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

تأثير الإضاءة الطبيعية على استهلاك الطاقة فى الفراغات التعليمية من خلال المحاكاة "كلية الهندسة بجامعة سوهاج كحالة دراسة"

Received 12 April 2022; Revised 02 July 2022; Accepted 02 July 2022

الشيماء أحمد جاب الله [١]
محمود محمد مراد [٢]

الكلمات الرئيسية
الإضاءة الطبيعية ، المحاكاة ، استهلاك الطاقة ، الفراغات التعليمية ، سوهاج

الملخص

يهدف البحث الى دراسة تأثير الإضاءة الطبيعية على معدل استهلاك الطاقة فى الفراغات التعليمية الخاصة بكلية الهندسة جامعة سوهاج وذلك عن طريق إجراء محاكاة باستخدام برنامج design builder. وتمت نمذجة المبنى استناداً الي كلا من الرسومات الهندسية والواقع الفعلى للتنفيذ من خلال الزيارات الميدانية المتكررة ، وإدخال مجموعة من البيانات المتمثلة في استهلاك الطاقة للأجهزة الكهربائية ووحدات الإضاءة الخاصة بكل فراغ ، وجداول الإشغال التى تحدد عدد ساعات العمل الدراسى وأعداد المستخدمين من طلاب وأعضاء هيئة تدريس وعاملين ، والأنشطة التي يتم ممارستها فى الفراغ ، ومستوى شدة الإضاءة المطلوبة لكل فراغ بمبنى كلية الهندسة.
كما تم إدخال المواصفات المختلفة لمواد البناء والتشطيبات الخاصة بالمبنى (Visible absorptance , Surface light reflectance value , Roughness , Specularity reflection) ومواصفات نوافذ المبنى ، ونظم التحكم فى التعتيم Lighting Control ، ومنهجية The Perez All-weather sky التى تتطلب قيم Diffuse Horizontal Irradiance , (DNI) Direct Normal Irradiance (DIF) الخاصة بمنطقة سوهاج الجديدة بمحافظة سوهاج.
وتوصلت نتائج المحاكاة إلى أن استهلاك طاقة الإضاءة فى الفراغات التعليمية تنخفض بنسبة ٣٩,٨٥٪ فى حالة النوافذ المفتوحة عن النوافذ المغلقة ، كما انه فى حالة النوافذ المفتوحة فى الفراغات التعليمية تستهلك طاقة الإضاءة الصناعية ٢٩,٣٢٪ من استهلاك طاقة المبنى ، وفى حالة النوافذ المغلقة فى الفراغات التعليمية تستهلك طاقة الإضاءة ٤٠,٨٢٪ من استهلاك طاقة المبنى.

١. المقدمة

تسعى الدولة إلى توفير الطاقة فى المبانى الحكومية بنسبة ٢٠٪ من استهلاكها، وتستهلك جامعة سوهاج نحو ٥٨٢١٠١,٨ كيلووات.الساعة لعام ٢٠١٧ (وزارة الكهرباء، فرع سوهاج). ويعد استخدام الإضاءة الطبيعية أحد الطرق الفعالة من حيث توفير استهلاك الطاقة وتحسين جودة البيئة البصرية فى المبانى التعليمية وبرامج المحاكاة تساعد فى دراسة ذلك.

[١] باحث بقسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة جامعة أسيوط (s_g65@ymail.com)
[٢] مدرس هندسة مصادر الطاقة والتحكم البيئى بقسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة جامعة أسيوط (mmmourad2002@yahoo.com)

https://doi.org/10.21608/JESAUN.2022.131260.1128
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

وتتعدد برامج المحاكاة منها برامج لمحاكاة الإضاءة فقط مثل برنامج Radiance وبرنامج Ray-tracing ، وتقيم تلك البرامج الراحة البصرية وجودة الإضاءة عن طريق توفير صورة حقيقية للبيئة المنمذجة. ويوجد أختلاف بين نتائج القياسات والمحاكاة بسبب أخطاء فى مصادر البيانات التى لايمكن تجنبها لذا يستخدم معامل تصحيح دائما فى تحسين نتائج المحاكاة [٤]،[١٦]. يعتبر برنامج Relux من البرامج التى تحاكى الإضاءة الصناعية والطبيعية وتستخدم تكنولوجيا radiance ray-tracing المعدلة لإنتاج صور ذات جودة photo realistic و من مميزات البرنامج يحتوى على مكتبة إضاءة غنية من مصنعى عناصر الإضاءة. كما أن واجهة البرنامج سهلة الإستخدام لنمذجة المبنى داخل البرنامج ومتوافق مع أنظمة BIM وCAD ويعد البرنامج ذو دقة عالية عند إجراء السناريوهات المختلفة حيث يغطى جوانب مختلفة من مجالات برامج المحاكاة [١٦]،[٢٣].

