JAUES

Journal of Al Azhar University Engineering Sector

Vol. 14, No. 52, July 2019, 1247-1257

THE EFFECT OF UTILIZING DYNAMIC SHADING ELEMENTS ON THERMAL PERFORMANCE IN OFFICE BUILDINGS IN EGYPT

Hadeer Maged Mohamed Abdel Hafez
Department of Architect Engineering, Ain Shams University
hadeermaged90@gmail.com

ABASTRACT
This research is based on two parts, one of them is theoretical and the other part is analytical. The theoretical part discusses the concept of the thermal comfort which is an integral part of the human comfort inside the office buildings, the methods of heat transfer to the inside of the building. It also discusses the effect of the design elements of facades on achieving the thermal comfort and the study of thermal insulation by both design elements and technical elements. It also deals with the presentation of examples of office buildings, the dynamic shading elements (the subject of the research) were applied in their facades and a comparison was made between these examples. In the analytical part of the research, the building of the Central Auditing Organization was selected as an office building in Egypt to study the possibility of using dynamic shading elements in its facade.

Key Words: Dynamic Shading Elements, Elevation Thermal Insulation, Thermal Comfort, Office Buildings.

تأثير استخدام التظليل الديناميكي على الأداء الحراري داخل المباني الإدارية في مصر

هدير ماجد محمد
طالبة بالدراسات العليا، كلية الهندسة، جامعة عين شمس

الملخص
يعتمد هذا البحث على جزئين، جزء نظري وجزء تحليلي. **الجزء النظري** يناقش مفهوم الراحة الحرارية التي هي جزء لا يتجزأ من الراحة الانسانية داخل المباني الإدارية، وطرق إنتقال الحرارة إلى داخل المبنى، كما يناقش تأثير عناصر الواجهات التصميمية في تحقيق الراحة الحرارية، ودراسة المعالجات الحرارية بكلٍ من: العناصر التصميمية والعناصر التقنية، كما أنه يتناول عرض لأمثلة لمباني إدارية تم تطبيق عناصر التظليل الديناميكي (موضوع البحث) بواجهاتها وعمل مقارنة بين هذه الأمثلة. وفي **الجزء التحليلي** من البحث، تم اختيار مبنى الجهاز المركزي للمحاسبات كمبنى إداري قائم في مصر؛ لدراسة إمكانية استخدام التظليل الديناميكي بواجهته.

الكلمات المفتاحية:
عناصر التظليل الديناميكية، المعالجات الحرارية للواجهات، الراحة الحرارية، المباني الإدارية.

١. مقدمة

تتجه دول العالم إلى تصميم مباني موفرة للطاقة، من خلال استخدام أنظمة وتقنيات حديثة بجانب استخدام معالجات حرارية بواجهات المباني، بإعتبار أن واجهات المبنى لها دور كبير في انتقال الحرارة إلى داخل فراغاته، فأصبحت المباني الحديثة مباني ذات واجهات معالجة حرارياً موفرة للطاقة، تحقق الراحة الحرارية والبيئة الداخلية المناسبة لمستخدمي المبنى.
ونجد في مصر تزايد في معدلات استهلاك الطاقة بما لا يتناسب مع النموالاقتصادي، لذلك يجب التوجه إلى استخدام معالجات حرارية بواجهات المباني بمختلف أنواعها كي تعمل على تخفيض الاستهلاك، ونظراً لأن نسبة المباني القائمة أكثر من المباني

الجاري تنفيذها، فمن المهم دراسة إمكانية جعل هذه المباني موفرة للطاقة وتحقق الراحة الحرارية داخل فراغاتها؛ حتى تتماشى مع التقدم السريع في عصر المعلومات.

٢. المشكلة البحثية:

تتمثل إحدى مشاكل المباني الإدارية القائمة في زيادة نسبة الفتحات والزجاج بواجهاتها مما يؤدي إلى ارتفاع الأحمال الحرارية بها ؛ ولذلك أثبتت دراسات سابقة لمكتب الإلتزام البيئي والتنمية المستدامة، أن استهلاك المباني الإدارية للطاقة يعادل ٣٠ % من استهلاك الطاقة الكلي في مصر[١٠]، من خلال استخدام أجهزة التكييف لتحقيق الراحة الحرارية داخل المبنى، وهذه النسبة في تزايد مستمر، وبالتالي يجب إيجاد حل لتقليل الاستهلاك مع تحقيق الراحة الحرارية.

