

# اثر الشكل الهندسي للسقف على كفاءة الأداء الحراري

(مدينة بغداد حالة دراسية)

جمال عبد الواحد جاسم السوداني

مدرس

معهد الفنون التطبيقية-هيئة التعليم التقني

## المستخلص:

ركزت العديد من الدراسات على موضوعة تحقيق الكفاءة المناخية للمباني من خلال التحكم بشكل المبنى، إلا أنها لم تتطرق إلى الشكل الهندسي للسقف بشكل خاص مما أدى إلى بروز مشكلة البحث في عدم وضوح دور الشكل الهندسي للسقف في التأثير على كفاءة الأداء الحراري للمباني ذات السقف المعرض للإشعاع الشمسي. يهدف البحث إلى تقييم الأداء الحراري للشكل الهندسي للسقف في المناطق الحارة الجافة منها العراق، لتوفير بيانات ومعلومات للمصممين، فضلا عن حسم بعض جوانب الجدل حول كفاءة الأداء الحراري للسقف. وقد استند البحث إلى فرضية مفادها: يؤثر الشكل الهندسي للسقف في التبادل الحراري باختلاف زوايا سقوط الأشعة الشمسية في المباني العراقية. ولتحقيق هدف البحث، يعتمد البحث المنهج التحليلي المقارن لعدد من الحالات الدراسية فقد تم بناء أنموذج افتراضي بإبعاد  $10 \times 10 \times 3$ م، وإجراء حسابات تفصيلية للاكتساب الحراري لأحد المتغيرات الكمية الرئيسية المتمثلة بالإشعاع الشمسي المؤثرة في السقف (مائل، جملون، مقبب) ومقارنتها مع السقف المستوي الأكثر شيوعا في العراق، ومقارنة تلك النتائج مع احد برامج محاكاة الطاقة الحاسوبي (Ecotect). بينت نتائج البحث أن هنالك نقص في الطاقة المنتقلة للسقف المقبب مقارنتا بالسقف المستوي بحدود 11.036%، أما السقف المائل فان هنالك زيادة في الطاقة المنتقلة بحدود 10.490%، بينما يمثل السقف الجملون أعلى زيادة بحدود 13.756%، وتوصل البحث إلى منحنيات بسيطة تساعد المصممين في تحديد الاكتساب الحراري للسقف بإشكاله المختلفة.

# **Effect of the Geometry of the Roof on the efficiency of Thermal Performance (The city of Baghdad Case Study)**

Jamal Abed Al Wahid Jassim Al- Sudany  
Lecturer  
Institute of Applied Arts - Foundation of Technical Education

## **Abstract:**

Many studies have focused on efficiency placed climate of buildings by controlling a forms, but it did not address the geometry of the roof in particular led to the emergence of the research problem in the lack of clarity in the role of the geometry of the roof influence the efficiency of the thermal performance of buildings with the roof exposed to solar radiation.

This research aims to evaluate the thermal performance of a geometric form of the roof in the hot, dry, Iraq, as well as to resolve some aspects of the debate about the efficiency of the thermal performance of the roof. The research was based on the premise that: affect the geometry of the roof in the heat exchange in different angles of incidence of solar radiation in the buildings in Iraq.

To achieve the aim of research, support search comparative analytical approach for a number of case studies has been building model default to deport 10m x 10m x 3m, and make detailed calculations of the heat gain of a variable quantity of major solar radiation affecting the ceiling (pitch, gable, dome) and compare it with the ceiling level most common in Iraq, and compare those results with a computer energy simulation programs (Ecotect).

The results of the research that there is a shortage of energy transmitted to the vaulted roof ceiling level comparing with up to 11.036%, while the pitched roof there is an increase in energy transition up to 10.490%, while the gable roof is the highest increase up to 13.756%, the research found a simple curves to help designers to determine the acquisition warming of the roof in its various forms.

## 1- المقدمة:

تعاني الفضاءات الداخلية للمباني في المناطق الحارة الجافة نقصا ملحوظا في حدود الراحة الحرارية الداخلية، ويعتقد كثير من المصممين أن تحقيق مساكن كفوءة حراريا وملائمة للمناخ يؤثر تأثيرا كبيرا على الناحية الجمالية للمسكن [1]، أن التلاعب بالشكل الهندسي لكتلة المبنى يهدف إلى تقليل تأثير التباين في عوامل المناخ الخارجي في البيئة الداخلية، ويعتبر السقف المركبة الأفقية الأكثر تعرضا لشدة الإشعاع الشمسي صيفا من الجدران العمودية والعكس شتاء [2]، أن عزوف كثير من المصممين عن استخدام أشكال مختلفة للسقف في تصاميمهم يعزى إلى عدم الإلمام الوافي بالجانب الحراري لهذه التشكيلات فضلا عن تضارب الآراء حول دور السقف بتشكيلاته المختلفة في البيئة الداخلية.

ومن هنا برزت المشكلة البحثية في عدم وضوح دور الشكل الهندسي للسقف (المائل، الجملون، المقبب) في التأثير على كفاءة الأداء الحراري للمباني ذات السقف المعرض للإشعاع الشمسي.

إذ إننا نهدف من هذا البحث تقييم الأداء الحراري للشكل الهندسي للسقف في المناطق الحارة الجافة منها العراق يغطي متغيرات قابلة للقياس لتمكن المصممين من اتخاذ قرارات تصميمية سليمة تطبق بثقة وإعطاء مرونة كافية للمصمم في تصميم الأداء الحراري للمبنى باحتمالات التشكيلات المختلفة، فضلا عن حسم بعض جوانب الجدل حول كفاءة الأداء الحراري للسقف.

انطلق البحث من تصور افتراضي هو: يؤثر الشكل الهندسي للسقف في التبادل الحراري باختلاف زوايا سقوط الأشعة الشمسية في المباني العراقية.

ويتم ذلك بتحليل الأداء الحراري للسقف بتشكيلات مختلفة (المائل، الجملون، المقبب) ومقارنتها مع سقف مستوي، باختيار احد المتغيرات الرئيسة المتمثلة بالإشعاع الشمسي وإجراء حسابات تفصيلية ومقارنة الأحمال

الحرارية المؤثرة على السقف كمثال لأسلوب التقييم الكمي.

## 2- الإطار المنهجي للبحث:

يتكون البحث من جزئيين رئيسيين:

### 2-1 الإطار النظري:

تحديد العناصر التصميمية المؤثرة في الكفاءة الحرارية للمبنى ومنها السقف موضوعة البحث ، من خلال استعراض المتغيرات الكمية المؤثرة على الأداء الحراري، وتحديد المتغيرات المؤثرة وعلاقتها، بهدف فتح الطريق للدراسة الكمية لأداء السقف الحراري. ثم تحديد النطاق الذي ستم عليه الدراسة وتثبيت (تحديد) باقي المتغيرات، ليتمكن لهذه الدراسة أن تخرج بنتائج واضحة مبنية على أساس كمي. ومنهج هذا الجزء تحليلي ينتهي بتحديد متغيرات الأداء الحراري لدراساتها.

### 2-2 الإطار التطبيقي:

حساب كمية الإشعاع الشمسي التي تكتسبها الإشكال المختلفة للسقف، ومقارنته بكمية الإشعاع التي يكتسبها السقف المستوي ضمن المناطق الحارة الجافة منها مدينة بغداد، والمنهج في هذا الجزء استقرائي، يعتمد على بناء نموذج افتراضي وإجراء التحليل الرياضي والمقارنة، ومن ثم مقارنة تلك النتائج مع مخرجات احد برامج الطاقة الحاسوبية، واستقراء نتائج التشكيلات وتحليلها وصولا للنتيجة النهائية للبحث.