ويوجد برامج تحاكى الطاقة مثل برنامج Energy plus ويعتمد على برنامجين BLAST, DOE-2 ويقوم البرنامج بإدخال وإخراج البيانات فى صورة ملفات مكتوبة وعند حساب استهلاك طاقة الإضاءة يمكن إنشاء جداول زمنية متعلقة بالإعدادات فى برنامج محاكاة الإضاءة مثل Daysim وتشمل ملف مدخلات فى برنامج Energy plus [٤]،[١٦].

يوجد عديد من برامج الحاسب الآلى التى تحاكى الإضاءة والطاقة معا مثل برنامج Dialux ويمتلك كتالوج كبير لوحدات الإضاءة الصناعية لغالبية الشركات العالمية [٤]،[١٠].

كما نجد برنامج Daysim يحاكى الإضاءة الطبيعية القائم على radiance ويحاكى استهلاك طاقة الإضاءة عن طريق النمذجة بنظام التحكم photosensor فى البيئة الحقيقية، ويستخدم هذا البرنامج radiance فى حساب شدة الإضاءة السنوية ومعامل الأضاءة الطبيعية مستخدما نمذجة perez all weather sky معتمد على direct normal irradiance, diffuse horizontal irradiance المأخوذ من ملف بيانات المناخ ، ويستخدم برامج محاكاة الطاقة مثل Energy plus [١٠]،[١٦]. برنامج Ecotect لديه واجهة سهلة الاستخدام ويوفر نطاق واسع من المحاكاة ووظائف تحليل طاقة المبنى وهذه المحاكاة والتحليلات تشمل أداء الطاقة للمبنى ومحاكاة حرارية وإشعاع شمسى ومستوى إضاءة طبيعية ومخططات ظل وصوتيات وتكلفة وانبعاث ثانى اكسيد الكربون واستخدام المياة ولكن أصبح البرنامج الآن غير متوفر [٤]،[١٠].

ونجد برنامج Integrated environmental solutions–virtual environment (IES VE) يمكن استخدامه كأداة لإدارة المعلومات قادر على توفير معلومات مفصلة عن الإضاءة الطبيعية والحرارة وإجراء التحليلات البيئية الأخرى ويقدم البيانات والنتائج فى صورة رسم بيانى [٤]،[١١]. يوفر برنامج DIVA for Rhino للمستخدمين مجموعة من الحلول الخاصة بأداء المبنى والموقع العام ، ويحتوى على خرائط للإشعاع و Photo realistic rendering وقياسات الإضاءة الطبيعية معتمد على المناخ وتحليل الإبهار وحسابات حمل وطاقة الفراغ حراريا [٤].

وتم أختيار برنامج design builder لما له من سمات مميزة تسمح بنمذجة المبانى المعقدة بسرعة وحساب الطاقة والراحة البصرية عن طريق تقييم تصميمات المبنى وحساب شدة الإضاءة الداخلية ومؤشر الإبهار ويوفر إمكانية التحكم فى الإبهار والإضاءة الصناعية لحساب أنخفاض استهلاك الإضاءة الصناعية وتوفير الطاقة فى المبانى التعليمية [١٢].

يحتوى واجهة البرنامج على Energy plus وأدوات نمذجة مميزة هذه الخصائص تسمح لفريق التصميم استخدام البرنامج من مرحلة الفكرة إلى المرحلة النهائية ويتحقق من بدائل التصميم لزيادة الراحة الحرارية وفوائد الإضاءة الطبيعية والتهوية الطبيعية والبرنامج مفيد لنمذجة HVAC والإضاءة الطبيعية وتدفق الهواء لتقليل استهلاك الطاقة وانبعاث ثانى أوكسيد الكربون والتكلفة ولتحسين الحلول لتحقيق اهداف التصميم [٤]،[١٠].

٢. الهدف

دراسة تأثير الإضاءة الطبيعية على معدل استهلاك الطاقة فى الفراغات التعليمية الخاصة بكلية الهندسة جامعة سوهاج وذلك عن طريق إجراء المحاكاة باستخدام برنامج design builder.

٣. المشكلة

من المشاهدة والملاحظة أثناء الزيارات المتكررة لمبنى كلية الهندسة يتم إستخدام الإضاءة الصناعية فى معظم الفراعات التعليمية على مدار اليوم بكلية الهندسة جامعة سوهاج كما موضح بالشكل (١)