٣. فرضية البحث :

يمكن تقليل الحمل الحراري للمبنى وتحقيق الراحة الحرارية داخله، من خلال إستخدام أحد المعالجات الحرارية كتطبيق عناصر تظليل ديناميكية (Dynamic Shading Elements)، مثل الكاسرات الديناميكية المستجيبة لحركة الشمس (Dynamic Louvers) بواجهات مبنى إداري قائم.

شكل (١) عناصر تظليل رأسية ميكانيكية

شكل (٢) عناصر تظليل أفقية ميكانيكية

٤. خطة البحث:

- تجميع معلومات من الدراسات السابقة لمعرفة المفاهيم المعمارية والعوامل المؤثرة في تحقيق الراحة الحرارية داخل المباني .
- عمل دراسة تحليلية لدور الواجهات وتأثيرها على الأداء الحراري للمبنى وتحقيق الراحة الحرارية داخله.
- عمل مقارنة بين طرق المعالجات الحرارية لتظليل الواجهات للتعرف على إمكانياتها المختلفة.
- دراسة وتحليل مباني إدارية تم تطبيق عناصر التظليل الديناميكية بواجهاتها، ودراسة تأثير ذلك في تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات، وكذلك تأثيرها في توفير الطاقة المستهلكة.
- عمل محاكاة لتطبيق التظليل الديناميكي بواجهات مبنى إداري قائم في مصر.

٥. أهمية البحث :

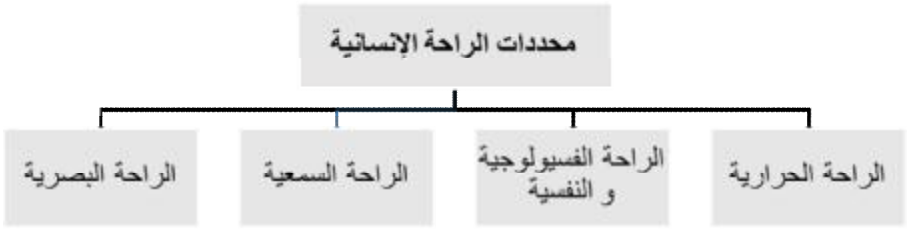
إن الوصول إلى نتائج فعالة من استخدام (Dynamic louvers) في مبنى إداري قائم في مصر أمر مهم، وسيعد أحد الحلول الفعالة التي يمكن الاستناد إليها وتطبيقها في مباني عديدة قائمة، وتحسين كفاءة المباني في إستهلاك الطاقة.

٦. مظاهر تأثير البيئة على الإنسان

يتأثر الإنسان بالبيئة المحيطة به، حيث أنها تؤثر في شعوره بالراحة فيستطيع جسمه القيام بالوظائف الحيوية بشكل طبيعي، وتؤثر على مستوى أدائه سواء مستويات الأداء الذهنية أو العضلية، كما تؤثر على حالته الصحية وعلى قدرته على مقاومة الأمراض.[١]

إن الراحة الحرارية (موضوع البحث) هي جزء لا يتجزأ من الراحة الإنسانية التي يجب تحقيقها داخل فراغات المباني. ويتمثل دور المعماري في تحقيق أكبر قدر ممكن من الراحة الحرارية لمستخدمي المبنى، مع توفير أكبر قدر ممكن من الطاقة المستهلكة في عمليات التبريد صيفاً والتدفئة شتاءً. ولتحديد الوسط الحراري المناسب لأي مبنى يجب معرفة أولاً نوع المبنى، وطبيعة مستخدميه من حيث السن والجنس ونوعية النشاط المبذول داخل فراغات هذا المبنى.[١]

يجب توفير مجموعة من المحددات لتحقيق الراحة الإنسانية، ومع ذلك تختلف هذه المحددات من شخص لآخر ومن مجتمع لآخر، وذلك طبقاً للحالة الصحية للفرد، وجنسه ذكراً كان أم أنثي، كما يختلف مجال الراحة الإنسانية في العموم من فرد لآخر على مدار العام، وتشمل محددات الراحة الإنسانية الآتي (شكل ٣):



