإقتصادية.

فمع تطور العلم التكنولوجي والإنشائي ساهم ذلك في تطور الإنشاء بالعمارة وتطور المساحات والتحرر من الأشكال التقليدية والتشطيبات التقليدية، فعلى سبيل المثال تطورت أساليب معالجات وتشطيب الواجهات الخارجية مرورا بعدة مراحل حتى أصبحت في وقتنا الحالي تنفذ كلها، وخاصة في المباني الإدارية، من مسطحات الزجاج فقط بدون استخدام أية مباني بالواجهة.

ومع هذا التطور وإزدياد الحاجة المادية والإهتمام بتحقيق الربح المادي فقط، أهملت النواحي الإنسانية لمستعملي هذه الفراغات وخاصة النواحي المناخية، فأصبحت المباني الحديثة بمعالجاتها الحديثة تمثل عبئا حراريا على

المستعمل إلى الحد الذي تطلب معه استخدام الوسائل التكنولوجية والميكانيكية لتعويض عدم تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة، الأمر الذي أدى إلى ازدياد تكلفة تشغيل المباني من الناحية التكنولوجية والميكانيكية مما أصبح يمثل عبئا اقتصاديا على المستعمل في الوقت الذي أصبحت فيه المادة هي المسيطرة على فكر وحضارات الأمم.

وقد انعكس ذلك على مصممي المبنى، فأهمل المصمم المتطلبات المناخية بناء على طلب ملاك المبنى لتقليل التكلفة المناخية لأنها من وجهة نظرهم أصبحت عديمة الفائدة.

ولذلك فقد أصبحت المشكلة هي اهمال المتطلبات المناخية لمستعملي الفراغ بسبب عدم اهتمام المصمم والمالك بالحلول المناخية المطلوبة للمستعمل لتحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغ، بعد أن كانت النواحي والمتطلبات المناخية من أحد الأهداف الرئيسية للعمارة.

ثالثا: هدف البحث:

يهدف البحث إلى تحديد الأدوات التي تمكن بها المصمم من تصميم غلاف خارجي للمبنى ليحقق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ دون اللجوء إلى استخدام الوسائل الميكانيكية بعد تنفيذ المبنى لتحقيق الراحة الحرارية، وذلك لكي يكون تصميم الغلاف الخارجي للمبنى من أحد الحلول المناخية التي تحقق نجاح المبنى، وكذلك لكي يكون المالك على دراية بأهمية التصميم المناخي لتحقيق الراحة الحرارية للمستعمل.

والبحث يطمح إلى تقديم منهج مبسط للتصميم المناخي للغلاف الخارجي للمباني، بعد أن أصبح معيار تصميم الغلاف الخارجي للمبنى هو النواحي الجمالية فقط دون الإهتمام بالنواحي المناخية رغم أهميتها في تحقيق النجاح الوظيفي للمبنى.

رابعا: تسلسل البحث:

تطرح الدراسة مفهوم (**تأثير تصميم الغلاف الخارجي للمبنى على الإكتساب الحراري والراحة الحرارية للمستعملين**) كوسيلة لفهم الظروف المناخية المحيطة بالمبنى وتأثيرها على السلوك الحراري للمبنى لاستنتاج أفضل الحلول للغلاف الخارجي للمبنى والذي يساعد بصورة مباشرة على تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ سواء في المباني العامة أو السكنية.

ويتناول الباب الأول في الدراسة دراسة تطور العمارة عبر العصور ودراسة أهم المؤثرات على المباني خلال الحقبات المتتالية، وكذلك تناول التصميم المناخي ودراسة جوانبه بدءا من مفهوم وأهداف التصميم المناخي، وتحديد المشاكل التي تواجه التصميم المناخي، وتحديد المعيار الكمي لتقييم الحلول المناخية، وحساب تكاليف هذه الحلول والمعالجات المناخية المختلفة، وكذلك التقييم الكمي للراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ.

ثم ينتقل الباب الثاني للتعرف بصورة عامة على المناخ والنظام البيئي الحراري، مشتملا على عناصر المناخ الرئيسية والتي تؤثر بصورة مباشرة على الغلاف الخارجي للمبنى ودراسة هذا التأثير المباشر، وذلك لفهم العلاقة بين عناصر المناخ والغلاف الخارجي للمبنى، وتنتقل الدراسة بعد ذلك إلى المناخ بصورة خاصة في مصر عن طريق دراسة

الأقاليم الحرارية بمصر من بيئة صحراوية أو ساحلية أو غير ذلك وذلك لإدراك العوامل المناخية المختلفة بمصر والمؤثرة على المباني التي يتم تصميمها.

ويتناول الباب الثالث التعرف بصورة عامة على الغلاف الخارجي للمبنى وعناصر الغلاف الخارجي للمبنى من حوائط وأسقف وفتحات خارجية، مع عرض مبسط لأهم المعالجات المناخية التي استخدمت في عناصر الغلاف الخارجي للمبنى، والتي اعتمد عليها الكثير من المصممين قبل ذلك، والتي مازالت تثبت نجاحها حتى الآن.

ثم يتناول الباب الرابع الدراسة أهم العوامل المناخية المؤثرة بصورة مباشرة على الغلاف الخارجي للمبنى وهي الإشعاع الشمسي، وتأثير الإشعاع الشمسي على الغلاف الخارجي والتأثير المتبادل بين الإشعاع الشمسي ونسب المبنى ولونه الخارجي وتوجيه المبنى، وتأثير توجيه المبنى على درجة حرارة الفراغات الداخلية، كما تتضمن أيضا الخصائص الحرارية لمواد البناء المستعملة ومعامل الانتقال الحراري لها، وكيفية تصميم الغلاف الخارجي للمبنى طبقا لمعامل الإنتقال الحراري الأمثل للواجهة.

ويتناول الباب الخامس أهم عناصر الغلاف الخارجي للمبنى وهي الفتحات الخارجية، والتي يكون لها تأثير كبير على السلوك الحراري للمبنى، والذي يتحدد على حسب عدة عوامل وهي موضع هذه الفتحات، وتوجيه الفتحات، وأبعاد ومساحة الفتحات، وكيفية استخدام وسائل الإظلال على الفتحات كمعالجة مناخية هامة لها دور أساسي في تحقيق الراحة الحرارية لمستعملي الفراغ.

ثم تنتقل الدراسة في الباب السادس إلى العرض المبسط لدراسة تحليلية قام بها المصمم بغرض تصميم الغلاف الخارجي لمبنى بمدينة القاهرة وتشمل دراسات تصميم الحوائط والسقف والفتحات الخارجية.

وفي النهاية فإنه من الجدير بالذكر أن المباني المصممة مناخيا والتي قام بها مهندسون معماريون في المناطق المختلفة والتي حققت مكسبا هاما في تحقيق الراحة الحرارية للمستعملين تعتبر خير دليل على الإنتماء إلى البيئة بمفهومها الأشمل وتفهم خصائص المناخ بها، وكذلك طابع المجتمع هو السبيل الأمثل لتطوير الفن المعماري بها.

1- التصميم المناخي في العمارة:

1-1 تمهيد :

إن المناخ والعوامل المناخية لا يلعب دورا أساسيا في تكوين التربة الأرضية فحسب بل إنها أيضا تؤثر على خواص النبات والحيوان في المناطق المختلفة، والأهم من ذلك هو تأثير العوامل المناخية على الطاقة الإنتاجية للإنسان وإحساسه بالراحة. فقد كان الشغل الشاغل للإنسان منذ بدء الخليقة هو محاولة التكيف مع البيئة المحيطة به والتي لا يساعده تركيبه الفيزيقي على التغير والتأقلم معها مثل الكائنات الأخرى. لذلك فإنه سكن الكهوف في الجبال والأكواخ المبنية بطرق بدائية خلال عصور ما قبل التاريخ للحماية من الحيوانات المفترسة وللتغلب على التقلبات المناخية كمحاولة منه لخلق بيئة صالحة لمعيشته. وعلى مر العصور وبعد معايشته وتفهمه لظواهر البيئة وصفاتها الجغرافية والمناخية، أمكن للإنسان بذكائه وما لديه من ملكة للخلق والإبداع، تطوير مسكنه مستفيدا في هذا المجال ممن سبقوه وذلك باستيعاب وتطوير الطرق الإنشائية المختلفة وكيفية الاستفادة بما حوله من مواد بناء وذلك بعد التعرف على خصائصها.

وبتطور أنماط الحياة وتكون المجتمعات الحضارية بات هدف الإنسان لا يقتصر على الاهتمام ببناء مسكنه فحسب، بل امتد أيضا ببناء أماكن عمله من مصانع، ومباني إدارية، ومعاهد تعليمية، ومستشفيات للعلاج، إلى غير ذلك من مبان لخدمة المجتمع الذي يعيش فيه، فأصبحت كل الأشكال المتطورة من المباني سواء السكنية أو الصناعية أو غيرها تمثل بكل بساطة التطور الطبيعي للكهف الحجري والذي كان مأوى للإنسان.

لقد كانت فكرة أن المبنى شكل من أشكال المأوى أحد المحاور الرئيسية للفكر المعماري منذ العصور القديمة وحتى عصرنا هذا والذي استحدثت فيه طرق جديدة للإنشاء واستخدمت مواد حديثة مثل الحديد الصلب والخرسانة المسلحة مما ساعد على تطور التشكيل المعماري والتحرر في التصميم، ونتج عن كل ذلك ما وصلت إليه العمارة المعاصرة من استعمال المسطحات الكبيرة من الزجاج، وأصبح لزاما على المهندس المعماري حماية الفراغات الداخلية بالمباني من أشعة الشمس ومحاولة منع نفاذ الطاقة الحرارية الناتجة عنها إلى هذه الفراغات، بهدف خلق الجو المريح لمن يستعمل هذه الفراغات سواء في عمله أو في سكناه.

فبعد أن كان من السهل حماية الفراغات الداخلية من التقلبات المناخية والحرارية خارج المبنى بوسائل بسيطة ومتعارف عليها وتحقيق الراحة الحرارية اللازمة لمستعملي الفراغ، وذلك لكون مسطحات الحوائط الصماء الخارجية كبيرة بالنسبة لمسطح الفتحات وكذلك تخانة سمك الحوائط والتي كانت قائمة أساسا على المتطلبات الإنشائية كحوائط حاملة، أصبح الآن العبء ثقيلا على المصمم لتحقيق الراحة الحرارية اللازمة للمستعمل، مما شجع على خلق الجو المناسب للإنسان لسكناه وعمله باستعمال الطرق الصناعية لتكييف الهواء. إلا أنه إذا أمكننا استعمال الطرق الصناعية لتكييف الهواء الداخلي في المباني الكبيرة، فإنه قد يصعب علينا من الناحية الاقتصادية استعمالها في المباني الصغيرة أو في المباني التي يكون العامل الاقتصادي هو الفيصل للوصول إلى فكرة التصميم الأمثل ومثال ذلك المساكن لذوي الدخل المحدود. كما أنه إذا جاز بالنسبة للدول الغنية والمتقدمة تكنولوجيا تعميم استعمال طرق التكييف الصناعي للهواء في المباني، فقد يصعب تطبيق الطريقة نفسها في الدول النامية وغير المتقدمة تكنولوجيا حيث أن

اقتصادياتها قد لا تتحمل مثل هذا الاتجاه. وحتى لو توفرت وسائل التمويل فقد يكون من غير الممكن تبني هذا النظام خاصة في المناطق النائية حيث لا تتوفر الخبرة التكنولوجية لإنجاز الأعمال على الوجه الأكمل.

ورغم وجود عدد محدود من المباني والتي تم فيها مراعاة العوامل المناخية وتحقيق الراحة الحرارية اللازمة داخلها، إلا أنه من الملاحظ أن هناك عدد كبيرا من المباني سواء العامة أو السكنية تم تصميمها دون مراعاة للعوامل المناخية إما بسبب عدم المعرفة الكافية للمعماري عن متطلبات التصميم المتوافق مناخيا، أو للتكلفة الكبيرة نسبيا للمعالجات المناخية والتي يرى المالك من وجهة نظره عدم جدوى تلك الحلول نسبة إلى تكلفتها الاقتصادية، حتى أنه ليس مبالغا فيه إذا قيل أن عملية التصميم المناخي تكاد تختفي عمليا من المكاتب الهندسية المصرية.

لذلك فإن من واجب المهندس، المعماري على الأخص، أن تكون دراساته وأفكاره أساسها التفهم العميق لإمكانيات العصر الذي يعيشه، وطبيعة المجتمع الذي يخدمه وأن تكون محققة لرغبات أفراده. كما يجب أن تكون هذه الدراسات والأفكار منتمية إلى البيئة المحيطة ومستفيدة من صفاتها الجغرافية والمناخية.بحيث يكون المنتج المعماري وكأنه يخرج أساسا من البيئة المحيطة متكيفا معها مراعيا للظروف المحيطة به، بحيث نحس وكأن هذا المنتج هو جزء من هذه البيئة المحيطة به، وكذلك التأكيد على الطابع المميز لها مع الاستفادة بما للعصر من مميزات فكرية وتكنولوجية وذلك لتحقيق متطلبات هذا العصر دون فقدان الصلة بماضينا العريق.

1-2 الخلفية التاريخية للفكر البيئي في العمارة:

لو نظرنا إلى تطور العمارة عبر العصور، وبدراسة الطابع المعماري نجد أنه كان دائما انعكاسا صادقا ومعبرا عن البيئة المحيطة بكل عناصرها من مواد إنشائية متاحة بها، وطابع خاص بالبيئة، وعناصر مناخية وما إلى غير ذلك.

فهذه البيئة المحيطة ما هي إلا نتاج التفاعلات الكثيرة والعوامل الإجتماعية والثقافية وما إلى غير ذلك، وكل ذلك يؤدي في النهاية إلى ظهور طابع عام للمنطقة، والسؤال هنا إلى أي مدى كان للناحية المناخية تأثير على الطابع المعماري وإلى أي مدى كان يهتم المعماري بتحقيق الراحه الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ ؟، وأفضل وسيلة للإجابة عن هذا السؤال هو تحليل أهم الملامح المميزة للعمارة الخاصة بكل حقبة تاريخية بصورة مبسطة كالتالي:

1-2-1 العمارة المصرية القديمة:

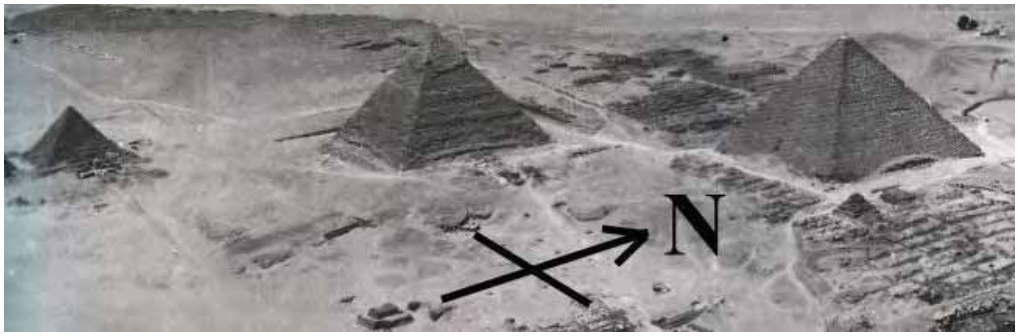
إن العمارة المصرية القديمة من أوائل الأمثلة والتي كان فيها الارتباط بين العمارة والمؤثرات الخارجية كبير، فقد كان إله المصريين القدماء هو الشمس، ولذلك كان لها التأثير الكبير على مبانيهم وخاصة مبانيهم الدينية، حيث كان لها العلاقة المباشرة بعبادتهم للشمس، وكان للعوامل الخارجية تأثير واضح على مبانيهم سواء في المسقط أو القطاع، حيث أنها لم تعد قاصرة على معالجات مناخية فقط، بل كان لديانتهم ومعتقداتهم الأثر الأكبر على هذه المباني، ومن أمثلة ذلك على سبيل المثال:

1- قيامهم بتوجيه بعض مبانيهم للاتجاهات الأصلية الأربعة، وذلك تأثرا بحركة شروق وغروب الشمس وعلاقتها بالخلود، كما في توجيه الأهرامات الثلاث إلى الاتجاهات الأصلية الأربعة، شكل (1-1).

2- استغلال الممر الأوسط في المعابد في الاضاءة الطبيعية عن طريق فرق المناسيب بالسقف بين سقف الممر الأوسط والسقف على الجانبين، كما في شكل (1-2) وشكل (1-3).

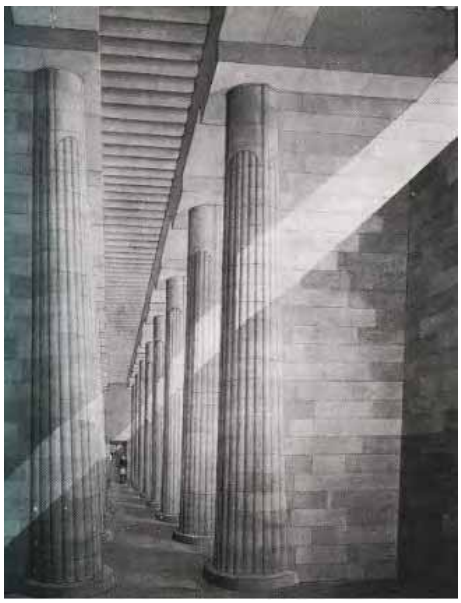
3- استخدام شكل زهرة اللوتس كتيجان لأعمدة المعابد، ونلاحظ أنه إذا كان العمود في الداخل وغير معرض لأشعة الشمس يكون التاج عبارة عن زهرة لوتس مغلقة، وإذا كان العمود في الخارج ويصل إليه ضوء الشمس يكون التاج عبارة عن زهرة لوتس مفتوحة، ويوضح شكل (1-4) بعض أشكال تيجان الأعمدة الفرعونية القديمة.

4- استخدام الأفنية (بهو الأعمدة) في مداخل المعابد في المناطق المخصصة للجمهور، حتى تستقبل الإضاءة الطبيعية، شكل (1-5).



شكل (1-1)[1]: الأهرام الثلاثة، الجيزة

منظور عين الطائر من جهة الجنوب الشرقي حيث يظهر فيها التوجيه إلى الإتجاهات الرئيسية

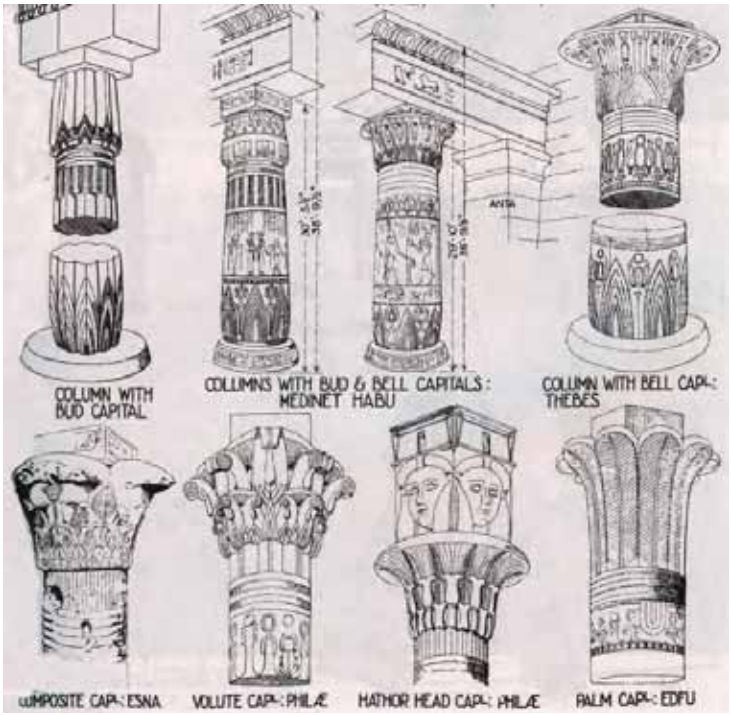


شكل (1-2)[2]: الممر المؤدي إلى مجموعة سقارة، استغلال الإضاءة الطبيعية فيه

[1] دكتور/ أحمد فخري، الأهرامات المصرية، 1988.

[2] Dan Cruickshank, Sir Banister Fletcher's, A History of Architecture, Twentieth Edition, 1996.

شكل (1–3)[1]: معبد آمون، فرق المنسوب في السقف لإستقبال أشعة الشمس من الفتحات العلوية



شكل (1–4)[2]: بعض أشكال تيجان الأعمدة الفرعونية

يتضح منها تأثر المصري القديم بالعناصر المحيطة من النباتات وإستخدامها في عمارتهم

[1] Ibid.
[2] Ibid.

شكل (1–5)[1]: معبد حورس، ادفو، إضاءة بهو الأعمدة الخارجي إضاءة طبيعية

1–2–2 العمارة الإغريقية:

اهتم الإغريق بالطبيعة، حتى أصبح في معتقداتهم أن معابدهم تبنى على التلال حتى تكون قريبة أقرب ما يكون للإله، ومن أمثلة تأثير العوامل الخارجية عليهم:

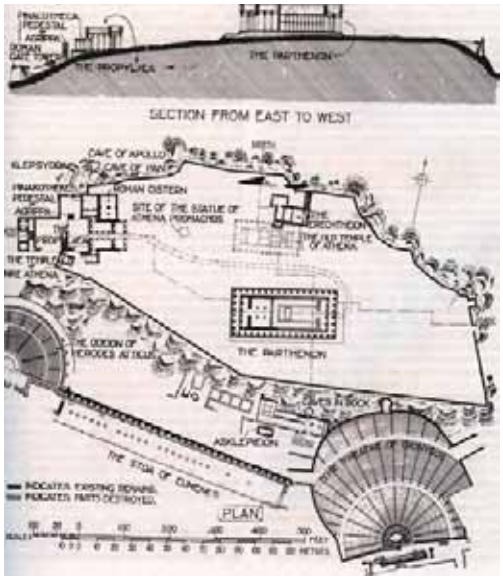
1- جعل مداخل معابدهم جهة الشرق لكي تستقبل ضوء الشمس نهارا ويتتبع المعبد حركة الشمس حتى الغروب، شكل (1-6).

2- اختيار التلال المرتفعة لبناء معابدهم عليها وذلك لكي تكون أقرب ما يكون للإله في السماء، شكل (1-7).

شكل (1–6)[2]: منظور عين الطائر لمجموعة من المعابد الإغريقية القديمة

[1] Ibid.

[2] دكتور/ عاصم أحمد حسين، دراسات في تاريخ وحضارة البطالمة، 1991.



شكل (1-7)[1]: هضبة الأكروبوليس، أثينا، بناء المعابد على التلال المقدسة

1-2-3 العمارة الرومانية:

لقد وجدت العمارة الرومانية مستويات الجمال في الطبيعة التي حولها، ولذلك فقد كان أهمية ونجاح المبنى طبقا لمستوى الجمال الذي يحققه هذا المبنى، ومن أمثلة تأثير ذلك على عمارتهم:

1- استخدامهم المواد الطبيعية المتاحة في البيئة المحيطة، ومن أمثلة هذه المواد استخدامهم الرخام في التكسيات، وكذلك اكتشافهم لمادة خرسانة تشبه إلى حد ما الخرسانة العادية المستخدمة حاليا مما ساعدهم بصورة كبيرة في مباني ذات بحور أوسع.

2- الربط ما بين داخل وخارج المبنى، كعمل فتحات في السقف للتهوية والإضاءة الطبيعية داخل المبنى، شكل (1-8).

شكل (1-8)[2]: معبد البانثينون، منظور داخلي يوضح استغلال السقف في الإضاءة الطبيعية

[1] Ob. Cit, Fletcher, 1996.
[2] Christian Norberg-Schulz, Meaning in Western Architecture, 1980.

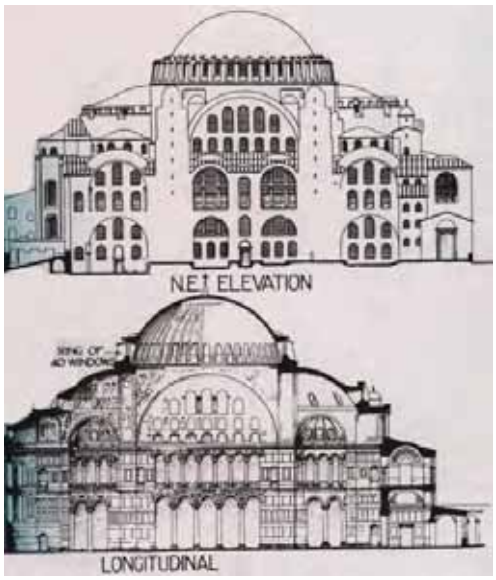
1-2-4 العمارة البيزنطية:

من أهم ما يميز الحضارة البيزنطية هي أنها قد جاءت بأفكار ومعتقدات جديدة انعكست آثارها على مبانيهم، ومن أهم أمثلة تأثير ذلك على مبانيهم:

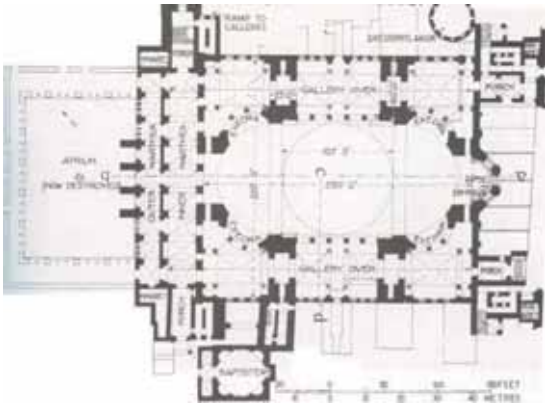
1- قدمت العمارة البيزنطية فكرة جديدة للعلاقة ما بين المبنى والطبيعة، ففكروا في البعد الثلاثي في علاقة المبنى بالسماء والفردوس الأعلى، وقد وصلوا إليها عن طرق التدرج في مستوى السقف وخط السماء للمبنى، بحيث تكون المحصلة تشير إلى أعلى باتجاه السماء، شكل (1-9).

2- توجيه مداخل الكنائس إلى اتجاه الشرق وذلك لدخول ضوء الشمس أول إشراقها وتتبع حركة الشمس من الشروق للغروب، شكل (1-10).

3- استخدامهم للنوافذ العلوية في الإضاءة الطبيعية وخاصة في القباب، شكل (1-11).



شكل (1-9)[1]: كنيسة سانت صوفيا، خط السماء للقطاع والواجهة ذو محصلة لأعلى



شكل (1-10)[2]: كنيسة سانت صوفيا، مسقط أفقي للكنيسة

[1] Ob. Cit, Fletcher, 1996.
[2] Ibid.

شكل (1-11)[1]: كنيسة سانت صوفيا، استغلال السقف في الإضاءة الطبيعية

1-2-5 العمارة القوطية:

العمارة القوطية عمارة مميزة ولها صورة معبرة ومميزة عنها، ومن أهم المؤثرات التي ظهرت في مبانيهم على سبيل المثال:

1- الشكل العام والمنظور الخارجي للعمارة القوطية يشير بمحصلته إلى أعلى، أي إلى السماء وربط المبنى بالسماء، شكل (1-12).

2- استخدام شكل العقد المدبب في الفتحات الخارجية من الأبواب والنوافذ ليشير إلى السماء وربط المبنى بالسماء أيضا، شكل (1-13).

3- استخدام Rose Window في الواجهة لإدخال إضاءة لها طابع خاص داخل المبنى وخاصة في الكنائس، وهي تتكون من زجاج معشق عليه رسومات قصص انجيلية تضفي المزيد من الإحساس الديني داخل الفراغ، كما في شكل (1-13).

[1] Ob. Cit, Schulz, 1980.

شكل (1–12):[1] كاتدرائية كوتانس، والتي تتميز بالإتجاه المباشر لأعلى

شكل (1–13)[2]: كاتدرائية ريمس، استخدام الفتحات والعقود المدببة لإشارة للسماء

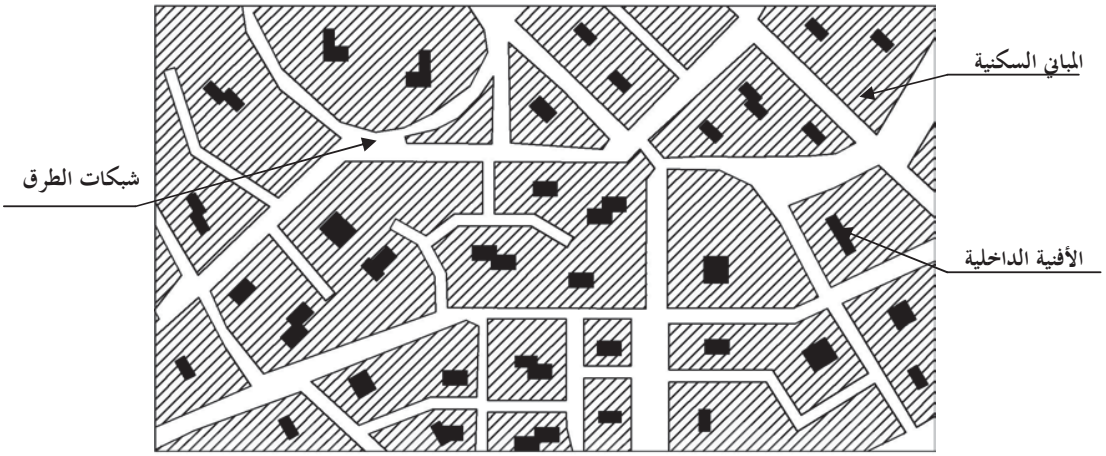
1–2–6 العمارة الإسلامية:

للعمارة الإسلامية مميزات وخصائص كثيرة، وما يهمنا هو التركيز على المباني السكنية التراثية وذلك لأنها تمثل الغالبية العظمى من نوعية المباني في المدن، كما أن تحقيق الراحة الحرارية بها من أهم أهداف تصميم المباني السكنية على وجه الخصوص، ويمكن ذكر أهم هذه العناصر التي حققتها هذه المباني التراثية القديمة على النحو التالي:

[1] Ob. Cit, Fletcher, 1996.
[2] Ob. Cit, Schulz, 1980.

1-2-6-1 الطابع العام لتخطيط المدينة السكنية:

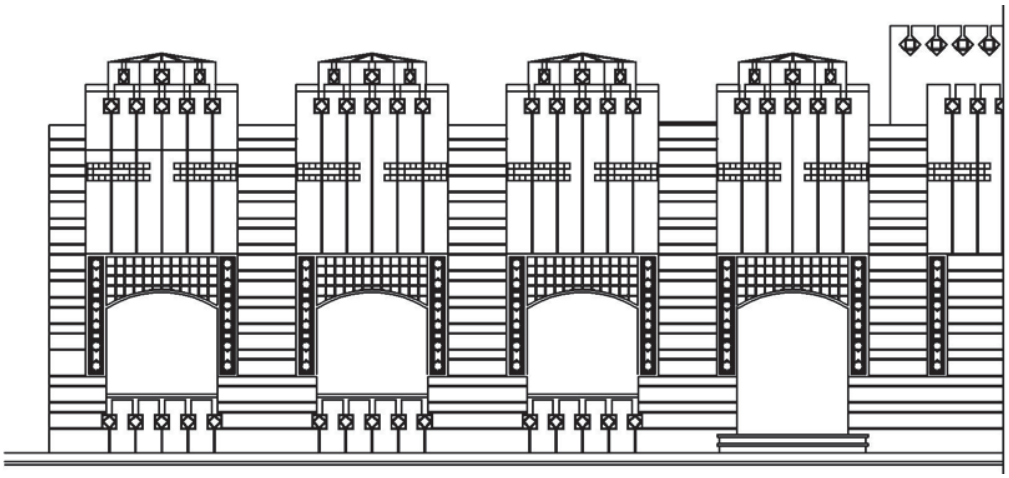
إن إتباع فكرة النسيج العمراني المتضام للمدينة العربية أدى إلى تجميع المباني وتلاصقها علي إمتداد الشوارع وإختلاف إرتفاعاتها الرأسية ساعد علي تظليل الأجزاء المرتفعة لأسقف الأجزاء المنخفضة مما ساعد علي تظليل أجزاء كبيرة من الأسقف لهذه المباني وحمايتها من أشعة الشمس وما ينتج عنها من طاقة حرارية خلال ساعات النهار كما يوضح ذلك شكل (1-14).



شكل (1-14)[1]: الصورة العامة للتخطيط المتضام للمدينة العربية قديما

1-2-6-2 الفتحات الخارجية بالمباني:

كان أهم ما يميز المباني السكنية التراثية هو إستخدام فتحات خارجية محددة ونسبتها صغيرة بالواجهة، وكان ذلك له أكبر الأثر في الحفاظ علي درجة الحرارة الداخلية وتقليل الحمل الحراري النافذ من هذه الفتحات الخارجية، ويوضح شكل (1-15) مثال لنموذج أحد الواجهات الحديثة والمستخدم بها مفردات تراثية، وشكل (1-16) نموذج لمجموعة مساكن في إحدى قرى النوبة والتي يتضح منها النسبة بين المصمت والمفتوح في الواجهة.



شكل (1-15): نموذج لواجهة أحد المساجد الحديثة والمستخدم فيها مفردات من التراث لمعالجة الواجهة

[1] محمد بدر الدين الخولي، المؤثرات المناخية والعمارة العربية، 1975.

شكل (1-16)[1]: مجموعة مساكن في قرى النوبة
يظهر بها نسبة الفتحات المحدودة في الواجهة لتخفيف الحمل الحراري على المبنى

1-2-6-3 المعالجات الخارجية:

تتسم المباني التراثية باستخدامها بعض المعالجات الخارجية المساعدة على تخفيف الحمل الحراري النافذ إلى الداخل وخاصة من خلال الشبابيك الخارجية، والجدير بالذكر أن هذه المعالجات ما زالت تستخدم بكفاءة عالية في الكثير من المباني نظرا لثبوت نجاحها في المساعدة على تخفيف الحمل الحراري النافذ للداخل وتحقيق الراحة الحرارية، ومن أهم هذه المعالجات هو تغطية الفتحات الخارجية بأعمال الخشب والمشربيات من الخشب المخروط.

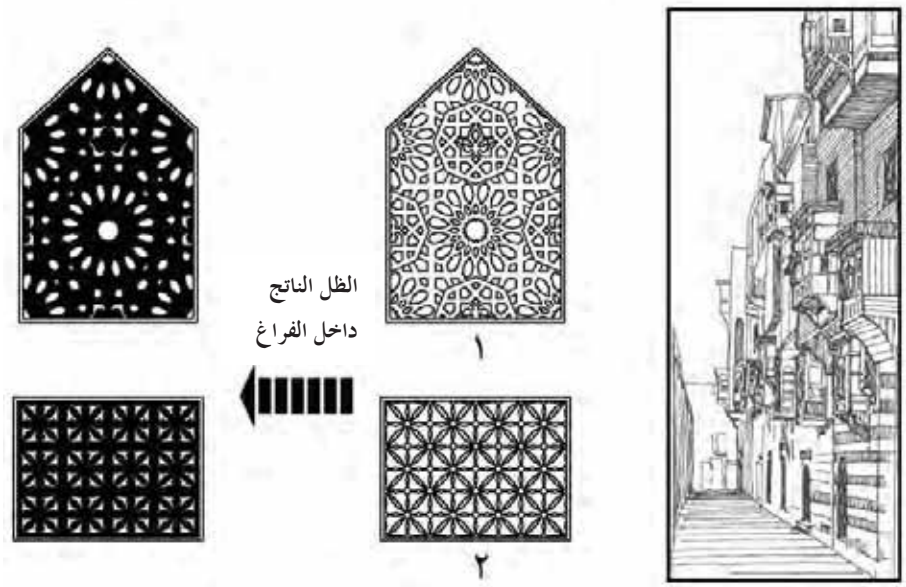
وكان لأستخدام تلك المشربيات فائدتين رئيسيتين هما:

أ- تحقيق الخصوصية لمستخدمي الفراغ وحمايتهم، وذلك لتقارب المباني بعضها لبعض.

ب- تعمل المشربيات كعمل كاسرات الشمس وبالتالي تقلل من نفاذ أشعة الشمس إلى الداخل وذلك للحفاظ علي درجة الحرارة الداخلية، كما أنها تنظم الإضاءة الداخلية وتحد من قوة الأضاءة الطبيعية النافذة للفراغ والتي قد تسبب ظاهرة البريق، ويوضح شكل (1-17) أحد الشوارع الداخلية بين المباني وكيفية تحقيق الخصوصية ومثال لنماذج من المشربيات والظل الناتج منها والذي يتضح منه النسبة بين الظل والإضاءة النافذة للفراغ.

ويظهر لنا من شكل (1-18) إستخدام المشربيات بواجهة المنزل الذي كان يسكن فيه حسن فتحي – درب اللبانة – القلعة ، حيث أن ذلك يحقق الخصوصية والراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ، إضافة على ذلك كون معالجات الفتحات الخارجية بالمشربيات من أحد المظاهر الجمالية بالواجهة، والتي تعطي المبنى الطابع المميز له.

[1] المعماري/ صلاح زيتون، عمارة القرن العشرين، دراسة تحليلية، 1993.



شكل (1–17)[1]: إستخدام المشربيات والزخارف الجصية في الفتحات الخارجية

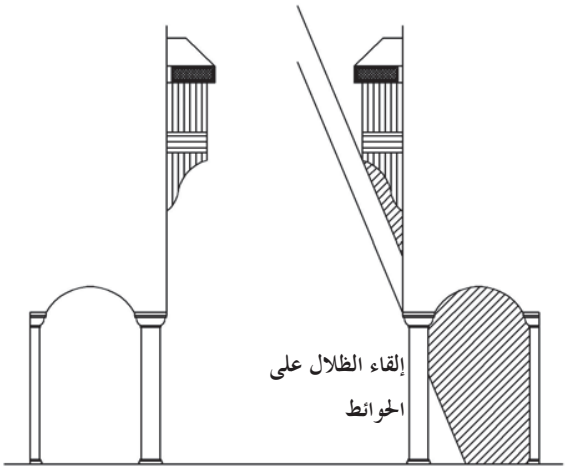
شكل (1–18)[2]: واجهة منزل حسن فتحي بالقلعة وقد استخدمت فيها المشربيات

[1] م/ عباس محمد عباس الزعفراني، التصميم المناخي للمنشآت المعمارية، مدخل كمي لتقييم الآداء المناخي للغلاف الخارجي للمبنى وتفاعله مع محيطه العمراني، رسالة دكتوراه، يوليو 2000.

[2] مرجع سابق، زيتون، 1993.

1-2-6-4 خط القطاع الرأسي:

يتميز خط القطاع الرأسي بالبروزات في بعض الأجزاء العليا وذلك يساعد علي تظليل أجزاء كبيرة من الحوائط الخارجية للمباني مما يقلل من الحمل الحراري النافذ عبر الحائط، كما أن الإختلاف في الضغط بين المناطق المظللة والمشمسة يساعد على سحب الهواء وتحريكه والتخلص من الهواء الساخن بسرعة، كما في شكل (1-19).



شكل (1-19): مستويات الحائط الخارجي بالمباني التراثية

1-2-6-5 طرق الإنشاء:

بالرغم من أن الحوائط السميكة في المباني استخدمت لأسباب إنشائية حيث أنها كانت تقوم بدور الحوائط الحاملة، إلا أن سمك الحائط ساعد علي تقليل الحمل الحراري النافذ عبر الحائط وبالتالي الإحتفاظ بدرجة الحراره الداخلية للفراغ بعيدا عن التقلبات الخارجية في المناخ الخارجي.

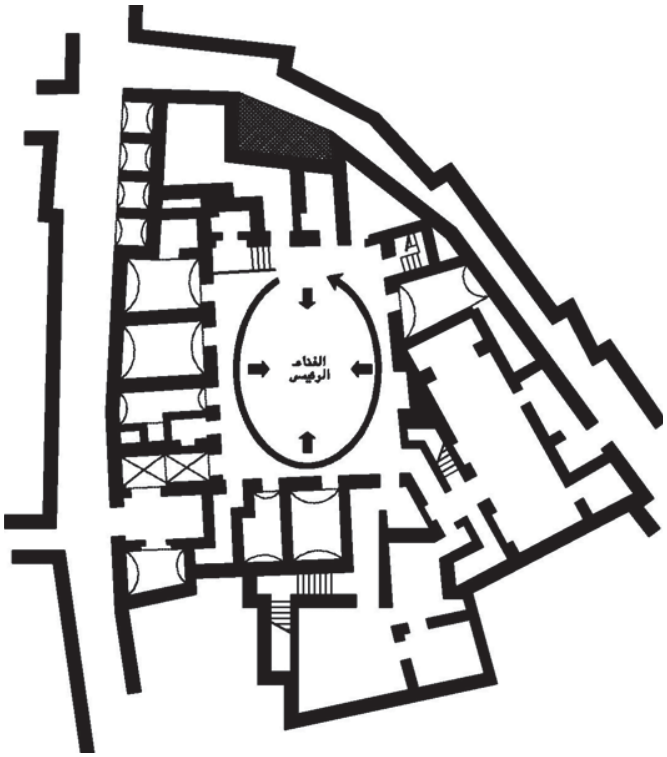
1-2-6-6 استخدام الأفنية:

فكرة تجميع عناصر المبنى حول فناء داخلي من أهم ما يميز المسقط الأفقي للمنازل التراثية كما يوضح شكل (1-20 أ) المسقط الأفقي لمنزل جمال الدين الذهبي كمثال لأحد المنازل التراثية، وكان لذلك أكبر الأثر الإيجابي من الناحية المناخية على فراغات المبنى ومستعملي الفراغ، ومن شكل (1-20 ب) المنظور الداخلي للمقعد بالطابق الأول من الفناء والواقع بالواجهة الشمالية.

ويمكن ذكر أهم الآثار الإيجابية لإستخدام الأفنية في المساكن التراثية كالتالي:

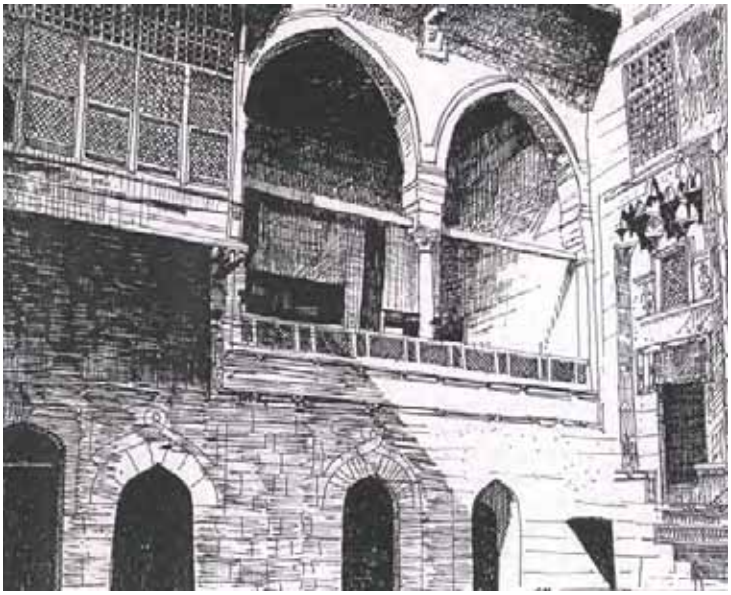
أ- يعتبر الفناء هو الفراغ المفتوح بالمبنى والمظلل نهارا بسبب الحوائط المحيطة به من الأربع جهات فأدى ذلك إلى تقليل الأحمال الحرارية بالمبنى، كما في شكل (1-21 أ).

ب- يساعد الفناء على سحب الهواء إلى داخل الفراغات المحيطة به مما يساعد على تحقيق الراحة الحرارية للمستعملين. وما يساعد على زيادة الإحساس بالراحة أيضا وجود مسطحات خضراء ونافورات في هذه الأفنية، كما في شكل (1-21 ب).

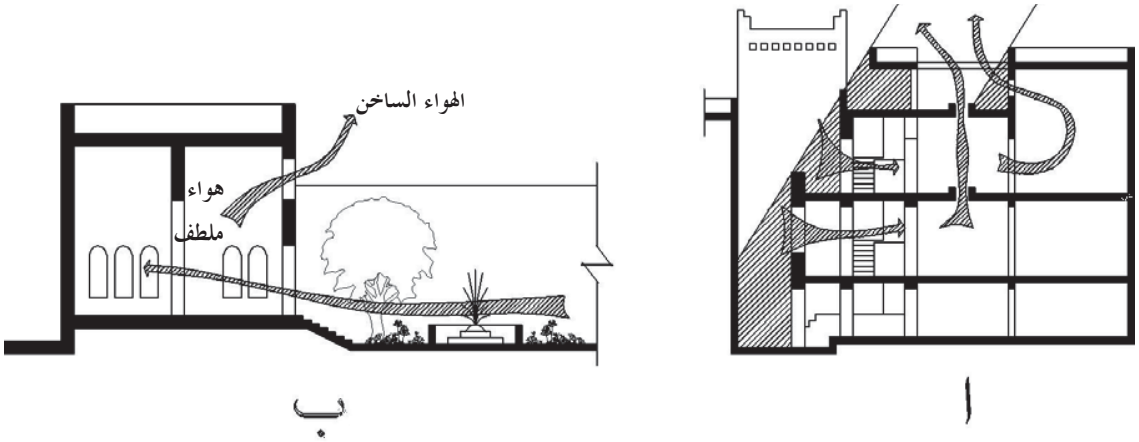


شكل (1-20 أ)[1]: المسقط الأفقي للدور الأرضي لمنزل جمال الدين الذهبي

[1] محمد بدر الدين الخولي، المؤثرات المناخية والعمارة العربية، 1975.



شكل (1–20 ب)[2]: منظور للمقعد بالطابق الأول من الفناء بمنزل جمال الدين الذهبي بالواجهة الشمالية



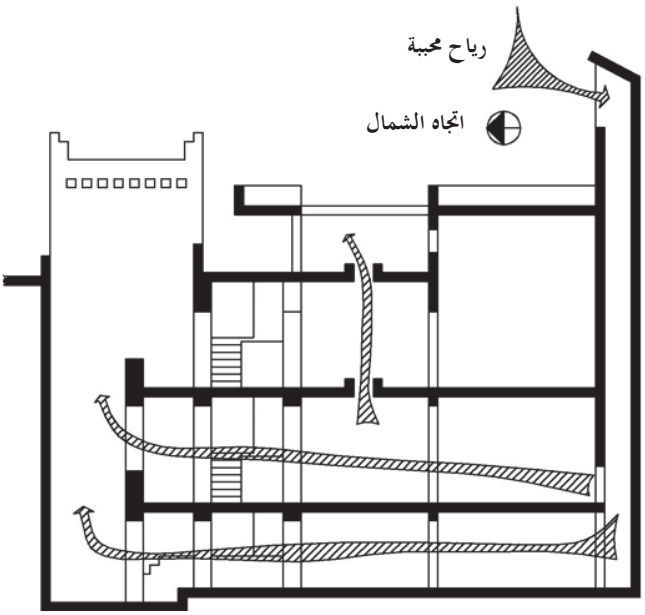
شكل (1–21)[1]: إستخدام الأفنية في المنازل التراثية القديمة

1–2–6–7 إستخدام الملقف:

والملقف عباره عن فراغ رأسي بالحائط الخارجي مثل مدخنة المدفئة في المباني، ويرتفع هذا الملقف فوق مستوى السقف العلوى للمبنى وتكون فتحته العلوية في إتجاه الرياح المحببة وذلك لجذب موجات الهواء ونقلها إلى داخل الفراغات، ويوضح شكل (1–22) ميكانيكية حركة الهواء من خلال الملقف وعبر الفراغات الداخلية للمبنى.

[2] المرجع السابق.

[1] المرجع السابق.



شكل (1–22)[2]: كروكي توضيحي لإمكانية إضافة ملقف هواء للقطاع السابق

وقد إستخدم المعماري/ حسن فتحي مبدأ ملاقف الهواء والتهوية العلوية في مبانيه، حيث قام بعمل الفتحات العلوية في العقود في مبانيه التي يقوم بتصميمها على أساس أنها تقوم بتهوية علوية للفراغ، ويوضح شكل (1–23) المخرمات من الطوب الطفلي للتهوية العلوية للفراغات داخل المبنى.

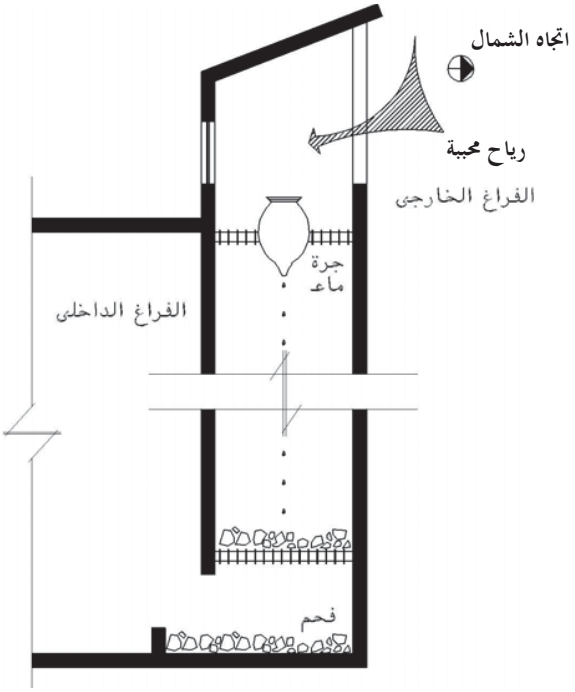
شكل (1–23)[1]: العقود من الطوب الطفلي والمخرمات للتهوية العلوية

كما يوضح شكل (1–24) إستحداث طريقة لتلطيف درجة حرارة الهواء الداخل إلى الفراغات عن طريق الملقف في مجموعة من المباني في صعيد مصر، وذلك عن طريق تعليق جره من الفخار مملوءه بالمياه في الجزء العلوي ووضعت كمية من الفحم قرب فتحة الملقف السفلي والمتصلة بالغرفة، ونتيجة للجره المبللة وطبقة الفحم الرطب بسبب إمتصاصه لذرات المياه التي تتساقط عليه من الجره، فالهواء عند دخوله من خلال الملقف يفقد بعض طاقته

[2] المرجع السابق.

[1] مرجع سابق، زيتون ، 1993.

الحرارية ثم يكتسب بعض الإرتفاع في نسبة رطوبته مما يؤدي في النهاية إلى وصول هواء لطيف في درجة حرارته ونسبة رطوبته إلى داخل الفراغ.



شكل (1-24)[2]: إستحداث طريقة أخرى لتلطيف درجة حرارة الهواء عن طريق الملقف

1-2-7 حركة العمارة الحديثة ما بعد الثورتين الصناعية والفرنسية:

يمكن القول بأن جميع المبادئ التصميمية للعمارة قد تغيرت بعد الثورة الصناعية والفرنسيةوتطور استخدام الآلة، فقد عوملت المباني كما تعامل الآلة، فتحول كل المعماريين إلى استخدام قواعد ومعدلات ثابتة في تصميم مبانيهم، اتجاها إلى الحفاظ على مبدأ أن الوظيفة الإقتصادية هي أهم محددات تصميم المباني، ونتيجة لذلك أهمل المصممون كافة النواحي البيئية والعوامل المناخية عند تصميم مبانيهم حتى أصبح هناك فجوة ما بين العمارة والبيئة.

فتحولت العمارة إلى ما سماه البعض بعمارة علب الكبريت، نسبة إلى أنها أصبحت متراصة بجوار بعضها البعض كعلب الكبريت، فكل مبنى ما هو إلا عبارة عن صندوق كبير ذو فتحات على الخارج وهي النوافذ المتراصة في كل دور من أدوار المبنى، فعلى سبيل المثال يوضح شكل (1-25) منظور عين الطائر لعدة مباني بجوهانسبرج حيث يظهر منها كيف أصبحت المباني كعلب الكبريت.

[2] مرجع سابق، الخولي ، 1975.

شكل (1-25)[1]: منظور عين الطائر لعدة مباني بجوهانسبرج

ولكثرة المتطلبات في الوقت المعاصر وأهمية العامل الإقتصادي فقد أهمل الكثير من المصممين تلك المعالجات المناخية سواء تراثية أو مستحدثة، بل أهملت النواحي الإنسانية تماما وأصبح الإهتمام الأول بالعامل الإقتصادي دون النظر لمستعملي الفراغ أو تحقيق الراحة المطلوبة لهم، فأصبح كل مصمم يتنافس على كفاءته في تحقيق الحل الإقتصادي الأمثل دون النظر للنواحي الأخرى، مما أدى إلى فشل الكثير من المباني المعاصرة، وأهملت تماما النواحي والمعالجات المناخية إلى درجة أصبح معها الكثير من المصممين لا يدرسون أصلا أساليب المعالجات المناخية، وإهمال المعالجات والحلول المناخية له عدة أسباب ومشاكل تواجهه وسوف يتم ذكرها لاحقا، وإذا كان ذلك الإهمال له تأثيره فهو ليس له تأثير مباشر وضار سوى بمستعملي الفراغ الذي أهم ما يحتاجونه هو الشعور بالراحة الحرارية.

ونحن الآن في مواجهة المشكلة من أجل الوصول للحلول المثلى والتي تحقق شروط الراحة الإنسانية داخل المبنى كهدف أساسي للتصميم المعماري وتقليلا لتكلفة الطاقة المستخدمة في الوسائل الميكانيكية كالتسخين والتهوية وتكييف الهواء، ولعل حركة بناء المدن الجديدة في مصر أحوج ما تكون للإهتمام بهذه المشكلة والحاجة إلى الوصول لمعدلات الكفاءة المطلوبة للراحه الفسيولوجية في المباني والمدن مع إعطاء العامل الإقتصادي أهميه خاصة لظروف التنمية القومية الشاملة.

1-3 مفهوم وأهداف التصميم المناخي :

مما لا شك فيه أن التصميم المناخي ليس أحد الجوانب العلمية فقط بل هو أحد العناصر الأساسية في عملية التصميم لتحقيق الراحة اللازمة لمستعملي الفراغ ،وهذا الجانب من الدراسات البيئية المناخية ليس حديث بل هو قديم قدم العمارة ذاتها، وإن كان يمارس قديما بصورة تلقائية ناتجة عن التجربة والخطأ والمعلومات المتوارثة من الأجيال السابقة، ونظرا لأهمية هذا العلم فقد أخذ يتبلور ويأخذ إتجاها علميا ذو أسس ومناهج علمية، بل أصبح له مهندسوه المتخصصون فقط في الدراسات المناخية نظرا لأهمية هذا الجانب وتشعبه وخاصة في المشاريع الكبيرة والهامة ذات الأهداف الإقتصادية الكبرى، كما أنه قد حدث تطور كبير للتصميم المناخي في الآونة الأخيرة وأصبح به مناهج وأدوات جديدة للتصميم المناخي شجعت على تبلوره كتخصص واضح وسهل الإدماج في عملية التصميم المعماري، ويوضح شكل (1-26) تسلسل الدراسات البيئية وعلاقتها بكل مرحلة من مراحل تصميم المبنى.

[1] أ.د./ علي رأفت، ثلاثية الإبداع المعماري، الإبداع الفني في العمارة، يناير 1997.

1-3-1 تعريف التصميم المناخي[1]:

"التصميم المناخي هو جانب من عملية تصميم البيئة المبينة، يهتم بتوفير الظروف المناخية الآمنة والمريحة للانسان بأقل قدر من التكاليف".

ويمكننا من ذلك التعريف التعرف على أهم أهداف التصميم المناخي والتي تقوم الدراسات المناخية علي تحقيقها، ويمكن ذكر هذه الأهداف كالتالي:

1-3-2 تحقيق الراحة الحرارية لمستعملي الفراغ:

يتضح من تعريف التصميم المناخي أن هدفه الأساسي هو تحقيق الراحة الحرارية الملائمة لمستعملي الفراغ، ذلك لأنه ذو تأثير مباشر علي الأنشطة التي تتم داخل الفراغ، وكفاءة مستعملي الفراغ في أداء النشاط وكفاءته في الإنتاج، ويوجد عدة عوامل مؤثرة على الراحة الحرارية نهارا وليلا والذي يؤثر على حالة الإنسان بصورة عامة.

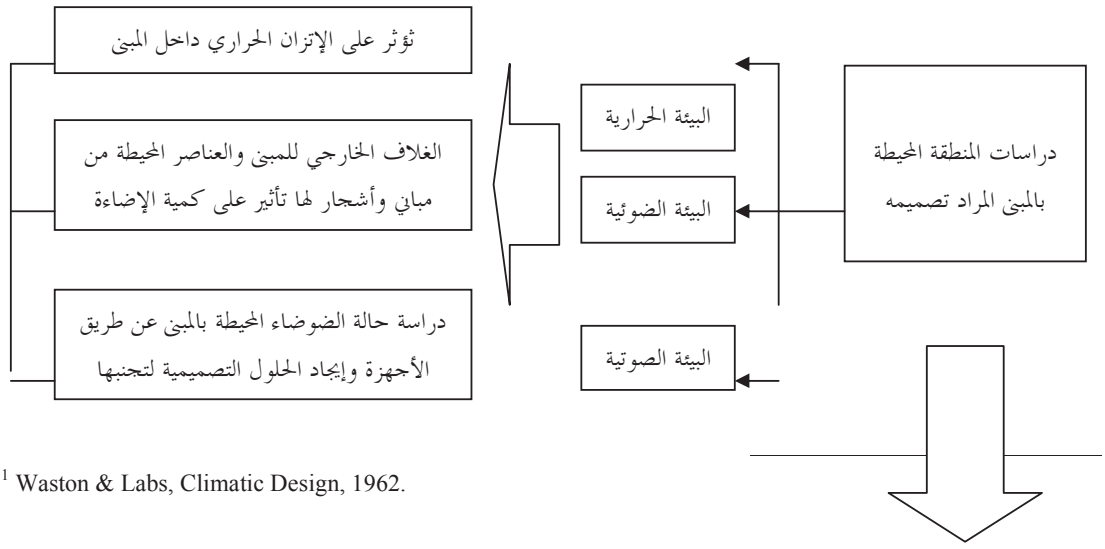
ويتم دراسة الراحة الحرارية والجوانب المختلفة لهذه الراحة بالتفصيل وكيفية تمثيلها كميا وأهم العناصر المحددة للراحة الحرارية وذلك لأهميتها عند عمل دراسات التصميم المناخي.

1-3-3 توفير ظروف مناخية آمنه لمستعملي الفراغ:

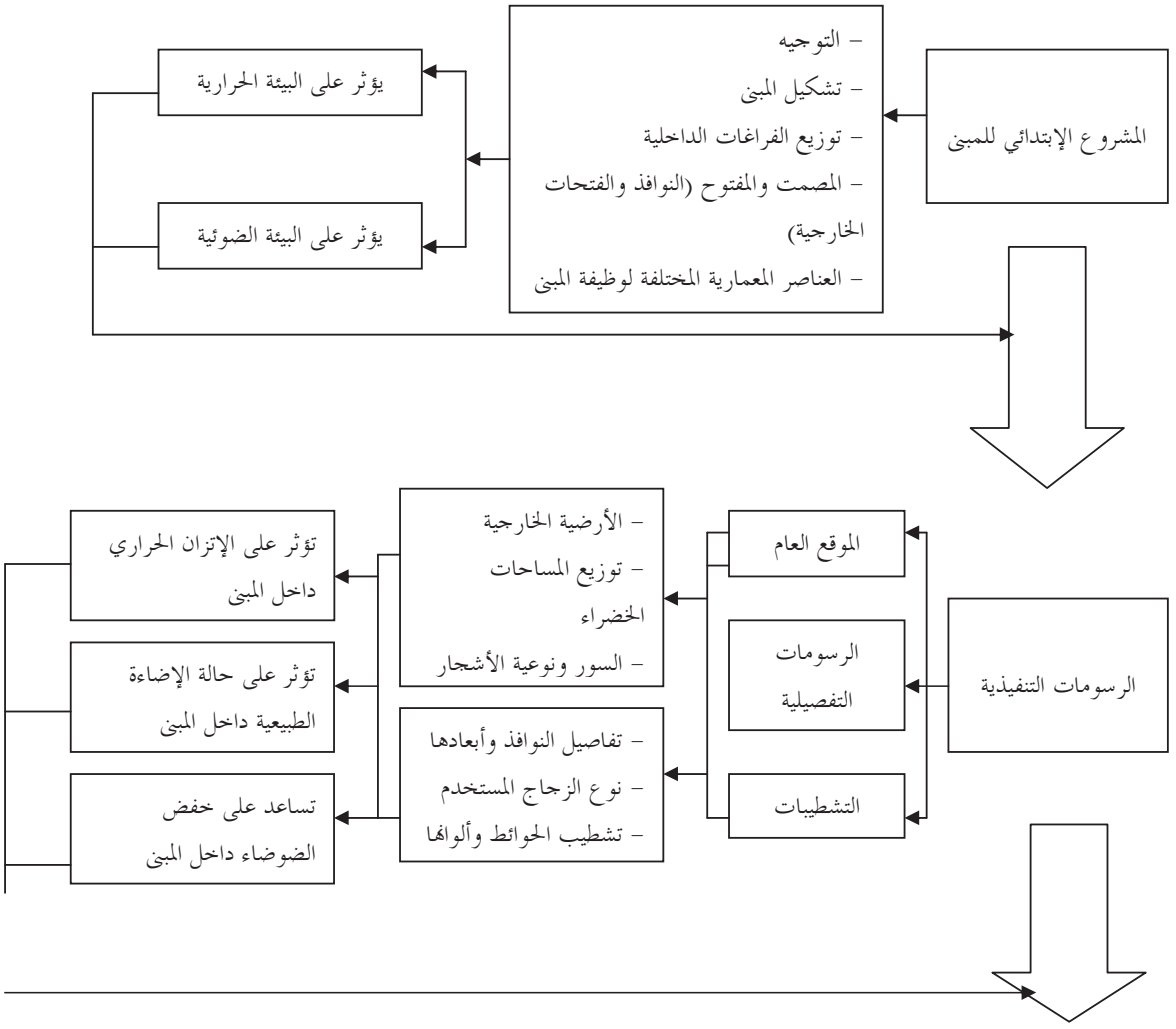
إن فكره أن المبنى شكل من أشكال المأوى، فكرة قديمة الأزل، فقد لجأ الإنسان للبناء لتوفير الحماية اللازمة له سواء من الحيوانات المتوحشة قديما، أو من العناصر المناخية القاسية والتي لا يمكن التكيف معها.

وقد استمر هذا المفهوم حتى الآن وأصبح شرط لا يمكن التنازل عنه لإستمرار الحياة مثله مثل توفير السلامة الإنشائية للمبنى، فقد تصل الظروف المناخية في بعض الأحيان لدرجة قاتلة مثل ما هو معروف فى مصر بالصدمة الحرارية أو البرودة الشديدة التى تؤدي لأمراض قاتلة.

ولذلك أصبح من أحد أهم أهداف التصميم المناخي هو توفير الظروف المناخية الملائمة للإنسان و التي توفر له الأمن والأمان داخل المبنى، بحيث أنه يمكن التكيف والتعايش معها، وخاصة في المناطق التي تتميز بالظروف المناخية القاسية والتي لا يمكن للإنسان التعايش معها، بل أنها تمثل خطورة على حياته، مثل المناطق الصحراوية شديدة الحرارة أو المناطق القطبية شديدة البرودة لدرجة لا يحتملها الإنسان ولا يستطيع التكيف معها.



[1] Waston & Labs, Climatic Design, 1962.



شكل (**1-26**)[1]: تسلسل الدراسات المناخية

1-3-4 تحقيق هذه الأهداف بأقل قدر من التكاليف:

[1] مجلة تصميم، د/ حنان مصطفى كمال صبري، إدماج مناهج الدراسات البيئية في المشاريع التصميمية، العدد الأول، مارس 2002.

من أهم معوقات تنفيذ الحلول المناخية تكلفتها الإقتصادية العالية في البداية، حيث أنها تنفذ عند إنشاء المبنى بالكامل ولذلك يلجأ البعض إلى تحقيق الراحة الحرارية بالطرق الميكانيكية مثل التكييف حيث أن تكلفتها في أغلب الأحوال تكون أقل من تكلفة الحلول المناخية في البداية، ولكن الجدير بالذكر أن تكلفة هذه الطرق الميكانيكية هي تكلفة مستمرة من مصاريف صيانة وتشغيل طوال عمر المبنى، ولذلك فإنه في الكثير من الأحيان تكون التكلفة الإجمالية للمعالجات المناخية المعتمدة علي الدراسات والحلول المناخية الطبيعية أقل بكثير من التكلفة الإجمالية لتوفير الراحة الحرارية للمستعمل بالطرق الميكانيكية.

فمهمة المصمم المناخي هو كيفية إستغلال كل الطرق المتاحة للوصول بالفراغات المعمارية والعمرانية إلى تحقيق الراحة الحرارية، مع الإلتزام بتحقيق أقل قدر من التكاليف الإقتصادية، وذلك حتى لا تمثل الحلول المناخية عبء إقتصادي على المالك قد يضطره ذلك إلى عدم تنفيذ هذه الحلول المناخية، فجوهر التصميم المناخي هو أهمية الموازنة بين المنفعة والتكلفة، وهذا ما يمثل أكبر مشكلة تعوق عملية التصميم المناخي في مصر كما سيتم دراستها لاحقا.

1-4 المشاكل التي تواجه التصميم المناخي:

يتضح لنا مما سبق أهمية التصميم المناخي ودوره الفعال في إكساب العمل المعماري نجاحه المطلوب في تحقيق الراحة المناسبة لمستعملي الفراغ، والسؤال الآن هو لماذا لا يوجد في مصر مبان مصممة مناخيا بالقدر الكافي الذي تتحقق معه الراحة المناخية المطلوبة إذا كان ذلك ذو أهمية كبيرة كما يتضح مما سبق ؟.

