Journal of
Engineering Sciences
Faculty of Engineering
Assiut University
JES
مجلة
العلوم الهندسية
كلية الهندسة
جامعة أسيوط
journal homepage: http://jesaun.journals.ekb.eg

Methods for Improving lighting Inside Educational Buildings and Their Role in Improving Visual Performance
Case study: A Classroom in the City of Tama, Sohag Governorate
سبل الارتقاء بالإضاءة داخل المباني التعليمية ودورها في تحسين الاداء البصرى بها (دراسة حاله: أحد الفصول الدراسية بالمدارس بمدينة طما محافظه سوهاج)

Received 7 October 2024; Revised 17 November 2024; Accepted 17 November 2024

Abstract : Natural light and artificial light are two essential factors in classrooms. Natural lighting contributes to increasing the intellectual and physical performance of both students and teachers, thus enhancing the learning process within the classroom. There is no doubt that the classroom cannot be lit by natural lighting only throughout the whole day, so artificial lighting is necessary. The research problem appears in the presence of glare due to natural lighting, also an increase or decrease in its percentage beyond the permissible limit, which causes the lack of visual comfort within the classroom. Therefore, The research paper aims to study the determinants and factors that affect lighting inside the classroom, and then determine the appropriate processors and choose the best ones to improve visual performance and achieve visual comfort within it. This was applied to a school in the city of Tema, Sohag Governorate, as a model for schools in desert environments with high solar radiation, using the (Design Builder program) as a simulation program. The study found that the determinants that affect lighting condition in existing buildings are sun breakers, type of glass, colour of walls and ceilings, and artificial lighting. It was found that a compound of breakers with a protrusions of (0.75 meters) for the western facade classrooms achieves the highest percentage in reducing the percentage of natural lighting and reaching the permissible limit in lighting, which is (300: 2000 lux), with regard to studying at open and closed windows, and during winter and summer time at all times of the day.

الملخص

يعد الضوء الطبيعي والصناعي عنصران أساسيان داخل الفصول الدراسية، حيث تسهم الإضاءة الطبيعية في دعم الأداء الفكري والبدني لكل من الطلاب والمعلمين ومن ثم

[1] مي حمدي عبداللطيف
Mai Hamdy Abd ElLatif
[2] احمد عبد الرحيم فرغلي
Ahmed Abd ElRahim Farghaly
[3] محمد حلمي المرسى الحفناوي
Mohamed Helmy Al-Morsy Al-Hafnawy

Keywords: Lighting – Class rooms - Sun breakers - Educational buildings – Glare

[1] باحثة دراسات عليا بقسم الإنشاءات المدنية والمعمارية- كلية التكنولوجيا والتعليم جامعة سوهاج (engmaihamdy1992@gmail.com)
[2] عميد كلية التكنولوجيا والتعليم- جامعة سوهاج (Farghaly@techedu.sohag.edu.eg)
[3] استاذ ورئيس قسم العمارة ووكيل كلية الفنون الجميلة- جامعة أسيوط (Mohamedhelmy@farts.aun.edu.eg)

https://doi.org/10.21608/JESAUN.2024.326638.1373
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

تعزيز العملية التعليمية، ومما لا شك فيه أن الأنشطة التي تدور بالفصل الدراسي يصعب دعمها من خلال الإضاءة الطبيعية فقط على مدار اليوم، ولذلك فأن الإضاءة الصناعية تصبح ضرورية. وتظهر الإشكالية البحثية في وجود إبهار بسبب الإضاءة الطبيعية وكذلك زيادة أو نقصان نسبتها عن الحد المسموح به، مما يسبب عدم الراحة البصرية داخل الفصل الدراسي. لذا يهدف البحث إلي دراسة المحددات والعوامل التي تؤثر علي الإضاءة داخل الفصل الدراسي ومن ثم تحديد المعالجات المناسبة واختيار الأفضل لتحسين الأداء البصري وتحقيق الراحة البصرية داخله. وقد تم تطبيق ذلك على مدرسة في مدينة طما بمحافظة سوهاج, كنموذج لمدارس البيئات الصحراوية ذات الإشعاع الشمسي العالي, وذلك باستخدام برنامج *design builder* كأحد برامج المحاكاة.

وتوصلت الدراسة إلي أن المحددات التي تؤثر علي الإضاءة في المباني القائمة وتحتاج الي التعديل هي الكاسرات الشمسية ونوع الزجاج وأن المحددات المتحققة والتي لا تحتاج الي تدخل هي لون الحوائط والأسقف والإضاءة الصناعية، وتبين أن الكاسرة المركبة ببروز ٠,٧٥ متر لفصول الواجهة الغربية تحقق النسبة الأعلى في تقليل نسبة الإضاءة الطبيعية والوصول إلي الحد المسموح به في الإضاءة هو من (٣٠٠: ٢٠٠٠ لوكس) وذلك بالنسبة للدراسة علي النوافذ المفتوحة والمغلقة، وفي فصل الشتاء والصيف لجميع الاوقات باليوم.

الكلمات الرئيسية
الإضاءة - الفصول الدراسية- الكاسرات الشمسية- المباني التعليمية - الإبهار

١. المقدمة

في السنوات الاخيرة تم إنشاء العديد من المباني التعليمية في إقليم جنوب الصعيد ومنها محافظة سوهاج. ويؤثر هذا القصور سلبًا على قدرة الطلاب على النجاح الأكاديمي. حيث تساهم تحقيق الراحة البصرية داخل الفصول الدراسية في خلق بيئة تعليمية مناسبة للطلاب الذين يقضون بها معظم يومهم بنسبة تصل إلى ٧٠٪، حيث يعمل الضوء الطبيعي كمصدر إضاءة أساسي في الفصول الدراسية، مما يؤثر بشكل كبير على سلوك الإنسان وراحته ومزاجه على المستويات البيولوجية والفسيولوجية. كما أنه يعزز مشاركة الطلاب ويعزز الإنتاجية والشعور بالتوازن نتيجة الإحساس بالاتصال الخارجي. بالإضافة إلى ذلك، تعد الإضاءة الصناعية ضرورية للتعويض عن نقص الضوء الطبيعي أثناء الطقس العاصف وفي الفصول المسائية في أوائل وأواخر الشتاء[١].

١,١ الإشكالية البحثية

من المشاهدة والملاحظة أثناء الزيارات المتكررة للفصول الدراسية بمدرسة الحسيني أبو ضيف الثانوية وأخذ بعض الصور الفتوغرافية وكذلك التحدث مع الطلاب والمعلمين وطرح بعض الأسئلة عن مدى فعالية الإضاءة في الفصول الدراسية ومدى ملاءمتها للوظائف التعليمية، وكذلك مدى توافقها مع طرق التدريس المعاصرة، بالإضافة إلي قياس مستويات الإضاءة لبعض الفصول الدراسية علي الواجهتين الشرقية والغربية بالمدرسة, والتي أوضحت عدم مناسبة الإضاءة للوظائف داخل الفصول الدراسية ولم تنل رضاء المستخدمين والذي ظهر عند سؤالهم عن تحقيق الراحة البصرية، وأشارت معظم الإجابات إلى أن شدة الإضاءة في الجانب الغربي مرتفعة خاصة في فصل الشتاء الفترة المسائية، مما يصعب علي الطلاب الرؤية وكذلك الكتابة على السبورة الإلكترونية غير واضحة. وفي المقابل أفاد الطلاب في الجانب الشرقي من المبني برؤية جيدة وكتابة واضحة على السبورة الإلكترونية، وتبين من ذلك وجود

مشاكل في الإضاءة الطبيعية في الفصول الدراسية بالجانب الغربي من المبنى. ويتجلى هذا في السطوع المفرط الذي يؤدي إلى الإبهار. ويوضح الشكل(١) زيادة شدة الاضاءة في الاماكن القريبة من النوافذ

شكل(١) زيادة شدة الاضاءة في الاماكن القريبة من النوافذ

٢,١ الدراسات السابقة التي تتناول موضوع البحث

يمكن اجمال الدراسات السابقة التي تتناول موضوع البحث في التالي:

وفي دراسة لـ Vincenzo Costanzo لعام ٢٠١٧- تم التركيز علي استخدام الكاسرات الشمسية لتجنب مشاكل الإبهار مع السماح بمستويات إضاءة جيدة خاصة في الفصول الدراسية ذات الإضاءة الجانبية الموجهة نحو الجنوب من ناحية أخرى، تعد الفصول الدراسية الموجهة نحو الشمال هي الأفضل أداءً من حيث كمية الضوء (المنتشر بشكل أساسي من السماء) وتجنب الإبهار، حيث يخترق الضوء بشكل غير مباشر الفصل الدراسي[٢٢].

وفي دراسة اخري لـ احمد حليم حسين لعام ٢٠٢٢- تم التركيز علي استخدام الكاسرات الشمسية في إضاءة الفراغات التعليمية إذ تُعتبر مصدر للإضاءة الطبيعية غير المباشرة و تعمل علي تحقيق توزيع منتظم ومتجانس للإضاءة داخل الفراغات، مع تجنب أشعة الشمس المباشرة والتي تكون غالبا في المناطق القريبة من النافذة مما يساهم في تحقيق الراحة الضوئية[١].

- وفي دراسة أخري لـ Khaoula Lakhdariand لعام ٢٠٢٢- تم التركيز علي تحديد معايير لتصميم النوافذ المناسبة للفصول الدراسية في مناخ الجاف الحار بمدينة الجزائر لتحقيق الراحة البصرية وتم دراسة نسب النوافذ إلى الجدران لاتجاهات الفصول الدراسية المختلفة إلى أنه قد يكون هناك مجال بشكل عام لزيادة ضوء النهار، وتم استخدام برنامج grasshopper وإدخال كافة التفاصيل والمعالجات باستخدام نسب أعلى للنوافذ, من النتائج وجد أن نسبة النوافذ إلى الجدران المثلى للفصول الدراسية غير المظللة ذات الاتجاه الشمالي تبلغ ٣٠٪، بينما بالنسبة للاتجاه الجنوبي، فإن نسبة النوافذ إلى الجدران البالغة ٤٠٪ جنبًا إلى جنب مع الزجاج الشفاف والتظليل الأفقي قدمت أفضل حل. والاتجاهات الشرقية والغربية (نسبة النوافذ إلى الجدران ٥٠- ٦٠٪)، اعتمادًا على أجهزة التظليل[٢٠].

- في دراسة أخري لـ Khalid A. Al-Sallal لعام ٢٠١٠- تم التركيز علي تحليل الأداء البصري في الفصول الدراسية بدولة الأمارات، ومن المشاكل التي تواجهها الفصول أشعة الشمس المباشرة بسبب التوجيه الشمسي غير المناسب (على سبيل المثال الغرب أو الشرق). وتم استخدم برنامج (Desktop Radiance) للتحقيق في المشاكل البصرية المحتملة وايجاد حلول للتخفيف من المشاكل باستخدام أنظمة الإضاءة الطبيعية الموصي بها بناءً على مناخ دولة الإمارات العربية المتحدة. وتبين ان الكاسرات هي أفضل حل وسط بين متطلبات التظليل وتوزيع ضوء النهار[١٩].

- في دراسة أخري لـ كريم سعد لعام ٢٠١٩- تم التركيز علي دراسة تأثير الاضاءة علي العملية التعليمية وتأثيرها علي الأداء البصري لدي الطلاب وكذلك استخلاص معايير واضحه لتصميم الفصل الدراسي باستخدام برنامج grasshopper وإدخال كافة التفاصيل المتعلقة بالفصل الدراسي والحصول علي النموذج الاوفق للفصل الدراسي[٩].

- وفي دراسة أخري لـ زينب حسن احمد لعام ٢٠٢٢- تم التركيز علي تحقيق جودة الإضاءة الطبيعية من خلال التوجيه السليم للمبني، والعناية بنسب الفتحات، وإضافة الكاسرات الشمسية التي تمتاز بقدرتها علي حجب أشعة الشمس المباشرة دون حجب الرؤية للتغلب علي مشاكل الإبهار والتباين[٦].

تبين مما سبق ان جميع ما تم التوصل الية من دراسات سابقة قام بتغطية بعض الاجزاء من المشكلة البحثية.

٣,١ هدف البحث

يهدف البحث إلى تحديد أنسب المعالجات داخل الفصول الدراسية لتحسين جودة الإضاءة واختيار أمثلها، وذلك باستخدام برنامج design builder تطبيقا علي أحد المباني التعليمية بمدينة طما محافظة سوهاج.

٤,١ المنهجية والأدوات

يعتمد البحث علي منهجين أساسيين وهما المنهج الوصفي في الجزء النظري بدراسة محددات الإضاءة الطبيعية المناسبة في الفصول الدراسية وتحليل الضوء الطبيعي وتحديد مستويات الإضاءة المطلوبة داخل الفصل الدراسي، ومن خلال المنهج التجريبي يتم دراسة موقع وخصائص المناخ لإقليم جنوب الصعيد، ومن ثم عمل القياسات الميدانية في الفصل الدراسي داخل المبني وإجراء المحاكاة للمبني علي برنامج design builder وتطبيق بعض المعالجات المحددة بالجزء النظري واختيار أنسبها.