شكل (٣) محددات الراحة الإنسانية

إن وظيفة المعماري، كمصمم للبيئة الداخلية التي يستخدمها الإنسان، أن يحقق التكامل بين البيئة الداخلة والخارجية، بأن يتحكم في جميع المؤثرات المناخية والسمعية والبصرية لتحقيق الراحة الإنسانية داخل فراغات المبنى، ومن الأفضل توفير الراحة من خلال توفير التهوية والإضاءة الطبيعية كلما أمكن، ويكون اللجوء إلى الوسائل الميكانيكية في حالة عدم تحقيق الراحة الحرارية بالوسائل الطبيعية، مع الوضع في الاعتبار ترشيد استهلاك الطاقة.[١]

٧. تعريف الراحة الحرارية

الراحة الحرارية هي الشعور بالراحة الجسدية والنفسية للإنسان؛ لذلك تعتبر الراحة الحرارية هي أهم العوامل الفسيولوجية التي تؤثر على الراحة العامة للإنسان. ترتبط الراحة الحرارية للإنسان بالظروف المناخية المحيطة وعدة عوامل مختلفة، فيشعر بالراحة الحرارية عند حدوث اتزان بين المؤثرات المناخية الخارجية وجسم الإنسان، وذلك من خلال فقد درجة حرارة الجسم الزائدة وكذلك رطوبته بنفس معدل إنتاج الجسم لهما مع الحفاظ على ثبات درجة حرارة الجسم عند ٣٧° س.[١]

٨. تأثير تصميم واجهات المباني الإدارية على الراحة الحرارية

إن تصميم واجهات أي مبنى يعتمد بشكل رئيسي على نوع المبنى، فالمباني الإدارية ذات طابع مميز؛ حيث يتم فيها التعامل المباشر بين الموظفين والجمهور، مما يجعل الموظفين في حاجة لبيئة داخلية مناسبة لطبيعة عملهم تتوافر بها الراحة الحرارية، بالتالي يجب مراعاة ذلك في تصميم الواجهات من خلال اختيار عناصر معمارية تحد من اكتساب الطاقة الحرارية، ونفاذ الأشعة الشمسية إلى داخل المبنى، من ثم الوصول إلى الراحة الحرارية مع خفض استهلاك المبنى للطاقة المستخدمة في أجهزة التكييف.

٩. العناصر التصميمية التي تؤثر في المعالجات الحرارية للواجهات

هناك بعض العناصر المعمارية التي تؤثر في المعالجات المستخدمة بالواجهات من أجل تحقيق الراحة الحرارية وهي كالآتي :

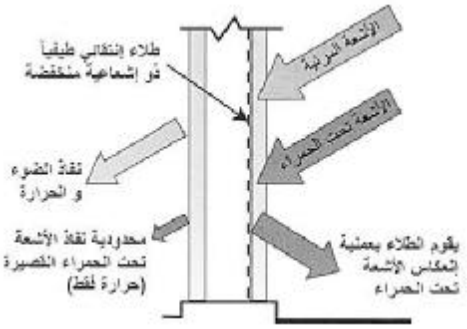
- توجيه الفتحات وعلاقته باتجاه الرياح
- الموقع الرأسي للفتحات
- التهوية العرضية
- مساحة الفتحات بالواجهة
- طريقة فتح النافذة
- سمك الحائط

١٠. تأثير زجاج الواجهات على الراحة الحرارية

احتل الزجاج قدراً كبيراً من الدراسات والتطوير والتحديث المستمر في صناعته، لإنتاج أنواع كثيرة مستحدثة ومعالجة حرارياً لملاءمة الظروف البيئية للمبنى. ونظراً للتقدم التكنولوجي في الصناعة فقد تم تصنيع أنواع مختلفة للزجاج لتساعد على تقليل استهلاك الطاقة في المباني، وذلك من خلال التحكم في سريان الحرارة خلال الزجاج عند وجود فرق في درجات الحرارة بين داخل المبنى وخارجه، عن طريق ثلاثة طرق هي : خفض الانتقالية الحرارية للزجاج، خفض قيمة معامل إظلال الزجاج، والتحكم في نفاذية الضوء خلال الزجاج عن طريق استخدام تقنية الأغشية الرقيقة.[٣]

تختلف أنواع الزجاج من حيث ميكانيكية انتقال الحرارة خلال الزجاج، فعند سقوط أشعة الشمس مباشرة على الزجاج فإن نسبة من الأشعة تنعكس للخارج، ونسبة يمتصها الزجاج نفسه، ونسبة تنفذ إلى داخل الفراغ، وتختلف الأنواع أيضاً في التعامل مع الأطوال الموجية المختلفة للإشعاع الشمسي، حيث أن الإشعاع الشمسي يتكون من عدة إشعاعات تختلف في الأطوال الموجية، فمنها أشعة مرغوب فيها كالضوء المرئي، ومنها ماهو ضار كالأشعة الفوق بنفسيجية والأشعة تحت الحمراء،