## 3- الإطار النظري:

### 3-1 المناخ في البيئة الحارة الجافة

يتميز المناخ الحار والجاف ( Hot and dry climate) بصفتين رئيسيتين، الأولى شدة الإشعاع الشمسي والأخرى الجفاف الناتج عن المعدل العالي للتبخير، ويمتاز المناخ بكونه مناخا صحراويا أو شبه

صحراوي، تتراوح فيه درجة الحرارة صيفا بين (27-49 م) والتي قد تنخفض في الليل لتصل إلى (22 م). ويكون الهواء جافا قليل الرطوبة وكمية الأمطار الساقطة قليلة، أما حالة السماء في هذه المناطق فهي صافية في معظم الأوقات من السنة، مما يؤدي إلى وصول كميات كبيرة من الإشعاع الشمسي المباشر إلى الأرض نهارا، ومعظم الرياح في هذه البيئات هي محلية قد تحمل معها الغبار والرمال. وأساس أسلوب التعامل المناخي هو محاولة الحماية شبه الكاملة من الأشعة الشمسية المباشرة والسيطرة على التيارات الهوائية في حالة اختراقها للمبنى[3].

### 3-2 عناصر المبنى المؤثرة في الكفاءة الحرارية:

إن الكفاءة الحرارية للمبنى تتأثر بمقدار ما يكتسبه من طاقة حرارية صيفا ومقدار ما يفقده من طاقة حرارية شتاء، وبالتالي انعكاس تأثيرها على درجة حرارة البيئة الداخلية، مما يؤدي إلى زيادة الحاجة لاستخدام أجهزة التكييف للسيطرة على درجة الحرارة الداخلية وجعلها ضمن حدود الراحة الحرارية[4]. إن معظم القرارات التصميمية التي يتخذها المعماري سواء كانت في الجوانب الوظيفية والشكلية والرمزية هي بذاتها قرارات مؤثرة في الجوانب البيئية بصورة مباشرة أو غير مباشرة وخاصة ما يتعلق منها بمظهر المبنى الخارجي. ومن أهم العناصر التصميمية المؤثرة في كفاءة المبنى الحرارية بالاتي:

### 3-2-1 شكل كتلة المبنى

يمثل غلاف المبنى المحور الرئيس لعمليات السيطرة الحرارية للبيئة الداخلية، فمن خلاله تحدث جميع عمليات الانتقال الحراري بين الداخل بالخارج، ومن خلال كمية الطاقة المنتقلة يتم تقييم الكفاءة المناخية للمبنى. إن التحكم بشكل الغلاف يحدد نسبة تعرض المبنى إلى تأثير البيئة الخارجية وأهمها درجات الحرارة والإشعاع الشمسي، إن شكل المبنى يمكن إن يصمم لاستلام أكثر أو أقل إشعاع

شمسي، فيقل تأثير درجة الحرارة الداخلية بانخفاض نسبة المساحة السطحية إلى الحجم، فزيادة المساحة المعرضة للإشعاع الشمسي يقابلها زيادة في درجة الحرارة الداخلية وهذا التغيير يعد دالة الجريان الحراري عبر الشكل[5].

### 3-2-2 توجيه المبنى

إن مقدار تعرض سطوح المبنى للإشعاع الشمسي يعتمد على توجيه الكتلة البنائية، فيمكن باختيار التوجيه الصحيح تحسين الأداء الحراري للمبنى بتقليل تأثير الإشعاع الشمسي صيفا وزيادته شتاءً، وهذا يعني إن اختلاف توجيه المبنى سيغير مقدار التعرض للإشعاع الشمسي للأسطح العمودية للمبنى قياسا للسطح الأفقي[6].

### 3-2-3 خصائص غلاف المبنى

أن تحديد نسبة المساحة الشفافة إلى مساحة الجدران الكلية وتحديد معامل الانتقال الحراري لمواد الجدران والسقوف ومدى امتصاصها وانبعاشها للأشعة الشمسية الساقطة عليها تساهم في تحقيق تصاميم مفيدة بشكل كامل تحقق الموازنة والعقلانية عند التصميم، إن التجاوز على الحدود المقبولة بتغيير خواص بعض العناصر مما يتطلب تزويد المصمم بمحددات أو ضوابط تساعد على التحرك المرن في قراراته التصميمية[7].

### 3-3 المتغيرات الكمية المؤثرة على الأداء الحراري

#### للسقف:

إن تقييم الأداء الحراري للشكل الهندسي للسقف وتحقيق أقل اكتساب ممكن للسقف خلال الموسم الحار، فالشكل الأفضل هو الذي يحقق اكتسابا أقل صيفا، من ناحية أخرى يحقق أعلى اكتساب شتاء، إن كمية الطاقة الحرارية التي يكتسبها سقف المبنى من الإشعاع الشمسي يعد معيار المقارنة بين النماذج كمرحلة أولى ومن ثم مقارنة الطاقة المنتقلة إلى داخل الفضاء كمرحلة ثانية، فالهدف الرئيس هو: الوصول لتقييم دقيق للأداء الحراري.

فمن خلال الاطلاع على المصادر والدراسات [8-11] خاص، والتي يمكن إدراج مؤشرات مستخلصة منها التي توفرت لدى الباحث حول الموضوع تم تحديد المتغيرات المؤثرة على الأداء الحراري للمبنى بشكل عام والسقف بشكل

المبين في الجدول(1).

جدول(1) المتغيرات المؤثرة على الأداء الحراري للسقف ونطاق التعامل معها [الباحث]

نطاق تعامل البحث مع المتغيرات	المتغيرات المؤثرة على الأداء الحراري للسقف	
تقع مدينة بغداد على خط عرض 33.30 درجة شمالا وخط طول 44.40 درجة شرقا، يصنف مناخها ضمن الأقاليم الحارة الجافة	خط العرض والطول	الموقع
أن شدة الإشعاع الشمسي والطاقة المستلمة لسطح الأرض تتناسب طرديا مع زاوية ارتفاع الشمس، ويمكن تحديدها عن طريق كتاب مانعات الشمس للفتحات والشبابيك للمباني لمدينة بغداد	زاوية ارتفاع الشمس Sun Altitude	
تحدد سرعة الرياح حسب قراءات الهيئة العامة للأقواء الجوية ضمن موسم الدراسة.	سرعة الرياح	
المعدلات الشهرية للرطوبة تتراوح بين 24% في شهر تموز و 71% في كانون الأول.	الرطوبة النسبية	
تتمثل بمكونات الموقع وعناصر تصميم الموقع	العوامل المناخية / المناخ الموضعي	
تتغير قيمته بتغير زاوية السطح الأفقي والعمودي، وتتم المقارنة وفق النماذج	مركبة الإشعاع الشمسي المباشر Direct Radiation	الإشعاع الشمسي
إن السطح الأفقي يستقبل جميع الأشعة المنتشرة في قبة السماء ويفترض سقوط نصف الإشعاع الشمسي المنتشر على السطح العمودي وبغض النظر عن توجيهه	مركبة الإشعاع الشمسي المنتشر Diffuse Radiation	
تعتمد شدة تأثير هذه المركبة على طبيعة عاكسيه السطوح المحيطة واتجاهية السطح، وكون تعاملنا مع السقف فيمكن تحييد هذه المركبة	مركبة الإشعاع المنعكس	
درجة حرارة السطح وانبعائيتها ودرجة مواجهتها للسقف، تم تحييدها	الإشعاع الحراري من الأسطح المحيطة	
تعتمد على شكل السطح وساعة السقوط، ويتم حسابها رقميا	زاوية سقوط الإشعاع	الاكتساب الحراري
تعتمد على شكل السطح ويتم حسابها رقميا	المساحة المعرضة للإشعاع	
مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر ويتم حسابها رقميا	شدة الإشعاع الشمسي الساقط	
اختلاف زوايا السقف	معامل مواجهة السقف ومصدر الإشعاع الشمسي	
مجموع المتغيرات هو معيار المقارنة بين البدائل	الاكتساب الحراري الإجمالي للإشعاع	
اختيار الشكل يهدف إلى تقليل تأثير التباين في عوامل المناخ الخارجي في البيئة الداخلية عبر وحدة المساحة	شكل السقف	خواص السقف
اختلاف قيمها حسب المواد المستخدمة للسطح	الخصائص الفيزيائية للسطح (انعكاسية أو امتصاصية السطح)	
تعتمد كمية الحرارة المنقولة بالدرجة الأساس على المعامل الإجمالي للانتقال الحراري عبر المادة، ويتم ضمن البحث توحيدها	المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة (U-value)	
تتغير قيمها بتغير سرعة الهواء الملامس للسطح الخارجي والفرق في درجة الحرارة بين السطح الخارجي والهواء الخارجي، ويتم حسابها رقميا	المقاومة الحرارية للسطح الخارجي (Rso)	