٢. خلفية نظرية عن محددات الإضاءة:

تتوقف الإضاءة الطبيعية علي مجموعة من المحددات التي تساهم في تحديد شدة الإضاءة وهي كالتالي:

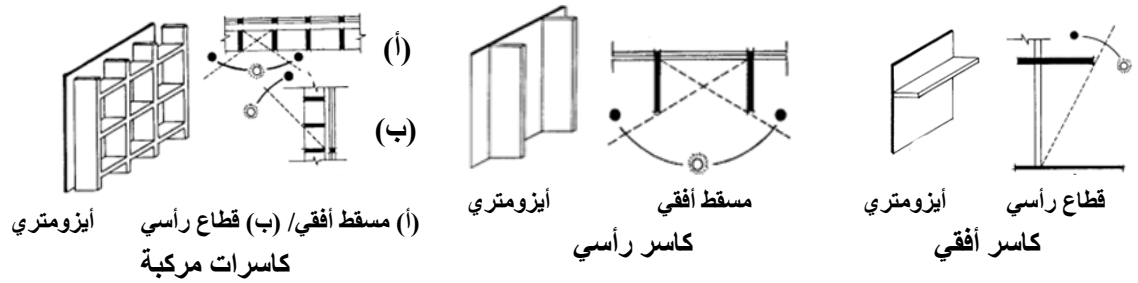
أ- شكل وتوجيه المبني: عند تصميم المبني يأخذ الاتجاه شرق غرب بحيث يزيد طول الواجهة جهة الشمال والجنوب ويقل طول الواجهتين الشرقية والغربية. بسبب مسارات الشمس المتغيرة موسمياً[٩].

ب- شكل الفصل: تتعدد أشكال الفصول الدراسية فمنها المستطيل والمربع وشبه المنحرف ويعد الشكل المربع الأنسب لأنه يوفر مجال سمعي وبصري أفضل وذلك رغم شيوع استخدام شكل المستطيل[١٠].

ج- لون الحوائط والاسقف: تعد من أهم المحددات التي تساعد على التحكم في شدة الإضاءة، فالأسطح ذات الألوان الفاتحة تعكس الضوء أكثر وتقلل من شدة اللمعان الذي قد يكون متعبا للعين[٤].

د- النوافذ (الفتحات): تصل مساحة النوافذ إلي ٥/١ إلي ٦/١ مسطح الفصل في البلاد ذات المناخ البارد لتقليل الفاقد من حرارة التدفئة الصناعية، وتصل مساحتها إلي ٤/١ مسطح الفصل في البيئات الحارة ومنها مصر[٨]

ه- الكاسرات: تعد الكاسرات من المحددات ذات الأهمية حيث أنها تقلل من أشعة الشمس المباشرة دون حجب الرؤية أو التقليل من الإضاءة الطبيعية، لذلك يفضل أن تصمم الكاسرات في الفصول الدراسية بشكل أفقي وراسي او أفقي وراسي معا وفقا للواجهة[١١]، حيث يتم في الواجهات الشرقية والغربية عمل كاسرات رأسية ويفضل أن تكون متحركة مع اتجاه الشمس[٣] بالرغم من كونها غير عملية في المدارس وتحتاج إلي صيانة باستمرار، ويوضح الشكل(٢) أنواع الكاسرات المختلفة



شكل(٢) أنواع الكاسرات المختلفة[٦]

و- نوع الزجاج: تتعدد أنواع الزجاج المستخدمة داخل الفصول الدراسية رغم شيوع استخدام الزجاج الشفاف، ومؤخرا تم استبدال الزجاج الشفاف بالفيبر جلاس وتصل قيمته النفاذية إلي ٦٠٪[٢٦] فهو يعتبر من المواد الصديقة للبيئة، بجانب مرونته وقوه تحمله.

اما بالنسبة للإضاءة الصناعية: كأنت الإضاءة الفلورية هي الإضاءة المستخدمة داخل أغلب الفصول الدراسية للحصول علي إضاءة مناسبة ولتوفير الطاقة، وفي الآونة الأخيرة تم استبدالها بمصابيح الليد (الثنائيات الباعثة للضوء) بسبب كفاءتها وطول عمرها وقدرتها على توفير طيف كامل وغير منقطع[١٥]. ويراعي عند تصميمها التوزيع المناسب والجيد، وأن تكون علي ارتفاع مناسب من سطح العمل، حيث أن ارتفاع الدور لا يقل عن ٣ متر ولا يزيد ارتفاع سطح العمل عن ٠,٧٥متر من الارضية ليكون ارتفاع وحدة الإضاءة ٢,٢٥ متر عن سطح العمل[٤].

٣. تحليل الضوء وتحديد مستويات الإضاءة المطلوبة في الفصول الدراسية

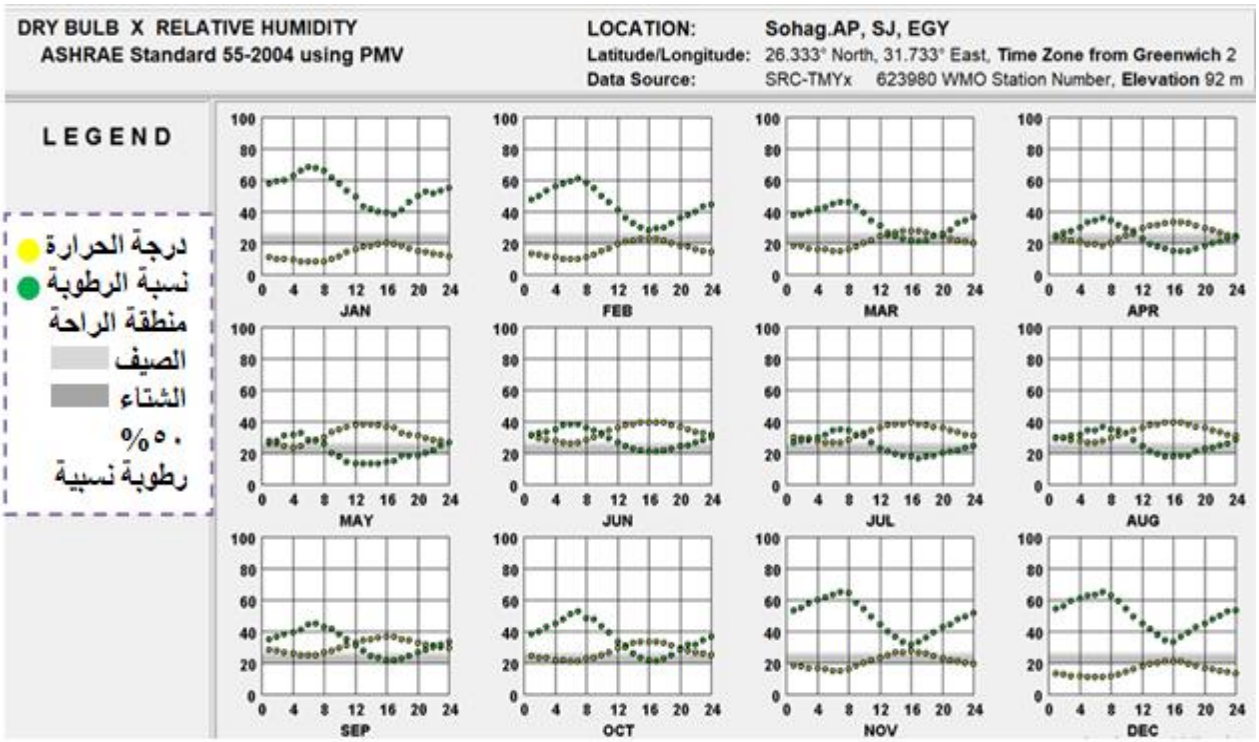
تقدر مستويات الإضاءة المرغوبة لمساحات التعلم من ٣٠٠ : ٢٠٠٠ لوكس لمدة ٨٠٪ من أوقات الدراسة[٢٤]، حيث ينقسم مستوى ضوء النهار إلى ثلاث فترات بالنسبة لشاغلي المبني، معتم جدًا <١٠٠ لوكس)، وضوء نهاري مفيد (١٠٠-٢٠٠٠ لوكس)، ومشرق جدًا مع احتمال حدوث مشكلات في الإبهار وعدم الراحة > ٢٠٠٠ لوكس[١٢]، وطبقا للمعدلات العالمية للإضاءة الطبيعية داخل الفراغات التعليمية فأنه وجد من خلال التجارب العلمية والمعملية أن الإضاءة الجيدة اللازمة لراحة العين والرؤية الجيدة للإنسان تعتمد علي الإضاءة الطبيعية من حيث الكم والكيف حيث تتكيف العين معها بنسبة تقدر بحوالي ١٠٠٪ عند الفتحة: ٣٠٪عند وسط الفراغ: ١٠٪ عند نهاية الفراغ وهي تمثل إضاءات ضوء لنهار المفيدة وذلك يؤكد ان الاضاءة الطبيعية لاتكون ثابتة في كافة انحاء الفراغ[٥].

٤. أسباب اختيار موقع إقليم جنوب الصعيد ودراسة الخصائص المناخية له

تم اختيار موقع إقليم جنوب الصعيد بسبب الإشعاع الشمسي الناتج من سطوع الشمس في معظم شهور السنة وخاصة في فصل الصيف مما ينتج عنه ظهور بعض المشاكل المتعلقة بالإضاءة داخل الفصول الدراسية كالإبهار بصورة أكبر من غيره من الأقاليم المناخية الأخرى بشمال مصر، وتتسم الخصائص المناخية للإقليم بأنه حار و نادر المطر. ويمكن التمييز بين فصلين مناخيين فقط هما فصل الصيف الجاف الحار بين شهري مايو وأكتوبر، وفصل الشتاء المعتدل، قليل الأمطار بين شهري نوفمبر وأبريل[٢]،[١٥] ويوضح الشكل (٣) خريطة التصنيف المناخي لمصر

شكل (٣) خريطة التصنيف المناخي لمصر(الهيئة العامة للتخطيط العمراني)[٢٥]

من دراسة العناصر المناخية علي برنامج climate consultant* لمحافظة سوهاج نلاحظ ارتفاع درجات الحرارة في الصيف ارتفاعاً ملحوظاً حيث تتراوح درجات الحرارة من ٣٥ درجة وحتى ٤١ درجة مئوية، كما نلاحظ من الشكل (٤) انخفاض درجات الحرارة حتى تصل إلى١٥ درجة مئوية في الشتاء، الأمر الذي يوضح أن درجات الحرارة في مصر تصل إلى حد الإرهاق الحراري في الصيف والبرودة الشديدة في الشتاء[٢٥]. تتطور الرطوبة النسبية مع حرارة الهواء ويمكن لها أن تصل إلى أقل من ٢٠٪ بعد ذروة الحرارة وحتى ٤٠٪ خلال الليل حيث أن معدل الرطوبة النسبية يتفاوت طبقاً لتفاوت درجات الحرارة.



شكل(٤) العلاقة بين درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في سوهاج ومستوي الراحة الحرارية على مدار اليوم وخلال عام كامل

* climate consultant: برنامج يعتمد علي الرسوم البيانية لتوضيح التغيرات المناخية علي مدار اليوم وخلال عام كامل بإدخال بيانات المنطقة المحددة

٥. المعلومات الهندسية والوصف العام لمدرسة الحسيني أبو ضيف بمحافظة سوهاج

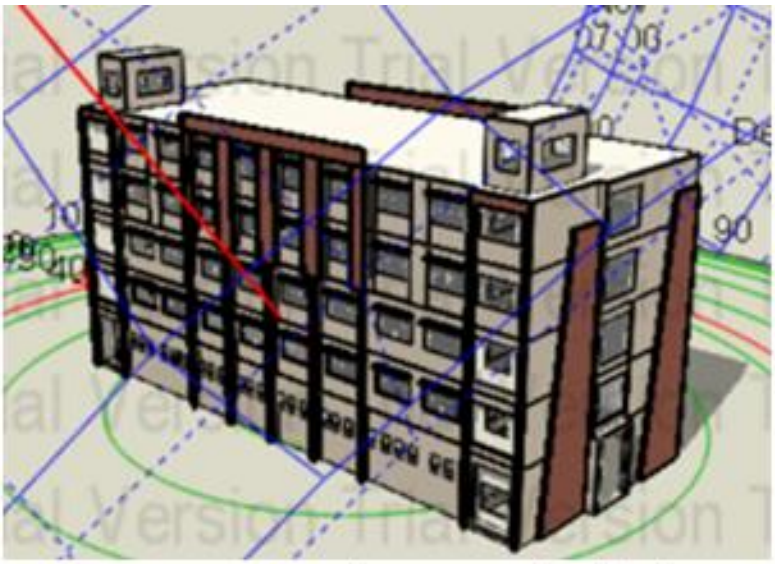
تقع مدرسة الحسيني أبو ضيف في مدينة طما محافظة سوهاج على مساحة تقدر ٢٩٣١,٦٢ متر مربع وهي تعد نموذج للمدارس التي تم تصميمها وتعميمها بالإقليم من خلال هيئة الأبنية التعليمية بمصركما بالشكل (٥)، وتم اختيار المبني كحالة دراسة لأنه من المباني الحديثة التي شيدتها الدولة في الفترة الأخيرة ولكون المدرسة تعمل لفترتين على مدار اليوم، وتشمل التطورات الحديثة التي أدخلتها الدولة للتعليم مثال السبورة الضوئية، ويحد موقع المدرسة من الجانب الجنوبي الشارع الرئيسي للمبنى كما بالشكل(٦) والجانب الشمالي شارع جانبي ومن الجانب الشرقي مبني سكني ومن الجانب الغربي هيئة حكومية كما بالشكل(٧).