وبالتالي أفضل نوع زجاج هو الذي يسمح بدخول الضوء المرئي ويمنع دخول الأشعة فوق البنفسيجية والأشعة تحت الحمراء، حيث أن لها تأثير كبير في ارتفاع درجة حرارة الهواء الداخلي.[٣] [٥]



شكل (٤) سلوك الإشعاع الشمسي خلال لوح زجاجي

هناك أنواع مختلفة لزجاج الواجهات منها:[٣]

- الزجاج الضوئي Photo Chromic Glass
- الزجاج المزدوج متعدد الانعكاسات Multi-Reflective Glass
- الزجاج المعالج حرارياً Heat Treated Glass
- الزجاج منخفض الانبعاثية Low E Glass

شكل (٥) نموذج لشكل الزجاج الضوئي [٦]

شكل (٦) واجهة مبنى إداري في الصين من الزجاج الضوئي [٦]

شكل (٧) قطاع في وحدة زجاج متعدد الانعكاسات [٧]

شكل (٨) ألوان الزجاج الملون المعالج حرارياً [٨]

١١.طرق معالجات الواجهات حرارياً بالعناصر التقنية

تنقسم واجهات المباني إلى نوعين من الواجهات، فإما أن تكون الواجهة من حائط واحد (مفردة)، أو تكون واجهة مكونة من أكثر من حائط (مزدوجة أو متعددة الطبقات)، تم معالجة واجهات المباني الإدارية حرارياً من خلال استخدام عناصر معالجة، كالكاسرات والأسلحة الأفقية والرأسية؛ للوصول إلى الراحة الحرارية داخل فراغات المبنى، ومع التقدم التقني تم تطوير أشكال المعاجات الحرارية، واستخدام مواد البناء الحديثة المعالجة حرارياً، كالزجاج وكسوات الواجهات والتقنيات الكهروضوئية. فتم استخدام كل هذه التقنيات الحديثة في واجهات المباني الإدارية بهدف تحقيق الراحة الحرارية، مما أعطى طابعاً خاصاً للمباني الإدارية وجعلها تختلف في الشكل عن غيرها من المباني ذات الاستخدامات الأخرى، فارتبط استخدام هذه التقنيات بشكل كبير بالمباني الإدارية.[٤]

هناك **أنواع مختلفة للعناصر التقنية لمعالجة واجهات المباني الإدارية** منها :

- الواجهات المزدوجة Double Skin Façade
- الواجهات الكهروضوئية PV Façade
- الكاسرات المتحركة Movable Louvers
- النوافذ الذكية Intelligent Windows
- تكسيات الواجهات المعالجة حرارياً
- الخلايا الكهروضوئية Photovoltaic Cells
- المرشحات الشمسية Solar Filters

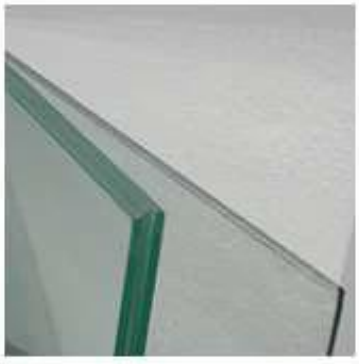
شكل (٩) واجهة مزدوجة متعددة الأدوار

شكل (١٠) واجهة كهروضوئية بمبنى Hearst Tower

شكل (١١) الكاسرات المتحركة الداخلية

شكل (١٢) الكاسرات المتحركة الخارجية

شكل (١٣) مرشحات ضوئية- شرائح معدنية



شكل (١٤) مرشحات ضوئية- ألواح من الأكريليك

١٢. أمثلة على تطبيق التظليل الديناميكي في المباني الإدارية [٢]

اسم المبنى	شكل المبنى	طريقة التظليل	نسبة توفير الطاقة
Kiefer Technic Showroom		واقيات شمس ديناميكية مستجيبة لحركة الشمس قابلة للطي مصنوعة من الألومنيوم	**٨.٩- ٣٨.٥%**
Al Bahr Towers		مشربية خشبية ديناميكية مستجيبة لحركة الشمس	**تعمل على تقليل نفاذ أشعة الشمس للداخل إلى النصف**
GWS Head-quarters		نوافذ ذكية وكاسرات متحركة مستجيبة لحركة الشمس	**تصل إلى ٤٠%**
Glaxo-Wellcome House West		ستائر ديناميكية تعمل بمستشعرات الضوء	**تصل إلى ٤٨%**