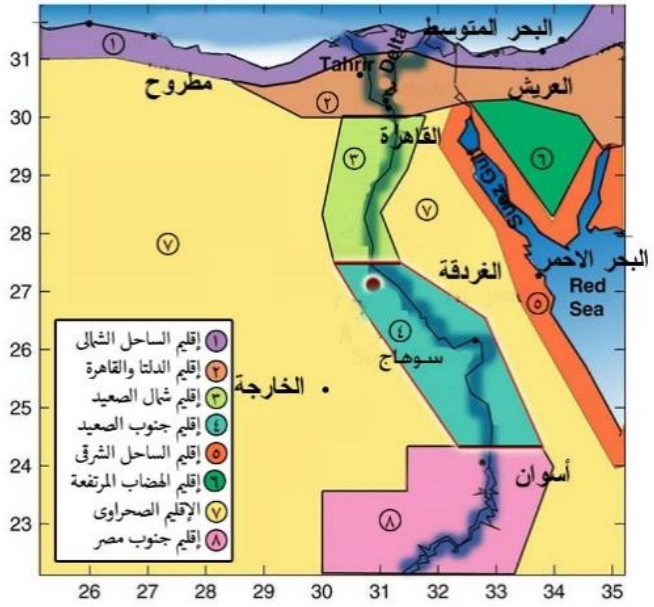
شكل ١: أستخدام الإضاءة الصناعية فى صالة الرسم بكلية الهندسة جامعة سوهاج

٤. المنهجية والأدوات

يعتمد البحث على منهجين منهج وصفى فى الجزء النظرى ومنهج تجريبى فى الجزء العملى. ففى دراسة الخصائص المناخية لمدينة سوهاج الجديدة بمحافظة سوهاج الواقعة باقليم جنوب الصعيد تم استخدام منهج وصفى (تحليل محتوى) ، وايضا استخدم المنهج الوصفى ولكن (بحث وثائقى) فى ذكر سبب اختيار جامعة سوهاج. وفى الجزء العملى أعتمد على المنهج التجريبى فى إجراء القياسات الميدانية فى فصل (١) بكلية الهندسة جامعة سوهاج وايضا عند إجراء المحاكاة للمبنى. وعند إجراء عملية المعايرة للبرنامج تم الإستعانة بالمنهج الوصفى (تحليل مقارن). واخيرا استخدم المنهج الإستنباطى لإستخلاص النتائج.

٤. ١. وصف موقع اقليم جنوب الصعيد

تنقسم مصر إلى ثمانية أقاليم مناخية (إقليم الساحل الشمالى، إقليم الدلتا والقاهرة، إقليم شمال الصعيد، إقليم جنوب الصعيد، إقليم الساحل الشرقى، إقليم الهضاب المرتفعة، إقليم الصحراء، إقليم جنوب مصر) [١] كما هو موضح بالشكل (٢) وتتميز الخصائص المناخية لإقليم جنوب الصعيد أنه حار و نادر المطر. ويمكن التمييز بين فصلين مناخيين فقط هما فصل الصيف الجاف الحار بين شهري مايو وأكتوبر، وفصل الشتاء المعتدل ، قليل الأمطار ويمتد بين شهري نوفمبر وأبريل ويسود الإقليم نطاق من الضغط المنخفض في أشهر الشتاء وهذا الضغط المنخفض هو المتسبب في جلب الرياح الشمالية الباردة خلال أشهر الشتاء، أما في الصيف فيسود بالإقليم نطاق من الضغط متوسط الارتفاع [٣]

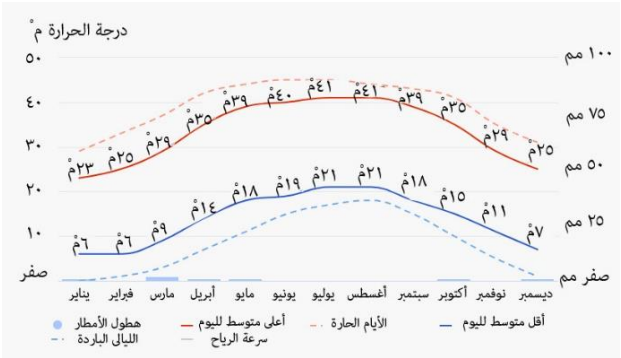


شكل ٢:خريطة التصنيف المناخى لمصر (الكود المصرى لتحسين الطاقة رقم ٣٠٦- ٢٠٠٥)[١]

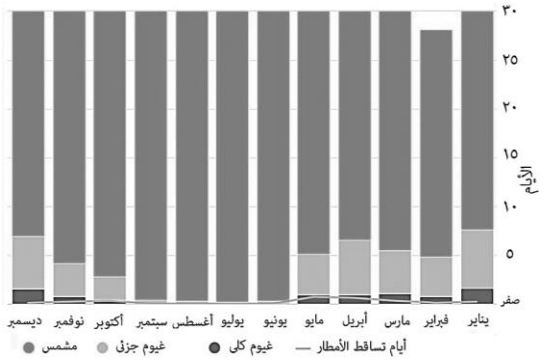
٤. ٢. دراسة الخصائص المناخية لمدينة سوهاج الجديدة بمحافظة سوهاج الواقعة باقليم جنوب الصعيد