شكل (٥) المخطط العام لموقع المشروع مركز طما محافظة سوهاج (المصدر: (Google Earth)

شكل(٦)الواجهة الجنوبية للمبني المدرسي

شكل(٧)الواجهة الغربية للمبني المدرسي

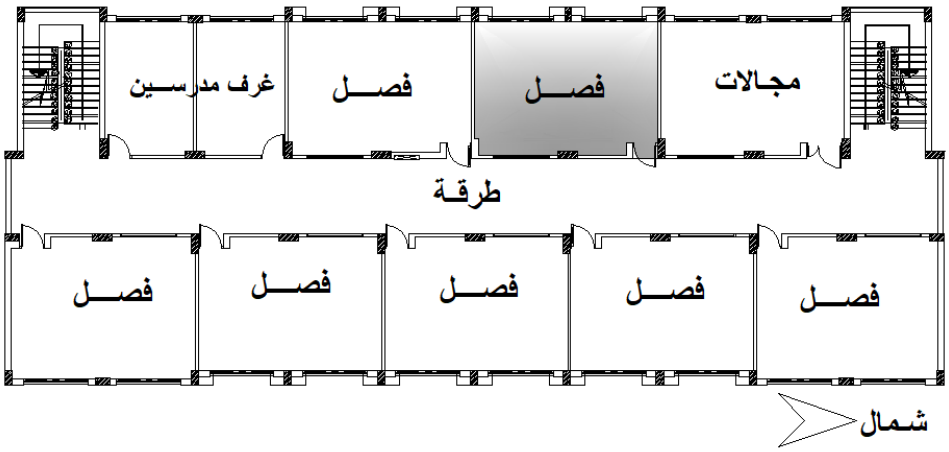
يتكون مبني المدرسة من دور أرضي + ٤ أدوار متكررة، مساحة الدور المتكرر ٤٨٤,١٢ متر مربع كما ، وتضم ١٥ فصل دراسي، وارتفاع الدور ٣ م ومساحة الشبابيك ٢٥٪ من مساحة الفراغ كما، ويوضح الشكل (٨) المبني المدرسي علي برنامج design builder



شكل (٨) المبني المدرسي (المصدر: (design builder)

٦. الخصائص الميدانية للفصول محل الدراسة

تم اختيار أحد الفصول الدراسية في الواجهة الغربية لإخذ القياسات الميدانية لكون هذه الفصول الأكثر عرضة للمشاكل من ناحية الإضاءة وذلك لزيادة الإشعاع الشمسي علي هذة الواجهة أكثر من الأخرى كنتيجة لعدم وجود مبني مقابل للفصول بها، وقد تم الاستقرار علي أن يكون الفصل بالدور الثاني علوي وذلك باعتباره أحد الادوار المتوسطة بالمبني، وقد تم التأكد من هذه المشاكل بأخذ مجموعة من القياسات الاسترشادية ببعض الفصول بالواجهتين. يوضح الشكل (٩) المسقط الأفقي للدور الثاني علوي موضح عليه الفصل محل الدراسة.



شكل (٩) المسقط الأفقي للدور الثاني علوي للنموذج محل الدراسة (الهيئة العامة للأبنية بسوهاج)

ويوضح جدول (١) خصائص الفصل محل الدراسة من حيث الأبعاد وعدد النوافذ والتشطيبات الداخلية وعدد ونوعيات وحدات الإضاءة.

جدول:١ خصائص الفصل الدراسي محل الدراسة

أبعاد الفراغ	التوجيه	الطابق	عدد النوافذ	لون الحوائط	الارضية	عدد وحدات الإضاءة
٧,٣٠×٥,٥	الغربي	الثاني علوي	٢ نافذة اتجاه الغرب بأبعاد ١,٥٠×٢,٦ وارتفاع جلسة ١,١٠ ونافذه مطلة علي الطرقة بأبعاد ١×٢,٢ وارتفاع جلسة ١,٦٠	- اصفر فاتح(بيج) وسقوط كمرات باللون الأبيض	بلاط موزايكو	٤ وحدات اضاءة كل وحده بها ٣ مصابيح فلورسنت

ويوضح الشكل (١٠) التوزيع الداخلي للأثاث داخل الفصل وأشكال الإضاءة الداخلية.

شكل (١٠) التوزيع الداخلي للأثاث داخل الفصل واشكال الإضاءة الداخلية والنوافذ

٧. المحددات الأساسية للقياسات الميدانية

مع الإشارة هنا إلي وجود ثلاث محددات أساسية للقياسات الميدانية وهي: توقيت القياس واختيار نقاط القياس وأجهزة القياس، وقد تم أخذ توقيت القياس لمتوسط قراءات ثلاثة أيام متتالية خلال يوم دراسي كامل الفترة الأولي من الساعة ٩:١١ صباحاً، والفترة الثانية ٢:٤ مساءاً، وتمت علي مرحلتين الأولي في الفصل الدراسي الأول في شهر يناير والثانية في الفصل الدراسي الثاني وتم القياس في شهر مايو، والذي اتضح منها أن أسوء الفترات هي من ٢:٤ مساء فصل الشتاء. وقد تم تقسيم فراغ الفصل إلي شبكة مديولية لتحديد عدد نقاط القياس عن طريق حساب معامل الغرفة **Room index**.

معامل الغرفة = (طول الغرفة × عرض الغرفة) / [الارتفاع من سطح العمل حتي السقف ×(طول الغرفة + عرض الغرفة)]. حيث قيمة معامل الغرفة بين ٠,٧٥:٥ بناء على كود CIBSE (*) للإضاءة الداخلية، مع تحديد عدد نقاط القياس في الفراغ بناء على هذه القيمة كما بالجدول (٢)[٢١].

* CIBSE: هي منظمة مهندسي خدمات البناء المعتمدة نشرت مجموعه من التوصيات الخاصة بالإضاءة الداخلية والخارجية تسمي اكواد الاضاءة تحوي تفاصيل عن مستويات الإضاءة المطلوبة للاستخدام في التطبيقات المختلفة

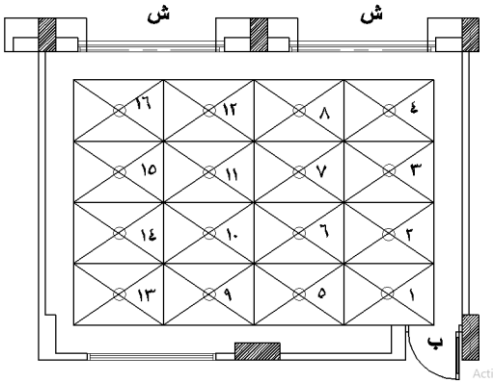
جدول٢: عدد نقاط القياس في الفراغ بناء علي قيمة معامل الغرفة **Room index**

معامل الغرفة	عدد النقاط
أقل من ١	٩
من ١إلي ٢	١٦
من ٢ إلي ٣	٢٥
أعلي من ٣	٣٦

وبتطبيق ما سبق علي الفصل محل الدراسة تبين التالي:

معامل الغرفة = (٧,٣٠ ×٥,٥) / [٢,٢٥ ×(٧,٣٠ +٥,٥)] =١,٣٩

ومما سبق تبين أن معامل الغرفة ينحصر بين ١ إلى٢ لذا تم اعتماد عدد نقاط القياس ب١٦ نقطة وفقا لجدول(٢)، ولرسم الشبكة المديولية للفصل يتم تطبيق قانون (CIBSE) بأخذ القياسات على بعد ٠,٥ متر على الأقل من الجدران. علي أن يتم تحديد مستويات الإضاءة على مستوى العمل ٠,٧٥م من مستوي الأرض[٢١]. وذلك كما يوضح الشكل(١١)



شكل(١١) عدد نقاط القياس في الفصل الدراسي

تم اختيار جهاز light meter SDL400 شكل(١٢) لبساطة استخدامه وقدرته على إجراء قياسات الضوء إما بوحدة قياس شمعة/ القدم أو وحدة لوكس ويصلح لإجراء القياسات في جميع الأوقات بدرجة دقة عالية (+٤٪ من القياس)[٢٧]

شكل(١٢)جهاز light meter المستخدم في القياسات الميدانية

تم تطبيق محددات الإضاءة التي سبق ذكرها علي المدرسة محل الدراسة ومعرفة أي منهما متحقق وغير متحقق والقابلية للتعديل مع الإشارة علي أنه سيتم التركيز علي العوامل القابلة للتعديل والتي يمكن دراسة بدائل أنواعها لتحسين الإضاءة وذلك كما هو موضح بجدول (٣)

جدول:٣ محددات الإضاءة وأي منها متحقق وغير متحقق والقابل للتعديل

محددات الإضاءة	الحالي	متحقق/غير متحقق	القابلية للتعديل في المدرسة حالة الدراسة
توجيه المبني	المبني موجه علي الاتجاهين الشرقي والغربي	غير محقق التوجيه المثالي للمبني	غير قابل للتعديل
شكل الفصل	مستطيل	متحقق	لا يحتاج إلي تعديل
لون الحوائط والاسقف	لون الحوائط بيج فاتح والاسقف باللون الابيض	متحقق	لا يحتاج إلي تعديل
النوافذ (الفتحات)	يوجد نافذتين أحدهما مطلة للخارج والأخرى مطلة علي الطرقة	متحقق	غير قابل للتعديل حيث يؤثر تعديل الابعاد علي تصميم الواجهة
الكاسرات	واجهة الفصول (الغربية) بها كاسره أفقية ببروز ٠,٥ متر	متحقق	قابل للتعديل حيث أنه يمكن دراسة وضعها وأبعادها لتغيرها عند الحاجة لتحسين الإضاءة
نوع الزجاج	النوع المستخدم هو الفيبر جلاس من النوع الشفاف	متحقق	قابل للتعديل ويمكن دراسة أنواع الزجاج لتغيرها عند الحاجة لتحسين الإضاءة
الإضاءة الصناعية	إضاءة مباشره من لمبات فلورسنت	متحقق	لا يحتاج لتعديل

٨. نبذة عن البرنامج المستخدم Design Builder :

تم اختيار البرنامج لما له من سمات مميزة تسمح بنمذجة المباني المعقدة بسرعة وحساب الراحة البصرية عن طريق تقييم تصميمات المبني وحساب شدة الإضاءة الداخلية وإمكانية التحكم في الإبهار والإضاءة الصناعية (نقطة الدراسة البحثية) وكذلك حساب أنظمة التبريد والتدفئة، من خلال دمج النظام الميكانيكي والطبيعي. ويحتوي هذا البرنامج على كافة البيانات المناخية المصرية للمناطق (مناخ المدينة لكل منطقة)، ويعطي نتائج كل ساعة مما يوفر للمستخدم صورة تفصيلية عن طريقة أداء المبني[١٤].

كما يوفر أيضا مجموعة من بيانات الأداء البيئي مثل: استهلاك الطاقة، وبيانات الراحة الحرارية، وحجم تشغيل أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء داخل المبنى (HVAC)، ويتم إخراج قيم الاستهلاك بدقة وبحسب الساعات من اليوم استنادا على نوع ال HVAC والتهوية الطبيعية والتحكم في ضوء النهار للمبنى ونوعية واجهات المبنى وازدواجيتها واستراتيجيات التظليل والمتغيرات التصميمية، ومعدلات التبريد والتدفئة للمبنى.

كما يوفر أيضا بدوره وسطاً تجريبياً يمكن من خلاله بناء نماذج متكاملة على أرض الواقع باستخدام نفس مواد البناء والتشطيب، وتفعيلها لتعطي نتائج علي مدار العام بناء علي مناخ منطقة معينة وكذلك إضافة بعض متغيرات التصميم للمبني ومحاكاة تشغيل على مدار العام ومقارنة النتائج قبل وبعد الإضافة مما يثبت أن البرنامج يتمتع بالعديد من المزايا التي تتيح للمستخدمين الاستفادة من النظام الذي يقومون بتطويره لتطوير بعد تحليل ودراسة وقياس فعاليتها؛ وذلك من خلال تجربة الفرضيات المقترحة واختبار النتائج قبل تطبيقها على أرض الواقع[١٣]. ويبين الشكل (١٣) خطوات المحاكاة في برنامج Design Builder .

شكل (١٣) خطوات المحاكاة في برنامجDesign Builder [١٦] .

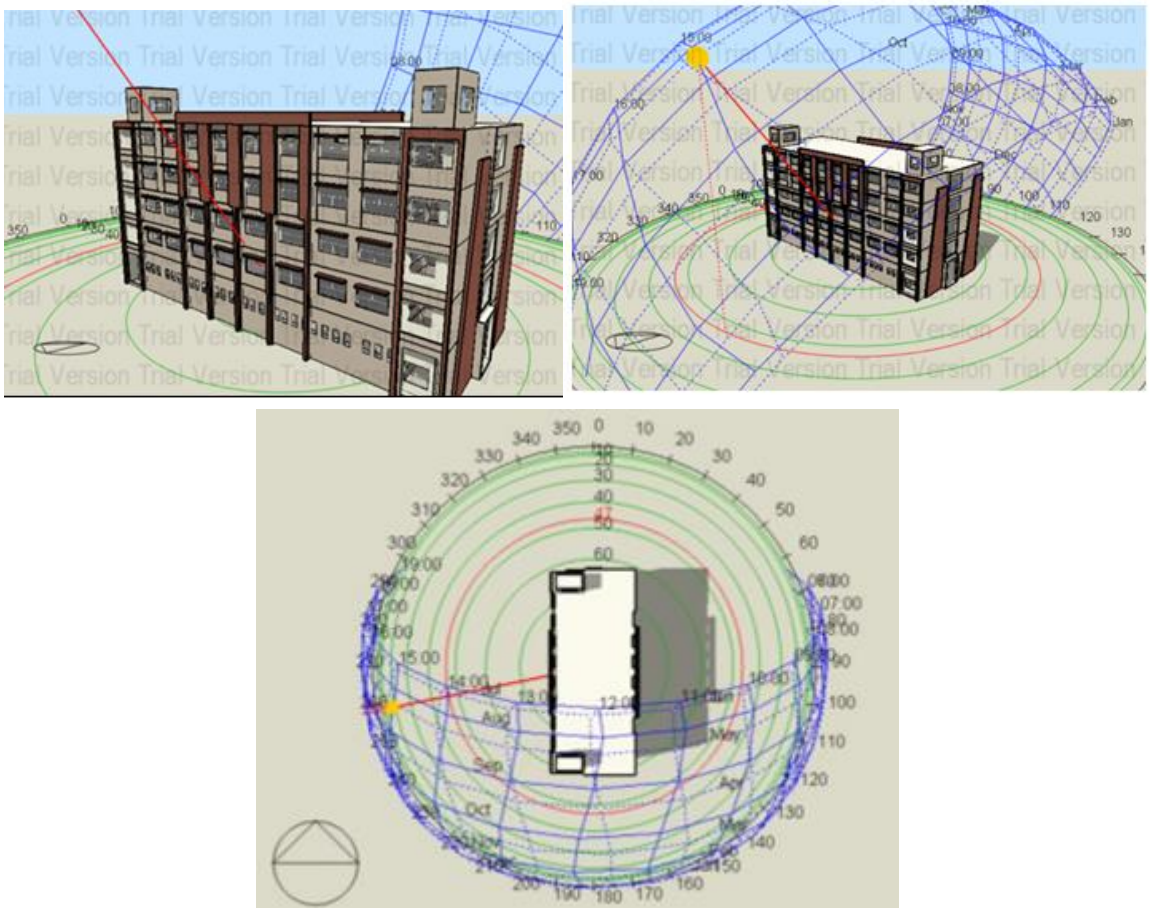
٩. عملية النمذجه للمبني المدرسي

تم نمذجه المبني المدرسي علي برنامج design builder v وذلك بإدخال الرسومات الهندسية بصورة (AUTOCAD DXF) والواقع الفعلي المنفذ علي الطبيعة (من خلال الزيارات الميدانية) للعناصر الإنشائية والانتقالية الحرارية لكل منها ذلك كما يوضح الجدول