اسم المبنى	شكل المبنى	طريقة التظليل	نسبة توفير الطاقة
Commerz-bank Headquarters		ستائر تظليل ديناميكية ويمكن التحكم بها يدوياً	**٣٠-٢٥%**
Environmental Building		كاسرات شمس زجاجية مبرمجة	**٣١%**
Helicon		ستائر ديناميكية داخلية وكاسرات ديناميكية خارجية مستجيبة لحركة الشمس	**تصل إلى ٤٥%**
Headquarters of Gotz		ستائر معدنية ديناميكية مستجيبة لحركة الشمس موجودة داخل تجويف الواجهة الزجاجية	**٦٠%**

اسم المبنى	شكل المبنى	طريقة التظليل	نسبة توفير الطاقة
Phoenix Central Library		كاسرات شمس ديناميكية بالواجهة الجنوبية وأشرعة ثابتة بالواجهة الشمالية	**٩.٢-١.٣%**
Business Promotion Centre		ستائر معدنية مستجيبة تعمل تلقائياً موجودة بتجويف الواجهة الزجاجية	**لا توجد معلومات عن نسبة توفير الطاقة نظراً لسياسة الشركة**
SUVA Insurance Company		شرائح ولوحات زجاجية مستجيبة	**تقليل انتقال الحرارة إلى داخل المبنى بنسبة ٥٨-٧٣%**
Occidental Chemical Centre		كاسرات ديناميكية مستجيبة لحركة الشمس توجد بتجويف الواجهة	**تصل إلى ٦٧%**

١٣. إمكانية تطبيق التظليل الديناميكي بواجهات المباني الإدارية القائمة في مصر

هناك عدة مباني إدارية قائمة في مصر يمكن تطبيق عناصر التظليل الديناميكي بواجهاتها، فنجد أن مبنى الجهاز المركزي للمحاسبات، فهو مبنى حكومي يقع على طريق صلاح سالم تقاطع شارع يوسف عباس مدينة نصر القاهرة، المبنى يحتوي على مكاتب إدارية ومكون من دور أرضي و١٣ دور، تم تأسيسه عام ١٩٤٢.[٩]

شكل (١٥) واجهة مبنى الجهاز المركزي للمحاسبات- صورة قديمة

شكل (١٦) واجهة مبنى الجهاز المركزي للمحاسبات- صورة حديثة

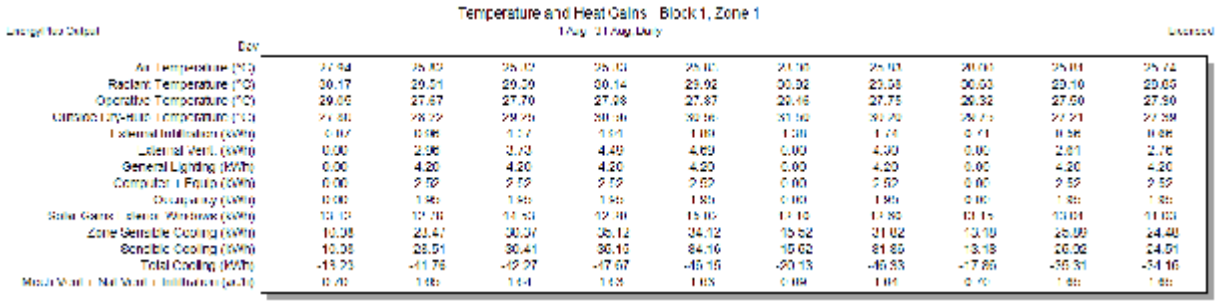
تم اختيار هذا المبنى للدراسة لثلاثة أسباب، **السبب الأول** لأنه مبنى إداري قائم يشغل مساحة كبيرة، وكذلك عدد كبير من الأدوار، ويبلغ المجموع الكلى لعدد العاملين بالجهاز على اختلاف مجموعاتهم الوظيفية أثنى عشر ألف موظف، حيث يحتوي على ثلاثة وأربعون إدارة مركزية وست وثلاثين إدارة مراقبة حسابات، مما يزيد من استهلاك المبنى للطاقة خلال فترات النهار (ساعات العمل اليومية)، و**السبب الثاني** أنه يحقق أسس ومعايير تصميم المباني الإدارية، حيث يعتمد تصميم الواجهة على شبكة تصميمية ثابتة فهي واجهة تقليدية، وهي واجهة شمالية غربية، و**السبب الثالث** أنه لا يوجد معالجات حرارية بواجهة المبنى، حيث تعتمد فراغات المبنى الداخلية على الستائر التي يتم فتحها وغلقها يدوياً.