تقع محافظة سوهاج فى إقليم جنوب الصعيد بين محافظتى أسيوط شمالا وقنا جنوبا ويحدها من الشرق محافظة البحر الأحمر والصحراء الشرقية ومن الغرب محافظة الوادي الجديد والصحراء الغربية ، وتضم محافظة سوهاج مدينة سوهاج الجديدة حيث تقع المدينة جنوب غرب مدينة سوهاج القائمة غرب النيل وتبعد ٨,٣ كم عن مدينة سوهاج الحالية وبمطار سوهاج الدولي بطريق يبلغ طوله ٧,٥ كم والطريق المار أمام المدينة بطول ١٤ كم حتى الصحراوي الغربي القاهرة – أسوان [١٨] عند دائرة عرض ٢٦,٤٧ وخط طول ٣١,٦٨ ، تتميز محافظة سوهاج بمناخ جاف حيث يكون المعدل السنوى لسقوط الأمطار غير مؤثر إلا أنه قد يحدث أثناء فصل الشتاء بعض العواصف المطيرة وتتراوح كمية البخر ما بين ٣٠٠٠ إلى٤٠٠٠ مليمتر فى السنة والرطوبة النسبية بالمحافظة تتراوح ما بين ٥٩ % شتاءًا إلى ٢٣ % صيفا [٣]. تصل أعلى درجة حرارة لمدينة سوهاج الجديدة فى فصل الربيع حوالى (٤٠°-٤٥°) وأقل درجة حرارة (٣°-٩°) ، وفى فصل الخريف تصل أعلى درجة حرارة (٣٩°-٤٣°) وأقل درجة حرارة (١° - ٧°) (شكل ٣) ، معظم ايام السنة مشمسة وتكثر الغيوم فى شهرى يناير وديسمبر (شكل ٤) [٢٤].

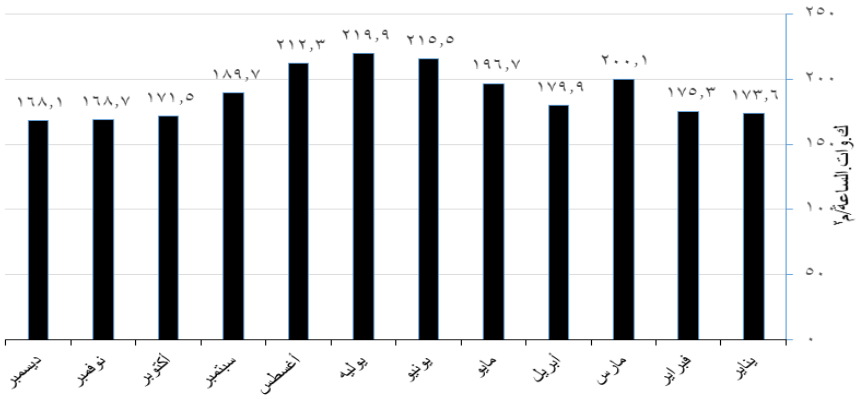
يصل اقصى قيمة للإشعاع الشمسى المباشر (DNI) فى شهرى يونيو ويوليو الى ٢١٥,٧ ، ٢٢٠,١ كيلووات.ساعة/م٢ وأقل قيمة فى شهرى نوفمبر وديسمبر ١٦٩ ، ١٦٨,٤ كيلووات.ساعة/م٢ (شكل ٥) [٢١] ، حيث Direct Normal Irradiance (DNI) هو مقدار الإشعاع الشمسي الساقط على كل وحدة مساحة بواسطة سطح يكون دائمًا متعامدًا (أو عاديًا) على الأشعة التي تأتي في خط مستقيم من اتجاه الشمس في موقعها الحالي في السماء [١٣].



شكل 3: المتوسط الشهرى للاختلافات المناخية فى مدينة سوهاج الجديدة [٢٤]



شكل 4: يوضح الايام المشمسة وذات غيوم جزئى وغيوم كلى بمدينة سوهاج الجديدة [٢٤]



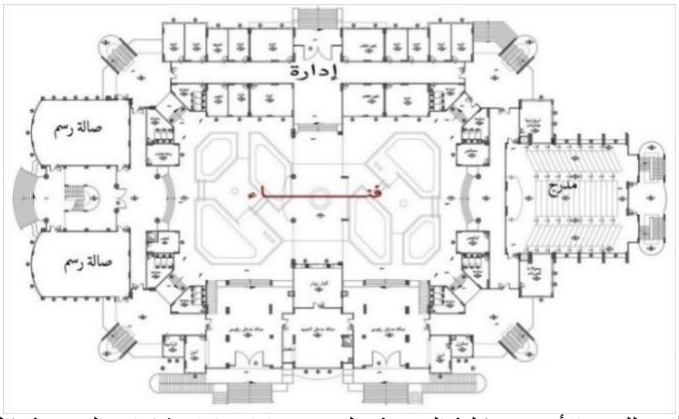
شكل 5: المتوسط الشهرى للإشعاع الشمسى المباشر (DNI) بمدينة سوهاج الجديدة [٢١]

٤. ٣. وصف وأسباب اختيار جامعة سوهاج

تقع جامعة سوهاج فى مدينة سوهاج الجديدة (الكوامل) ، تم أنشاء كليات التجارة والتربية والآداب والهندسة والزراعة والألسن وطب بيطرى والآثار ومجمع المدرجات والمسرح وجزء من المدينة الجامعية ومازالت الجامعة فى طور بناء منشات آخرى.