ويمكن الإجابة عن هذا السؤال بتحليل المعوقات والمشاكل التي تعوق عملية التصميم المناخي والأسباب التي تؤدي إلى إهمال عملية الدراسات المناخية والتصميم المناخي عند عمل الدراسات الخاصة بالمشروع وعند التنفيذ، ولدراسة المشاكل التي تواجه التصميم المناخي سيتم تقسيمها طبقا للأطراف المشاركة في العملية التصميميه والذين لهم تأثير على هذه العملية التصميمية وهذه الأطراف تتمثل في:

- **المهندس المصمم.**
- **المالك.**
- **ظروف الموقع المحيطة.**

1-4-1 مشاكل ترجع للمهندس المصمم:

1- نقص أعداد المهندسين المتخصصين في هذا المجال:

يحتاج المهندس المصمم المناخي إلى معرفة العديد من مجالات العلوم والتي يحتاجها أثناء قيامه بالدراسات المناخية التحليلية، مثل علوم الفيزياء والفلك والمناخ والأرصاد الجوية .....إلخ.

وتعتبر هذه المعارف علوم غير معمارية لا يبرع فيها المهندس المعماري، ولذلك فإنه يعاني نقصا شديدا في تمكنه من ممارسة مجال التصميم المناخي، ولذلك فقد لجأ الكثير من المعماريين إلى الإكتفاء بقيامهم بالتصميم المعماري

فقط دون مراعاة النواحي المناخية معتمدين على إستخدام الوسائل الميكانيكية في تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ.

2- عدم إهتمام المعماري بالدراسات المناخية:

يدور تخصص التصميم المناخي فى حلقة مقفلة، بسبب أن المهندس المصمم لا يهتم بالدراسات المناخية ويعتبرها ليست ذات قيمة، ويرجع ذلك إلى أن أي دراسات مناخية قد تمت لا يوجد ما يؤكد نجاحها أوجدوى القيام بها، وذلك لأنهم لا يملكون اليقين التام بجدوى مقترحاتهم المناخية.

ويرجع عدم اليقين بجدوى تلك الدراسات وفائدتها للأسباب الآتية:

أ- تلك الدراسات والمقترحات عبارة عن دراسات بحثية لم تخضع للتجربة الواقعية.

ب- قلة أعداد النماذج المعروفة للمباني المصممة مناخيا.

جـ- صعوبة عمل التجارب المناخية المطلوبة على نماذج مجسمة مصغرة للمبنى لتكلفته الزائدة.

3- الحافز المادي:

يهتم أي مالك في الوقت الحالي بتحقيق الربح الإقتصادي في المقام الأول، ومن أهم الطرق التي تساعده على ذلك تقليل تكلفة المشروع، وخصوصا تكلفة المشروع الإبتدائي، فيلجأ إلى إلغاء بعض البنود، ومنها الدراسات المناخية الخاصة بالمشروع.

وذلك يجعل من الصعب على أي مكتب هندسي إستهلاك الوقت والمال في التصميم المناخي المجهد والمكلف إقتصاديا وزمنيا والذى لن يدفع تكاليفه أحد.

1-4-2 مشاكل ترجع للمالك:

1- محاولة المالك لتقليل التكلفة:

بسبب إهتمام المالك بتحقيق ربح إقتصادي في المقام الأول، فإنه يلجأ لتقليل تكلفة تصميم وإنشاء المبنى، ومن أحد الطرق لتقليل التكلفة إلغاء تنفيذ أية حلول مناخية توفيرا لتكلفتها الإقتصادية، وذلك بغض النظر عن تحقيق راحة حرارية لمستعملي الفراغ، حتى وإن اضطر المستعمل لتحمل نفقات الحلول الميكانيكية لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة، كشراء جهاز تكييف مثلا.

وفي حالة كون المالك هو نفسه المستعمل، فإنه يلجأ أيضا لتقليل التكاليف الإبتدائية بسبب مشاكل التمويل، حتى لو أدى ذلك إلى زيادة النفقات بعد إستخدام المبنى لاحقا، فيفضل شراء جهاز تكييف مثلا عن أن يتكلف ثمن تنفيذ الحلول المناخية عند إنشاء المبنى.

2- عدم معرفة المالك بوجود هذا التخصص :

هناك بعض الملاك لا يعرفون أصلا بوجود تخصص التصميم المناخي وعمل الحلول المناخية، وخاصة في المناطق الشعبية التي ينخفض فيها المستوى الثقافي عن المناطق الأخرى، فأهمل هذا الجانب في عمليات التصميم وانعدم الطلب عليه.

3- إقتصاديات السوق :

في المشاريع الكبرى، والتي تكون دراسات الجدوى الإقتصادية هي الفيصل في تنفيذ المشروع من عدمه، فإن أسلوب ترسية العطاء فيها هي إختيار المصمم ذو الأتعاب الأقل، مما يدفع المكاتب الهندسية إلى إهمال جانب الدراسات المناخية إرضاءا للمالك والفوز بالعطاء.

1-4-3 مشاكل ترجع لظروف الموقع المحيطة :

1- عدم دقة وتكامل المعلومات المناخية :

أغلب المواقع داخل مصر لا تتوافر عنها معلومات مناخية متكاملة بسهولة، ليتمكن المصمم من القيام بدراساته المناخية المطلوبة، فنجد أن أية معلومات مناخية متوافرة غير كاملة بالدرجة الكافية وقد تم رصد هذه المعلومات منذ مدة كبيرة، فمثلا نجد أنه من الصعوبة الحصول علي معلومات ذات دقة عالية وكاملة عن الرياح مثلا في موقع ما بعينه، وذلك لأن الرياح عند ما تهب على هذا الموقع تكون قد تغيرت خصائصها لعدة أسباب منها العوائق التي تقابلها مثل المباني الأخرى والأشجار.

2- عدم خطورة الظروف المناخية في مصر:

من المعروف أن مصر تتميز بموقع فريد لا يمثل فيه المناخ خطورة على حياة الإنسان طوال العام، فلو لم يتم تصميم المبنى مناخيا لن يؤدي ذلك إلى خطورة كبيرة على المستعمل، بعكس المناطق الأخرى مثل القطب الشمالي والذي يمثل فيه المناخ خطرا على حياة الإنسان، وخاصة البرودة الشديدة والتي يجب حماية المستعمل منها داخل منزله وإلا أدت إلى وفاته.

1-4-4 مشاكل ترجع للحياة العامة:

لا تقتصر المشاكل التي تواجه التصميم المناخي على ما سبق فقط، بل إن هناك مشاكل أخرى ترجع إلى الحياة العامة وهذه المشاكل تتمثل في:

1- رخص تكاليف الوسائل الميكانيكية:

لا تمثل تكاليف تشغيل الوسائل الميكانيكية التي تستخدم في تكييف المباني في مصر قيمة كبيرة، مما يشجع الكثير من الملاك أو مستعملي الفراغ إلى تفضيل الحلول الميكانيكية عن الحلول المناخية في تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة.

ورغم أن تكاليف الحلول الميكانيكية على المدى الطويل قد تكون ذات تكلفة أكبر بكثير من الحلول المناخية، إلا أن الملاك يفضلون تقليل التكلفة الإبتدائية للمبنى، دون النظر إلى تكلفة تشغيل المبنى بعد ذلك على المدى الطويل.

2- إتجاه الدولة إلى تعمير الصحراء:

تهتم الدولة حاليا ببناء المساكن، وخصوصا المساكن الإقتصاديه، والتي تبنى بصورة واسعة في المدن الجديدة، ولإتجاه الدولة لتقليل تكلفة هذه المباني لتصبح في متناول الأيدي، وخاصة للشباب، فإنها بالطبع لا تلتفت إلى تنفيذ الحلول المناخية، والتي ترى أنها تكلفة زائدة دون فائدة في وجهة نظرها الإقتصادية.

والخطر هنا أن هذه المساكن تبنى بأعداد كبيرة وبصورة واسعة في عدة مناطق، مما يعني أن الخطأ الواحد يتكرر لعدة مرات قد تصل إلى الآلاف.

مما سبق يمكننا أن نرى أن أغلب المشاكل التي تواجه التصميم المناخي ترجع بسبب العوامل الإقتصادية، والمقارنة التي يعقدها المالك بين تكلفة الحلول المناخية وجدوى هذه الحلول من عدمها من وجهة نظره الخاصة.

ويجب علينا معرفة كيفية حساب تكاليف تلك المعالجات المناخية، ونوعية هذه التكاليف، بل الأهم من ذلك هو معرفة الوزن النسبي للحلول المناخية وأهميتها حتى يتسنى لنا رؤية شاملة لإقتصاديات الحلول المناخية، وذلك كمحاولة لإزالة العقبة الرئيسية أمام التصميم المناخي وإمكانية تنفيذ الحلول المناخية.

1-5 تكاليف المعالجات والحلول المناخية:

مما سبق ينتج لنا أن الفصل في عمل وتنفيذ الحلول المناخية والميكانيكية هو التكلفة الإقتصادية، حيث في الغالب يكون السبب الأساسي لإنشاؤه هو تحقيق الربح الإقتصادي.

فعندما يقرر المالك تنفيذ الحلول المناخية أو الميكانيكية، يتجه إلى إختيار الحلول الأقل تكلفة، بحيث لا تشكل عبء مادي كبير عند التنفيذ، والمشكلة الأساسية هي تشعب وتعدد تكلفة تلك الحلول بحيث يصعب على المالك إختيار أمثلها، مما قد يؤدي إلى إلغاء هذا البند تماما كما سبق ذكره، أو إختيار بند من الظاهر أنه أقل تكلفة ولكنه فعليا يصبح أكثر تكلفة من أي حل آخر بسبب وجود بعض التكاليف الغير ظاهرة في البداية كالصيانة وتكلفة التشغيل مثلا والتي تظهر بعد تشغيل المبنى وليس في أول الأمر كتكلفة الإنشاء.

ولحساب أي تكلفة لأي بند من بنود المبنى يتم تحليله إلى مكوناته الأساسية من مواد إنشاء وعمالة وما إلى غير ذلك من مصاريف أخرى، وبتجميع هذه المصاريف يمكن حساب تكلفة هذا البند، ومن أمثلة ذلك:

حساب تكاليف الإنشاء:

يمكن طرح بدائل مختلفة لطرق الإنشاء، وحساب تكلفة كل بديل من البدائل السابقة بتحليلها إلى بنودها الأساسية، وإختيار الحل الأقل تكلفة انشائيا، مع مراعاة عوامل أخرى كالوقت والتكلفة الناتجة بسببه، وكذلك عدم إهمال النواحي المعمارية الجمالية في المبنى أيضا.

حساب تكاليف التشطيبات:

يمكن طرح بدائل مواد التشطيب المختلفة، ولكل بديل يتم حساب:

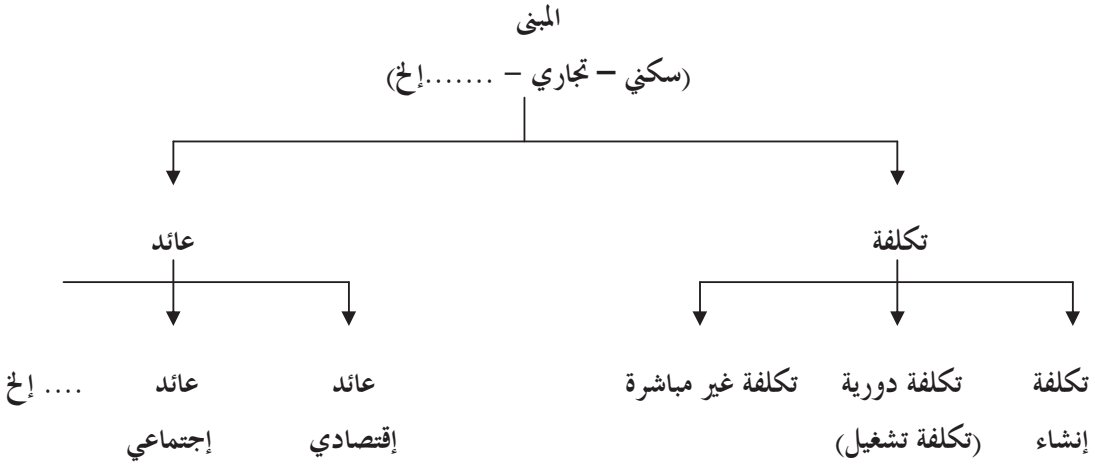
1- تكلفة تنفيذ هذا البديل.

2- تكلفة صيانة البديل وعمره الإفتراضي.

وبالتالي يمكن المقارنة بين تكلفة كل بديل من بدائل التشطيب المختلفة، وبالتالي إختيار أنسب البدائل، مع مراعاة عدم إهمال النواحي الجمالية أيضا.

ولكننا نرى الأمر مختلف في حساب تكاليف الحلول المناخية، وذلك لتعدد الحلول المناخية وإختلافها جذريا بين حل وآخر وإختلاف العائد بين عائد مادي ومعنوي إلى جانب صعوبة المقارنة بين العائد من الحل المناخي وتكلفة هذا الحل، ولتسهيل حساب التكلفة الإقتصادية لأي حل مناخي يمكن تحليله إلى بنود التكلفة الأساسية لأي مبني.

فأي مبنى سواء كان سكني أو تجاري له تكلفة وعائد، وتكلفة وعائد المبنى وبنوده الأساسية كالتالي:



وفي الوقت نفسه تنقسم المعالجات المناخية إلى:

- **حلول بيئية.**
- **حلول ميكانيكية.**

ويوضح جدول (2-1) تحليل بأسلوب مبسط لبنود التكلفة للحلول المناخية والميكانيكية أثناء وبعد إنشاء المبنى كمنهج إسترشادي لحساب تكاليف المعالجات المناخية طبقا لبنود تكلفة المبنى ونوع المعالجة المناخية، وهي كالتالي:

جدول (1-1): تحليل مبسط لبنود تكلفة الحلول المناخية والميكانيكية:

بند التكلفة	حلول بيئية	حلول ميكانيكية
تكلفة إنشاء	وهي تتمثل في تكلفة إنشاء وتنفيذ الحلول المناخية نفسها مثل: - إنشاء كاسرات الشمس. - زيادة سمك الحوائط.	وهي تتمثل في تكلفة شراء الأجهزة الميكانيكية المستخدمة في تكييف الهواء لتحقيق الإتزان الحراري المطلوب مثل: - أجهزة التكييف.

	– تكلفة إستخدام مواد العزل الحراري للحوائط والأسقف. – تكلفة إنشاء ملاقف الهواء. – تكلفة إستخدام عناصر نباتية أو مائية بغرض عمل حلول مناخية. وما يتطلبه ذلك من تكلفة تابعة لها على بنود المبني مثل: – تكلفة تشطيبات الحلول المناخية مثل تكلفة تشطيبات الحلول السابق ذكرها. – تكلفة عماله لازمة لعمل الحلول المناخية مثل الحلول السابق ذكرها. – تكلفة عدم إستغلال مسطحات من المبنى وإستخدامها في أغراض مناخية كالأفنية مثلا بدلا من بيعها كفراغ داخل المبنى.	– أجهزة المراوح ..... إلخ. وما يتطلبه ذلك من تكلفة تابعة لها علىبنود المبنى مثل: – تكلفة إنشاء بعض الفراغات كتكلفة إنشاء فراغ غرفة تكييف مركزي مثلا. – تكلفة زيادة بعض العناصر الإنشائية كمتطلب إنشائي تابع لبعض الأجهزة الميكانيكية. – تكلفة عمالة لتركيب الأجهزة الميكانيكية المستخدمة بالمبنى. – تكلفة عدم إستغلال فراغات من المبنى كفراغ التكييف المركزي مثلا وعدم الإستفادة ببيعه وتحقيق الربح المادي الذي يهم المالك بصورة أولى.
تكلفة دورية	وهى تمثل التكاليف الدورية التي تضمن إستمرار عمل المعالجات البيئية بصورة جيدة، ونادرا ما تحتاج الحلول المناخية إلى تكلفة دورية، إلا أنها تتمثل في بعض البنود البسيطة غير ذات التكلفة العالية مثل: – تكلفة إستهلاك المياه في بعض الحلول المناخية. – تكلفة صيانة بعض الحلول المناخية، كصيانة المشربيات مثلا، وتكلفة صيانتها مثلها مثل صيانة باقي بنود المبنى.	من الملاحظ أن التكاليف الدورية للحلول الميكانيكية ذات تكلفة مرتفعة نسبيا مع الزمن وإستمرار عمل المبنى ولا يمكن إهمالها، وذلك لإعتماد المبنى بصورة مناخية أساسية على إستمرار عمل هذه الوسائل الميكانيكية والتشغيل المستمر لها ومن أمثلة بنود هذه التكلفة: – تكاليف إستهلاك الوقود / الكهرباء / الغاز الطبيعي / المياه ..... إلخ، واللازمة لتشغيل الأجهزة الميكانيكية. – تكاليف صيانة الأجهزة الدورية، وتغيير الأجزاء التالفة منها بإستمرار. – تكاليف العمالة القائمة على تشغيل هذه الأجهزة الميكانيكية.

تكلفة غير مباشرة	إستثمار رأس المال	من المعروف أن قيمة أي مبلغ الآن تصبح قيمته أكبر بعد فترة من الزمن، وذلك لأنه يكون قد تم إستثمار هذا المبلغ في هذه الفترة والحصول على نسبة ربح ما، ونسبة هذا الربح تختلف حسب الزمان والمكان، ونستنتج من ذلك ما يلي: 1- تكلفة الحلول المناخية تدفع بالكامل وقت تنفيذ المبنى. 2- تكلفة الحلول الميكانيكية تنقسم إلى جزئين، أحدهما يدفع عند شراء الأجهزة الميكانيكية، والآخر تكلفة دورية تدفع علىفترات طوال عمر المبنى. وبالمقارنة بين البندين السابقين، يمكننا عن طريق الحسابات وضع نسبة عائد الربح في الإعتبار عند حساب تكاليف أي من الحلين السابقين.	
	الأصول	بعد فترة من الزمن تصل الحلول المناخية إلى حالة متهالكة لا يصلح معها إجراء صيانة دورية لها، مما يترتب عليه إعادة إنشاؤها من جديد بتكلفة جديدة بعد إنتهاء عمرها الإفتراضي.	الحلول الميكانيكية تستلزم تغيير بعض الأجزاء التالفة منها من وقت لآخر، وذلك عند إجراء الصيانة الدورية لها، دون تغيير كلي للجهاز الميكانيكي، وإن كان بعد فترة من الزمن يصبح موديله أقل كفاءة من موديلات حديثة تظهر بعد ذلك، مما قد يضطر المستعمل معه إلى تغيير الجهاز بأكمله.

بتحليل البنود والتكاليف السابقة، يمكن بطريقة مبسطة إستخدام العامل الإقتصادي كحد فاصل لإختيار أنسب المعالجات المناخية، وذلك لأهمية العامل الإقتصادي عند إنشاء أي مبنى جديد سواء أكان هذا المبني سكني أو تجاري، فقد يلجأ المالك إلى معالجة المبنى بحلول مناخية بالكامل أو بحلول ميكانيكية بالكامل، أو بإختبار بعض من الحلول الميكانيكية مع بعض الحلول المناخية.

فكل ما سبق ليتمكن المصمم من تنفيذ مبنى يحقق الراحه الحرارية للمستعمل والتي تؤثر بشكل مباشر على المستعمل وأنشطته اليومية، ويجب على المعماري أن يتمكن من تقييم الراحة الحرارية وتحويلها إلى كميات ومواصفات لإمكانية تقييم المباني من حيث كفاءتها في تحقيق الراحة الحرارية للمستعمل.

1-6 مقاييس الراحه الحرارية :

تعريف الراحة الحرارية:

1- تعريف واطسون للراحة الحرارية[1]:

"هي حالة عقلية يشعر معها الإنسان بالرضى عن ظروف البيئة المحيطة به".

[1] Ob. Cit, Watson, 1962.

2- تعريف ماركوس[1] وأولجاي[2] للراحة الحرارية:

"الراحة الحرارية أو التعادل الحراري هي حالة لا يشعر معها الإنسان بالبرد أو الحر، أو يشعر بأي مضايقة نتيجة لخلل في البيئة الحرارية".

فالراحة الحرارية من العناصر التي لا يمكن قياسها بطريقة مباشرة حيث أنها لا تتوقف علي الحالة الفسيولوجية فقط والتي يمكن قياسها بطريقة أو بأخرى، وإنما يدخل أيضا في تحديدها عوامل نفسية وما إلى غير ذلك من عوامل ومؤثرات أخرى، وهي ما لا يمكن قياسها بصورة مباشرة، والجدير بالذكر أن أهم العوامل الفسيولوجية والتي تؤثر بشدة على حالة الإنسان هي الراحة الحرارية، ويشعر الإنسان بالراحة الحرارية عندما يمكن للجو المحيط إزالة حرارة الجسم ورطوبته الزائدة بنفس معدل إنتاجهما.

وأساليب إكتساب الحرارة تتمثل في:

أ- التمثيل الغذائي.

ب- التوصيل: عند ملامسة الأجسام الساخنة.

جـ- الإنتقال: عندما يكون الهواء المحيط بالجسم درجة حرارته أعلى.

د- الإشعاع: من الشمس والأجسام الساخنة.

أما فقدان الحرارة فيكون عن طريق:

أ- التوصيل: عند ملامسة الأجسام الباردة.

ب- الإنتقال: عندما يكون الهواء المحيط بالجسم درجة حرارته أقل.

جـ- الإشعاع: إلى السماء ليلا أو إلى الأجسام الباردة المحيطة بالجسم.

د- البخر: للعرق أو الرطوبة .

ويوضح شكل (1-27) كيفية إكتساب وفقد الحرارة أثناء الليل والنهار مما يكون له تأثير على الإنسان بإحساسه بالراحة الحرارية من عدمه، والعوامل المناخية هي العوامل ذات التأثير المباشر على إحساس الإنسان بالراحة الحرارية من عدمه، وكما سبق ذكره فإن العوامل المناخية الأساسية تتمثل في:

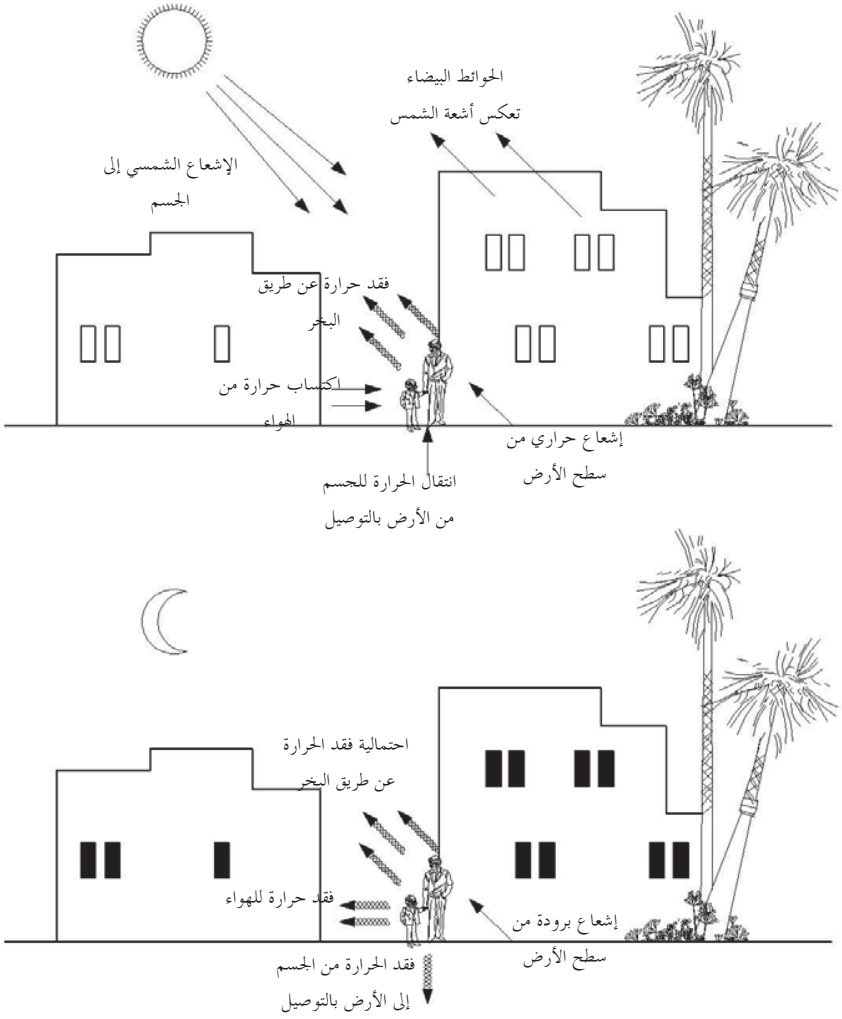
- **الإشعاع الشمسي.**
- **درجة حرارة الهواء.**
- **الرطوبة النسبية.**
- **الرياح.**

[1] Markus & Morris, Building, Climate and Energy, 1960.
[2] Olgay, Victor, Design with Climate, 1963.

1-6-1 تأثير أشعة الشمس والإشعاع الحراري:

يأتي تأثير أشعة الشمس في المرتبة الثانية بعد تأثير درجة الحرارة على جسم الإنسان، ولكن بغض النظر عن درجة الحرارة، يشعر الإنسان بالحرارة إذا تعرض لأشعة الشمس، حتى لو كان في الشتاء، مما يعطيه إحساسا بالدفء في الشتاء، وإحساسه بالحرارة في الصيف.

فأشعة الشمس تؤدي إلى رفع درجة حرارة البشرة، ولكن الإحساس بها يختلف بين الصيف والشتاء، ففي الصيف يؤدي التعرض لأشعة الشمس إلى الإحساس بالحرارة الشديدة والضيق، بعكس التعرض لها في الشتاء حيث تعطي إحساسا بالدفء، والإنسان قد يتعرض لأشعة الشمس بطريقة غير مباشرة، حيث يتعرض لتأثير الإشعاع الصادر من جسم ساخن بسبب تعرضه لأشعة الشمس، مثل تعرض الإنسان لإشعاع الحوائط المختزنة للحرارة طوال اليوم، مما قد يعطيه إحساسا بالدفء أو الشعور بالحرارة الشديدة على حسب درجة حرارة الجسم المشع ودرجة حرارة البشرة الخارجية، ويتوقف تأثير أي عنصر مشع (شمس / حائط / ...إلخ) على مساحته وبعده عن نقطة التأثي ودرجة حرارة الجسم المشع ودرجة حرارة الجسم المستقبل للإشعاع.



شكل (1-27): نظام / آلية فقد وإكتساب الحرارة أثناء النهار والليل

1-6-2 تأثير درجة حرارة الهواء:

يمكن تبسيط تأثير درجة حرارة الهواء على الإنسان بأنها عملية تبادلية، ففي حالة أن درجة الحرارة المحيطة أعلى من درجة حرارة البشرة فإن حرارة الجسم تجد صعوبة في الخروج من جسم الإنسان إلى الخارج، مما ينتج عنه إفراز جسم الإنسان للعرق، لأنه عند تبخره من على سطح البشرة يعطي بعض الإحساس بالبرودة ويساعد على فقد الجسم لجزء من درجة حرارته الغير مرغوب فيها.

أما في حالة إنخفاض درجة الحرارة الخارجية عن درجة حرارة الجسم، يؤدي ذلك إلى فقد حرارة الجسم، وبالتالي الإحساس بالبرودة وخاصة الإحساس ببرودة اليدين والقدمين، وفي حالات البرد الشديدة تحدث رعشة لا إرادية نتيجة إنقباض الشعيرات الدموية تحت الجلد كمحاولة لإكساب الحرارة إلى الجسم.

1-6-3 تأثير الرطوبة النسبية:

إفراز الجسم للعرق وتبخره من على سطح البشرة يعطي إحساسا بالبرودة، ومدى تبخر العرق من على سطح الجسم يتوقف على الرطوبة النسبية بالجو، حيث تربطهما علاقة عكسية. فنجد أنه في الجو الجاف يزيد مدى تبخر العرق من على سطح البشرة والعكس صحيح.

وإنخفاض الرطوبة إلى حد كبير يسبب جفافا شديدا بالبشرة خاصة بالشفاه والأنف، وبالعكس فإن إزدياد الرطوبة يؤدي إلى قلة البخر من على سطح الجسم مما يسبب شعورا بالضيق وقد يصل الأمر إلى إنسداد المسام.

1-6-4 تأثير الرياح:

إن حركة الرياح المحببه المستمرة تساعد على الشعور بالراحة الحرارية، حيث أنها تساعد على التخلص من درجة حرارة الجسم الزائدة وذلك بطريقتين:

1- في حالة أن درجة حرارة الهواء أقل من درجة حرارة البشرة، فإن الرياح تساعد البشرة على التخلص من الحرارة، وتسبب شعورا بالإنتعاش، وبالعكس إذا زادت درجة حرارة الهواء عن درجة حرارة البشرة تسبب الشعور بالحرارة.

2- تساعد حركة الرياح على زيادة عملية بخر العرق من علي سطح البشرة، مما يؤدي إلي فقد حرارة الجسم عن طريق البخر ، وبالتالي التخلص من الحرارة الزائدة .

كما يوضح جدول (1-2) العلاقة بين سرعة الرياح والإحساس بتأثيرها على الإنسان:

جدول(1–2)[1]: العلاقة بين سرعة الرياح وإحساس الإنسان بتأثيرها:

سرعة الرياح م / ث	تأثيرها على الإنسان
صفر – 0.25	غير ملحوظة
0.5 – 0.25	محببة
1.00 – 0.5	الحرص من تأثير الهواء
1.5 - 1.00	مثير للضيق
أعلى من 1.5	مزعجة

ونخلص مما سبق بأن جسم الإنسان في حاجة إلى إتزان حراري، حيث يحتاج جسم الإنسان إلى الحفاظ على درجة حرارة ثابتة لأنسجة الجسم وهي 37° م ، أما التغير في درجة حرارة جسم الإنسان يمثل خطر على حياته لعدم قدرة أنسجته على التكيف مع درجات الحرارة المختلفة، ولذلك فإننا نجد أن جسم الإنسان يكتسب الحرارة ويفقدها بطرق عديدة وذلك لتحقيق الإتزان الحراري المطلوب لجسمه، وفي حالة أي إضطراب أو خلل في الموازنة السابقة يؤدي ذلك لشعوره بعدم الراحة الحرارية.

الخـــلاصـــة

كان المأوى منذ قديم الأزل محاولة الإنسان للتكيف مع البيئة المحيطة والحماية من العوامل الجوية والظروف المناخية القاسية، فبدراسة تطور العمارة عبر الزمن نجد أنها تعبيرا صادقا عن أفكار المجتمع وطابعه، ومن أهم هذه الخصائص التي تميزت بها العمارة عبر العصور:

- ارتباط العمارة الفرعونية باتجاهات شروق وغروب الشمس، لعبادتهم لها ولإيمانهم بالخلود.
- استغلال العمارة الفرعونية للإضاءة الطبيعية من السقف.
- اختيار الإغريق للتلال المرتفعة لبناء معابدهم عليها لكي تكون أقرب ما يكون للإله.
- قيام العمارة الرومانية باستغلال السقف في الإضاءة الطبيعية.
- توجيه مداخل الكنائس البيزنطية جهة الشرق لاستقبال أول ضوء للنهار.
- استخدام العمارة البيزنطية للفتحات العلوية في الإضاءة الطبيعية.
- استخدام Rose Window في العمارة القوطية لإدخال الإضاءة الطبيعية بطابع ديني داخل الفراغ.

[1] Randall Thomas Max Fordham & Partners, Environmental Design, An Introduction for Architects and Engineers, 1999.

- التخطيط المتضام للعمارة الإسلامية.
- استخدام المشربيات في الفتحات الإسلامية لتحقيق الخصوصية وتوزيع منتظم للإضاءة الطبيعية داخل الفراغ.
- استخدام الأفنية الداخلية في العمارة الإسلامية.
- استخدام ملاقف الهواء والتشجير في المباني التراثية بالعمارة الإسلامية.

والتصميم المناخي أحد العناصر الأساسية في تصميم المباني، لأن الإعتماد الأساسي عليها في تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة داخل الفراغ، فالتصميم المناخي هو الجانب الذي يهتم بتوفير الظروف المناخية الآمنة والمريحة لمستعملي الفراغ، فأهم أهدافه:

- تحقيق الراحة الحرارية لمستعملي الفراغ.
- توفير ظروف مناخية آمنة لمستعملي الفراغ.
- تحقيق هذه الأهداف بأقل قدر من التكاليف.

وبالرغم من ذلك يتعرض التصميم المناخي للعديد من المشاكل والتي يمكن تقسيمها إلى:

- مشاكل ترجع للمهندس المصمم.
- مشاكل ترجع للمالك.
- مشاكل ترجع لظروف الموقع المحيط.
- مشاكل ترجع للحياه العامة.

ولعل من أهم معوقات الحلول المناخية هي تكاليفها الإبتدائية والتي يرى المالك من وجهة نظره أنه لاقيمة لهذه التكلفة الإبتدائية والتي لافائدة منها، ويفضل عنها الحلول الميكانيكية لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة داخل الفراغ.

فمقاييس الراحة الحرارية ترتبط بمدى تأثير العوامل المناخية المختلفة على مستعملي الفراغات الداخلية والتي تشمل:

- تأثير أشعة الشمس والإشعاع الحراري.
- تأثير درجة حرارة الهواء.
- تأثير الرطوبة النسبية.
- تأثير الرياح.

فجسم الإنسان في حاجة إلى إتزان حراري، حيث يحتاج إلى الحفاظ على درجة حرارة ثابتة لأنسجة الجسم، لأن أي تغيير عن ذلك قد يؤدي إلى إضطراب وخلل بالجسم، وبالتالي شعوره بعدم الراحة الحرارية.

2- المناخ والنظام البيئي الحراري:

2-1 مستويات المناخ:

عند تصميم المباني سواء أكانت من المباني السكنية أو العامة، فلتحقيق الراحة الحرارية والبيئة المناخية المناسبة لمستعملي الفراغ، فلا بد من التعرف ودراسة العوامل المناخية المحيطة بالمبنى وتأثير هذه العوامل على الاكتساب الحراري للمبنى عن طريق غلافه الخارجي.

فيجب تحديد كافة المعلومات المناخية المحيطة بالمبنى عند عمل الدراسات الخاصة بالتصميم، ودراسة هذه المعلومات دراسة كافية، وذلك حتى يتمكن المعماري من الوصول للتصميم الأمثل والذي يكون من ضمن أولوياته تحقيق الراحة الحرارية للمستعمل، والذي يؤثر بصورة مباشرة على المستعمل وكفاءته في الأنشطة التي يقوم بها داخل الفراغ والتي ترتبط بطاقته الإنتاجية خصوصا في المباني العامة.

ويعرف المناخ بأنه يحمل التغيرات في حالة الطقس في منطقة معينة لعدة سنين متتالية تصل إلى حوالي 30 سنة أو أكثر. ويعبر عن هذه المعدلات بالأرقام ليسهل إيضاحها ومقارنتها مع تدوينها في جداول خاصة. وهناك تعريف آخر للمناخ أكثر تحديدا وهو " التكامل عبر الزمن للملامح الطبيعية للبيئة الجوية المميزة والمرتبطة بحيز جغرافي ما ".

ويختلف الطقس عن المناخ في أن الطقس عبارة عن التغيرات المناخية ولكن في فترة قصيرة، ولذلك يعتبر دراسة المناخ هو الأمثل لأنه يعبر عن الطقس لفترة طويلة تناسب عمر المبنى الذي يقوم بتصميمه، وللمناخ عدة مستويات تختلف فيما بينها طبقا للحيز الجغرافي الذي تشغله والذي يعتبر هو المحدد الأساسي لمستوى المناخ، ومستويات المناخ هي:

2-1-1 المناخ العالمي Global climate :

وهو عبارة عن الظروف المناخية في منطقة ما تصل مساحتها إلى 2000 × 2000 كم2 بارتفاع يصل إلى 10 كم.

2-1-2 المناخ الإقليمي Regional climate :

وهو عبارة عن الظروف المناخية في منطقة ما تصل مساحتها إلى (500-1000) × (500-1000) كم2 بارتفاع يصل إلى 10 كم.

2-1-3 المناخ المحلي Local climate :

وهو عبارة عن الظروف المناخية في منطقة ما تصل مساحتها إلى (1-10) × (1-10) كم2 بارتفاع يصل إلى 100 م، وتكون محددات المناخ فيها هي الطبوغرافيا، وعناصر الموقع، والتربة.

2-1-4 المناخ المحدود/ المباشر Micro climate :

وهو ما يدخل ضمن نطاق دراسات المعماري قبل التصميم، حيث أنه عبارة عن الظروف المناخية في منطقة تصل مساحتها بدءا من عدة أمتار وحتى نحو 1 كيلومتر مربع، أي يمكن إعتباره المناخ الخاص بموقع بناء معين أو عدة مباني متجاورة يقوم المعماري بتصميمها.

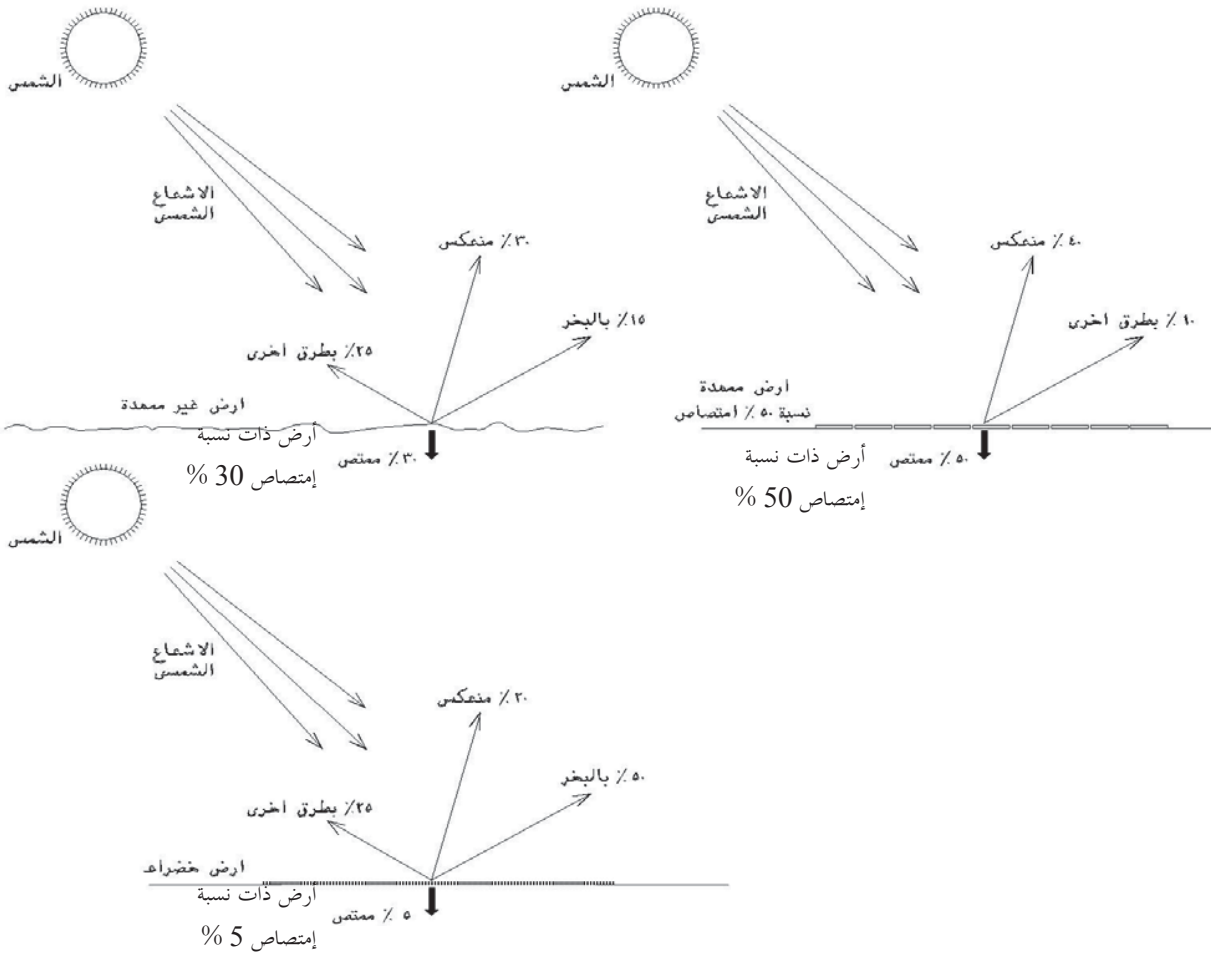
ويتكون المناخ الجزئي من عدة عناصر خاصة بالمنطقة وهذه العناصر هي:

2-1-4-1 الطبوغرافيا:

وهي تشمل شكل الأرض بالموقع وما بها من مرتفعات، ومنخفضات، ومنحدرات، وتلال، ووديان، إلى ما غير ذلك من العناصر المكونة لسطح الأرض بالموقع.

2-1-4-2 سطح الأرض:

وهو يشمل مكونات سطح الأرض من المواد سواء أكانت هذه المواد طبيعية أو من صنع الانسان، وما لهذه المواد من خصائص مثل الانعكاس ودرجة الامتصاص والنفاذية، ويوضح الشكل (2-1) كمية الحرترة الممتصة والمنعكسة لأنواع مختلفة من الأرضيات، كذلك يوضح الشكل (2-2) تأثير طبيعة الاسطح المحيطة على تشكيل درجة درجة الحرارة.



شكل (2-1)[1]: كمية الحرارة الممتصة لأنواع مختلفة من الأرضيات

[1] م/ مها بكري، تأثير المناخ على تصميم الغلاف الخارجي للمبنى "دراسة تحليلية لتقييم الأداء البيئي للمباني في مصر"، رسالة ماجستير .1989

شكل (2–2): تأثير طبيعة الأسطح المحيطة على تشكيل درجة الحرارة

2-1-4-3 البعد الثالث للمنطقة:

يشمل كل العناصر ذات البعد الثالث والموجودة في المنطقة مثل الأشجار، والأسوار، والمباني، وكل ما له ارتفاع وبعد ثالث في المنطقة، حيث تؤثر هذه العناصر على المنطقة من ناحية الإظلال واتجاه الرياح وحركتها حول المباني، كذلك يؤثر التظليل الناتج عن هذه العناصر على كمية الاشعاع الشمسي الساقط على الأسطح الخارجية للمباني، وبالتالي معدل الاكتساب الحراري لهذه الأسطح الخارجية على حسب مقدار الاشعاع الشمسي سواء المباشر أو المنعكس والذي تتلقاه هذه الواجهات الخارجية للمباني.

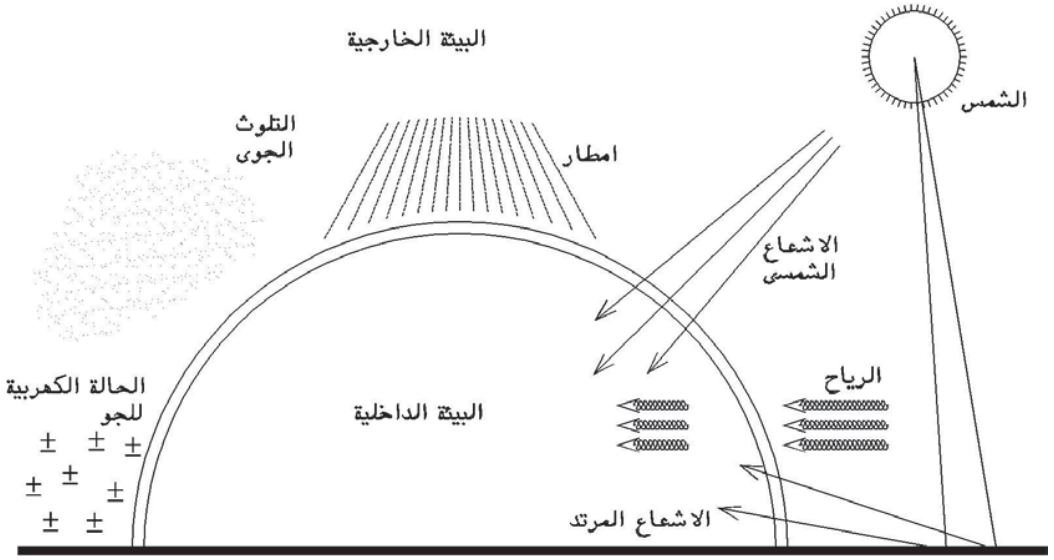
2–1–5 المناخ الداخلي Indoor climate :

يمكن القول بأن المؤثر الرئيسي في هذا المناخ هو المصمم المعماري، حيث يشمل المناخ داخل الفراغ والذي ينتج بصورة مباشرة نتيجة التبادل الحراري بين المبنى والعوامل المناخية المحيطة به.

وهذا التبادل الحراري يتم عن طريق الغلاف الخارجي للمبنى والذي يكون في أغلب التصميمات مهملا للنواحي المناخية بسبب عدم اهتمام المصمم المعماري به بالدرجة الكافية. ويوضح الشكل (2–3) عناصر المناخ المحيطة بالمبنى وتأثيرها على البيئة الداخلية للمبنى عن طريق الغلاف الخارجي له.

وتكمن أهمية معرفة المعماري بالمناخ الداخلي تمكنه من تصميم بيئة حرارية مريحة للمستعمل، والتي تؤثر مباشرة على إحساسه بالراحة داخل الفراغ وتأثير ذلك على طاقته الانتاجية، فدراسة المناخ ومعرفة العوامل المناخية

المحيطة بالمبنى لها علاقة مباشرة بالمناخ الداخلي للمبنى، والتي يجب دراستها دراسة كافية عند عمل الدراسات الخاصة بالتصميم بهدف الوصول للتصميم المناخي الأمثل للمبنى.



شكل (2–3)[1]: عناصر المناخ التي تؤثر على الانسان والمبنى

2–2 عناصر المناخ الرئيسية:

إن المهندس المعماري يحاول فى ممارسته لمهنته فى تصميم المباني تحقيق بيئة مناخية صالحة لأفراد مجتمعه، بحيث يجب أن يكون دوره الأساسي هو تحقيق الراحة اللازمة لمستعملي الفراغ والتي من أهم عناصرها تحقيق الراحة الحرارية، وذلك فى مختلف المناطق المناخية التى يعمل بها، حتى يحقق المنتج المعماري بقدر الإمكان جو مناسب حراريا ومناخيا ونسبة رطوبة ملائمة للمستعمل.

وحتى يتمكن المهندس من تحقيق ذلك يجب أن يكون على دراية كافية بعناصر المناخ الرئيسية والتي تؤثر بشكل مباشر على العملية التصميميه، وأن يقوم بتحليلها واستخلاص أهم المحددات الرئيسية التي تؤثر على تصميم المبنى والتي من أهمها :

- أماكن الفتحات بالنسبة للمسقط الأفقي والقطاع الرأسي.
- نسب المسقط الأفقي وعلاقته بالارتفاع الكلي.
- توجيه كتل المبنى، وما الي غير ذلك.

ويهدف هذا الباب الي التعرف على عناصر المناخ الرئيسية والتي لها تأثير مباشر على تصميم المبنى، حيث أنها تتفاعل فيما بينها ليكون نتاجها المناخ السائد فى هذه المنطقة، ويمكن حصر عناصر المناخ الرئيسية فى الآتي:

– الإشعاع الشمسي.

[1] م/ طارق وفيق محمد، المناخ والتشكيل المعماري، رسالة ماجستير .1980

- **درجة الحرارة.**
- **الرطوبة.**
- **الرياح.**
- **المتساقطات.**
- **الظواهر الخاصة.**

وبتحليل هذه العناصر يمكن تحديد الملامح المميزة للمناخ السائد فى هذه المنطقة، وبالتالي يمكن عن طريقها تحديد مجال الراحة الحرارية للإنسان فى هذه المنطقة وتأثيره علي التصميم.

وأهم النقاط التي يجب دراستها لمعرفة الصورة العامة عن أي من عوامل المناخ السابقة تتمثل فى:

أ- العوامل المؤثرة على العنصر المناخي.

ب- وحدة القياس.

جـ- البيانات اللازمة لإعطاء صورة واضحة عن العنصر المناخي.

2-2-1 الإشعاع الشمسي Solar radiation:

تعتبر الشمس من أهم مقومات الحياه، فهي ذات تأثير مباشر وقوى على الإنسان وعلى نشاطاته وعلى حياته اليومية، ويحتاج الإنسان الي قدر معين من الأشعة والتي يجب أن يتعرض لها جسمه وذلك كضرورة صحية لازمة له .

والإشعاع الشمسي عبارة عن الموجات الكهرومغناطسية التي تبثها الشمس الي سطح الأرض، وتتراوح الأطوال الموجية للأنواع المختلفة للإشعاع الشمسي من 0.28 الي 3.00 ميكرون (1 ميكرون = 1000/1من المليمتر) .

والجدير بالذكر أن كمية الإشعاع الشمسي الواصلة للأرض تقدر بحوالي50% من كمية الإشعاع الشمسي الأصلية المنبعثة منها، ويرجع ذلك إلي عدة عوامل يمكن تلخيصها كالتالي[1]:

تنبعث كمية الإشعاع الشمسي من الشمس بنسبة 100% يصل منها حوالي 50% فقط تتمثل في:

أ- أشعة مباشرة تسقط على الأرض بنسبة 27%.

ب- أشعة تصل إلى الأرض بصورة موزعة بنسبة 23%.

وتصبح النسبة الباقية 50% من الإشعاع الشمسي تتوزع كالتالي:

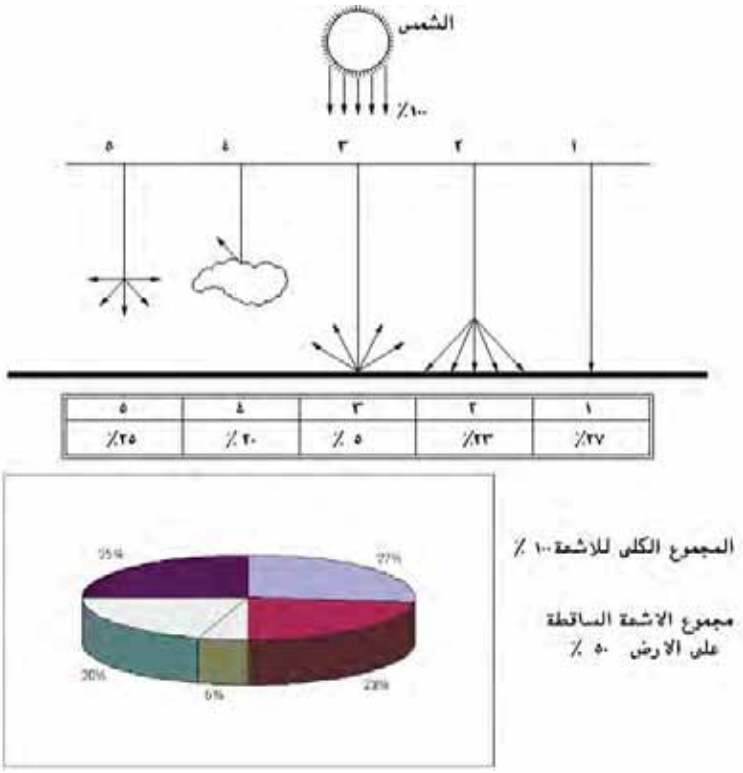
أ- أشعة منعكسة من على سطح الأرض بنسبة 5%.

ب- أشعة منعكسة من السحب بنسبة 20%.

جـ- أشعة يمتصها الغلاف الجوي بنسبة 25 %.

[1] د.م./ شفق العوضي الوكيل، د.م./ محمد عبد الله سراج، المناخ وعمارة المناطق الحارة، أغسطس .1985

وتلك العوامل السابق هي التي تحقق الاتزان الحراري لسطح الأرض، ويوضح شكل (2-4) اختراق الأشعة للغلاف الجوي وتوزيع النسب السابقة.



1- أشعة مباشرة تسقط على الأرض.
2- أشعة تصل للأرض بصورة موزعة.
3- أشعة منعكسة من الأرض.
4- أشعة منعكسة من السحب.
5- أشعة يمتصها الغلاف الجوي.

شكل (2-4)[1]: الاتزان الحراري لسطح الأرض

وينقسم الإشعاع الشمسي بصفة عامة إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

أ- الأشعة فوق البنفسجية Ultra Violet :

وهو يمثل الإشعاع ذو الطول الموجي الأقل من 0.4 ميكرون.

ب- الأشعة تحت الحمراء Infra Red :

وهو يمثل الإشعاع ذو الطول الموجي الأكبر من 0.76 ميكرون.

جـ- الإشعاع المرئي Visible :

وهو يمثل جزء صغير من الكل.

وبالرغم من أن ذروة الكثافة للإشعاع الشمسي تقع في القطاع المرئي، إلا أن أكثر الطاقة المنبعثة من الشمس مصدرها الأشعة تحت الحمراء.

وهناك عدة عوامل تتحكم فى تحديد قوة تأثير أشعة الشمس على الموقع وهى التي ينبغي دراستها قبل البدء في أي تصميم.

[1] د.م./ شفق العوضي الوكيل، د.م./ محمد عبد الله سراج، المناخ وعمارة المناطق الحارة، أغسطس 1985.

وتتلخص هذه العوامل فى الآتي :

- **مدة سطوع الشمس Duration**
- **شدة أشعة الشمس Intensity**
- **زاوية سقوط الشمس Angle of incidence**

كما تتوقف كمية الإشعاع الشمسي على سطح الأرض أيضا علي درجة صفاء السماء ومدي خلوها من السحب وكذلك درجة نقاء الهواء ومدى خلوه من جزيئات الغبار العالقة وجزيئات بخار الماء وكذلك نسبة وجود غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء.

2-2-1-1 مدة سطوع الشمس Duration:

والمقصود بها هي عدد الساعات الفعلية لظهور أشعة الشمس خلال النهار من الشروق وحتى الغروب .

ويقاس سطوع الشمس اليومي بواسطة جهاز فوتوغرافي كهربي يطلق عليه Sunshine Autograph وهو مسجل بسيط لأشعة الشمس المباشرة، كما يوجد أجهزة أخري معقدة مثل ال Solarimeter وال Heliomete.

وتتأثر مدة سطوع الشمس في أي منطقة بحالة السماء التي يعبر عنها بكمية السحب الموجودة. وتقاس كمية السحب بالأوكتاس oktas وهو يساوى **10/1** السماء الملبدة تماما، فمثلا **5** أوكتاس معناها أن **50**% من السماء مغطى بالسحب.

وأطول مدة السطوع الشمس تقع على المناطق الواقعة بين خطي عرض **15** ^{5}، **35** ^{5} شمال وجنوب خط الاستواء.كما أنه تزيد فترة سطوع شمس النهار فى الصيف وتقل في الشتاء مع الانتقال لخطوط العرض الأعلى، ويرجع طول فترة النهار في مناطق خطوط العرض العليا جزئيا إلى صغر قيمة زاوية ميل الشمس عند هذه المناطق.

2-2-1-2 شدة أشعة الشمس Intensity :

أكبر شدة لأشعة الشمس تكون فى المكان الذي تسقط فيه عمودية علي سطح الأرض وهى في المناطق الشبه مداريه الجافة (وليس فى المناطق الإستوائية كما هو معتقد) وذلك في فصل الصيف وكمعدل سنوي بوجه عام.

ويرجع ذلك الي أن أشعة الشمس تخترق مسافة أقل من الغلاف الجوي فتصل إلى سطح الأرض بدون فاقد كبير فى طاقتها الحرارية (شكل **2-5**).

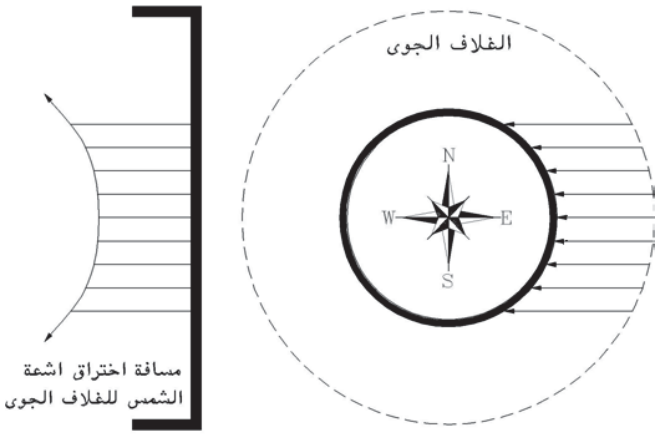
وأهم العوامل المؤثرة علي شدة أشعة الشمس تتمثل في الآتي:

أ- التعرض المباشر لإشعة الشمس.

ب- الطاقة المفقودة فى الجو.

جـ- زاوية السقوط على السطح.

د- درجة تشتت الإشعاع.



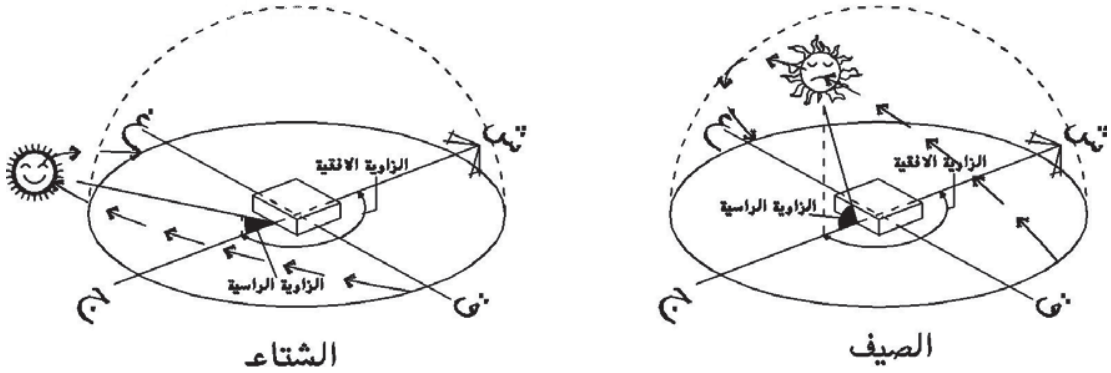
شكل (2-5): اختراق أشعة الشمس للغلاف الجوي

2-2-1-3 زاوية سقوط الشمس Angle of incidence :

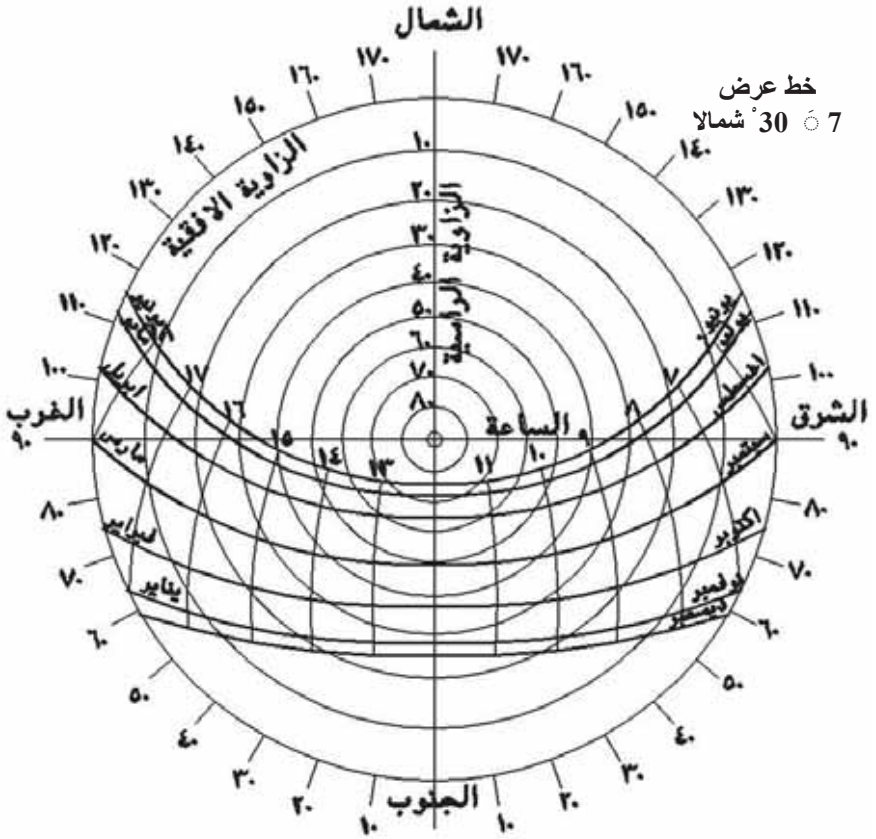
ويتم تمثيل زاوية سقوط الشمس عن طريق:

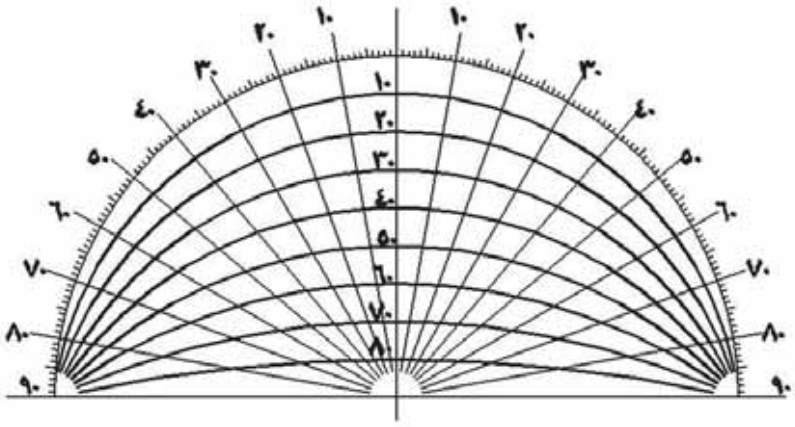
- الزاوية الرأسية Altitude Angle.
- الزاوية الأفقية Azimuth Angle.

ويوضح شكل (**2-6**) كروكي لحركة الشمس صيفا وشتاءا وتمثيل الزوايا الأفقية والرأسية لها، كما يوضح شكل (**2-7**) المونجرام الشمسي Solar Monogram Chart ومنقلة الزوايا والذي عن طريقه يتم تحديد زوايا الشمس الرأسية والأفقية. ويوضح الشكل (**2-8**) قراءات مختلفة لزوايا سقوط الشمس الرأسية والأفقية عند خط عرض **30** ^{5} شمالا وتمثيل ذلك على المسقط الأفقي والقطاع الرأسي.



شكل (2-6)[1] : كروكي حركة الشمس وتمثيل الزوايا الأفقية والرأسية لمدينة القاهرة





شكل (2-7)[1]

المونجرام الشمسي – منقلة الزوايا لتحديد زوايا سقوط الشمس

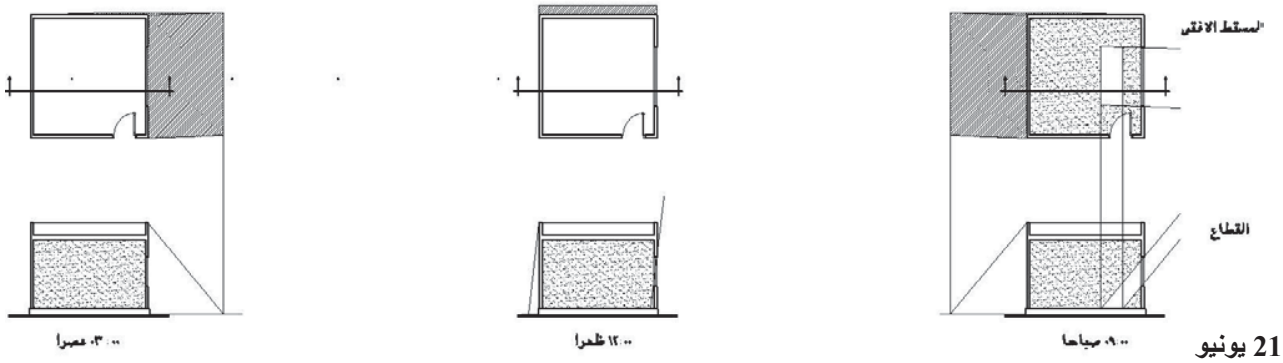
قراءة زوايا الشمس الأفقية والرأسية تتم عن طريق المونجرام الشمسي ومنقلة الزوايا

[1] Esmond Reid, Understanding Building, A Multidisciplinary Approach, 1984.

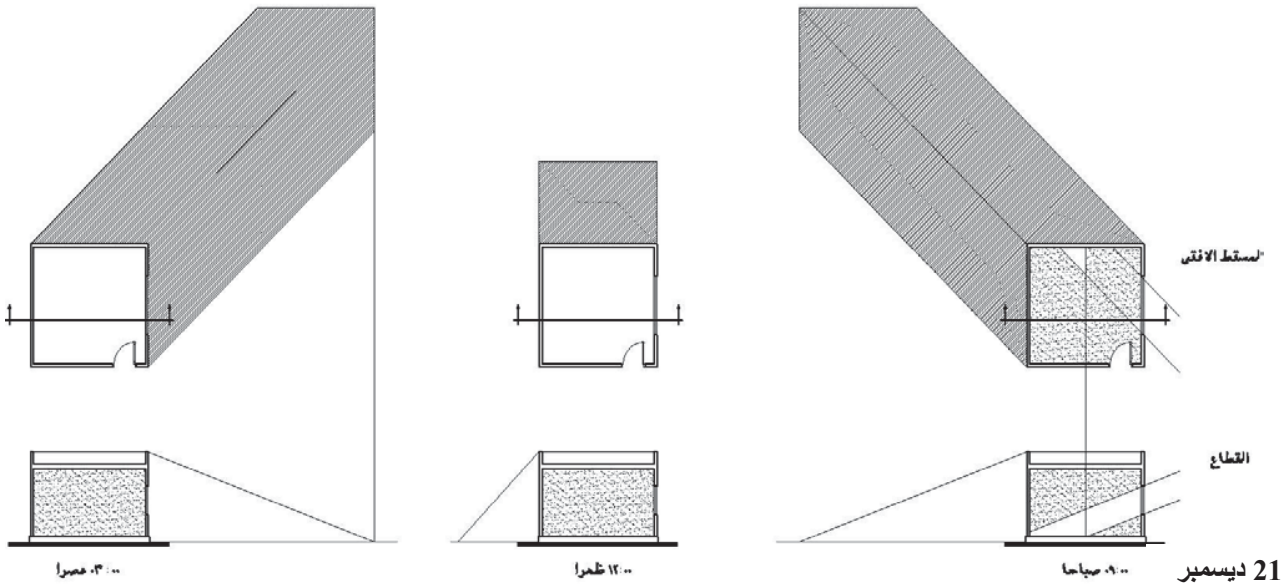
[1] مرجع سابق، الوكيل، سراج، 1985.