شكل (١٧) مسقط أفقي لغرفة إدارية- بتصرف الباحث

قد تم إختيار غرفة إدارية تقع على الواجهة الرئيسية للمبنى، وهي واجهة شمالية غربية، وبها أكبر شباك على الواجهة، حيث أن أبعاد الغرفة: العرض ٦م والعمق ٤م، ويبلغ إرتفاع سقف الغرفة ٣م، ولا يوجد أسقف مستعارة، وأبعاد الشباك: العرض ٥.٧٠م والارتفاع ١.٢٠م على جلسة ارتفاعها ١م، حيث يتكون الشباك من ٦ ضلف منزلقة من الزجاج الشفاف، ويوجد مكان لوضع ستارة معدنية داخلية، ولكن لا توجد ستارة مستخدمة.

باستخدام برنامج Design Builder + Energy Plus، لعمل محاكاة لهذا الفراغ الإداري في الوضع القائم، وبعد تطبيق كاسرات رأسية (من الألومنيوم) خارجية متحركة مستجيبة لحركة الشمس؛ لقياس درجة حرارة الفراغ الداخلية، وأحمال التبريد المطلوبة لضبط درجة حرارة الفراغ في الحالتين، في شهر أغسطس خلال ساعات العمل من الساعة الثامنة صباحاً حتى الساعة الثالثة مساءاً، فكانت النتائج كالتالي:

الوضع القائم: أعلى درجة حرارة داخل الفراغ خلال ساعات العمل هي ٣٠ °س، وأعلى نسبة اكتساب الحرارة خلال النافذة هي ١٥ ك.وات/الساعة.


Temperature and Heat Gains Block 1, Zone 1

Zone	Design Capacity (kW)	Design Flow Rate (m3/s)	Total Cooling Load (kW)	Sensible (kW)	Latent (kW)	Air Temperature (°C)
الجهاز المركزي للمحاسبات Total Design Cooling Requirement = 4.520 (kW)						
Block 1 Total Design Cooling Requirement = 4.520 (kW)						
Zone 1	**4.52**	**0.31**	3.48	3.42	0.06	24.0

شكل (١٨) قياسات درجات الحرارة للفراغ والاكتساب الحراري وأحمال التبريد بالوضع القائم

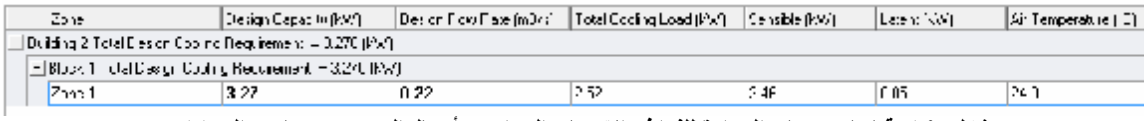
بعد تطبيق الكاسرات الرأسية الخارجية المستجيبة لحركة الشمس:

نظراً لأن الكاسرات مستجيبة لحركة الشمس، فهناك تغيير في زوايا ميل الكاسرات كل فترة زمنية؛ لذلك قام الباحث بقياس درجات الحرارة للفراغ الداخلي ونسبة الاكتساب الحراري خلال النافذة وكذلك أحمال التبريد، في الفترات (٨ص – ١١ص)، (١١ص -١م)، (١م – ٣م)، فكانت القياسات كالتالي:

Temperature and Heat Gains - Block 1, Zone 1

EnergyPlus Output — 1 Aug - 31 Aug (Zone conditions reported for occupied periods only), Daily — Licensed