تم أختيار مبنى كلية الهندسة كحالة دراسة وذلك لان المبنى كان مخصص لاستخدام آخر ولكن نظرا لاحتياج الجامعة لكلية الهندسة ولقربة من المجمع التكنولوجى - المنطقة المخصصة لكلية الهندسة وكلية التعليم الصناعى - تم استخدام المبنى لكلية الهندسة ، ويحد كلية الهندسة من الشمال كلية التربية ويحدها من الشرق الطريق الرئيسى للجامعة (شكل ٦) ، ويتكون المبنى من الدور الأرضى وأربع طوابق علوية ويتوسط المبنى فناء داخلى وينقسم الفناء بداية من الطابق الأول إلى الطابق الرابع إلى جزئين عن طريق كتلة تحتوى بداخلها على معامل ومكاتب أعضاء هيئة التدريس (شكل ٧) و(شكل ٨). وتتشابة التشطيبات الخارجية لكلية هندسة وكليات جامعة سوهاج التى تعتمد على بياض الحجر الصناعى ودهانات البلاستك والسيراميك وبياض فطيسة (شكل ٩) و(شكل ١٠).

شكل 6: يوضح الموقع العام لكلية الهندسة والكتل البنائية لكليات جامعة سوهاج (المصدر : موقع Google Earth)



شكل ٧: يوضح المسقط الأفقى للدور الأرضى بكلية الهندسة (المصدر: إدارة الإستشارات الهندسية بكلية الهندسة جامعة سوهاج)

شكل ٨: يوضح المسقط الأفقى للدور المتكرر لكلية الهندسة (المصدر: إدارة الإستشارات الهندسية بكلية الهندسة جامعة سوهاج)

شكل 9: صورة فوتوغرافية للواجهة الشمالية الخاصة بكلية هندسة (المصدر: الباحث)

صورة فوتوغرافية للواجهة الجنوبية الخاصة بكلية الآداب

صورة فوتوغرافية للواجهة الجنوبية الخاصة بكلية التربية

شكل ١٠: صور فوتوغرافية توضح التشطيب الخارجية للكليات المحيطة بكلية الهندسة (المصدر: الباحث)

٤. ٤.القياسات الميدانية

تمت القياسات الميدانية فى الفصل (١) بالدور الثانى بكلية الهندسة (شكل ١١) وخصائصه موضحه بالجدول (٢) ، وتتمثل المحددات للقياسات الميدانية فى توقيت القياس وأختيار نقاط القياس وأجهزة القياس. تم أخذ توقيت القياس لمتوسط قراءات أربعة أيام، يمثل اليوم ثلاثة توقيتات بمعدل مرة واحدة كل ساعتين فى االفصل (١) من الساعة التاسعة صباحا حتى الساعة الثالثة مساء خلال فترة العمل الرسمية داخل الفراغات التعليمية. وتم تقسيم الفراغ إلى شبكة مديولية لتحديد نقاط القياس ويتم تحديد عدد نقاط القياس عن طريق حساب معامل الغرفة [١٤].

من خلال المعادلة: معامل الغرفة = (طول الفراغ × عرض الفراغ) / [الإرتفاع من سطح العمل حتى السقف × (طول الفراغ + عرض الفراغ)] [١٤]

قيمة معامل الغرفة بتنحصر ما بين ٠,٧٥ -٥ بناء على كود CIBSE للإضاءة الداخلية، ويتم تحديد عدد نقاط القياس فى الفراغ بناء على هذه القيمة كما بالجدول (١).

ونجد ان قيمة معامل الغرفة فى الفصل (١) تنحصر بين ١ إلى ٢ لذا تم أعتماد عدد نقاط القياس ب ١٦ نقطة كما هو موضح بالشكل (١٢)

جدول ١: يوضح عدد نقاط القياس فى الفراغ بناء على قيمة Room index (R) [١٤]

معامل الغرفة	عدد النقاط
أقل من ١	٩
من ١ إلى ٢	١٦
من ٢ إلى ٣	٢٥
أعلى من ٣	٣٦

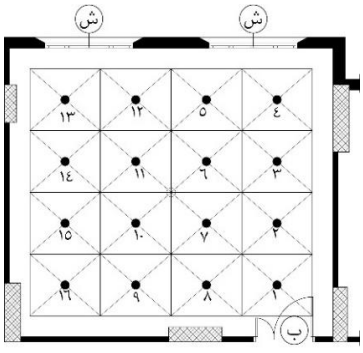
لقطة فوتوغرافية لفصل (١)

المسقط الأفقى موضح عليه موقع الفصل (١)