حيث تمثل القراءة على المحيط الخارجي للمونجرام الشمسي الزاوية الأفقية لأشعة الشمس
وتمثل القراءة داخل دائرة المونجرام الشمسي الزاوية الرأسية لأشعة الشمس

	09:00 صباحا		12:00 ظهرا		03:00 عصرا	
	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية
21 يونيو	49°	88°	83°	صفرْ	49°	-88°
21 ديسمبر	21°	45°	47°	صفرْ	21°	-45°



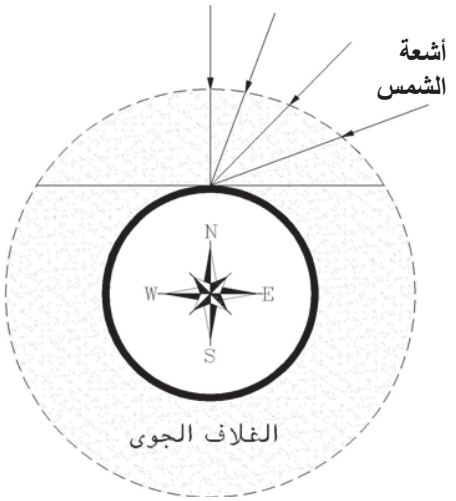
21 يونيو



21 ديسمبر

شكل (2-8): تمثيل لبعض زوايا سقوط الشمس صيفا وشتاءا

واختلاف زوايا سقوط الشمس تؤثر على طول طريق أشعة الشمس عبر الغلاف الجوي، كما يتضح ذلك من شكل (**2**-**9**).



شكل (2-9): تأثير زاوية سقوط الشمس على طول طريق أشعة الشمس عبر الغلاف الجوي

والجدير بالذكر أنه بالنسبة لمصر يمكن ملاحظة اختلاف شدة أشعة الشمس في شمال البلاد عن جنوبها، ويرجع ذلك إلى إختلاف خط العرض من الشمال إلى الجنوب وبالتالي إختلاف زوايا سقوط الشمس، وكذلك فإن لوجود المسطحات المائية والزراعات وتأثير البحر المتوسط الذي يتمثل في كثرة تجمعات السحب في الشمال عن الجنوب تأثيره الكبير على درجة الحرارة وعلى إمتصاص وعكس الإشعاع الشمسي.

2-2-2 درجة الحرارة:

درجة الحرارة هي أحد المتغيرات المناخية التي تختلف اختلافا كبيرا من منطقة إلى أخرى، ووحدة قياس درجة الحرارة هي الدرجة المئوية أو الفهرنهيت (المعروف أن صفر درجة مئوية يساوى **32** درجة فهرنهيت) ، ويتم قياس درجة الحرارة بواسطة الترمومتر الجاف الذي يعطي القيمة الحقيقية لدرجات حرارة الهواء في الظل.

وتعطي محطات الأخبار بياناتها عن درجة الحرارة فى جداول لمتوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى وأيضا متوسط الاثنين معا وذلك لليوم والشهر.

ومتوسط درجة الحرارة لليوم أو الشهر لا تعطي صورة دقيقة عن الحرارة لمنطقة ما، ويوضح جدول (**2**-**1**) مقارنة بين مدينتين تقعا في مناطق مناخية مختلفة ولكن لهما نفس متوسط درجات الحرارة وذلك عن شهر يوليو:

جدول (2-1)[1]: متوسط درجات الحرارة لمدينتي القدس وجاياكيل

المدينة	متوسط درجات الحرارة	متوسط العظمى	متوسط الصغرى
القدس	**24.5** م^5	**41** م^5	**10.5** م^5

[1] مرجع سابق، الوكيل، سراج، 1985.

جاياكيل في الأكوادور	24.5 ^{5}م	31 ^{5}م	19 ^{5}م

ولذلك فإن البيانات المطلوبة لإعطاء صورة واضحة عن درجات الحرارة هي :

أ- المتوسط الشهري لدرجة الحرارة.

ب- المتوسط الشهري لدرجات الحرارة العظمي والصغرى.

جـ- أعلي وأقل درجة حرارة مطلقة سجلت خلال الشهر.

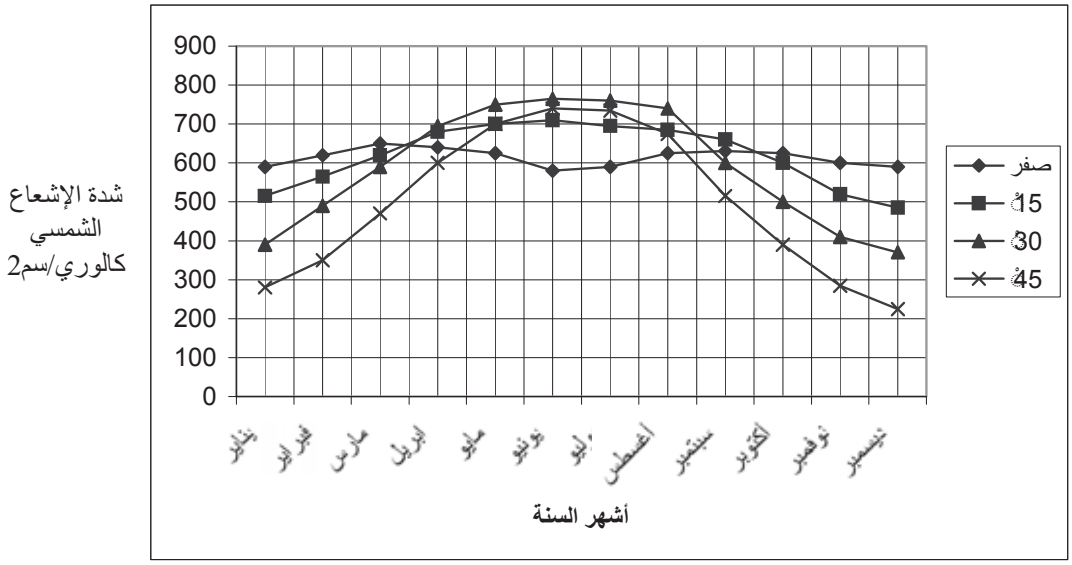
د- المدى الحراري، وهو الفرق بين أعلى وأقل درجة حرارة سجلت خلال يوم.

وتعتبر أهم العوامل المؤثرة في درجة الحرارة هي:

1 – خط العرض وفصول السنة:

نجد أنه كلما ابتعدنا عن خط الاستواء تقل زاوية سقوط الشمس وبالتالي تقل شدتها والحرارة الناتجة عنها، ومع ذلك فإن عدد ساعات النهار (حيث يكون للشمس تأثير أقوى) يزداد في الصيف شكل (**2-10**).

وينتج من ذلك أن أقصى كمية للإشعاع الشمسي صيفا على سطح الأرض تكون محصورة بين خطي عرض **30** ^{5}، **45** ^{5}شمالا.



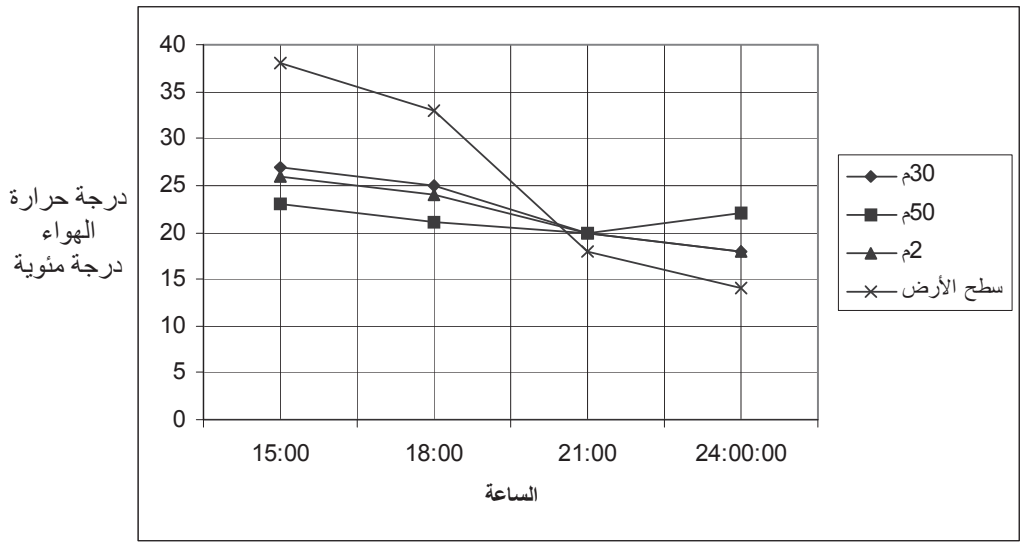
شكل (2-10): العلاقة بين درجة الحرارة وأشهر السنة لمدينة القاهرة

2- تأثير الطبوغرافيا:

نجد أنه بزيادة الإرتفاع عن سطح الأرض تقل درجة الحرارة وخاصة بعد الساعة **3** بعد الظهر. ولذلك فإن للطبوغرافيا تأثير كبير ومباشر علي درجة الحرارة، والجدير بالذكر أننا نجد أن درجة الحرارة ترتفع خلال الليل في المناطق المرتفعة بمقارنتها بالمناطق المنخفضة شكل (**2-11**).

3- الغلاف الجوي:

للغلاف الجوي تأثير كبير على درجة الحرارة حيث أنه طبقا لمدى صفاءه وخلوه من الشوائب له تأثير على كمية أشعة الشمس الواصلة لسطح الأرض وبالتالي إرتفاع أو إنخفاض درجة الحرارة في منطقة عن منطقة أخرى.



شكل (2-11): العلاقة بين درجة الحرارة والإرتفاع عن سطح الأرض

4- وجود المسطحات المائية:

وهي الظاهرة المعروفة بنسيم البر والبحر والتي تؤدي إلى حركة الهواء بين البر والبحر نهارا وليلا، حيث تبلغ سرعة اكتساب وفقد الحرارة بالنسبة للبر ضعف سرعة اكتساب وفقد الحرارة للبحر وذلك لنفس المساحة مما يكون منطقتي ضغط مرتفع وضغط منخفض وبالتالي حركة الهواء من المنطقة ذات الضغط المرتفع للمنطقة ذات الضغط المنخفض، وتلك الظاهرة تؤثر على درجة الحرارة ليلا ونهارا.

وأهم بيانات درجة الحرارة هي مدى الفرق بين درجات الحرارة ليلا ونهارا، حيث أنها تعطي مؤشرا للظروف الجوية العامة عن تلك المنطقة. فالمناخ الحار الجاف يكون متوسط مدى التراوح اليومي له كبير، وبالعكس فالمناخ الرطب يكون مدى التراوح اليومي له صغير، ومن المعروف أنه كلما زاد مدى التراوح اليومي زاد احساس الانسان بالإرهاق وعدم الراحة الحرارية.

2-2-3 الرطوبة:

يعبر عن الرطوبة بمحتوى كمية بخار الماء الموجودة بالجو. وترتبط الرطوبة بعلاقة عكسية مع درجة الحرارة، حيث أنه أي إرتفاع في درجة الحرارة يصاحبه انخفاض في الرطوبة النسبية بشرط أن يكون المحتوى المائي للهواء ثابت والعكس صحيح.

وتستمر الرطوبة النسبية فى الارتفاع حتى تصل نسبتها الي **100**%حيث تنخفض درجة الحرارة لتسجل أقل درجة وذلك عند الفجر وعندها تحدث ظاهرة الندى، وهو ما يفسر تكثف قطرات الماء علي الأسطح التي تكون درجة حرارتها أسفل نقطة الندى مثل أوراق النباتات.

وجزيئات بخار الماء الموجودة في الهواء تتوزع وتتحرك بفعل الرياح، وهي تكون نتيجة بخر المياه من الأسطح المعرضة للهواء وأشعة الشمس مثل المسطحات المائية وأوراق النباتات.

أما البيانات المطلوبة لإعطاء صورة واضحة عن الرطوبة هي:

أ- المتوسط الشهري لأعلى رطوبة نسبية.

ب- المتوسط الشهري لأقل رطوبة نسبية.

وذلك لكل شهر من شهور العام. أما العوامل المؤثرة على الرطوبة فتتمثل في:

1- خط العرض وفصول السنة:

تختلف الرطوبة اختلافا كبيرا من خط عرض إلى آخر نتيجة التغير في درجة الحرارة، حيث تربطهم علاقة عكسية، وكذلك اختلاف درجة الحرارة نتيجة اختلاف فصول السنة.

2- تأثير الطبوغرافيا ونوع الرياح:

تختلف الرطوبة النسبية من منطقة لأخرى باختلاف الموقع ونوع الرياح التي تهب علي هذا الموقع، فمثلا نجد أن الموقع المعرض لهبوب رياح جنوبية جافة مثلا نسبة الرطوبة النسبية به أقل من موقع آخر بعيد عن هذه الرياح الصحراوية الجافة.

2-2-4 الريـــــــــاح:

السبب الرئيسي لهبوب الرياح هو الإختلاف بين درجة حرارة الماء واليابسة بسبب الاختلاف بين سرعة فقد واكتساب الحرارة لليابسة عنه في البحر، مما يولد منطقة ضغط مرتفع وأخرى ذات ضغط منخفض فيؤدي ذلك إلى حركة الرياح من المنطقة ذات الضغط المرتفع الي حركة الرياح من المنطقة ذات الضغط المرتفع الي المنطقة ذات الضغط المنخفض.

والمناطق الحارة الجافة تكون معرضة للرياح الحارة الجافة المحملة بالأتربة في أغلب الأحيان مما يؤدي إلى عدم الاحساس بالراحة في تلك المناطق.

والبيانات الرئيسية المطلوبة لرسم صورة واضحة عن الرياح في منطقة ما هي:

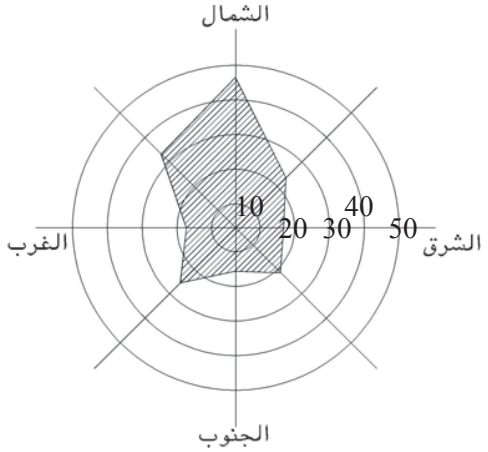
أ- اتجاهات الرياح السائدة فى تلك المنطقة.

ب- سرعة الرياح فى تلك المنطقة.

جـ- فترات سكون الرياح.

د- الرياح الخاصة الموسمية التي تهب على تلك المنطقة، ولرسم صورة واضحة عنها يـــتم دراستها في مدة طويلة تتراوح بين 25-50 سنة.

ويتم تمثيل بيانات الرياح عن طريق وردة الرياح والتي يتم من خلالها التعرف على إتجاهات الرياح السائدة على منطقة ما بمعرفة بيانات الرياح في هذه المنطقة، ويمثل شكل (**2-12**) كروكي لشكل وردة الرياح والتي يتضح منها أن الرياح السائدة في هذه المنطقة هي الرياح الشمالية حيث أنها تمثل أكبر نسبة في وردة الرياح.



شكل (2-12): كروكي وردة الرياح توضح نسب الترددات المختلفة لمدينة

وأهم العوامل المؤثرة علي حركة الرياح وسرعتها تتمثل في :

1- فرق الضغط الجوي:

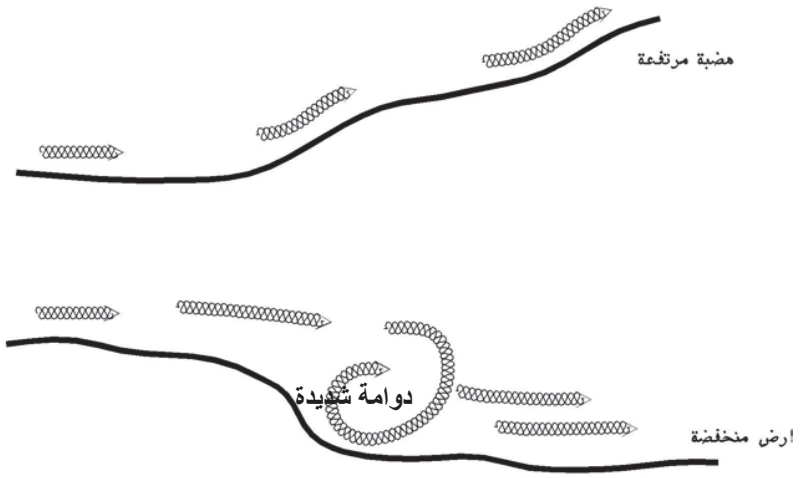
حيث تتحرك الرياح من المناطق ذات الضغط المرتفع إلى المناطق ذات الضغط المنخفض.

2- طبيعة وطبوغرافيا الموقع:

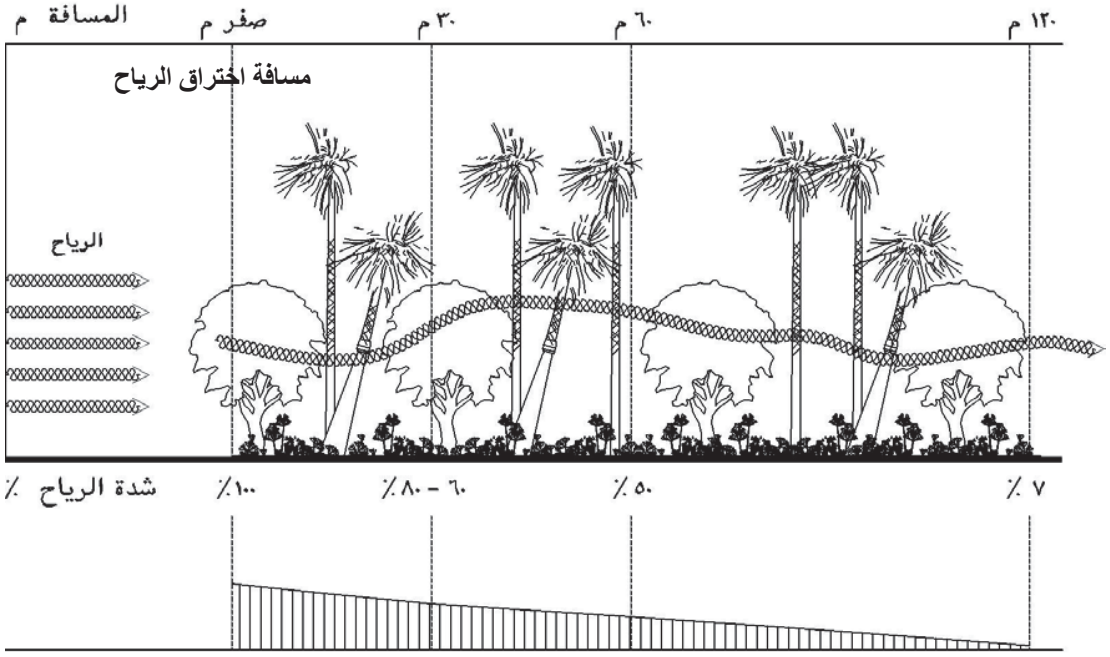
وهي ذات تأثير قوي على اتجاه وسرعة الرياح، فمثلا إذا هبت الرياح علي سطح عريض لسلسلة من الجبال فإنها تتبع حدود التضاريس فتعلو في المنحدرات المواجهة للريح وتهبط في المنطقة المحجوبة عن الرياح، أما إذا كانت المنطقة منبسطة فإن حركة الهواء الأصلية لا تكاد تتأثر بل تبقي اتجاهات هبوب الرياح وسرعتها كما هي، كما يتضح ذلك في شكل (**2-13**).

وتؤدي الغابات الكثيفة إلى تخفيض سرعة وشدة الرياح بشكل ملحوظ، كما يظهر من شكل (**2-14**) العلاقة بين النسبة المئوية لشدة الرياح ومسافة تخلخلها لمنطقة الأشجار.

كما أن كثافة الزراعات لها تأثير مباشر على تغيير الشكل الأصلي لحركة الرياح كما يظهر ذلك فى شكل (**2-15**).

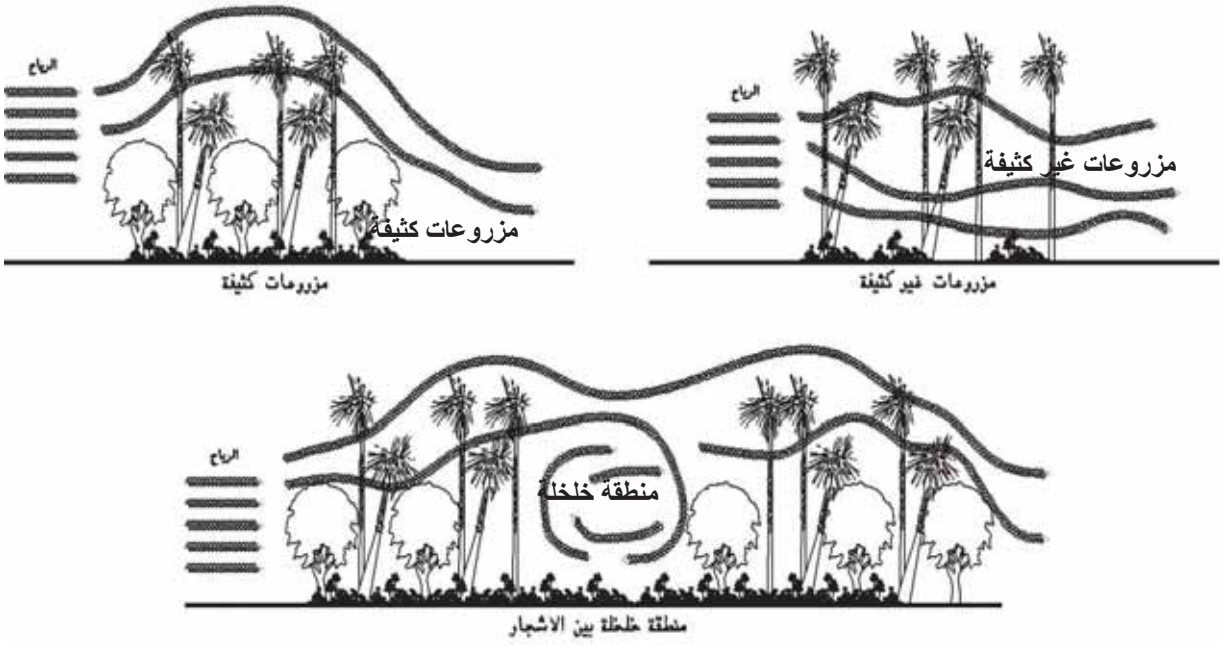


شكل (2-13): تأثير طبوغرافيا سطح الأرض على اتجاه حركة الرياح



شكل (2-14)[1]: العلاقة بين شدة الرياح والمسافة التي تتخلخلها في منطقة غابات كثيفة

[1] مرجع سابق، الوكيل، سراج، 1985.



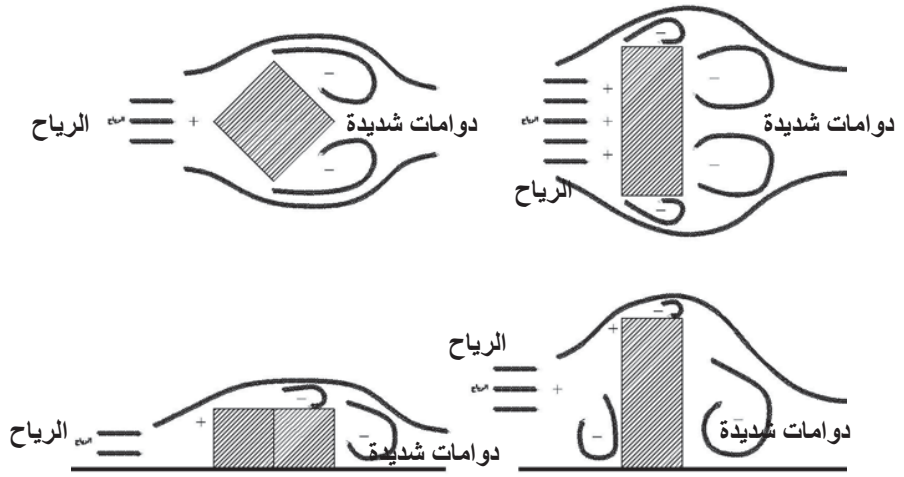
شكل (2-15)[2]: تأثير كثافة المزروعات على حركة الرياح

2-4-1 العلاقة بين الكتل المبنية وشكل حركة الرياح:

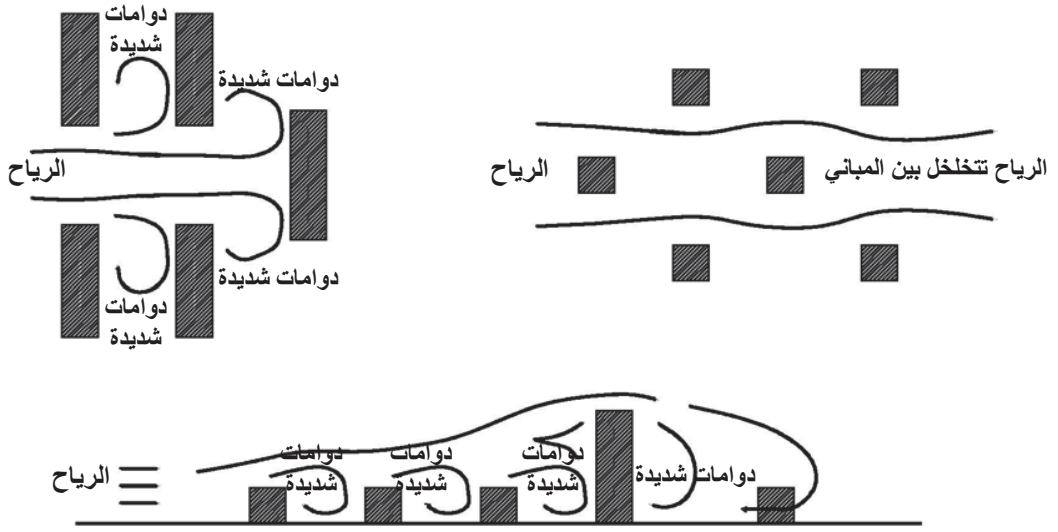
بالنسبة للتجمعات الحضرية أو الكتلة العمرانية بالمدن أو القرى فإن التجارب أثبتت أن سرعة الهواء على مستوى الشارع تعادل ثلث سرعته في المناطق المفتوحة. ومن المعروف أنه عند اصطدام الرياح بحاجز عالي أو مبنى تتكون منطقة ضغط مرتفع (+) في مواجهة الرياح ومنطقة ضغط منخفض (−) خلف المبنى. كما أن شدة الرياح تزداد حول قمم المباني العالية، ويرجع السبب فى ذلك إلى عامل الاحتكاك قرب سطح الأرض الذي يبطئ من حركة انسياب الهواء، ويؤدي الضغط المنخفض خلف المبنى العالي إلى تيار هواء معاكس يعمل على تهوية المباني المنخفضة الموجودة به، وهذا التيار تزداد شدته بازدياد ارتفاع المبني المواجه للريح، شكل (**2-16**).

ويوضح شكل (**2-17**) علاقة كتل المباني ببعضها البعض وتأثير ذلك على حركة الهواء في تلك المنطقة.

[2] American Society of Landscape Architects Foundation, Landscape Planning for Energy Conservation, 1977.



شكل (2-16)[1] : تأثير المبنى على حركة الرياح وتكوين مناطق الضغوط السالبة والموجبة



شكل (2-17)[2]: تأثير علاقة الكتل بعضها ببعض على حركة الرياح

2-2-5 المتساقطات :

وهى تمثل الأمطار والثلوج والبرد، ونوع المتساقطات إذا كانت مطرا أو ثلجا أو بردا تتوقف على درجة الحرارة السائدة فى كلا من الأجزاء العليا من الغلاف الجوي والجزء المحصور بين السحب وسطح الأرض.

وتدخل مصر ضمن النطاق الجاف مع تركز الأمطار فى منطقة الساحل الشمالي ولذلك فمن أهم البيانات الخاصة بالمتساقطات في مصر هي البيانات الخاصة بالأمطار ولإعطاء صورة واضحة عنها تكون أهم البيانات المطلوبة عنها:

أ- القيم الكلية من الأمطار التي تسقط كل يوم أو كل شهر.

ب- المعدل السنوي لسقوط الأمطار.

[1] المرجع السابق.
[2] المرجع السابق

جـــ- متوسط سقوط الأمطار على مدى سنين عديدة للتعرف على الهيكـــل العـــام لســـقوط الأمطار في تلك المنطقة.

وتؤثر كميات الأمطار على شكل المعالجات الخارجية للأسقف فنجد أن ميل الأسقف يزداد حدة كلما كانت المنطقة ذات كمية أمطار أكبر وبالعكس حتي نصل إلى الاسقف المستوية فى البلاد قليلة الأمطار.

ومن أهم العوامل المؤثرة على سقوط الأمطار :

1- الطبوغرافيا:

حيث تزداد كمية الأمطار على الجهة المواجهة للرياح بينما تقل فى الجهة الأخرى.

2- الغلاف الجوي:

حيث يؤثر طبيعة الغلاف الجوي في تجميع حبيبات الماء بالسحب.

3- سرعة واتجاه الرياح:

حيث يؤدي وجود الرياح إلى سقوط الأمطار باتجاه مائل وليس عموديا على سطح الأرض، ويزداد هـــذا الميل بزيادة سرعة الرياح.

4- درجة حرارة الغلاف المحيط:

حيث يؤثر على كون المتساقطات أمطارا أو ثلجا طبقا لدرجة حرارة الغلاف المحيط.

5- الموقع:

تقل كميات الأمطار كلما ابتعدنا عن المواقع ذات المسطحات المائية مثل الشواطئ .

2-2-6 الظواهر الخاصة :

وهي تمثل جميع الظواهر المناخية النادرة الحدوث والغير دائمة مثل العواصف والأعاصير والسيول و العواصف الترابية وغير ذلك من الظواهر النادرة الحدوث، ولا بد من دراسة تلك الظواهر وذلك لأنها تهدد سلامة المنشآت وقاطني تلك المناطق، ويجب تحديد درجة تردد حدوث تلك الظواهر وطبيعتها ودرجة شدتها.

والظواهر الخاصة نادرة الحدوث في مصر فيما عدا السيول التي تحدث في مناطق الصعيد بالأخص ولذلك يجب دراستها لإبعاد أي قرى وتجمعات سكنية عن مجاري ومخرات السيول حتى لا تسبب تدميرها.

2-3 الأقاليم المناخية في مصر:

2-3-1 مقدمة:

جمهورية مصر العربية تتميز بموقعها الفريد جغرافيا حيث أنها تعتبر حلقة الوصل بين الشرق والغرب من خلال قارتي آسيا وأوروبا، فيحدها من الشمال البحر الأبيض المتوسط ومن الشرق البحر الأحمر، وقد أدى هذا الموقع

إلى أن يغلب عليها طابع المناخ الساحلي بالإضافة إلي طابع المناخ الإستوائي في الجنوب لقربها من خط الاستواء جنوبا.

وتكمن أهمية تقسيم مصر إلى أقاليم مناخية لمساعدة المعماري في التعرف علي الخصائص العامة للمناخ في الموقع وبذلك يسهل عليه بإتباع طرق التصميم البيئي الوصول إلى التصميم المحقق للراحة الحرارية المستعملي الفراغ، حيث أن لكل إقليم مناخي في مصر خصائصه التي تميزه عن الأقاليم الأخرى.

وبصفة عامة فإن مناخ مصر يعتبر مناخا جافا حيث ترتفع درجات الحرارة كلما اتجهنا جنوبا، وتعتبر منطقة وسط سيناء والجزء الأوسط من الصحراء الغربية قطبي البرودة في مصر، كما تعتبر الصحراء الغربية قطب الحرارة في مصر، والرياح السائدة في مصر أغلبها رياح شمالية غربية نتيجة المنخفض الجوي فوق الصحراء الشرقية والمرتفع الجوي فوق الصحراء الغربية مما يؤدي لحركة الرياح.

وقد تمت عدة محاولات لتقسيم مصر إلى مناطق مناخية، لكل منطقة الخصائص المناخية الخاصة بها وسنتعرف في هذا الجزء على أهم المحاولات التي تمت للوصول إلى أفضل تقسيم مناخي لمصر مفيد من وجهة النظر المعمارية لمساعدة المصمم على فهم المنطقة المناخية الخاصة به وتمكنه من الوصول إلى التصميم الأمثل لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ.

2-3-2 أقاليم مصر المناخية:

يشكل المناخ أحد عناصر البيئة الطبيعية التي يعيشها الإنسان، كما أنه يؤثر على راحة الإنسان وقدرته علي الإنتاج، لذا يجب التعرف على طبيعة البيئة المناخية بمصر، ومدى تأثيرها على الإنسان وتحديد حدود ونطاق الإحساس بالراحة من خلالها ومحاولة الوصول إلي مرحلة الإتزان الحراري والبيئي بين الإنسان والبيئة.

وقد جرت عدة محاولات لتقسيم مصر لعدة مناطق مناخية بحيث يكون لكل منطقة السمات البيئية الخاصة بها، حتى يكون لكل منطقة التوصيات المقترحة والخاصة بها من حيث مراعاة العوامل البيئية لتحقيق الراحة الحرارية في المباني الموجودة في هذه المنطقة.

2-3-2-1 التقسيم الجغرافي[1]:

وتم فيه تقسيم مصر إلى قسمين مناخيين رئيسيي طبقا للموقع الجغرافي وهما:

- **الإقليم المناخي الساحلي.**
- **الإقليم المناخي الصحراوي.**

[1] Dr. H. Fahmy , Dr. G. B. Hanna , Dr. A. El Mallawany " Research study on the thermal and acoustical requirements of teaching space of School Building in Egypt ".

ويوضح جدول (2-2) أهم السمات والخصائص الخاصة بكل إقليم مناخي، حيث يمكن للمصمم إعتبار هذه الخصائص نقاط استرشادية للوصول إلى توصيات مناخية مبدئية تترجم إلى معالجات مناخية عند التصميم، ويتضح من شكل (2-18) الحدود الخاصة بكل إقليم ونطاق تأثيره.

جدول (2-2): الخصائص المميزة للأقاليم المناخية المقسمة تبعا للموقع الجغرافي:

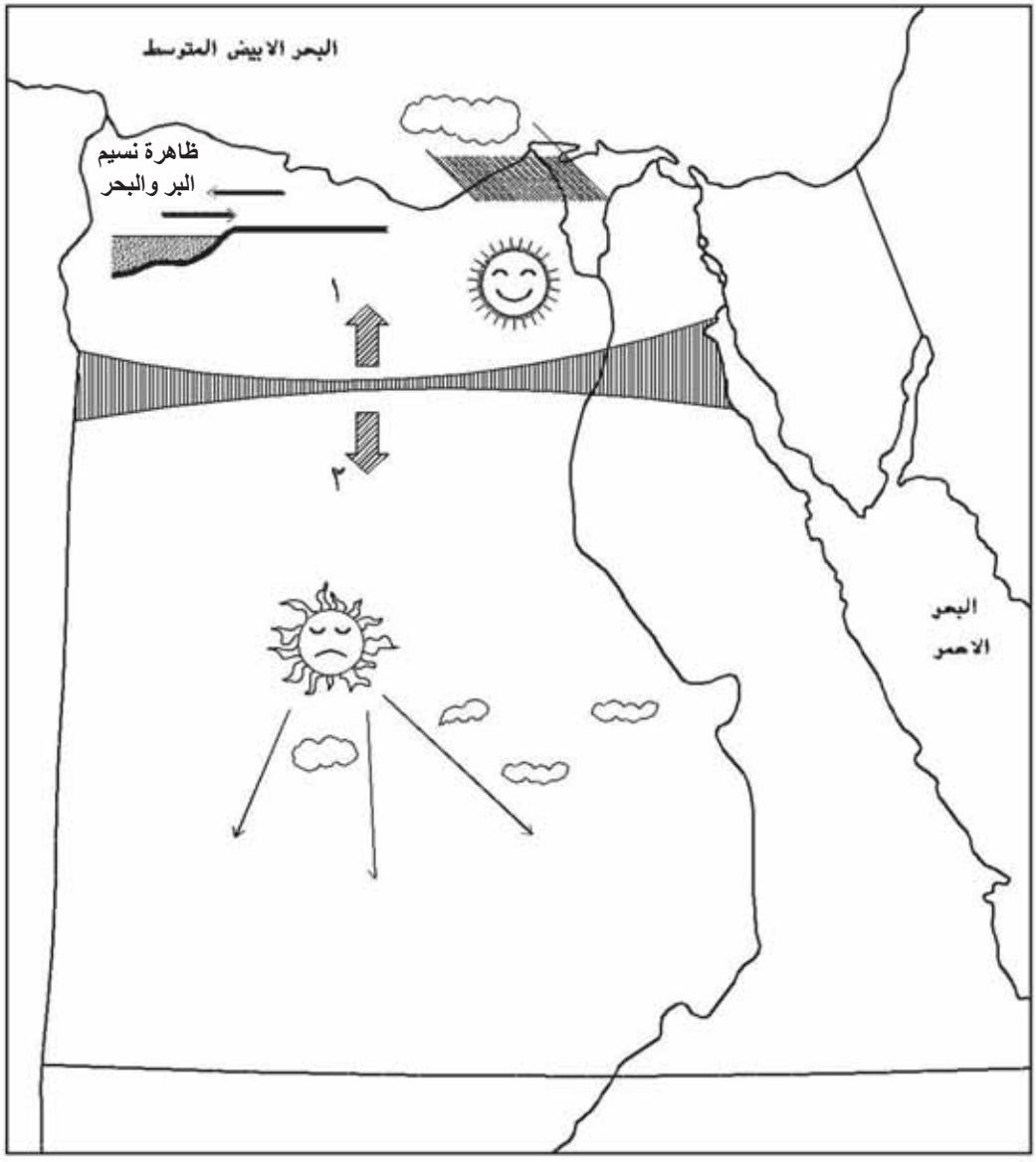
	الإقليم المناخي الساحلي	الإقليم المناخي الصحراوي
الموقع	يغطي منطقة الدلتا وساحل البحر المتوسط وشبه جزيرة سيناء.	يغطي مساحة مصر من الدلتا وباتجاه الجنوب حتى الحدود مع السودان.
أهم مميزات الإقليم المناخية	1- درجة حرارة معقولة نسبيا. 2- فرق درجات الحرارة بالنهار والليل صغير مما يقلل الإحساس بالإجهاد الحراري. 3- معدل الرطوبة النسبية مرتفع. 4- كثرة الأمطار وخاصة في فصل الشتاء. 5- وجود ظاهرة نسيم البر والبحر عند المناطق الساحلية.	1- ارتفاع درجات الحرارة. 2- فرق درجات الحرارة بالنهار والليل كبير مما يسبب الإحساس بالإجهاد الحراري. 3- إنخفاض الرطوبة النسبية. 4- قلة الأمطار. 5- الإشعاع الشمسي القوى المباشر.

ويؤخذ على هذا التقسيم عدم الدقة، حيث أن إعتماده الأساسي علي تقسيم مصر جغرافيا، كما أنه قد أجمل مصر مناخيا في منطقتين فقط تبعا للتقسيم الجغرافي.

2-3-2-2 تقسيم التصميم المناخي[2]:

وفي هذا التقسيم تم تقسيم مصر إلى 16 منطقة مناخية يندرج تحت كل منطقة عدة مدن تتشابه في خصائصها المناخية ، ويوضح شكل (2-19) المناطق المختلفة وتوزيعها الجغرافي، ولكل منطقة التوصيات الخاصة بها عند عمل التصميمات المعمارية، حيث يمكن اتخاذ تلك التوصيات كقواعد إرشادية عند التصميم لأخذ العوامل المناخية في الإعتبار.

[2] د. سمير حسن بيومي حسني، " دراسات في العمارة المصرية (الجزء الأول)، المناخ والعمارة – تقييم قومي "، 1989.

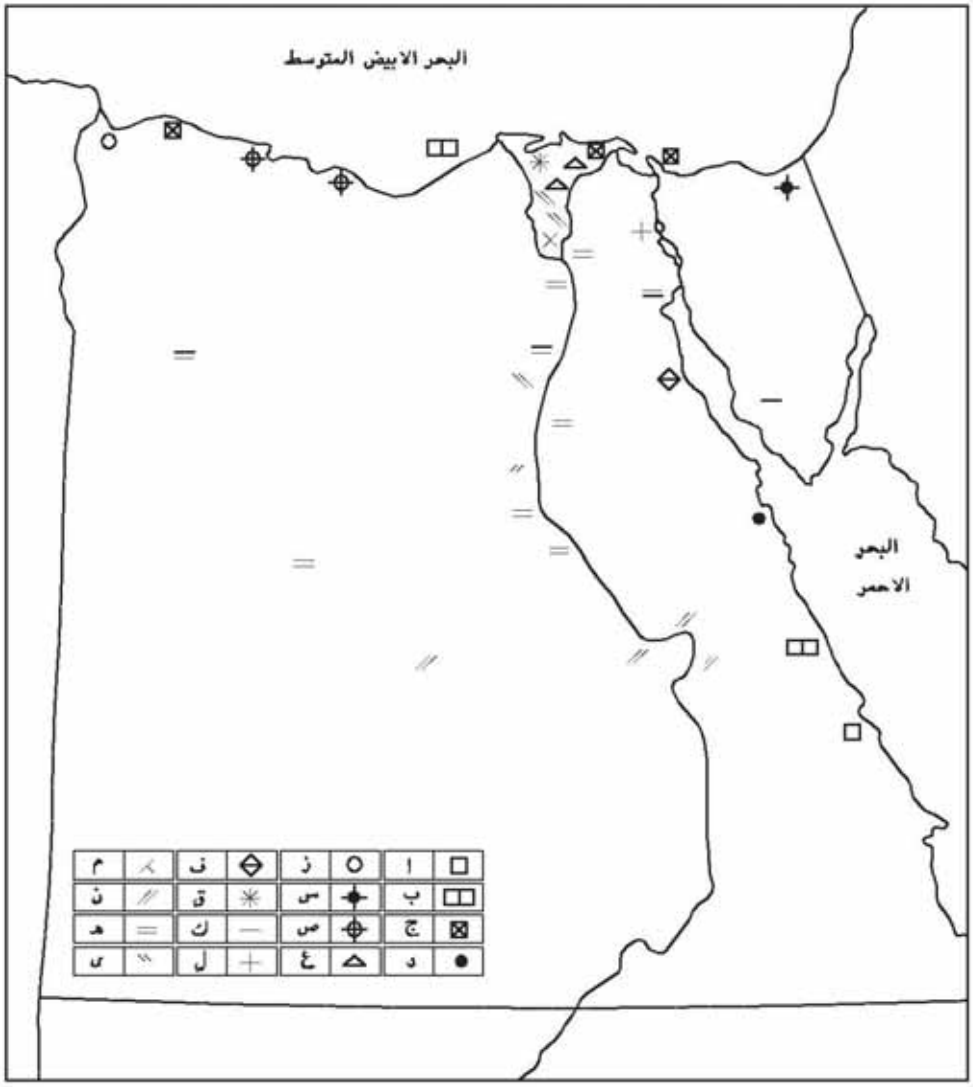


1- الإقليم المناخي الساحلي

2- الإقليم المناخي الصحراوي

شكل (2-18)[1]: التقسيم المناخي لمصر تبعا للتقسيم الجغرافي

[1] Ob. Cit, Fahmy, Hanna, El Mallawany.



شكل (2–19)[1]: تقسيم التصميم المناخي لمصر

وقد تم تحديد التوصيات الخاصة لكل منطقة والتقسيم الخاص للمناطق بالاستعانة بجداول ماهوني، ومن تحليل الشكل السابق والخصائص المناخية لكل منطقة من المناطق السابقة يمكن استنتاج تشابه بعض المناطق في التوصيات المعمارية وإن اختلفت في بعض المعالجات البسيطة كنسب الفتحات وعرضها، وتتمثل هذه المناطق المتماثلة في:

- **منطقة ج – ص – ز.**
- **مناطق ع – ي.**
- **مناطق ن – ل – ق.**
- **مناطق ب – ف.**
- **مناطق م – هـ.**

[1] مرجع سابق، حسني، 1989.

– مناطق س – ك.

ومن الاستعراض والتحليل السابق يمكن تقسيم مصر إلى 7 أقاليم مناخية، لكل إقليم ملامحه الخاصة به، ويمثل جدول (2-3) هذه الأقاليم والمميزات الخاصة، والتوصيات المبدئية عند عمل التصميم الابتدائي، وهذه الأقاليم كالتالي:

جدول (2-3)[1]: الأقاليم المناخية طبقا للتصميم المناخي لمصر

الأقاليم	المناطق المناخية	الخصائص المناخية	التوصيات المناخية للتصميم
إقليم ساحل البحر الأبيض المتوسط	**ج** **ص** **ز**	– وجود نسيم البر والبحر. – فصل الصيف يصل إلى 4-5 أشهر. – إرتفاع نسبة الرطوبة.	– وضع المباني علي محور طولي شرقي غربي. – ترك مسافات لتخلخل الهواء بين المباني. – حوائط داخلية وخارجية خفيفة. – فتحات متوسطة في الحائط.
إقليم شبه متوسطي	**ع** **ي**	– سماء صافية، ملبدة بالغيوم خلال شهور الشتاء. – إشعاع شمسي مباشر وقوي. – رطوبة نسبية عالية. – فصل شتوي مطير.	المباني ذات توجيه شمالي جنوبي . ترك مسافات لتخلخل الهواء . توفير الحماية من الرياح الباردة والحارة . حوائط داخلية وخارجية سميكة . فتحات متوسطة في الحوائط .
إقليم شبه صحراوي	**ن** **ل** **ق**	– سماء صافية معظم شهور السنة. – إشعاع شمسي مباشر وقوي خلال النهار. – رطوبة نسبية متوسطة. – موسم الأمطار لا يتعدى شهرين في فصل الشتاء.	– عمل تخطيط متضام. – السماح بحركة الهواء عند الحاجة. – الفتحات متوسطة في الواجهة. – وضع الفتحات في الحوائط الشمالية والجنوبية. – توفير حماية الفتحات من أشعة الشمس. – الحوائط الخارجية سميكة.
إقليم صحراوي	**هـ**	– سماء صافية خالية من السحب. – لا يتعدى فصل الشتاء 3 أشهر.	– عمل تخطيط متضام. – الفتحات الخارجية صغيرة. – توضع الفتحات في الحوائط الشمالية والجنوبية. – توفير الحماية من أشعة الشمس المباشرة.
إقليم صحراوي شديد الجفاف	**م**	– سماء صحو خالية من السحب. – أمطار قليلة نادرة. – فصل صيفي طويل يصل إلى 7	– التخطيط المتضام وتظليل الممرات. – الحماية من أشعة الشمس المباشرة. – الحوائط تكون سميكة.

[1] اللجنة الدائمة لإعداد المواصفات المصرية العامة لبنود الأعمال، مواصفات بنود أعمال العزل الحراري "إشتراطات أسس التصميم والتنفيذ"، الطبعة الثانية، 2001.

		أشهر.	– وضع الفتحات في الحوائط الشمالية والجنوبية. – الفتحات الخارجية صغيرة.
إقليم ساحل البحر الأحمر	**ب** **ف**	– سماء صافية. – إشعاع شمسي مباشر وقوي. – فصل صيف طويل يمتد إلي 6 أشهر. – نسبة الرطوبة منخفضة.	– تخطيط المباني علي محور شرقي غربي. – ترك مسافات لحركة الهواء. – حوائط سميكة. – فتحات متوسطة في الحوائط.
إقليم شبه جزيرة سيناء	**س** **ك**	– إمتداد فصل الشتاء وقصر فصل الصيف. – غزارة الأمطار. – إرتفاع نسبة الرطوبة.	– تخطيط متضام لمنع حركة الهواء. – حوائط خارجية وداخلية سميكة. – فتحات متوسطة مع حمايتها من الأمطار.

والتقسيم السابق يعتمد أساسه على أن لكل موقع جغرافي الخصائص المميزة له، ومن ضمن هذه الخصائص تأثير الموقع على العوامل المناخية الموجودة بالمنطقة والتي تختلف عن المنطقة الجغرافية الأخرى، ويوضح شكل (2-20) التقسيم الجغرافي للأقاليم المناخية التصميمية طبقا للتقسيم السابق، حيث أن المناطق الموضحة على الخريطة كالتالي:

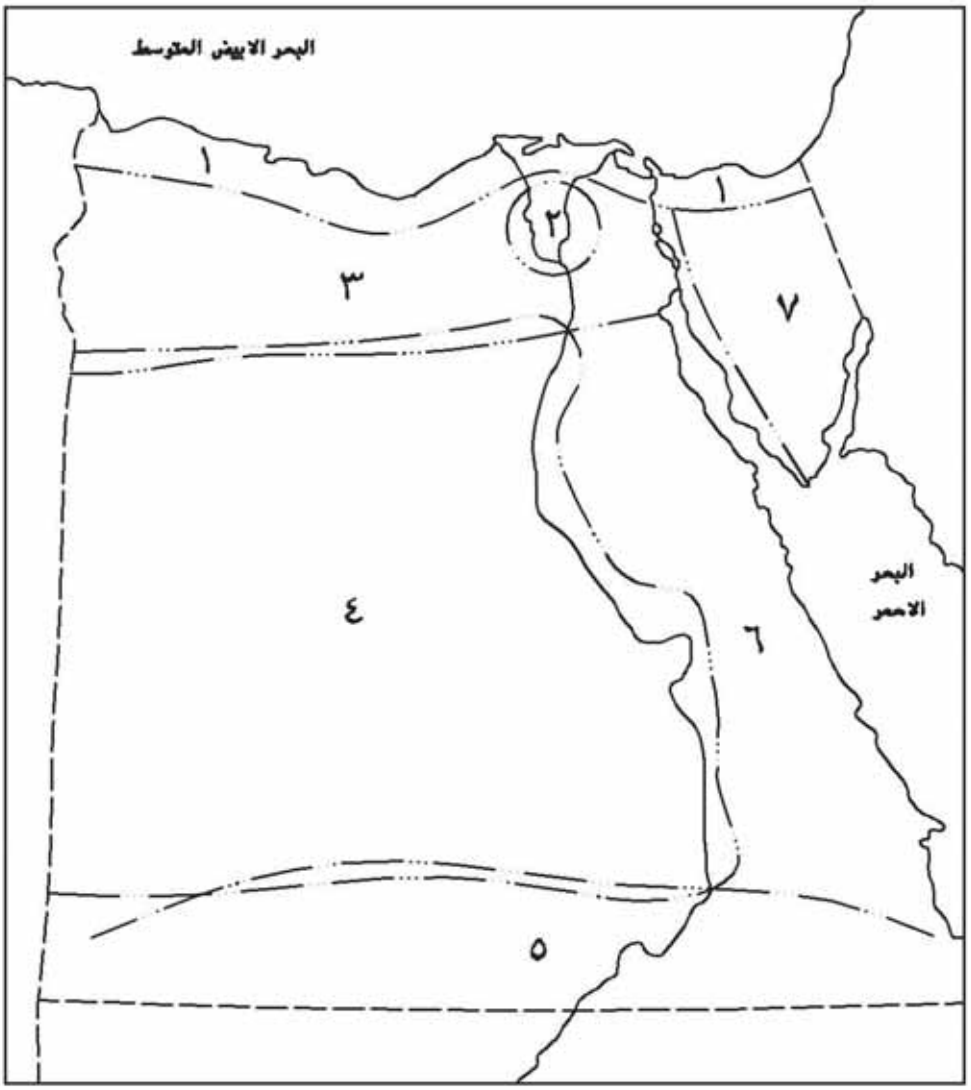
1- إقليم البحر الأبيض المتوسط.
2- الإقليم شبه المتوسط.
3- الإقليم شبه الصحراوي.
4- الإقليم الصحراوي.
5- الإقليم الصحراوي شديد الجفاف.
6- إقليم ساحل البخر الأحمر.
7- إقليم شبه جزيرة سيناء.

2-3-2-3 الأقاليم المناخية العمرانية[1]:

لقد أجمعت كل محاولات تقسيم المناخ علي وجود إقليم مناخي ساحلي على ساحل البحر الأبيض المتوسط يندرج تحته عدة أقاليم فرعية متشابهة في كثير من خصائصها المناخية، وإقليم صحراوي يندرج تحته أيضا عدة أقاليم فرعية، ونظرا للتشابه التقريبي بين التوصيات الخاصة بالمعالجات المناخية في هذه الأقاليم الفرعية يمكن استخلاص أربعة أقاليم رئيسية تشكل الخريطة المناخية لمصر كما يتضح في شكل (2-21)، وهذه الأقاليم هي:

[1] المرجع السابق.

- إقليم المناخ الساحلي.
- إقليم المناخ الصحراوي.
- إقليم مناخ السهل الفيضي.
- إقليم مناخ الهضاب المرتفعة.



شكل (**2–20**)[1]: التقسيم المناخي للأقاليم المناخية التصميمية

[1] المرجع السابق.

ويمكن تلخيص أهم الخصائص المناخية لكل إقليم مناخي من الأقاليم السابقة في جدول (2-4) كالتالي:

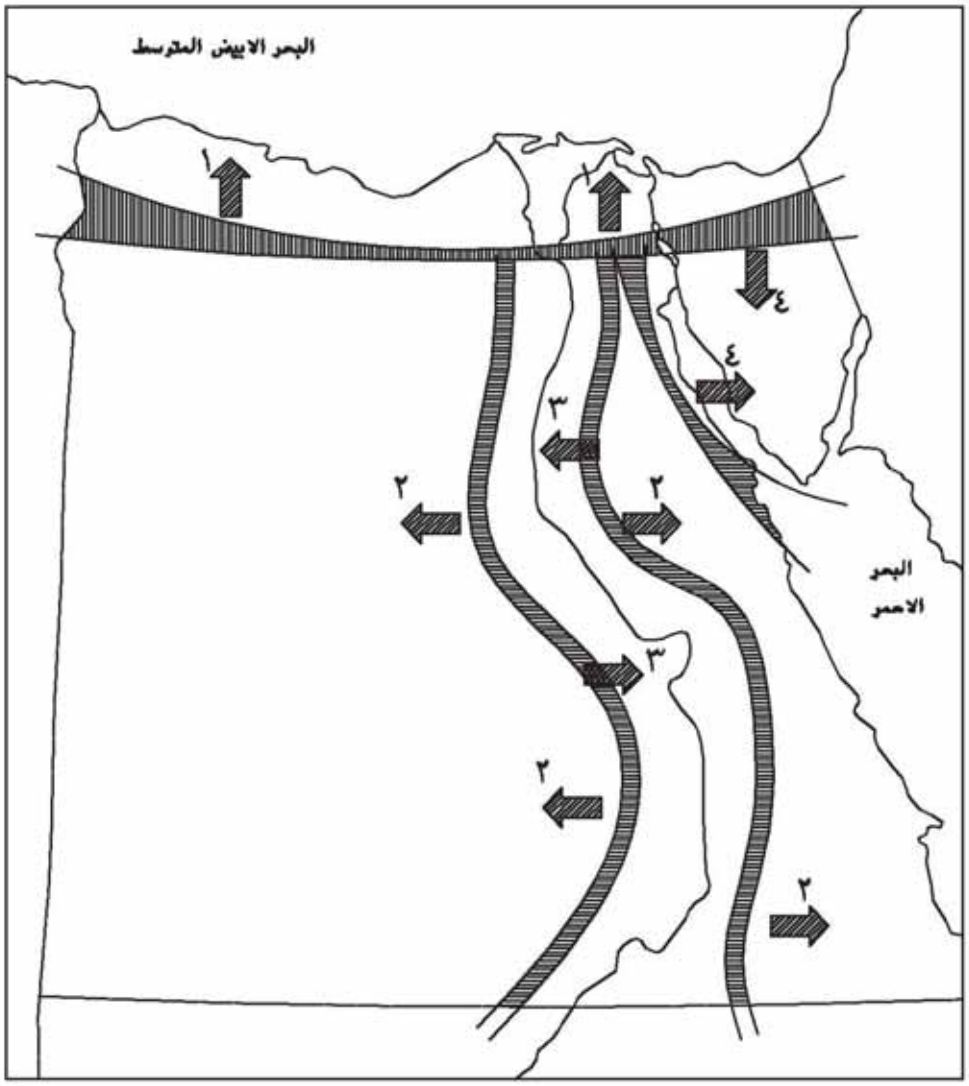
جدول (2-4)[1]: الأقاليم المناخية العمرانية بمصر:

الإقليم المناخي	الخصائص المناخية
المناخ الساحلي	- درجة حرارة مرتفعة صيفا منخفضة شتاءا. - معدل الرطوبة مرتفع. - السماء مغطاة بالغيوم. - سقوط الأمطار شتاءا. - التأثر بظاهرة نسيم البر والبحر.
المناخ الصحراوي	- درجات الحرارة العالية صيفا. - إنخفاض الرطوبة النسبية. - إشعاع شمسي مباشر وقوي. - قلة وندرة المطر. - رياح محملة بالرمال.
مناخ السهل الفيضي	- إرتفاع درجة الحرارة صيفا. - إرتفاع الرطوبة النسبية. - إشعاع شمسي مباشر قوي. - رياح محملة بالرمال في مناطق إلتقاء الوادي الأخضر بالصحراء.
مناخ الهضاب المرتفعة	- انخفاض درجة الحرارة بشكل كبير . - مناخ شديد البرودة . - أمطار غزيرة في فصل الشتاء مسببة ظاهرة السيول .

ويمكن للمصمم أن يحدد موقع المدينة الشاملة للموقع الذي يقوم بتصميمه بحيث يتمكن من التعرف على أهم الخصائص المناخية المميزة للإقليم واستنتاج بعض الخطوط الإرشادية للتصميم المناخي لمراعاة تحقيق الراحة الحرارية، ويمكننا ملاحظة أن أغلب مناطق مصر تقع في مناطق عدم راحة حرارية، مما يستلزم على المهندس المصمم توفير بيئة مناخية صالحة داخل الفراغات العمرانية التي يقوم بتصميمها.

[1] المرجع السابق.

فالتصميم البيئي ليس وليد اللحظة، بل هو قديم قدم الزمن منذ الأيام الأولى لنشأة الحضارة، حيث أدرك الإنسان عن طريق التجربة والخطأ ضرورة توفير البيئة المناخية الصالحة للمستعمل، بحيث يحقق المبنى الهدف الأساسي في توفير الأمن والأمان للمستعملين، بحيث يتم مراعاة تصميم الغلاف الخارجي للمبنى حيث أنه يعتبر حلقة الوصل بين الفراغ الداخلي والفراغ الخارجي بكل ظروف المناخ الموجودة به، ويستلزم على المصمم أن يتعرف أولا على الغلاف الخارجي للمبنى الذي يقوم بتصميمه ونطاق تأثير كل عنصر من عناصر الغلاف الخارجي للمبنى في التأثير على الفراغ الداخلي سواء بالسلب أو الإيجاب.



1- إقليم المناخ الساحلي.

2- إقليم المناخ الصحراوي.

3- إقليم مناخ السهل الفيضي.

4- إقليم مناخ الهضاب المرتفعة.

شكل (2-21)[1]: الأقاليم المناخية العمرانية بمصر

2-3-3 التمثيل البياني للمعلومات المناخية:

للتعرف على السلوك المناخي لأي مدينة أو موقع ما، يجب أن يتم جمع المعلومات المناخية لهذه المدينة طبقا لخط العرض الواقعة عليه من درجة حرارة ورياح ورطوبة نسبية ..... إلخ، كما سبق ذكره، ولسهولة عرض هذه المعلومات يفضل تمثيلها بيانيا حتى تعطي الصورة الكاملة للسلوك المناخي لمدينة ما أو موقع ما داخل هذه المدينة.

حيث نحصل في النهاية على منتج ما يعتبر كمرجع للمصمم أو لأي مهتم بالعناصر المناخية لهذه المدينة، بحيث يتم الرجوع إليها عند الحاجة إليها، والجدير بالذكر أن المعلومات المناخية تختلف من عام لآخر بسبب عدة عوامل يكون لها تأثيرا عليها مثل زيادة نسبة التلوث في المدن أو الكثافة السكانية في هذه المدينة أو غير ذلك من العوامل التي يكون لها التأثير الملحوظ على العناصر المناخية.

وعلى سبيل المثال، في الباب السادس، تم تجميع المعلومات المناخية لمدينة القاهرة (خط عرض ´7 °30) طبقا لعام 1999م، والتمثيل البياني لهذه المعلومات المناخية.

الخـــــلاصـــــة

عند تصميم مبنى أيا كان نوعه، فلتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة داخل الفراغ لابد من التعرف ودراسة العوامل المناخية المختلفة والمؤثرة على الفراغ سواء بالسلب أو الإيجاب، وطبقا للحيز الجغرافي الذي يشغله المناخ والذي يتدرج تبعا للآتي:

- المناخ العالمي.
- المناخ الإقليمي.
- المناخ المحلي.
- المناخ الجزئي.
- المناخ الداخلي.

وعناصر المناخ الرئيسية هي المؤثرة على تصميم المبنى لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ الداخلي، ويجب على المصمم دراسة تأثير عناصر المناخ على المستعمل وعلى الفراغ الداخلي، حتى يتسنى له الوصول لأنسب تصميم يحقق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ الداخلي، وتتمثل عناصر المناخ الرئيسية في:

- الإشعاع الشمسي.
- درجة الحرارة.

[1] المرجع السابق.

- الرطوبة.
- الرياح.
- المتساقطات.
- الظواهر الخاصة.

ويجب أن يدرس المصمم أهم النقاط التي تعطي له صورة واضحة عن هذه العوامل، وتتمثل هذه النقاط في الآتي:

- العوامل المؤثرة على العنصر المناخي.
- وحدة قياس العنصر المناخي.
- البيانات اللازمة لإعطاء صورة واضحة عن العنصر المناخي.

والجدير بالذكر أن هذه العوامل المناخية تكون متشابهة إلى حد ما في كل إقليم مناخي، بحيث يكون لكل إقليم مناخي خصائصه المناخية المميزة له والتي ينعكس آثارها على تصميم المبنى في هذه المنطقة، بحيث يكون لكل منطقة الطابع العام المناخي المناسب له، ومن أهم التقسيمات المناخية لأقاليم مصر هي تقسيم مصر تبعا لأقاليمها المناخية العمرانية والذي استخلص وجود 4 أقاليم مناخية مميزة بمصر وهي:

- المناخ الساحلي.
- المناخ الصحراوي.
- مناخ السهل الفيضي.
- مناخ الهضاب المرتفعة.

ويجب أن يقوم المصمم بجمع المعلومات المناخية الخاصة بالمنطقة أو المدينة التي يقوم المصمم بعمل التصميم بها، ولمعرفة الصورة العامة للمناخ في هذه المنطقة يقوم المصمم بالتمثيل البياني لهذه المعلومات حتى يحصل على الصورة الكاملة للسلوك المناخي لهذه المدينة.

3- الغلاف الخارجي للمبنى:

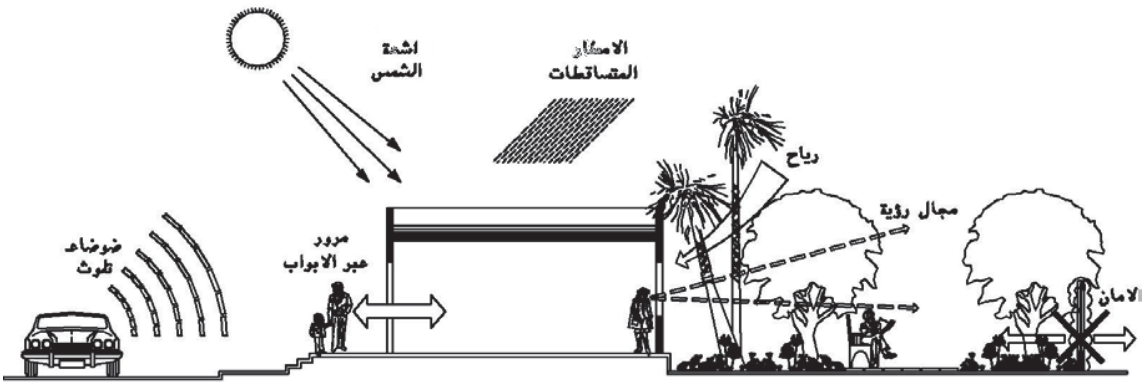
3-1 مقدمة:

إن المناخ الخارجي ذو تأثير مباشر على حالة الإنسان وإحساسه بالراحة أو الضيق، فتكيف الإنسان مع المناخ الخارجي ليس بالمرونة التي تكفي لأن يشعر الإنسان بالراحة دائما ولكن عند تعرضه لأي ظروف مناخية غير ملائمة كالحرارة المرتفعة أو البرودة الشديدة يحاول جسم الإنسان أن يتكيف مع تلك الظروف الخارجية، كإفراز العرق لمحاولة تخفيف الحرارة الشديدة أو الرعشة التي تنتاب جسم الإنسان ليستفيد منها في توليد الحرارة في خلايا جسمه عند تعرضه للبرودة الشديدة. ولكن تكيفه مع ظروف المناخ المحيط به لا يحميه من الشعور بالضيق أو عدم الراحة بسبب تعرضه لتلك الظروف المناخية الغير ملائمة.