جدول ٤: العناصر الإنشائية ومواد التشطيب للمبني والانتقالية الحرارية المستخدمة في برنامج Design Builder

الطبقات الإنشائية	الطبقات الإنشائية	الانتقالية الحرارية (U-Value (w/m2-k)
الحوائط الخارجية ٢٥ سم	• دهان خارجي سطح خشن • محارة إسمنتية • طوب طفلي • محارة داخلية	١,٨٥٢ (w/m2-k)
الحوائط والقواطيع الداخلية سمك ١٢سم	• ٢ سم محارة إسمنتية • ١٢سم طوب طفلي • ٢سم دهانات بلاستيك باللون البيج	٢,٢٨١ (w/m2-k)
الأسقف النهائية	• ٢سم بلاط أسمنتي • طبقة إسمنتية • رمل • ٧ سم خرسانة ميول • ٢سم بياض أسمنتي • ٥سم طبقة عزل حراري • ١٥ سم بلاطة خرسانية مسلحة	٢,٠١ (w/m2-k)
الأرضيات	• بلاط موزايكو بسمك ٢سم • ٢سم طبقة إسمنتية • ٦سم رمل • ١٥سم بلاطة خرسانية مسلحة	٣,٦٨٦ (w/m2-k)
الفتحات الخارجية	الأبواب الخارجية والشبابيك ذات إطار خشبي واستخدام زجاج عاكس فايبر جلاس	٥,٨٩٤ (w/m2-k)

ومن ثم القيام ببناء المبني داخل البرنامج، ويوضح الشكل(١٤) نمذجة مدرسة الحسيني أبو ضيف الثانوية موضح عليها خريطة مسار الشمس



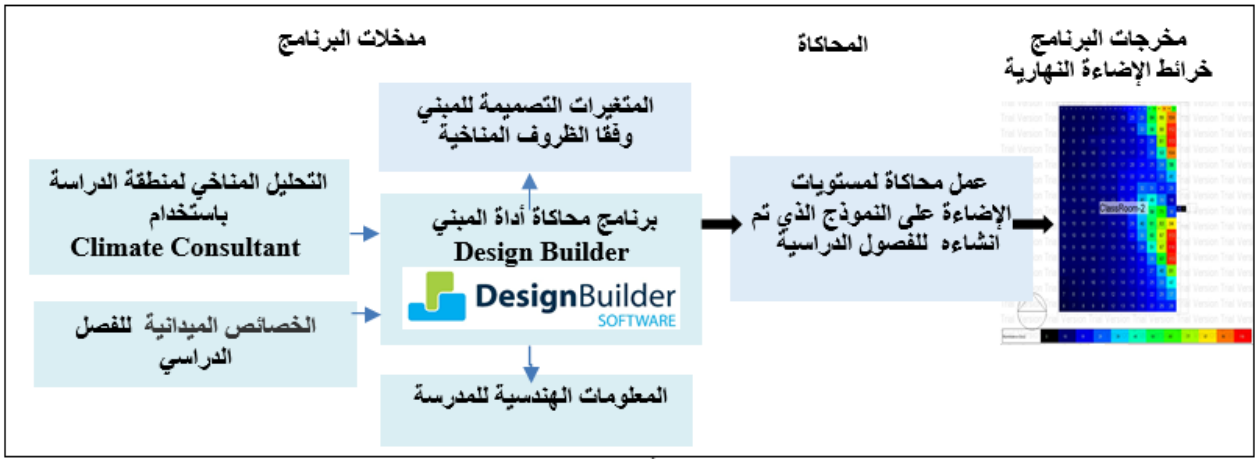
شكل (١٤) نمذجة مدرسة الحسيني ابو ضيف الثانوية موضح عليها خريطة مسار الشمس من خلال برنامج design builder

وبدراسة النموذج السابق وخريطة مسار الشمس وبالرجوع لبرنامج climate consultant والشكل رقم(٥) يمكن استخلاص درجات الحرارة والرطوبة النسبية للفصل الدراسي لتطبيق المحاكاة وذلك كما يظهر بالجدول

جدول ٥: خصائص اشغال الوحدة التي تم إدخالها لتطبيق المحاكاة

اسم الفراغ	الفصل الدراسي
الاشغال	٢ فرد /١,٢ م^{٢}
الأنشطة	تعليمي
درجة الحرارة	من ٢٤-٢٨ درجة مئوية صيفا من ٢٣- ٢٠ درجة مئوية شتاء
الرطوبة النسبية	الحدود المقبولة من ٣٥ -٥٥ %
التهوية الطبيعية	يتم الاعتماد على التهوية الطبيعية ويتم تشغيل المرواح عندما تكون درجه حرارة فوق ٢٨ درجة مئوية في فصل الصيف

ويوضح الشكل رقم (١٥) المنهجية المقترحة لبرنامج المحاكاة design builder وهي كالتالي:



شكل(١٥) منهجية برنامج المحاكاة

١٠. إجراء المحاكاة للمبنى عن طريق برنامج Design Builder

تم إجراء المحاكاة في حالة النوافذ المفتوحة والنوافذ المغلقة، مع استخدام الإضاءة الصناعية، وذلك وفقا لما يلي:

أولا في حالة النوافذ مفتوحة لا يوجد خيار النوافذ المفتوحة بشكل مباشر في البرنامج ولذلك تم محاكاتها عن طريق اختيار التعريف البسيط للزجاج الشفاف وبه تم ضبط خصائص الزجاج من حيث النفاذية الشمسية وقيمته (٠,٩٩).

ثانيا في حالة النوافذ المغلقة تم اختيار نوع الزجاج المستخدم في المبنى وهو الفيبر جلاس وقيمته النفاذية ٠,٦٠٪ وتم ضبط خصائصه وتم تحديد الفترة الزمنية لإجراء المحاكاة.

وقد تم ذلك بالرجوع إلي كافة المحددات القياسية للقياس المذكورة سابقا بالبند رقم ٧

١١. عملية المعايرة لبرنامج المحاكاة على الواقع الفعلي للفصول الدراسية بالمدرسة

تعد المعايرة خطوة أساسية ومهمة للتأكد من المصداقية للمحاكاة وقد تم ذلك وفقا للخطوات التالية:

- ❖ عمل معايرة لقيم ونتائج برنامج Design Builder من خلال المقارنة بين متوسط قياسات قراءات ٣ أيام في القياسات الميدانية ونتائج المحاكاة
- ❖ حساب قيم نسبة الخطأ MBE% [٢٣] من خلال المعادلة(١) كما هو بالجدول (٦)و(٧) وتحسب قيم معامل الخطأ في الجذر التربيعي (coefficient of variation of the root mean squared error)(CV(RMSE)) من خلال المعادلة (٢)[١٧].
- ❖ حساب RMSE (CV) عن طريق حساب جذر متوسط تربيع الخطأ RMSE لكل فترة من خلال المعادلة (٣)، [٢٠] ومتوسط القياسات الميدانية A لكل فترة معادلة (٤) لفصل الواجهة الغربية شتاءاً كما هو بالجدول(٨)و(٩)، وصيفاً كما هو بالجدول (١٠) و(١١).

$$MBE\ \% = \frac{\sum(S-M)}{\sum M}$$ معادلة (١)

M القياسات الميدانية، S نتائج المحاكاة

$$CV(RMSE) = \frac{RMSE}{A} \times 100$$ معادلة (٢)

CV(RMSE) معامل الخطأ في الجذر التربيعي

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum(S-M)2}{N}}$$ معادلة (٣)

RMSE جذر متوسط تربيع الخطأ

$$A=\frac{\sum M}{N}$$ معادلة (٤)

A هي متوسط القياسات الميدانية

وباستخدام المعادلات الرياضية لمحاكاة الإضاءة في المبنى يصل الخطأ في حساب مستويات شدة الإضاءة في المستوى الأفقي الى٢٠ % وبقيمة قصوى تبلغ٣٠ % وكلما اقترب من الصفر زادت دقته[١٧].

عند حساب قيم CV(RMSE) كأنت أقل من ٣٠٪ ففي فصل الشتاء مع إغلاق النوافذ كأنت قيم CV(RMSE) ٦,٢٪ و ٤,٢٪ ومع فتح النوافذ كانت القيم ٧,٩٪ و٢,٢٪ خلال الساعة ١١:٩ صباحاً و٤:٢ مساءً علي التوالي، وفي فصل الصيف مع إغلاق النوافذ كأنت قيم CV(RMSE) ٣,٧٪ و٣,٣٪ ومع فتح النوافذ كانت القيم ٣,٤٪ و ٢,١٪ خلال الساعة ١١:٩ صباحاً و٤:٢ مساءً علي التوالي وعلية فأنه يمكن محاكاة ظروف التشغيل التقريبية والواقع الفعلي للفصل الدراسي في المبني المدرسي.

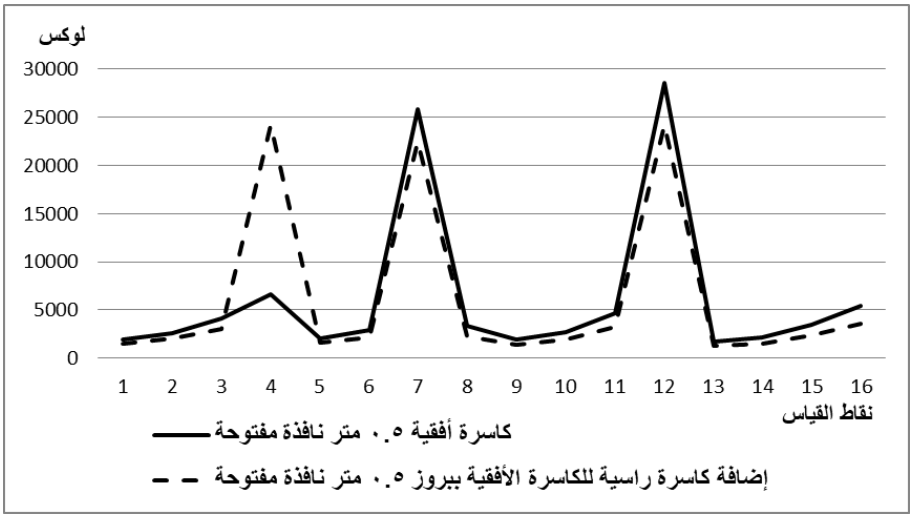
١٢. تطبيق المعالجات علي برنامج Design Builder

بالرجوع إلي محددات الإضاءة التي سبق ذكرها علي المدرسة محل الدراسة بجدول (٣), وما تبين منها أن المحددات القابلة للتعديل تضم الكاسرات ونوع الزجاج، وسيتم فيما يلي التطبيق بإدخال المعالجات عليهما لاختيار الأنسب للوصول إلي مستوي الإضاءة المطلوب. وقد تم تطبيق المعالجات علي برنامج (Design Builder) لتقليل نسبة الإضاءة الطبيعية والوصول إلي مستوي ضوء يحقق الراحة البصرية في الفصل الدراسي، تمت المعالجات علي فصل بالواجهة الغربية في فصل الشتاء في الفترة المسائية من الساعة ٤:٢ مساءاً حيث أنها سجلت أعلي نسبة إضاءة مقارنة بالفترات الأخرى التي تمت قياسها.

١,١٢ المعالجة الاولي تغيير حالة الكاسرة:

يمكن تغيير حالة الكاسرة بإضافة كاسرات إلي الكاسرة الأساسية أو بتغيير أبعاد الكاسرات وذلك وفقا لما يلي:

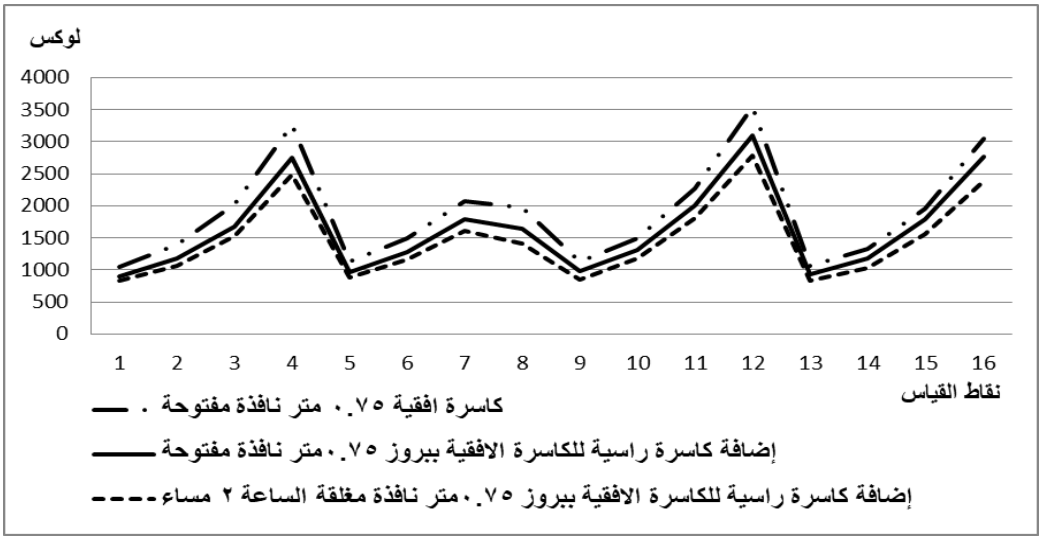
أ. إضافة كاسرة راسية بنفس طول الكاسرة الأفقية بالحالة الأساسية (ببروز ٠,٥متر)، كأنت قياسات الإضاءة الطبيعية جهة النافذة أعلي من ٢٠٠٠ لوكس كما بالجدول (١٢), ويوضح الشكل (١٦) الإضاءة الطبيعية في حالة استخدام كاسرة ببروز ٠,٥ متر الأفقية والمركبة.