شكل ١١: الفصل (١) بالدور الثانى فى كلية الهندسة (المصدر: إدارة الإستشارات الهندسية بكلية الهندسة جامعة سوهاج)

جدول ٢: يوضح خصائص الفصل (١)

أبعاد الفراغ (م)	التوجية	المطل	الطابق	عدد النوافذ وأبعادها وأرتفاع الجلسة	لون الحوائط	لون الأرضية	لون الفرش
٨,٨٨×٦,٧٥	ذو التوجية الشمالى	ساحة	الطابق الثانى	نافذتين وأبعاد النافذة الواحدة (العرض ٢,١٦م والأرتفاع ١,٣٥م وأرتفاع الجلسة ١,١٠م)	أصفر فاتح ولون سقوط الكمرات أبيض	سيراميك ذو لون ابيض وبنى	بنى



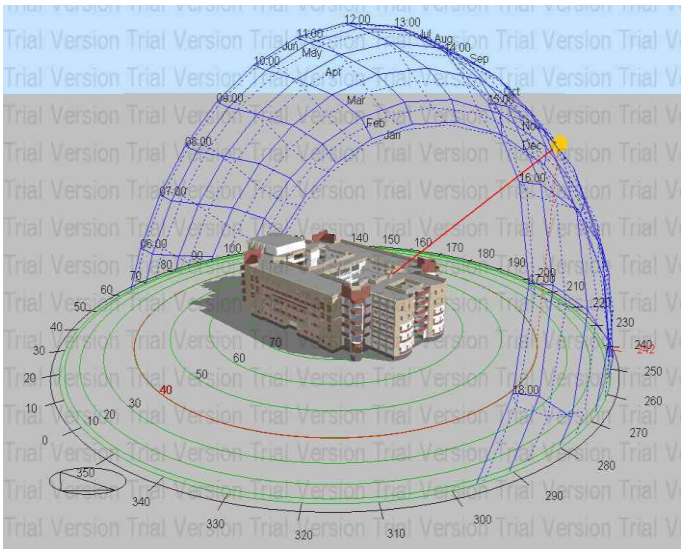
شكل 12: عدد نقاط القياس فى الفصل (١) بركن الواجهة بالدور الثانى فى كلية الهندسة جامعة سوهاج

تم إختيار الجهاز Light Meter TM-201L للقيام بعملية القياس حيث يقيس شدة الإستضاءة باللوكس أو الكانديلا ويتمتع الجهاز بدقة (±٣٪ من القياس) كما هو موضح بالشكل (١٣).

شكل 13: جهاز قياس الضوء TM-201L المستخدم فى القياسات الميدانية

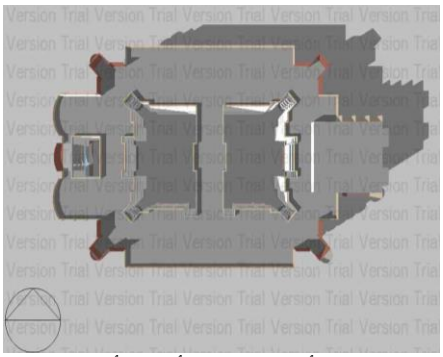
٤. ٥.عملية النمذجة لمبنى كلية الهندسة

تم نمذجة مبنى كلية الهندسة باستخدام برنامج designbuilder v7 وذلك بناء على الرسومات الهندسية والواقع الفعلى للتنفيذ من خلال الزيارات الميدانية المتكررة وتم إدخال المساقط بصورة (AUTOCAD DXF) إلى Design Builder ومن ثم القيام ببناء المبنى داخل البرنامج (شكل ١٤).



صورة لنمذجة مبنى كلية الهندسة موضح عليها خريطة مسار الشمس

صورة لنمذجة مبنى كلية الهندسة من ناحية الفصول الشمالية



صورة المبنى من أعلى توضح أماكن أفنية كلية الهندسة

صورة صالات الرسم فى الجانب الغربى من المبنى

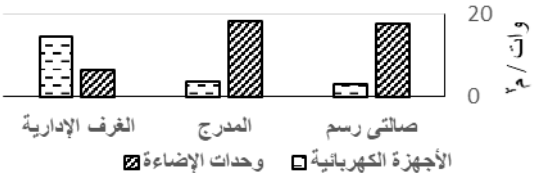
شكل 14: يوضح نمذجة مبنى كلية الهندسة جامعة سوهاج من خلال برنامج design builder (المصدر: الباحث)

ولمحاكاة ظروف المبنى والخروج بنتائج تحاكى الواقع يتم إدخال كافة التفاصيل المتعلقة بالمبنى من تجهيزات على النحو التالى:

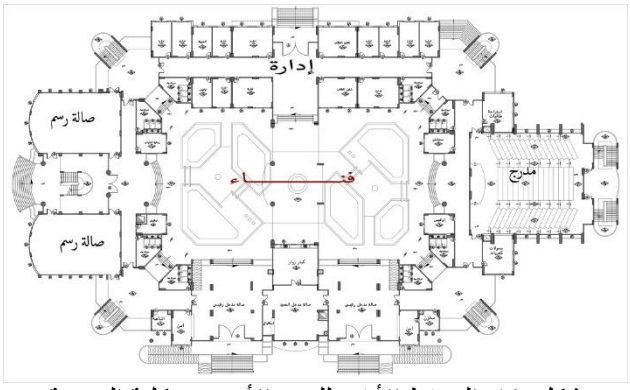
٤. ٥. ١.الاضاءة والتجهيزات الكهربائية

يتم تقسيم الفراغات بناء على نشاط الفراغ وتوزيع وحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة وحساب معدلات استهلاك الطاقة كما بجدول (١) إلى جدول (٥) ملحق (أ).

يوضح (شكل ١٥) معدلات استهلاك الطاقة لوحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة فى الدور الأرضى ونجد أعلى معدل استهلاك لطاقة الإضاءة بالمدرجات وقيمتها ١٨ وات/م٢ وأدناها فى الفراغات الإدارية تصل إلى ٦,٢٨ وات/م٢ وأعلى معدل استهلاك طاقة للأجهزة الكهربائية فى الفراغات الإدارية وقيمتها ١٤,٤٩ وات/م٢ وأقلها فى صالات الرسم تصل إلى ٣,١٤ وات/م٢ (المصدر: الباحث).

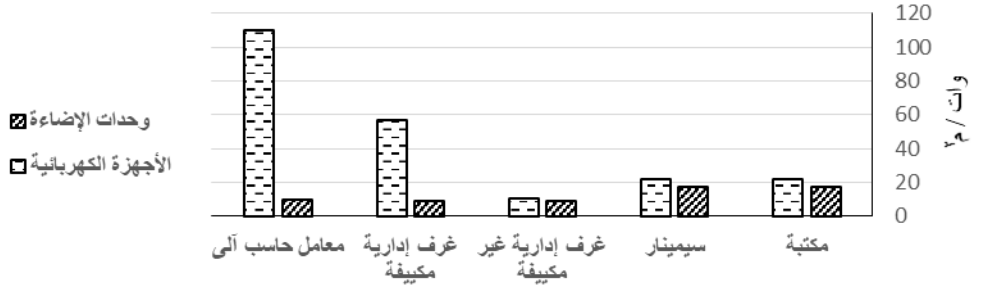


شكل ١٥: يوضح معدلات استهلاك الطاقة لوحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة فى الدور الأرضى

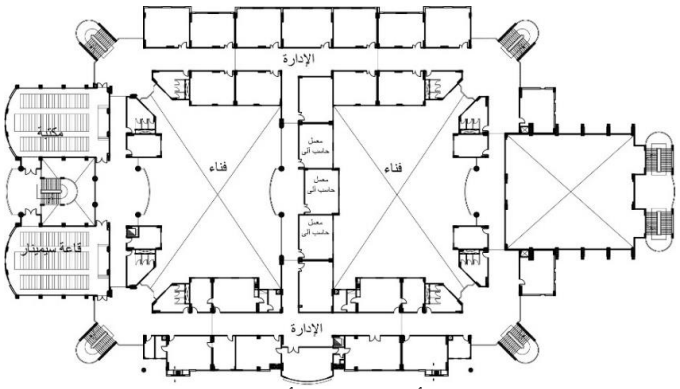


شكل ١٦: المسقط الأفقى للدور الأرضى بكلية الهندسة

يوضح (شكل ١٧) معدلات استهلاك الطاقة لوحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة فى الدور الأول علوى ونجد أعلى معدل استهلاك طاقة إضاءة بالمكتبة وقيمتها ١٧,٦٢ وات/م٢ وأدناها فى الفراغات الإدارية تصل إلى ٨,٧٧ وات/م٢ وأعلى معدل استهلاك طاقة للأجهزة الكهربائية فى معامل الحاسب الآلى وقيمتها ١١٠,٣٣ وات/م٢ وأقلها فى الفراغات الإدارية الغير مكيفة تصل إلى ١٠,٦٢ وات/م٢ (المصدر: الباحث).