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

فالغلاف الخارجي لأي مبنى أو فراغ عمراني ما هو إلا تعبير مباشر عن العنصر الوظيفي خلف هذا الغلاف، وكذلك العنصر الإنشائي المستخدم في المبنى، سواء أكان من الخرسانة المسلحة أو الحديد والزجاج أو غير ذلك من مواد الإنشاء المختلفة.

يعتبر الغلاف الخارجي للمبنى حلقة الوصل ما بين الداخل والخارج سواء إتصال الداخل بالخارج كالرؤية أو دخول وخروج المبنى، وإتصال الخارج بالداخل سواء بالتأثير بالضوضاء أو الحرارة أو ما غير ذلك من العوامل الخارجية التي تؤثر على الفراغ الداخلي، ويوضح شكل (3-1) تبسيط لأهم العناصر والمؤثرات وتبادل الاتصال ما بين الداخل والخارج عن طريق غلاف المبنى.



شكل (3-1): أهم المؤثرات ما بين داخل وخارج المبنى خلال غلافه الخارجي

ومع تطور العمارة على مر العصور، وعن طريق التجربة والخطأ، أصبح لكل منطقة مناخية مختلفة في العالم غلاف خارجي للمبنى نابع من البيئة المحيطة بحيث يكون وسط إنتقالي للعوامل المناخية لمعالجتها بقدر الإمكان حتى يكون الفراغ الداخلي ملائم إلى حد ما لمستعملي الفراغ الداخلي، كما يعمل الغلاف الخارجي كذلك للحماية من العوامل الجوية السيئة كالميل الشديد بالأسقف في المناطق الممطرة على سبيل المثال، ويوضح شكل (3-2) بعض الأمثلة للغلاف الخارجي للمباني في عدة مناطق مختلفة مناخيا.

شكل (3-2)[1]: العلاقة ما بين المناخ والغلاف الخارجي للمبنى

ويعتبر الإنتقال الحراري ما بين داخل وخارج المبنى من أهم عناصر المناخ ذات التأثير القوي على الإنسان من حيث إحساسه بالراحة من عدمه، فيتم الإنتقال الحراري بين البيئة الخارجية والوسط الداخلي للمبنى من خلال غلافه الخارجي من حوائط وأسقف وكذلك من خلال الفتحات الخارجية. وتنتقل الحرارة بنفس الطريقة خلال الأسقف والحوائط على السواء، إلا أن كمية الأشعة الساقطة على السطح تكون أكبر نتيجة لطول مدة تعرضه للشمس فبالتالي تكون الحرارة المتسربة من خلاله إلى الداخل أكبر من الحوائط الرأسية. أما الفتحات فتعتبر المصدر الرئيسي لنفاذ الحرارة إلى الداخل وذلك لرقة سماكتها حيث أنها في الغالب تكون من الزجاج، ويوضح شكل (3-3) النفاذ الحراري إلى داخل المبنى عن طريق الأسقف والحوائط والفتحات الخارجية، ويتأثر معدل إنتقال الحرارة من وإلى المبنى بالخواص الحرارية الطبيعية لمواد البناء.

3-2 عناصر الغلاف الخارجي للمبنى:

حتى يتمكن المعماري من الوصول إلى تحقيق بيئة مناخية صالحة داخل الفراغات المعمارية التي يقوم بتصميمها، يجب أن يكون إهتمامه أكبر بتحليل الخصائص المناخية علاوة على دراسة العناصر المعمارية

[1] Esmond Reid, Understanding Building, A Multidisciplinary Approach, 1984.

المختلفة للمبني من حوائط وأسقف وفتحات خارجية والتأثير المتبادل بين العوامل المناخية وعناصر الغلاف الخارجي للفراغ حيث أنها تعتبر المنفذ الرئيسي لإنتقال الحرارة داخل المبنى وبالتالي حالة المناخ بالفراغ.

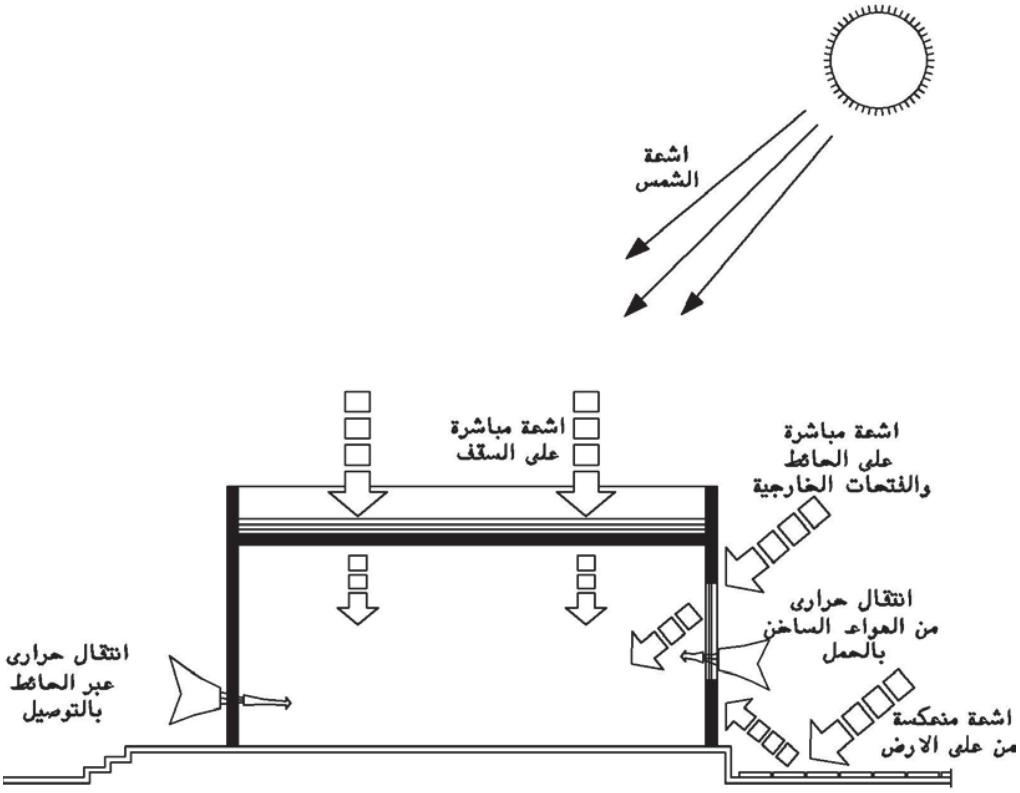
والغلاف الخارجي للمبنى يتكون من 3 عناصر رئيسية وهي:

أ- الأسقف.

ب- الحائط الخارجي الرأسي.

جـ - الفتحات الخارجية (أبواب وشبابيك).

ولكل من العناصر السابقة دورها في الإنتقال الحراري بين خارج وداخل المبنى، كما يمكن مراعاة تصميمها بصورة تقلل الإنتقال الحراري من وإلى الفراغ، وبالتالي المساعدة في خلق بيئة صالحة مريحة للإنسان، وتأثير المناخ على العناصر الخارجية المختلفة للمبنى من أسقف وحوائط وفتحات كالتالي:



شكل (3-3): الإنتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبنى

3-2-1 الأسقف:

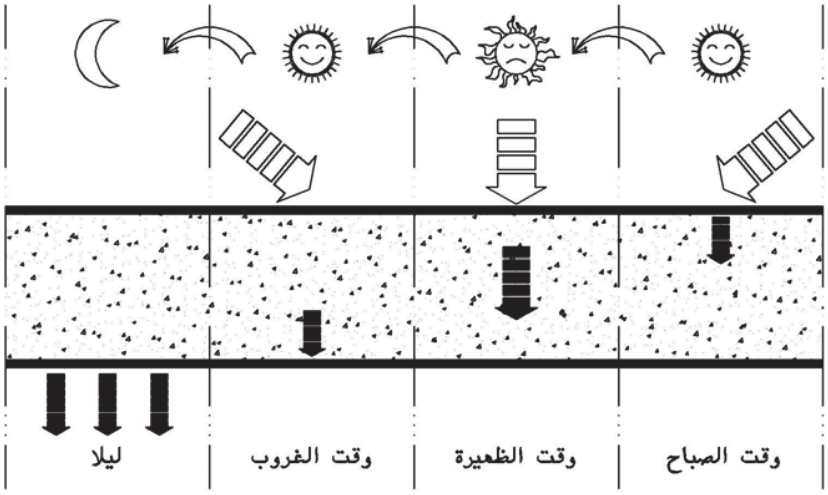
المصدر الرئيسي للإنتقال الحراري بين داخل وخارج المبنى يكون من خلال السقف، حيث أنه يكون أكثر عرضة لأشعة الشمس المباشرة طوال اليوم بعكس الحوائط التي تكون معرضة في أوقات لأشعة

الشمس خلال عدة ساعات من اليوم وليس اليوم كله مثل السقف طبقا للواجهة الموجود بها الحائط الرأسي، وكما سبق يتضح من شكل (2-6) والذي يوضح كروكي لحركة الشمس خلال النهار صيفا وشتاءا تعرض السقف طوال اليوم لأشعة الشمس بعكس الحوائط التي تكون معرضة لأشعة الشمس لعدة ساعات فقط طبقا لكل واجهة.

ونسبة الإنتقال الحراري للمبنى من خلال السقف تختلف بإختلاف مادة إنشاء السقف، فكلما كانت مواد الإنشاء من مواد لها خاصية إكتساب ونفاذ الحرارة بسرعة تكون كمية الحرارة النافذة للفراغ أكبر من كمية الحرارة النافذة من خلال مواد إنشاء أخرى لها خاصية إكتساب وفقد الحرارة ببطء.

فأفضل مواد إنشاء السقف هي المواد ذات خاصية إكتساب وفقد الحرارة ببطء لقدرتها على الإحتفاظ بالحرارة خلال ساعات النهار حتى تكون مصدرا للحرارة ليلا حيث تتدنى درجات الحرارة ليلا كما يتضح من شكل (3-4) ومن أمثلة المواد ذات خاصة إكتساب الحرارة ببطء الخرسانة أو المباني الطوب ذات السماكة الكبيرة بعكس المواد المعدنية ذات خاصية إكتساب وإنتقال الحرارة بسرعة.

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



شكل (3–4): النفاذ الحراري خلال النهار لمواد الإنشاء بطيئة النفاذ الحراري

إلا أن حسن إختيار مادة مناسبة لتغطية المباني لا يعني التخلص كليا من الحرارة النافذة عبر السقف، ولا بد على المهندس إختيار وسائل مساعدة للحد من الحرارة النافذة إلى داخل الفراغ عند إنشاء الأسقف، وهناك عدة معالجات مختلفة لتحقيق هذه الغاية يمكن إيجازها فيما يلي:

3–2–1–1 المعالجات المناخية للأسقف:

أ– إستخدام مواد عازلة للحرارة:

يمكن إستخدام أحد المواد التي لها خاصية عدم النفاذ الحراري ضمن مكونات تشطيب الأسقف، ومن أشهر هذه المواد الفوم والذي له خاصية عدم نفاذ الحرارة للداخل فيقوم بحماية الفراغ الداخلي من الأحمال الحرارية الزائدة، وتكون طبقة العزل الحراري من الفوم أو غيره من المواد المماثلة في أسماك تبدأ من 2 سم وكلما زاد السمك كلما زادت كفاءته في العزل الحراري المطلوب، شكل (3–5 أ).

ب– إستخدام مواد عاكسة للحرارة:

وذلك عن طريق تغطية السطح العلوي للسقف بمادة عاكسة للتخلص من أشعة الشمس وطاقتها الحرارية، ومن أمثلة المواد العاكسة لأشعة الشمس والحرارة هي الألواح المعدنية (الصاج) أو المواد ذات اللون الأبيض العاكس للحرارة، شكل (3–5 ب).

جـ– ترك فراغ هوائي عازل:

من خصائص الهواء أنه يعتبر عازل للحرارة بصورة نسبية، ولذلك يمكن إستخدامه كفراغ هوائي لعزل الحرارة كما يتضح من شكل (3–5 ج)، ويتحقق ذلك بعدة وسائل منها على سبيل المثال:

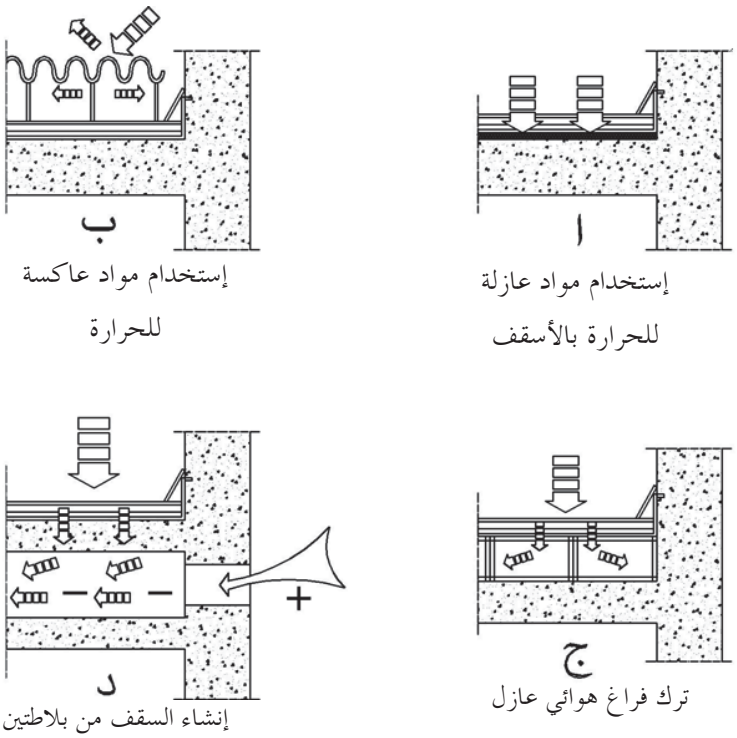
1– إستخدام بلوكات مفرغة فوق سطح السقف.

2– إنشاء السقف من طبقتين خرسانيتين بينهما فراغ هوائي محصور.

إلا أنه بمرور الوقت وما لم يتجدد الهواء فإن درجة حرارة الهواء ستتأثر بكل تأكيد بالتقلبات الحرارية المستمرة، ولذلك يجب عمل تجديد مستمر للهواء ومن هنا نشأت فكرة إنشاء السقف من بلاطتين منفصلتين تسمح بمرور الهواء بينهما.

د– إنشاء السقف من بلاطتين منفصلتين:

يتم فيها إنشاء السقف من بلاطتين منفصلتين مما يؤدي إلى حركة الهواء بينهما، حيث تقوم البلاطة العلوية بدور المظلة فتؤدي إلى إنخفاض درجة حرارة الهواء أسفلها عن الهواء الخارجي مما يولد منطقة ضغط منخفض أسفل السقف العلوي ومنطقة ضغط مرتفع في الخارج مما يؤدي لحركة الهواء من المنطقة ذات الضغط المرتفع إلى المنطقة ذات الضغط المنخفض، وبالتالي التخلص من أي حرارة نافذة عبر السقف العلوي وعدم نفاذها من خلال السقف السفلي شكل (3–5 د).



شكل (3–5)[1]: أمثلة معالجات الأسقف لتجنب الأحمال الحرارية الزائدة

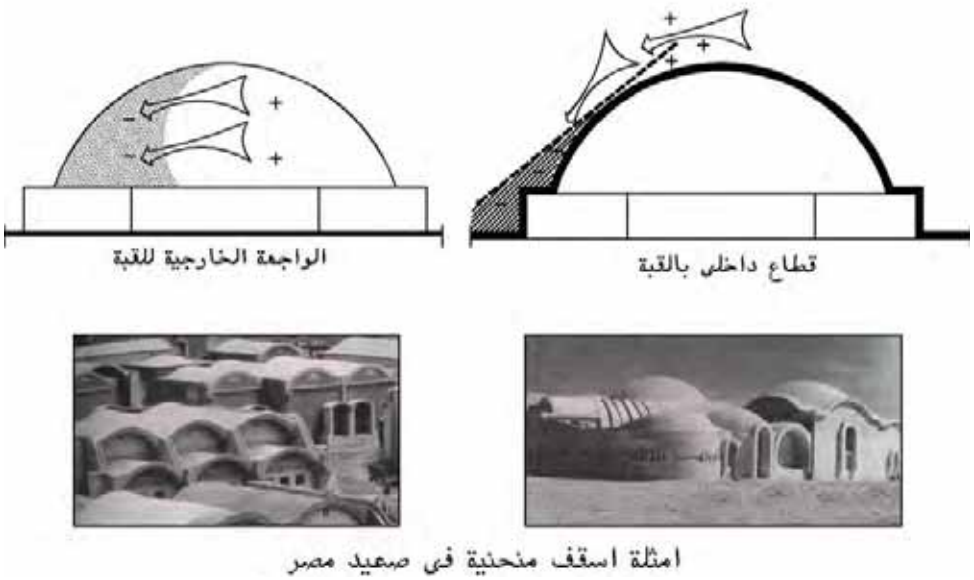
هـــ– إستخدام أشكال منحنية للسقف:

من المعروف بدراسة زوايا الشمس عدم تعرض الأسقف المنحنية بالكامل لأشعة الشمس، بل يوجد جزء مظلل منها، وبالتالي يقلل الضغط الحراري على السقف، ومن أشهر أمثلة الأسقف المنحنية القبة والقبو والتي تستخدم بصورة منتشرة في المناطق الصحراوية، ومن أبرز أمثلتها عمارة حسن فتحي.

وتساعد كذلك هذه الأسقف على تولد منطقة ضغط مرتفع في المكان المعرض لأشعة الشمس ومنطقة ضغط منخفض في المكان المظلل من السقف مما يساعد علي حركة الهواء بين المنطقتين مما يساعد علي تخفيف الحمل الحراري الزائد على السقف كما في شكل (3–6).

وإذا كنا قد رأينا بعض الحلول العملية في معالجة الأسقف لتخفيف الحمل الحراري عنها، لا يمكننا إهمال نقطة هامة قد يكون لها في بعض الأحيان التأثير على الإكتساب والفقد الحراري فوق أسطح معظم البيوت السكنية وهذه الظاهرة هي: **ظاهرة إنتشار المخلفات فوق أسطح البيوت**.

[1] محمد بدر الدين الخولي، المؤثرات المناخية والعمارة العربية، جامعة بيروت العربية، 1975.



شكل (3–6): إستخدام الأسقف المنحنية لتقليل الحمل الحراري

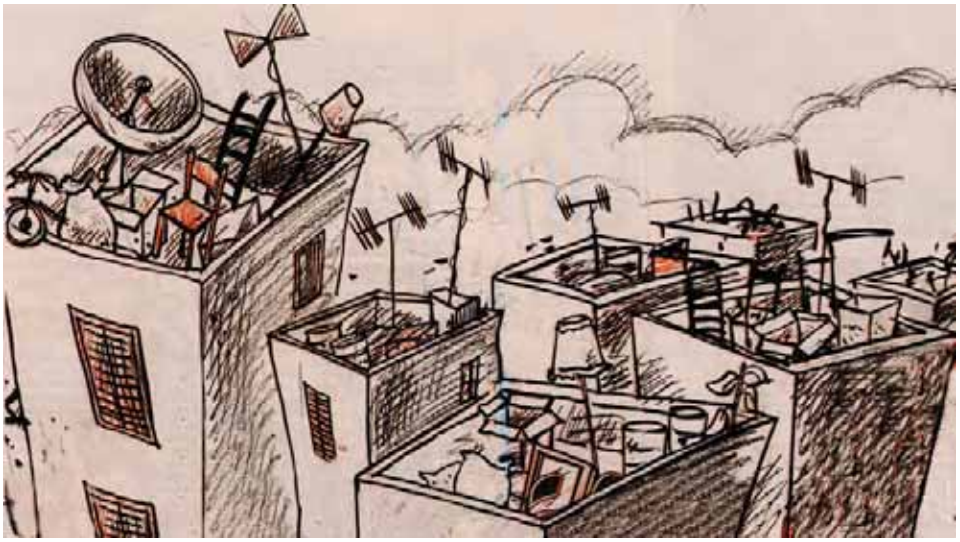
3–2–1–2 ظاهرة إنتشار المخلفات فوق أسطح البيوت:

من أبرز عادات المصريين هي إحتفاظهم بالمخلفات الغير مفيدة فوق أسطح البيوت، فبلغة الأرقام يتضح أن كمية الكراكيب والمخلفات الناتجة عن المدن الرئيسية تقدر بحوالي 9 ملايين طن، يظل نسبة 40% منها مكدسا فوق أسطح العمارات، فعلى سبيل المثال نجد أن القاهرة وحدها تنتج ما يقرب من 11 ألف طن مخلفات يوميا بينما تصل مخلفات الجيزة إلى 3 آلاف طن بالإضافة إلى أكثر من مليون طن مخلفات متراكمة منذ سنوات[1].

وتنتشر هذه العادة السيئة في الأحياء الشعبية والأحياء الراقية على حد سواء وإن كانت نوعية الأشياء المخزنة تختلف من مكان لآخر، فمخلفات الأحياء الشعبية عبارة عن خليط غير متجانس من المخلفات بمختلف أنواعها في حين تكون مخلفات الأحياء الراقية عبارة عن قطع أثاث متهالكة أو مواد ناتجة عن عمليات البناء والإصلاحات داخل الشقق مثل سيراميك الحمامات والأتربة والبلاط المكسور، ويوضح شكل (3–7) كروكي ساخر للطابع المعماري لأسقف عدة منازل متجاورة في المناطق الشعبية.

ولا يهمنا هنا سوى الجانب الإيجابي لهذه الظاهرة وهي المساعدة في إضافة بعض العزل الحراري للأسطح، وإن كان هذا الجانب الإيجابي لا يذكر بجوار الجوانب السلبية التي تسببها هذه المخلفات من مناظر تشوه الرؤية وفقدان الإحساس بالجمال والنظافة لهذه المنطقة.

[1] مجلة صباح الخير، عدد 2435، الثلاثاء 3 سبتمبر 2002.



شكل (3-7)[1]: كروكي ساخر للطابع المعماري للأسقف في مصر

ولذلك فتعتبر هذه النقطة جانب سلبي أكثر منه إيجابي في هذا الموضوع، وإن كان من الجدير بالذكر ذكر ذلك الجانب الإيجابي لهذه المخلفات وهي أن بعض هذه المخلفات من مواد لها خاصية إكتساب الحرارة ببطء كالأخشاب المخلفة مثلا، وهذه المواد لها خصائص مفيدة جدا في عزل الأسطح حراريا، فمن المعروف أن مواد العزل الحراري مكلفة إقتصاديا إلى الحد الذي يضطر معه الكثير من الملاك إلى إلغاء تنفيذ العزل الحراري تخفيضا للتكاليف الإقتصادية، وإذا كان في عدم إمكانية الحكومة أو الملاك التخلص من تلك المخلفات فهل من الممكن إمكانية تحويل تلك المواد إلى مواد عزل حراري على أسطح هذه العمارات، فعلى سبيل المثال من الممكن إستخدام كسر المباني أو البلاط عند إجراء تعديلات في أي وحدة سكنية في صبة خرسانة خفيفة تفرش فوق السطح لتخفيف الحمل الحراري بدلا من تكلفة نقل هذه المخلفات إلى المقالب العمومية أو تركها بصورة مشوهة فوق أسطح العمارات، حيث أن لهذه المواد خاصية إكتساب وفقد الحرارة ببطء.

3-2-2 الحوائط:

إن الحوائط الخارجية تتعرض مثل الأسقف للإشعاع الحراري والنفاذ الحراري داخل الفراغ، ولذلك فإن مادة إنشاء الحائط تؤثر أيضا على كمية النفاذ الحراري بين خارج وداخل الفراغ، ومن أفضل المواد المستخدمة في مصر هي الطوب المحروق وهو ذو خاصية بطء في إكتساب ونفاذ الحرارة بين الداخل والخارج.

ولكن الحوائط لا تتعرض لأشعة الشمس مثل تعرض الأسقف لها، وذلك لأن أي واجهة بالمبنى لا تتعرض لأشعة الشمس طوال اليوم مثل الأسقف، إضافة إلى إختلاف زاوية ميل الشمس على الأسقف عنها

[1] المرجع السابق.

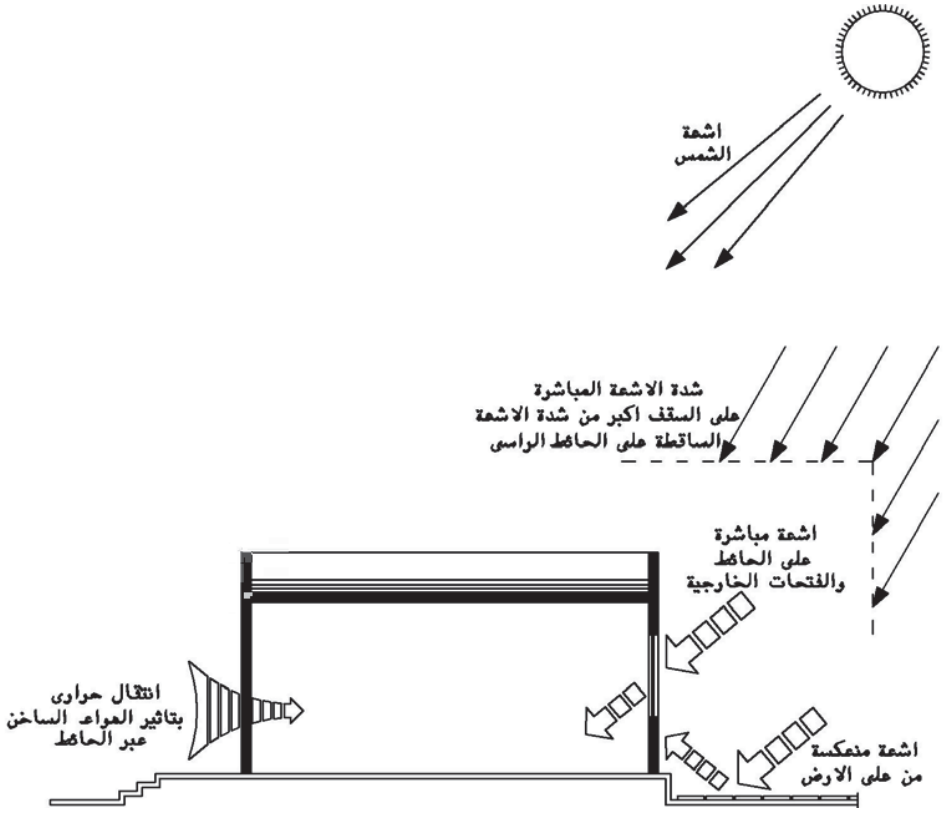
على الحوائط مما يؤدي إلى تقليل شدة أشعة الشمس على الحوائط، إلا أن الحوائط تتعرض لمصدر حراري آخر وهو الأشعة المنعكسة من سطح الأرض خاصة في المناطق التي أرضها ذات خاصية السطح العاكس حراريا، إضافة إلى مصدر حراري آخر وهو الهواء الساخن القريب من سطح الأرض والذي يشمل مجال تأثيره الحائط الخارجي للمبنى، ويوضح شكل (3-8) الأحمال الحرارية على السقف والحائط لنفس زاوية ميل الشمس ونفس التوقيت حيث يتضح النسبة بين كمية الإشعاع الشمسي على السقف والحائط، وكذلك المصادر الحرارية التي تتعرض لها الحوائط الخارجية للمبنى والتي تشمل:

- أشعة الشمس المباشرة.

- أشعة الشمس المنعكسة من الأرض.

- الحمل الحراري الناتج من الهواء الساخن القريب من سطح الأرض.

أما ليلا فتعبر أسطح الأرض مصدرا لإشعاع البرودة على الحوائط الخارجية.



شكل (3-8):كروكي يوضح أن شدة الإشعاع الشمسي على الحوائط أقل بالنسبة لشدتها على السقف

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

1- إستخدام مواد عازلة في الحوائط، شكل (3-9 أ).

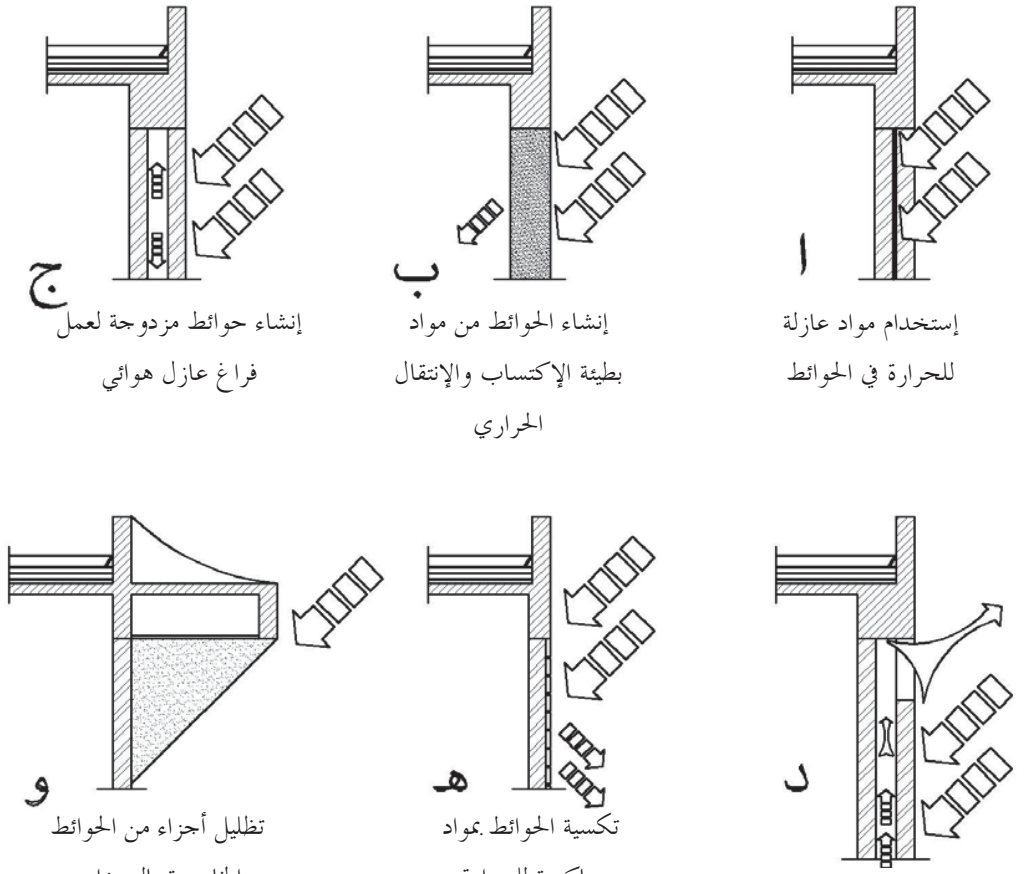
2- إنشاء الحوائط من مواد بطيئة الإكتساب والإنتقال الحراري، شكل (3-9 ب).

3- إنشاء حوائط مزدوجة لعمل فراغ عازل هوائي، شكل (3-9 ج).

4- عمل حوائط مزدوجة تسمح بمرور الهواء بينها وتجديده وتقليل الحمل الحراري النافذ إلى داخل الفراغ، شكل (3-9 د).

5- تكسية الحوائط بمواد عاكسة للحرارة، شكل (3-9 هـ).

6- تظليل أجزاء من الحوائط الخارجية بالبروزات، شكل (3-9 و).



شكل (3-9)[1]: معالجات الحوائط لتقليل الأحمال الحرارية الزائدة

3-2-3 الفتحات الخارجية:

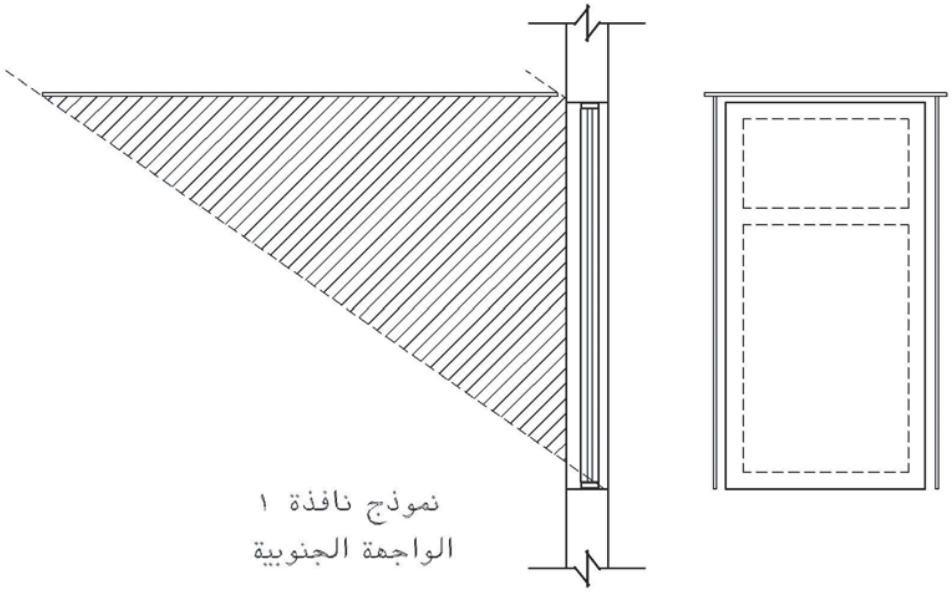
[1] مرجع سابق، الخولي، ، 1975.

تعتبر الفتحات الخارجية هي المصدر الرئيسي لنفاذ الحرارة إلى داخل الفراغ نظرا لرقة سمكها حيث أن أغلبها من الألواح الزجاجية وخلافه، مما يستوجب معه مراعاة تصميمها بصورة شاملة، فنسبة الفتحات في الواجهة تختلف طبقا لتوجيه هذه الواجهة، فمن المعروف أن الحمل الحراري على واجهات المبنى تختلف من إتجاه لآخر طبقا لحركة أشعة الشمس صيفا وشتاءا مما يستوجب معه تقليل مساحة الفتحات في واجهات معينة وزيادتها في واجهات أخرى غير معرضة للشمس، وتعتبر الواجهة البحرية من أفضل الواجهات والتي تتمتع بالإضاءة الطبيعية وعدم تعرضها لأشعة الشمس المباشر أغلب شهور السنة بعكس الواجهة الجنوبية، ويتضح من شكل (2-6) والذي يمثل كروكي حركة الشمس أثناء النهار صيفا وشتاءا حيث إختلاف الأحمال الحرارية على كل واجهة من واجهات المبنى، مما يلزم المهندس بدراسة الواجهات والحمل الحراري على كل واجهة من واجهات المبنى، وتصميم الفتحات في كل واجهة طبقا لميل أشعة الشمس والحمل الحراري الناتج بحيث يتم منع نفاذ أشعة الشمس وقت الظهيرة حيث تعتبر أقصى شدة لأشعة الشمس في تلك الأوقات فتعتبر أشعة الشمس غير مرغوب لدخولها الفراغ.

وبالتالي يقوم المهندس بمعالجة كل فتحات المبنى لدورها الأساسي في تقليل الحمل الحراري النافذ لداخل أو خارج المبنى، ومن أشهر الأمثلة لمعالجات الفتحات الخارجية للمباني:

إستخدام كاسرات الشمس:

حيث يقوم المهندس عن طريق حساب ميل أشعة الشمس منع أشعة الشمس من النفاذ للفراغ عن طريق النوافذ ساعة الظهيرة وإشتداد درجة الحرارة، ويتم ذلك عن طريق إستخدام كاسرات الشمس الرأسية والأفقية كما في شكل (3-10).



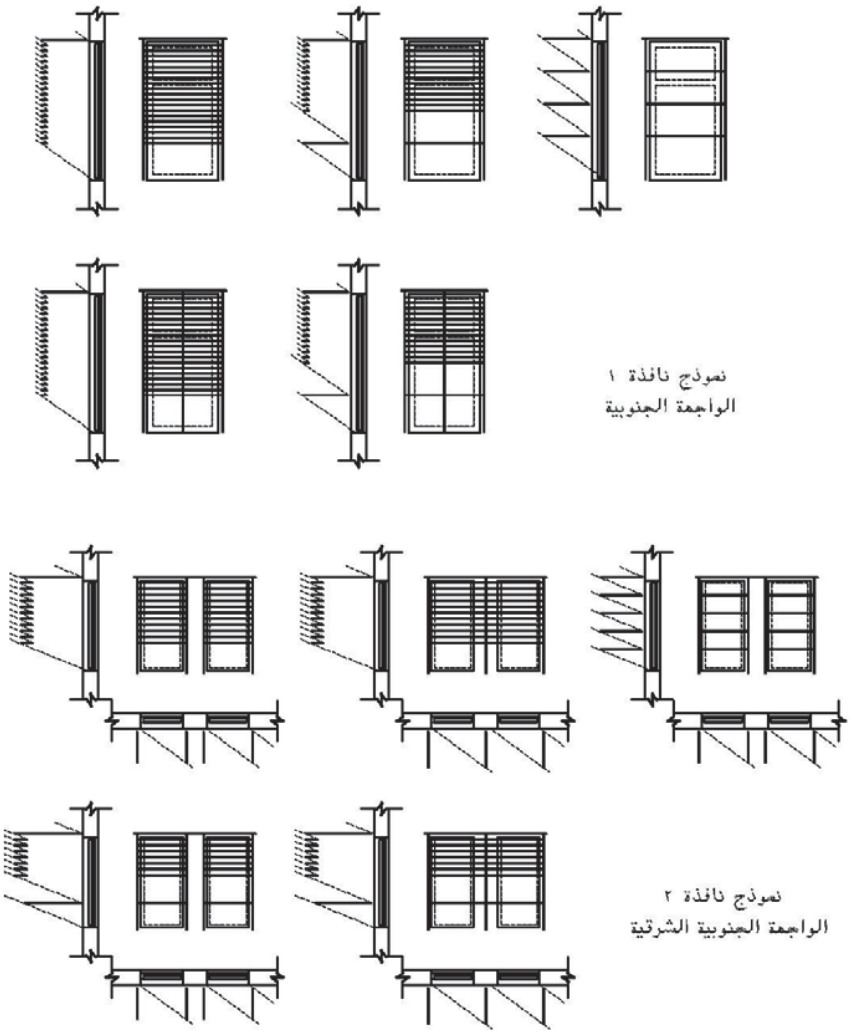
م	موقع الشباك في الواجهة	الزاوية الرأسية لأسوأ شدة أشعة شمس	مجال الزاوية الأفقية لأسوأ أشد أشعة شمس

نموذج شباك 1	الواجهة الجنوبية	35°	من 57° جنوب شرق إلى 57° جنوب غرب

شكل (3–10): إستخدام كاسرات الشمس لمنع نفاذ اشعة الشمس الغير مرغوبة

والجدير بالذكر أن تصميم كاسرات الشمس تختلف باختلاف المصمم حيث يمكن الحصول على أكثر من تصميم لكاسرات الشمس الرأسية والأفقية للشباك الواحد، ويتم إختيار أنسب تصميم متمشيا مع الواجهة ومع رغبة ورؤية المهندس والمالك، ويوضح شكل (3–11) تصميم لكاسرة شمس أفقية ورأسية بعدة نسب بحيث أن كلها تحقق الهدف الأساسي في منع أشعة الشمس من النفاذ لداخل الفراغ في أسوأ شدة لأشعة الشمس بمدينة القاهرة، حيث يتضح من الجدول التالي موقع الشباك في الواجهة وزوايا الشمس الأفقية والرأسية والتي تعتبر أسو زاوية لأشعة الشمس والمطلوب من المصمم أن يمنع أشعة الشمس من الوصول للنافذة لتخفيف الأحمال الحرارية المعرضة لها النافذة:

م	موقع الشباك في الواجهة	الزاوية الرأسية لأسوأ شدة أشعة شمس	مجال الزاوية الأفقية لأسوأ أشد أشعة شمس
نموذج شباك 1	الواجهة الجنوبية	35°	من 57° جنوب شرق إلى 57° جنوب غرب
نموذج شباك 2	الواجهة الجنوبية الشرقية	22°	من 225° جنوب غرب إلى 82° شمال غرب



شكل (3-11): بدائل تصميم كاسرات الشمس بالواجهة

ويوضح شكل (3-12) نموذجا لحماية الحوائط والفتحات الخارجية من أشعة الشمس خلال النهار عن طريق البروزات التي تقوم بعمل كاسرات للشمس خلال فترات النهار.

شكل (3-12)[1]: حماية الحوائط والفتحات الخارجية من أشعة الشمس

مما سبق وبدراسة موجزة لعناصر الغلاف الخارجي للمبنى يجب على المهندس القيام بتصميم تلك العناصر والاهتمام بها وخاصة في مجال الدراسات البيئية بحيث تؤدي أحد أهم أدوارها في القيام بتخفيف الحمل الحراري النافذ من وإلى الفراغ ، ويجب أن يكون ملما بكيفية معالجة تلك العناصر وإختيار أنسب المعالجات من حيث تحقيق عزل حراري بصورة أكفأ من المعالجات الأخرى وكذلك من حيث التكلفة الإقتصادية.

ولا يقتصر دور المهندس على تصميم هذه العناصر المعمارية فقط بل من واجبه أيضا أن تمتد هذه الاهتمامات إلى ما يحيط بالمبنى من فراغات خارجية لدورها الأساسي أيضا في تخفيف الحمل الحراري عن المبنى، ومن أمثلة تلك الوسائل والتي تساعد بصورة كبيرة في تخفيف الأحمال الحرارية عن المبنى:

1- زراعة مساحات خضراء حول المبنى.

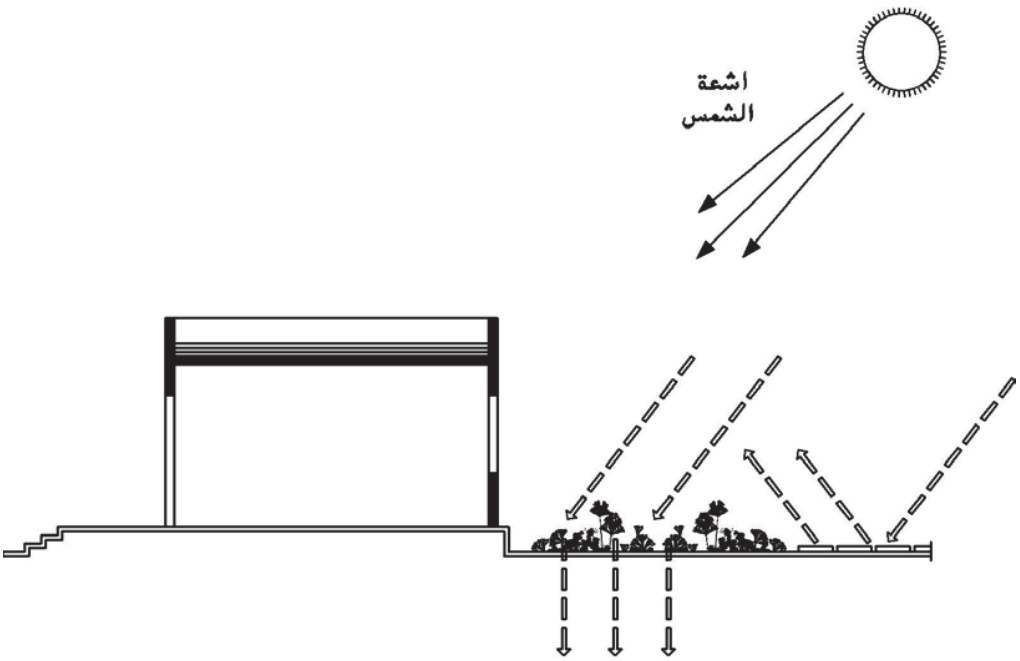
2- إستخدام الأشجار دائمة الخضرة.

3- إيجاد مسطحات المياه بجوار المبنى.

1- زراعة مساحات خضراء حول المبنى:

حيث تساعد تلك المساحات على إمتصاص أكبر قدر من الأشعة وعدم إنعكاسها من على سطح الأرض، كما تساعد على ترطيب الهواء في هذه المنطقة أيضا كما يتضح ذلك في شكل (3-13).

[1] W. Shearer, A. Sultan, Natural Energy and Vernacular Architecture "Principles and Examples with References to Hot Arid Climates", 1986.



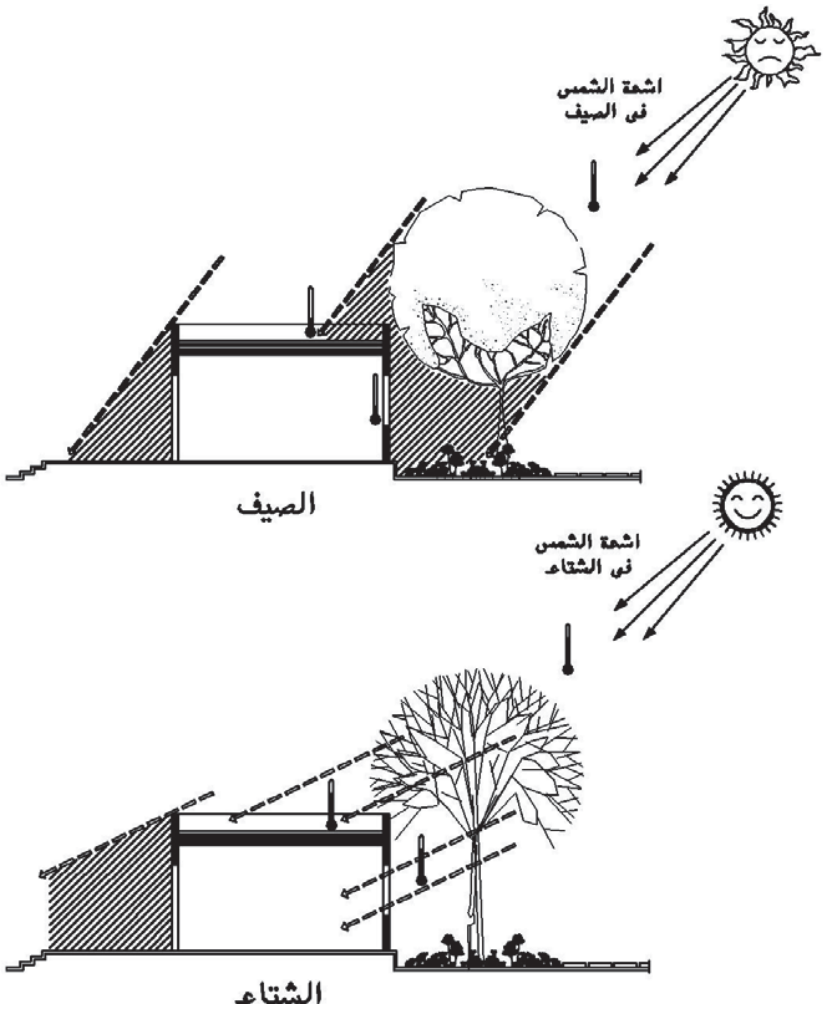
شكل (3–13): تأثير زراعة المسطحات الخضراء حول المبنى

والمساحات الخضراء داخل المبنى في الأفنية الداخلية تقلل إنعكاس أشعة الشمس النافذة إلى داخل الفناء مما يقلل الحمل الحراري الزائد، كما يوضح شكل (3–14) أحد الأفنية الداخلية المزروعة ودورها في إمتصاص أشعة الشمس الساقطة عليها.

شكل (3-14)[1]: دور المسطحات الخضراء داخل الأفنية في إمتصاص أشعة الشمس الساقطة عليها

2- إستخدام الأشجار:

يساعد إحاطة المباني بالأشجار والشجيرات على إلقاء الظلال على المبنى وبالتالي حمايته من أشعة الشمس المباشرة، كما تساعد الأشجار على تنقية الهواء من ذرات الرمال والتراب المحملة بالرياح حيث يعمل ذلك الحاجز الأخضر كمرشح للرمال والأتربة ويعمل على تنقية وترطيب الهواء كما يوضح ذلك شكل (3-15).



شكل (3-15)[1]: زراعة الأشجار حول المبنى تساعد على إلقاء الظلال صيفا وتسمح بمرورها شتاءا

[1] صلاح زيتون، عمارة القرن العشرين، دراسة تحليلية، 1993.

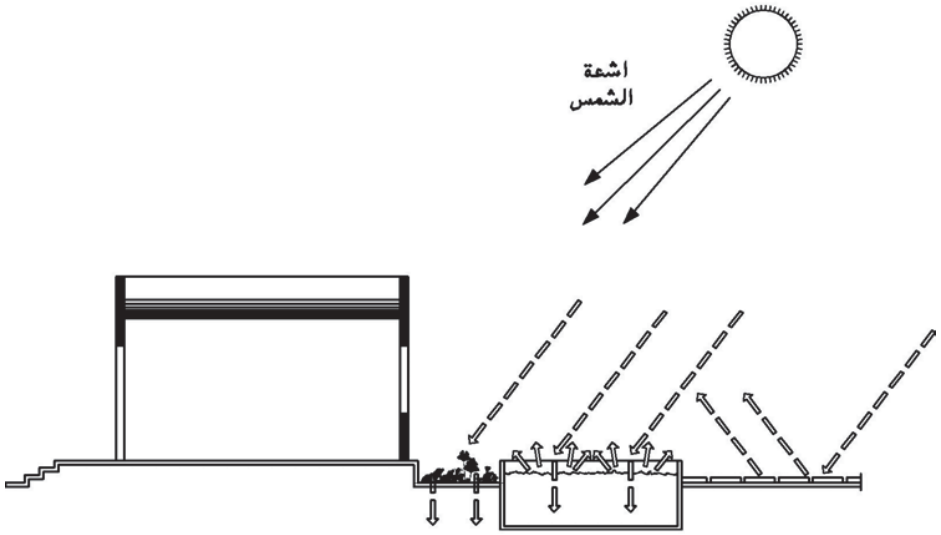
[1] American Society of Landscape Architects Foundation, Landscape Planning for Energy Conservation, 1977.

ويتضح من شكل (3-16) أمثلة أحد الفيلات بالمعادي ودور الأشجار المحيطة في إلقاء الظلال على الحوائط الخارجية المجاورة.

شكل (3-16)[1]: الأشجار المحيطة بالمبنى تلقي الظلال على الواجهة الخارجية

3- إيجاد مسطحات المياه بجوار المبنى:

تساعد مسطحات المياه بجوار المباني على إنكسار أشعة الشمس الساقطة عليها وبعثرتها وبالتالي تخفيف الحمل الحراري الناتج عنها، وحتى لا يكون سطح المياه كسطح عاكس للحرارة على المبنى يجب أن يكون مياهه متموجة حتى تؤدي إلى تشتيت وإنكسار أشعة الشمس عليها مثل إستخدام النافورات كما في شكل (3-17).



[1] أ.د./ علي رأفت، ثلاثية الإبداع المعماري "الإبداع الفني في العمارة"، يناير 1997.

شكل (3-17): مسطحات المياه تساعد على تشتيت الأشعة الشمسية

ويوضح كذلك شكل (3-18) أمثلة المسطحات المائية المجاورة للمباني ودورها في إحساس المستعمل بالراحة الحرارية وعدم شعوره بالحرارة الزائدة.

شكل (3-18)[1]: دور المسطحات المائية في إحساس المستعمل بالراحة الحرارية

إن دور المهندس عمل بيئة صالحة للمستعمل تساعده على كفاءة أداؤه لأنشطة حياته اليومية، ولذلك يجب عليه القيام بدراسة وافية لعناصر المبنى والمعالجات المناخية اللازمة لها، حيث يجب أن يكون إهتمامه بمنع أشعة الشمس والحمل الحراري الناشئ عنها.

الخلاصة

إن المناخ الخارجي ذو تأثير مباشر على حالة الإنسان وإحساسه بالراحة أو الضيق، والمناخ الداخلي للفراغات الداخلية ما هو إلا جزء من المناخ الخارجي ولكن طرأت عليه بعض التغيرات نتيجة وجود وسط ما بين المناخ الخارجي والمناخ الداخلي، وحلقة الوصل هذه ما هي إلا الغلاف الخارجي للمبنى، وتشمل عناصر الغلاف الخارجي للمبنى على:

- السقف.
- الحائط الخارجي.
- الفتحات الخارجية (أبواب وشبابيك).

ولكل عنصر من العناصر السابقة دورها في الإنتقال الحراري ما بين الداخل والخارج، ولذلك يجب أن يراعي المصمم تصميم هذه العناصر حتى تصبح مصدرا للراحة الحرارية داخل الفراغ.

[1] مرجع سابق، زيتون، 1993.

وهناك العديد من الحلول المناخية المتعارف عليها لكل عنصر من عناصر الغلاف الخارجي للمبنى، والتي استخدمت قديما وحتى الآن وأثبتت نجاحها في تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ، ومن أهم هذه الحلول:

- استخدام مواد عازلة للحرارة للحوائط والأسقف.
- استخدام مواد عاكسة للحرارة للحوائط والأسقف.
- ترك فراغ هوائي كعازل للحرارة للحوائط المزدوجة أو الأسقف.
- استخدام أشكال منحنية للأسقف.
- استخدام البروزات على الحوائط لزيادة نسبة الإظلال عليها.
- استخدام كاسرات الشمس الأفقية والرأسية للنوافذ الخارجية.

ولا يقتصر دور المهندس المصمم على تصميم هذه العناصر المعمارية فقط بل يشمل كذلك تصميم العناصر المحيطة بالمبنى، لدورها في تنسيق الموقع وكذلك لدورها المناخي الذي يمكن ذكر أهم عناصره كالآتي:

- المسطحات الخضراء حول المبنى تساعد على امتصاص أكبر قدر من الأشعة الشمسية.
- استخدام الأشجار لتنقية الرياح من الأتربة والعوالق وإلقاء الظلال على واجهة المبنى صيفا.
- إيجاد مسطحات المياه بجوار المبنى تساعد على انكسار أشعة الشمس الساقطة عليها وتخفيف الحمل الحراري الناتج.

فدور المعماري أو المهندس المصمم يشمل إقتراح وتنفيذ بيئة صالحة للمستعمل تساعده على كفاءة أداؤه لأنشطة حياته اليومية، ولذلك يجب عليه القيام بتوفير جو مناخي آمن مريح حراريا لمستعملي الفراغ لداخلي.

4- الإشعاع الشمسي والبيئة المبنية:

4-1 مقدمة : الإكتساب الحراري من الإشعاع الشمسي:

يعتبر الإشعاع الشمسي من أكثر العوامل المؤثرة على الغلاف الخارجي للمبنى والتي يجب على المصمم دراسته بعناية وحساب كل العوامل المرتبطة به والمؤثرة عليه، وذلك لأن للإشعاع الشمسي التأثير القوي والمباشر على إحساس الإنسان بالراحة الحرارية داخل الفراغ من عدمه، وكما سبق ذكره فإنه عند سقوط الإشعاع الشمسي على الغلاف الخارجي للمبنى يحدث تبادل حراري ما بين الفراغ الداخلي والخارجي عبر الغلاف الخارجي للمبنى عن طريق عدة عوامل تتمثل في:

أ- الأشعة المباشرة الساقطة على الغلاف الخارجي للمبنى.

ب- الأشعة المشتتة الساقطة على الغلاف الخارجي للمبنى.

جـ- الأشعة المنعكسة من الاسطح العاكسة المحيطة بالمبنى والساقطةعلى غلافه الخارجي.

د- الإنتقال الحراري من الهواء الساخن المحيط بالمبنى عبر غلافه الخارجي.

بحيث أن محصلة هذه العوامل تعبر عن مدى الإكتساب أو الفقد الحراري للمبنى والذي يؤثر تأثيرا مباشرا على الحالة المناخية داخل الفراغ والمعبرة عن مدى إحساس المستعمل بالراحة الحرارية، ومن المعروف أنه في فصل الشتاء يعتبر الإكتساب الحراري من العوامل المطلوبة للفراغ كوسيلة مؤثرة لتحقيق الراحة الحرارية، حيث تتدنى درجات الحرارة لتصل إلى نطاق تأثير غير مريح لمستعملي الفراغ، وعلى العكس تماما يعتبر الفقد الحراري في فصل الصيف من أنسب الوسائل لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة للحد من تأثير درجات الحرارة المرتفعة.

ويجب على المصمم دراسة وتحديد الإكتساب أو الفقد الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبنى وتصميمه بالصورة الملائمة لتكون أقرب ما يكون للإكتساب أو الفقد الحراري والذى يحقق الراحة المناخية المطلوبة.

4-2 معدل تدفق الأحمال الحرارية عبر الغلاف الخارجي للمبنى:

كما سبق ذكره فإن الحرارة من الممكن أن تعبر عبر الغلاف الإنشائي وتنفذ إلى الجهة الأخرى عندما تكون الجهه الأولى معرضة لإشعاع حراري أعلى درجة حرارة من الجهه الثانية، والجدير بالذكر أن تدفق الحرارة من أو إلى داخل المبنى لا يقتصر على الغلاف الخارجي فقط للمبنى، بل له عدة وسائل أخرى من أمثلتها:

- الأحمال الحرارية المنتقلة عبر الفتحات الخارجية للمباني.
- الأحمال الحرارية الصادرة من داخل المبنى والمنتقلة إلى الهواء الداخلي.
- ومن أمثلة مصادر الأحمال الحرارية داخل المبنى:
- الإشعاع الحراري المسبب بواسطة مستعملي الفراغ خلال أنشطة الحياه اليومية.
- الأحمال الحرارية بواسطة متطلبات المبنى من أجهزة كهربائية، ماكينات داخل المبنى، أجهزة إضاءة، أجهزة مطابخ ..... إلخ.

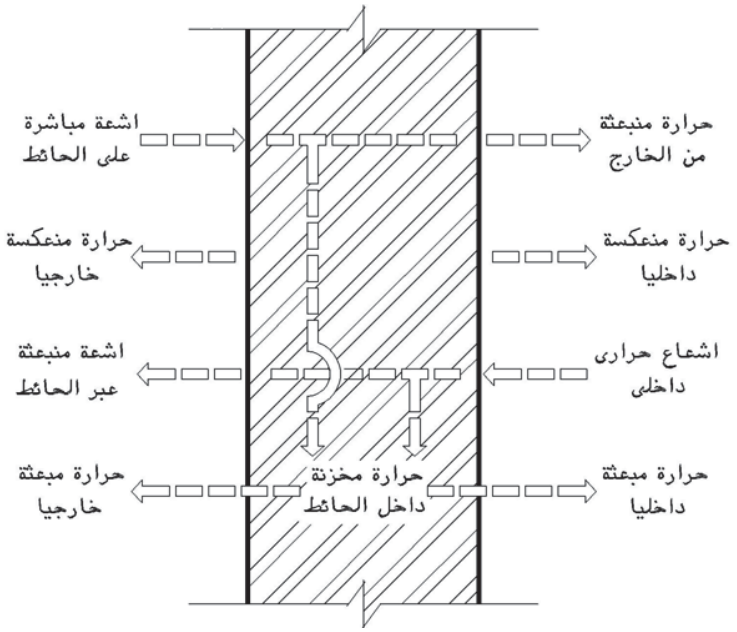
ويقاس معدل تدفق الحرارة من جهة إلى الجهة الأخرى بـــ **(وات/ساعة)** ومعدلات تدفق الحرارة عبر أي غلاف للمبنى تختلف طبقا لمكونات مادة الغلاف الخارجي للمبنى إلى مادة أخرى ويرجع السبب الرئيسي لذلك إلى:

– إختلاف مدى تخزين الحرارة داخل الغلاف من مادة إلى أخرى.

– إختلاف زمن إكتساب ومرور الحرارة عبر الغلاف.

وكذلك يختلف معدل تدفق الحرارة عبر الغلاف الخارجي للمبنى الواحد، تبعا لحالة الطقس والجو المناخي العام، ولذلك فقد كان من الضروري تحديد الوقت المحدد من العام والذي يكون فيه معدل تدفق الحرارة أكثر ما يمكن، وتحديد معدل تدفق الحرارة لتصميم غلاف خارجي ملائم مناخيا يحافظ على البيئة الحرارية للمبنى في نطاق الراحة الحرارية أغلب أيام السنة.

والأحمال الحرارية داخل المبنى تعتبر من العوامل المفيدة والمطلوبة لمستعملي الفراغ أثناء فصل الشتاء وفي الأجواء الباردة، وبعكس ذلك في فصل الصيف فإنها تعتبر من أحد عناصر الإزعاج داخل الفراغ لما تمثله من حمل حراري زائد وغير مرغوب فيه ولا يساعد على تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة، ويوضح شكل (4–1) الحالة العامة لتدفق الحرارة عبر الغلاف الخارجي للمبنى سواء فقد حرارة من داخل الفراغ إلى الخارج شتاءا، أو إكتساب حرارة لداخل الفراغ صيفا، والفراغ الداخلي إما يتعرض لإكتساب أو فقد حرارة حيث تكون محصلة الأحمال الحرارية على الفراغ الداخلي إما: **الإكتساب الحراري، أو الفقد الحراري**، وذلك على حسب عوامل الإنتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبنى.



شكل (4–1)[1]: التدفق الحراري عبر الحائط

[1] Y. KINZEY, JR. HOWARD M. SHARP, Environmental Technologies in Architecture,1963.

ومن المهم ملاحظة أن الحرارة الساقطة على السطح الخارجي للغلاف تختلف عن الحرارة المنبعثة من السطح الداخلي للغلاف، وذلك لتخزين جزء من الحرارة داخل الغلاف نفسه، فمثلا في حالة أن الحرارة الساقطة على السطح الخارجي للغلاف أكبر من الحرارة المنبعثة من السطح الداخلي فمعنى ذلك أن الغلاف الخارجي ترتفع درجة حرارته لتخزين جزء من الحرارة بداخله، ويعبر عن انتقال الحرارة داخل الفراغ بمعدل تدفق الحرارة عبر غلاف المبنى.

ويمكن التعرف بصورة عامة على السلوك الحراري للحائط أو السقف عن طريق معرفة قيمة الإنتقالية الحرارية الكلية له حيث تعتبر مؤشرا على مدى اكتساب أو فقد الحرارة للحائط أو السقف، ويعرف **معامل الانتقال الحراري**[1] U Value (وات / م2. °م) بأنه:

" كمية الحرارة المارة عموديا خلال وحدة المساحات لوحدة الزمن من سطح حائط أو سقف مكون من عدة طبقات عندما يوجد فرق في درجة حرارة الهواء الداخلي والخارجي المظلل مقداره الوحدة، وهي مقلوب المقاومة الحرارية الكلية ".

أما تعريف **المقاومة الحرارية الكلية**[2] R (م2. °م / وات):

" هي قياس قدرة المادة على تقليل سريان الحرارة خلال وحدة المساحات لتخانة العينة المختبرة ".

وما يهمنا في هذا الباب هو دراسة مشكلة التدفق الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبنى وكيفية التعامل معه لإختيار أنسب مواد للغلاف الخارجي والتي تحقق الراحة الحرارية بالصورة المطلوبة داخل الفراغ.

4-3 حساب معدل التبادل الحراري للمنشأ:

4-3-1 عملية التبادل الحراري للمنشأ:

يحدث تبادل حراري ما بين المبنى والبيئة الخارجية عن طريق عدة عوامل مختلفة، ولتحديد هذه العوامل في صورة يسهل علي المصمم حسابها سيم تحديدها في الآتي:

أ- التبادل الحراري عن طريق الإشعاع:

1- التبادل الحراري عن طريق الإشعاع الشمسي Qs.

2- التبادل الحراري عن طريق الإشعاع داخل المبنى Qi.

ب- التبادل الحراري عن طريق الحمل Qv.

جـ- التبادل الحراري عن طريق التوصيل Qc.

د- التبادل الحراري عن طريق التكثيف .

هـ- التبادل الحراري عن طريق التبخير Qe.

[1] دليل العمارة والطاقة، جهاز تخطيط الطاقة، القاهرة، جمهورية مصر العربية، يوليو 1998.

[2] اللجنة الدائمة لإعداد المواصفات المصرية العامة لبنود الأعمال، مواصفات بنود أعمال العزل الحراري " اشتراطات أسس التصميم والتنفيذ"، الطبعة الثانية 2001.

وقبل التعرف على حساب الأحمال الحرارية المؤثرة على المبنى، سيتم التعرف بصورة مبسطة على العوامل السابقة والمؤثرة على المبنى بصورة مبسطة، وذلك للتعرف على مقدار أهمية كل عامل من هذه العوامل طبقا لمعرفة مدى تأثيرها على المبنى والفراغ الداخلي وبالتالي على المستعمل.

أ- الانتقال الحراري عن طريق الإشعاع :

- التبادل الحراري عن طريق الإشعاع الشمسي Qs:

وهي ذات تأثير مباشر على الغلاف الخارجي للمبنى، ويكون تأثيرها على الأسقف أكبر من الحوائط نتيجة تعرض الأسقف لمدة أكبر من الإشعاع الشمسي بعكس الحوائط، كما تعتبر الفتحات الخارجية مصدرا كبيرا لإنتقال الحرارة بالإشعاع عبر الغلاف الخارجي للمبنى، ويجب على المصمم أن يهتم بحساب الأحمال الحرارية الناتجة عن الإشعاع الشمسي لأنها تعتبر ذو تأثير كبير على حالة المناخ الداخلي بالفراغ وإحساس المستعمل بالراحة الحرارية المطلوبة، طبقا لمجال الراحة الحرارية.

- التبادل الحراي عن طريق الإشعاع داخل المبنى Qi:

وهي تشمل إكتساب الحرارة من الداخل نتيجة الأجسام المشعة الموجودة داخل المبنى أو الفراغ مثل الأجهزة الكهربائية وأجهزة الإضاءة ..... إلخ، وتشمل كذلك الإشعاع الحراري الناتج من جسم الإنسان مستعمل الفراغ نتيجة قيامه بأنشطة حياته اليومية.