شكل (١٦) الإضاءة الطبيعية في حالة استخدام كاسرة ببروز ٠,٥ متر الأفقية والمركبة

ويتضح من الشكل أن نسبة الإضاءة تكاد تكون ثابتة في كل النقاط عدا النقاط من ٣:٥ حيث زادت شدة الاضاءة بشكل كبير وذلك يشير إلي عدم فاعلية المعالجة بالقدر الكافي.

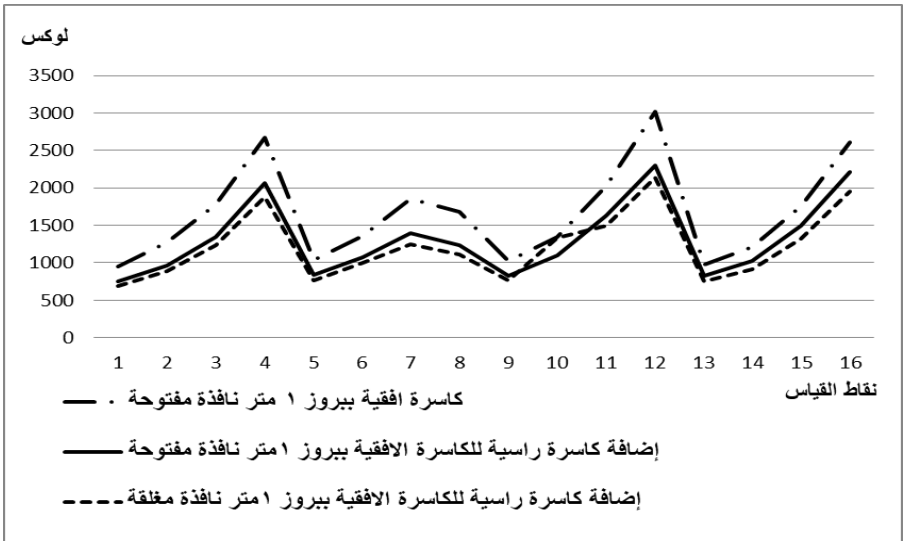
ب. زيادة بروز الكاسرة (الحالة الاساسية) الأفقية لتصبح ٠,٧٥ متر، أوضحت القياسات أن الإضاءة أعلي من ٢٠٠٠ لوكس في بعض النقاط، ومن ثم تم إضافة كاسرة راسية بنفس بروز الأفقية بعد زيادتها لتصبح الكاسرة مركبة وتم أخذ القياسات في حالتي النوافذ المغلقة والمفتوحة لهذه الكاسرة المركبة كما بالجدول(١٣) ويوضح الشكل (١٧) الإضاءة الطبيعية عند استخدام كاسرة أفقية ومركبة ببروز ٠,٧٥متر في حالتي النوافذ المفتوحة والمغلقة.



شكل (١٧) الإضاءة الطبيعية عند استخدام كاسرة أفقية ومركبة ببروز ٠,٧٥متر في حالتي النوافذ المفتوحة والمغلقة

عند عمل الكاسرة الافقية ببروز٠,٧٥متر في حالة النوافذ المفتوحة قلت نسبة الاضاءة عن الحالة الاساسية للكاسرة ولكن كانت نسبة الاضاءة عالية ما بين ٣٠٠٠:٣٥٠٠ لوكس خاصة في النقاط القريبة من النافذة (٤&١٦،١٢)، وعند اضافة كاسرة راسية للكاسرة الافقية قلت نسبة الاضاءة ما يقارب من ٥٠٠ لوكس لنفس النقاط ، وفي حالة النوافذ المغلقة للكاسرة المركبة كانت نسبة الإضاءة ما بين ٢٠٠٠: ٣٠٠٠ لوكس في النقاط (٤&١٦،١٢)

ج. زيادة بروز الكاسرة (الحالة الاساسية) الأفقية لتصبح١ متر أوضحت القياسات أن الإضاءة أعلي من ٢٠٠٠ لوكس في بعض النقاط، ومن ثم تم إضافة كاسرة راسية بنفس بروز الأفقية بعد زيادتها لتصبح الكاسرة مركبة وتم أخذ القياسات في حالتي النوافذ المغلقة والمفتوحة لهذه الكاسرة المركبة كما بالجدول(١٤) ويوضح الشكل (١٨) الإضاءة الطبيعية عند استخدام كاسرة أفقية ومركبة ببروز ١متر في حالتي النوافذ المفتوحة والمغلقة



شكل (١٨) الإضاءة الطبيعية عند استخدام كاسرة أفقية ومركبة ببروز ١متر في حالتي النوافذ المفتوحة والمغلقة

عند عمل الكاسرة الافقية ببروز ١ متر في حالة النوافذ المفتوحة قلت نسبة الاضاءة ولكن كانت نسبة الاضاءة عالية ما بين ٢٠٠٠ :٢٥٠٠ لوكس خاصة في النقاط القريبة من النافذة (٤&١٢،١٦)، وعند اضافة كاسرة راسية للكاسرة الافقية قلت نسبة الاضاءة ما يقارب من ٧٠٠ لوكس لنفس النقاط ، وفي حالة النوافذ المغلقة للكاسرة المركبة كانت نسبة الإضاءة ما بين ١٥٠٠: ٢٥٠٠ لوكس في النقاط (٤&١٢،١٦)

يتضح من الشكل أن الإضاءة قلت بنسبة كبيرة جدا عند عمل الكاسرة المركبة ببروز بالمقارنة بالكاسرات الأخرى في حاله النوافذ المفتوحة وقد زادت نسبة الإضاءة عن ٢٠٠٠ في النقاط القريبة من النافذة مثل النقاط ٤&١٢&١٦، وعند أخذ القياسات في حالة النوافذ

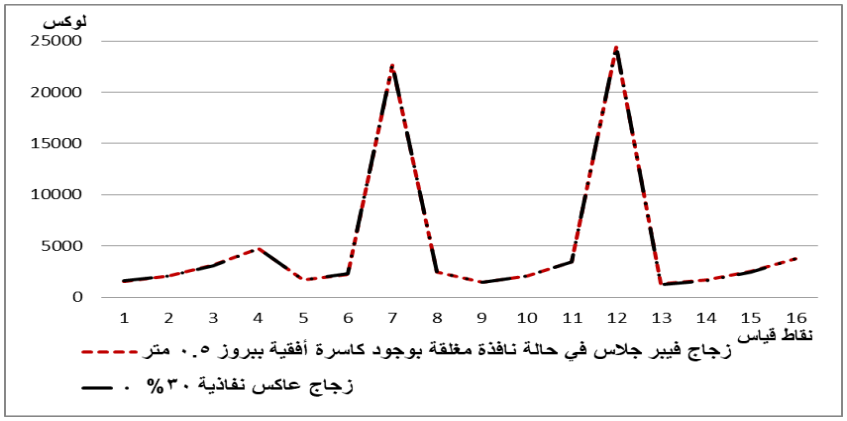
<u>د. تم عمل كاسرة مائلة للنافذة بنسبة ميل ٣٠ و٦٠ درجة ببروز ٠,٥ متر</u> كما بالجدول(١٥) ويوضح الشكل(١٩) الإضاءة الطبيعية عند تغيير حالة الكاسرة إلي المائلة بزاويتي ٣٠و٦٠ درجة

شكل(١٩) الإضاءة الطبيعية عند استخدام حالة الكاسرة المائلة بزاويتي ٣٠و٦٠ درجة

يتضح من الشكل أن الإضاءة في حاله استخدام الكاسرة المائلة بزاوية ٣٠ درجة قلت بنسب ملحوظة عن الإضاءة في حالة استخدام الكاسرة المائلة بزاوية ٦٠ درجة في معظم النقاط عدا نفس النقاط القياس السابقة٧&٨&٩ والتي زادت بها نسبة الإضاءة من ٢٠٠٠:٥٠٠٠ لوكس.

٢,١٢ المعالجة الثانية تغيير نوع الزجاج

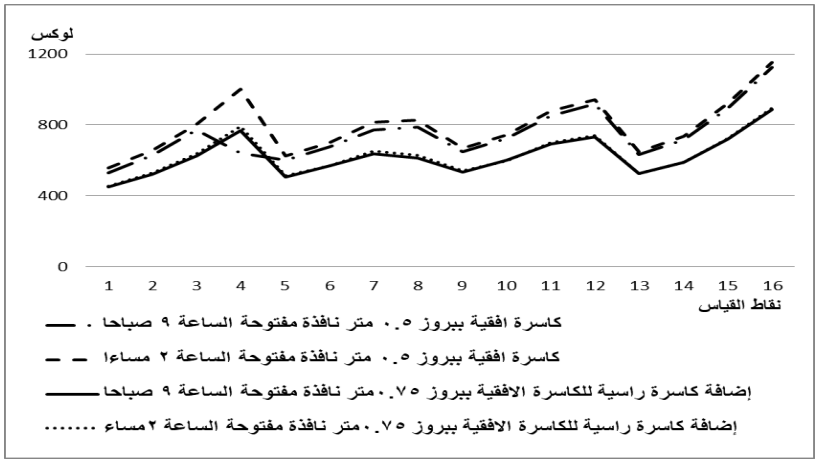
تضم بدائل الزجاج مجموعة أنواع وهي: الزجاج الشفاف والزجاج الفيبر جلاس(الحالة الاساسية) والزجاج العاكس بنفاذية ٣٠٪ وبنفاذية ٦٠٪ وتم تغييرنوع الزجاج من الفيبر جلاس إلي زجاج عاكس بنفاذية ضوئية ٣٠٪ لمحاولة التقليل من شدة الإضاءة للداخل كما هو موضح بالجدول (١٦) ويوضح الشكل(٢٠) الفرق بين تأثير زجاج الفيبر جلاس والزجاج العاكس علي الإضاءة الطبيعية داخل الفصول



شكل(٢٠) الفرق بين تأثير زجاج الفيبر جلاس والزجاج العاكس علي الإضاءة الطبيعية داخل الفصول

يتضح من الشكل أن القياسات متقاربة جداً في نسبة الإضاءة تكاد تكون متطابقة كما يظهر بالشكل (٢١) عند تغيير نوع الزجاج بين الحالة الاساسية الفيبر جلاس وحالة الزجاج العاكس ومن ثم لن يؤثر تغيير الزجاج علي تقليل نسبة الإضاءة، وعلية فقد تم **إغفال بدائل الزجاج الأخري والإعتماد علي الزجاج في حالتة الأساسية.**

بعد تطبيق المعالجة الاولي (الكاسرات) والمعالجة الثانية (الزجاج)على برنامج (Design Builder) تبين أن المعالجات المرتبطة بالكاسرات في فصل الشتاء تعد الأكثر تأثيراً علي تقليل نسب الإضاءة بمعظم النقاط فجميعها قد ساهم في حل مشكلة الإضاءة في جميع النقاط عدا النقاط القريبة من النافذة ٤&١٢&١٦ وعلية قد تم الاستقرار علي الكاسرة المركبة ببروز ٠,٧٥ متر من بين أنواع الكاسرات الأخرى لكونها الأقل في تكاليف التنفيذ والاكثر ملائمه من ناحية مرور الهواء بالمقارنة بالكاسرة المركبة ببروز ١ متر ولأنها الاسهل في التنفيذ بزيادة البروز ٠,٢٥ متر للحالة الاساسية (الكاسرة الأفقية ببروز ٠,٥) بالمقارنة الكاسرة المائلة بزاوية ٦٠ درجة التي يجب تكسير الكاسرة في الحالة الاساسية عند تنفيذها ولكي يتم الاستقرار علي هذة الكاسرة بصوره نهائية يلزم أخذ قياسات فصل الصيف ومقارنتها بالحالة الاساسية وذلك في حالة النوافذ المفتوحة مع إغفال حالة النوافذ المغلقة لعدم مناسبة إغلاقها مع الظروف المناخية في فصل الصيف كما بالجدول(١٧) ويوضح الشكل (٢١) الفرق بين الإضاءة الطبيعية للكاسرة الأفقية ببروز ٠,٥ متر والكاسرة المركبة ببروز ٠,٧٥ متر القياسات في حاله النوافذ المفتوحة في فصل الصيف



شكل (٢١) الفرق بين الإضاءة الطبيعية للكاسرة الأفقية ببروز ٠,٥ متر والكاسرة المركبة ببروز ٠,٧٥ متر القياسات في حاله النوافذ المفتوحة في فصل الصيف

ومما سبق يتضح أن استخدام الكاسرة المركبة ببروز ٠,٧٥ متر في فصل الصيف لم تؤثر سلبيا علي النتائج الإيجابية للحالة الاساسية حيث أن تقليل الإضاءة الناتج عنها لم يؤثر علي المدي المطلوب تحقيقة من٣٠٠:٢٠٠٠ لوكس ومن ثم ينصح باستخدامها ولا توجد حاجة لاختبار الحالات الأخرى من الكاسرات.