Day										
Air Temperature (°C)	0.00	24.00	24.00	24.00	24.00	0.00	24.00	0.00	24.00	24.00
Radiant Temperature (°C)	0.00	27.65	27.51	28.61	27.93	0.00	27.88	0.00	27.40	27.05
Operative Temperature (°C)	0.00	25.82	25.76	26.30	25.96	0.00	25.94	0.00	25.70	25.53
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	27.80	28.22	29.25	30.56	30.56	31.50	30.20	29.75	27.21	27.39
External Infiltration (kWh)	0.04	1.00	1.41	1.91	1.89	1.38	1.75	0.71	0.67	0.80
External Vent. (kWh)	0.00	2.96	3.73	4.49	4.69	0.00	4.30	0.00	2.61	2.76
General Lighting (kWh)	0.00	1.20	1.20	1.20	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	1.20
Computer + Equip (kWh)	0.00	0.72	0.72	0.72	0.72	0.00	0.72	0.00	0.72	0.72
Occupancy (kWh)	0.00	0.56	0.56	0.56	0.56	0.00	0.56	0.00	0.56	0.56
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	7.04	6.77	7.31	6.45	7.22	6.42	5.60	5.64	5.40	5.09
Zone Sensible Cooling (kWh)	-5.01	-17.69	-19.00	-24.77	-21.98	-10.18	-20.62	-6.62	-15.01	-14.47
Sensible Cooling (kWh)	-5.01	-17.72	-19.02	-24.81	-22.01	-10.18	-20.66	-6.62	-15.03	-14.49
Total Cooling (kWh)	-7.24	-28.30	-28.53	-35.38	-31.66	-13.98	-32.55	-9.85	-22.15	-21.98
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0.70	1.65	1.64	1.63	1.63	0.69	1.64	0.70	1.65	1.65

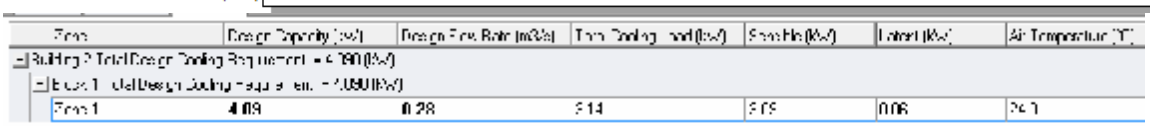


شكل (١٩) قياسات درجات الحرارة للفراغ والاكتساب الحراري وأحمال التبريد – من ٨ص إلى ١١ص

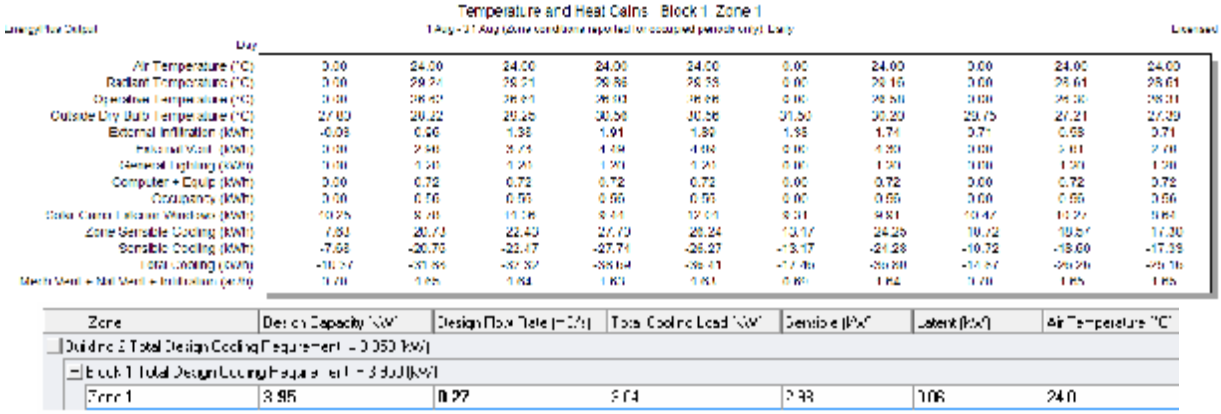
Temperature and Heat Gains - Block 1, Zone 1

EnergyPlus Output — 1 Aug - 31 Aug (Zone conditions reported for occupied periods only), Daily — Licensed