#### 4- الإطار التطبيقي:

#### 1-4 أسلوب الدراسة والنتائج:

إجراء عملية حساب كمية الإشعاع الشمسي المعرض للسقف بتشكيلاته المختلفة كمرحلة أولى ثم حساب الطاقة الشمسية المكتسبة لنماذج السقوف كمرحلة ثانية وعرض تلك النتائج ومقارنتها مع السقف المستوي، ومقارنة النتائج المستحصلة رياضياً مع النتائج المستخرجة من احد برامج المحاكاة الرقمية Simulation Model منها برنامج محاكاة الطاقة الحاسوبية ( Ecotect ) [12]، للتحقق من سلامة النتائج المستحصلة من الطريقة التي اعتمدها البحث فضلاً عن التعرف على إمكانية البرنامج والاستفادة منه مستقبلاً ولهذا الغرض تم إتباع ما يلي:

#### ❖ اختيار موقع الدراسة ضمن الأقاليم الحارة الجافة

(مدينة بغداد) التي تقع على خط عرض 33.30 درجة شمالاً وخط طول 44.40 درجة شرقاً.

#### ❖ بناء أنموذج افتراضي ذات مسقط مربع بإبعاد 10م x 10م وبارتفاع 3م، يتم المقارنة بين التشكيلات بتغطيتها.

أ- سقف مستوي وهو من الأشكال الشائعة في مدينة بغداد.

ب- سقف ذو قبة على شكل نصف كرة قطرها يساوي طول ضلع المربع.

ج- سقف مائل باتجاه واحد وبزاوية ميلان 30°.

د - سقف على شكل جملون مائل بزواوية 40°.

وهي تشكيلات هندسية مجردة لغرض إجراء الحسابات الحرارية لكل واحدا منها على حده.

#### ❖ تحديد اتجاه السقف الجملون والمائل ضمن المحور

شمال- جنوب وهو ما مفضل للمناطق الحارة الجافة.

وتكون زاوية ميلان السقف مواجهه لشرق الشمس.

#### ❖ تحديد زوايا سقوط الإشعاع الشمسي خلال

ساعات النهار وضمن موسمي الدراسة بالاعتماد على Solar Drum [13]، وتحديد شدة الإشعاع الشمسي بالاعتماد على المعدلات الساعية الشهرية للإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر (واط/م<sup>2</sup>) لمدينة بغداد.

#### ❖ حساب الطاقة الشمسية المعرضة للسقف خلال

ساعات النهار ولصعوبة الحسابات للأشكال المختلفة ومنها السقف المقرب، لان كل نقطة من القبة تتلقى الإشعاع بزوايا سقوط مختلفة، مما يعني أنه من العسير حساب الاكتساب الحراري بالطريقة التي يحتسب بها اكتساب السقف

المستوي، إن الطريقة الاعتيادية التي تعتمد على تقسيم القبة إلى أشرطة وحسب زوايا ميل السطح تعطي نتائج غير دقيقة فضلاً عن الجهد والوقت.

فقد اعتمد البحث طريقة طبقت في احد الدراسات وقد أثبتت صحتها [3]، تعتمد على حساب مساحة

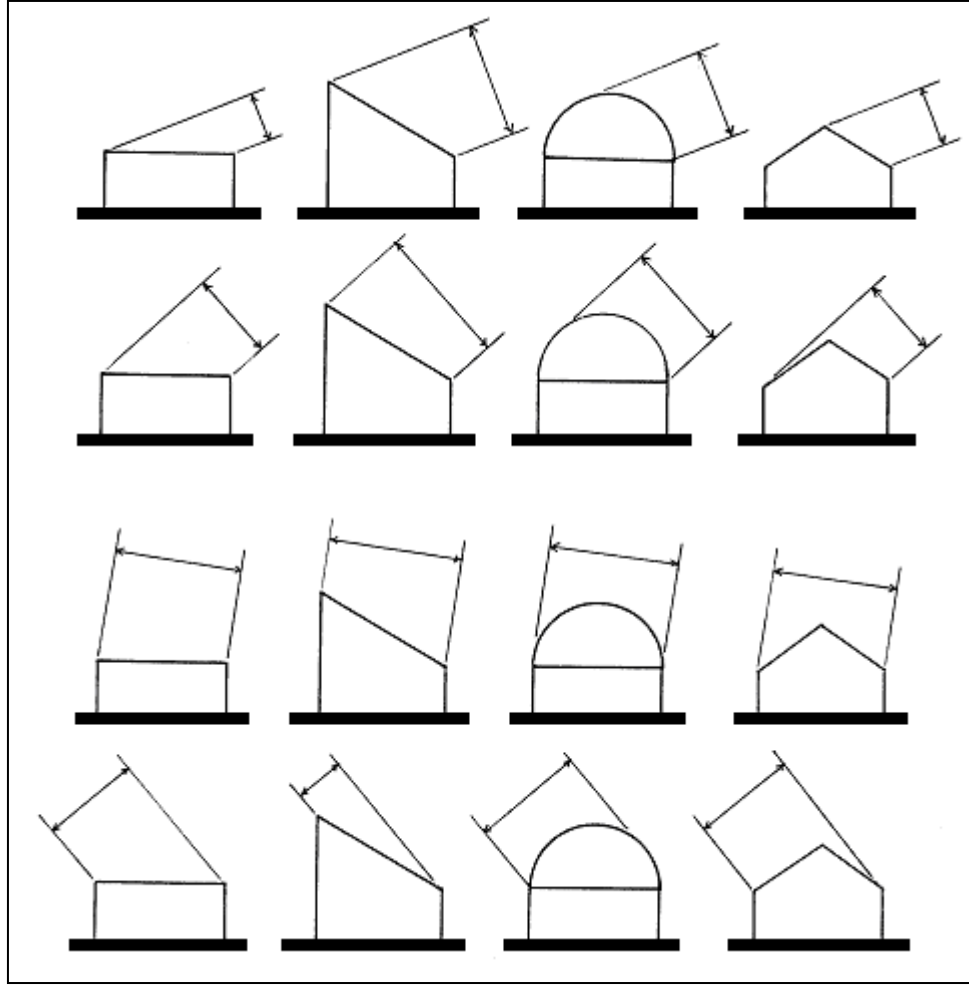
المسقط المعرض للإشعاع الشمسي الذي يكون عمودياً على الإشعاع في كل ساعة من ساعات

النهار وبمساعدة برنامج (Auto cad) التي يمكن اعتمادها لجميع أشكال السقوف منها المائل

والجملون، وتم إجراء الحسابات ضمن الموسم

الحار(تموز) والموسم البارد (كانون الأول)،

الشكل(1) الجداول (2-5) الشكل(2).