١٣. النتائج

توصل البحث إلي مجموعة من النتائج وهي:

أ- الإضاءة الجيدة اللازمة لراحة العين والرؤية الجيدة داخل الفصول الدراسية ما بين ٣٠٠:٢٠٠٠ لوكس.

ب- تصل مساحة النوافذ إلي ٤/١ مسطح الفصل في البيئات الحارة ومنها صعيد مصر.

ج- من المحددات التي تساهم في تحديد شدة الإضاءة هي كاسرات الشمس حيث أنها تحد من دخول الإضاءة المباشرة إلي الفصل الدراسي دون حجب الرؤية لذلك يؤثر اختلاف بروز الكاسرة الأفقية والراسية علي مستويات الإضاءة. وتعتبر الكاسرات المركبة الخيار الأفضل في التحكم بمستويات الإضاءة داخل الفصل الدراسي عن الكاسرات الأفقية والكاسرات الراسية.

د- زيادة شدة الإضاءة في التوقيت الشتوي الفترة المسائية وزيادة نسبة الإضاءة عن ٢٠٠٠ لوكس في النقاط القريبة من النوافذ علي العكس بالنسبة للتوقيت الصيفي حيث تتحقق نسبة الإضاءة المطلوبة للفصول الدراسية طبقا للكود المصري

ه- عند زيادة بروز الكاسرة الأفقية إلي ٠,٧٥ متر وإضافة كاسرة راسية تقل نسبة الإضاءة إلي الحد المطلوب [٣٠٠: ٢٠٠٠] لوكس.

و- أظهرت نتائج الجزء التطبيقي علي برنامج Design Builder في التوقيت الشتوي يوم ١٠-١-٢٠٢٣ للفترة المسائية من الساعة ٤:٢ مساءاً (اعلي نسبة إضاءة خلال اليوم) التالي:

- عند إضافة كاسرة راسية للكاسرة الأفقية ٠,٥ متر (الحالة الاساسية)، قلت الإضاءة بنسبة (١,٦ %) في حالة النوافذ المفتوحة لمتوسط جميع النقاط بصورة تحتاج إلي زيادة بروز الكاسرة لتقليل نسبة الإضاءة في الفصل.
- عند زيادة بروز الكاسرة الأفقية إلي ٠,٧٥ متر قلت الإضاءة في حالة النوافذ المفتوحة بنسبة ٦٩,٨٪ في المتوسط لجميع النقاط. وقلت بنسبة ٧٣,٨٪ عند تحويلها لكاسرة مركبة (إضافة كاسرة رأسية للكاسرة الأفقية ٠,٧٥ إليها)، كما قلت الإضاءة بنسبة ٧١,٣٪ في حالة النوافذ المغلقة للكاسرة المركبة في متوسط جميع النقاط

- عند زيادة بروز الكاسرة الأفقية إلي١ متر قلت الإضاءة بنسبة ٧٣,٥ % في حالة النوافذ المفتوحة في المتوسط لجميع النقاط . وعند تحويلها لكاسرة مركبة قلت بنسبة ٧٩٪ في حالة النافذة المفتوحة في متوسط جميع النقاط، وقلت الإضاءة بنسبة ٧٦,١٪ وفي حالة النوافذ المغلقة للكاسرة المركبة في المتوسط لجميع النقاط
- عند عمل كاسرة مائلة بزاوية ميل ٣٠ درجة قلت الإضاءة بنسبة ٥٩,٢٪ في حالة النافذة المغلقة في متوسط جميع النقاط وقلت الإضاءة بنسبة ٦٣,٧٪ عند زيادة زاوية الميل إلي ٦٠ درجة
- في حالة تغيير نوع الزجاج من فيبر جلاس(البولي كربونيت) إلي زجاج عاكس بسمك ٦ مللي ونفاذية بنسبة ٣٠٪ قلت الإضاءة بنسبة ٠,٠٢٪ في المتوسط لجميع النقاط

ز- أظهرت نتائج الجزء التطبيقي علي برنامج Design Builder في التوقيت الشتوي الفترة الصباحية من الساعة ١٠:٨ صباحاً في يوم ١٠-١-٢٠٢٣ حيث قلت الإضاءة بنسبة ١٩,٦٪ في المتوسط لجميع النقاط عند استخدام الكاسرة المركبة ٠,٧٥ متر في حالة النوافذ المغلقة.

ح- يعد تغيير الكاسرة من كاسرة أفقية ببروز ٠,٥ متر إلي كاسرة مركبة ببروز٠,٧٥ متر هي الأنسب للفصل الدراسي بالواجهة الغربية

ط - أظهرت نتائج استخدام الكاسرة المركبة ببروز ٠,٧٥ متر بالجزء التطبيقي علي البرنامج في التوقيت الصيفي يوم ٣-٥-٢٠٢٣ التالي:

- قلت الإضاءة بنسبة ١٦,٣٪ في متوسط جميع النقاط في حالة النوافذ المفتوحة في الفترة الصباحية من الساعة ١٠:٨ صباحاً
- قلت الإضاءة بنسبة ٢٠٪ في متوسط جميع النقاط في الفترة المسائية من الساعة ٤:٢ مساء في حالة النوافذ المفتوحة.

ي- من خلال النتائج تم إغفال بدائل الزجاج والاعتماد علي الفيبر جلاس (الحالة الأساسية) حيث أنه لم يؤثر تغيير الزجاج علي تقليل نسبة الإضاءة

ك- من خلال النتائج تبين أن الكاسرات الشمسية في إضاءة الفراغات التعليمية تُعتبر مصدر الإضاءة الطبيعية غير المباشرة حيث تعمل علي تحقيق توزيع منتظم ومتجانس للإضاءة داخل الفراغات، مع تجنب أشعة الشمس المباشرة والتي تكون غالبا في المناطق القريبة من النافذة مما يساهم في تحقيق الراحة الضوئية.

١٤. التوصيات

أ- الاهتمام بتوجيه المباني التعليمية، ويعتبر التوجيه المثالي هو التوجيه الشمالي ويمكن انحراف المبني شرق أو غرب بحيث يكون طول الواجهة جهة الشمال وفي حالة استحالة تحقيق ذلك يسمح بالتوجيهات الأخرى مع مراعاة التظليل الكامل للفتحات.

ب- استخدام الكاسرات المركبة في حالات عدم الالتزام بالتوجيه الامثل للمبني(شرق/غرب)

ج- مراعاة استخدام مصابيح الليد داخل الفصول الدراسية نظراً لكفأتها وقدرتها علي توفير طيف كامل غير منقطع.

د- الاهتمام بأشكال الفصول الدراسية التي توفر مجال سمعي وبصري أفضل وتساهم بشكل كبير في نجاح الطلاب فمنها الشكل المربع والشبه منحرف بالرغم من شيوع استخدام شكل المستطيل.

ه- الاهتمام بالألوان الفاتحة للحوائط والاسقف بدور كبير في عكس الضوء والتقليل من شدة اللمعان.

المراجع

[١] أحمد حليم حسين ،"دور الكاسرات الشمسية في تحقيق الراحة الضوئية في الفراغات التعليمية دراسة حالة :المباني التعليمية المصرية" مجلة البحوث الهندسية،العدد١٧٣, مارس ٢٠٢٢

[٢] الشيماء احمد جاب الله، محمود محمد مراد،" تأثير الإضاءة الطبيعية علي استهلاك الطاقة في الفراغات التعليمية من خلال المحاكاة (كلية الهندسة محافظة سوهاج حالة دراسة)" مجلة العلوم الهندسية كلة الهندسة جامعة اسيوط، مايو٢٠٢٢م

[٣] الفيتوري عمر، عادل حسين، صالح يوسف،" تأثير بروز كاسرات الشمس لنوافذ الفصول الدراسية علي مستويات الإضاءة (دراسة حالة: مدارس التعليم الاساسي بمدينة الخمس بليبيا)" المؤتمر الهندسي الثاني لنقابة المهن الهندسية بالزاوية ٢٠١٩م

[٤] الهيئة العامة للأبنية التعليمة, لعام ٢٠١١

[٥] خالد الحديدي، سلامه النجار، ناهد محمد "تأثير الوحدة المديولية التصميمية لفتحات الشبابيك علي الإضاءة الطبيعية في قاعات الرسم بقسم العمارة" مؤتمر الازهر الهندسي الدولي السابع، ابريل ٢٠٠٣

[٦] زينب حسن، وفاء عمر، مها لوى، "سبل تحسين جودة البيئة الداخلية بمدارس التعليم الأساسي الحكومي الراحة الحرارية / الإضاءة" مجلة البحوث في مجالات التربية النوعية، المجمد الثامن العدد ٤٣ ، نوفمبر ٢٠٢٢

[٧] عبد المنطلب محمد، "المفردات المعمارية لمباني الأقاليم الحارة الصحراوية مبني كلية التربية جامعة اسيوط" مجلة العلوم والتكنولوجيا، مجلد ١٣، عدد،٢٠٠٨

[٨] كريم سعد، "الواجهات الديناميكية كمدخل لتحسين مستويات الاداء البيئي داخل الفراغ التعليمي باستخدام ادوات التصميم الرقمي" رساله ماجستير، جامعة الفيوم،٢٠١٩

[٩] كريم سعد، شريف محمد، ممدوح احمد، " نحو منهجية لاستخلاص النموذج التصميمي الاوفق للفصول الدراسية، مجلة كلية الهندسة جامعة الفيوم،٢٠١٩

[١٠] مايثة عثمان خضر "التصميم التعليمي الامثل للفصل الدراسي. دراسة تحليليه" المجلة العربية للنشر العلمي، العدد ١٦، ٢٠٢٠

[١١] محمد علي، امجد محمد، عزة عثمان, سمر محمود "العوامل الطبيعية وتأثيرها علي الواجهات الزجاجية في العمارة المستقبلية" مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية ، المجلد السادس، عدد ٢٦،مارس ٢٠٢١

[12] Aimilios Michael, Chryso Heracleous, "Assessment of Natural Lighting Performance and Visual Comfort of Educational Architecture in Southern Europe. The Case of Typical Educational School Premises in Cyprus. Energy and Buildings Volume 140", 1 April 2017

[13]Ayca Kirimtat, Basak Kundakci, Ioannis Chatzikonstantinou, Sevil Sariyildiz, "Review of simulation modelling for shading devices in buildings, Renewable and Sustainable Reviews Energy" Volume 53, January 2016

[14] Ayman M, Maged M. and Eman B., Calibration of "Design Builder program", Journal of American Science 2015

[15] Brenda L. Morrow, Shireen M. Kanakri "The impact of fluorescent and led lighting on students attitudes and behaviour in the classroom" 2018

[16] corky binggeli ,"building systems for interior designers" , Hoboken, new jersey, 2003

[17]Cornaro C, Bosco F, Lauria M, Puggioni V.A and Livio, "Effectiveness of Automatic and Manual Calibration of an Office Building Energy Model", Article in Applied Sciences.May 2019

[18] Karlen M , James B, "Lighting, design basics", John Wiley Sons, INC., Hoboken, New Jersey, USA, 2004

[19] Khaled A. Al-Sallal," Day lighting and visual performance: evaluation of classroom design issues in the UAE", June 2010

[20] Khaoula Lakhdari, Leila Sritia, Birgit Painter "Parametric Optimization of Daylight, Thermal and Energy Performance of Middle School Classrooms, Case of Hot and Dry Regions, Building and Environment 204(2)", July 2021

[21] Tugba Inan "An Investigation on Day lighting Performance in Educational Institutions, Structural Survey, Vol. 31, Iss 2,2013.

[22] Vincenzo Costanzo, Gianpiero Evola and Luigi Marletta," A Review of Day lighting Strategies in Schools: State of the Art and Expected Future Trends", May 2017

[23]Z.S. Zomorodian , S.S. Korsavi , M. Tahsildoost" The effect of window configuration on daylight performance in classrooms: A field and simulation study, Int. J. Architect. Eng. Urban Plan" , June 2016

[24]https://www.education.govt.nz/assets/Documents/Primary-Secondary/Property/Design/Flexible-learning-spaces/DQLS-Lighting.pdf,at 12\4\2024

[25] https://climate-consultant.freedownloadscenter.com/windows/at 2\6\2024

[26]https://elwadysteel.com/portfolios/%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%88%D9%84%D9%8A-%D9%83%D8%B1%D8%A8%D9%88%D9%86%D9%8A%D8%AA/.at 5\8\2024

[27] https://www.tester.co.uk/extech-sdl400-light-meter-datalogger,at 28\12\2023

[28] https://www.tadamun.co/?post_type=gov-entity&p=10562 at 6\11\2024

جدول(٦): متوسط قراءات ثلاثة ايام قياس فعلى ونتائج المحاكاة وقيم (MBE%) فصل الواجهة الغربية التوقيت الصيفي (المصدر: الباحث)