ب- التبادل الحراري عن طريق الحمل Qv:

وهو يشمل التبادل الحراري بين داخل وخارج المبنى عن طريق حركة الهواء وتهوية الفراغ الداخلي.

جـ- التبادل الحراري عن طريق التوصيل Qc:

وهي تحدث خلال الغلاف الخارجي للمبنى إما للداخل أو الخارج طبقا للفرق بين درجة الحرارة الداخلية ودرجة الحرارة الخارجية، وهي تكون عن طريق الإتصال المباشر والإنتشار بواسطة حركة جزئيات المادة والتي تسبب الإنتقال الحراري ، ويعتبر الإنتقال الحراري عبر الحائط أو السقف عن طريق التوصيل من أهم المؤثرات الحرارية على الفراغ الداخلي والمستعمل ولذلك يجب أن يقوم المصمم بمراعاة هذه الأحمال الحرارية بصورة كبيرة لأنها تعتبر العامل الأساسي لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة داخل الفراغ.

د- التبادل الحراري عن طريق التكثيف:

يحدث التكثيف على الأجسام عندما تصبح درجة حرارة سطحها عند درجة حرارة نقطة الندى، حيث يحدث تكثف على سطح الجسم يساعده على فقدان حرارته الموجودة به، حيث يتحول بخار الماء من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة مصاحبا لفقد في درجة الحرارة مما يساعد على تبريد المبنى.

هـ- التبادل الحراري عن طريق التبخير Qe:

إن البخر الناتج عن أي مصدر للمياه داخل المبنى مثل وجود حوض ماء أو نافورة أو البخر من على أسطح العناصر النباتية داخل المبنى، وحتى كذلك البخر الناتج عن العرق الناتج من مستعملي الفراغ، كل ذلك يساعد على تبريد المبنى، نظرا لفقد الحرارة أثناء عملية البخر.

ويحدث التبادل الحراري ما بين المبنى والبيئة المحيطة عن طريق العوامل السابقة، بحيث تكون محصلة العوامل السابقة هي المعبرة عن مدى الإتزان الحراري للمبنى حيث تحكمهم المعادلة:

مدى الاتزان الحراري للمبنى[1] = Qs + Qi +/- Qv +/- Qc – Qe

فإذا كانت نتيجة المعادلة السابقة بالسالب فمعنى ذلك أن المبنى يكون باردا، والعكس صحيح أي إذا كانت محصلة المعادلة السابقة موجبة فمعنى ذلك أن المبنى تكون درجة حرارته مرتفعة.

وتختلف درجات النفاذ الحراري للمبنى على حسب غلافه الخارجي، فكما سبق ذكره يكون الإنتقال الحراري عن طريق الأسقف والحوائط بنفس الطريقة، إلا أن كمية الإشعاع الساقطة على السقف أكبر، وأما الفتحات الخارجية بالمبنى فهي تعتبر المصدر الرئيسي لإنتقال الحرارة عبر الغلاف الخارجي للمبنى نظرا لرقة سماكتها من الزجاج، ويجب على المصمم أن يقوم بحساب الأحمال الحرارية السابقة والمعرض لها المبنى، وتصميم الغلاف الخارجي للمبنى طبقا لما يساعد على تخفيف تلك الأحمال الحرارية ووضع الفراغ في مجال الراحة الحرارية.

4-3-2 حساب الأحمال الحرارية على المنشأ:

تعرضنا في الجزء السابق للأحمال الحرارية والتبادل الحراري للمنشأ وكيفية أن العوامل السابقة هي التي تحدد الإتزان الحراري للمنشأ، وسنتعرف في هذا الجزء على كيفية حساب تلك الأحمال بالصورة التي تساعد على وضع المبنى في مجال الراحة الحرارية المطلوبة للمستعمل، وكذلك يهم المصمم أن يتعرف على العوامل المؤثرة على كل عامل من عوامل التبادل الحراري السابق ومدى تأثير كل عامل وأهميته والتي تتمثل في تأثيرها على تصميم الغلاف الخارجي للمبنى وإختيار نوع مواد الإنشاء به وتخانتها.

4-3-2-1 الإنتقال الحراري عن طريق الإشعاع:

أ – التبادل الحراري عن طريق الإشعاع الشمسي Qs:

يعتمد التبادل الحراري عن طريق الإشعاع على درجة حرارة كل من الجسم المشع والجسم المستقبل للإشعاع، ويتمثل تأثير كل منهما في التبادل الحراري عن طريق الإشعاع:

أولا: الجسم المشع:

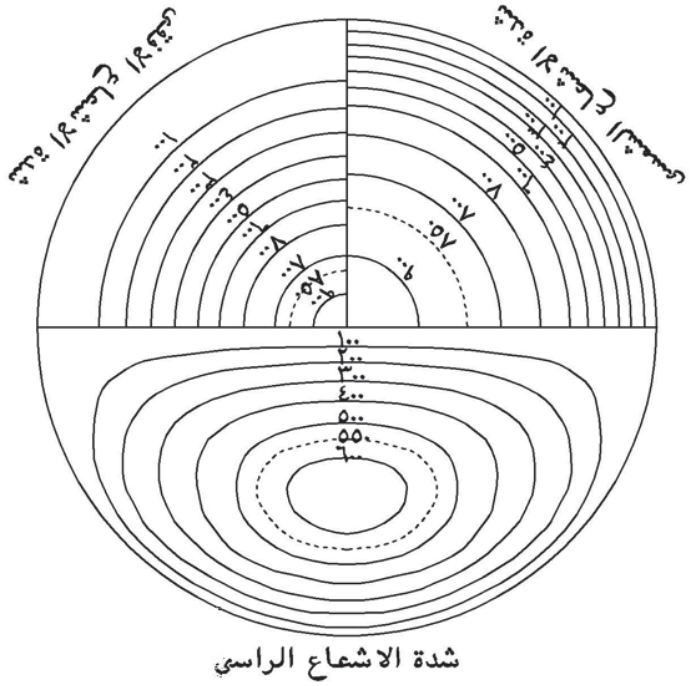
ويعتبر في هذه الحالة هو الشمس والأشعة الشمسية الصادرة منها، ويتم تمييزها بكثافة الإشعاع الشمسي، وتعرف كثافة الإشعاع الشمسي على أنها:

[1] Ob. Cit, KINZEY, HOWARD, SHARP,1963.

" كمية الطاقة الساقطة على المساحات من سطح عمودي على إتجاه الأشعة خلال وحدة الزمن، وتمييزها وات/م2، وكثافة الإشعاع الشمسي تتمثل في عدة صور تشمل:

1- شدة الإشعاع الشمسي المباشر العمودي على الغلاف الخارجي للمبنى:

وقيمة هذا الإشعاع يمكن حسابها من المنقلة شكل (4-2) أو من الجداول المناخية الخاصة بذلك، ويوضح جدول (4-1) كثافة الإشعاع الشمسي الكلي لمدن القاهرة والإسكندرية وأسوان صيفا وجدول (4-2) شتاءا.



شكل (4-2): حساب شدة الإشعاع الشمسي المباشر على الحوائط والأسقف

جدول (4-1)[1]: كثافة الإشعاع الشمسي الكلي (وات/م2) لمدن القاهرة والإسكندرية وأسوان صيفا (21 يونيو):

المدينة	الساعة / الواجهة	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
مدينة القاهرة	الشمالية	165	205	180	155	-	-	-	-	-	155	180	205	165
	الشرقية	380	610	680	710	630	420	156	-	-	-	-	-	-
	الجنوبية	-	-	-	-	181	220	253	220	181	-	-	-	-
	الغربية	-	-	-	-	-	-	156	420	630	710	680	610	380
	شمالية شرقية	380	560	605	560	430	245	156	-	-	-	-	-	-

[1] م/ مها بكري، تأثير المناخ على تصميم الغلاف الخارجي للمبنى " دراسة تحليلية لتقييم الأداء البيئي للمباني في مصر "، رسالة ماجستير .1989

	شمالية غربية	–	–	–	–	–	–	156	245	430	560	605	560	380
	جنوبية شرقية	130	310	430	510	505	395	256	–	–	–	–	–	–
	جنوبية غربية	–	–	–	–	–	–	256	395	505	510	430	310	130
	السقف	75	200	400	575	750	875	930	875	750	575	400	200	75
مدينة الإسكندرية	الشمالية	188	210	175	120	–	–	–	–	–	120	175	210	188
	الشرقية	438	660	695	675	556	368	153	–	–	–	–	–	–
	الجنوبية	–	–	–	–	205	295	283	115	70	–	–	–	–
	الغربية	–	–	–	–	–	–	153	358	576	682	695	678	448
	شمالية شرقية	448	590	595	520	386	218	–	–	–	–	–	–	–
	شمالية غربية	–	–	–	–	–	–	–	218	386	520	595	590	448
	جنوبية شرقية	218	390	485	520	476	388	233	–	–	–	–	–	–
	جنوبية غربية	–	–	–	–	–	–	233	388	476	520	485	390	218
	السقف	100	300	500	670	800	875	910	875	800	670	500	300	100
مدينة أسوان	الشمالية	155	240	244	190	184	148	156	148	184	190	244	240	155
	الشرقية	380	637	692	690	560	400	250	400	560	690	692	637	380
	الجنوبية	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	الغربية	–	–	–	–	–	–	250	–	–	–	–	–	–
	شمالية شرقية	355	562	617	565	460	300	156	300	460	565	617	562	355
	شمالية غربية	–	–	–	–	–	–	156	–	–	–	–	–	–
	جنوبية شرقية	180	362	442	440	410	325	156	325	410	440	442	362	180
	جنوبية غربية	–	–	–	–	–	–	156	–	–	–	–	–	–
	السقف	90	250	450	650	800	900	930	900	800	650	450	250	90

جدول (4–2): كثافة الإشعاع الشمسي الكلي (وات/م2) لمدن القاهرة والإسكندرية وأسوان شتاءا (21 ديسمبر):

المدينة	الساعة / الواجهة	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
مدينة القاهرة	الشمالية	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	الشرقية	–	160	385	460	425	285	156	–	–	–	–	–	–
	الجنوبية	–	110	285	460	600	685	690	685	600	460	285	110	–
	الغربية	–	–	–	–	–	–	156	285	425	460	385	160	–
	شمالية شرقية	–	60	110	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	شمالية غربية	–	–	–	–	–	–	–	–	–	60	110	60	–
	جنوبية شرقية	–	135	435	610	675	660	565	410	225	–	–	–	–
	جنوبية غربية	–	–	–	–	225	410	565	660	675	610	435	135	–
	السقف	–	25	100	225	350	425	450	425	350	225	100	25	–
مدينة الإسكندرية	الشمالية	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	الشرقية	–	–	354	448	415	285	90	–	–	–	–	–	–
	الجنوبية	–	100	283	458	600	685	690	685	600	458	283	100	–
	الغربية	–	–	–	–	–	–	90	275	415	427	330	–	–
	شمالية شرقية	–	–	93	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	شمالية غربية	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	93	–	–
	جنوبية شرقية	–	–	424	635	677	647	540	397	227	60	–	–	–
	جنوبية غربية	–	–	–	60	227	397	540	647	677	635	424	–	–
	السقف	–	–	98	230	350	430	450	430	350	230	98	–	–
مدينة أسوان	الشمالية	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	الشرقية	–	160	365	420	465	300	105	–	–	–	–	–	–
	الجنوبية	–	85	320	495	615	650	705	650	615	495	320	85	–
	الغربية	–	–	–	–	–	–	105	300	465	420	365	160	–

	شمالية شرقية	-	50	145	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	شمالية غربية	-	-	-	-	-	-	-	-	70	145	50	-	-
	جنوبية شرقية	-	160	545	670	690	660	530	375	215	-	-	-	-
	جنوبية غربية	-	-	-	-	215	375	530	660	690	670	545	160	-
	السقف	-	25	175	350	450	550	600	550	450	350	175	25	-

2- شدة الإشعاع المباشر ذو زاوية سقوط غير عمودية:

كلما قلت زاوية السقوط للإشعاع الشمسي كلما زادت كمية الطاقة الساقطة على وحدة المساحات من السطح، حيث تربطهم العلاقة :

$$Is = Iq \cdot \cos A$$

حيث أن : Is= شدة الإشعاع الشمسي الساقط على السطح.

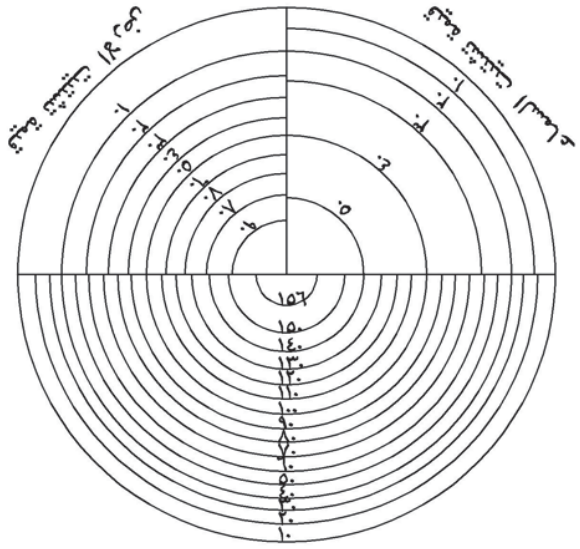
Iq= شدة الإشعاع الشمسي العمودي.

A= زاوية سقوط الإشعاع الشمسي.

ويتضح من المعادلة السابقة وصول شدة الإشعاع الشمسي لأقصى قيمة لها عندما تكون زاوية السقوط = صفرْ ، حيث تبلغ قيمة $\cos A = 1$.

3- الإشعاع الشمسي المشتت، والمنعكس:

ويصل الإشعاع الشمسي المشتت إلى الغلاف الخارجي للمبنى من جميع الإتجاهات وبزوايا سقوط مختلفة، ويمكن الحصول على قيمة الإشعاع الشمسي المشتت من منقلة شكل (4-3)، وبالنسبة للإشعاع الشمسي المنعكس فهو يعتمد اعتمادا كبيرا على نوع مادة السطح العاكس والحالة الجوية ومدى تواجد المعوقات في الهواء الخارجي من تلوث وعوالق وخلافه.



شكل (4–3): حساب شدة الإشعاع الشمسي المشتت على الحوائط والأسقف

ثانيا: الجسم المستقبل للإشعاع الشمسي:

عند سقوط الإشعاع الشمسي على الجسم المستقبل للإشعاع، يقوم هذا الجسم بامتصاص جزء من الإشعاع الشمسي وعكس جزء آخر، ويعبر عن ذلك لكل مادة بمعامل الامتصاص (a) لهذه المادة ومعامل الانعكاس (r) لهذه المادة، بحيث يكون مجموع كلا من معامل الامتصاص ومعامل الانعكاس لنفس المادة دائما يساوي واحد أي أن:

$$a + r = 1$$

وهناك عنصر هام آخر وهو أن السطح الخارجي يقوم بفقد طاقته الحرارية الممتصة بإستمرار طالما أن درجة حرارته أعلى من درجة حرارة الوسط المحيط به، وهو ما يعرف بالإنبعاثية:

تعريف الإنبعاثية[1]:

هي النسبة بين كمية الإشعاع الحراري المنبعث من وحدة المساحات من سطح مادة كاملة السواد ذات إشعاع تام عند نفس درجة الحرارة، ويوضح جدول (4–3) معامل الإمتصاص والإنبعاث لعدة أسطح مختلفة :

جدول (4–3)[2]: معامل الإمتصاص والإنبعاث لعدة أسطح مختلفة:

السـطح	معامل الإمتصاص a	معامل الانبعاث e
الاسطح السوداء – غير اللامعة	0.98 : 0.85	0.98 : 0.90
طوب أحمر – حجارة	0.80 : 0.65	0.95 : 0.85
طوب أصفر برتقالي	0.70 : 0.50	0.95 : 0.85

[1] مرجع سابق، بنود الأعمال، 2001.

[2] Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew & Szokolay, Manual of tropical housing and building", 1982.

طوب جبس – بياض	0.50 : 0.30	0.60 : 0.40
زجاج النوافذ	حسب معامل النفاذية	0.95 : 0.90
ألومنيوم لامع – مذهب – برونزي	0.50 : 0.30	0.60 : 0.40
نحاس قاتم – ألومنيوم – حديد مجلفن	0.65 : 0.40	0.30 : 0.20
نحاس مصقول – نحاس أحمر	0.50 : 0.30	0.05 : 0.02
ألومنيوم لامع – كروم	0.40 : 0.10	0.04 : 0.02

ثالثا: معدلات تدفق الحرارة عن طريق الإشعاع الشمسي:

للوصول لكيفية حساب معدل تدفق الحرارة نتيجة الإشعاع الشمسي سنفرض في بادئ الأمر أن تدفق الحرارة نتيجة لفرق درجات الحرارة ما بين الداخل والخارج، مع إهمال تأثير الإشعاع الشمسي، فيكون معدل تدفق الحرارة يرتبط بالمعادلة الآتية:

$$Q = U A (T1 - T2) \longrightarrow (1)$$

حيث أن: Q = معدل تدفق الحرارة عبر الغلاف الخارجي (وات).

U = معامل الإنتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي (وات /م2. °م).

A = مساحة الغلاف الخارجي للمبنى المعرض (م2).

T1= درجة الحرارة الأكبر سواء للفراغ الداخلي أو الخارجي (°م).

T2 = درجة الحرارة الأصغر في الفراغ الآخر (°م).

وفي واقع الأمر فإنه عند تعرض الغلاف الخارجي للإشعاع الحراري فإن درجة حرارة السطح الخارجي للفراغ تبدأ في الإرتفاع، وتنتقل الحرارة إلى الطبقة التالية من الغلاف الخارجي للمبنى حتى تصل تدريجيا إلى السطح الداخلي للفراغ حيث تبعث منه الحرارة للهواء الداخلي، وبتكرار العملية بضعة مرات تزيد درجة حرارة الغلاف الخارجي ويزداد بالتالي معه معدل إنتقال الحرارة منه إلى الطبقة الداخلية من الغلاف، حتى نصل إلى مرحلة يتساوى فيها معدل فقد السطح الخارجي للحرارة إلى الطبقة التالية له مع معدل إكتساب السطح الخارجي للحرارة، وعندها تستقر درجة حرارة السطح الخارجي للغلاف عند درجة حرارة تسمى درجة الحرارة الشمسية (Ts) وفيما تعرف بـ Sol – Air temp. ، ويرتبط ذلك بالعلاقة التالية:

$$Ts = To + (I * q) / Fo \longrightarrow (2)$$

حيث أن : Ts = درجة الحرارة الشمسية نتيجة حرارة الهواء + الإشعاع الشمسي (°م).

To = درجة الحرارة في الخارج (°م).

I = كثافة الإشعاع الشمسي (وات/م2).

q = معامل إمتصاص السطح الخارجي.

Fo = معامل توصيل السطح الخارجي للغلاف (وات/م2).

وتختلف درجة الحرارة الشمسية أيضا من سطح لآخر إذا كان السطح أفقي أو رأسي طبقا لإتجاه السطح وتوجيهه للإتجاهات المختلفة، ويوضح جدول (4-4) قيم أعلى درجة للحرارة الشمسية في بعض الساعات لتوجيهات مختلفة لمدينة القاهرة (خط عرض 7َ 30ْ شمالا) لفصل الصيف (21 يونيو).

جدول (4-4)[1]: قيم الحرارة الشمسية لأسوأ ساعة (21 يونيو):

"هذه القيم مأخوذة لأسطح لها معامل امتصاص 0.5 ذات لون فاتح".

أولا: الأسطح الرأسية:		
الواجهة	أسوأ ساعة	قيمة درجة الحرارة الشمسية
شمالية	6 : 00 ، 18 : 00	To + 6 ° C
شمالية شرقية	7 :00	To + 20 ° C
شرقية	8 : 00	To + 24 ° C
جنوبية شرقية	8 : 30	To + 20 ° C
جنوبية	12 :00 ظهرا	To + 7 ° C
جنوبية غربية	15 : 30	To + 20 ° C
غربية	16 : 00	To + 31 ° C
شمالية غربية	17 : 00	To + 20 ° C
ثانيا: الأسطح الأفقية:		
	At Noon	To + 34 ° C
	At Noon + Pollution	To + 44 ° C

ومن المعادلة 1 ، 2 يمكن إستنتاج التالي :

$$Q = U A (T1 - T2)$$
$$(T1 - T2) = Q / U A$$

ومن معادلة 2 :

$$Ts = To + (I * q) / Fo$$
$$Ts - To = I * q / Fo$$

وبالتعويض عن :

$$Ts - To = T1 - T2$$

ينتج أن :

$$Q / U A = I * q / Fo$$

أي أن :

$$Q = I * a * U * A / Fo$$

وكرد فعل للتعرض للإشعاع الشمسي، فهناك ما يسمى بعامل الإكتساب الشمسي وهو معدل الإنتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي نتيجة للإشعاع الشمسي ويحسب من المعادلة:

[1] أ.م.د/ محمد مؤمن عفيفي، درجة الحرارة الشمسية، بحث غير منشور، 2002.

$$Q / I = a * U * A / Fo$$

ويجب ألا يتجاوز 0.04 في المناطق الحارة الرطبة أو 0.03 في المناطق الحارة الجافة.

رابعا: حساب فقد السطح الخارجي للغلاف للطاقة الحرارية بالانبعاث:

من المعروف أن الغلاف الخارجي يصبح مصدرا للإشعاع الحراري إذا كانت درجة حرارة الوسط المحيط به أقل من درجة حرارته، وهذا ما يحدث ليلا في أغلب الأحيان، ويقوم السطح الخارجي للغلاف بفقد طاقته الحرارية على هيئة إشعاع طويل الموجة إلى الوسط المحيط مباشرة (السماء)، ولكن نظرا لأن الغلاف الجوي المحيط ليس شفافا بالدرجة الكاملة فإنه يقوم بمنع نفاذ جزء من الأشعة ويعيدها مرة أخرى للغلاف المشع وكأنه أصبح بالتالي جسم مشع للحرارة، حيث يتلقى هذا الإشعاع الغلاف الخارجي مرة أخرى ليلا.

ويمكن حساب نسبة كمية الحرارة التي تفقد من الغلاف الخارجي ليلا أو تنبعث مرة أخرى من السماء بالمعادلة التالية:

$$Qe = Sb\ e\ (T)4$$

حيث أن: Qe = كمية الحرارة التي يبثها الجسم (وات / م2).

Sb = ثابت ستيفان بولتزمان وتبلغ قيمته $577 \times (10)-8$

e = معامل الانبعاث للجسم.

T = درجة حرارة الجسم المشع (ْم).

ويتم حساب Qe لكل من الغلاف الخارجي للمبنى وللسماء، كل حسب درجة حرارته ومعامل انبعاثه بحيث تكون كمية الحرارة التي يفقدها الغلاف الخارجي نتيجة للإنبعاث تحسب من المعادلة :

Q net = Q للغلاف – Q للسماء

وحقيقة الأمر أن المعادلة السابقة تحسب للسقف فقط في الغلاف الخارجي للمبنى، أما عند حساب كمية الحرارة التي تفقدها الحوائط بالإنبعاث، فنظرا لكون الحوائط رأسية عكس الأسقف التي تكون مواجهة مباشرة للسماء فإن كمية الفقد في طاقتها الحرارية تصبح نصف معدل فقد الحرارة من السقف.

خامسا: التبادل الحراري عن طريق الإشعاع داخل المبنى Qi :

يحدث تبادل حراري أيضا داخل المبنى عن طريق الإشعاع الحراري الصادر مما في جميع المبنى داخليا من أجهزة كهربائية، ماكينات، وحدات إضاءة، وحتى مستعملي الفراغ أنفسهم، ويمكن حساب ذلك التبادل الحراري الناتج داخل المبنى طبقا لهذه العناصر الداخلية كما يلي:

- **الإشعاع الحراري الصادر من مستعملي الفراغ.**
- **الإشعاع الحراري الصادر من الأدوات والمولدات الكهربائية.**
- **الإشعاع الحراري الصادر من وحدات الإضاءة الداخلية.**

أ- بالنسبة لمستعملي الفراغ:

عد أداء المستعمل لأنشطة حياته اليومية يحدث بينه وبين الوسط المحيط تبادل حراري ينتج عنه فقدان طاقة حرارية من المستعمل إلى الوسط المحيط، ومعدل الحرارة التي ينتجها الجسم يتوقف على نوع النشاط الذي يقوم به المستعمل، أي تتوقف بالتالي على نوعية المبنى ونوعية الأنشطة التي تحدث بالمبنى، ولحساب كمية هذا الإشعاع الحراري يجب تحديد مقدار الحرارة التي ينتجها المستعمل الواحد أثناء قيامه بالأنشطة داخل الفراغ ومعرفة عدد الأشخاص مستعملي المبنى على حسب التوقع التصميمي لأعداد مستعملي المبنى، بحيث تحسب كمية الحرارة الكلية المنبعثة من جسم مستعملي الفراغ نتيجة قيامهم بأنشطة حياتهم اليومية من العلاقة:

كمية الحرارة الكلية (وات) = عدد مستعملي الفراغ × كمية الحرارة المنبعثة من الشخص طبقا لنوع النشاط.

ويوضح جدول (4-5) العلاقة ما بين النشاط الحادث بالفراغ وكمية الحرارة الناتجة عن الفرد الواحد.

جدول (4-5): الطاقة الحرارية الناتجة عند أداء الأنشطة داخل الفراغ:

النشاط	متوسط الطاقة الحرارية الناتجة (وات)
نوم	75 وات
مشي	120 وات
أعمال إعتيادية خفيفة	190 وات
أعمال شاقة	700 وات

وجسم الإنسان يكتسب أو يفقد الحرارة داخل الفراغ طبقا للمعادلة الآتية:

$$Q = Qs + Qe + Qr + Qc$$

حيث أن : Q = الحرارة المكتسبة أو المفقودة لجسم الإنسان.

Qs = كمية الحرارة المخزنة بالجسم.

Qe = كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة بالبخر.

Qr = كمية الحرارة بالاشعاع المتبادل مع المحيط.

Qc = كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة بالتوصيل.

ب- بالنسبة للأدوات والمولدات والماكينات الكهربائية:

عند عمل أي جهاز أو مولد كهربي ينتج عنه إشعاع حراري للوسط المحيط، ولحساب كمية الحرارة الناتجة عن الجهاز يمكن حسابها بمعرفة القدرة الكهربائية للجهاز وذلك من المعادلة التالية:

كمية الحرارة (وات) = 746 × قدرة الجهاز (حصان).

وذلك يتم حسابه لكافة الأجهزة بالمبنى والتي يؤثر الإشعاع الحراري الصادر منها على درجة حرارة الفراغ الداخلي الذي يؤدي الإنسان فيه أنشطة حياته اليومية.

جـــ- بالنسبة لوحدات الإضاءة الداخلية:

يجب الأخذ في الإعتبار الطاقة الحرارية المنبعثة من وحدات الإضاءة الداخلية بالمبنى، حيث أنها تمثل نسبة إشعاع حراري لايستهان به، وخاصة إذا كان إعتماد الفراغ في الإضاءة إعتمادا أساسيا على الإضاءة الصناعية بصورة كبيرة، وتختلف كمية الحراة المنبعثة من وحدات الإضاءة طبقا لنوع الإضاءة وقدرة وحدة الإضاءة، ويوضح جدول (4-6) العلاقة بين نوع وحدة الإضاءة والنسبة المئوية من الطاقة المنبعثة منها حراريا، بحيث يمكن حساب الطاقة الحرارية المنبعثة من وحدة الإضاءة، وبمعرفة عدد وحدات الإضاءة بالمبنى يمكن حساب كمية الحرارة الكلية المنبعثة من جميع وحدات الإضاءة بالمبنى.

جدول (4-6): الطاقة الحرارية المنبعثة من وحدات الإضاءة داخل الفراغ:

نوع وحدة الإضاءة	متوسط الطاقة الحرارية المنبعثة (وات)
لمبات متوهجة	95 % من قدرتها
لمبات فلورسنت	79 % من قدرتها

4-3-2-2 التبادل الحراري عن طريق الحمل Qv:

يتم التبادل الحراري ما بين المبنى والوسط المحيط عن طريق الحمل بواسطة الرياح في أغلب الأحوال، حيث يصاحب حركة الرياح داخل الفراغ تغير في المحتوى الحراري للفراغ، وهذا التغير يعتمد بصورة أساسية على:

- مقدار الفرق في درجة الحرارة ما بين الوسطين الذي تنتقل بينهم الرياح.
- الحرارة النوعية للهواء (الوسط الحامل).
- معدل حركة الهواء (الوسط الحامل).

ويمكن حساب كمية الحرارة عن طريق الحمل من العلاقة التالية:

$$Qv = G * V * (T1-T2)$$

حيث أن: Qv = كمية الحرارة عن طريق الحمل (التهوية)، (وات).

G = حجم الحرارة النوعية للهواء، وتبلغ 1300 جول / م3 ْم.

V = معدل التهوية (م3 / دقيقة).

T1 = درجة حرارة الوسط الأعلي حرارة (ْم).

T2 = درجة حراة الوسط الأقل حرارة (ْم).

ولحساب معدل التهوية V، يمكن حسابه من العلاقة الآتية:

$$V= N * Room\ Volume / 60$$

حيث أن : V= معدل التهوية (م3 / دقيقة).

U= عدد مرات تغير الهواء في الساعة.

Room Volume= حجم الفراغ الذي يحسب له معدل التهوية.

60 = عدد الدقائق في الساعة.

4-3-2-3 الإنتقال الحراري عن طريق التوصيل Qc:

وهي تحدث خلال الغلاف الخارجي للمبنى، وهي مكافئة لمجموع الإنتقال الحراري بالحمل والإشعاع لنفس درجة الحرارة، وهي تكون عن طريق الإتصال المباشر والإنتشار بواسطة حركة جزئيات المادة والتي تسبب الإنتقال الحراري، ويعتمد تصميم الغلاف الخارجي للمبنى بصورة كبيرة وأساسية على الانتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي عن طريق التوصيل، حيث أنها في أغلب الأوقات يعتبر الإنتقال الحراري عن طريق التوصيل يمثل الغالبية العظمى من الأحمال الحرارية على المبنى، ولذلك فمن الممكن أن يقوم المصمم بأخذ الإنتقال الحراري كعامل أساسي عند تصميم مكونات الغلاف الخارجي للمبنى، وما يهمنا هو كيفية التعامل مع تلك المشكلة التصميمية للحصول على غلاف مناخي يعطي الفراغ الداخلي الراحة الحرارية المطلوبة للفراغ الداخلي، وقد تعرضنا فيما سبق لحساب معدل الإنتقال الحراري ما بين وسطين عبر غلاف فاصل بين الوسطين من المعادلة الآتية:

$$Q = A \quad U \quad \Delta T$$

حيث أن: Q= معدل الإنتقال الحراري (وات).

A= مساحة السطح المعرض (م2).

U= معامل إنتقال الحرارة (وات / م2 ْم).

ΔT = فرق درجات الحرارة ما بين الوسطين (ْم).

ومن المعادلة السابقة يتضح لنا أن معدل إنتقال الحرارة عبر أي غلاف خارجي ما بين وسطين يتوقف على:

- مساحة السطح المعرض.
- معامل الإنتقال الحرارى U Value.
- فرق درجات الحرارة ما بين الوسطين.

أولا: بالنسبة لمساحة السطح المعرض:

يتضح لنا أنه لتقليل معدل الإنتقال الحراري فإنه يجب تقليل المساحة المعرضة بقدر الإمكان، فمثلا نجد أن الشكل الكروي يعطي أقل مساحة سطح خارجي وذلك عند ثبوت الحجم، وكذلك فإن الشكل المكعب يعطي أقل مساحة سطح خارجي عن الشكل متوازي المستطيلات عند ثبوت الحجم أيضا، أي أنه أفضل نسب للكتلة المعمارية التي تحقق أقل معدل إنتقال حراري هي الشكل المكعب، ولكن تحقيق تلك النسبة ليس بالمرونة الكافية ليكون في متناول المصمم حيث أن اشتراطات الموقع تفرض عليه بصورة كبيرة نسب المبنى الذي يقوم بتصميمه.

ثانيا: معامل الإنتقال الحراري U Value:

تعرفنا في الجزء الخاص بمعدل تدفق الأحمال الحرارية على أن لكل مادة معامل الإنتقال الحراري الخاص بها، والذي يكون دلالة على كفاءة الأداء الحراري لهذه المادة، فمن الممكن أن يقوم المصمم بتصميم قطاع للغلاف الخارجي للمبنى عن طريق قيمة معامل الإنتقال الحراري المطلوب تحقيقه لهذا المبنى، وسنبدأ أولا بالتعرف على كيفية

حساب قيمة معامل الإنتقال الحراري الكلي لقطاع حائط أو سقف مكون من عدة مواد إنشائية، ويمكن الحصول على قيمة الإنتقالية الحرارية الكلية لهذا القطاع كالآتي:

$$U = 1/ Rt$$

حيث أن: U = معامل الإنتقال الحراري الكلي للقطاع (وات/م2 ْم).

Rt = المقاومة الكلية للقطاع (م2 ْم/وات).

ويمكن حساب Rt لحائط أو سقف مكون من عدة طبقات وذلك بحساب مقاومة كل طبقة علي حدة والجمع الجبري لهذه المقاومات، مع الوضع في الإعتبار حساب مقاومة الهواء الخارجي والهواء الداخلي المجاور للقطاع، وذلك من العلاقة :

$$Rt = Ro + \Sigma\ R + Ri$$

حيث أن Rt = المقاومة الكلية للحائط أو السقف المكون من عدة طبقات (م2 ْم/وات).

Ro= مقاومة الهواء الخارجي (م2 ْم/وات).

Σ R= المجموع الجبري لمقاومة مكونات الحائط أو السقف (م2 ْم/وات).

Ri= مقاومة الهواء الخارجي (م2 ْم/وات).

وتبلغ قيمة كل من المقاومات السابقة كما يلي:

تقدر مقاومة الهواء الخارجي $Ro = 0.055\ m2.K/W$

تقدر مقاومة الهواء الداخلي $Ri = 0.123\ m2.K/W$

أما مقاومة أي مكون من مكونات الحائط أو السقف تختلف بإختلاف نوع المادة وسمكها ويمكن حسابها من العلاقة الآتية:

$$R = L / K$$

حيث أن: R= المقاومة الحرارية للمادة (م2 ْم / وات).

L= سمك المادة (م).

K= الموصلية الحرارية للمادة (وات / م ْم).

تعريف الموصلية الحرارية K[1]:

هي كمية الحرارة التي تمر عموديا على السطح خلال مقطع متجانس من المادة مساحته الوحدة وتخانته الوحدة عندما يوجد فرق في درجات الحرارة بين سطحي المادة مقداره الوحدة في وحدة الزمن وذلك في حالة الإتزان الحراري.

والمواد العازلة للحرارة المستخدمة في المباني تكون لها موصلية حرارية منخفضة تتراوح بين 0.02 الي 0.2 (وات / م ْم) مثل: البولسيترين، البولي يوريثان، الفيبرجلاس، فيرميكيوليت، الخرسانة الخفيفة الخلوية ..... إلخ، أما

[1] مرجع سابق، تخطيط الطاقة، القاهرة، 1998.

مواد البناء الإنشائية الأساسية فتتروح بين 0.2 إلى 2.00 (وات / م ْم) مثل: الألواح الجبسية، الطوب الطفلي، الطوب الرملي، الطوب الأسمنتي، الحجر الجيري .....إلخ، وتختلف هذه الخاصية بإختلاف درجات الحرارة وإختلاف كثافة المادة، ويوضح جدول (4-7) الخواص الحرارية لبعض مواد البناء والتشطيبات ومواد العزل الحراري.

جدول (4-7)[1]: الخواص الحرارية لمواد البناء والتشطيبات:

م	المادة	الكثافة (كجم/م3)	الموصلية الحرارية (وات/م.س)	الحرارة النوعية (جول/كجم.س)
أولا: طوب البناء				
1	فوم مفرغ	530	0.2	
2	فوم مصمت	800	025	
3	ليكا مفرغ	1200	0.39	1000
4	طفلي مفرغ	1790	0.6	840
5	طفلي مصمت	1950	1.00	829
6	أسمنتي مصمت	1800	1.25	880
7	أسمنتي مفرغ	1140	1.6	880
8	خرساني مصمت	2000	1.4	840
9	خفاف أبيض	985	0.33	850
10	رملي وردي مصمت	1800	1.59	835
11	رملي مفرغ	1500	1.39	811
ثانيا: البلاط				
	بلاط قنالتكس	1350	0.16	
	بلاط سيراميك	2000	1.20	
	بلاط أسمنتي	2100	1.10	
	بلاط موزايكو	2450	1.60	
ثالثا: مواد متنوعة				
	بيتومين	1055	0.16	
	بياض أسمنتي	1570	1.0 – 0.9	
	بياض جبسي	1200	0.42	
	زجاج عادي	2470	1.0	
	خرسانة عادية	2460	1.44	
رابعا: مواد عزل حراري				
	ألواح بوليسترين مبثوق	40 - 28	0.033-0.027	
	ألواح بوليسترين ممدود	40-15	0.037-0.03	

[1] مرجع سابق، بنود الأعمال، 2001.

	حبيبات بوليسترين	15	0.045	
	ألواح بولي يوريثان	40-30	0.027-0.02	
	مونة الأسمنت الرغوي	880-400	0.25-0.1	
	السيلتون	480	0.17	
	فيرميكيوليت سائب	100	0.065	
	مونة فيرميكيوليت	960-480	0.303-0.135	

جدول (4-8)[1]: قيم مقاومة التجاويف لتوصيل الحرارة:

التجاويف		معامل التوصيل وات/ م2 5م	المقاومة م2 5م/وات
تجاويف رأسية	3 مم عمق	14.5	0.069
	6 مم عمق	8.74	0.114
	13 مم عمق	7.04	0.142
	20 مم عمق	6.63	0.151
	25 مم عمق	6.52	0.153
	38 مم عمق	6.52	1.153
تجاويف أفقية	76 مم تنتقل الحرارة لأعلى	7.48	0.133
	76 مم تنتقل الحرارة لأسفل	5.32	0.188

وكمثال توضيحي لحساب معامل الإنتقال الحراري لقطاع حائط، بفرض أن مكونات هذا القطاع من الخارج للداخل كالآتي:

طبقة الهواء الخارجي + بياض سمك سمك 2سم + طوب طفلي مفرغ سمك 25سم + بياض أسمنتي سمك 2سم + طبقة الهواء الداخلي.

فيكون خطوات حساب معامل الإنتقال الحراري لهذا القطاع كالتالي:

$$R = L / K$$

$$Rt = Ro + \sum R + Ri$$

$$= 0.055 + L1/K1 + L2/K2 + L3/K3 + 0.123$$

$$= 0.055 + 0.02/0.95 + 0.25/0.6 + 0.02/0.95 + 0.123$$

$$= 0.636 \quad m2.k/W$$

$$U = 1/R = 1.57 \quad W/m2.k$$

[1] Ob. Cit, Ingersoll, Mayhew & Szokolay, 1982.

مما سبق ينتج لنا أن قيمة معامل الإنتقال الحراري لقطاع الحائط السابق بمكوناته يساوي 1.57 وات/م2. ْم ، وباختلاف مكونات قطاع الحائط تختلف بالتالي تبعا له قيمة معامل الإنتقال الحراري للقطاع الجديد، وعلى سبيل المثال يوضح جدول(4-9)الإنتقالية الحرارية الكلية لعدة قطاعات مختلفة للحائط بمواد بناء مختلفة.

جدول (4-9)[1]: معامل الإنتقال الحراري الكلي لقطاعات حوائط مختلفة:

نوع مادة البناء	الإنتقالية الحرارية الكلية للقطاع (وات/م2. ْم)				
	قطاع إنشائي مصمت		قطاع إنشائي يحتوي على فراغ هواء سمك 5سم		
	125مم	250مم	125مم-125مم	125مم-250مم	250مم-250مم
طوب رملي مصمت	3.87	2.96	1.97	1.71	1.51
طوب أسمنتي مصمت	3.56	2.63	1.82	1.54	1.33
طوب طفلي مصمت	3.27	2.32	1.66	1.37	1.17
طوب رملي جيري	3.61	2.68	1.84	1.56	1.36
طوب طفلي مفرغ	2.57	1.67	1.30	1.03	0.85
طوب أسمنتي مفرغ	3.87	2.97	1.98	1.71	1.51
طوب ليكا مفرغ	1.99	1.29	1.0	0.76	0.61
حجر جيري	3.17	2.23	1.61	1.33	1.13

وما يهم المصمم هنا هو جعل أي قطاع في الحائط أو السقف له إنتقالية حرارية مثلى، وهي الإنتقالية الحرارية لقطاع الحائط أو السقف للحصول على أحسن ظروف حرارية مريحة، وفي أغلب الأحيان لاتتحقق الراحة الحرارية المطلوبة للفراغ الداخلي عن طريق مواد الإنشاء التقليدية من الطوب أو الخرسانة، ولكننا نحتاج إلى إضافة مادة عازلة للحرارة داخل الفراغ الخاص بالحائط المزدوج حتى نحصل في النهاية على قطاع حائط يحقق الراحة الحرارية للفراغ الداخلي، وكمثال توضيحي لإختيار مادة عازلة لحائط خارجي لمبنى، فعند قيام المصمم بتصميم مبنى ما أيا كان نوعه فإنه يقوم بالتعبير عن الحائط الخارجي للمبنى بحائط، في أغلب الأحيان يكون من طوب طفلي سمك 12سم، ولكننا هنا في هذا المثال بصدد القيام بتصميم قطاع في الحائط يعطي تصميم حراري مريح، حيث أن الإنتقالية الحرارية لهذا الحائط المفرد 3.27 وات/م2. ْم وهو يعتبر معامل إنتقال حراري كبير نسبيا يسبب أحمال حرارية زائدة داخل الفراغ، ولذلك لتصميم قطاع يحقق الراحة الحرارية باستخدام مادة عازلة للحرارة داخل ضمن حائط مزدوج سنفرض أن القطاع يتكون من الآتي:

1- لياسة أسمنتية خارجية سمك 2 سم .
2- طوب طفلي سمك 12 سم .

[1] مرجع سابق، بنود الأعمال، 2001.

3- مادة عازلة .

4- طوب طفلي سمك 12 سم .

5- لياسة أسمنتية داخلية سمك 2 سم .

والمطلوب هنا هو تحديد نوع وسمك المادة العازلة للحرارة التي تحقق الراحة الحرارية المطلوبة للمستعمل، وبفرض أن الإنتقالية الحرارية المثلى في المجال المناخي الموجود به المبنى تساوي ا (وات/م2. °م)، وسنتعرف في الباب السادس على كيفية حساب معامل الإنتقال الحراري الملائم لكل واجهة طبقا لموقع هذه الواجهة.

$$R = L / K$$

$$Rt = Ro + \sum R + Ri$$

$$= 0.055 + L1/K1 + L2/K2 + L3/K3 + L4/K4 + L5/K5 + 0.123$$

$$= 0.055 + 0.02/0.95 + 0.12/0.6 + L/K + 0.12/0.6 + 0.02/0.95 + 0.123 = L/K + 0.62$$

$$Rt = 1/U = 1$$

$$L/K = Rt - 0.62 = 0.38 \quad m2.k/W$$

$$L = 0.38\ K \quad m$$

حيث أن : L= تخانة المادة العازلة للحرارة (متر).

K = الموصلية الحرارية للمادة (وات/م. °م).

ومن المعادلة السابقة يمكن للمصمم إختيار نوع المادة العازلة للحرارة وتحديد السمك المطلوب منها حسب المعادلة السابقة وبمعرفة الموصلية الحرارية لهذه المادة، فمثلا إذا إختار المصمم مادة عزل البوليسترين المشكل بالبثق فإن موصليتها الحرارية تساوي 0.031 وات / م. °م، فيكون السمك المطلوب من البوليسترين المشكل بالبثق كالتالي:

$$L = 0.031 * 0.38 = 0.012 \ m = 1.2 \ cm$$

وكذلك بالنسبة لإختيار مواد أخرى مثل:

البوليسترين الممدد = 0.38 × 0.035 = 1.3 سم .

سليتون (400) = 0.38 × 0.09 = 3.4 سم .

فيرميكيوليت = 0.38 × 0.065 = 2.4 سم .

أي أن 1.2 سم من البوليسترين المشكل بالبثق تعطي نفس الكفاءة الحرارية التي يعطيها 1.3 سم من البوليسترين الممدد أو 3.4 سم من السيليتون (400) أو 2.4 سم من الفيرميكيوليت وهكذا.

ومن المثال التوضيحي السابق يمكن للمصمم بصورة مبسطة تصميم قطاع حائط أو سقف يعطي له الراحة الحرارية المطلوبة، وهي ما يهدف إليه التصميم المناخي، ولتوضيح أكثر سوف نقوم بحساب النسبة المئوية للوفر في معدل التدفق الحراري إذا تم تصميم الغلاف الخارجي وإذا لم يتم تصميمه طبقا للتصميم المناخي.

بفرض أن درجة الحرارة في الخارج 37 5م، ودرجة الحرارة الداخلية والمريحة حراريا هي 24 5م، ومعدل التدفق الحراري يتم حسابه من المعادلة:

$Q = U * A * \Delta T$

حيث أن : Q = معدل التدفق الحراري الكلية للحائط (وات).

U = الإنتقالية الحرارية الكلية للحائط (وات/م2. ْم).

A = مساحة الحائط (م2)، (بفرض أن المساحة 1 م2).

ΔT= فرق درجات الحرارة ما بين الخارج والداخل (ْم).

وبفرض أن قطاع الحائط قبل التصميم المناخي كان كالتالي:

1- طبقة بياض خارجي سمك 2 سم.

2- طوب طفلي مفرغ سمك 12 سم.

3- طبقة بياض داخلي سمك 2 سم.

وبفرض أن القطاع في المثال السابق هو قطاع الحائط بعد تصميمه مناخيا، وبفرض أن:

Q1 = التدفق الحراري للقطاع قبل تصميمه مناخيا (وات).

Q2 = التدفق الحراري بعد التصميم المناخي (وات).

Qn = النسبة المئوية للوفر في التدفق الحراري (%).

$Q1 = U1 * A * \Delta T$
$Q2 = U2 * A * \Delta T$
$Qn = (Q1 - Q2)* 100 / Q1$

$R = L / K$
$R1 = Ro + \sum R + Ri$
$= 0.055 + L1/K1 + L2/K2 + L3/K3 + 0.123$
$= 0.055 + 0.02/0.95 + 0.12/0.6 + 0.02/0.95 + 0.123$
$= 0.42$ m2.k/W
$U1 = 1/R = 2.38$ W/m2.k
$Q1= U1 * A * \Delta T$
$= 2.38 * 1 * (37 - 24)$
$= 30.95$ Watt

$Q2= U2 * A * \Delta T$
$= 1* 1 * (37 - 24)$
$= 13$ Watt

$$Qn = (Q1 - Q2)* 100 / Q1$$
$$= (30.94 - 13)*100 / 30.94$$
$$= 57.98 \ \%$$

أي أن النسبة المئوية للوفر في التدفق الحراري لوحدة المساحات من الحائط المصمم بالعزل الحراري حوالي 58 %.

4-3-2-4 التبادل الحراري عن طريق التكثيف:

يحدث تكثيف على الأسطح إذا أصبحت درجة حرارة السطح عند نقطة الندى أو أقل، ونقطة الندى يمكن تحديدها من الخريطة السيكومترية بمعلومية درجة الحرارة والرطوبة النسبية، وكما نعلم فإنه يحدث داخل طبقات الحائط مثلا تدرج حراري ما بين الخارج والداخل فيصبح لكل قطاع داخل الحائط درجة حرارية معينة، وإذا كانت المادة تسمح بسريان الرطوبة، عندئذ من الممكن أن يكون بداخل الحائط العديد من النقط والتي لها نفس درجة الندى أو أقل، وفي هذه الحالة فإن التكثيف يحدث داخل الحائط عند هذه النقط.

وللحصول على تدرج درجات الحرارة داخل قطاع حائط ما مثلا حتى يمكن تحديد الأماكن التي يحدث لها تكثيف داخل الحائط يمكن ذلك عن طريق الطريقة التالية:

أولا: طريقة بيانية لمعرفة درجة حرارة أي نقطة من الحائط[1]:

أ- يرسم مقطع (أ) في الحائط يبين طبقاته المختلفة، وبمقياس يمثل درجة مقاومته (R م2. °م/وات) مثل 1م يكافئ 0.1 م2. °م/وات.

ب- يرسم بجانب قطاع (أ) قطاع آخر (ب) بمقياس رسم عادي وليكن 10/1.

جـ- يوقع مقياس في الإتجاه الرأسي لدرجة الحرارة يناسب كل من القطاعين وليكن 3 مم لكل 1 °م.

د- توقع درجة الحرارة على كل من السطح الخارجي والداخلي للحائط على القطاع (أ) وتوصل بمستقيم يقطع طبقات المقطع (أ).

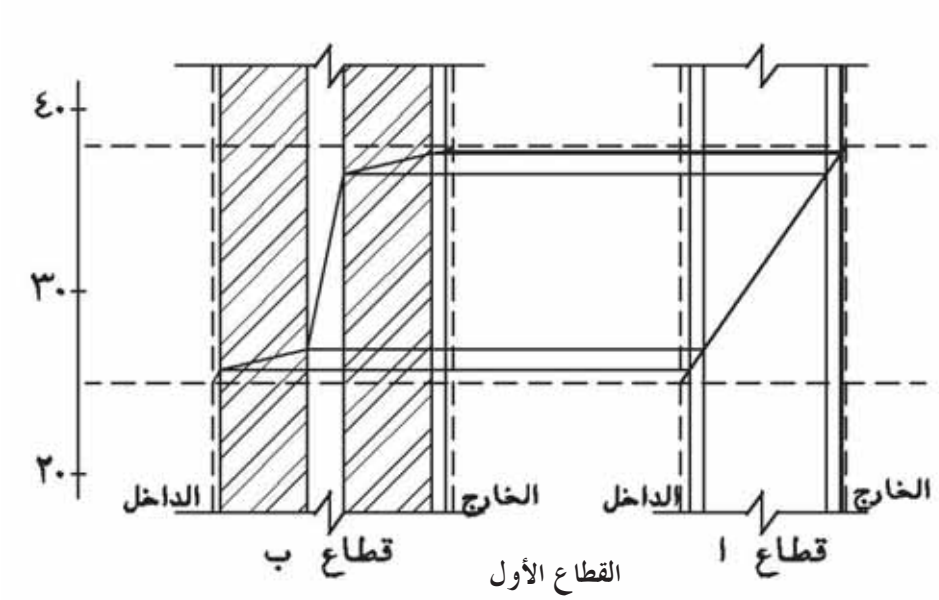
هـ- تسقط نقط التقاطع التي تمثل درجات حرارة الطبقات المختلفة على القطاع (ب) لتعطي صورة عن تدرج الحرارة داخل مقطع الحائط.

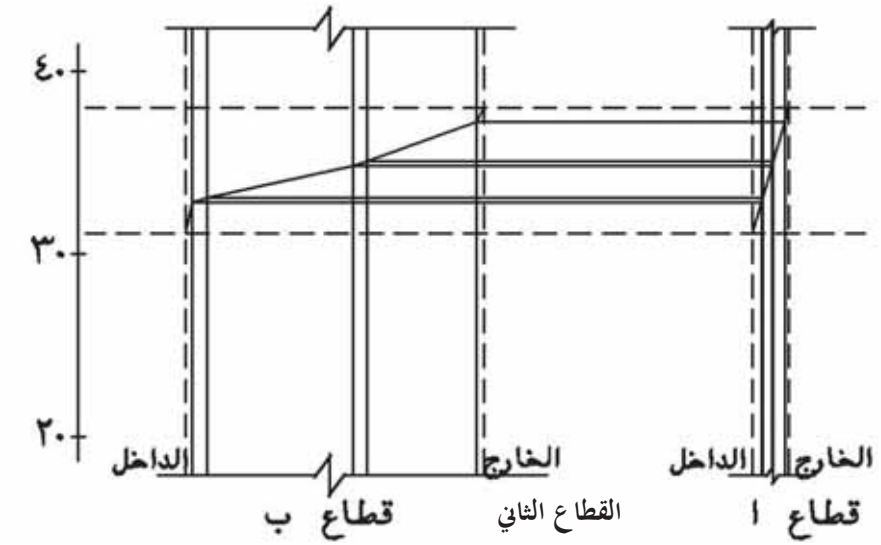
ويوضح شكل (4-4) التمثيل البياني لتدرج درجات الحرارة داخل قطاعين من الحائط على سبيل المثال حيث أن قطاعات الحوائط ومقياس رسمها طبقا للطريقة السابقة كما يلي:

	مقاومة الطبقة م2. °م/وات	السمك في القطاع (أ) (مم)	السمك في القطاع (ب)

[1] د.م./ شفق العوضي الوكيل، د.م./ محمد عبد الله سراج، المناخ وعمارة المناطق الحارة، أغسطس 1985.

			(مم)
طبقات القطاع الأول من الخارج			
طبقة الهواء الخارجي	0.055	-	5.5
بياض أسمنتي	0.02	20	2
طوب طفلي مفرغ	0.2	120	20
بوليسترين مبثوق	1.67	50	167
طوب طفلي مفرغ	0.2	120	20
بياض أسمنتي	0.02	20	2
طبقة الهواء الداخلي	0.123	-	12.3
طبقات القطاع الثاني من الخارج			
طبقة الهواء الخارجي	0.055	-	5.5
تكسية حجر رملي	0.155	150	15.5
مونة أسمنتية	0.02	20	2
طوب أسمنتي مفرغ	0.125	200	12.5
باض أسمنتي	0.02	20	2
طبقة الهواء الداخلي	0.123	-	12.3





شكل (4–4): بياني تدرج درجات الحرارة داخل الحائط

ثانيا: طريقة بيانية للحصول على الأماكن التي يحدث بها تكثيف داخل الحائط، شكل(4–5):

للحصول على المناطق التي يحدث بها تكثيف داخل الحائط يمكن إتباع الطريقة المبسطة التالية:

أ- يتم رسم القطاعين السابقين بتدرج درجات الحرارة الفعلية بهما.

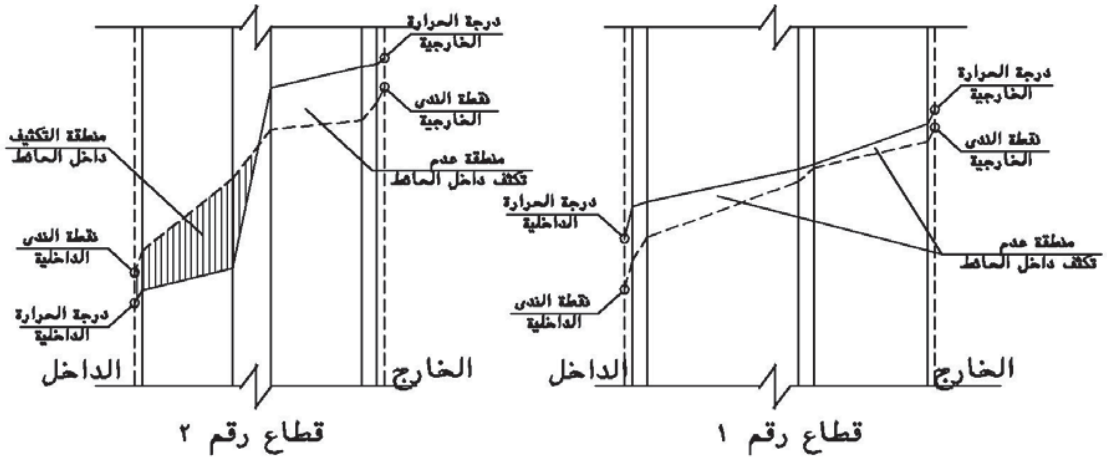
ب- من درجة الحرارة الداخلية والرطوبة الداخلية يتم الحصول على نقطة الندى الداخلية من الخريطة السيكومترية ولتكن Ti.

جـــ- من درجة الحرارة الخارجية والرطوبة الخارجية يتم الحصول على نقطة الندى الخارجية من الخريطة السيكومترية ولتكن To.

د- علي القطاع (أ)، (ب) يتم رسم التدرج الحراري داخل الحائط بين نقطتي الندى Ti، To .

هـــ- المناطق الواقعة في المنحنى الفعلي عند نقطة الندى أو أقل يحدث بها تكثيف داخل الحائط وذلك مقارنة بمنحنى نقطة الندى الذي تم رسمه ثانيا.

ويوضح شكل (4-5) عدة أمثلة مختلفة لتدرج الحرارة داخل الحائط وتحديد المناطق التي يحدث بها تكثيف داخل الحائط، والتكثيف داخل الحائط أو على سطح الحائط ينتج عنه بخر يؤدي إلى فقد الحرارة من المبنى.



شكل (4-5): حدوث التكثيف بالحوائط

4-3-2-5 التبادل الحراري عن طريق البخر Qe:

معدل التبريد بالتبخير يمكن حسابه فقط إذا علمنا معدل البخر (كجم/ساعة) ويمكن حساب معدل الحرارة المفقودة عن طريق البخر من المعادلة:

Qe = 666 * معدل البخر

ومعرفة معدل البخر من الأمور الصعبة على المصمم، وذلك فهي غالبا ما تهمل ولا يتم حسابها وينظر إليها على أنها أحد عوامل فقد الحرارة داخل المبنى فقط دون الأهمية لحسابها.

ويستطيع المصمم مما سبق أن يقوم بتصميم غلاف خارجي للمبنى بصورة إسترشادية ليستطيع أن يحقق الراحة الحرارية المطلوبة داخل الفراغ والذي ينعكس بصورة مباشرة على راحة المستعمل وأنشطة حياته اليومية، ويجب كذلك ألا يهمل عنصر هام جدا وهو تصميم الفتحات الخارجية والتي لها نصيب كبير في التبادل الحراري ما بين المناخ الخارجي والفراغ الداخلي للمبنى، والتي أصبح الكثير من المصممين الآن ينظرون إلى الفتحات الخارجية

على أنها عنصر جمالي الغرض منه الإضاءة والتهوية في أي مكان بالمبنى ولأي فراغ بأي واجهة دون الإلمام لما سيمثله ذلك على السلوك الحراري للمبنى سواء بالسلب أو الإيجاب.

الخلاصة

يعتبر الإشعاع الشمسي من أكثر العوامل المؤثرة على الغلاف الخارجي للمبنى والتي يجب على المصمم دراسته بعناية وحساب كل العوامل المرتبطة به والمؤثرة عليه، فالإشعاع الشمسي ذو صلة مباشرة على إحساس المستعمل بالراحة الحرارية أو عدم الراحة الحرارية، ومن أهم عناصر التبادل الحراري للمنشأ:

- التبادل الحراري عن طريق الإشعاع الشمسي.
- التبادل الحراري عن طريق الإشعاع داخل المبنى.
- التبادل الحراري عن طريق الحمل.
- التبادل الحراري عن طريق التوصيل.
- التبادل الحراري عن طريق التكثيف.
- التبادل الحراري عن طريق التبخير.

ولكل عنصر من العناصر السابقة أهميته ووزنه النسبي المختلف عن العنصر الآخر والمؤثر على تصميم الغلاف الخارجي للمبنى، بحيث تمثل في النهاية هذه العوامل مدى الإتزان الحراري للمبنى سواء بالسلب أو الإيجاب.

ويقوم المصمم بحساب تلك الأحمال الحرارية على المنشأ لمعرفة مدى تأثيرها على الفراغ الداخلي والقيام بتصميم الغلاف الخارجي الذي يفي بالإحتياجات الخاصة بالراحة الحرارية داخل الفراغ طبقا لهذه الأحمال الحرارية.

ولعل من أهم هذه الأحمال الحرارية هي الأحمال الحرارية الناتجة عن عملية التبادل الحراري للمنشأ عن طريق عن طريق التوصيل، والتي تشمل الأحمال الحرارية الناتجة عن الإشعاع الشمسي والحمل، وعن طريق هذه الأحمال يتمكن المهندس المصمم من الوصول إلى تصميم غلاف خارجي بصورة استرشادية لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة بالحد من تأثير هذه الأحمال الحرارية داخل الفراغ الداخلي.

5- خواص النافذة وتأثيرها على السلوك الحراري للمبنى

5-1 مقدمة: الفتحات الخارجية بالمباني :

تعتبر الفتحات الخارجية بالمباني هي الأساس في إتصال المبنى بين الداخل والخارج، فعن طريق الأبواب الخارجية يمكن دخول وخروج مستعملي المبنى من وإلى الفراغ الداخلي، وتعتبر النوافذ هي العنصر الأساسي للمبنى من حيث:

أ- الإضاءة الطبيعية.

ب- التهوية الطبيعية.

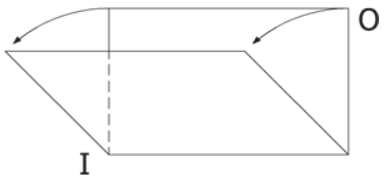
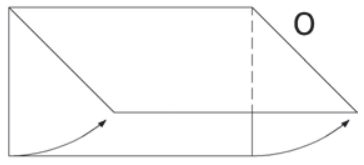
جـ -إتصال الداخل بالخارج عن طريق الرؤية.

ولذلك فتعتبر الفتحات الخارجية بالمباني من أهم العناصر الوظيفية المكونة للغلاف الخارجي للمبنى، وعلى مر العصور تطورت أشكال وأنماط الفتحات الخارجية بالمباني، فكانت مؤشرا أساسيا على طابع المبنى، ومكونا أساسيا لتشكيل الواجهة وعناصرها، فمع تطور العمارة عبر الحضارات المختلفة كان لها التأثير المباشر على الفتحات الخارجية من :

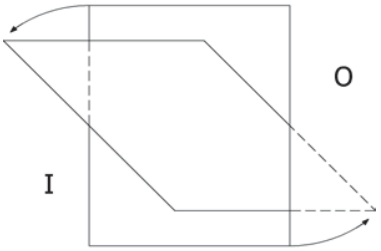
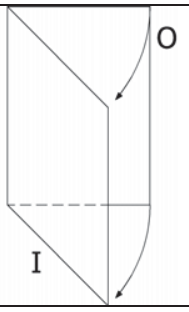
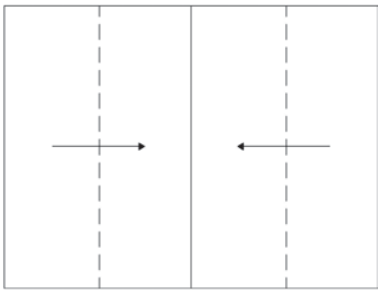
- شكل - نسب - عرض وارتفاع - مواد

فتطورت الفتحات الخارجية مع تطور العمارة وكانت معبرا رئيسيا عن الطابع العام لمنطقة عمرانية معينة، وكذلك فقد ساعد تطور الانشاء وظهور النظريات الإنشائية الحديثة على تطور الفتحات من حيث أبعاد ومساحات الفتحات الخارجية ونسبة السد والمفتوح بالواجهة، وأنواع الشبابيك وطرازها، ويوضح جدول (5-1) أهم المميزات والملامح لطرز مختلفة من الشبابيك طبقا لاتجاه وأسلوب فتح النوافذ:

جدول (5-1)[1]: أهم خصائص طرز النوافذ المختلفة:

طراز النافذة	أهم الخصائص
	- كانت من الأنواع الشائعة الاستخدام في القرن19. - تحفظ الأمطار بالخارج. - من الممكن استخدامها في الهواء ليلا إذا تم تركها مفتوحة مع مراعاة النواحي الأمنية. - من عيوبها هو تحديد مساحة الجزء المفتوح من النافذة.
	- من الممكن أن يمكن طريقة فتحها وغلقها بسهولة - معدل تدفق الهواء داخل الفراغ يتوقف على زاوية فتح الشباك حيث أن: a = زاوية فتح الشباك.

[1] Ronald Thomas, Max Fordham & Partners, Environmental Design " An Introduction for Architects and Engineers, 1999.

	CD = معدل تدفق الهواء عبر الشباك. مثال: {| A | 30° | 60° | 90° | |- | CD | 0.42 | 0.57 | 0.62 |} – حيث يلاحظ مما سبق أنه بزيادة زاوية فتح الشباك يزداد تدفق الهواء عبر النافذة.
	– من الممكن أن يسبب إعاقة حركة في ممرات الحركة. – التحكم في معدل تدفق الهواء من الممكن بواسطة التحكم في زاوية فتح الشباك.
	– يسمح بترك مساحة كبيرة عند فتحه (100% من مساحة النافذة) للتهوية والتخلص من أي هواء فاسد داخل الفراغ.
	– يسمح بتحديد كمية تدفق الهواء داخل الفراغ طبقا لمقدار فتح النافذة. – لا يبرز داخل الفراغ عند فتحه أو غلقه. – من الصعب التحكم في تسرب الهواء داخل الفراغ بعد استخدامه لفترة حيث تصبح كفاءة غلق الشباك أقل فيؤدي ذلك إلى تسرب قليل من الهواء داخل الفراغ. – المساحة الكلية للجزء المفتوح يتوقف على عدد الضلف حيث من الممكن أن تكون 50% في حالة 2 ضلفة مثلا.

ومع تطور مواد الإنشاء والتشطيبات بالمباني، تطورت كذلك مواد ومعالجات الفتحات الخارجية من خشب وجبس وزجاج وألومنيوم إلى غير ذلك من مواد الإنشاء المختلفة، حتى أصبحت معالجات الفتحات الخارجية عديدة ومختلفة فيما بينها إختلافا كبيرا.