شكل (1) اختلاف زوايا سقوط الأشعة الشمسية يقابلها اختلاف المسقط المعرض للإشعاع الشمسي (التوجيه شمال- جنوب) [الباحث]

جدول (2) الطاقة الشمسية المعرضة للسقف المائل بزوايا 30° خلال الموسم الحار (شهر تموز)

مجموع الطاقة المعرضة للسطح المائل $I_{DN} + I_a(w)$	الإشعاع المنتشر $I_a$ $w/m^2$	الإشعاع المباشر العمودي $I_{DN}$ $w/m^2$	مساحة الإسقاط المعرض للإشعاع الشمسي ( $m^2$ )	المعدل الساعي للإشعاع الشمسي $w/m^2$	زاوية ارتفاع الشمس	الساعة
6794	3450	3344	76	44	°12	6 صباحا
37163.4	9775	27388.4	91.6	299	°24	7
72840	14145	58695	105	559	°36	8
93058	17020	76038	114	667	°50	9
105395	18975	86420	116	745	°62	10
107460	19320	88140	113	780	°72	11
106492.8	21160	85332.8	106.4	802	°82	12
79591	20815	58776	74.4	790	°72	1
67170	19895	47275	61	775	°62	2
47318	18930	28388	37.6	755	°50	3
24561	16215	8346	13	642	°36	4
14145	14145	-----	-----	512	°24	5
9315	9315	-----	-----	334	°12	6
2760	2760	-----	-----	97	°5	7 مساء
774063.2	مجموع الطاقة الشمسية المعرضة للسقف المائل بزوايا 30° خلال الموسم الحار (شهر تموز)					

جدول (3) الطاقة الشمسية (واط) المعرضة للسقف المقيب خلال الموسم الحار (شهر تموز)

الساعة	زاوية ارتفاع الشمس	المعدل الساعي للإشعاع الشمسي w/m <sup>2</sup>	مساحة السقف المعرض للإشعاع الشمسي (م <sup>2</sup> )	الإشعاع المباشر العمودي IDN w/m <sup>2</sup>	الإشعاع المنتشر Id w/m <sup>2</sup>	مجموع الطاقة المعرضة للقبة IDN + Id (w)
6 صباحا	°12	44	47.227	2175.868	5356.26	7532.128
7	°24	299	55.023	17753.149	15176.07	32929.22
8	°36	559	62.549	38480.61	21960.666	60441.28
9	°50	667	69.568	51869.038	26424.216	78293.25
10	°62	745	75.587	63350.731	29459.43	92810.16
11	°72	780	76.451	67569.297	29995.056	97564.35
12	°82	802	78.023	71072.332	32851.728	103924.1
1	°72	790	76.451	68435.57	32316.102	100751.7
2	°62	775	74.233	64852.417	30887.766	95740.18
3	°50	755	69.568	58712.33	28923.804	87636.13
4	°36	642	62.548	44193.547	25174.422	69367.97
5	°24	512	45.515	30140.15	21960.666	52100.82
6	°12	334	46.773	16371.896	14461.902	30833.8
7 مساء	°5	97	42.050	4169.308	4285.0	8454.308
مجموع الطاقة الشمسية المعرضة للسقف المقيب خلال الموسم الحار (شهر تموز)						918379.3

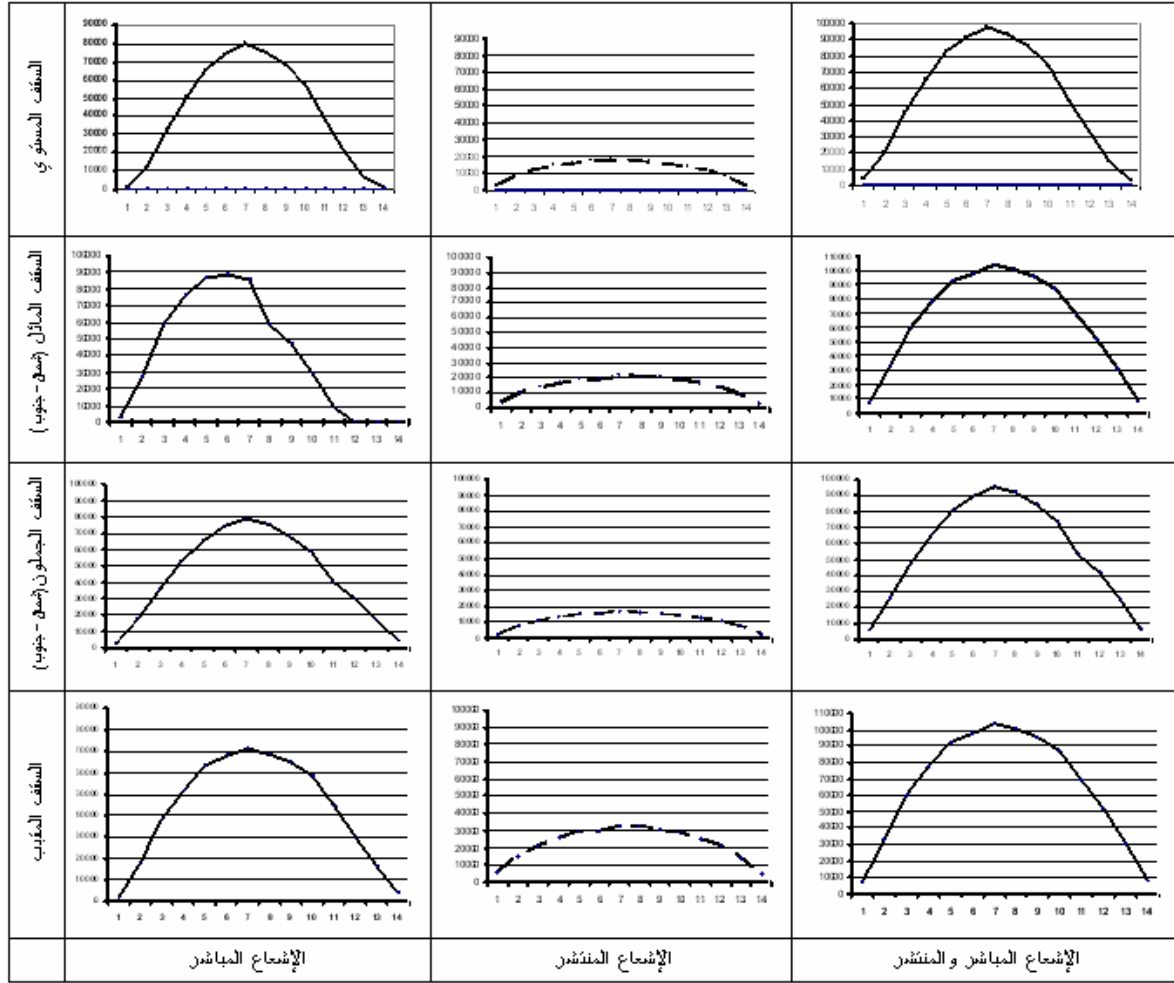
جدول (4) الطاقة الشمسية (واط) المعرضة لتهاذج السقوف خلال الموسم الحار (شهر تموز)