Day										
Air Temperature (°C)	0.00	24.00	24.00	24.00	24.00	0.00	24.00	0.00	24.00	24.00
Radiant Temperature (°C)	0.00	28.35	28.34	29.19	28.54	0.00	28.40	0.00	28.05	27.85
Operative Temperature (°C)	0.00	26.17	26.17	26.60	26.27	0.00	26.20	0.00	26.03	25.92
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	27.80	28.22	29.25	30.56	30.56	31.50	30.20	29.75	27.21	27.39
External Infiltration (kWh)	-0.02	0.97	1.38	1.91	1.89	1.38	1.74	0.71	0.59	0.73
External Vent. (kWh)	0.00	2.96	3.73	4.49	4.69	0.00	4.30	0.00	2.61	2.76
General Lighting (kWh)	0.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.60
Computer + Equip (kWh)	0.00	0.36	0.36	0.36	0.36	0.00	0.36	0.00	0.36	0.36
Occupancy (kWh)	0.00	0.28	0.28	0.28	0.28	0.00	0.28	0.00	0.28	0.28
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	10.33	9.96	11.62	9.49	12.02	9.40	9.25	9.69	9.46	8.05
Zone Sensible Cooling (kWh)	-7.53	-19.66	-21.36	-26.70	-24.97	-13.12	-22.64	-9.87	-16.82	-15.71
Sensible Cooling (kWh)	-7.53	-19.70	-21.39	-26.74	-25.01	-13.12	-22.68	-9.87	-16.85	-15.74
Total Cooling (kWh)	-10.21	-30.57	-31.10	-37.54	-34.86	-17.41	-34.84	-13.84	-24.11	-23.23
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0.70	1.65	1.64	1.63	1.63	0.69	1.64	0.70	1.65	1.65



شكل (٢٠) قياسات درجات الحرارة للفراغ والاكتساب الحراري وأحمال التبريد – من ١١ص إلى ١م



شكل (٢١) قياسات درجات الحرارة للفراغ والاكتساب الحراري وأحمال التبريد – من ١م إلى ٣م

١٤. النتـــائج

- من خلال عمل مقارنة بين الأمثلة التي تم عرضها في البحث وتحليل نتائج تطبيق عناصر التظليل المختلفة، وجد أن عناصر التظليل الديناميكية المستخدمة بواجهة المبنى من الخارج، قد حققت نسب عالية في توفير الطاقة المستهلكة في المبنى عن غيرها، فتراوحت نسب توفير الطاقة بين ٢٥-٦٧ %
- من خلال النتائج التي توصل إليها البحث، بتطبيق الكاسرات الرأسية المتحركة المستجيبة لحركة الشمس لفراغ إداري بمبنى الجهاز المركزي للمحاسبات، نجد أن هناك خفض في درجة حرارة الفراغ الداخلي لتصبح ٢٥° - ٢٧° س بدلاً من ٣٠° - ٣١° س في الوضع القائم، كذلك هناك خفض في كمية الحرارة المكتسبة خلال النافذة، مما يوفر في أحمال التبريد بنسبة تتراوح بين ١٠% - ٢٧% يومياً خلال ساعات العمل في شهر أغسطس
- يوصى في الدراسات المستقبلية دراسة الموضوع بشكل أشمل، ودراسة الجوانب الأخرى التي لم يغطيها هذا البحث، كعمل تكامل بين جانب الإضاءة والجانب الحراري، والوصول إلى نتائج استخدام التظليل الديناميكي على الجانبين معاً في مبنى الجهاز المركزي للمحاسبات

المراجع

1. Fabbri, K. (2015), "Indoor Thermal Comfort Perception", Italy: Springer International Publishing.
2. W. Michael, Jude Harris (2012), "Intelligent Skins", London, A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd.
3. Compagano, A. (2008), "Intelligent Glass Façade ", Berlin, Brik Hauser Publisher for Architecture.
4. Poirazis, H. (2004), "Double Skin Façade for Office Building ", Literature Review, Lund Institute of Technology, Swedish University.
5. Smith, G., S., Dligatch, and M. Ng. (2008), "Optimizing Daylighting and Thermal Performance of Windows with Angular Selectivity", Sydney: Department of Applied Physics, University of Technology.

المواقع الإلكترونية:

6. https://inhabitat.com/soms-elliptical-agile-corporation-headquarters-has-strategically-placed-fins-to-mitigate-solar-gain/
7. http://www.plasto.ee
8. http://installation.showerdoorsnyc.net/2016/03/color-glass-laminated.html
9. http://www.asa.gov.eg/page.aspx?id=1 , Last accessed 03-12-2018.
10. http://www.wataninet.com/2013/04/٧٩٦٧٥/الإدا-المباني-في-الطاقة-لترشيد-مبادرة/ , Last accessed 30-01-2019.