وتطورت الفتحات الخارجية مع تطور العمارة حتى وصلت إلى أن واجهة المبنى بالكامل عبارة عن حائط زجاجي خارجي Curtain Wall وخاصة في المبانى العامة كالمباني الإدارية وغيرها، ومع تطور

الفتحات الخارجية وإهمال المصممين للعوامل المناخية المحيطة بالمبنى، أصبحت العديد من الفتحات الخارجية بالمباني تمثل عبئا حراريا على المبنى نظرا لرقة سماكتها من الزجاج حيث تصل قيمة الإنتقالية الحرارية لها كبيرة نسبيا بالمقارنة مع الحائط أو السقف كما يتضح ذلك من جدول (5-2) والذي يوضح معامل الإنتقال الحراري للنوافذ في الواجهات المختلفة من المباني:

جدول (5-2)[1]: معامل الإنتقال الحراري للنوافذ في الاتجاهات المختلفة:

الواجهه الموجود بها النافذة	نوع زجاج النافذة	الانتقالية الحرارية وات / م2 .°م
جنوبية محمية	زجاج مفرد زجاج مزدوج بينهم 0.6 سم زجاج مزدوج بينهم 2.0 سم	3.97 2.67 2.32
جنوبية عادية / غربية جنوبية غربية جنوبية شرقية	زجاج مفرد زجاج مزدوج بينهم 0.6 سم زجاج مزدوج بينهم 2.0 سم	4.48 2.90 2.50
جنوبية شديدة التعرض/غربية جنوبية غربية عادية شمالية غربية/ شمالية شمالية شرقية /شرقية محمية	زجاج مفرد زجاج مزدوج بينهم 0.6 سم زجاج مزدوج بينهم 2.0 سم	5.00 3.06 2.67
غربية / جنوبية غربية جنوبية شرقية/ شمالية غربية شمالية شرقية/ شمالية عادية	زجاج مفرد زجاج مزدوج بينهم 0.6 سم زجاج مزدوج بينهم 2.0 سم	5.67 3.29 2.84

يتضح من الجدول السابق أن أقل معامل إنتقال حراري للنوافذ السابقة 2.32 وات/م2.°م، وهو معامل إنتقال حراري كبير نسبيا ويؤدي إلى إرتفاع قيمة الإنتقالية الحرارية عبر تلك النافذة ولذلك كان لابد على المصمم أن يهتم بالفتحات الخارجية وتصميمها، ليس فقط تصميمها بشكل جمالي، ولكن يجب الإهتمام بتقليل الإنتقالية الحرارية النافذة.

ولا يقتصر الأمر على ذلك بل يشمل أيضا دراسة موضع النافذة سواء على مستوى المسقط أو القطاع ليحقق إستمرارية حركة الهواء داخل الفراغ Cross Ventilation، وذلك للمساعدة في تقليل الأحمال الحرارية عن طريق الحمل كما سبق ذكره في الباب السابق، وكذلك أيضا من المهم الإهتمام

[1] م/ مها بكري، تأثير المناخ على تصميم الغلاف الخارجي للمبنى " دراسة تحليلية لتقييم الآداء البيئي للمباني في مصر "، رسالة ماجستير .1989

بمنع نفاذ أشعة الشمس التي تزيد شدتها عن مجال الراحة الحرارية داخل الفراغ عن طريق عدة وسائل كما سبق ذكر ذلك لاحقا.

يتضح من ذلك أن تصميم الفتحات الخارجية لا يكتفي بمنظور جمالي فقط ولكن يجب أن يشمل كذلك المنظور المناخي لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ.

5-2 التحكم في حركة الهواء من خلال فتحات المبنى:

5-2-1 وظائف حركة الهواء داخل الفراغ:

لحدوث حركة هواء داخل أي فراغ، لابد وأن يتوفر على الأقل فتحتان أحدهما تعتبر مدخل للهواء أو Inlet والأخرى تعتبر مخرج للهواء أو Outlet. وتتوقف سرعة الهواء وتوجيهه داخل الفراغ على عدد فتحات النوافذ وموقع كل نافذة في الحائط، بالإضافة إلى مساحة النوافذ وتوجيهها، وتهوية الفراغ داخل المبنى لها عدة وظائف رئيسية يمكن ذكرها في الآتي:

أ- إجراء عملية تجديد للهواء داخل الفراغ الغرض منها:

1- التخلص من نسبة ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تنفس مستعملي الفراغ وإحلال الأكسجين النقي بدلا منه.

2- التخلص من الروائح الكريهه أو الضارة داخل الفراغ.

ومعدل تجديد الهواء داخل أي فراغ يختلف من فراغ لآخر طبقا لنوع النشاط الحادث داخل الفراغ، فعلى سبيل المثال في غرفة المعيشة يكون معدل تجديد الهواء المناسب من 1 الي 1.5 مرة في الساعة بعكس المطبخ مثلا حيث يصل فيه هذا المعدل من 4 إلي 5 مرات في الساعة نظرا لإرتفاع نسبة الروائح وثاني أكسيد الكربون داخل المطبخ .

ب- تساعد حركة الهواء المستمرة على تخليص جسم مستعملي الفراغ من الحرارة الزائدة وذلك عن طريق الحمل وتخليص الجسم من العرق الزائد بزيادة معدل البخر.

جـ- التخلص من الرطوبة الزائدة داخل المبنى، مما يساعد على الوصول إلى مجال راحة حرارية داخل الفراغ.

د- طبقا للفرق بين درجات الحرارة بين الفراغ الداخلي والفراغ الخارجي يساعد ذلك على حركة الهواء والمساعدة في زيادة تبريد الفراغ الداخلي بالمبنى.

5-2-2 تقييم التهوية داخل الفراغ:

يعتمد تقييم التهوية لمبنى من المباني على عنصرين أساسيين :

أ- أن تفي التهوية بالمعدلات اللازمة لتحقيق وظيفتها الصحية.

ب- مدى تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغ لمستعملي الفـــراغ وذلـــك بتحقيـــق سرعات مناسبة للهواء داخل الفراغ.

أما بالنسبة للعامل الأول فمن السهل تحقيقه داخل الفراغ، وبالنسبة للعامل الثاني فهو يعتبر عنصر متغير طبقا لنوع النشاط داخل الفراغ. فمثلا إذا كان الفراغ يستخدم كفراغ معيشة فمن المطلوب أن يكون مستوى التهوية على مستوى الجالس داخل الفراغ، أي على إرتفاع 1.00 م من الأرض تقريبا، أما إذا كان الفراغ يستخدم في ورشة مثلا، يكون منسوب التهوية على إرتفاع 1.50 م تقريبا.

وتحقيق التهوية داخل الفراغ عن طريق الفتحات الخارجية لها عدة عناصر كما سبق ذكرها من أماكن فتحات، عدد الفتحات، مساحة ونسب الفتحات إلى غير ذلك من خصائص الفتحات الخارجية، وذلك ما يجب على المصمم أن يهتم بدراسته ليؤخذ في الإعتبار عند تصميم الفتحات الخارجية بالمباني، وذلك ما سيتم دراسته لاحقا.

5-3 تأثير موضع الفتحات الخارجية على حركة الهواء بالفراغ:

ينساب الهواء من مناطق الضغط المرتفع (+) إلى مناطق الضغط المنخفض (-)، ولذلك فإن فرق الضغط بين الفراغ الداخلي والفراغ الخارجي يساعد على حركة الهواء داخل الفراغ، واتجاه حركة الهواء داخل الفراغ ومنسوب التهوية تعتمد إعتمادا أساسيا على ما يلي:

- **موضع الفتحات في المسقط الأفقي .**
- **موضع الفتحات في القطاع الرأسي .**
- **العلاقة المكانية بين الفتحات في الفراغ الواحد.**

إضافة إلى ذلك فإن زاوية واتجاه الرياح على النافذة تؤثر أيضا على اتجاه حركة الرياح داخل الفراغ، وسرعة الرياح داخل الفراغ.

5-3-1 موضع الفتحات في المسقط الأفقي:

5-3-1-1 اتجاه حركة الهواء بالفراغ الداخلي:

للحصول على تهوية داخل الفراغ يجب توافر عدة عوامل في الفتحات الخارجية من أهم هذه العوامل ما يلي:

أ- توافر مدخل واحد على الأقل للهواء Inlet ومخرج واحد على الأقل للهواء Outlet للفراغ الواحد، أو تحديد مجال لحركة الرياح يساعد على توجيه الهواء داخل الفراغ.

ب- أن يكون فرق الضغط بين الفراغ الداخلي والخارجي كبير بصورة تساعد على سحب الهواء وتحريكه داخل الفراغ.

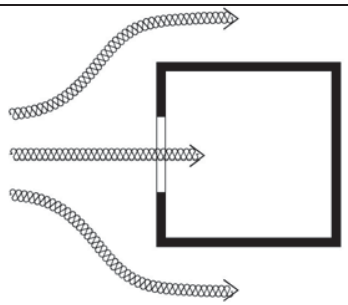
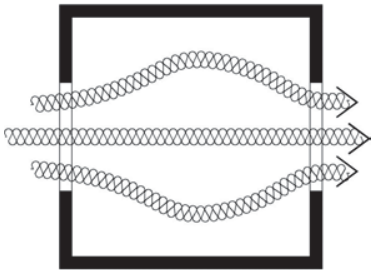
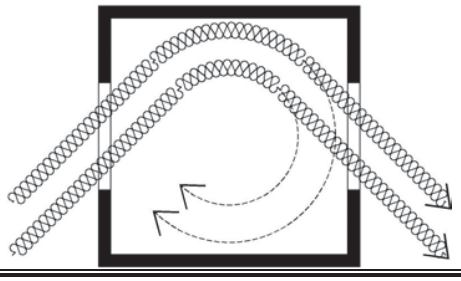
جـ – وضع النافذة المستقبلة للرياح يكون في اتجاه الرياح المفضلة.

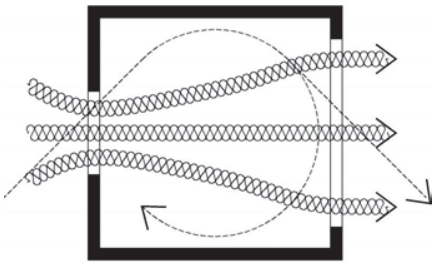
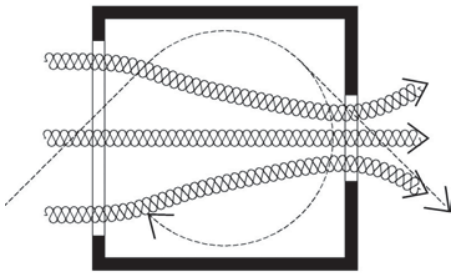
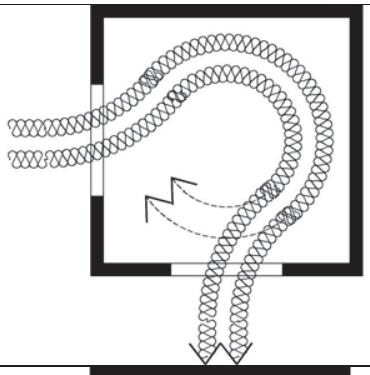
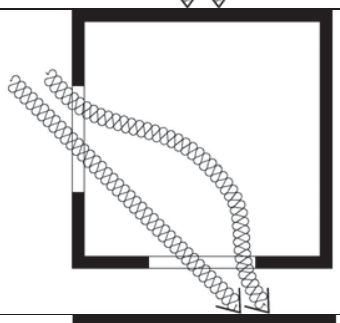
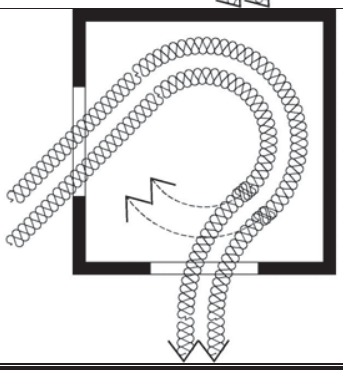
وهذه العوامل يمكن تحقيقها أولا بالنسبة للمسقط الأفقي، وإن كان اتجاه الرياح يختلف تبعا لموضع هذه الفتحات، وذلك يمكن ذكرها على مستوى حالتين:

أولا: إذا كانت الفتحات الخارجية على حائطين متوازيين.
ثانيا: إذا كان مدخل ومخرج الرياح على حائطين متجاورين.

ويدخل ضمن العوامل السابقة أيضا تأثير اتجاه الرياح على الفتحات الخارجية، ومن الممكن ايجـــاز تأثير تلك العوامل كما يوضحها جدول (5-3)، والذي يوضح عدة حالات مختلفة – على سبيل المثال – للفتحات الخارجية واحتمالات أنماطها المختلفة والشكل السائد لاتجاه الرياح داخل الفراغ على مســـتوى المسقط الأفقي:

جدول (5-3): العلاقة ما بين وضع النوافذ بالفراغ واتجاه حركة الرياح داخل الفراغ:

وضع النوافذ واتجاه الرياح	المسقط الأفقي	اتجاه حركة الرياح
نافذة واحدة بالفراغ		التهوية داخل الفراغ ضعيفة إلى حد ما، وغير كافية للفراغ بأكمله.
نافذتين متقابلتين لهما نفس العرض، واتجاه الرياح عمودي عليهما		الهواء يتدفق مباشرة من هذه الفتحات إلى الفتحة المقابلة لها مكونا تيار هوائي يسبب نوعا من الإزعاج لمستعملي الفراغ، إضافة إلي عدم تجانس التهوية في الفراغ.
نافذتين متقابلتين لهما نفس العرض، واتجاه الرياح مائل عليهما		معظم حجم الهواء يمر ويتحرك خلال فراغ الغرفة ويزيد تدفقه عند الأركان، بحيث يحقق بذلك نهوية أكثر تجانسا داخل الفراغ.

نافذتين متقابلتين (عرض Inlet أصغر)، واتجاه الرياح عمودي أو مائل عليهما		يتدفق الهواء داخل الفراغ سواء بميل أو عمودي على الفتحة الخارجية، ويكون أعلى سرعة رياح داخل الفراغ عند الفتحة الأصغر سواء أكان الهواء يدخل أو يخرج منها.
نافذتين متقابلتين (عرض Inlet أكبر)، واتجاه الرياح عمودي أو مائل عليهما		
نافذتين متجاورتين، واتجاه الرياح عمودي على Inlet		يمكن الحصول على تهوية متجانسة داخل الفراغ.
نافذتين متجاورتين، واتجاه الرياح مائل على Inlet باتجاه النافذة الأخرى		يمر الهواء من نافذة المدخل إلى نافذة المخرج دون تحقيق التهوية المتجانسة للفراغ، وخاصة عند الأركان الأخرى.
نافذتين متجاورتين، واتجاه الرياح مائل على Inlet عكس اتجاه النافذة الأخرى		يمكن الحصول على تهوية متجانسة داخل الفراغ.

5-3-1-2 سرعة الهواء بالفراغ الداخلي:

لسرعة الرياح تأثير على مستعملي الفراغ أيضا من حيث الإحساس بالراحة أو الضيق داخل الفراغ، فكلما زادت أو قلت سرعة الرياح على حد الراحة يشعر الإنسان معها بالضيق وعدم إحساسه بالراحة المطلوبة ويوضح جدول (5-4) العلاقة ما بين سرعة الرياح وتوصيف هذه الرياح ومدى إحساس المستعمل بهذه الرياح من حيث شعوره بالراحة أو الضيق:

جدول (5-4)[1]: العلاقة ما بين سرعة الرياح ومدى الاحساس بها:

سرعة الرياح م/ث	توصيف الرياح	الإحساس بها
صفر – 0.5	ساكنة	غير لافتة للنظر
1.5 – 0.5	هواء خفيف	احساس بالهواء على الوجه
3.3 – 1.6	نسيم خفيف	تسبب حركة الشعر والملابس
5.4 – 3.4	نسيم رقيق	تسبب حركة الشعر حت عدم الانتظام
7.9 – 5.5	نسيم معتدل	قوة الرياح تؤثر على الجسم
10.7 – 8.0	نسيم منعش	صعوبة المشي بإعتدال / ضوضاء في الأذن
13.8 – 10.8	نسيم قوي	تسبب عائق وإزعاج عند المشي
17.1 – 13.9	رياح قوية / قريبة من العاصفة	تسبب عصفات رياح معيقة
20.7 – 17.2	عاصفة	رياح أكثر إعاقة
24.4 – 20.8	عاصفة قوية	تسبب اعاقة مرهقة في الحركة
28.5 – 24.4	عاصفة قوية جدا	الحركة عمليا مستحيلة

وقد أجريت عدة تجارب بالهند[2] لدراسة تأثير مواضع الفتحات بالنسبة لبعضها البعض على سرعة الرياح داخل الفراغ، طبقا لزوايا سقوط مختلفة للرياح على سطح النافذة، ويوضح جدول (5-5) سرعات الهواء الناتجة عن مواضع مختلفة لفتحات خارجية متقابلة، وجدول (5-6) يوضح سرعات الهواء في حالة أن نوافذ الفراغ متجاورة:

[1] Ob. Cit, Thomas, Fordham, 1999.
[2] Kukreja C.P., Tropical Architecture, New Delhi, 1978.

جدول (5–5)[1]: العلاقة بين سرعة الهواء (م/ث) للنوافذ المتقابلة وزاوية اتجاه الرياح:

العلاقة بين النوافذ	زاوية اتجاه سقوط الرياح						
	موازي	75˚	60˚	45˚	30˚	15˚	عمودي
	23.6	24.8	22.3	18.0	16.3	12.5	10.0
	25.8	23.3	22.2	17.8	16.7	12.8	8.3
	21.4	19.2	16.3	15.6	13.5	11.4	8.6
	22.8	26.7	25.7	24.9	20.7	11.7	8.9
	22.5	25.8	29.0	26.7	20.6	11.7	10.3

[1] Ibid.

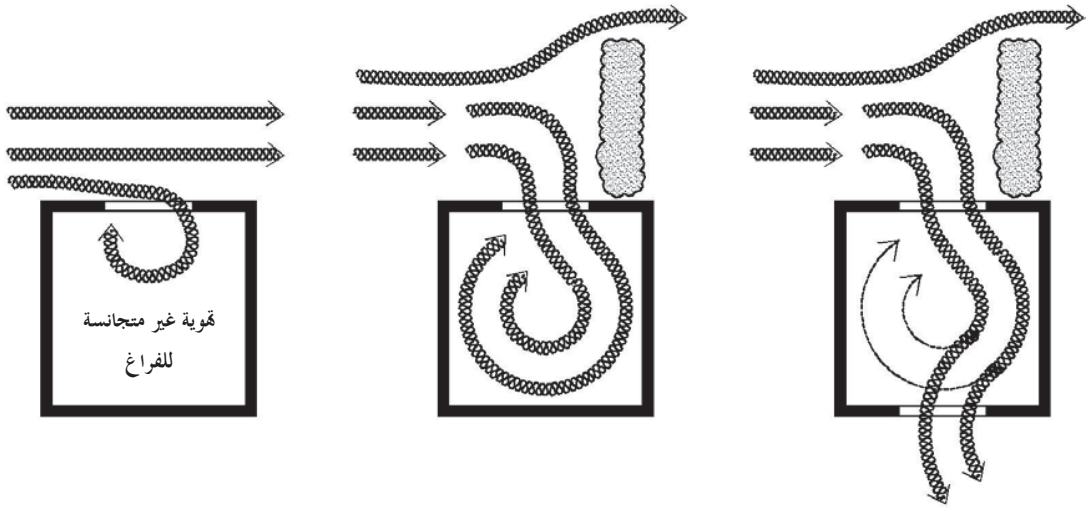
جدول (5–6)[1]: العلاقة بين سرعة الهواء (م/ث) للنوافذ المتجاورة وزاوية اتجاه الرياح:

العلاقة بين النوافذ	زاوية اتجاه سقوط الرياح						
	موازي	75˚	60˚	45˚	30˚	15˚	عمودي
	22.08	16.12	9.88	10.76	16.88	22.60	22.08
	19.96	14.88	9.88	8.88	13.64	20.96	25.36
	21.36	14.68	9.56	8.28	10.76	17.24	22.52
	24.16	21.8	11.76	8.96	17.84	23.48	26.12

[1] Ibid.

	23.8	20.28	10.08	8.28	13.68	21.6	27.04
	22.2	19.2	12.48	8.44	10.8	18.2	23.72
	22.8	21.96	17.24	10.04	17.68	23.8	23.72
	23.88	21.2	14.48	10.6	14.4	22.48	27.6
	22.2	20.8	17.44	10.04	13.36	19.64	24.16

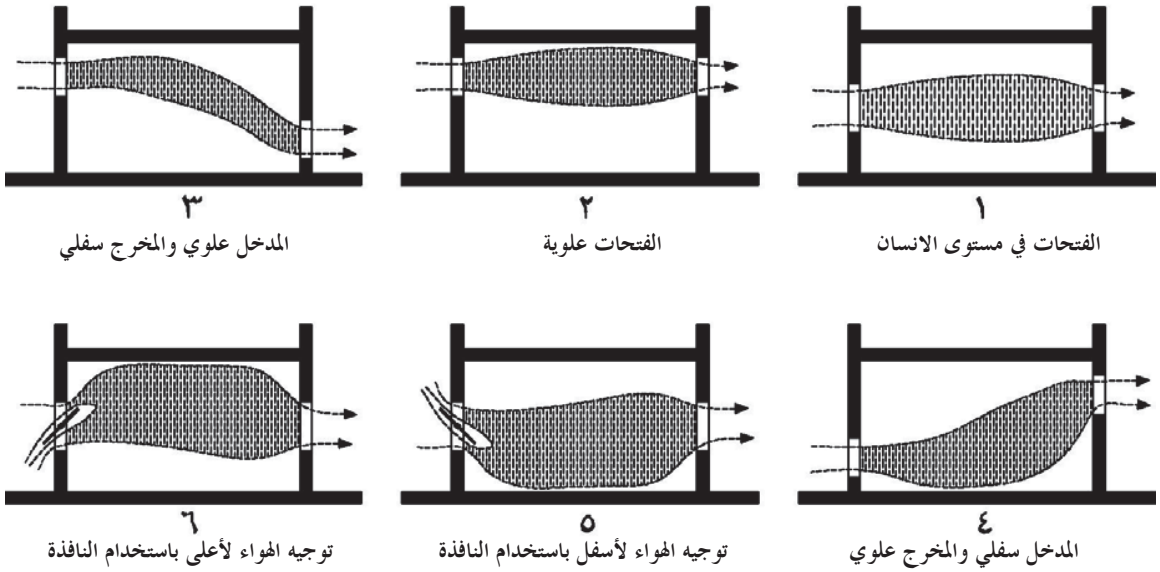
وحركة الرياح داخل الفراغ ليس بالضرورة أن تكون النافذة مقابلة لإتجاه الرياح، بل إن الرياح تدخل الفراغ كذلك في حالة أن اتجاه النافذة موازيا لإتجاه حركة الرياح، وإن كانت حركة الرياح داخل الفراغ في هذه الحالة أقل من الحالات السابق ذكرها، وعلى المصمم في هذه الحالة استخدام العناصر النباتية للمساعدة في توجيه الرياح داخل الفراغ والحصول علىحركة الهواء المطلوبة داخل الفراغ ويوضح شكل (5-1) بعض الأمثلة لاستخدام العناصر النباتية لتوجيه الرياح داخل الفراغات:



شكل (5-1)[1]: استخدام العناصر النباتية لتوجيه الرياح داخل الفراغ

5-3-2 موضع الفتحات في القطاع الرأسي :

لارتفاع جلسة النافذة تأثير كبير على تهوية الفراغ وحركة الرياح داخل الفراغ، وتؤثر كذلك على المنسوب الذي تتحرك فيه الرياح داخل الفراغ، فمن المهم تحقيق تهوية على منسوب مستعملي الفراغ طبقا للنشاط الذي يقومون به داخل الفراغ، وعدم تحقيق ذلك يؤدي إلى ركود في حركة الهواء على مستوى جسم الإنسان المتواجد في الغرفة طبقا لمستوى قيامه بأنشطته، ويوضح شكل (5-2) العلاقة ما بين منسوب النافذتين في الفراغ وتأثير ذلك على منسوب حركة الرياح داخل الفراغ:



[1] د.م./ شفق العوضي الوكيل، د.م./ محمد عبد الله سراج، المناخ وعمارة المناطق الحارة، أغسطس 1985.

شكل (5-2)[1]: العلاقة ما بين منسوب النافذة وحركة الرياح داخل الفراغ

وطبقا لنتائج التجربة السابقة التي أجريت بالهند يوضح جدول (5-7) توزيع سرعات الهواء على مستويات 0.5 م، 0.9 م ، 1.2 م ، 1.5م فوق مستوى أرضية الفراغ لإرتفاع جلسات 1.2م، 0.9 م، 0.5 م، حيث يتضح من الجدول أنه في حالة أن معظم الأنشطة تقع على منسوب معين فإن ارتفاع الجلسة للنافذة التي تعتبر مدخل الرياح يكون أفضل منسوب لجلستها هو منسوب هذا النشاط بحيث تحقق أفضل تهوية داخل الفراغ.

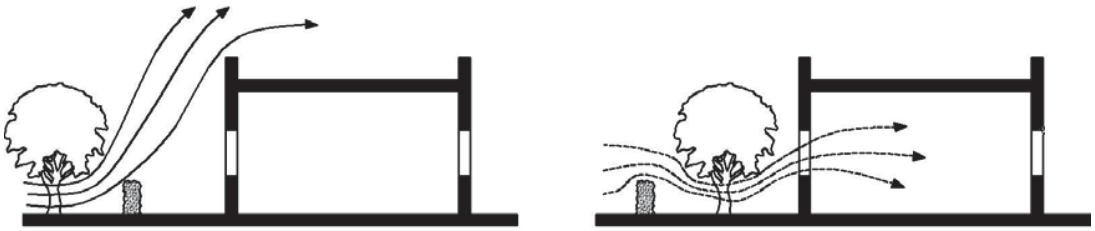
جدول (5-7)[2]: العلاقة بين سرعة الرياح داخل الفراغ ومنسوب جلسة النافذة:

	منسوب القياس (متر)			
ارتفاع جلسة النافذة (متر)	0.5	0.9	1.2	1.5
1.2	21.3	23.2	24.2	17.3
0.9	22.2	25.5	21.2	14.1
0.5	26.3	23.7	17.8	13.7

مما سبق يتضح لنا أن حركة الهواء وسرعته داخل أي فراغ وظيفي تعتمد اعتمادا أساسيا على مواضع النوافذ في الفراغ والعلاقة ما بين النوافذ داخل الفراغ الواحد، كما أن لمنسوب جلسة النافذة تأثير كبير على منسوب حركة الهواء داخل الفراغ وما لذلك بتأثير على مستعملي الفراغ وأنشطة حياتهم اليومية.

ولا نهمل كذلك استخدام العناصر الطبيعية حول المبنى لما لذلك من تأثير على حركة الرياح داخل الفراغ، حيث أنه من الممكن توظيف هذه العناصر بالصورة الجيدة والتي تسمح بتحقيق معدل تهوية داخل الفراغ مما يساعد على تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة للمستعمل.

وكذلك يمكن استخدام العناصر الطبيعية لسحب الهواء داخل المبنى أو خارجه على مستوى القطاع، فيتم سحب الهواء المحبب داخل الفراغ أو منع الرياح غير المحببة من دخول الفراغ لما لها من تأثير سئ على مستعملي الفراغ، ويوضح شكل (5-3) الصورة المبسطة لكيفية استغلال الأشجار في سحب أو منع الهواء من دخول المبنى.



[1] مرجع سابق، الوكيل، سراج، 1985.

[2] Ob. Cit, Kukreja, 1978.

شكل (5-3)[1]: استخدام العناصر النباتية لسحب أو منع الهواء لدخول الفراغ

5-4 توجيه النوافذ:

كما سبق ذكره فإن النوافذ من العناصر الأساسية في المبنى من حيث تحقيق:

أ- الإضاءة الطبيعية داخل المبنى.

ب- التهوية الطبيعية للفراغات الداخلية.

جـ- الإتصال ما بين الفراغ الداخلي والخارجي للمبنى.

وما يهمنا هنا في مجال الدراسات البيئية هو تحقيق الإضاءة الطبيعية والتهوية الطبيعية للفراغات الداخلية بالمبنى، وتوجيه النوافذ يحقق تلك الأهداف ويعتمد عليها اعتمادا كبيرا، فلتحقيق كلا من الهدفين السابقين يمكن عن طريق الآتي:

أ- تحقيق الإضاءة الطبيعية داخل المبنى:

يمكن ذلك عن طريق توجيه النوافذ لاستقبال أشعة الشمس لادخال أكبر قدر من الإضاءة الطبيعية داخل المبنى، مع مراعاة الأحمال الحرارية النافذة داخل الفراغ نتيجة الأشعاع الشمسي.

ب- بالنسبة لتحقيق التهوية الطبيعية للمبنى:

يمكن تحقيق ذلك عن طريق توجية النوافذ جهة الرياح المحببة لاستقبال أكبر قدر من الرياح المحببة وادخالها للفراغات الداخلية وتحقيق التهوية الطبيعية المطلوبة للفراغات الداخلية.

مما سبق نستنتج أن توجيه النوافذ لتحقيق متطلبات بيئية يكون إما من خلال:

- التوجيه بالنسبة لأشعة الشمس.

- التوجيه بالنسبة للرياح.

5-4-1 التوجيه بالنسبة لأشعة الشمس:

إن تحقيق قدر كافي من الإضاءة الطبيعية للفراغات الداخلية من العناصر الهامة جدا ومن أحد المتطلبات البيئية للفراغ الداخلي، فكل نشاط يقوم به الانسان سواء قراءة أو عمل كتابي ..إلخ له نسبة إضاءة ملائمة له لأداء هذا النشاط بالصورة المريحة للمستعمل، فبعد تصميم المبنى يتم تعويض فرق الإضاءة المطلوبة للفراغ بالإضاءة الصناعية، وزيادة الإضاءة الصناعية يؤدي إلى:

- زيادة كمية الكهرباء التي يستهلكها المبنى.

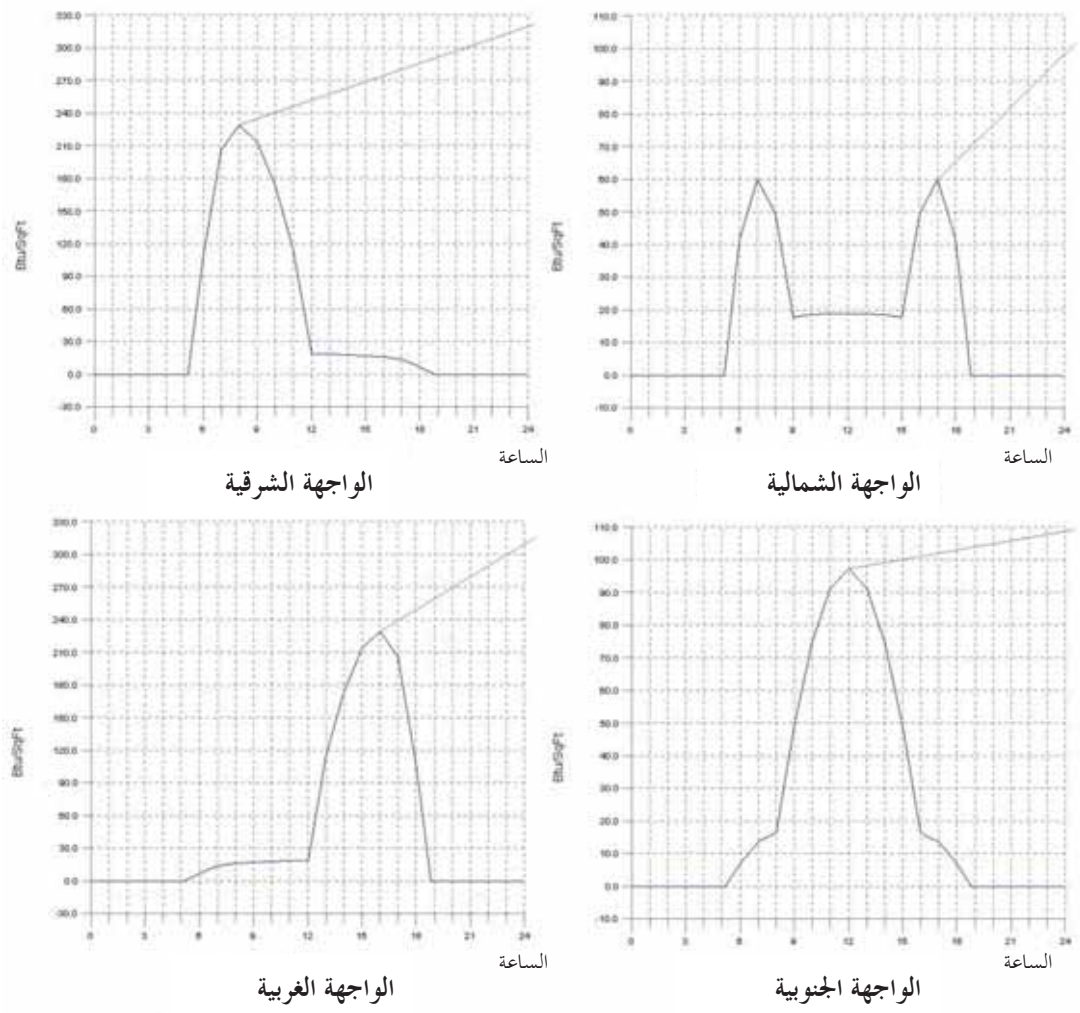
[1] مرجع سابق، الوكيل، سراج، 1985.

– زيادة نسبة الطاقة الحرارية المنبعثة من وحدات الإضاءة.

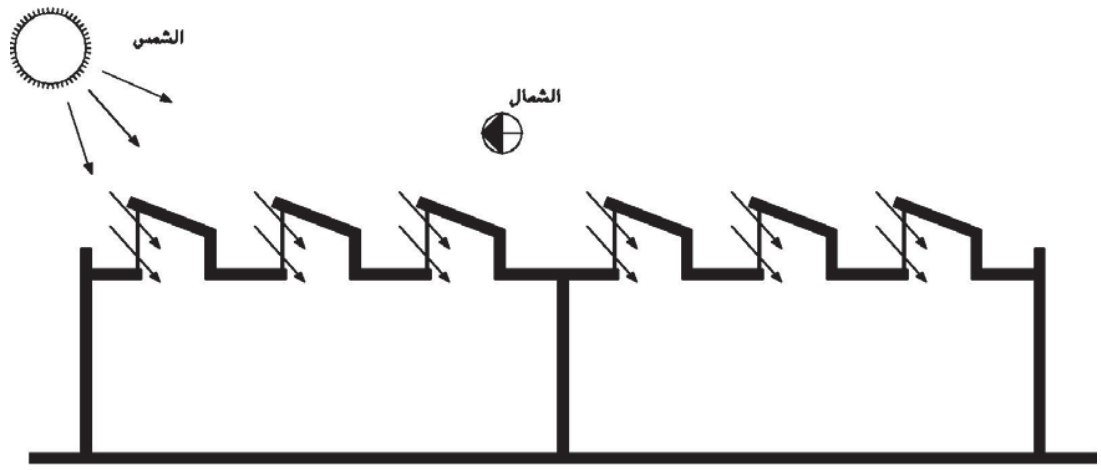
ولذلك كان لزاما على المعماري تحقيق أكبر قدر ممكن من الإضاءة الطبيعية للفراغ مع مراعاة ألا يصل إلى الحد الذي يحدث معه سطوع Glare على السطح المستقبل للإضاءة الطبيعية لأنها تسبب إزعاجا بصريا للمستعمل، وكذلك لا يمكن إهمال تأثير أشعة الشمس المباشرة على الفتحات الخارجية، حيث أنه كما سبق ذكره فإن معامل الإنتقال الحراري للنوافذ كبير نسبيا، الأمر الذي يسبب كبر معدل الإنتقال الحراري داخل المبنى، وبدراسة حركة الشمس صيفا وشتاءا خلال ساعات النهار لمدينة القاهرة على سبيل المثال يتضح أن:

- أقل الواجهات تعرضا لأشعة الشمس المباشرة هي الواجهة الشمالية.
- باقي الواجهات تتعرض لأشعة الشمس المباشرة خلال ساعات النهار.

كما يوضح شكل (5-4) تدفق الحرارة لسطح زجاجي في الأربع اتجاهات الرئيسية في 21 يوليو في مدينة القاهرة، ولذلك فإن أفضل الإتجاهات لإستقبال الإضاءة الطبيعية هي الواجهة الشمالية، حيث أن أشعة الشمس التي تسقط على الواجهة الشمالية تكون خفيفة إلى حد ما بحيث لا تسبب إنتقال حراري كبير للفراغ، ويوضح شكل (5-5) على سبيل المثال إستقبال الإضاءة الطبيعية من خلال الواجهه والسقف حيث يكون توجيه النوافذ شمالا.



شكل (5–4): تدفق الحرارة خلال سطح زجاجي لمدينة القاهرة



شكل (5–5)[1]: ادخال الإضاءة الطبيعية من خلال السقف

[1] مرجع سابق، الوكيل، سراج، 1985.

5-4-2 توجيه النافذة بالنسبة للرياح:

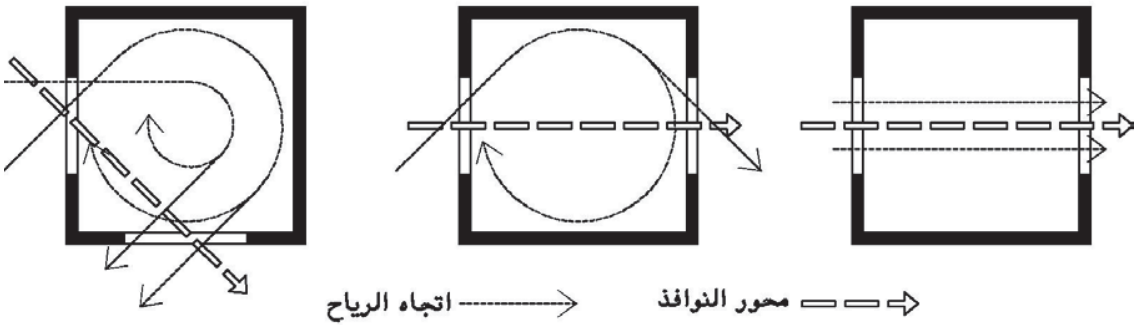
من الدراسة السابقة لإتجاه حركة الرياح داخل الفراغ عبر الفتحات الخارجية، حيث يوجد نافذة تعتبر كمدخل للرياح Inlet ونافذة أخرى تعتبر كمخرج للرياح Outlet، يفضل أن تكون نافذة مدخل الرياح مقابلة لإتجاه الرياح المفضلة، فعلى سبيل المثال في مدينة القاهرة يكون اتجاه الرياح المفضل هو الشمال الغربى، حيث تهب منه رياح ملطفة لدرجة الحراة في الصيف.

وكما سبق دراسته في اتجاه حركة الرياح داخل الفراغ، وكما يوضح شكل (5-6) أهم أوضاع النوافذ واتجاه حركة الرياح الناتج عنها، يمكن استنتاج العلاقة التالية:

1- إذا تقابل اتجاه حركة الرياح مع اتجاه الخط الواصل بين فتحة مدخل الرياح وفتحة مخرج الرياح، فيؤدي ذلك إلى أن يستمر الهواء في مساره دون أن ينحرف، مما يؤدي ذلك إلى عدم التجانس في تهوية الغرفة وعدم تهويتها بالكامل، وخاصة عند أركان الحائط المحتوي على فتحة مدخل الرياح.

2- إذا كان اتجاه حركة الرياح ليس على نفس مسار الخط الواصل بين فتحة مدخل الرياح وفتحة مخرج الرياح، فيؤدي ذلك إلى أن يستمر الهواء في مساره حتى يقابله حائط عائق فينحرف عن مساره متجها إلى فتحة مخرج الرياح، مؤديا بذلك إلى تهوية أجزاء الفراغ تهوية متجانسة.

ولذلك فمن المهم جدا دراسة اتجاه حركة الرياح المفضلة، وكذلك دراسة مسار الخط الواصل بين فتحة مدخل الرياح وفتحة مخرج الرياح حتى يمكن التوصل إلى تهوية متجانسة للفراغ.



شكل (5-6): العلاقة بين اتجاه حركة الرياح داخل الفراغ والمحور الواصل بين النوافذ

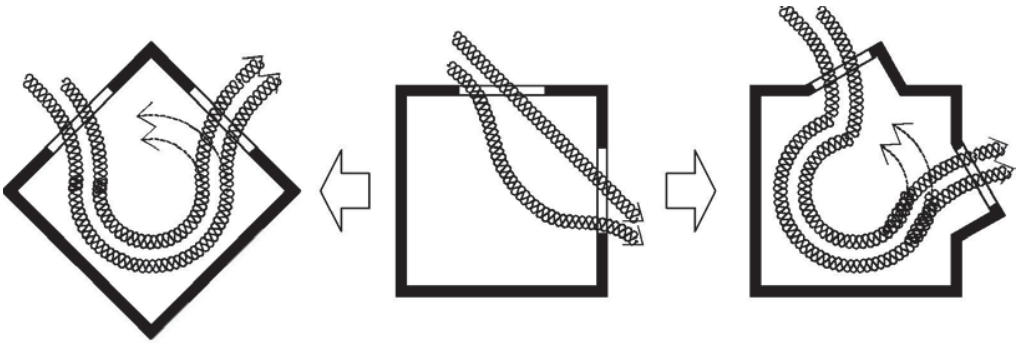
5-4-3 العلاقة بين التوجيه للرياح والتوجيه للشمس:

مما سبق يمكن أن نلخص عاملان هامان مناخيا لتوجيه النوافذ والفتحات الخارجية للمباني وهما:

- التوجيه للرياح **- التوجيه للشمس**

ولدراسة العلاقة ما بين التوجيه للرياح والتوجيه للشمس، قد يكون هناك تعارض أو توافق بين التوجيه للرياح والتوجيه للشمس، فعلى سبيل المثال إذا كان اتجاه الرياح السائد في منطقة ما شمالية غربية (مثل اتجاه الرياح المحبب في مدينة القاهرة) يمكن تحقيق تهوية مثلى للفراغات الداخلية بتوجيه الفتحات الخارجية باتجاه الشمال، وذلك ما يلائم أيضا التوجيه للشمس للإستفادة من الإضاءة الطبيعية دون تعرض الفراغات الداخلية لأشعة الشمس المباشرة والأحمال الحرارية الزائدة عن مجال الراحة الحرارية.

وكذلك فعلى سبيل المثال إذا كان اتجاه الرياح المفضل غربيا أو شرقيا، ففي هذه الحالة يكون هناك تعارض بين الإظلال المطلوب للفتحات الخارجية والتوجيه باتجاه الرياح المفضلة لتحقيق التهوية الطبيعية للفراغات الداخلية، ولذلك فمن الممكن أن يلجأ المصمم إلى أن تنحرف واجهاته الرئيسية على 45° لتحقيق التهوية المطلوبة للفراغ الداخلي، وكذلك للحد من تأثير الأشعة الشمسية على الفتحات الخارجية، وإذا لم يتمكن المصمم من تصميم الواجهة بزاوية مائلة يمكن الاستعاضة عن ذلك بتصميم النافذة فقط على زاوية مائلة، ويوضح شكل (5-7) الكروكيات الخاصة بالأمثلة السابقة.



شكل (5-7): توجيه النوافذ بالنسبة للرياح

5-5 تأثير أبعاد ومساحة الفتحات الخارجية للمباني:

لمساحة وأبعاد الفتحات الخارجية للمباني، والنسبة ما بين مدخل الرياح Inlet ومخرج الرياح Outlet، تأثير كبير على:

أ- سرعة الرياح داخل الفراغ.

ب- حجم التهوية التي يستقبلها الفراغ الداخلي.

ويمكن ايجاز تلك التأثيرات للاستفادة منها عند تصميم الفتحات الخارجية – كالتالي .

5-5-1 التأثير على سرعة الرياح داخل الفراغ:

أوضحت الدراسات الخاصة بدراسة تأثير مساحة الفتحات الخارجية للمباني على سرعة الرياح بالفراغ الداخلي مايلي:

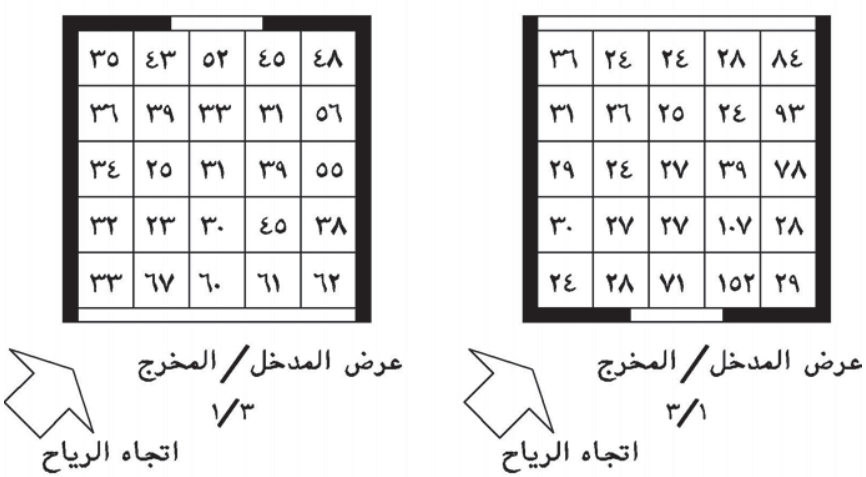
" تم تحديد عرض مدخل الرياح ومخرج الرياح كنسبة من عرض الواجهة الموجود بها المـــدخل أو المخـــرج وتأثير ذلك علي سرعة الرياح"، ويوضح جدول (5-8) نتائج الدراسة كالتالي:

جدول (5-8)[1]: أثر توجيه الفتحات على النسبة المئوية لسرعة الرياح كنسبة مئوية من سرعتها الأصلية:

عرض المدخل	عرض المخرج	الفتحتين متقابلتين		الفتحتين متجاورتين	
		رياح عمودية	رياح مائلة	رياح عمودية	رياح مائلة
3 / 1	3 / 1	% 35	% 42	% 45	% 37
3 / 1	3 / 2	% 39	% 40	% 39	% 40
3 / 2	3 / 1	% 34	% 43	% 51	% 36
3 / 2	3 / 2	% 37	% 51		
3 / 1	3 / 3	% 44	% 44	% 51	% 45
3 / 3	3 / 1	% 32	% 41	% 50	% 37
3 / 2	3 / 3	% 35	% 59		
3 / 3	3 / 2	% 36	% 62		
3 / 3	3 / 3	% 47	% 65		

يلاحظ أنه كلما قل عرض المدخل عن المخرج فإن ذلك يؤدي إلى ارتفاع سرعة الهواء للحد الأقصى بالقرب من فتحة المدخل مما يسبب وجود تيار هوائي مزعج عند فتحة المدخل، وعندما يزداد عرض المدخل عن المخرج فإن ذلك يؤدي إلى توزيع أفضل لسرعة الهواء في الداخل، ويمكن التحكم في مسطح الفتحات عن طريق الأجزاء المتحركة في النوافذ، ويوضح شكل (5-8) نتائج الدراسات السابقة.

[1] مرجع سابق، الوكيل، سراج، 1985.



شكل (5–8)[2]: العلاقة ما بين عرض الفتحات والنسبة المئوية لسرعة الرياح كنسبة مئوية من سرعتها

5–5–2 التأثير على حجم التهوية المطلوبة للفراغ:

التهوية داخل الفراغ وحركة الرياح داخل الفراغ تنشأ بسبب عاملين أساسيين:

أ– حركة الرياح باتجاه المبنى.

ب– فرق درجات الحرارة ما بين الداخل والخارج.

ومساحة النافذة تؤثر على العاملين السابقين، وقد تم عن طريق الدراسات تحديد العلاقة ما بين حجم التهوية ومساحة النافذة للفراغ كالتالي:

5–5–2–1 العلاقة بين حجم التهوية عن طريق قوى الرياح ومساحة النافذة:

$$Q = 3150\ AV$$

حيث أن Q= معدل تغيير الهواء (قدم3 / ساعة).

A= مساحة مدخل الرياح (قدم2).

V= سرعة الرياح (قدم / ساعة).

وقيمة التصحيح بالمعادلة السابقة (3150) تختلف طبقا للنسبة بين مساحة مخرج الهواء : مساحة مدخل الهواء كالتالي:

مساحة المخرج:مساحة المدخل	قيمة التصحيح	مساحة المخرج:مساحة المدخل	قيمة التصحيح
1 : 1	3150	1 : 5	4400
1 : 2	4000	4 : 3	2700
1 : 3	4250	2 : 1	2000
1 : 4	4350	4 : 1	1100

5–5–2–2 العلاقة بين حجم التهوية عن طريق فرق درجات الحرارة ومساحة النافذة:

[2] المرجع السابق

$$Q = 540\ A\ H\ (\triangle t)$$

حيث أن: Q = معدل تغيير الهواء (قدم3/ ساعة).

A= مساحة المدخل (قدم2).

H= الإرتفاع بين المدخل والمخرج (قدم).

Δt = فرق درجات الحرارة (فهرنهيت).

وقيمة التصحيح بالمعادلة (540) تختلف طبقا للنسبة بين مساحة المخرج : مساحة المدخل كالتالي:

مساحة المخرج:مساحة المدخل	قيمة التصحيح	مساحة المخرج:مساحة المدخل	قيمة التصحيح
5	745	1	540
4	740	4 : 3	455
3	720	2 : 1	340
2	680	4 : 1	185

5-6 استخدام وسائل الإظلال للفتحات الخارجية:

نظرا للتأثير الكبير لأشعة الشمس المباشرة على النوافذ في رفع درجة حرارة الفراغات الداخلية عن درجة الحرارة المريحة لمستعملي الفراغ، فيجب على المصمم أن يقوم بدراسة حركة أشعة الشمس وزوايا سقوط الشمس الرأسية والأفقية، وذلك لتحديد الساعات التي يكون فيها لأشعة الشمس تأثير كبير على النافذة، وبالتالي تصميم وسائل إظلال للنافذة تمنع دخول أشعة الشمس عبر النافذة في هذه الساعات المحددة ، كما سبق ذكره عند دراسة تأثير الإشعاع الشمسي، ويوجد العديد من وسائل الإظلال للنوافذ الخارجية، يمكن ذكر أهم هذه الوسائل كالتالي:

- **جوانب فتحة النافذة.**
- **نوع مادة الزجاج للنافذة.**
- **كاسرات الشمس.**
- **المشربيات / المخرمات.**

وبالنسبة للوسائل السابقة يمكن إيجاز دورها في إظلال النوافذ كالتالي:

5-6-1 جوانب فتحة النافذة:

إن النافذة عادة ما تكون مركبة في حائط ذو سمك 12 سم أو 25 سم وقد يكون أكبر من ذلك، وبالتالي لا يمكن إهمال ذلك السمك حيث أنه يؤدي إلى إلقاء الظلال على جزء من النافذة، وبالتالي يساعد على تقليل المساحة المعرضة للأشعة الشمسية الواصلة لسطح النافذة، ولذلك يفضل تركيب النوافذ عند السطح الداخلي للحائط للإستفادة من سمك الحائط في إلقاء الظلال على النافذة.

5-6-2 نوع مادة الزجاج للنافذة:

يتمتع الزجاج بنفاذية عالية لأشعة الشمس، وتختلف النسبة المئوية لأشعة الشمس التي تنفذ من خلال الزجاج للفراغ الداخلي طبقا للآتي:

أ- زاوية سقوط أشعة الشمس.

ب- نوع مادة زجاج النافذة وسمكه.

جـ - عدد الأسطح الزجاجية للنافذة.

فعلى سبيل المثال يوضح جدول (5-9) النسبة المئوية التي تمر عبر زجاج نافذة من نوع الزجاج الشفاف العادي طبقا لزاوية سقوط أشعة الشمس على السطح الخارجي للنافذة:

جدول (5-9)[1]: العلاقة بين زاوية سقوط الأشعة الشمسية على زجاج شفاف عادي والنسبة المئوية المارة:

زواية السقوط	النسبة المئوية المارة لأشعة الشمس	زاوية السقوط	النسبة المئوية المارة لأشعة الشمس
صفر°	% 85	^{5}80	% 5
^{5}45	% 60	الزاوية الحرجة	صفر %

وتختلف النسب السابقة طبقا لنوع مادة الزجاج، حيث تعتبر أسطح الزجاج ذات الألوان الداكنة على سبيل المثال أقل نفاذا لأشعة الشمس مقارنة بالزجاج الشفاف العادي، وكذلك تختلف النسب السابقة لنوع الزجاج الواحد، فكلما زاد سمك الزجاج كلما قلت نفاذيته لأشعة الشمس المارة من خلاله، وتنطبق بالتالي نفس الفكرة إذا تم استخدام أكثر من لوح زجاجي سواء من نوع واحد أو أكثر من نوع.

5-6-3 كاسرات الشمس:

وهي عبارة عن أسطح إما رأسية أو افقية، تركب إما بإتجاه عمودي أو إتجاه مائل على الواجهة، وتوضع إما على حواف النافذة أو في مواجهتها بحيث تقوم بإظلال النافذة من أشعة الشمس المباشرة طبقا للزاوية الأفقية والرأسية لأشعة الشمس، ويوضح شكل (5-9) بعض أمثلة المباني التي تم فيها استخدام كاسرات الشمس لمنع نفاذ أشعة الشمس للنوافذ الخارجية.

5-6-4 المشربيات / المخرمات:

[1] م/ عباس محمد عباس الزعفراني، التصميم المناخي للمنشآت المعمارية " مدخل كمي لتقييم الأداء المناخي للغلاف الخارجي للمبنى وتفاعله مع محيطه العمراني"، رسالة دكتوراه، يوليو .2000

وهي شائعة الإستخدام، وذلك ليس بغرض منع أشعة الشمس فقط، ولكن لأسباب جمالية وتحقيق خصوصية وتوزيع إضاءة طبيعية .....إلخ داخل الفراغ، وتعتمد فكرتها على فكرة تصميم كاسرات شمس صغيرة محددة وتكرارها على الواجهة أفقيا ورأسيا بأشكال جمالية مختلفة، ويوضح شكل (5-10) أمثلة لعدة مباني تم فيها استخدام وسائل إظلال على الواجهة من المشربيات والمخرمات بأشكال جمالية.

وتتميز المشربيات والمخرمات عن كاسرات الشمس في الآتي:

أ- يشمل تأثيرها على الإشعاع الشمسي المباشر والمشتت والمنعكس.

ب- تصنع من مواد خفيفة كالجبس والخشب، وتكون ذات مظهر جمالي جذاب.

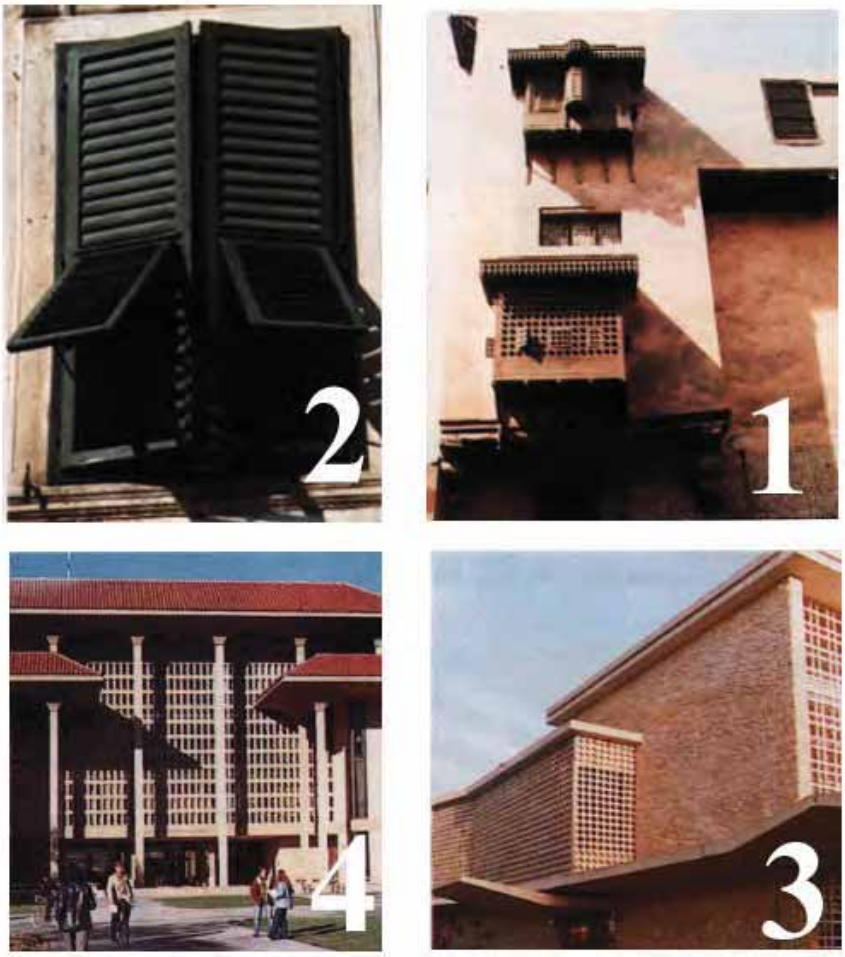
جـ- تتلائم مع الخصوصية التي يجب مراعاتها في الفراغ الداخلي لمستعملي المبنى.

د- تسمح بتوزيع الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ بصورة متدرجة من الخارج للداخل.

هـ- يمكن إضافتها بعد إستخدام المبنى، ومن الممكن أن يقوم المستعمل بذلك بدون الحاجة لتصميمها من قبل مصمم معماري، بل يكتفي بإختيار الشكل المناسب من الكتالوجات.

1- كاسرات الشمس – مبنى اداري – لندن.
2- كاسرات الشمس – مبنى اداري – هونولولو.
3- كاسرات الشمس – مبنى اداري – جزيرة برمودا.
4- كاسرات الشمس – مبنى اداري – لندن.

شكل (5-9)[1]: استخدام كاسرات الشمس بالمباني العامة



1- المشربيات الخشبية التي اشتهر بها العالم الإسلامي.
2- الضلف الخشبية التقليدية.

[1] المعماري/ صلاح زيتون، عمارة القرن العشرين "دراسة تحليلية"، 1993.

3- أعمال المخرمات الجبسية – استراحة المحافظة – الوادي الجديد.

4- أعمال الشبكات على الواجهة – جامعة بالو آلتو – كاليفورنيا.

شكل (5-10)[1]: استخدام وسائل الإظلال من المشربيات والمخرمات على الواجهة

مما سبق نجد أن تصميم الفتحات الخارجية للمباني لا يعتبر كعنصر وظيفي للرؤية أو عنصر جمالي بالواجهة فقط، بل له الدور الأساسي في تحقيق الراحة الحرارية لمستعملي الفراغ، فلذلك لابد أن يقوم المصمم بدراسة التوجيه وحساب مساحات النوافذ والعلاقة فيما بينها في الفراغ الواحد، وذلك لتحقيق أقصى استفادة من العوامل المناخية المساعدة في تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغ، ومنع أو الحد من تأثير العوامل المناخية المسببة لعدم الراحة الحرارية لمستعملي الفراغ.

الخلاصة

تعتبر الفتحات الخارجية بالمباني هي الأساس في إتصال المبنى بين الداخل والخارج عن طريق:

- الإضاءة الطبيعية للفراغات الداخلية.
- التهوية الطبيعية للفراغات الداخلية.
- اتصال الداخل بالخارج عن طريق الرؤية.

ولقد تطورت الفتحات الخارجية بالمباني مع تطور العمارة عبر العصور المختلفة، حتى أصبحت العديد من الفتحات الخارجية تمثل عبئا حراريا على المبنى نظرا لرقة سماكتها من ألواح الزجاج وخاصة للمساحات الكبيرة، كما لأن هذه الفتحات تأثيرها على اتجاه الرياح داخل الفراغ طبقا لمعدل التهوية المطلوب للفراغ طبقا للنشاط الحادث به.

وموضع الفتحات الخارجية يرتبط ارتباطا مباشرا بتحقيق التهوية داخل الفراغ والإضاءة الطبيعية المطلوبة، فالعلاقة المكانية بين النوافذ تؤثر تأثيرا مباشرا على اتجاه حركة الرياح داخل الفراغ حيث يمكن تحديدها بالعلاقة الآتية:

إذا تقابل اتجاه الرياح مع اتجاه الخط الواصل بين فتحة مدخل ومخرج الرياح فيؤدي ذلك إلى استمرار الهواء في مساره وعدم الحصول على تهوية متجانسة للفراغ الداخلي، وبالعكس فإذا كان اتجاه حركة الرياح ليس على نفس مسار الخط الواصل بين فتحة مدخل ومخرج الرياح فيؤدي ذلك إلى الحصول على تهوية متجانسة للفراغ الداخلي.

ولمنسوب الفتحات داخل الفراغ التأثير على منسوب الرياح والتي يفضل أن تكون في نفس منسوب الأنشطة الحادثة بالفراغ إذا كان مرغوبا في ذلك، وكذلك لمساحة النافذة التأثير على سرعة الهواء داخل الفراغ طبقا للعلاقة المساحية بين مدخل ومخرج الرياح بالفراغ.

[1] المرجع السابق، زيتون، 1993.

ولتأثير أشعة الشمس على الإنتقال الحراري داخل الفراغ قيمة كبيرة عبر الفتحات الخارجية بالمباني، ولذلك يجب أن يقوم المهندس المصمم بتصميم واستخدام وسائل الإظلال للفتحات الخارجية والتي من أهمها:

- جوانب فتحة النافذة.
- نوع مادة زجاج النافذة.
- كاسرات الشمس.
- المشربيات والمخرمات.

فتصميم الفتحات الخارجية بالمباني لا يعتبر كعنصر وظيفي للرؤية أو عنصر جمالي بالواجهة فقط، بل له دوره الأساسي في تحقيق المتطلبات المناخية المطلوبة لمستعملي الفراغ الداخلي من إضاءة طبيعية وتهوية وتحقيق الراحة الحرارية لمستعملي الفراغ الداخلي، والتي يجب على المهندس أن يقوم بتوفيرها للمستعمل.

6- منهج للتصميم البيئي للغلاف الخارجي للمبنى:

6-1 المقدمة:

انطلاقا من مبدأ أن تصميم الغلاف الخارجي للمبنى ذو تأثير مباشر على السلوك الحراري للمبنى، وعلى راحة المستعمل وأداؤه للأنشطة داخل الفراغ، وعلى الرغم من ذلك أهمل المصممون المعالجات والحلول المناخية التي تمكن من الوصول للراحة الحرارية لمستعملي الفراغ، أصبح من المهم على المصمم القيام بالمعالجات المناخية المطلوبة لتحقيق الراحة الحرارية داخل المبنى، ومن أحد هذه الحلول تصميم الغلاف الخارجي للمبنى ليحقق الراحة الحرارية المطلوبة داخل الفراغ.

وسيتم في هذا الباب دراسة منهج لتصميم الغلاف الخارجي لمبنى تصميما بيئيا، بحيث يحقق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ والتي لاغنى عنها داخل الفراغ.

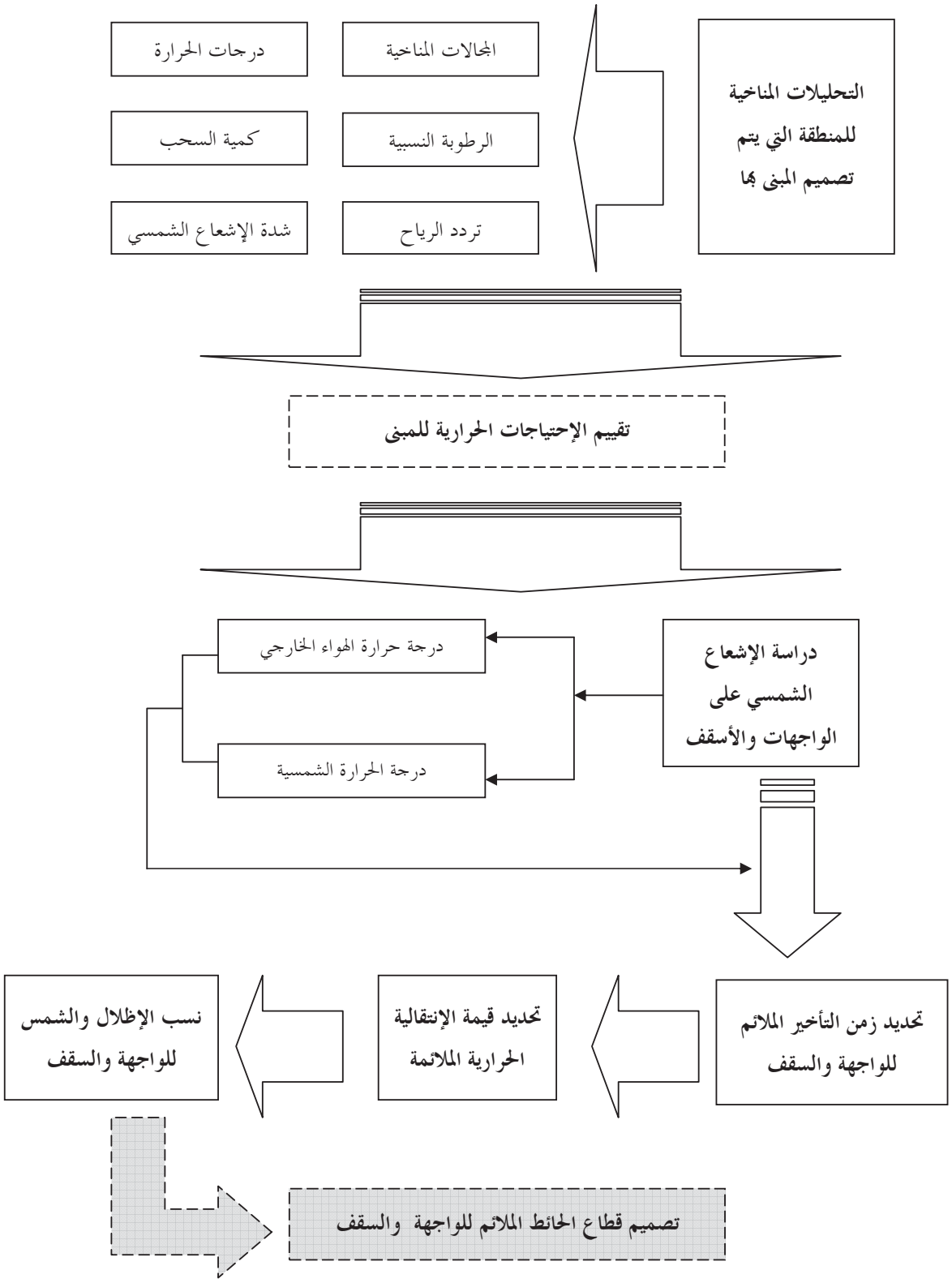
6-2 دراسة منهج التصميم البيئي للغلاف الخارجي للمبنى:

لعل من أكثر المشاكل التي تواجه التصميم المناخي عدم الدراية الكافية للمصمم بأساليب وطرق الحلول والمعالجات المناخية للمباني، وذلك يرجع لعدة أسباب من أهمها تشعب وتعدد أساليب المعالجات، وعدم دراية المصمم بكيفية التصميم المناخي وكيفية التعامل مع تلك المشكلة، ولذلك كان لابد من تبسيط أساليب التعامل مع المشاكل المناخية. كتحديد لأبعاد هذه المشكلة وتبسيط التعامل معها.