الساعة	السقف المستوي	السقف المائل	السقف على شكل جملون	السقف المقيب
6 صباحا	3914.811	6794	4999.2	7532.128
7	20661.425	37163.4	25267.8	32929.22
8	45157.195	72840	46513.32	60441.28
9	65895.164	93058	65351.52	78293.25
10	82279.595	105395	80713.6	92810.16
11	90982.408	107460	89529.12	97564.35
12	97819.499	106492.8	95815.36	103924.1
1	93233.465	79591	91673.04	100751.7
2	85728.438	67170	84088.32	95740.18
3	74036.355	47318	73466.08	87636.13
4	51835.813	24561	53395.44	69367.97
5	33124.915	14145	41197.12	52100.82
6	15044.25	9315	24473.04	30833.8
7 مساء	3245.41	2760	6627.36	8454.308
المجموع	762958.743	774063.2	783110.3	918379.3

جدول (5) الطاقة الشمسية (واط) المعرضة لتهاذج السقوف خلال الموسم البارد (شهر كانون الأول)

الساعة	السقف المستوي	السقف المائل	السقف على شكل جملون	السقف المقيب
8 صباحا	4405.941	10478	7504.69	9621.183
9	17395.838	35114.4	23780.84	30837.919
10	25027.87	43690	29302.4	39122.042
11	32330.948	52701	34581.12	43393.776
12	37773.991	59320.6	38687.68	53132.975
1	36215.585	19423.2	38730.72	52298.823
2	27116.944	14145	31576.32	43951.859
3	23920.543	12995	30894.32	40886.336
4	10442.422	7935	16373.76	22518.385
5 مساء	2701.374	2415	5075.04	6677.811
المجموع	217331.456	258217.2	256506.89	342441.109





شكل (2) مقارنة الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر المعرض للسقوف باتجاه (شمال- جنوب) خلال شهر (تموز)

الفقدان الحراري بالإشعاع طويل الموجة لوحدة المسافة.  $EL_L = EI_L$

$$Q/A = U (te_o - te_i) \dots \dots \dots (2)$$

إذ إن:  $Q/A =$  معدل انتقال الحرارة ( $w/m^2$ ).

$U =$  المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة ( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ ).

$te_o =$  معدل درجة حرارة الهواء الشمسية.

$te_i =$  درجة حرارة البيئة الداخلية (وهي قيمة ثابتة).

❖ عرض النتائج بالاستعانة بالبرنامج

(Microsoft Excel). لغرض اختبار فرضية البحث

والتحقق من صحتها.

❖ إجراء حسابات حرارية للطاقة المنتقلة للسقوف

وبتشكيلاته المختلفة (توحيد قيمة  $U\text{-value}=1.883$

$w/m^2 \text{ } ^\circ C$ )، وإجراء مقارنة للطاقة مع السقف

المستوي كون هذا الشكل هو السائد في معظم المباني،

كما في المعادلات التالية [14]. والمبينة نتائجها في

الجدول (6-8)، والإشكال (3-4) تبين مقارنة الطاقة

للتشكيلات المختلفة.

$$te_o = tao + Rso (a I - EI_L) \dots \dots \dots (1)$$

إذ إن:  $te_o =$  درجة حرارة الهواء الشمسية ( $^\circ C$ ).

$tao =$  درجة حرارة الهواء الخارجية ( $^\circ C$ ).

$Rso =$  المقاومة الحرارية للسطح الخارجي ( $m^2 KW^{-1}$ ).

$a I =$  الإشعاع الشمسي الممتص لوحدة المساحة ( $w/m^2$ )

جدول (6) معدل الطاقة المنتقلة عبر السقف خلال الموسم الحار (شهر تموز)

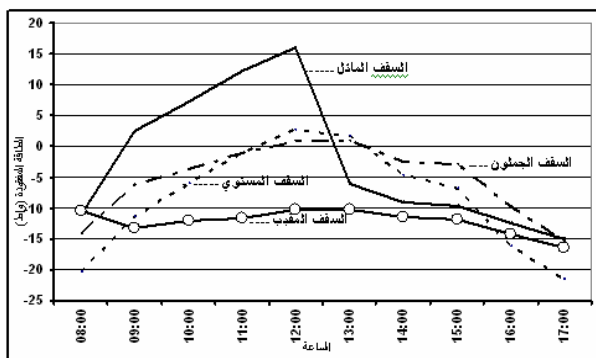
السقف المقبب	السقف على شكل جملون	السقف المائل	السقف المستوي	الساعة
14.788-	16.427	17.203	11.100	6 صباحا
17.353	28.063	30.132	20.324	7
20.131	30.914	45.320	33.811	8
21.933	37.944	53.927	45.237	9
23.399	43.676	59.179	54.261	10
23.879	46.466	60.059	59.055	11
24.521	49.311	59.646	62.821	12
24.201	47.766	48.194	60.295	1
23.695	44.935	42.906	56.161	2
22.876	40.972	34.455	49.721	3
21.032	33.482	24.767	37.494	4
19.288	28.930	20.332	27.188	5
17.141	22.690	18.276	17.230	6
14.881	16.030	15.486	10.731	7 مساء

جدول (7) معدل الطاقة المفقودة عبر السقف خلال الموسم البارد (شهر كانون الأول)

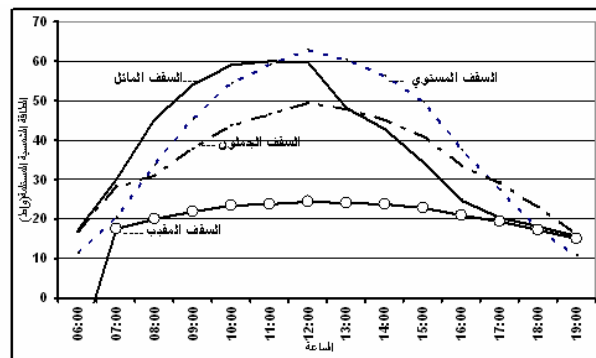
السقف المقبب	السقف على شكل جملون	السقف المائل	السقف المستوي	الساعة
10.544-	14.209-	11.054-	20.487-	8 صباحا
13.171-	6.314-	2.562	11.457-	9
12.056-	3.635-	7.308	6.133-	10
11.616-	1.075-	12.295	1.038-	11
10.170-	0.917	15.958	2.759	12
10.282-	0.937	6.112-	1.671	1
11.406-	2.532-	9.043-	4.675-	2
11.819-	2.863-	9.679-	6.905-	3
14.294-	9.907-	12.479-	16.308-	4
16.424-	15.388-	14.981-	21.709-	5 مساء

جدول (8) الطاقة المنتقلة والمفقودة عبر السقف خلال موسمي الدراسة

الفقدان الحراري ضمن الموسم البارد (كانون الأول)		الاكتساب الحراري ضمن الموسم الحار (تموز)		المساحة	
الطاقة المفقودة (w)	معدل الطاقة	الطاقة المنتقلة (w)	معدل الطاقة المنتقلة (للداخل) w/m <sup>2</sup>		
841.8-	8.418-	3895.9	38.959	100	سقف مستوي
295.665-	2.571-	4352.52	37.848	115	سقف مائل (شمال- جنوب)
708.348-	5.399-	4517.333	34.430	131.2	سقف جملون (شمال- جنوب)
2130.418-	12.693-	3465.93	20.650	167.842	سقف مقبب



شكل(4) الطاقة المفقودة لنماذج الدراسة للموسم البارد (شهر كانون الأول)



شكل(3) الطاقة المنتقلة لنماذج الدراسة للموسم الحار (شهر تموز)

التوجيه، تم إجراء حسابات حرارية في حالة تغيير توجيه السقف المائل والجملون إلى (شمال، شرق وغرب، جنوب) مع إجراء تغيير في زاوية ميل السقف ( 30°، 45°، 65°، 80°) لكل توجيه، وكما مبين في الجدول(9).