	في حالة النوافذ مغلقة صيفا						في حالة النوافذ مفتوحة صيفا					
	١١:٩			٤:٢			١١:٩			٤:٢		
	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	MBE%	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	MBE%	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	MBE%	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	MBE%
١	٤٢٢	٤٤٢	٠,٠٥	٤٦٠	٤٧٤	٠,٠٣	٥٤٢	٥٦٢	٠,٠٤	٥٩٩	٦٣٠	٠,٠٥
٢	٥٠١	٥٢١	٠,٠٤	٥٢٨	٥٥٧	٠,٠٥	٦٥٢	٦٦٤	٠,٠٢	٧٠٨	٧٤١	٠,٠٥
٣	٦٤٥	٦٥٨	٠,٠٢	٦٩٧	٧٠٢	٠,٠١	٧٧٤	٨٢٦	٠,٠٧	٩١٠	٩١٨	٠,٠١
٤	٨١٦	٨٣٤	٠,٠٢	٨٦٩	٨٧٧	٠,٠١	٩١١	٩٢٨	٠,٠٢	١١٥٠	١١٦٢	٠,٠١
٥	٤٩١	٥٠٠	٠,٠٢	٥٢٣	٥٣٥	٠,٠٢	٥٨٢	٦٣٤	٠,٠٩	٦٩٣	٧١٠	٠,٠٢
٦	٥٤٤	٥٧٠	٠,٠٥	٥٨٣	٦٠٥	٠,٠٤	٦٧٩	٧٢١	٠,٠٦	٧٨٧	٨٠٢	٠,٠٢
٧	٦٥١	٦٧٣	٠,٠٣	٧٠٤	٧١٤	٠,٠١	٨١٦	٨٣٤	٠,٠٢	٩٢٣	٩٣٨	٠,٠٢
٨	٦٥٧	٦٦٩	٠,٠٢	٦٨٥	٧١٥	٠,٠٤	٨٣١	٨٤١	٠,٠١	٩٢٨	٩٤٠	٠,٠١
٩	٥٠٩	٥٣٤	٠,٠٥	٥٥٥	٥٧٠	٠,٠٣	٦٧٢	٦٨٤	٠,٠٢	٧٤٦	٧٥٩	٠,٠٢
١٠	٥٦٧	٦٠٣	٠,٠٦	٦١٧	٦٤٤	٠,٠٤	٧٣١	٧٦٩	٠,٠٥	٨٢٣	٨٤٩	٠,٠٣
١١	٧٠٧	٧٢٧	٠,٠٣	٧٤٤	٧٦٣	٠,٠٣	٨٨٨	٩٠٧	٠,٠٢	٩٣١	٩٥٣	٠,٠٢
١٢	٧٥٢	٧٧٧	٠,٠٣	٨١٢	٨٢٤	٠,٠١	٩٦٥	٩٨١	٠,٠٢	١٠٧٥	١٠٩٢	٠,٠٢
١٣	٤٨٥	٥٢٤	٠,٠٨	٥٠٧	٥٥٨	٠,١	٦٥٧	٦٦٧	٠,٠٢	٧١٩	٧٤١	٠,٠٣
١٤	٥٧٣	٦٠١	٠,٠٥	٦٢٤	٦٤١	٠,٠٣	٧٤٦	٧٦٢	٠,٠٢	٨٣١	٨٤٥	٠,٠٢
١٥	٧٤١	٧٦٤	٠,٠٣	٧٩٧	٨٠٨	٠,٠١	٩٣٥	٩٥٧	٠,٠٢	١٠٤٧	١٠٥٩	٠,٠١
١٦	٩٥١	٩٦٥	٠,٠١	٩٩٨	١٠١٨	٠,٠٢	١١٩٥	١٢٠٤	٠,٠١	١٣٢٩	١٣٤٣	٠,٠١

جدول(٧):متوسط قراءات ثلاثة ايام قياس فعلى ونتائج المحاكاة وقيم (MBE%) فصل الواجهة الغربية التوقيت الشتوي (المصدر: الباحث)

	في حالة النوافذ مغلقة شتاء						في حالة النوافذ مفتوحة شتاء					
	١١:٩			٤:٢			١١:٩			٤:٢		
	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	MBE%	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	MBE%	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	MBE%	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	MBE%
١	٤٦٠	٥٠٥	٩,٨	١٤٤٤	١٥٦٨	٠,٠٩	٦٥٩	٦٦٨	٠,٠١	١٨٩٠	١٩٣٣	٠,٠٢
٢	٦٤٢	٦٥٤	١,٩	٢٠٢١	٢١٠٥	٠,٠٤	٨٤٠	٩٠٤	٠,٠٨	٢٦٣٠	٢٦٤١	٠
٣	٩١١	٩٣٢	٢,٣	٣٠٠١	٣٠٩٨	٠,٠٣	١٣٠٨	١٣٥٤	٠,٠٤	٤٠٤١	٤١٣٤	٠,٠٢
٤	١١٨٠	١٢٣٨	٤,٩	٤٥٧٤	٤٧٤٦	٠,٠٤	١٨٧٨	٢٠٦٢	٠,١	٦٣٧١	٦٧٠٤	٠,٠٥
٥	٤٧٦	٥٧١	٢٠	١٥٠٧	١٦٥١	٠,١	٧١٠	٧٥٣	٠,٠٦	١٩٤١	٢٠٧٢	٠,٠٧
٦	٦٣٣	٧٢٣	١٤,٢	٢١١٩	٢٢٦٣	٠,٠٧	٩٠٩	٩٨٧	٠,٠٩	٢٩٤٤	٢٨٥٧	٠,٠٣-
٧	٩٥٨	٩٤١	١,٨-	٢٢٣٧٩	٢٢٨٦٠	٠,٠٢	١١٩٤	١٣٦٢	٠,١٤	٢٥٨٨٦	٢٦٠٢٨	٠,٠١
٨	٩٧٨	٩٦٤	١,٤-	٢٣٩٨	٢٤٢٣	٠,٠١	١٤٢٨	١٥٠٨	٠,٠٦	٣٢٣٥	٣٤١٣	٠,٠٦
٩	٥٣٦	٦٠٩	١٣,٦	١٣٨١	١٤٨٠	٠,٠٧	٧٠٤	٧٩٣	٠,١٣	١٧٠٤	١٨٩٠	٠,١١
١٠	٦٨٩	٧٥٧	٩,٩	١٩٥٢	٢٠٧٤	٠,٠٦	٩٨١	١٠٣٨	٠,٠٦	٢٦٩١	٢٧٨٢	٠,٠٣
١١	٩٧٥	١٠١٢	٣,٨	٣٣٢٣	٣٤١٥	٠,٠٣	١٣٥٣	١٤٩٠	٠,١	٤٤٩٤	٤٦٢٤	٠,٠٣
١٢	١١١٢	١١٦٤	٤,٧	٢٤٠٨٤	٢٤٦٢٢	٠,٠٢	١٩٢٠	١٨٦٦	٠,٠٣-	٢٨٦٦٨	٢٨٨٣١	٠,٠١
١٣	٥٦٨	٦٠١	٥,٨	١٢٦٥	١٣٢٠	٠,٠٤	٧٤٦	٧٨٢	٠,٠٥	١٦٢٥	١٦٨٨	٠,٠٤
١٤	٧١٧	٧٤٣	٣,٦	١٥٩٣	١٦٤٩	٠,٠٤	٩٤١	١٠٠٨	٠,٠٧	٢١٢٧	٢١٧٨	٠,٠٢
١٥	١٠٠٢	١٠٥٦	٥,٤	٢٤٠٩	٢٤٩٦	٠,٠٤	١٣٨٢	١٥٣٣	٠,١١	٣٣٤٦	٣٤٥٠	٠,٠٣
١٦	١٤٣٤	١٤٣٥	٠,١	٣٦٦٧	٣٧٤٠	٠,٠٢	٢٣١٣	٢٢٨٣	٠,٠١-	٥٤٣٩	٥٤٧٩	٠,٠١

جدول (٨): يوضح قيم (CV(RMSE),(RMSE) فصل الواجهة الغربية في حالة النوافذ المغلقة شتاءً (المصدر: الباحث)

	في حالة النوافذ مغلقة شتاء							
	١١:٩				٤:٢			
	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	Error	Eroor^2	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	Error	Eroor^2
١	٤٦٠	٥٠٥	٤٥	٢٠٢٥	١٤٤٤	١٥٦٨	١٢٤	١٥٣٧٦
٢	٦٤٢	٦٥٤	١٢	١٤٤	٢٠٢١	٢١٠٥	٨٤	٧٠٥٦
٣	٩١١	٩٣٢	٢١	٤٤١	٣٠٠١	٣٠٩٨	٩٧	٩٤٠٩
٤	١١٨٠	١٢٣٨	٥٨	٣٣٦٤	٤٥٧٤	٤٧٤٦	١٧٢	٢٩٥٨٤
٥	٤٧٦	٥٧١	٩٥	٩٠٢٥	١٥٠٧	١٦٥١	١٤٤	٢٠٧٣٦
٦	٦٣٣	٧٢٣	٩٠	٨١٠٠	٢١١٩	٢٢٦٣	١٤٤	٢٠٧٣٦
٧	٩٥٨	٩٤١	١٧-	٢٨٩	٢٢٣٧٩	٢٢٨٦٠	٤٨١	٢٣١٣٦١
٨	٩٧٨	٩٦٤	١٤-	١٩٦	٢٣٩٨	٢٤٢٣	٢٥	٦٢٥
٩	٥٣٦	٦٠٩	٧٣	٥٣٢٩	١٣٨١	١٤٨٠	٩٩	٩٨٠١
١٠	٦٨٩	٧٥٧	٦٨	٤٦٢٤	١٩٥٢	٢٠٧٤	١٢٢	١٤٨٨٤
١١	٩٧٥	١٠١٢	٣٧	١٣٦٩	٣٣٢٣	٣٤١٥	٩٢	٨٤٦٤
١٢	١١١٢	١١٦٤	٥٢	٢٧٠٤	٢٤٠٨٤	٢٤٦٢٢	٥٣٨	٢٨٩٤٤٤
١٣	٥٦٨	٦٠١	٣٣	١٠٨٩	١٢٦٥	١٣٢٠	٥٥	٣٠٢٥
١٤	٧١٧	٧٤٣	٢٦	٦٧٦	١٥٩٣	١٦٤٩	٥٦	٣١٣٦
١٥	١٠٠٢	١٠٥٦	٥٤	٢٩١٦	٢٤٠٩	٢٤٩٦	٨٧	٧٥٦٩
١٦	١٤٣٤	١٤٣٥	١	١	٣٦٦٧	٣٧٤٠	٧٣	٥٣٢٩
SUM ERROR^2/N				٢٦٤٣,٣				٤٢٢٨٣,٤
RMSE				٥١,٤١				٢٠٥,٦٣
A				٨٢٩,٤٤				٤٩٤٤,٨
CV(RMSE)				٦,٢				٤,٢

Journal of
Engineering Sciences
Faculty of Engineering
Assiut University
JES
مجلة
العلوم الهندسية
كلية الهندسة
جامعة أسيوط
journal homepage: http://jesaun.journals.ekb.eg

جدول (٩) يوضح قيم (CV(RMSE),(RMSE فصل الواجهة الغربية في حالة النوافذ المفتوحة شتاءَ (المصدر: الباحث)

	في حالة النوافذ المفتوحة شتاء							
	١١:٩				٤:٢			
	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	Error	Eroor^2	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	Error	Eroor^2
١	٦٥٩	٦٦٨	٩	٨١	١٨٩٠	١٩٣٣	٤٣	١٨٤٩
٢	٨٤٠	٩٠٤	٦٤	٤٠٩٦	٢٦٣٠	٢٦٤١	١١	١٢١
٣	١٣٠٨	١٣٥٤	٤٦	٢١١٦	٤٠٤١	٤١٣٤	٩٣	٨٦٤٩
٤	١٨٧٨	٢٠٦٢	١٨٤	٣٣٨٥٦	٦٣٧١	٦٧٠٤	٣٣٣	١١٠٨٨٩
٥	٧١٠	٧٥٣	٤٣	١٨٤٩	١٩٤١	٢٠٧٢	١٣١	١٧١٦١
٦	٩٠٩	٩٨٧	٧٨	٦٠٨٤	٢٩٤٤	٢٨٥٧	٨٧-	٧٥٦٩
٧	١١٩٤	١٣٦٢	١٦٨	٢٨٢٢٤	٢٥٨٨٦	٢٦٠٢٨	١٤٢	٢٠١٦٤
٨	١٤٢٨	١٥٠٨	٨٠	٦٤٠٠	٣٢٣٥	٣٤١٣	١٧٨	٣١٦٨٤
٩	٧٠٤	٧٩٣	٨٩	٧٩٢١	١٧٠٤	١٨٩٠	١٨٦	٣٤٥٩٦
١٠	٩٨١	١٠٣٨	٥٧	٣٢٤٩	٢٦٩١	٢٧٨٢	٩١	٨٢٨١
١١	١٣٥٣	١٤٩٠	١٣٧	١٨٧٦٩	٤٤٩٤	٤٦٢٤	١٣٠	١٦٩٠٠
١٢	١٩٢٠	١٨٦٦	٥٤-	٢٩١٦	٢٨٦٦٨	٢٨٨٣١	١٦٣	٢٦٥٦٩
١٣	٧٤٦	٧٨٢	٣٦	١٢٩٦	١٦٢٥	١٦٨٨	٦٣	٣٩٦٩
١٤	٩٤١	١٠٠٨	٦٧	٤٤٨٩	٢١٢٧	٢١٧٨	٥١	٢٦٠١
١٥	١٣٨٢	١٥٣٣	١٥١	٢٢٨٠١	٣٣٤٦	٣٤٥٠	١٠٤	١٠٨١٦
١٦	٢٣١٣	٢٢٨٣	٣٠-	٩٠٠	٥٤٣٩	٥٤٧٩	٤٠	١٦٠٠
SUM ERROR^2/N				٩٠٦٥,٤				١٨٩٦٣,٦
RMSE				٩٥,٢١				١٣٧,٧١
A				١٢٠٤,١				٦١٨٩,٥
CV(RMSE)				٧,٩				٢,٢

https://doi.org/10.21608/JESAUN.2024.326638.1373
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

جدول (١٠) يوضح قيم (CV(RMSE),(RMSE فصل الواجهة الغربية في حالة النوافذ المغلقة صيفاً (المصدر: الباحث)