ومن أحد الحلول المناخية هي تصميم الغلاف الخارجي للمبنى طبقا للظروف المناخية المحيطة به، بحيث يحقق الراحة الحرارية المطلوبة للفراغ عن طريق التعامل مع الأحمال الحرارية الزائدة عن مجال الراحة الحرارية للمستعمل.

وتعتمد الفكرة الرئيسية لتصميم الغلاف الخارجي للمبنى بالتعامل مع الأحمال الحرارية بصورة ملائمة للمستعمل داخل الفراغ، فيكون الهدف الأساسي هو منع الأحمال الحرارية الزائدة عن مجال الراحة الحرارية والتي تسبب إحساس المستعمل بالأحمال الحرارية الزائدة عن مجال الراحة الحرارية، والإستفادة من الأحمال الحرارية الزائدة داخل الفراغ عندما تتدنى الأحمال الحرارية عن حد الراحة الحرارية للمستعمل، وغالبا ما تحدث ظاهرة تدني الراحة الحرارية داخل الفراغ ليلا.

ويعتبر ذلك من أحد الحلول المناخية للإستفادة من الأحمال الحرارية الزائدة بمنعها عند عدم الحاجة إليها (عند إرتفاع درجة الحرارة عن حد الراحة الحرارية) والإستفادة منها عند الحاجة إليها (عند تدني درجات الحرارة عن حد الراحة الحرارية)، ويمر منهج تصميم الغلاف الخارجي للمبنى بعدة مراحل متتالية، الهدف منها دراسة الظروف والعوامل المناخية المحيطة بالمبنى، وتقييم بدائل تصميم الغلاف الخارجي لاختيار أنسب البدائل طبقا لعدة عوامل من أهمها كفاءة الغلاف الخارجي، وتكلفة إنشاء الغلاف الخارجي، ومدى ملاءمته الإنشائية للمبنى، ويوضح شكل (6-1) منهج ومراحل تصميم الغلاف الخارجي للمبنى بدءا من الدراسات المناخية وحتى اختيار أنسب البدائل لتصميم الغلاف الخارجي للمبنى.


التحليلات المناخية للمنطقة التي يتم تصميم المبنى بها
المجالات المناخية
الرطوبة النسبية
تردد الرياح
درجات الحرارة
كمية السحب
شدة الإشعاع الشمسي
تقييم الإحتياجات الحرارية للمبنى
دراسة الإشعاع الشمسي على الواجهات والأسقف
درجة حرارة الهواء الخارجي
درجة الحرارة الشمسية
تحديد زمن التأخير الملائم للواجهة والسقف
تحديد قيمة الإنتقالية الحرارية الملائمة
نسب الإظلال والشمس للواجهة والسقف
تصميم قطاع الحائط الملائم للواجهة والسقف

شكل (6-1): مدخل للتصميم البيئي للغلاف الخارجي

ويعتبر ذلك منهج مبسط يمكن للمصمم إعتبارها خطوات استرشادية للوصول إلى تصميم قطاع حائط مثالي الغرض منه تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ الداخلي، وذلك بالحد من الإنتقال الحراري داخل الفراغ، حيث أنه يعتبر من أكثر العوامل المؤثرة على إحساس المستعمل بالراحة أو عدم الراحة الحرارية داخل الفراغ.

ويعرض الجزء التالي بصورة مبسطة عرض للخطوات السابقة بغرض تصميم حائط خارجي لمبنى يقع بمدينة القاهرة (خط عرض 7َ 30ْ)، حيث يكون الهدف الرئيسي من تصميم قطاع الحائط هو الحد من تأثير الأحمال الحرارية التي يتعرض لها المبنى بسبب الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء الخارجي، حيث أنها تمثل النسبة الكبرى من الأحمال الحرارية التي تتعرض لها المباني داخل مدينة القاهرة، وذلك بما يحقق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ الداخلي كأحد الأهداف الرئيسية والأساسية للتصميم المناخي كما سبق ذكره.

والمبنى محل الدراسة يعتبر من أحد المباني الإدارية داخل مدينة القاهرة، وهو ذو نسب مربعة في المسقط الأفقي بحيث تواجه أضلاعه الأربعة الأربع اتجاهات الأصلية، وقد حرص المالك والمصمم على الإهتمام بالدراسات المناخية لأنها ذات تأثير مباشر وقوي على مستعملي الفراغ الداخلي وعلى كفاءتهم في أداء أنشطة حياتهم اليومية بالفراغ سواء بالسلب أو الإيجاب، فالراحة الحرارية داخل الفراغ من أحد أهم العوامل الإيجابية لمساعدة المستعمل على أداء أنشطته بالفراغ الداخلي والتي تبلغ أهميتها من الدرجة التي لا يمكن إهمالها، إقتناعا من المالك بأن الحلول والمعالجات المناخية لها مميزات أكثر من الحلول الميكانيكية لتحقيق الراحة الحرارية بالفراغ الداخلي، قام المصمم بعمل الدراسات المناخية الخاصة بتصميم الغلاف الخارجي للمبنى، وقد ركزت الدراسة على الأحمال الحرارية على المبنى نتيجة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة الخارجية لأنهما يمثلان نسبة كبيرة من الأحمال الحرارية المؤثرة على الفراغ الداخلي للمبنى من خلاله الخارجي، ويمكن ذكر أهم خطوات المنهجية المتبعة بصورة مبسطة كالتالي:

6-2-1 التحليلات المناخية والتمثيل البياني للعناصر المناخية:

طبقا للعناصر المناخية الخاصة بالمدينة التي يقع بها المبنى، يمكن التعرف بصورة عامة عن المناخ العام لهذه المنطقة والتي تؤثر بصورة ما على المبنى، وحيث أن ارتباط الراحة الحرارية للمستعمل ترجع إلى التأثير المناخي على المبنى ومن ثم المستعمل، ولذلك كان لابد على المصمم بالتعرف على الصورة العامة للمناخ المحيط بالمبنى.

ومن أهم العناصر المناخية التي تهم المصمم ويقوم بتمثيلها بيانيا للتعرف على الصورة العامة للمناخ تتمثل في:

- المجالات المناخية طبقا ل Victor Olgay's .
- درجات الحرارة.
- الرطوبة النسبية.
- كمية السحب.
- تردد الرياح.
- شدة الإشعاع الشمسي.

وتوضح الجداول من جدول (6-1) إلى جدول (6-8)، والأشكال من شكل (6-2) إلى شكل (6- 9) المعلومات المناخية لمدينة القاهرة[1] والتمثيل البياني لها لمعرفة الصورة العامة للمناخ لمدينة القاهرة.

[1] هيئة الأرصاد الجوية، 1999م.

أولا: جدول (6–1): درجات الحرارة لمدينة القاهرة (درجة مئوية):

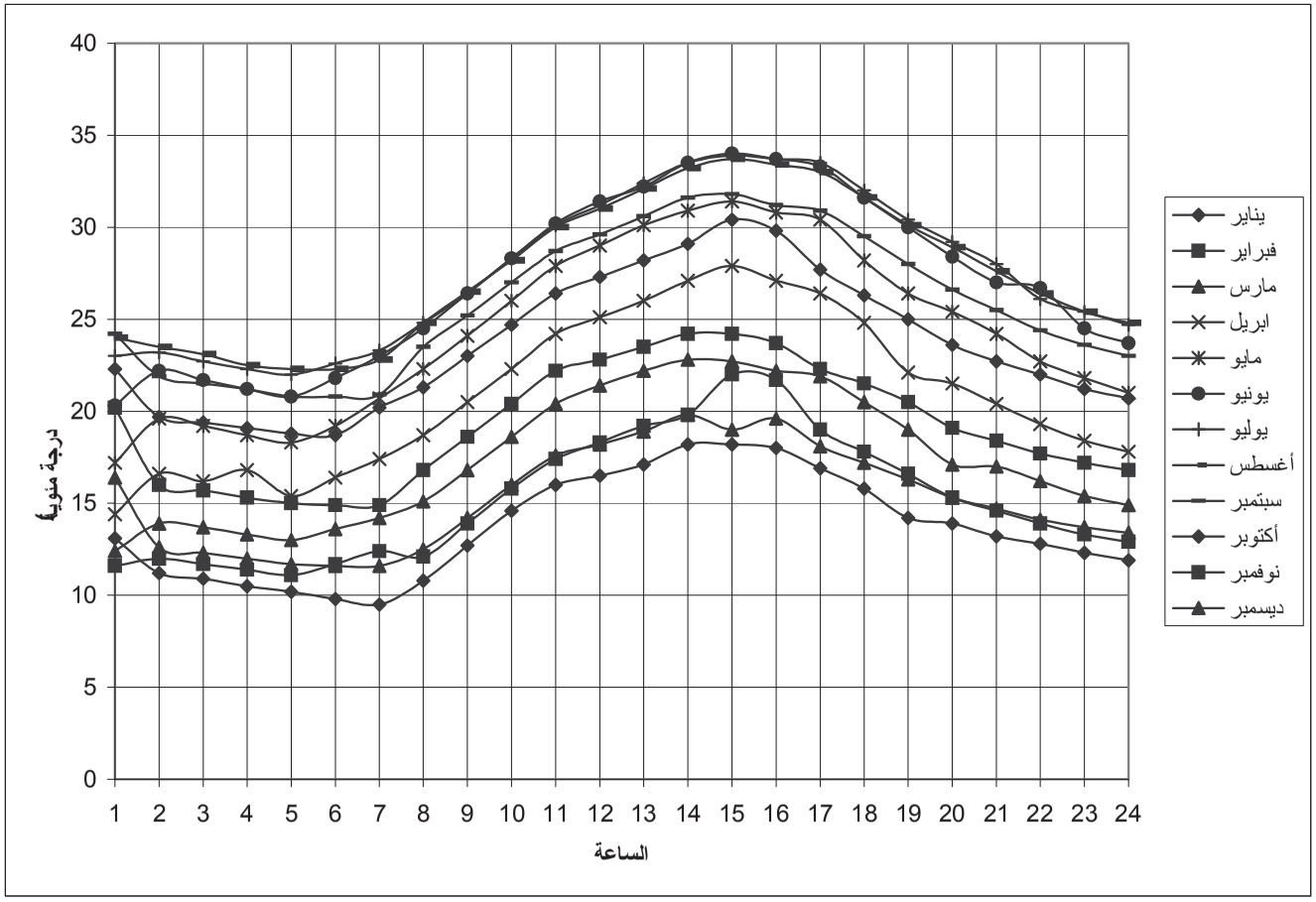
الساعة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1	13.1	11.6	12.4	14.4	17.2	20.3	23.0	24.0	24.2	22.3	20.2	16.4
2	11.2	12.0	13.9	16.6	19.6	22.2	23.2	23.5	21.9	19.7	16.0	12.6
3	10.9	11.7	13.7	16.2	19.2	21.7	22.7	23.1	21.5	19.4	15.7	12.3
4	10.5	11.4	13.3	19.8	18.7	21.2	22.3	22.5	21.2	19.1	15.3	12.0
5	10.2	11.1	13.0	15.4	18.3	20.8	22.0	22.3	20.8	18.8	15.0	11.7
6	9.8	11.7	13.6	16.4	19.2	21.8	22.6	22.3	20.8	18.7	14.9	11.6
7	9.5	12.4	14.2	17.4	20.7	23.0	23.3	22.8	20.9	20.2	14.9	11.6
8	10.8	12.1	15.1	18.7	22.3	24.5	24.8	24.8	23.5	21.3	16.8	12.5
9	12.7	13.9	16.8	20.5	24.1	26.4	26.4	26.5	25.2	23.0	18.6	14.2
10	14.6	15.8	18.6	22.3	26.0	28.3	28.3	28.2	27.0	24.7	20.4	16.0
11	16.0	17.4	20.4	24.2	27.9	30.2	30.1	30.0	28.7	26.4	22.2	17.6
12	16.5	18.3	21.4	25.1	29.0	31.4	31.2	31.0	29.6	27.3	22.8	18.2
13	17.1	19.2	22.2	26.0	30.1	32.2	32.4	32.1	30.6	28.2	23.5	18.9
14	18.2	19.8	22.8	27.1	30.9	33.5	33.5	33.2	31.6	29.1	24.2	19.8
15	18.2	22.0	22.7	27.9	31.4	34.0	33.9	33.7	31.8	30.4	24.2	19.0

تابع: درجات الحرارة لمدينة القاهرة (درجة مئوية):

الساعة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
16	18.0	21.7	22.2	27.1	30.8	33.7	33.7	33.4	31.2	29.8	23.7	19.6
17	16.9	91.0	21.9	26.4	30.4	33.3	33.5	33.0	30.9	27.7	22.3	18.1
18	15.8	17.8	20.5	24.8	28.2	31.6	32.0	31.6	29.5	26.3	21.5	17.2
19	14.2	16.6	19.0	22.1	26.4	30.0	30.4	30.1	28.0	25.0	20.5	16.3
20	13.9	15.3	17.1	21.5	25.4	28.4	29.2	28.9	26.6	23.6	19.1	15.3
21	13.2	14.6	17.0	20.4	24.2	27.0	28.0	27.6	25.5	22.7	18.4	14.7
22	12.8	13.9	16.2	19.3	22.7	26.7	26.1	26.4	24.4	22.0	17.7	14.1
23	12.3	13.3	15.4	18.4	21.8	24.5	25.4	25.4	23.6	21.2	17.2	13.7
24	11.9	12.9	14.9	17.8	21.0	23.7	24.7	24.8	23.0	20.7	16.8	13.4

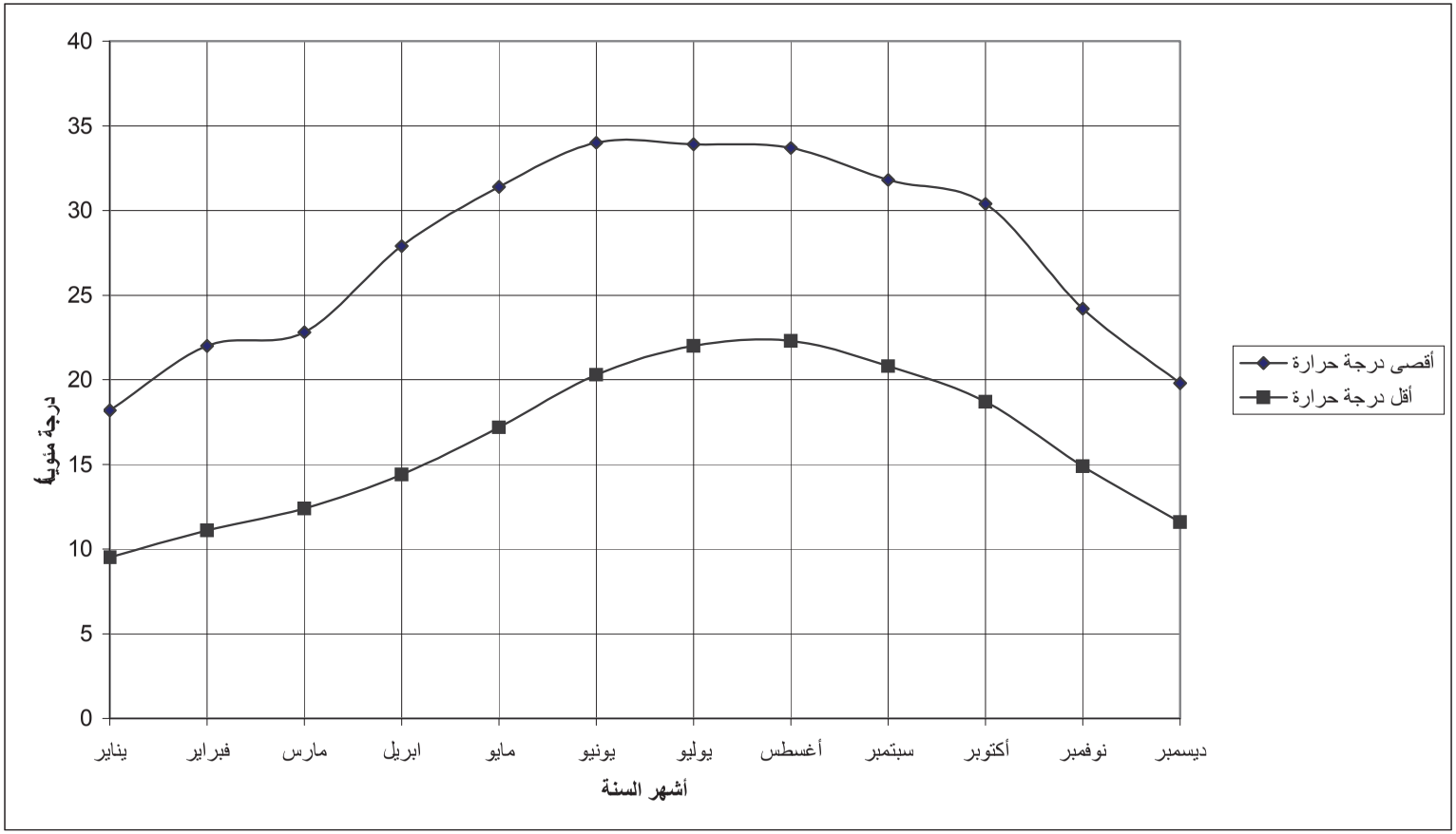
جدول (6–2): درجات الحرارة العظمى والصغرى لمدينة القاهرة (درجة مئوية):

الساعة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
العظمى	18.2	22.0	22.8	27.9	31.4	34	33.9	33.7	31.8	30.4	24.2	19.8
الصغرى	9.5	11.1	12.4	14.4	17.2	20.3	22.0	22.3	20.8	18.7	14.9	11.6



شكل (6–1)

التمثيل البياني لدرجات الحرارة لمدينة القاهرة خلال العام



شكل (6–2)

التمثيل البياني لأقصى وأقل درجات حرارة لمدينة القاهرة خلال العام

ثانيا: جدول (6–3): الرطوبة النسبية لمدينة القاهرة (%):

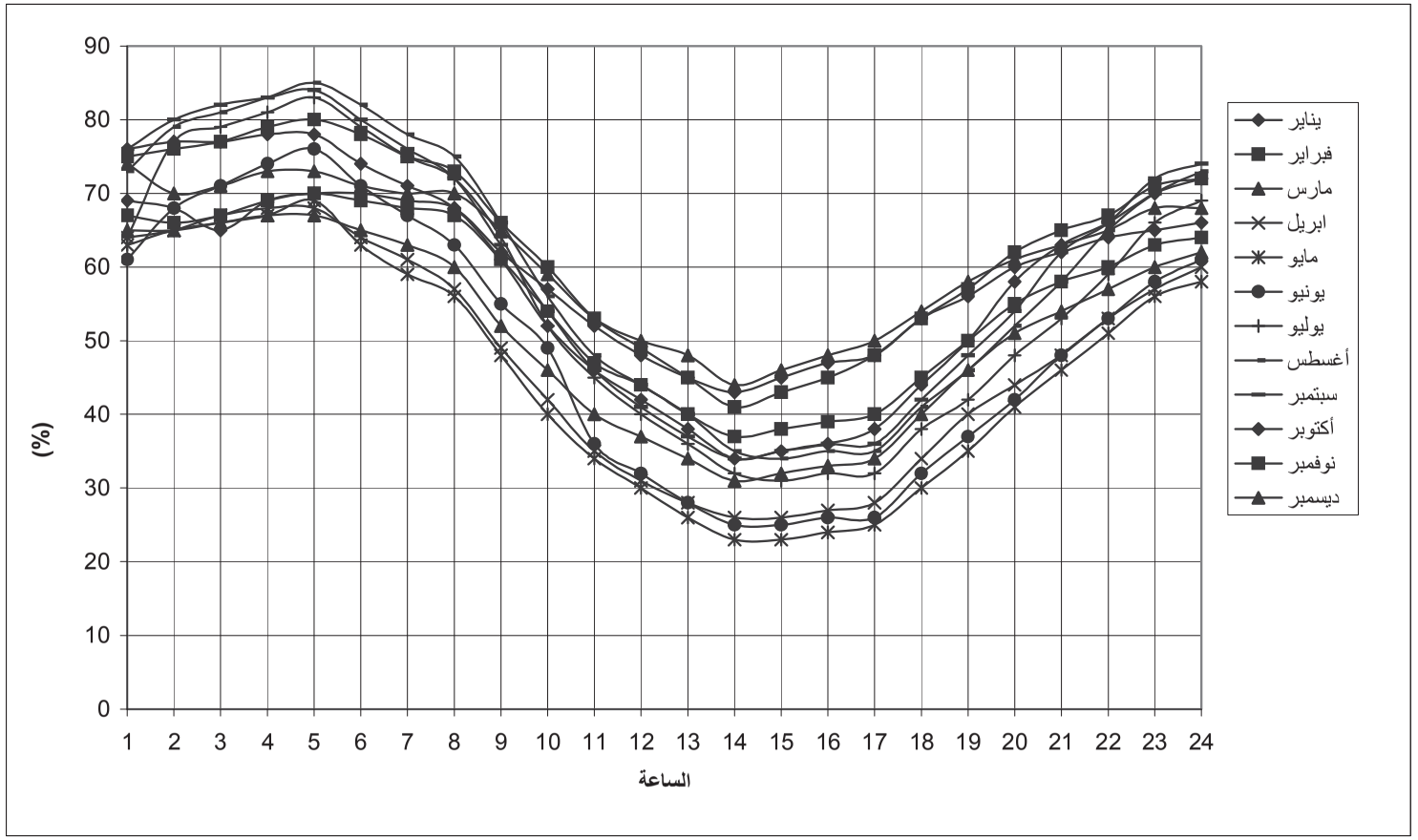
الساعة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1	69	67	65	64	63	61	64	73	76	76	75	74
2	68	66	65	65	65	68	77	79	80	77	76	70
3	65	67	66	67	66	71	79	81	82	77	77	71
4	69	69	67	68	67	74	81	83	83	78	79	73
5	70	70	67	68	69	76	83	85	84	78	80	73
6	70	69	65	64	63	71	79	82	80	74	78	71
7	69	68	63	61	59	67	75	78	76	71	75	70
8	68	67	60	57	56	63	72	75	72	68	73	70
9	62	61	52	49	48	55	64	66	63	61	66	65
10	57	54	46	42	40	49	52	56	54	52	60	59
11	52	47	40	35	34	36	45	48	46	46	53	53
12	48	44	37	31	30	32	40	44	41	42	49	50
13	45	40	34	28	26	28	36	40	37	38	45	48
14	43	37	31	26	23	25	32	35	34	34	41	44
15	45	38	32	26	23	25	31	34	35	35	43	46

تابع: الرطوبة النسبية لمدينة القاهرة (%):

الساعة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
16	47	39	33	27	24	26	32	35	36	36	45	48
17	48	40	34	28	25	26	32	35	36	38	48	50
18	53	45	40	34	30	32	38	41	42	44	53	54
19	56	50	46	40	35	37	42	46	48	50	57	58
20	60	55	51	44	41	42	48	52	54	58	62	61
21	62	58	54	48	46	48	53	58	62	63	65	63
22	64	60	57	53	51	53	59	65	66	66	67	65
23	65	63	60	57	56	58	66	70	72	70	71	68
24	66	64	62	60	58	61	69	73	74	72	72	68

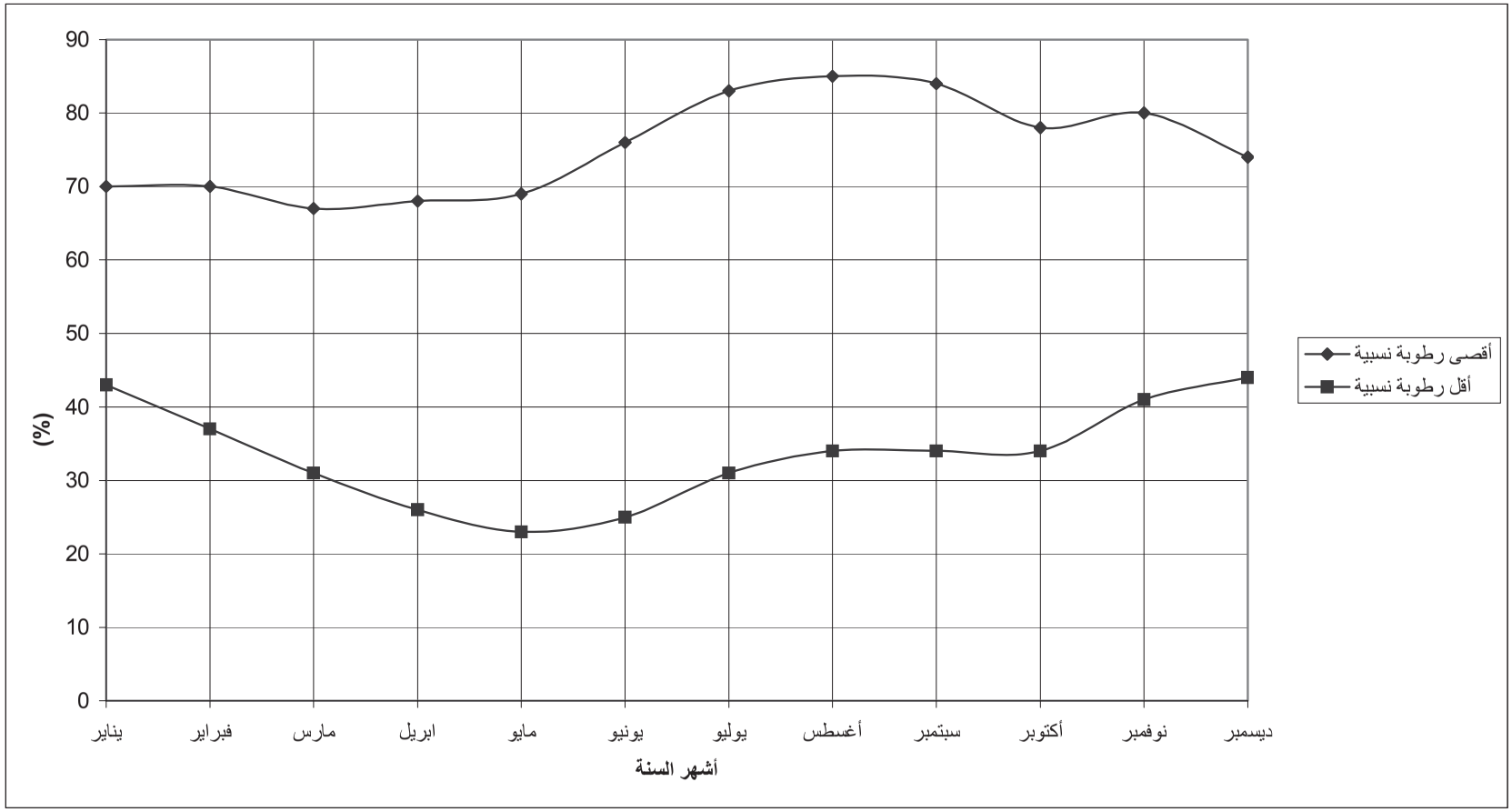
جدول (6–4): الرطوبة النسبية العظمى والصغرى لمدينة القاهرة (%):

الساعة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
العظمى	70	70	67	68	69	76	83	85	84	78	80	74
الصغرى	43	37	31	26	23	25	31	34	34	34	41	44



شكل (6–3)

التمثيل البياني للرطوبة النسبية لمدينة القاهرة خلال العام



شكل (6–4)

التمثيل البياني لأقصى وأقل رطوبة النسبية لمدينة القاهرة خلال العام

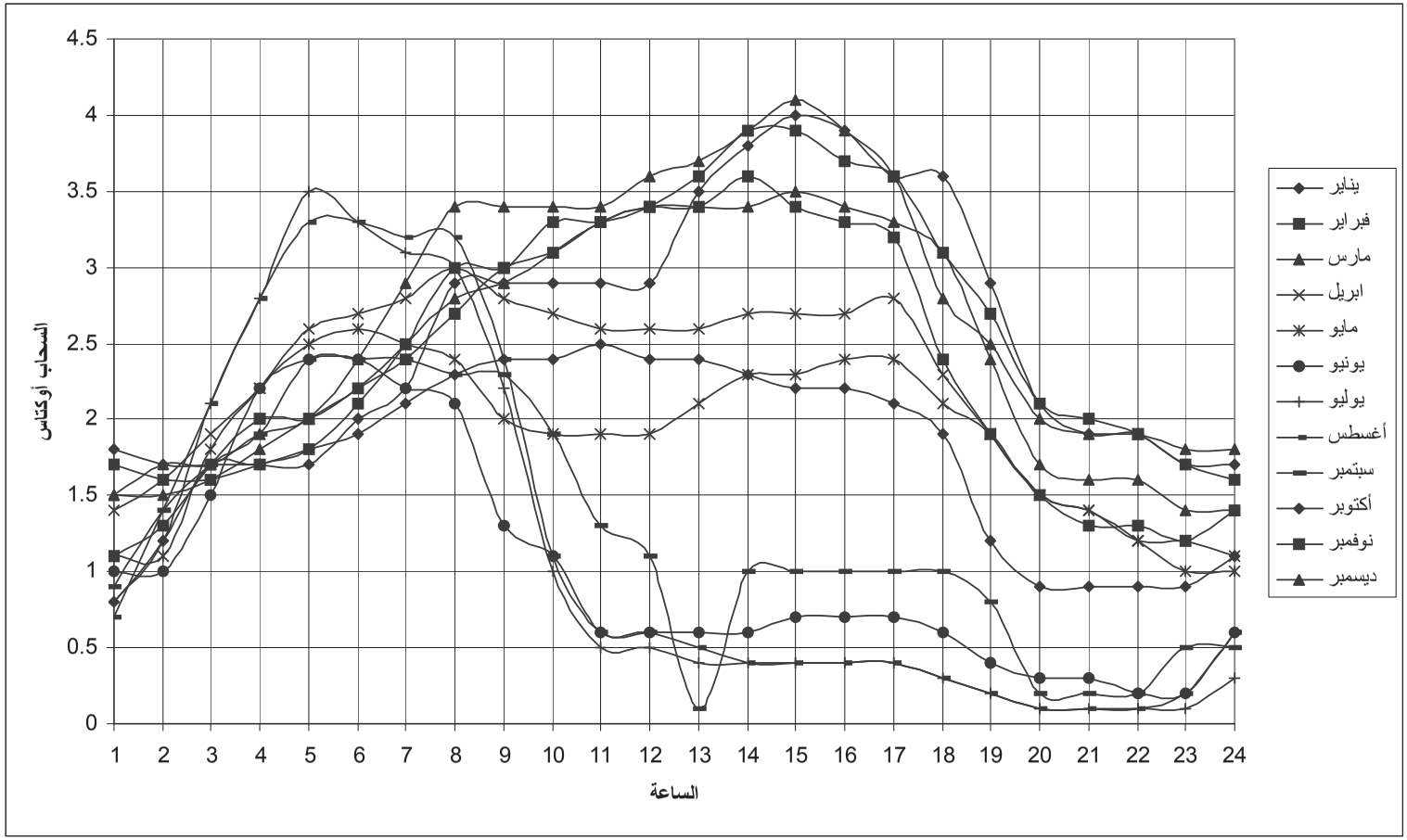
ثالثا: جدول (6–5): كمية السحاب لمدينة القاهرة (أوكتاس):

الساعة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1	1.8	1.7	1.5	1.4	1.1	1.0	0.8	0.7	0.9	0.8	1.1	1.5
2	1.7	1.6	1.5	1.6	1.1	1.0	1.2	1.4	1.4	1.2	1.3	1.7
3	1.7	1.6	1.6	1.9	1.8	1.5	2.1	2.1	1.7	1.7	1.7	1.7
4	1.7	1.7	1.8	2.2	2.2	2.2	2.8	2.8	1.9	1.7	2.0	1.9
5	1.7	1.8	2.0	2.6	2.5	2.4	3.5	3.3	2.4	1.8	2.0	2.0
6	2.0	2.1	2.2	2.7	2.6	2.4	3.3	3.3	2.4	1.9	2.2	2.4
7	2.2	2.5	2.5	2.8	2.5	2.2	3.1	3.2	2.4	2.1	2.4	2.9
8	2.9	3.0	2.8	3.0	2.4	2.1	3.0	3.2	2.3	2.3	2.7	3.4
9	2.9	3.0	2.9	2.8	2.0	1.3	2.2	2.4	2.3	2.4	3.0	3.4
10	2.9	3.3	3.1	2.7	1.9	1.1	1.0	1.1	1.9	2.4	3.1	3.4
11	2.9	3.3	3.3	2.6	1.9	0.6	0.5	0.6	1.3	2.5	3.3	3.4
12	2.9	3.4	3.4	2.6	1.9	0.6	0.5	0.6	1.1	2.4	3.4	3.6
13	3.5	3.6	3.4	2.6	2.1	0.6	0.4	0.5	0.1	2.4	3.4	3.7
14	3.8	3.9	3.4	2.7	2.3	0.6	0.4	0.4	1.0	2.3	3.6	3.9
15	4.0	3.9	3.5	2.7	2.3	0.7	0.4	0.4	1.0	2.2	3.4	4.1

تابع: كمية السحاب لمدينة القاهرة (أوكتاس):

الساعة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر

3.9	3.3	2.2	1.0	0.4	0.4	0.7	2.4	2.7	3.4	3.7	3.9	16
3.6	3.2	2.1	1.0	0.4	0.4	0.7	2.4	2.8	3.3	3.6	3.6	17
2.8	2.4	1.9	1.0	0.3	0.3	0.6	2.1	2.3	3.1	3.1	3.6	18
2.5	1.9	1.2	0.8	0.2	0.2	0.4	1.9	1.9	2.4	2.7	2.9	19
2.0	1.5	0.9	0.2	0.1	0.1	0.3	1.5	1.5	1.7	2.1	2.1	20
1.9	1.3	0.9	0.2	0.1	0.1	0.3	1.4	1.4	1.6	2.0	1.9	21
1.9	1.3	0.9	0.2	0.1	0.1	0.2	1.2	1.2	1.6	1.9	1.9	22
1.8	1.2	0.9	0.5	0.2	0.1	0.2	1.0	1.2	1.4	1.7	1.7	23
1.8	1.4	1.1	0.5	0.6	0.3	0.6	1.0	1.1	1.4	1.6	1.7	24



شكل (6–5)

التمثيل البياني لكمية السحب لمدينة القاهرة خلال العام

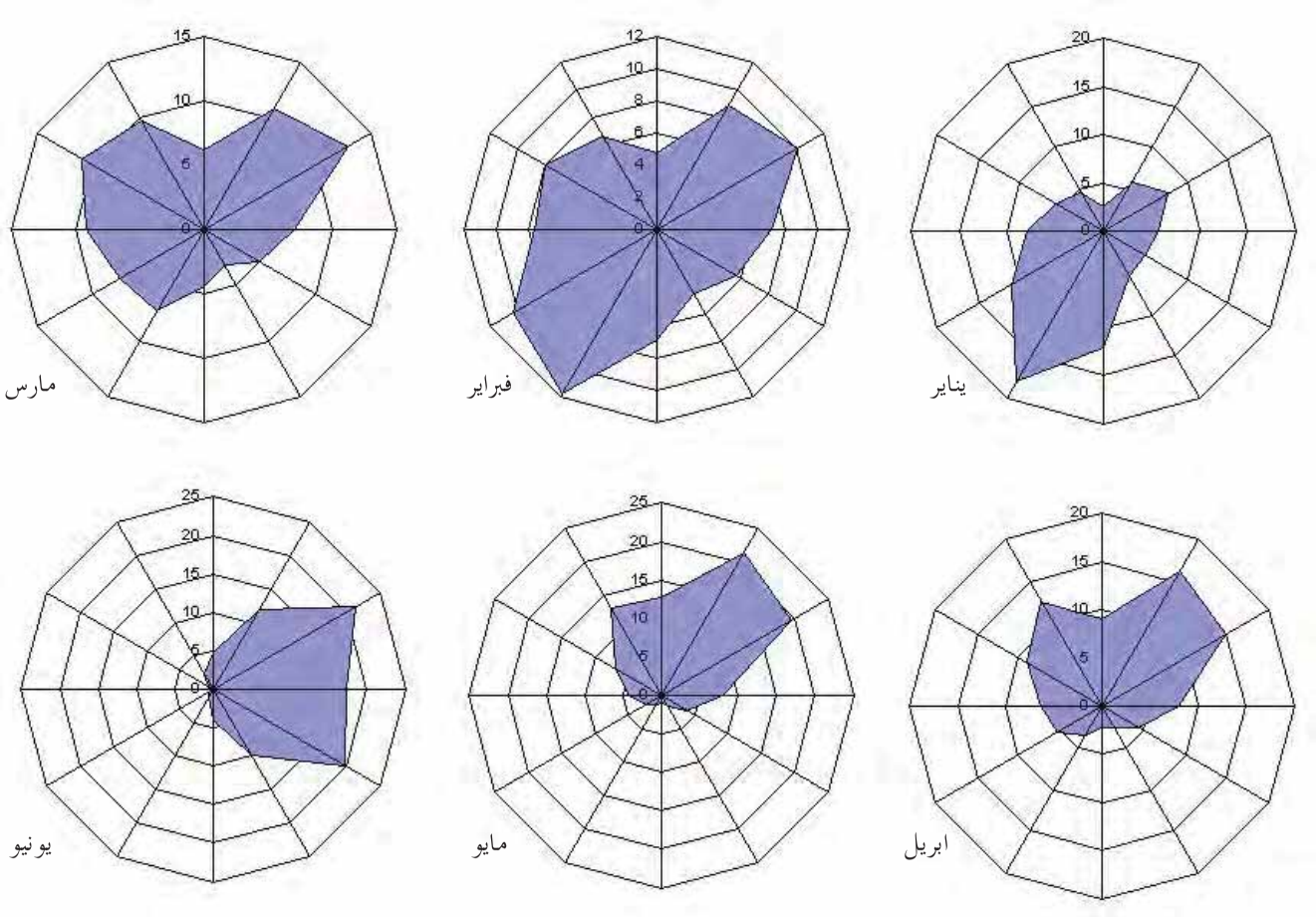
رابعا: جدول (6–6): المجالات المناخية لمدينة القاهرة طبقا ل Victor Olgay's :

الساعة	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1	ب	ب	ب	ب	ب	د	د	د	د	أ	ب	ب
2	ب	ب	ب	ب	ب	د	د	د	د	ب	ب	ب
3	ب	ب	ب	ب	ب	د	د	د	د	ب	ب	ب
4	ب	ب	ب	ب	ب	د	د	د	د	ب	ب	ب
5	ب	ب	ب	ب	ب	د	د	د	د	ب	ب	ب
6	أ	ب	ب	ب	ب	د	د	د	د	ب	ب	ب
7	أ	ب	ب	ب	د	د	د	د	د	ب	ب	ب
8	ب	ب	ب	ب	د	د	د	د	د	د	ب	ب
9	ب	ب	ب	د	د	د	د	د	د	د	ب	ب
10	ب	ب	ب	د	د	د	د	جـ	جـ	د	د	ب
11	ب	ب	د	د	د	جـ	جـ	جـ	جـ	د	د	ب
12	ب	ب	د	د	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	د	ب
13	ب	ب	د	د	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	د	ب
14	ب	ب	د	د	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	د	ب
15	ب	د	د	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	د	ب
16	ب	د	د	د	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	د	ب
17	ب	ب	د	د	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	د	ب
18	ب	ب	د	د	جـ	جـ	جـ	جـ	جـ	د	د	ب
19	ب	ب	ب	د	د	جـ	جـ	جـ	جـ	د	د	ب
20	ب	ب	ب	د	د	د	جـ	د	د	د	ب	ب
21	ب	ب	ب	د	د	د	د	د	د	د	ب	ب
22	ب	ب	ب	ب	د	د	د	د	د	د	ب	ب
23	ب	ب	ب	ب	د	د	د	د	د	د	ب	ب
24	ب	ب	ب	ب	د	د	د	د	د	د	ب	ب

المجال	الحالة المناخية	درجة الحرارة °م	الرطوبة النسبية %	النسبة المئوية للمجال %	المجال	الحالة المناخية	درجة الحرارة °م	الرطوبة النسبية %	النسبة المئوية للمجال %
أ	شديد البرودة	أقل من 10 °م	صفر – 100 %	0.7 %	د	حار رطب	20 – 25 °م	40 – 100 %	8.7 %
ب	بارد	10 – 20 °م	صفر – 100 %	39.9 %	جـ	حار جاف	20 – 30 °م	أقل من 30 %	18.4 %
ج	مريح	20.5 – 27.5 °م	25 – 75 %	32.3 %	هـ	شديد الحرارة	أكثر من 35 °م	----------	صفر %

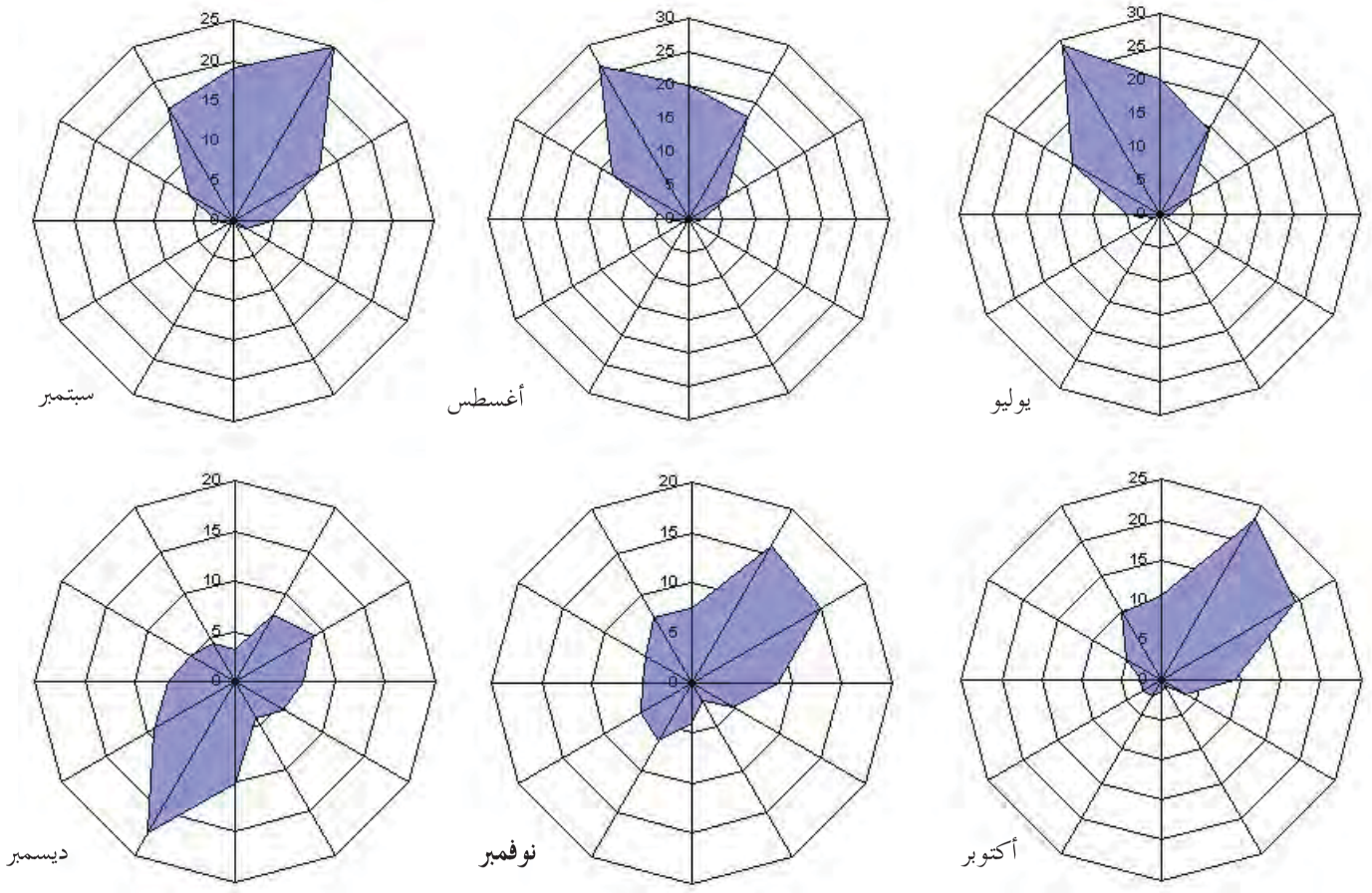
خامسا: جدول (6–7): تردد الرياح لمدينة القاهرة (%):

الإتجاه	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
14°-345	2.6	4.8	6.2	9.1	12.7	17.3	20.3	20.1	19.0	10.6	7.4	3.2
44°-15	5.9	8.9	10.8	16.2	21.2	21.3	14.6	17.5	25.0	23.3	15.7	7.6
74°-45	7.8	10.1	12.8	14.9	19.4	11.9	5.2	6.3	12.4	19.2	14.9	9.0
104°-75	5.7	7.1	7.0	7.9	7.9	4.7	1.6	2.1	4.7	9.1	8.6	6.8
134°-105	4.9	5.7	4.9	4.5	3.8	2.1	0.6	0.8	1.8	3.4	4.8	5.6
164°-135	5.4	4.6	3.2	2.6	1.5	0.8	0.2	0.1	0.5	0.9	2.1	4.2
194°-165	12.0	6.9	4.4	2.2	0.9	0.3	0.1	0.1	0.2	1.3	3.9	10.1
224°-195	17.9	11.7	7.3	3.5	1.3	0.8	0.1	0.3	0.4	2.2	6.6	17.5
254°-225	11.0	10.3	7.5	5.2	2.2	1.2	0.9	0.9	0.6	2.8	5.8	9.4
284°-255	8.0	7.6	9.2	6.3	4.2	3.9	5.1	3.6	2.2	2.6	4.9	6.7
314°-285	5.7	8.0	10.9	9.1	7.0	10.0	14.9	13.2	6.4	5.0	5.3	5.0
344°-315	4.6	6.8	9.8	12.6	13.0	19.6	29.0	26.4	16.1	9.7	7.4	4.4
متوسط سرعة الرياح (م/ث)	3.3	3.6	3.9	3.9	3.9	3.6	2.5	2.5	2.8	3.0	3.0	3.0



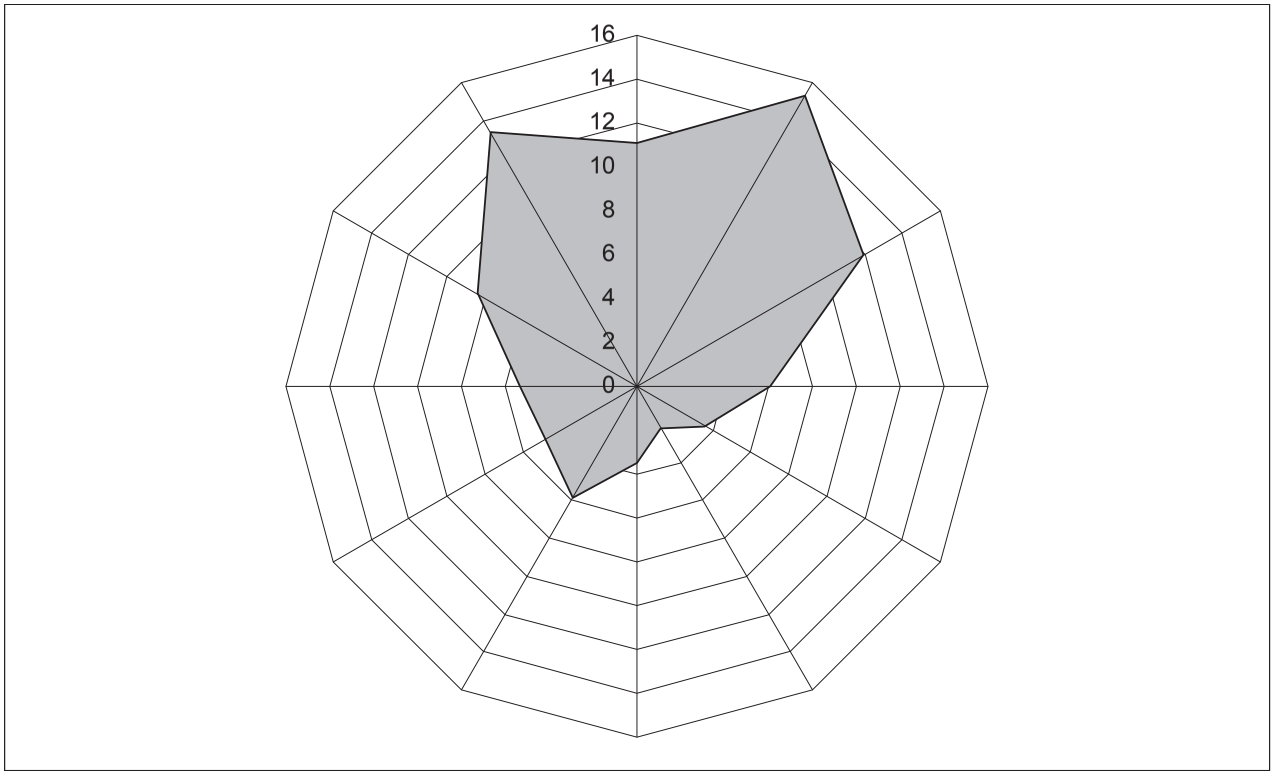
شكل (6-7)

وردات الرياح لمدينة القاهرة خلال أشهر السنة



تابع شكل (6-7)

وردات الرياح لمدينة القاهرة خلال أشهر السنة

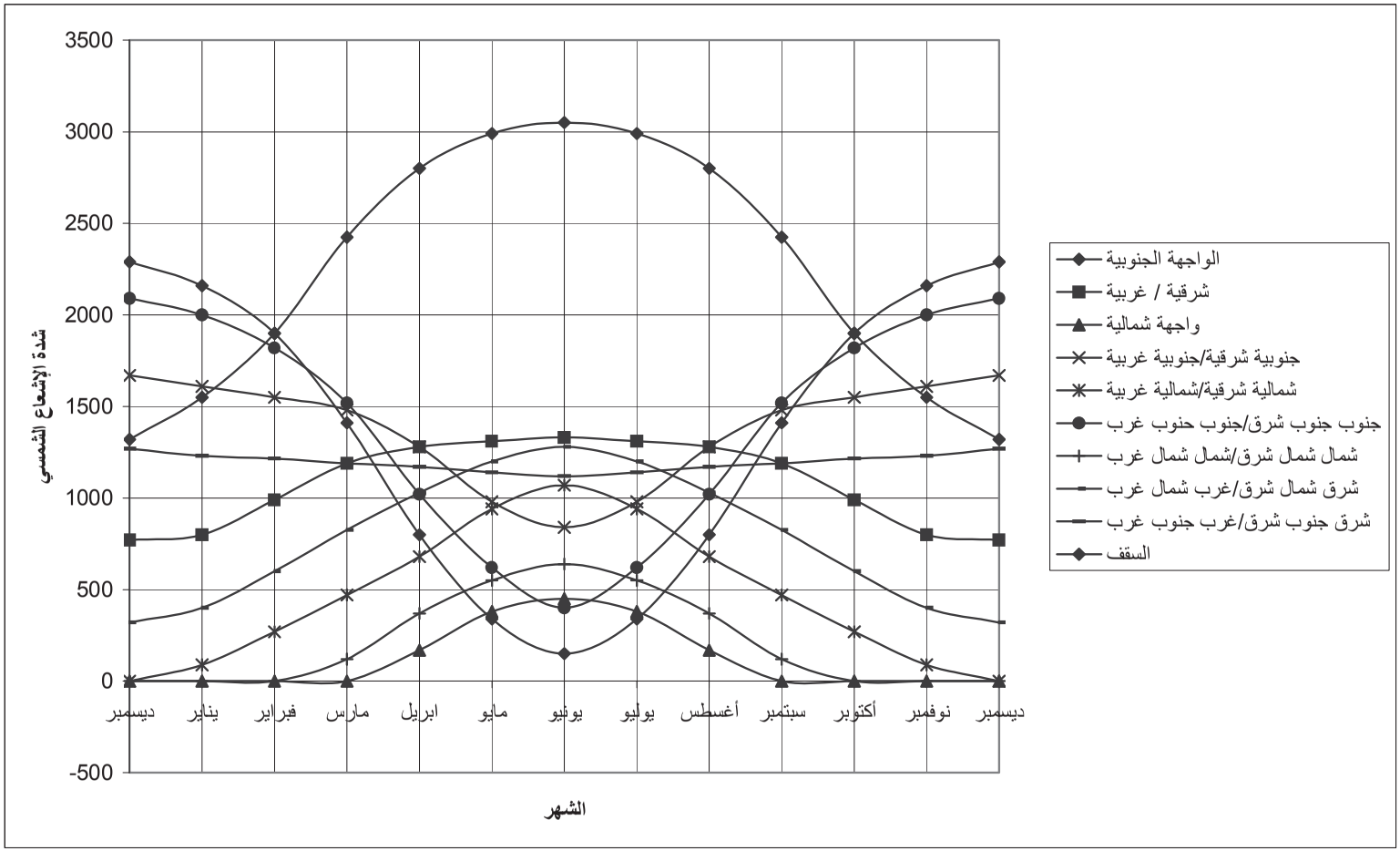


شكل (6–8)

وردات الرياح لمدينة القاهرة

خامسا: جدول (6–8): شدة الإشعاع الشمسي لمدينة القاهرة (وحدة بريطانية):

الواجهة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
شمالية	صفر	صفر	صفر	170	380	450	380	170	صفر	صفر	صفر	صفر
جنوبية	2160	1900	1410	800	340	150	340	800	1410	1900	2160	2290
شرقية/غربية	800	990	1190	1280	1310	1330	1310	1280	1190	990	800	770
شمالية شرقية / شمالية غربية	90	270	470	680	940	1070	940	680	470	270	90	صفر
جنوبية شرقية / جنوبية غربية	1610	1550	1480	1280	980	840	980	1280	1480	1550	1610	1670
ش ش ق/ش ش غ	صفر	صفر	120	370	550	640	550	370	120	صفر	صفر	صفر
ج ج ش/ج ج غ	2000	1820	1520	1020	620	400	620	1020	1520	1820	2000	2090
ق ش ق/غ ش غ	400	600	825	1030	1200	1280	1200	1030	825	600	400	320
ق ج ق/غ ج غ	1230	1215	1190	1170	1140	1120	1140	1170	1190	1215	1230	1270
السقف	1550	1900	2425	2800	2990	3050	2990	2800	2425	1900	1550	1320


3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
-500
شدة الإشعاع الشمسي
ديسمبر
يناير
فبراير
مارس
ابريل
مايو
يونيو
يوليو
أغسطس
سبتمبر
أكتوبر
نوفمبر
ديسمبر
الشهر
الواجهة الجنوبية
شرقية / غربية
واجهة شمالية
جنوبية شرقية/جنوبية غربية
شمالية شرقية/شمالية غربية
جنوب جنوب شرق/جنوب حنوب غرب
شمال شمال شرق/شمال شمال غرب
شرق شمال شرق/غرب شمال غرب
شرق جنوب شرق/غرب جنوب غرب
السقف

شكل (6-9)

شدة الإشعاع الشمسي لمدينة القاهرة

6-2-2 الدراسة المناخية للواجهات:

تتعرض واجهات المبنى للإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة المختلفة طوال اليوم، وتعتبر درجة الحرارة الخارجية To متماثلة على كافة واجهات المبنى المختلفة أيا كان التوجيه وأيا كانت المواد الإنشائية المكونة لهذا الحائط.

وتختلف شدة الإشعاع الشمسي الخاصة بكل واجهة من واجهات المبنى،وذلك طبقا لقيم زوايا أشعة الشمس الأفقية والرأسية والوقت المعرضة فيه الواجهة لأشعة الشمس، ولذلك فيؤخذ في الإعتبار درجة الحرارة الشمسية Ts والتي تتوقف أيضا على درجة امتصاص السطح الخارجي للحائط، ومعامل توصيل السطح الخارجي للحائط، ويمكن الحصول على درجة الحرارة الشمسية من العلاقة:

$$Ts = To + I * a / Fo$$

حيث أن: Ts = درجة الحرارة الشمسية (ْم).

To = درجة الحرارة الخارجية (ْم).

I = كثافة الإشعاع الشمسي على الواجهة (وات/م2).

a = درجة امتصاص السطح طبقا لمادة الحائط.

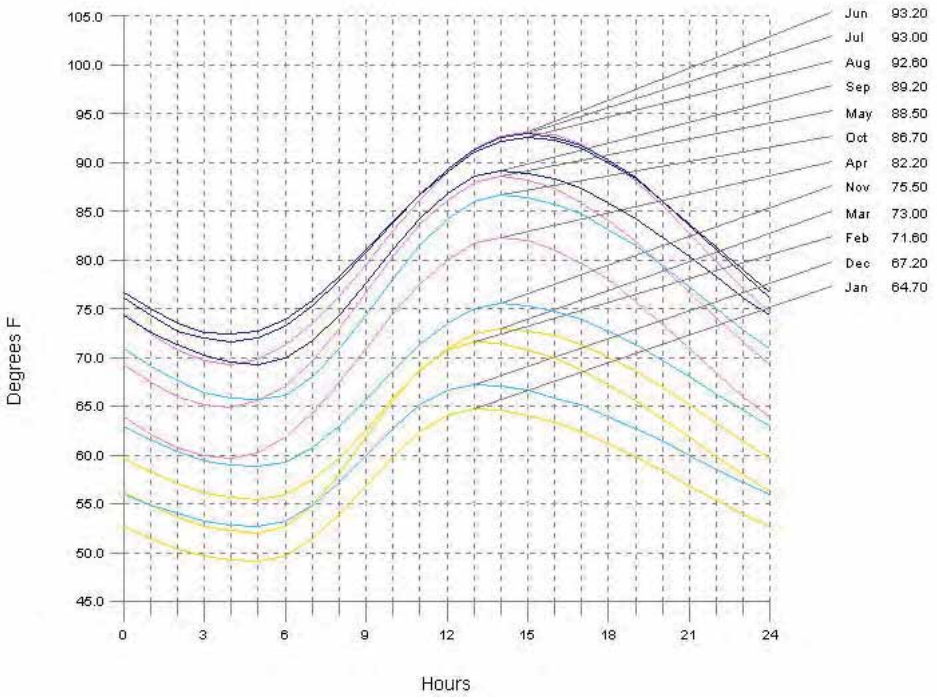
Fo = معامل توصيل السطح الخارجي للحائط (وات/م2).

وبالتالي فلكل واجهة من واجهات المبنى لها درجة حرارة شمسية لكل ساعة من الساعات المعرضة لها للأشعة الشمسية طبقا لشدة الأشعة الشمسية في هذه الساعة، بالإضافة إلى وجود درجة الحرارة الخارجية طبقا للبيانات المناخية الخاصة بالمدينة.

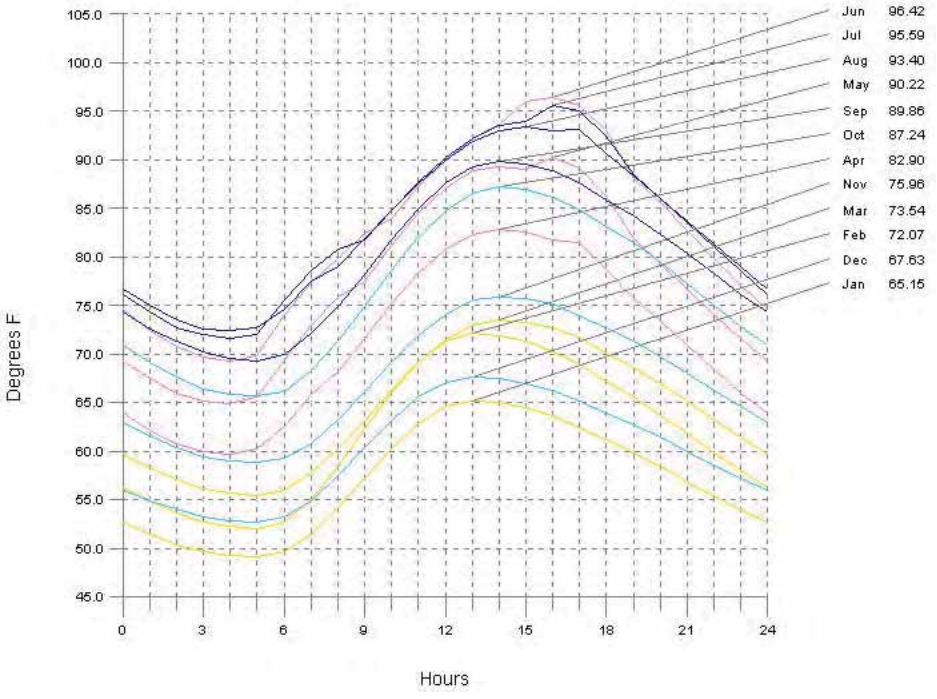
ويتم التمثيل البياني لدرجة الحرارة الخارجية ودرجة الحرارة الشمسية لكل واجهة من واجهات المبنى طبقا لكل شهر من أشهر السنة، وعلى سبيل المثال لتوضيح التمثيل البياني لحوائط مبنى بياناته كالتالي:

- اتجاهات المبنى طبقا للاتجاهات الأصلية الأربعة (شمال – شرق – جنوب – غرب).
- موقع المبنى بمدينة القاهرة (خط عرض 7 َ 30 ْ).
- حوائط المبنى باللون الأبيض (معامل الإمتصاص للسطح الخارجي 0.2).
- مادة الأرض المحيطة بالمبنى من الخرسانة العادية (معامل الإنعكاس 0.3).

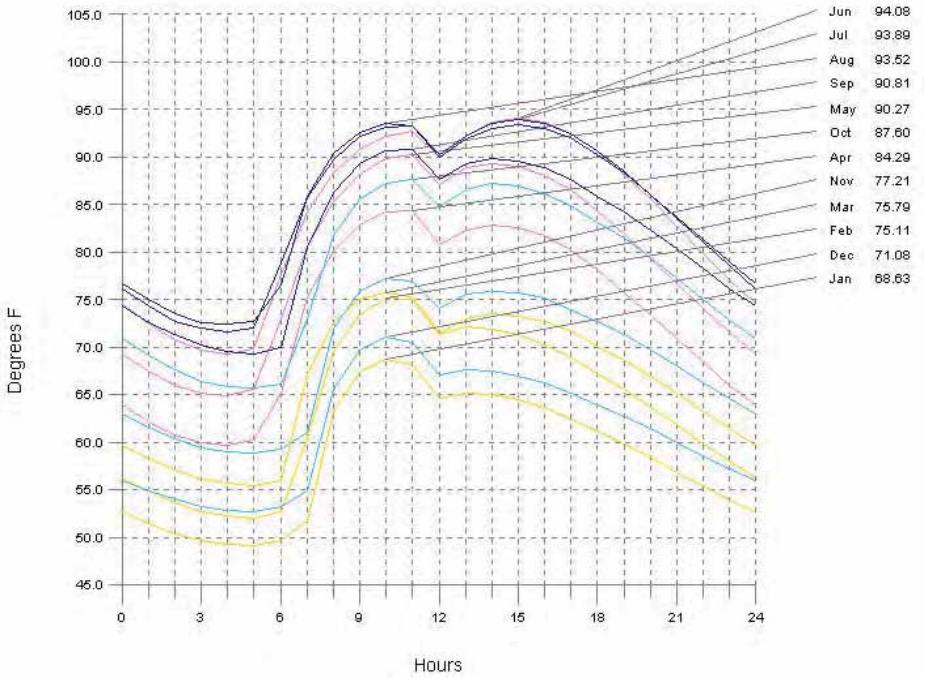
ويوضح شكل (6-10) التمثيل البياني لدرجة الحرارة الخارجية طوال العام المعرضة لها واجهات المبنى، كما يوضح شكل (6-11) التمثيل البياني لدرجة الحرارة الشمسية لكل واجهة من واجهات المبنى طوال اليوم، والخاصة بكل شهر من أشهر العام، حيث يتضح من التمثيل البياني اختلاف درجة الحرارة الشمسية طبقا لكل واجهة، واختلافها عن درجة الحرارة الخارجية، حيث تختلف القيم العظمى لدرجة الحرارة الشمسية عن درجة الحرارة الخارجية طبقا لكل واجهة، حيث يتضح على سبيل المثال أن الواجهة الجنوبية من أكثر الواجهات تعرضا للأشعة الشمسية أغلب ساعات اليوم.