إن اتجاه السقف المعتمد في البحث ضمن المحور (شمال- جنوب) ولأهمية التوجيه في تحديد شدة الإشعاع الشمسي المؤثر على السقف المائل والجملون وان السقف المستوي والسقف المقرب لا يتأثر بتغير الاتجاه، ولإعطاء صورة متكاملة عن قيم الطاقة المنتقلة عبر السقف بتغيير

جدول(9) قيم الطاقة المنتقلة للسقف المائل والجملون باختلاف التوجيه وزاوية ميل السقف ضمن الموسم الحار(شهر تموز) [الباحث]

زاوية الميل					
°80	°65	°45	°30		
1698.540	2720.325	3527.043	3758.994	سقف مائل	الشمال
1762.861	2823.333	3660.597	3901.333	سقف جملون	
2703.838	2967.627	3824.941	4352.520	سقف مائل	الشرق والغرب
3193.287	3738.482	4517.333	5140.413	سقف جملون	
3821.724	4805.907	4946.045	4952.867	سقف مائل	الجنوب
3966.438	4987.888	5133.332	5841.378	سقف جملون	

#### 4-2 تحليل وتفسير النتائج:

والموضحة في الشكل(3). يلاحظ أن السقف المقرب يزداد اكتسابه للحرارة بصورة تدريجية مع ارتفاع الشمس وبنسب قليلة جدا ويصل أعلى قيمة اكتساب عند الساعة 12:00 ظهرا ثم ينخفض بعد ذلك كلما انخفضت الشمس. بينما يتميز السقف المستوي بمنحنى أوسع، إذ يزداد اكتسابه للحرارة الشمسية تدريجيا مع ارتفاع الشمس

عند رسم منحنى يوضح كمية الإشعاع الشمسي التي يتعرض إليها السقف بإشكاله المختلفة ضمن الموسم الحار (شهر تموز) باتجاه (شمال-جنوب) لكل ساعة من ساعات اليوم، والموضحة في الشكل (2). يلاحظ وجود فروقات واضحة بين السقف المستوي والسقوف الأخرى، وعند حساب الاكتساب الحراري للسقف وهذا ما يهمنا

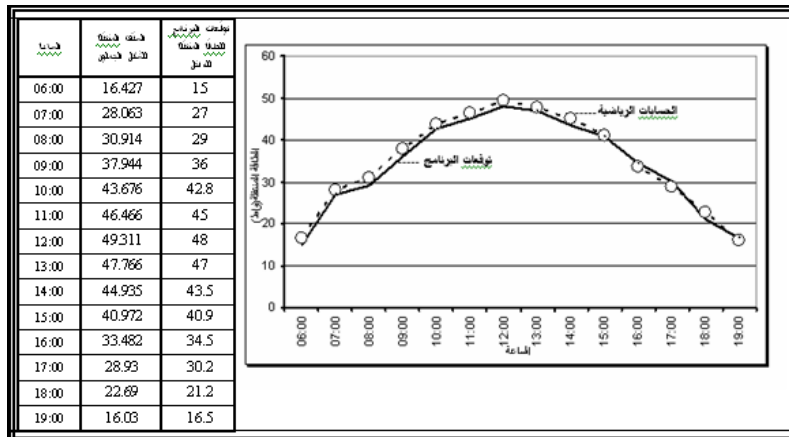
الحراري للسقف) وتتم عملية إزاحة التكديس الحراري على السطح نتيجة للتحرك الهوائي. إن تغيير قيم الشكل للسقف يدل على التغيير الذي حصل بمساحته السطحية، هذا التغيير يجب أن يتبع بتغيير في الخواص الحرارية للمواد المستخدمة في السقف، وإن التناسب يكون عكسياً فزيادة المساحة السطحية يتطلب التقليل من كمية الطاقة الحرارية المنتقلة عبر غلاف السقف لكل وحدة مساحة (م<sup>2</sup>)، وهذا يعني أن معدل الطاقة للمتر المربع الواحد ستختلف ويكون أقل معدل عندما يمتلك أكبر مساحة سطحية وبذلك يكون السقف المقبب هو الأقل مقارنة بالسقف المستوي وهذه الحالة تنطبق مع السقوف الأخرى. كما وإن قيم الطاقة المنتقلة للسقف المائل والجميلون تتغير تبعاً لاتجاه السقف وفي الوقت نفسه مع زاوية ميل السقف، فالطاقة المنتقلة تقل مع زيادة زاوية ميل السقف.

وعند محاكاة نموذج الدراسة مع برنامج محاكاة الطاقة الحاسوبية (Ecotect) ضمن موسمي الدراسة و مقارنة نتائج وقيم الإخراج للمحاكاة مع قيم ونتائج الحسابات الرياضية، نلاحظ عدم وجود فروقات بين أزواج القيم لكل من الحسابات الرياضية والمحاكاة، إن التقديرات للبرنامج تطابق النتائج بمستوى ثقة 98% وبذلك يحقق البرنامج نسبة عالية من المصادقية [15]، المبين في الشكل (5).

وبفروقات ملحوظة ليصل إلى أقصى قيمة الساعة 12.00 ظهراً، ثم ينخفض بعد ذلك كلما انخفضت الشمس نتيجة قلة زاوية السقوط ونقص استقبال السقف المستوي للأشعة ذات الزاوية المنخفضة.

أما السقف المائل يبدأ بمنحنى مدبب ثم يأخذ بالانكسار، إذ يزداد اكتسابه للحرارة الشمسية تدريجياً مع زيادة زاوية ارتفاع الشمس ليصل إلى أقصى قيمة عند الساعة 11.00 ظهراً، ثم ينخفض بعد ذلك وبصورة واضحة ويستمر بالانخفاض نتيجة نقص استقبال السقف للأشعة ذات الزاوية المنخفضة بعد الظهر. ويتميز السقف الجميلون بمنحنى منتظم، حيث يتزايد اكتسابه للحرارة الشمسية تدريجياً مع زيادة زاوية ارتفاع الشمس ليصل إلى أقصى قيمة ساعة الظهر 12.00 ظهراً، ثم ينخفض بعد ذلك كلما انخفضت الشمس، نتيجة قلة زاوية السقوط ونقص استقبال السقف للأشعة ذات الزاوية المنخفضة.