	في حالة النوافذ مغلقة صيفا							
	١١:٩				٤:٢			
	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	Error	Eroor^2	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	Error	Eroor^2
١	٤٢٢	٤٤٢	٢٠	٤٠٠	٤٦٠	٤٧٤	١٤	١٩٦
٢	٥٠١	٥٢١	٢٠	٤٠٠	٥٢٨	٥٥٧	٢٩	٨٤١
٣	٦٤٥	٦٥٨	١٣	١٦٩	٦٩٧	٧٠٢	٥	٢٥
٤	٨١٦	٨٣٤	١٨	٣٢٤	٨٦٩	٨٧٧	٨	٦٤
٥	٤٩١	٥٠٠	٩	٨١	٥٢٣	٥٣٥	١٢	١٤٤
٦	٥٤٤	٥٧٠	٢٦	٦٧٦	٥٨٣	٦٠٥	٢٢	٤٨٤
٧	٦٥١	٦٧٣	٢٢	٤٨٤	٧٠٤	٧١٤	١٠	١٠٠
٨	٦٥٧	٦٦٩	١٢	١٤٤	٦٨٥	٧١٥	٣٠	٩٠٠
٩	٥٠٩	٥٣٤	٢٥	٦٢٥	٥٥٥	٥٧٠	١٥	٢٢٥
١٠	٥٦٧	٦٠٣	٣٦	١٢٩٦	٦١٧	٦٤٤	٢٧	٧٢٩
١١	٧٠٧	٧٢٧	٢٠	٤٠٠	٧٤٤	٧٦٣	١٩	٣٦١
١٢	٧٥٢	٧٧٧	٢٥	٦٢٥	٨١٢	٨٢٤	١٢	١٤٤
١٣	٤٨٥	٥٢٤	٣٩	١٥٢١	٥٠٧	٥٥٨	٥١	٢٦٠١
١٤	٥٧٣	٦٠١	٢٨	٧٨٤	٦٢٤	٦٤١	١٧	٢٨٩
١٥	٧٤١	٧٦٤	٢٣	٥٢٩	٧٩٧	٨٠٨	١١	١٢١
١٦	٩٥١	٩٦٥	١٤	١٩٦	٩٩٨	١٠١٨	٢٠	٤٠٠
SUM ERROR^2/N				٥٤٠,٨٨				٤٧٦,٥
RMSE				٢٣,٢٦				٢١,٨٣
A				٦٢٥,٧٥				٦٦٨,٩٤
CV(RMSE)				٣,٧				٣,٣

جدول (١١) يوضح قيم (CV(RMSE),(RMSE فصل الواجهة الغربية في حالة النوافذ المفتوحة صيفاَ (المصدر: الباحث)

	في حالة النوافذ المفتوحة صيفا							
	١١:٩				٤:٢			
	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	Error	Eroor^2	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	Error	Eroor^2
١	٥٤٢	٥٦٢	٢٠	٤٠٠	٥٩٩	٦٣٠	٣١	٩٦١
٢	٦٥٢	٦٦٤	١٢	١٤٤	٧٠٨	٧٤١	٣٣	١٠٨٩
٣	٧٧٤	٨٢٦	٥٢	٢٧٠٤	٩١٠	٩١٨	٨	٦٤
٤	٩١١	٩٢٨	١٧	٢٨٩	١١٥٠	١١٦٢	١٢	١٤٤
٥	٥٨٢	٦٣٤	٥٢	٢٧٠٤	٦٩٣	٧١٠	١٧	٢٨٩
٦	٦٧٩	٧٢١	٤٢	١٧٦٤	٧٨٧	٨٠٢	١٥	٢٢٥
٧	٨١٦	٨٣٤	١٨	٣٢٤	٩٢٣	٩٣٨	١٥	٢٢٥
٨	٨٣١	٨٤١	١٠	١٠٠	٩٢٨	٩٤٠	١٢	١٤٤
٩	٦٧٢	٦٨٤	١٢	١٤٤	٧٤٦	٧٥٩	١٣	١٦٩
١٠	٧٣١	٧٦٩	٣٨	١٤٤٤	٨٢٣	٨٤٩	٢٦	٦٧٦
١١	٨٨٨	٩٠٧	١٩	٣٦١	٩٣١	٩٥٣	٢٢	٤٨٤
١٢	٩٦٥	٩٨١	١٦	٢٥٦	١٠٧٥	١٠٩٢	١٧	٢٨٩
١٣	٦٥٧	٦٦٧	١٠	١٠٠	٧١٩	٧٤١	٢٢	٤٨٤
١٤	٧٤٦	٧٦٢	١٦	٢٥٦	٨٣١	٨٤٥	١٤	١٩٦
١٥	٩٣٥	٩٥٧	٢٢	٤٨٤	١٠٤٧	١٠٥٩	١٢	١٤٤
١٦	١١٩٥	١٢٠٤	٩	٨١	١٣٢٩	١٣٤٣	١٤	١٩٦
SUM ERROR^2/N				٧٢٢,١٩				٣٦١,١٩
RMSE				٢٦,٨٧				١٩
A				٧٨٦				٨٨٧,٤٤
CV(RMSE)				٣,٤				٢,١٤

جدول (١٢) في حالة الكاسرة ٠,٥ متر فصل الشتاء فترة من ٤:٢ مساءَ يوم ٢٠٢٣/١/١٠

نقاط القياس	كاسرة أفقية ٠,٥ متر نافذة مفتوحة	إضافة كاسرة راسية للكاسرة الأفقية بطول ٠,٥ متر نافذة مفتوحة
١	١٩٤٨	١٤٨٩
٢	٢٦٣١	٢٠١٤
٣	٤١٢٦	٣٠٠٠
٤	٦٦٧٦	٢٤١٧٤
٥	٢٠٨٧	١٥٦٨
٦	٢٨٨٥	٢١٥٥
٧	٢٥٨٤٤	٢٢٣٨٦
٨	٣٣٩٥	٢٢٩٧
٩	١٨٩١	١٤٠٧
١٠	٢٧٣٠	١٩٩٣
١١	٤٦٤١	٣٢٦٤
١٢	٢٨٥٥٩	٢٤١٧٥
١٣	١٦٨٤	١٢٦٠
١٤	٢١٧٧	١٥٣٣
١٥	٣٤٤٣	٢٣٤٨
١٦	٥٤٦٨	٣٥٤٦

جدول (١٣) في حالة الكاسرة ٠,٧٥ متر فصل الشتاء فترة اولي الساعة ١٠:٨ صباحا وفترة ثانية من ٤:٢ مساءَ يوم ٢٠٢٣/١/١٠

نقاط القياس	كاسرة أفقية ٠,٧٥ متر نافذة مفتوحة	إضافة كاسرة راسية للكاسرة الأفقية بطول ٠,٧٥متر نافذة مفتوحة	إضافة كاسرة راسية للكاسرة الأفقية بطول ٠,٧٥متر نافذة مغلقة الساعة ٢ مساء	إضافة كاسرة راسية للكاسرة الأفقية بطول ٠,٧٥متر نافذة مغلقة الساعة ٩صباحا
١	١٠٤٢	٨٩٦	٨٢٥	٣٥١
٢	١٣٩٣	١١٧٨	١٠٦٠	٤٥٢
٣	٢٠٢٥	١٦٧٢	١٥٢٣	٦٤٧
٤	٣٢٦٨	٢٧٤٢	٢٤٨٤	٩٠٤
٥	١١٢٩	٩٦٩	٨٧٤	٣٩٠
٦	١٤٩٢	١٢٨٥	١١٦٦	٤٨٦
٧	٢٠٧٧	١٧٩١	١٦٠٤	٦٤٧
٨	١٩٧٠	١٦٤٢	١٤١٢	٦٣١
٩	١١٢٥	٩٧٤	٨٤٨	٤١٢
١٠	١٤٩٨	١٣٠٣	١١٧٣	٥٢٥
١١	٢٢٧٣	٢٠٠٦	١٨١٠	٧١٢
١٢	٣٥٤٤	٣٠٩٠	٢٧٨٨	٧٩٩
١٣	١٠٥٨	٩٣٣	٨٢٧	٤٠٥
١٤	١٣١٩	١١٨١	١٠٢٥	٥١٢
١٥	١٩٦١	١٧٨٣	١٥٥٧	٧٢٩
١٦	٣٠٥٢	٢٧٥٧	٢٣٩٢	١٠١٣

جدول (١٤) في حالة الكاسرة ١ متر فصل الشتاء فترة من ٤:٢ مساءَ يوم ٢٠٢/١/١٠

نقاط القياس	كاسرة أفقية ١ متر نافذة مفتوحة	إضافة كاسرة راسية للكاسرة الأفقية بطول ١متر نافذة مفتوحة	إضافة كاسرة راسية للكاسرة الأفقية بطول ١متر نافذة مغلقة
١	٩٥٦	٧٥٥	٦٩١
٢	١٢٧١	٩٦٧	٨٩٣
٣	١٧٨٣	١٣٤٣	١٢٣٧
٤	٢٦٧٠	٢٠٦٥	١٨٨١
٥	١٠٣٥	٨٣٨	٧٦٢
٦	١٣٥٥	١٠٧٠	١٠٠٢
٧	١٨٥٦	١٣٩٧	١٢٥٢
٨	١٦٧٨	١٢٤١	١١١٠
٩	١٠٣٠	٨٣١	٧٦٥
١٠	١٣٥٢	١٠٩٥	١٣٣١
١١	٢٠٢٢	١٦٢٩	١٤٩٣
١٢	٣٠١٧	٢٣٠٣	٢١٣٩
١٣	٩٧٤	٨٢٦	٧٤٩
١٤	١٢١٥	١٠٢٣	٩١٤
١٥	١٧٥٤	١٤٩٤	١٣٢٣
١٦	٢٦١٣	٢٢١١	١٩٥٥

جدول (١٥) في حالة الكاسرة المائلة نافذة مغلقة فصل الشتاء فترة من ٤:٢ مساءَ يوم ١٠ /٢٠٢٣/١

نقاط القياس	كاسرة مائلة بزاوية٣٠ درجة نافذة مغلقة	كاسرة مائلة بزاوية٦٠ درجة نافذة مغلقة
١	١٠٢٥	١٠١٦
٢	١٣٩٦	١٣٧٣
٣	٢٠٨١	٢٠٨٢
٤	٣٤٤١	٣٤٨٦
٥	١١١٩	١٠٨١
٦	١٥٠٣	١٤٩٢
٧	٢١٢٧	١٤٨٣
٨	٤٧٦٤	٢٠٢٤
٩	١٠٧٥	١٠٣٣
١٠	١٤٥٦	١٤٢٠
١١	٢٣٢٤	٢٢٨٦
١٢	٣٧١٩	٣٧٠٧
١٣	١٠٠١	٩٦٥
١٤	١٢٣٨	١٢٣٤
١٥	١٩٣٤	١٨٩٧
١٦	٣٠٥٣	٣٠١٠

جدول (١٦) في حالة تغيير نوع الزجاج من فيبر جلاس إلي زجاج عاكس فصل الصيف فترة اولي الساعة ١٠:٨ صباحا وفترة ثانية من ٤:٢ مساءَ يوم ٢٠٢/٥/٣

نقاط القياس	زجاج فيبر جلاس في حالة نافذة مغلقة بوجود كاسرة أفقية ببروز ٠,٥ متر	زجاج عاكس نفاذية ٣٠٪
١	١٥٦٧	١٥٧٩
٢	٢٠٨٦	٢٠٧٨
٣	٣١٠٩	٣٠٧٦
٤	٤٧٠٩	٤٧٣٠
٥	١٦٦١	١٦٤٨
٦	٢٢٤١	٢٢٦٤
٧	٢٢٦٦٦	٢٢٧١٢
٨	٢٤٢٦	٢٤٤٠
٩	١٤٨١	١٤٨٣
١٠	٢٠٦٣	٢٠٧٧
١١	٣٤٤٠	٣٤١٤
١٢	٢٤٣٧٠	٢٤٤٨٥
١٣	١٣١٩	١٢٣١
١٤	١٦٥٨	١٦١٠
١٥	٢٤٩٥	٢٤٨٥
١٦	٣٧٣٤	٣٧٣٠

جدول (١٧) مقارنة بين كاسرة ببروز ٠,٥ متر أفقية وكاسرة مركبة ببروز ٠,٧٥ متر ٣ فصل الشتاء فترة من ٤:٢ مساءَ يوم ٢٠٢٣/١/١٠

نقاط القياس	كاسرة أفقية ٠,٥ متر نافذة مفتوحة الساعة ٩ صباحا	كاسرة أفقية ٠,٥ متر نافذة مفتوحة الساعة ٢ مساءا	إضافة كاسرة راسية للكاسرة الأفقية بطول ٠,٧٥متر نافذة مفتوحة الساعة ٩ صباحا	إضافة كاسرة راسية للكاسرة الأفقية بطول ٠,٧٥متر نافذة مفتوحة الساعة ٢مساء
١	٥٣١	٥٥٦	٤٥٠	٤٥٦
٢	٦٢٨	٦٥٧	٥٢٤	٥٣١
٣	٧٧٣	٨٠٤	٦٢٧	٦٣٩
٤	٦٤٠	١٠٠٠	٧٦٨	٧٩١
٥	٦٠١	٦٢٦	٥٠٦	٥١٤
٦	٦٧٨	٧٠٢	٥٦٩	٥٧١
٧	٧٧٣	٨١٦	٦٣٧	٦٥٣
٨	٧٨٧	٨٢٧	٦١٤	٦٣٠
٩	٦٤٧	٦٦٧	٥٣٤	٥٤٢
١٠	٧٢٥	٧٤٦	٦٠٢	٥٩٩
١١	٨٥١	٨٧٩	٦٩٣	٧٠١
١٢	٩١٧	٩٤٣	٧٣٢	٧٤١
١٣	٦٣٢	٦٤٩	٥٢٦	٥٢٦
١٤	٧١٦	٧٣٥	٥٨٨	٥٨٩
١٥	٨٩٤	٩٢٣	٧٢٢	٧٢٦
١٦	١١٢٣	١١٥٣	٨٨٥	٨٩٤