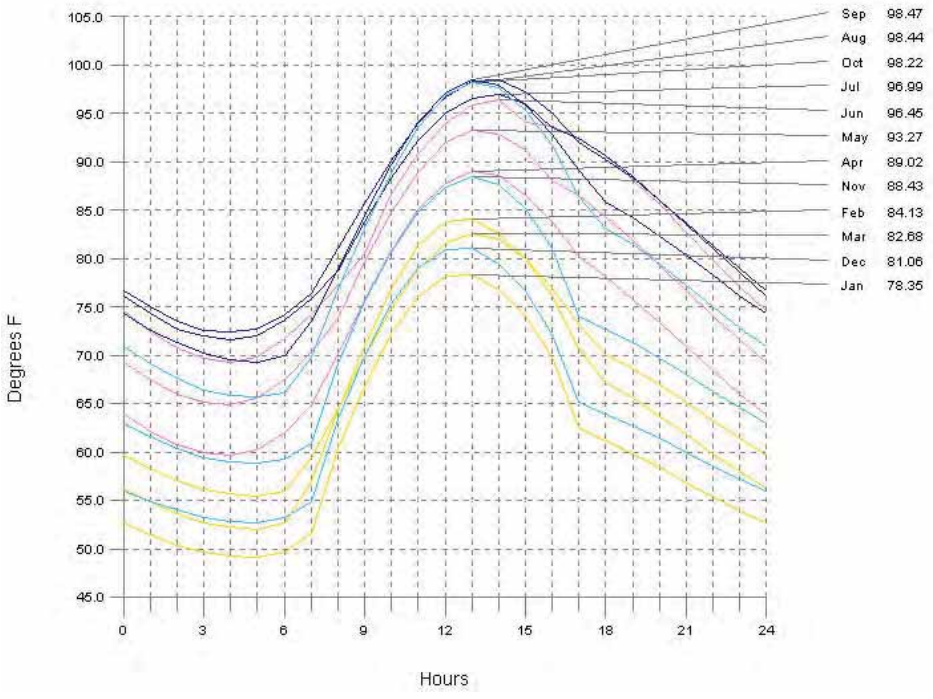
شكل (6–10): درجة الحرارة الخارجية طوال العام لمدينة القاهرة



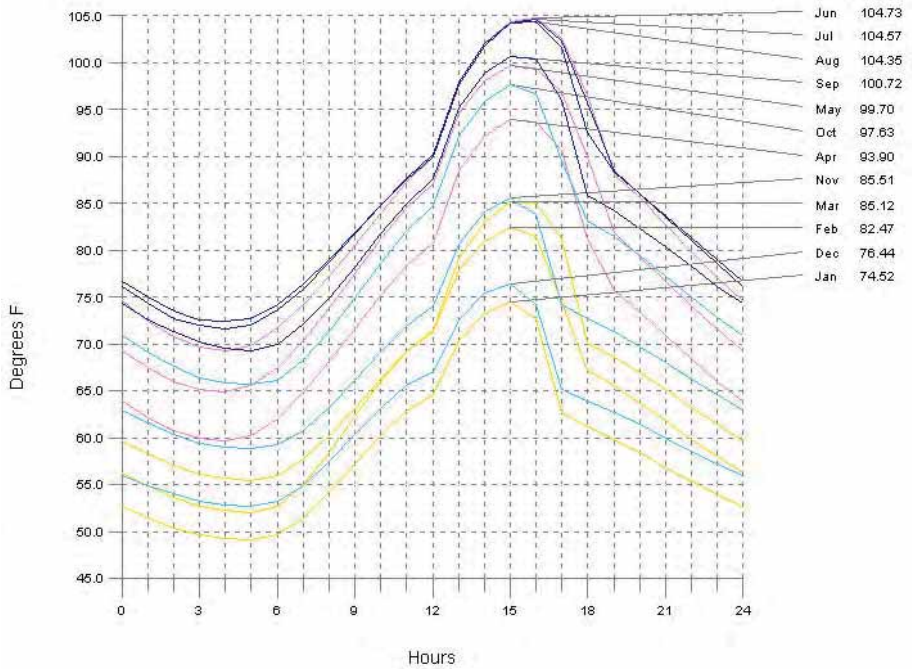
شكل (6–11–أ): درجة الحرارة الشمسية طوال العام للواجهة الشمالية – مدينة القاهرة



شكل (6–11–ب): درجة الحرارة الشمسية طوال العام للواجهة الشرقية – مدينة القاهرة



شكل (6–11–جـ): درجة الحرارة الشمسية طوال العام للواجهة الجنوبية – مدينة القاهرة



شكل (6–11–د): درجة الحرارة الشمسية طوال العام للواجهة الغربية – مدينة القاهرة

6–2–3 تحديد زمن الإزاحة الحرارية الملائمة (التخلف الزمني) لكل واجهة Time Lag:

تعريف التخلف الزمني (ساعة)[1]:

هو الفرق الزمني للنهايات العظمى لكل من المؤثرات الخارجية والاستجابة الحرارية الداخلية، شكل (6–12)، ويمكن حساب التخلف الزمني للمنشأ من المعادلة التالية بمعرفة ثابت الزمن الحراري:

$$\varnothing = ½ (24\ tc/\pi)$$

وكذلك يمكن حساب التخلف الزمني بالنسبة للحوائط المركبة السميكة (الأكبر من 25 سم) بالمعادلة التقريبية التالية:

$$\varnothing = 1.18 + (2\Pi/24) * tc$$

حيث أن: $\varnothing$ = قيمة زمن التأخير (ساعة).

tc = ثابت الزمن الحراري (ساعة).

تعريف ثابت الزمن الحراري (ساعة)[1]:

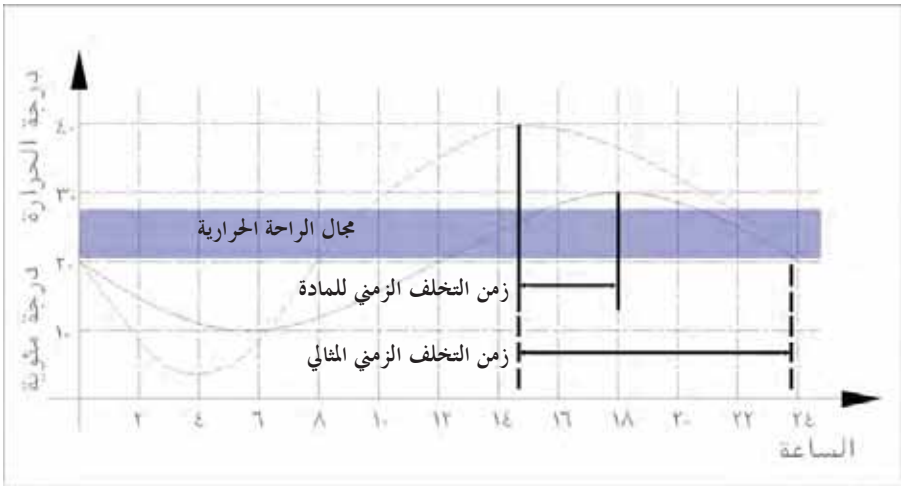
هو الزمن اللازم لانشار الحرارة في الحوائط أو الأسقف المركبة من عدة طبقات عددها n ويمكن حسابها من العلاقة التالية:

$$tc = Rso\ \Sigma\ (PCpL) + \Sigma\ (L/K)\ \Sigma\ (PCpL) – 0.5\ \Sigma\ (L/K)\ (PCpL)$$

[1] اللجنة الدائمة لإعداد المواصفات المصرية العامة لبنود الأعمال، مواصفات بنود أعمال العزل الحراري، الطبعة الثانية،2001.

وفي حالة أن الحائط أو السقف مفرد (n=1) تصبح المعادلة كالتالي:

$$tc = PCpL (Rso + 0.5 R1)$$



شكل (6-12): زمن التخلف الزمني للأسطح الخارجية والداخلية

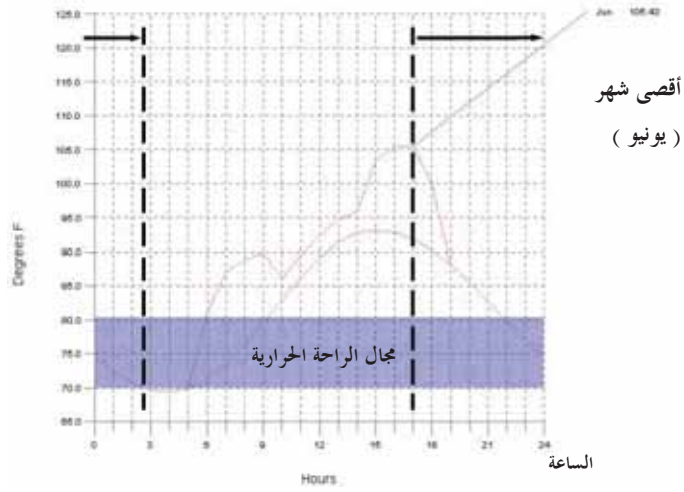
وثابت الزمن الحراري خاصية لمكونات الحوائط المركبة ووحدته الزمن ويؤثر على العلاقة بين المدى الحراري لدرجات الحرارة الخارجية والداخلية، ويختلف زمن التأخير لكل قطاع حائط طبقا للمواد المكونة للحائط، وعلى سبيل المثال يوضح جدول (6-9) قيم زمن التأخير لعدة قطاعات مختلفة من الحائط:

جدول (6-9): قيم زمن التأخير المختلفة لعدة قطاعات مختلفة من الحائط:

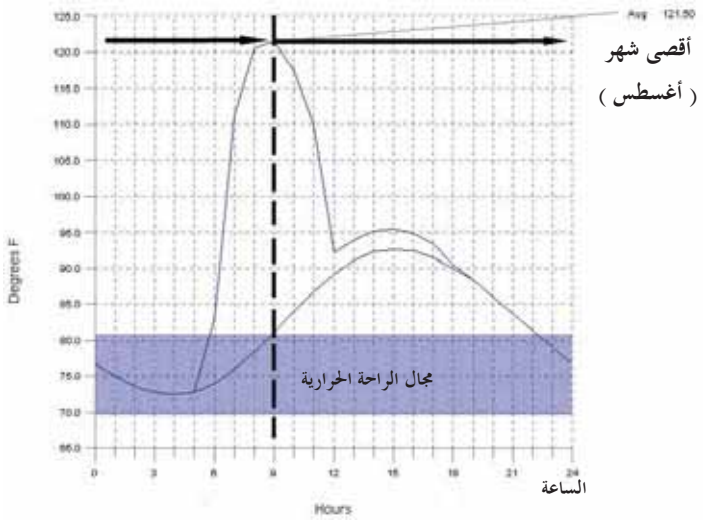
م	قطاع الحائط من الداخل للخارج	قيمة زمن التخلف (ساعة)
1	طوب أسمنتي مفرغ سمك 20سم + بوليسترين مبثوق سمك 5 سم + حجر رملي سمك 12سم	13.62
2	طوب أسمنتي مفرغ سمك 20سم + بوليسترين مبثوق سمك 5 سم + طوب أسمنتي مفرغ سمك 10سم + بياض أسمنتي سمك 3سم	23.3
3	طوب أسمنتي مفرغ سمك 10سم + فراغ هواء سمك 5 سم + طوب أسمنتي مفرغ سمك 10سم	9.87
4	حائط حامل من الحجر الرملي سمك 40سم	18.65

ولكل واجهة من واجهات المبنى قيمة زمن تخلف ملائم للواجهة، ولحساب قيمة زمن التخلف المثالي للواجهة يتم التمثيل البياني لدرجة الحرارة الخارجية ودرجة الحرارة الشمسية للواجهة طوال اليوم لأقصى شهر به أكبر درجة حرارة، وكذلك تحديد مجال الراحة الحرارية (21°م – 27°م) أو ما يكافئ (69.8° – 80.6° فهرنهيت).

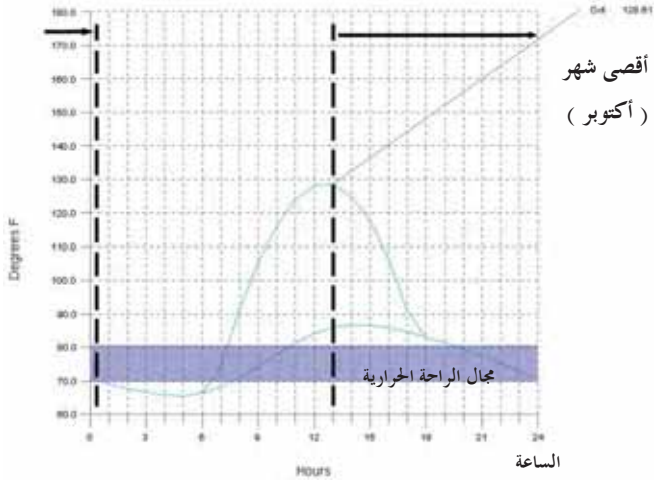
ويكون زمن التخلف المثالي للواجهة هو الفارق الزمني بين أقصى درجة حرارة شمسية والزمن الذي تقل فيه درجة الحرارة عن مجال الراحة الحرارية، ويوضح شكل (6-13) زمن التخلف الملائم لكل واجهة من الجهات الأصلية لمدينة القاهرة طبقا لأقصى شهر تتعرض له الواجهة للإشعاع الشمسي.



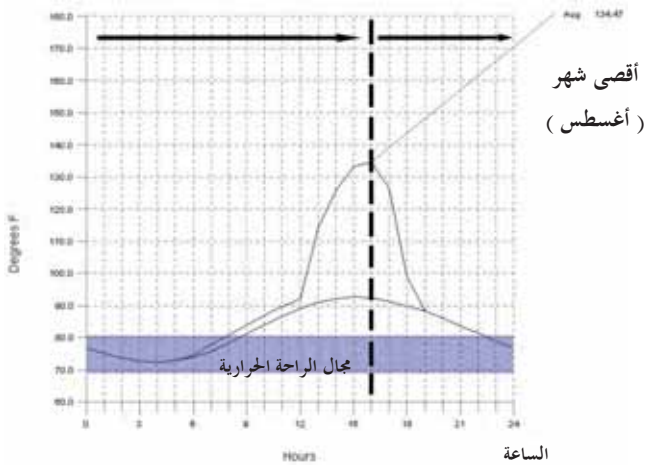
شكل (6–13–أ): زمن التخلف المثالي للواجهة الشمالية (9.5 ساعة)– مدينة القاهرة



شكل (6–13–ب): زمن التأخير التخلف للواجهة الشرقية (24 ساعة) – مدينة القاهرة



شكل (6–13–جـ): زمن التخلف المثالي للواجهة الجنوبية (11.5 ساعة) – مدينة القاهرة



تابع شكل (6–13–د): زمن التخلف المثالي للواجهة الغربية (24 ساعة) – مدينة القاهرة

6–2–4 تحديد قيمة الإنتقالية الحرارية الملائمة للواجهة:

كما سبق ذكره أن لكل زمن تخلف لأي واجهة من واجهات المبنى لها قيمة إنتقالية حرارية تحقق زمن التخلف المثالي لهذه الواجهة، محققا الراحة الحرارية المطلوبة للفراغ الداخلي، فعلى سبيل المثال لمدينة القاهرة ومن التحليلات السابقة يمكن التوصل إلى قيم الإنتقالية الحرارية الملائمة لكل واجهة من واجهات المبنى كما يوضحها جدول (6- 10)، بحيث يمكن تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة للفراغ الداخلي بتصميم قطاع للحائط الخارجي يحقق قيم الإنتقالية الحرارية الملائمة لكل واجهة من واجهات المبنى.

جدول (6–10): قيم زمن التأخير والإنتقالية الحرارية الملائمة لواجهات المبنى لمدينة القاهرة:

م	الواجهة	قيمة زمن التخلف المثالية (ساعة)	قيمة الإنتقالية الحرارية الملائمة (وات/م2 . °م)
1	الشمالية	9.5	0.562
2	الشرقية	24	0.248
3	الجنوبية	11.5	0.424
4	الغربية	24	0.248

وكما سبق ذكره فإن العلاقة الخاصة بالانتقال الحراري للمبنى تحكمه العلاقة الآتية:

$$Q = A * U * \Delta T$$

حيث أن: Q = الانتقال الحراري داخل المبنى (وات).

A = مساحة السطح المعرض (م2).

U = معامل الانتقال الحراري (وات/م2 . °م).

ΔT = فرق درجات الحرارة بين الداخل والخارج (°م).

وبدراسة العلاقة السابقة نجد أن المصمم له امكانية التحكم في عاملين أساسيين للتحكم في انتقال الحرارة داخل المبنى، وهما مساحة السطح المعرض، ومعامل الانتقال الحراري.

وبالنسبة لمرونة التحكم في مساحة السطح المعرض، فهو غير قابل للتعديل بصورة كبيرة، حيث أنه لزاما على المصمم تحقيق مسطحات ومساحات بمقياس انساني عند التصميم، ولذلك لكي يتمكن المصمم في التحكم في انتقال الحرارة داخل الفراغ يجب عليه التحكم في معامل الانتقال الحراري للغلاف الخارجي للمبنى.

وكما سبق ذكره فإن قيمة الانتقالية الحرارية يمكن حسابها من العلاقة الآتية: $U = 1/R$

حيث أن: U = معامل الانتقال الحراري (وات/م2 . °م).

R = مقاومة الغلاف الخارجي (م2 . °م / وات).

ويتم حساب R من العلاقة الآتية: $R = \Sigma L/K$

حيث أن: R = المقاومة الكلية للغلاف الخارجي (م2 . °م / وات).

L = تخانة المادة (م).

K = الموصلية الحرارية للمادة (وات / م . °م).

ويختلف معامل الانتقال الحراري للحائط أو السقف طبقا لمكونات الحائط، فعلى سبيل المثال بفرض عدة قطاعات للحائط وحساب معامل الانتقال الحراري لها كالتالي:

- قطاع (1): طبقة الهواء الداخلي + طوب أسمنتي مفرغ 20سم + بوليسترين مبثوق 5سم + حجر رملي 12سم + طبقة الهواء الخارجي.

$R = 0.123 + 0.2/1.6 + 0.05/0.03 + 0.12/0.97 + 0.055$
$R = 0.123 + 0.125 + 1.67 + 0.123 + 0.055$
$R = 2.09$ m2. k / w
$U = 0.477$ w/m2. k

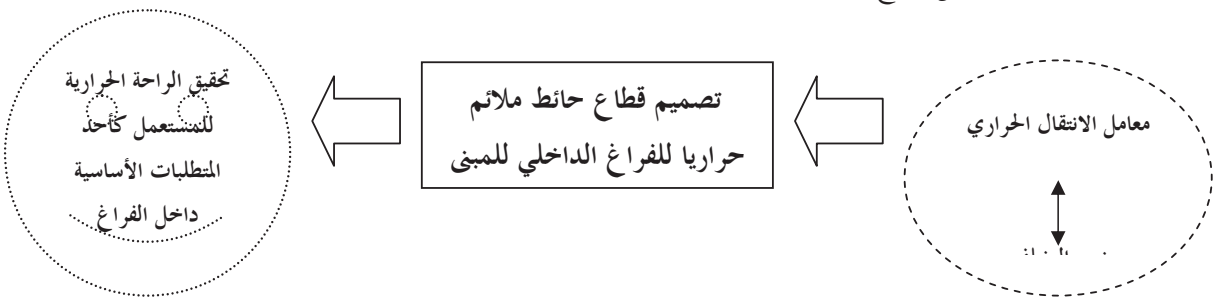
- قطاع (2): طبقة الهواء الداخلي + طوب أسمنتي مفرغ 20سم + بوليسترين مبثوق 5سم + طوب أسمنتي مفرغ 10سم + بياض أسمنتي + طبقة الهواء الخارجي.

$R = 0.123 + 0.2/1.6 + 0.05/0.03 + 0.1/1.6 + 0.03/0.95 + 0.055$
$R = 0.123 + 0.125 + 1.67 + 0.062 + 0.031 + 0.055$
$R = 2.06$ m2. k / w
$U = 0.48$ w/m2. k

- قطاع (3): حائط حامل من الحجر الرملي سمك 40سم.

$R = 0.123 + 0.4/0.97 + 0.055$
$R = 0.123 + 0.412 + 0.055$
$R = 0.59$ m2. k / w
$U = 1.694$ w/m2. k

وكما سبق فلكل قطاع حائط أو سقف له زمن التخلف ومعدل الانتقال الحراري الخاص به.



6-2-5 دراسة نسب الإظلال والشمس على الواجهة:

من العناصر الهامة والتي يجب على المصمم مراعاتها عند القيام بتصميم الغلاف الخارجي للمبنى هي دراسة حركة الشمس طوال اليوم على واجهات المبنى المختلفة، والأخذ في الاعتبار تأثير الظل الناتج عن المباني والعناصر المحيطة بالمبنى على واجهات المبنى محل الدراسة، فعلى سبيل المثال قد يكون تأثير الظل الناتج عن المباني المجاورة يسبب إظلال واجهة المبنى محل الدراسة بالكامل أو إظلال جزء منها عند أقصى شدة للأشعة الشمسية، فلا يحتاج هذا الجزء المظلل إلى تصميم قطاع حائط أو سقف كباقي الواجهة لتحقيق معدل إنتقال حراري مناسب، حيث أن الظروف الحرارية على هذا الجزء المظلل من الواجهة اختلفت عن الظروف الحرارية للواجهات المعرضة للإشعاع الشمسي.

6-3 دراسة تحليلية لتصميم الغلاف الخارجي لأحد المباني بالقاهرة[1]:

قام المصمم بعمل الدراسات التحليلية والخاصة بتصميم غلاف خارجي للمبنى من شأنه تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ، وقد تم اجراء هذه الدراسة على عدة خطوات متتالية للمقارنة والوصول لأفضل الحلول المناخية لتصميم غلاف خارجي للمبنى، وقد شملت الدراسة تصميم كلا من:

- تصميم قطاع الحائط الخارجي للمبنى.
- تصميم المعالجات المناخية للنوافذ الخارجية بالمبنى.
- تصميم المعالجة المناخية لسقف المبنى.

ويتم في هذا الجزء عرض مبسط للدراسات التي قام بها المصمم لتصميم الغلاف الخارجي للمبنى عند إنشاؤه، حيث تمر الدراسة بعدة مراحل وهي كما يلي:

6-3-1 الدراسات الخاصة بتصميم قطاع الحائط الخارجي:

6-3-1-1 أسس وفرضيات الدراسة التحليلية:

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

أ- تصميم الحائط الخارجي كحائط مزدوج من حائطين بينهما فراغ هوائي، بحيث تبلغ التخانة الكلية للحائط 45 سم.

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

1- نوع مادة بناء الحائط الداخلي.

2- تخانة مباني الحائط الداخلي.

3- تخانة الطبقة العازلة للحرارة من البوليسترين المشكل بالبثق.

4- نوع مادة التشطيب الخارجي للحائط.

[1] أ.م.د/ محمد مؤمن عفيفي، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، بحث غير منشور، أغسطس 2002.

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

6-3-1-2 القطاع الأساسي للحائط لغلاف المبنى الخارجي:

قام المصمم بتصميم قطاع أساسي للحائط مكون من حائطين بينهما فراغ هوائي بسمك 5 سم، بحيث يتكون كل حائط كالتالي:

أ- الحائط الداخلي:

من الداخل للخارج: بياض أسمنتي سمك 2 سم ..... طوب أسمنتي مفرغ سمك 20 سم.

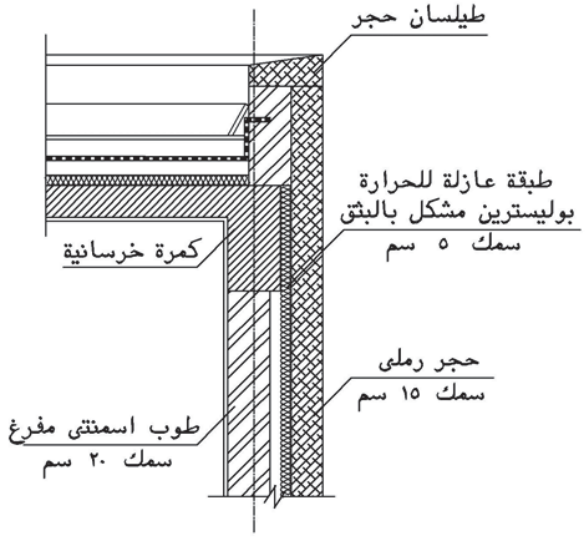
ب-الحائط الخارجي:

من الخارج للداخل: حجر رملي سمك 15 سم ..... بوليسترين مشكل بالبثق سمك 5 سم.

ويوجد فراغ هوائي ما بين الحائط الداخلي والحائط الخارجي بسمك 5 سم، بحيث يكون القطاع الأساسي للحائط مكون من المكونات الآتية من الداخل للخارج:

بياض أسمنتي سمك 2 سم ..... طوب أسمنتي مفرغ سمك 20 سم ..... فراغ هواء سمك 5 سم ..... بوليسترين مشكل بالبثق سمك 5 سم ..... حجر رملي سمك 15 سم.

ويوضح شكل (6-14) قطاع الحائط الأساسي كالتالي:



شكل (6-14)

القطاع الأساسي بالحائط المستخدم بالتحليلات المناخية للمبنى

6-3-1-3 المتغيرات الأساسية في قطاع الحائط الأساسي:

قام المصمم بتحديد المتغيرات والبدائل في قطاع الحائط الأساسي لدراسة تأثير كل متغير على الأداء الحراري للحائط والمقارنة بين القطاعات المختلفة للحائط، طبقا لقيمة الإنتقالية الحرارية U-Value الذي يحققها كل قطاع من القطاعات البديلة وبما يحقق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ، وتتمثل هذه البدائل فيما يلي:

أولا: تأثير سمك الحائط الداخلي.

ثانيا: تأثير نوع الطوب المستخدم في الحائط الداخلي.

ثالثا: تأثير اختلاف مادة التشطيب الخارجي للحائط.

رابعا: تأثير تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة.

خامسا: تأثير وجود أو عدم وجود الطبقة العازلة للحرارة داخل فراغ الحائط.

وقد تم كذلك الأخذ في الاعتبار تأثير الكمرات الخرسانية الموجودة في أعلى الحائط المزدوج على اعتبار أنها تعتبر منفذ حراري للمبنى، وذلك بدراسة نفاذيتها الحرارية بالنسبة للحائط.

وقد قام المصمم باجراء الدراسات والتحليلات باستخدام برنامج الكمبيوتر E-Quest ، وهو من برامج "DOE" والخاصة بدراسة الطاقة الحرارية في المباني الوظيفية، وهذا البرنامج يسمح بتطوير مكتبة المواد الخاصة به باستخدام مواد انشاء وتشطيب محلية بخصائصها الفيزيائية والحرارية.

6-3-1-4 الخواص الحرارية والفيزيائية للمواد المستخدمة:

قام المصمم بجمع الخواص الفيزيائية والحرارية للمواد المستخدمة في بدائل قطاع الحائط التي أجري عليها التحليلات والدراسات، ويوضح جدول (6-11) الخواص الحرارية والفيزيائية للمواد المستخدمة كالتالي:

جدول (6-11): الخواص الفيزيائية والحرارية لمواد البناء والمواد العازلة للحرارة[1]:

المادة	الكثافة كجم/م3	الموصلية الحرارية وات/م.ْس	الحرارة النوعية
أولا: مواد البناء:			
طوب أسمنتي مصمت	2000-1600	1.4-1.2	880
طوب أسمنتي مفرغ	1140	1.6	880
طوب رملي	1800	1.59	835
طوب ليكا مفرغ	1300-1000	0.45-0.35	1000
طوب طفلي مفرغ	2000-1850	065-055	835
طوب طفلي مصمت	1950	1.0	829
طوب خفاف	985	0.33	850
حجر جيري	2380	0.73	840
حجر رملي	2260	0.97	840
رمل	1520	0.33	800
جبس	1200	0.43	1080
خرسانة	2300	0.93	653
ثانيا: المواد العازلة:			
خرسانة رغوة	515-450	0.21-0.18	1000
خرسانة خفيفة	800	0.275	1000

1 دليل العمارة والطاقة، جهاز تخطيط الطاقة، القاهرة، جمهورية مصر العربية، يوليو 1998

سيليتون	450-350	0.12-0.09	550
بوليسترين	30-15	0.03-0.037	835
بوليسترين مشكل بالبثق	25	0.03	835
صوف صخري	140	0.04	835
صوف زجاجي	52	0.038	660
ثالثا: التشطيبات:			
رخام	2600	2.6	880
جرانيت	2800	3.5	900
محارة	2100	0.75	835
خشب	750 – 350	0.16 – 0.11	2000
حديد / صلب	7700 – 7200	60 – 45	500
ألومنيوم	2740	221	895

6-3-1-5 دراسة تأثير المتغيرات على الأداء الحراري للحائط:

قام المصمم بعمل بدائل لقطاع الحائط طبقا للمتغيرات السابقة، حيث قام بدراسة تأثير كل متغير على الآداء الحراري للحائط مع ثبات باقي المتغيرات الأخرى، لمعرفة تأثير كل بديل على الأداء الحراري للحائط وذلك باستخدام برنامج E-Quest ، ويمكن ذكر التحليلات والدراسات التي قام بها المصمم كما يلي:

أولا: تأثير سمك الحائط الداخلي على الأداء الحراري للمبنى:

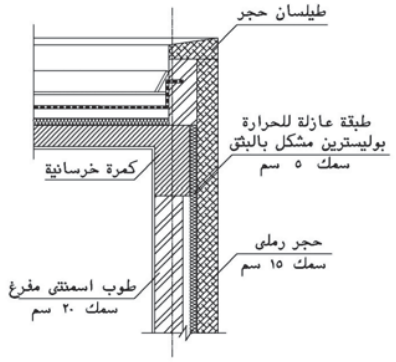
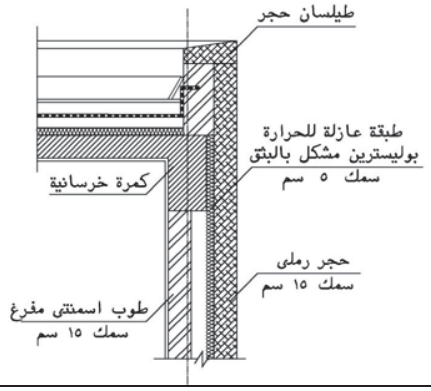
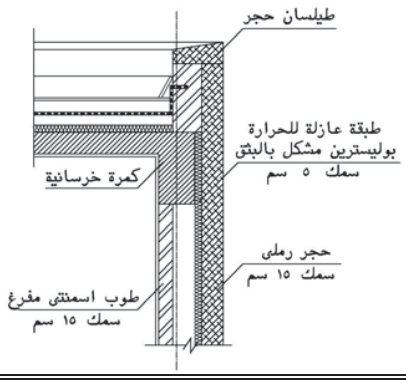
قام المصمم بعمل البدائل الآتية لتخانة مباني الحائط الداخل مع ثبات باقي مكونات وتخانات الحائط الأساسي كما يلي:

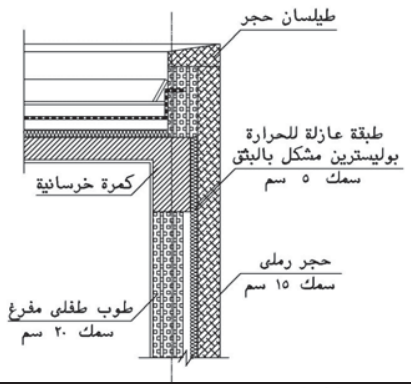
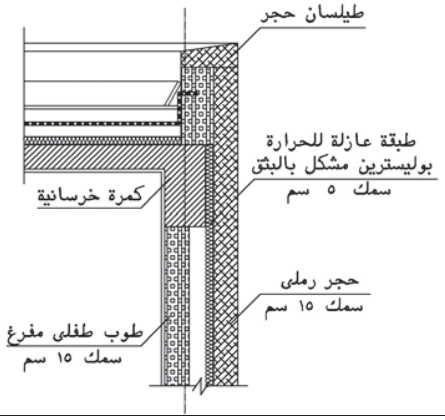
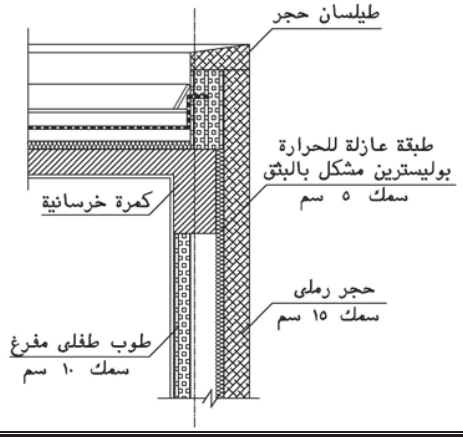
- المواد المستخدمة في مباني الحائط الداخلي:
  - طوب أسمنتي مفرغ.
  - طوب طفلي مفرغ.
- التخانات المستخدمة لكل نوع من المباني السابقة:

- 20 سم. - 15 سم. - 10 سم.

وقام المصمم باستخدام برنامج E-Quest ، بحساب قيمة الإنتقالية الحرارية U-Value لكل بديل كدلالة للأداء الحراري للحائط البديل، ويوضح جدول (6-12) نتائج الدراسات والتحليلات التي قام بها المصمم كالتالي:

جدول (6-12): تأثير سمك الحائط الداخلي على الأداء الحراري للمبنى:

قطاع الحائط	بديل الحائط	قيمة الإنتقالية الحرارية U-Valueوات / م2.كلفن
	الحائط الأساسي للمبنى	0.328
	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام حائط داخلي من الطوب الأسمنتي المفرغ سمك 15 سم	0.402
	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام حائط داخلي من الطوب الأسمنتي المفرغ سمك 10 سم	0.533

	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام حائط داخلي من الطوب الطفلي المفرغ سمك 20 سم	0.368
	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام حائط داخلي من الطوب الأسمنتي المفرغ سمك 15 سم	0.391
	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام حائط داخلي من الطوب الأسمنتي المفرغ سمك 10 سم	0.414

نتـــــائـــــج التحليل:

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

2- الأداء الحراري للطوب الطفلي المفرغ أعلى من الأداء الحراري للطوب الأسمنتي المفرغ.

3- مدى الإختلاف في قيمة الإنتقالية الحرارية U-Value للطوب الأسمنتي من تخانة لأخرى أكبر من مدى الإختلاف في قيمة الإنتقالية الحرارية U-Value للطوب الطفلي المفرغ، وأهمية ذلك يكمن في ملاحظة أن الأداء الحراري لتخانة 20 سم من الطوب الأسمنتي المفرغ أكبر من الأداء الحراري لتخانة 20 سم من الطوب الطفلي المفرغ.

4- مع قلة سمك مباني الحائط الداخلي يزداد سمك فراغ الهواء داخل الحائط المزدوج، ومع ذلك يجب ملاحظة أن الفراغ الهوائي ذو تأثير قليل على الأداء الحراري للحائط.

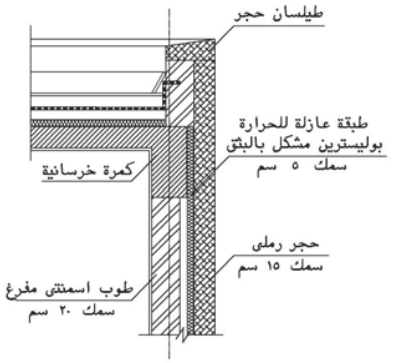
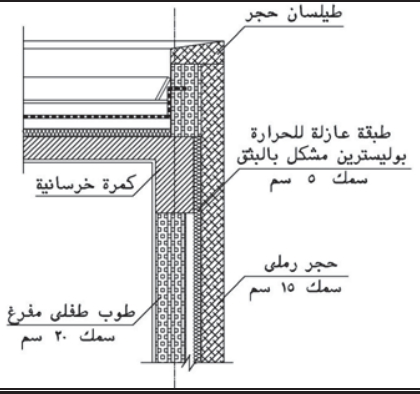
ثانيا: تأثير نوع الطوب المستخدم في الحائط الداخلي:

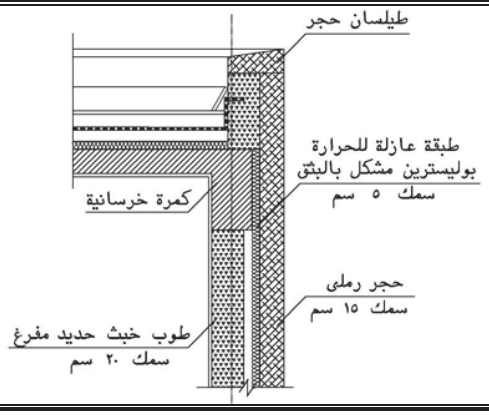
قام المصمم بتغيير نوعية الطوب المستخدم في الحائط الداخلي مع ثبات باقي مكونات وأبعاد الحائط الأساسي، وكانت البدائل كالتالي:

- الحائط الداخلي بتخانة 20 سم، من بدائل مختلفة من المواد كالتالي:
  - طوب أسمنتي مفرغ.
  - طوب طفلي مفرغ.
  - طوب ليكا مفرغ.

ويوضح جدول (6-13) الدراسات والتحليلات التي قام بها المصمم كالتالي:

جدول (6-13): تأثير نوع الطوب المستخدم بالحائط الداخلي على أدء الحائط:

قطاع الحائط	بديل الحائط	قيمة الإنتقالية الحرارية U-Value وات / م2.كلفن
	الحائط الأساسي للمبنى	0.328
	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام حائط داخلي من الطوب الطفلي المفرغ سمك 20 سم	0.368

	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام حائط داخلي من الطوب الليكا المفرغ سمك 20 سم	0.243

نتـــــائـــــج التحليل:

1- الطوب الليكا المفرغ كان له أفضل أداء عند استخدامه في قطاع الحائط.

2- أداء الطوب الطفلي المفرغ والأسمنتي المفرغ يعتمد أساسا على:

- حجم الفراغات الهوائية داخل الطوب.
- مصدر مادة الطوب، وعوامل أخرى خلاف ذلك.

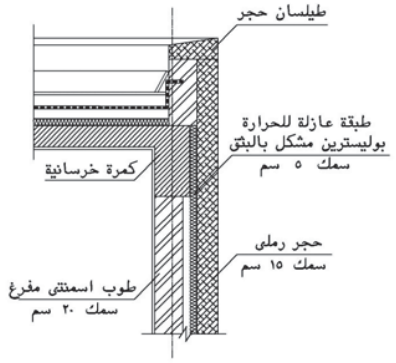
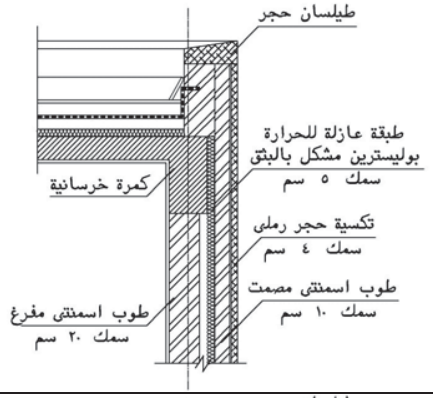
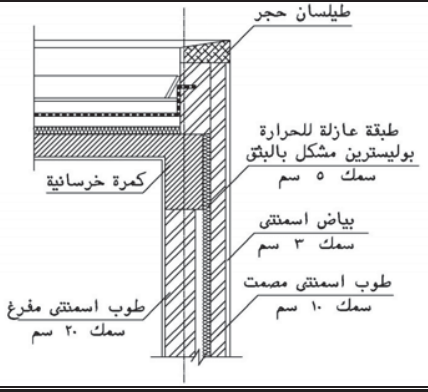
ثالثا: تأثير اختلاف مادة التشطيب الخارجي للحائط:

قام المصمم بتغيير مادة التشطيب الخارجي للحائط مع ثبات باقي مكونات وأبعاد الحائط الأساسي، وكانت البدائل كالتالي:

- الحالة الأساسية: الحائط الخارجي مكون من الحجر الرملي بسمك 15 سم.
- من الخارج: تكسية من الحجر الرملي بسمك 4 سم ..... طوب أسمنتي بسمك 10 سم.
- من الخارج: بياض أسمنتي بسمك 3 سم ..... طوب أسمنتي بسمك 12 سم.

ويوضح جدول (6-14) الدراسات والتحليلات التي قام بها المصمم كالتالي:

جدول (6-14): تأثير اختلاف مادة التشطيب الخارجي للحائط على الأداء الحراري للمبنى:

قطاع الحائط	بديل الحائط	قيمة الإنتقالية الحرارية U-Valueوات / م2.كلفن
	الحائط الأساسي للمبنى	0.328
	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام حائط خارجي مكون من تكسية حجر رملي سمك 4 سم + طوب أسمنتي مصمت سمك 10 سم	0.397
	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام حائط خارجي مكون من تكسية بياض أسمنتي سمك 3 سم + طوب أسمنتي مصمت سمك 10 سم	0.243

نتـــــائـــــج التحليل:

1- لا يوجد تأثير يذكر باختلاف مكونات التشطيب في الحائط الخارجي طبقا للبدائل السابقة مقارنة مع إختلاف نوع الطوب المستخدم، خاصة في التكسيات.

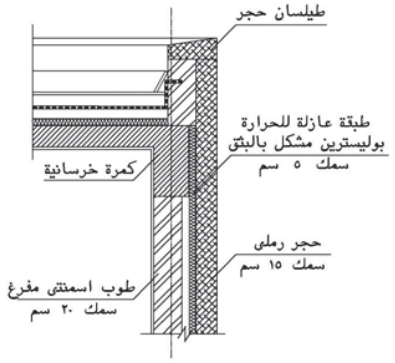
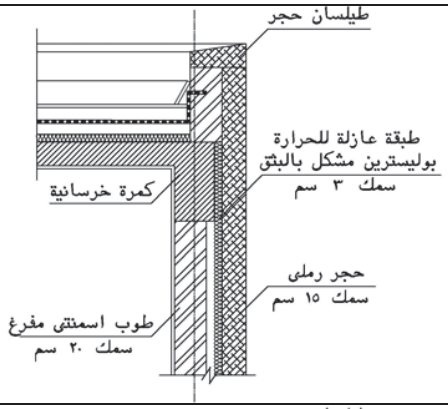
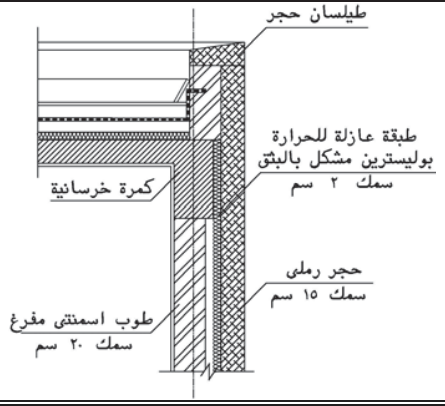
رابعا: تأثير تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة:

قام المصمم باستخدام مادة البوليسترين المبثوق بتخانات مختلفة مع ثبات باقي المكونات بأسماك كالتالي:

- 5 سم. - 3 سم. - 2 سم.

ويوضح جدول (6-15) الدراسات والتحليلات التي قام بها المصمم كالتالي:

جدول (6-15): تأثير تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة على الأداء الحراري للمبنى:

قطاع الحائط	بديل الحائط	قيمة الإنتقالية الحرارية U-Valueوات / م2.كلفن
	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام طبقة عازلة للحرارة من البوليسترين المشكل بالبثق سمك 5 سم	0.328
	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام طبقة عازلة للحرارة من البوليسترين المشكل بالبثق سمك 3 سم	0.47
	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام طبقة عازلة للحرارة من البوليسترين المشكل بالبثق سمك 2 سم	0.606

نتـــــائـــــج التحليل:

1- بتغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة من سمك 5 سم إلى سمك 3 سم، كان لذلك تأثير كبير على قيمة الإنتقالية الحرارية U-Value ، حيث تصل هذه القيمة إلى تقليل قيمة الإنتقالية الحرارية U-Value بنسبة تصل إلى أكثر من 50 % عند إستخدام الطبقة العازلة للحرارة بسمك 5 سم، وكذلك التأثير عند تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة من سمك 3 سم إلى سمك 2 سم.

" مادة العزل الحراري هي البوليسترين المشكل بالبثق، والخواص الفيزيائية والحرارية لها تم تحديدها بواسطة الدراسات التجريبية التي قامت بها مدرسة الهندسة والعلوم – بالجامعة الأمريكية بالقاهرة"[1]

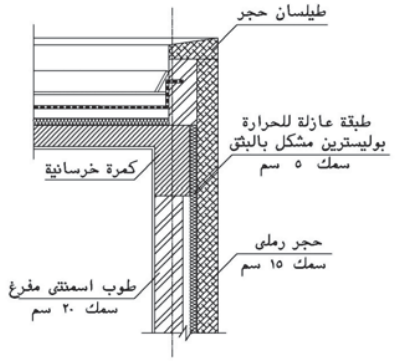
خامسا: تأثير وجود أو عدم وجود الطبقة العازلة للحرارة داخل فراغ الحائط:

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

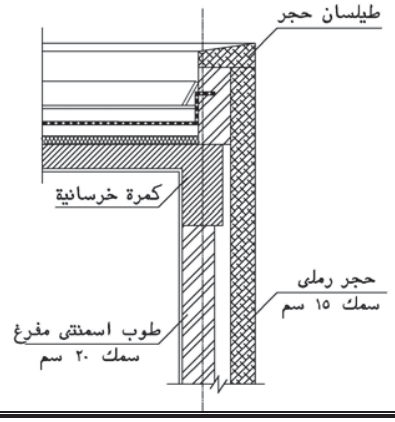
- الحالة الأساسية: فراغ الحائط يحتوي على طبقة عازلة للحرارة من البوليسترين المشكل بالبثق بسمك 5 سم.
- فراغ الحائط عبارة عن فراغ هوائي بسمك 10 سم بدون طبقة عازلة للحرارة.

ويوضح جدول (6-16) الدراسات والتحليلات التي قام بها المصمم كالتالي:

جدول (6-16): تأثير وجود أو عدم وجود الطبقة العازلة للحرارة على الأداء الحراري للمبنى:

قطاع الحائط	بديل الحائط	قيمة الإنتقالية الحرارية U-Valueوات / م2.كلفن
	الحائط الأساسي للمبنى باستخدام طبقة عازلة للحرارة من البوليسترين المشكل بالبثق سمك 5 سم	0.328

[1] Shenouda, M., **A Report on The Request of Advanced Chemical Engineering Systems**, an Unpublished Report, School of Sciences and Engineering, American University in Cairo, July 2001.

	الحائط الأساسي للمبنى مع عدم وجود طبقة عازلة للحرارة	1.219

نتـــــائـــــج التحليل:

1- كان لاستخدام الطبقة العازلة للحرارة التأثير الكبير على الأداء الحراري للحائط.

2- يمكن بواسطة استخدام الطبقة العازلة للحرارة داخل فراغ الحائط الوصول لأفضل أداء حراري للحائط، بحيث يحقق قيمة مثلى للإنتقالية الحرارية U-Value للحائط حتى يمكن تحقيق المتطلبات الحرارية المثلى لمستعملي الفراغ، وذلك طبقا لتخانة الطبقة العازلة للحرارة المطلوبة والتي تحقق قيمة الإنتقالية الحرارية U-Value المثلى.

وقد قام المصمم بتلخيص النتائج لكل البدائل السابقة للحائط الخارجي للمبنى طبقا لجدول (6-17) الآتي:

جدول (6-17): السلوك الحراري لبدائل الحائط المزدوج:

البديل		قطاع الحائط (البدائل)	قيمة U-Value W/(m2.k)
تأثير سمك الحائط الداخلي	1	قطاع الحائط الأساسي	**0.328**
	2	قطاع الحائط الأساسي باستخدام طوب أسمنتي مفرغ سمك 15 سم	**0.402**
	3	قطاع الحائط الأساسي باستخدام طوب أسمنتي مفرغ سمك 10 سم	**0.533**
	4	قطاع الحائط الأساسي باستخدام طوب طفلي مفرغ سمك 20 سم	**0.368**
	5	قطاع الحائط الأساسي باستخدام طوب طفلي مفرغ سمك 15 سم	**0.391**
	6	قطاع الحائط الأساسي باستخدام طوب طفلي مفرغ سمك 10 سم	**0.414**
تأثير نوع الطوب المستخدم في الحائط الداخلي	1	قطاع الحائط الأساسي	**0.328**
	2	قطاع الحائط الأساسي باستخدام طوب طفلي مفرغ سمك 20 سم	**0.368**
	3	قطاع الحائط الأساسي باستخدام طوب ليكا مفرغ سمك 20 سم	**0.243**
تأثير اختلاف مادة التشطيب الخارجي للحائط	1	قطاع الحائط الأساسي	**0.328**
	2	قطاع الحائط الأساسي باستخدام حائط خارجي مكون من تكسية حجر رملي سمك 4 سم + طوب أسمنتي مصمت سمك 10 سم	**0.397**
	3	قطاع الحائط الأساسي باستخدام حائط خارجي مكون من بياض أسمنتي سمك 3 سم + طوب أسمنتي مصمت سمك 10 سم	**0.243**

تأثير تغيير سمك الطبقة العازلة للحرارة	1	قطاع الحائط الأساسي (الطبقة العازلة للحرارة من البوليسترين المشكل بالبثق	**0.328**
	2	قطاع الحائط الأساسي باستخدام طبقة عازلة للحرارة من البوليسترين المشكل بالبثق سمك 3 سم	**0.470**
	3	قطاع الحائط الأساسي باستخدام طبقة عازلة للحرارة من البوليسترين المشكل بالبثق سمك 2 سم	**0.606**
تأثير وجود الطبقة العازلة للحرارة	1	قطاع الحائط الأساسي	**0.328**
	2	قطاع الحائط الأساسي بدون استخدام طبقة عازلة للحرارة	**1.219**

سادسا: الخلاصة:

قام المصمم بتحديد خلاصة التحليلات والدراسات السابقة كالتالي:

1- الأداء الحراري للطوب الليكا المفرغ أفضل من الأداء الحراري للطوب الأسمنتي المفرغ والطوب الطفلي المفرغ.

2- الطوب الليكا المفرغ أغلى في التكلفة مقارنة بالطوب الطفلي والطوب الأسمنتي بنسبة حوالي 45%.

3- يجب الأخذ في الإعتبار عند اختيار مواد إنشاء الحائط إضافة إلى أدائها الحراري ما يلي: تكلفتها الإقتصادية / الوزن وتأثيره على الإنشاء / وكل ما له علاقة بالأداء الوظيفي المطلوب من المادة.

4- تأثير سمك المادة المستخدمة في بناء الحائط على أداء الحائط ضئيل مقارنة بالمتغيرات الأخرى للقطاع، ولذلك يمكن ترك تحديد سمك مادة بناء الحائط للمصمم طبقا للتكلفة الإقتصادية وتأثيرها على الإنشاء.

5- تأثير مادة التشطيب الخارجية للحائط على أداء الحائط ضعيف خاصة في التكسيات مقارنة بالمتغيرات الأخرى، ومن الممكن إهماله وإمكانية استخدام مواد تشطيب أخرى لتعطي نفس النتيجة لأداء الحائط.

6- تأثير الطبقة العازلة للحرارة على الأداء الحراري للحائط كبير طبقا لسمك الطبقة العازلة للحرارة، فعلى سبيل المثال قيمة الإنتقالية الحرارية للحائط المزدوج المستخدم فيه طبقة عازلة للحرارة من البوليسترين المشكل بالبثق تصل قيمتها إلى حوالي 50 % من قيمة الإنتقالية الحرارية عند استخدام طبقة عازلة للحرارة بسمك 3 سم من البوليسترين المشكل بالبثق لنفس الحائط السابق.

7- الحاجة لاستخدام الطبقة العازلة للحرارة داخل الحائط المزدوج يزداد كلما كان الحائط أكثر تعرضا للإشعاع الشمس.

8- التأثير الأكبر والأهم في التحليلات والدراسات السابقة كان تأثير الطبقة العازلة للحرارة من حيث السمك، واستخدامها من عدم استخدامها داخل قطاع الحائط.

6-3-2 الدراسة الخاصة بتصميم النوافذ الخارجية للمبنى:

كما سبق ذكره فإن الفتحات والنوافذ الخارجية تمثل عبئا حراريا على الفراغ الداخلي نظرا لرقة سماكتها من الزجاج، فعند سقوط أشعة الشمس على النوافذ الخارجية يمر جزء كبير من الإشعاع الشمسي عبر النافذة مارا للفراغ الداخلي مما يسبب أحمالا حرارية على الفراغ الداخلي.

6-3-2-1 أسس وفرضيات الدراسة التحليلية:

قام المصمم باجراء الدراسة التحليلية لتصميم النوافذ الخارجية على أساس منع أشعة الشمس المباشرة والاهتمام بالإضاءة الطبيعية داخل الفراغ، وقد أجرى المصمم دراساته وتحليلاته بالاهتمام بهذا المبدأ بعد تحديد مكان النوافذ وأبعادها تبعا للفراغات الوظيفية داخل المبنى، وقد مرت الدراسات والتحليلات بالخطوات الآتية:

1- دراسة حركة أشعة الشمس.

2- دراسة نسبة الإظلال والشمس على واجهات المبنى.

3- تصميم المعالجات الخاصة بالنوافذ الخارجية.

أولا: دراسة حركة أشعة الشمس:

قام المصمم بجمع المعلومات الخاصة بحركة أشعة الشمس، وهي الزاوية الأفقية والرأسية لأشعة الشمس، وذلك عن طريق محطة الأرصاد الجوية، أو من الممكن عن طريق منقلة زوايا الشمس لمدينة القاهرة، خط عرض 30˚ 7َ وقد كانت النتائج كما في جدول (6-18) كما يلي:

جدول (6-18): زوايا الشمس الأفقية والرأسية لمدينة القاهرة خلال العام:

الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية	الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية
22 يناير	AM 6:00	10-	107	22 فبراير	AM 6:00	5-	99
	AM 7:00	2	115		AM 7:00	7	107
	AM 8:00	14	123		AM 8:00	20	115
	AM 9:00	24	133		AM 9:00	31	126
	AM 10:00	32	146		AM 10:00	40	140
	AM 11:00	38	162		AM 11:00	47	158
	12:00 Noon	40	180		12:00 Noon	50	180
	PM 13:00	38	162		PM 13:00	47	158
	PM 14:00	32	146		PM 14:00	40	140
	PM 15:00	24	133		PM 15:00	31	126
	PM 16:00	14	123		PM 16:00	20	115
	PM 17:00	2	115		PM 17:00	7	107
	PM 18:00	10-	107		PM 18:00	5-	99

الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية	الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية
22 مارس	AM 6:00	صفر	90	22 ابريل	AM 6:00	6	80
	AM 7:00	13	97		AM 7:00	19	87
	AM 8:00	26	106		AM 8:00	32	94

	AM 9:00	38	116		AM 9:00	45	103
	AM 10:00	49	130		AM 10:00	57	116
	AM 11:00	57	151		AM 11:00	67	139
	12:00 Noon	60	180		12:00 Noon	72	180
	PM 13:00	57	151		PM 13:00	67	139
	PM 14:00	49	130		PM 14:00	57	116
	PM 15:00	38	116		PM 15:00	45	103
	PM 16:00	26	106		PM 16:00	32	94
	PM 17:00	13	97		PM 17:00	19	87
	PM 18:00	صفر	90		PM 18:00	6	80

تابع جدول (6–18): زوايا الشمس الأفقية والرأسية لمدينة القاهرة خلال العام:

الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية	الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية
22 مايو	AM 6:00	10	72	**22 يونيو**	AM 6:00	11	69
	AM 7:00	23	79		AM 7:00	24	76
	AM 8:00	35	85		AM 8:00	37	82
	AM 9:00	48	93		AM 9:00	49	88
	AM 10:00	61	103		AM 10:00	62	97
	AM 11:00	73	122		AM 11:00	75	112
	12:00 Noon	80	180		12:00 Noon	83	180
	PM 13:00	73	122		PM 13:00	75	112
	PM 14:00	61	103		PM 14:00	62	97
	PM 15:00	48	93		PM 15:00	49	88
	PM 16:00	35	85		PM 16:00	37	82
	PM 17:00	23	79		PM 17:00	24	76
	PM 18:00	10	72		PM 18:00	11	69

الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية	الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية
22 يوليو	AM 6:00	10	72	**22 أغسطس**	AM 6:00	6	79
	AM 7:00	23	79		AM 7:00	19	87
	AM 8:00	35	85		AM 8:00	32	84
	AM 9:00	48	92		AM 9:00	45	103
	AM 10:00	61	102		AM 10:00	57	116
	AM 11:00	73	122		AM 11:00	67	139
	12:00 Noon	80	180		12:00 Noon	72	180
	PM 13:00	73	122		PM 13:00	67	139
	PM 14:00	61	102		PM 14:00	57	116
	PM 15:00	48	92		PM 15:00	45	103
	PM 16:00	35	85		PM 16:00	32	94
	PM 17:00	23	79		PM 17:00	19	87

	PM 18:00	10	72		PM 18:00	6	79

تابع جدول (6–18): زوايا الشمس الأفقية والرأسية لمدينة القاهرة خلال العام:

الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية	الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية
22 سبتمبر	AM 6:00	صفر	89	22 أكتوبر	AM 6:00	5-	99
	AM 7:00	13	97		AM 7:00	7	107
	AM 8:00	26	105		AM 8:00	19	116
	AM 9:00	38	116		AM 9:00	30	126
	AM 10:00	49	130		AM 10:00	40	140
	AM 11:00	57	151		AM 11:00	47	158
	12:00 Noon	61	180		12:00 Noon	49	180
	PM 13:00	57	151		PM 13:00	47	158
	PM 14:00	49	130		PM 14:00	40	140
	PM 15:00	38	116		PM 15:00	30	126
	PM 16:00	26	105		PM 16:00	19	116
	PM 17:00	13	97		PM 17:00	7	107
	PM 18:00	صفر	89		PM 18:00	5-	99

الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية	الشهر	الساعة	الزاوية الرأسية	الزاوية الأفقية
22 نوفمبر	AM 6:00	10-	107	22 ديسمبر	AM 6:00	12-	111
	AM 7:00	2	115		AM 7:00	صفر	118
	AM 8:00	14	123		AM 8:00	11	126
	AM 9:00	24	133		AM 9:00	21	136
	AM 10:00	32	146		AM 10:00	29	148
	AM 11:00	38	162		AM 11:00	35	163
	12:00 Noon	40	180		12:00 Noon	37	180
	PM 13:00	38	162		PM 13:00	35	183
	PM 14:00	32	146		PM 14:00	29	148
	PM 15:00	24	133		PM 15:00	21	136
	PM 16:00	14	123		PM 16:00	11	126
	PM 17:00	2	115		PM 17:00	صفر	118

111	12-	PM 18:00		107	10-	PM 18:00	

6-3-2-2 دراسة نسبة الإظلال والشمس على واجهات المباني:

قام المصمم بدراسة نسبة الإظلال والشمس على واجهات المبنى، وذلك مارا بالخطوات التالية:

1- تم تحديد أقصى وأقل شدة إشعاع شمسي طبقا لدراسة حركة أشعة الشمس، وبالتالي تم تحديد أقصى شهر في الصيف (شهر يونيو) وأقل شهر شتاءا (شهر ديسمبر)، وعلى سبيل المثال تم دراسة نسبة الإظلال والشمس لأقصى وأقل شهر كما سبق في الأوقات التالية: 9:00 صباحا، 12:00 ظهرا، 3:00 بعد الظهر.

2- تم توقيع الظل الناتج للمسقط الأفقي والواجهات المختلفة، وقد أخذ المصمم في الإعتبار ما يلي:

- توقيع ظل المباني المجاورة للمبنى محل الدراسة، والتي يكون لها تأثير بإلقاء الظل على المبنى محل الدراسة.
- تقسيم الواجهات طبقا لإتجاه كل واجهة: شمالية / شرقية / شمالية شرقية / .....إلخ.
- تقسيم كل واجهة من الواجهات السابقة إلى الأنماط التالية:

1- واجهة حرة لا يؤثر عليها ظل حوائط مجاورة.

2- واجهة ترتبط بتأثير ظل حائط مجاور عمودي أو مقابل لهذه الواجهة.

3- واجهة تقع داخل فناء داخلي بالمبنى.

6-3-2-3 تصميم المعالجات الخاصة بالنوافذ الخارجية:

قام المصمم بتصميم المعالجات المناخية للنوافذ على أساس منع نفاذ أقصى إشعاع شمسي عبر النافذة، وكذلك الإستفادة من الإضاءة الطبيعية للفراغ، وقد تم تصميم ذلك عن طريق:

1- تحديد النوافذ المعرضة للإشعاع الشمسي، وعدد الساعات المعرضة لها، طبقا للبيانات المناخية السابقة.

2- تصميم المعالجات المناخية اللازمة لنفاذ أشعة الشمس عبر النافذة، وقد قام المصمم بتصميم المعالجات إما عن طريق كاسرات الشمس، أو المشربيات والمخرمات، طبقا لوظيفة الفراغ الموجود به النافذة، وقد تم التصميم طبقا لزوايا أشعة الشمس الرأسية والأفقية.

6-3-3 الدراسة الخاصة بتصميم سقف المبنى:

6-3-3-1 أسس وفرضيات الدراسة التحليلية:

كما سبق ذكره يعتبر سقف أي مبنى هو العنصر المعرض لأقصى وأطول فترة إشعاع شمسي أغلب أوقات النهار، حيث أنها تعتبر سطح أفقي معرض لأشعة الشمس أثناء حركة الشمس أغلب أوقات النهار، ولذلك تعتبر المعالجات المناخية بعزل الأسقف بواسطة الطبقة العازلة للحرارة من الحلول المكلفة إقتصاديا نظرا لعدة عوامل من

أهمها تعرض السقف للإشعاع الشمسي بصورة أكبر إضافة إلى ذلك أن من أحد مكونات قطاع السقف الخرسانة المسلحة والتي تبلغ إنتقاليتها للحرارة أكبر. ولذلك فقد قام المصمم بتصميم المعالجة المناخية للسقف على أساس:

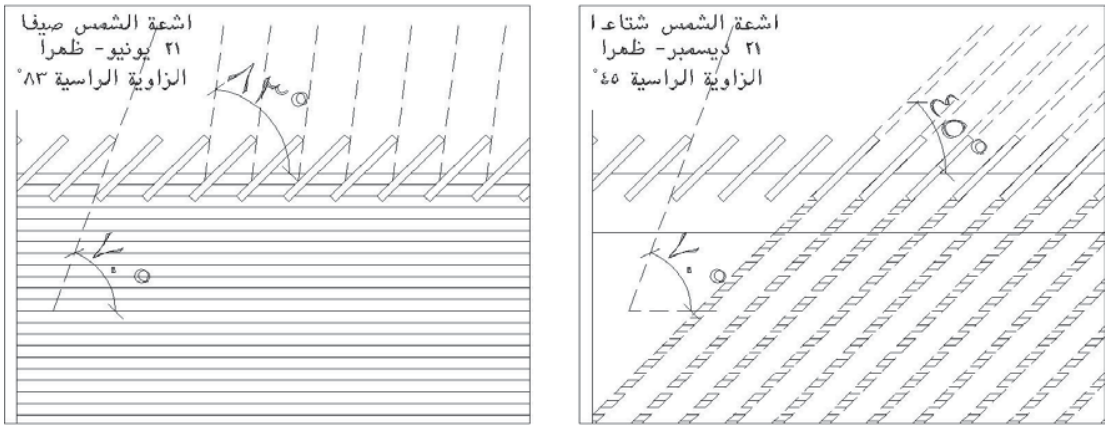
1- تقليل التكلفة الإقتصادية قدر الإمكان.

2- الإستفادة من سطح المبنى كعنصر وظيفي للمستعمل.

6-3-3-2 تصميم المعالجات الخاصة بالسقف:

قام المصمم بتصميم برجولا فكرتها الأساسية تتمثل في:

منع أشعة الشمس من النفاذ خلالها صيفا، ونفاذ أشعة الشمس شتاءا فقط، حيث تكون أشعة الشمس من العناصر المناخية المطلوبة لمستعملي الفراغ، وذلك بما يحقق الفكرة الأساسية للمصمم كما سبق ذكرها، وقد تم تصميم البرجولا وحساب ميل زوايا العوارض الخشبية بالبرجولا عن طريق زوايا أشعة الشمس صيفا وشتاءا كما سبق عند تصميم النوافذ، ويوضح شكل (6-15) البرجولا التي قام المصمم بتصميمها بما يحقق العزل الحراري للسقف عن الأشعة الشمسية.



شكل (6-15): تصميم برجولا لمنع أشعة شمس الصيف عن السقف على أساس زاوية التصميم 70°

الخلاصة

انطلاقا من مبدأ أن تصميم الغلاف الخارجي للمبنى ذو تأثير مباشر على السلوك الحراري للمبنى، فيجب على المهندس المصمم أن يقوم بتصميم الغلاف الخارجي، ومن أحد المناهج المبسطة والتي تساعد المصمم على الوصول بخطوات متتابعة إلى تصميم قطاع مناخي للغلاف الخارجي، والتي يمكن ذكر أهم خطواتها كالتالي:

- التحليلات المناخية والتمثيل البياني للعناصر المناخية.
- الدراسة المناخية للواجهات طبقا للإشعاع الشمسي.
- تحديد زمن التأخير اللازم لكل واجهة.
- تحديد قيمة الإنتقالية الحرارية الملائمة للواجهة.
- دراسة نسب الإظلال والشمس على الواجهة.

- تصميم قطاع مثالي للحائط يحقق الراحة الحرارية.

ويعتبر ذلك المنهج خطوات مبسطة لتصميم غلاف مناخي آمن طبقا للأحمال الحرارية وعملية التبادل الحراري عن طريق التوصيل، حيث أنها تمثل نسبة كبيرة من قيمة الأحمال الحرارية المؤثرة على الفراغ الداخلي، وبالتالي تحقيق الراحة الحرارية المطلوبة لمستعملي الفراغ.