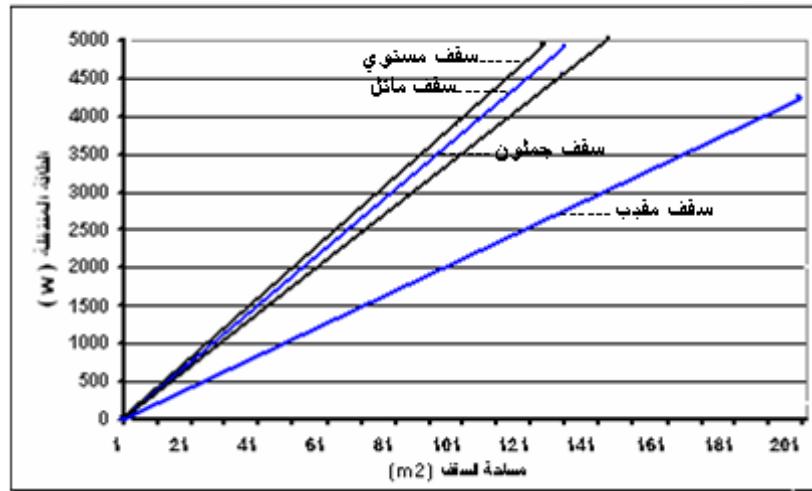
وعند مقارنة الطاقة المعرضة للسقف نلاحظ أن الطاقة المعرضة للسقف المقبب أكثر من السقف المستوي بحدود 16.923%. وإن السقف المائل أكثر من السقف المستوي بحدود 1.434%. والسقف الجميلون أكثر من السقف المستوي بحدود 2.573%، وهذه النسب سوف تختلف عند حساب الطاقة المستلمة للسقف ولجميع الأشكال، فإن هنالك خفض في الطاقة المنتقلة للسقف المقبب مقارنة بالسقف المستوي بحدود 11.036%، أما السقف المائل فإن هنالك زيادة في الطاقة المنتقلة بحدود 10.490%، بينما يمثل السقف الجميلون أعلى نسبة زيادة بحدود 13.756%. وقد سجلت الساعة 12.00 ظهراً أعلى طاقة مستلمة لجميع الأشكال، يعزى سبب اختلاف قيم الطاقة المعرضة للسقف عن قيم الطاقة المكتسبة بسبب اختلاف المساحة السطحية لتلك الأشكال، واختلاف المقاومة الحرارية للسطح الخارجي للسقف (Rso) واختلاف سرعة الرياح على تلك التشكيلات. فعند زيادة سرعة الهواء تقل المقاومة الحرارية للسطح الخارجي (زيادة في عملية فقدان



شكل (5) مقارنة نتائج البرنامج مع الحسابات الرياضية للطاقة المنتقلة للسقف الجملون خلال الموسم الحار

للحرارة)، وعند عدم تطابق كفاءة التصميم للسقف مع الكفاءة المسموح بها، فإن المصمم بحاجة إلى إجراء بعض المعالجات للارتقاء بالتصميم محققاً كفاءة مناخية تقترب من المسموح بها مع المحافظة على الجوانب التصميمية من خلال التلاعب بالخواص الحرارية للسقف (أي تغيير الخواص الحرارية للمواد المستخدمة في السقف) والتي تتلاءم مع المساحة والشكل المناسب ضمن مديات الكفاءة الحرارية المسموح بها.

اعتماداً على نتائج التحليل الرياضي لتشكيلات السقف التي تم دراستها، تم تحديد منحنيات بسيطة تساعد المصممين على التعرف على الاكتساب الحراري للسقف معتمدة على المساحة السطحية للسقف، الموضحة في الشكل (6) فإن المصمم يمكنه بعد حساب المساحة السطحية للسقف الذي صممه أن يستخرج الطاقة المستلمة للسقف ومقارنتها مع الحدود المسموح بها (تحدد كمية الطاقة المسموح بها من منحنى الطاقة المقترحة للسقف المقرب كونه أقل اكتساباً



شكل (6) منحنيات الطاقة المستلمة المعتمدة حسب مساحة السقف [الباحث]

الإبقاء بالمتطلبات المناخية، فهي معالجات تتعلق بالمكونات الفيزيائية لخصائص عناصر السقف من حيث

إن المعالجات التي يقوم بها المصمم للخروج بتصاميم بأشكال مختلفة للسقف تحقق الجوانب التصميمية مع

قيم الموصلية الحرارية للمواد البنائية المستخدمة للسقف (U-Value). هي تغيير في الخواص الحرارية للمواد المكونة للسقف) وفقاً لمعدل كمية الطاقة التي يجب إن يستلمها كل متر مربع من مساحة السقف للنموذج الذي يستلم أقل طاقة والذي تم اعتماده كمرجع في الدراسة، فإنه من الممكن الخروج بتصاميم مختلفة للسقف والمتباينة حسب طبيعة المبنى وخصائصه لتحقيق

جميعاً الكفاءة الحرارية المحددة لها. لذا فإن حدود المرونة التصميمية في هذا البحث هي كتوصيات مناخية تقدم إلى المصمم لتساعده في تحقيق المستوى المطلوب للكفاءة الحرارية للمبنى. والجدول (10) يبين المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة (U-value) الذي يمكن اعتماده للسقف لتحقيق كفاءة التصميم الحرارية.

جدول (10) حدود المرونة التصميمية في حالة تغيير معامل الانتقال الحراري (U-Value) (اختلاف مكونات السقف) [الباحث]

شكل السقف	معدل الطاقة المنتقلة (للداخل) ( $w/m^2$ )	المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة ( $w/m^2 \cdot ^\circ C$ )
سقف مقبب	20.650	1.883
سقف جملون	34.430	3.170
سقف مائل	37.848	3.451
سقف مستوي	38.959	3.552

### 5- الاستنتاجات والتوصيات:

#### أولاً: الاستنتاجات

1- إن السقف المائل والجملون يكون لها الهدأ نفس في عمل القباب من ناحية زيادة مساحة السطح نسبة إلى مساحة مسقطه الأفقي وتقل بذلك شدة الإشعاع على وحدة المساحة لانتشارها على مساحة أوسع وتقل بذلك الحرارة المنتقلة إلى الداخل، كما إن بعض أوقات النهار يكون السطح مظلاً في بعض أجزائه التي تقوم بتسريب الحرارة المكتسبة من الأجزاء المشمسة له.

2- إن لدرجة ميلان السقف أهمية في الكسب الحراري اعتماداً على زاوية ميلان الشمس، فعندما تكون زاوية الشمس مرتفعة تتعرض جميع أجزاء السقف للإشعاع الشمسي، وعندما تكون منخفضة فالسقف المائل بزوايا أكبر يتعرض إلى أكبر إشعاع شمسي وهذا واضح عند شروق الشمس وعند الغروب مقارنة بالسقف المستوي

### 3- اعتمد البحث طريقة لحساب المساحة المعرضة

للإشعاع الشمسي للسقف المقبب بدلاً من الطريقة التي تعتمد على تقسيم القبة إلى أشرطة وحسب زوايا ميل السطح المتبعة في الحسابات التي تعطي نتائج غير دقيقة فضلاً عن الجهد والوقت، لأن كل نقطة من سطح القبة تتلقى الإشعاع الشمسي بزوايا سقوط مختلفة، متمثلة بحساب مساحة المسقط المعرض للإشعاع الشمسي الذي يكون عمودياً على الإشعاع الشمسي في كل ساعة من ساعات النهار بمساعدة برنامج (Auto cad) التي يمكن اعتمادها لجميع أشكال السقوف منها المائل والجملون، ضمن الموسم الحار (تموز) والموسم البارد (كانون الأول).

4- إن اختلاف قيم الطاقة المعرضة للسقف عن قيم الطاقة المكتسبة بسبب تباين المساحة السطحية لإشكال السقف، واختلاف المقاومة الحرارية للسطح الخارجي للسقف (Rso) لاختلاف سرعة الرياح على تلك

10- إن التغطية بالسقف الجملون تزيد الاكتساب الحراري نتيجة للإشعاع الشمسي بحدود 13.756% عند مقارنتها مع السقف المستوي.

11- إن الخروج بتصاميم مختلفة ومتباينة للسقف حسب حاجة المبنى وخصائصه، تحقق جميعها كفاءة الأداء الحراري يكون بتوجيه المصمم إلى معالجات تتعلق بالمكونات الفيزيائية لخصائص عناصر السقف من حيث قيم المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة (U-Value) وفقا لمعدل الطاقة التي يجب إن يستلمها كل متر مربع من مساحة السقف.

12- تم تحديد منحنيات بسيطة للإشكال المختلفة للسقف، تمكن المصمم بعد تحديد مساحة السقف أن يتعرف على الطاقة المكتسبة للسقف لتمكنه من اتخاذ قرارات مناسبة لتحقيق الكفاءة الحرارية منها استخدام مواد بناء ذات الكفاءة الجيدة في العزل الحراري للسقف. أن استخدام المواد العازلة يفسح المجال للمصمم للتحكم بتغيير شكل السقف وتوجيهه بما يحقق أكبر قدر من المتطلبات التصميمية.

13- تم تحديد منحنيات بسيطة للإشكال المختلفة للسقف، تمكن المصمم بعد تحديد مساحة السقف أن يتعرف على الطاقة المكتسبة للسقف لتمكنه من اتخاذ قرارات مناسبة لتحقيق الكفاءة الحرارية منها استخدام مواد بناء ذات الكفاءة الجيدة في العزل الحراري للسقف. أن استخدام المواد العازلة يفسح المجال للمصمم للتحكم بتغيير شكل السقف وتوجيهه بما يحقق أكبر قدر من المتطلبات التصميمية.

#### ثانيا: التوصيات

1- أعطاه أهمية واضحة للتصميم الحراري لمركبة السقف على المستوى النظري والتطبيقي لإعطاء صورة متكاملة بيئيا لمنع تسرب مؤثرات البيئة (المناخية) إلى داخل المبنى.

التشكيلات، فعند زيادة سرعة الهواء تقل المقاومة الحرارية للسطح الخارجي (زيادة في عملية فقدان الحرارة للسقف) وتتم عملية إزاحة التكديس الحراري على السطح نتيجة لتحريك الهوائي.

5- اثبت البحث وجود تأثير للشكل الهندسي للسقف على مؤشرات كفاءة الأداء الحراري في المباني، وهذا التأثير يتباين بتغيير خصائص الشكل الهندسي للسقف، فهناك نقص في الطاقة المنقلة للسقف المقبب مقارنة بالسقف المستوي بينما السقف المائل والجملون فان هنالك زيادة في الطاقة المنقلة، وان السقف المقبب يكون ايجابيا ضمن الموسم الحار وسلبيا ضمن الموسم البارد.

6- إن الطاقة الشمسية المعرضة للسقف المقبب أكثر من السقف المستوي بحدود 16.923%، وان السقف المائل أكثر من السقف المستوي بحدود 1.434%، والسقف الجملون أكثر من السقف المستوي بحدود 2.573%، المهم هنا أنه عند حساب الطاقة المستلمة للسقف سوف تختلف هذه النسب ويعزى السبب في ذلك لاختلاف المقاومة الحرارية للسطح الخارجي للسقف (Rso) واختلاف سرعة الرياح على تلك التشكيلات وهذه احد إشكاليات الجدول حول كفاءة الأداء الحراري للسقف.

7- إن قيم الطاقة المنقلة للسقف المائل والجملون تتغير تبعا لاتجاه السقف وفي الوقت نفسه مع زاوية ميل السقف، فالطاقة المنقلة تقل مع زيادة زاوية ميل السقف.

8- إن التغطية بالسقف المقبب تقلل من الاكتساب الحراري نتيجة للإشعاع الشمسي بحدود 11.036% عند مقارنتها بالسقف المستوي.

9- إن التغطية بالسقف المائل تزيد الاكتساب الحراري نتيجة للإشعاع الشمسي بحدود 10.490% عند مقارنتها مع السقف المستوي.

- 4-محمد سليم، يونس محمود، "اثر قرارات التصميم المناخي الخاصة بالسيطرة على أشعة الشمس في ضوابط بناء المساكن لمدينة بغداد"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية، العراق، 1997م.
- 5-C. Gallo, Marco Sala & A. A. M. Sayigh, "Architecture- comfort and Energy", Pergamon Press Inc, 1998.
- 6-G. Z. Brown & Mark De Kay, "Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies", Wiley; 2 edition. 2000 .
- 7-Holger Koch-Nielsen, "Stay Cool: A Design Guide for the Built Environment in Hot Climates", Earth scan Publications Ltd ,2002.
- 8-Watson Donald. & Labs Kenneth, "Climatic Design, energy-efficient Building Principles and Practices", McGraw Hill Book Company, 1983.
- 9-Martin Evans, "Housing, Climate and Comfort", The Architecture Press, London, 1980.
- 10-Markus, T. A. & Morris, E. N, "Building Climate and Energy", Pitman Press Ltd, 1980.
- 11-Peter Droege, "Climate: Design: Design and Planning for the Age of Climate Change", ORO editions, 2009 .
- 12- www.squl.com
- 13-Cheung, K.P., "The sun and Building Design Process", University of Hong Kong, 1997. Available at: <http://arch.hku.hk/teaching/lectures/65156-8.htm>.
- 14-IHVE, "IHVE Guide Book A 1970", Curwen Press Ltd., 1971.
- 15-R. Lyman Ott, "An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis: Partial Student Solutions Manual", Cengage Learning; 5 editions, 2001.

- 2- تطوير وسائل التحليل والحسابات على وفق برامجيات الحاسوب التي تساعد على التنبؤ بالأداء الحراري للفضاء وفي مراحل التصميم المبكر لاتخاذ القرارات التصميمية الملائمة.
- 3- إعطاء الجانب البيئي أهمية كبيرة في الدراسة المعمارية البحثية والتصميمية للارتقاء بالعملية التصميمية وخلق موازنة بين التعبيرية والأدائية بجانبها الوظيفي والبيئي وبما يلاءم متطلبات المكان ومن ينتمي إليه.
- 4- استثمار نتائج البحث في الممارسة التطبيقية لاغناء العملية التصميمية بجانبها المناخي.
- 5- لقد انصب تركيز هذا البحث على التقييم الكمي لتأثير عدد محدد من المتغيرات على الأداء الحراري للسقف، وهناك العديد من الجوانب الأخرى لا تزال بحاجة إلى دراسة كمية مثل تأثير الحمل الداخلي على حركة الهواء، وتأثير التدرج الحراري للهواء مع اختلاف ارتفاع الفضاء الداخلي على الراحة الحرارية.
- 6- إعطاء خصوصية للبيئة العراقية فيما يتعلق بالشكل الذي يحقق المتطلبات التصميمية والمناخية.

#### المصادر:

- 1-الجوادى، د.مقداد، ويونس محمود، " طريقة مبسطة لتحقيق الموازنة بين المتطلبات التصميمية والمتطلبات المناخية للمساكن"، المجلة العراقية للهندسة المعمارية، السنة الأولى، العدد الرابع، تموز 2002م . p 222
- 2-Gerhard Hausladen, Michael de Saldanha, Petra Liedl, & Christina Sager, "Climate Design: Solutions for Buildings that Can Do More with Less Technology", Birkhäuser Basel; 1 edition, 2005.
- 3-السوداني، جمال عبد الواحد، " القباب وأثرها في البيئة الحرارية داخل الأبنية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية، العراق، 2007م.