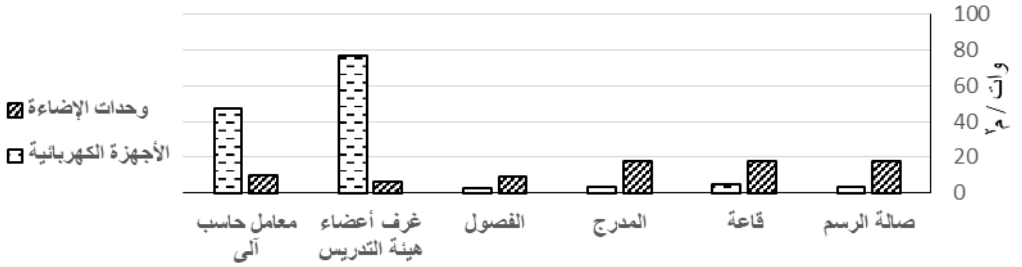


شكل ١٧: يوضح معدلات استهلاك الطاقة لوحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة فى الدور الأول علوى

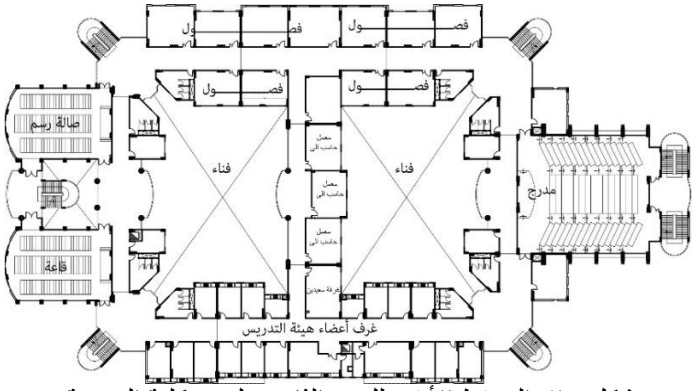


شكل ١٨: المسقط الأفقى للدور الأول علوى بكلية الهندسة

يوضح (شكل ١٩) معدلات استهلاك الطاقة لوحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة فى الدور الثانى علوى ونجد أعلى معدل استهلاك طاقة إضاءة بالمدرج وقيمتها ١٨ وات/م٢ وأدناها فى الفراغات الإدارية تصل إلى ٦,٥٠ وات/م٢ وأعلى معدل استهلاك طاقة للأجهزة الكهربائية فى الفراغات الإدارية وقيمتها ٧٦,٦٤ وات/م٢ وأقلها فى الفصول تصل إلى ٢,٨٩ وات/م٢ (المصدر: الباحث).

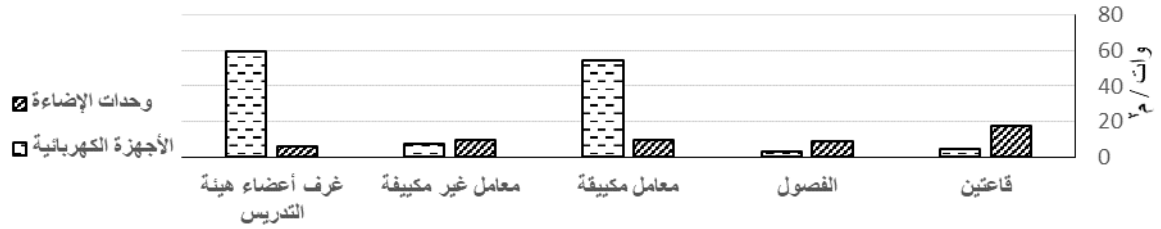


شكل ١٩: يوضح معدلات استهلاك الطاقة لوحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة فى الدور الثانى علوى

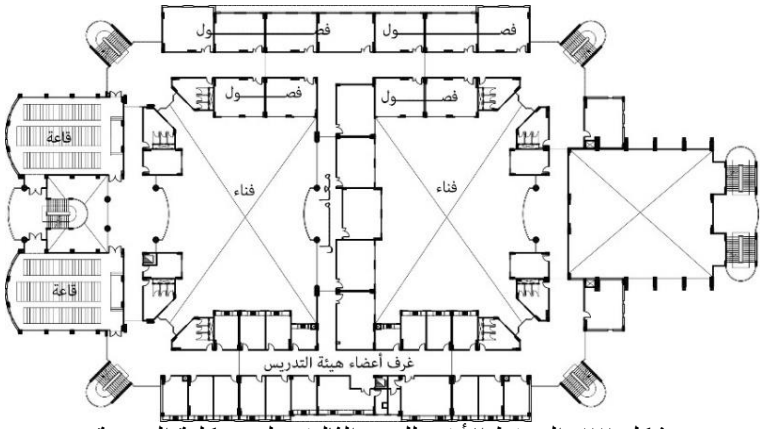


شكل ٢٠: المسقط الأفقى للدور الثانى علوى بكلية الهندسة

يوضح (شكل ٢١) معدلات استهلاك الطاقة لوحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة فى الدور الثالث علوى ونجد أعلى معدل استهلاك طاقة إضاءة بالقاعتين وقيمتها ١٧,٦٢ وات/م٢ وأدناها فى غرف أعضاء هيئة التدريس تصل إلى ٦,٢٦ وات/م٢ وأعلى معدل استهلاك طاقة للأجهزة الكهربائية فى غرف أعضاء هيئة التدريس وقيمتها ٥٩,٥٠ وات/م٢ وأقلها فى الفصول تصل إلى ٢,٩٢ وات/م٢ (المصدر: الباحث).



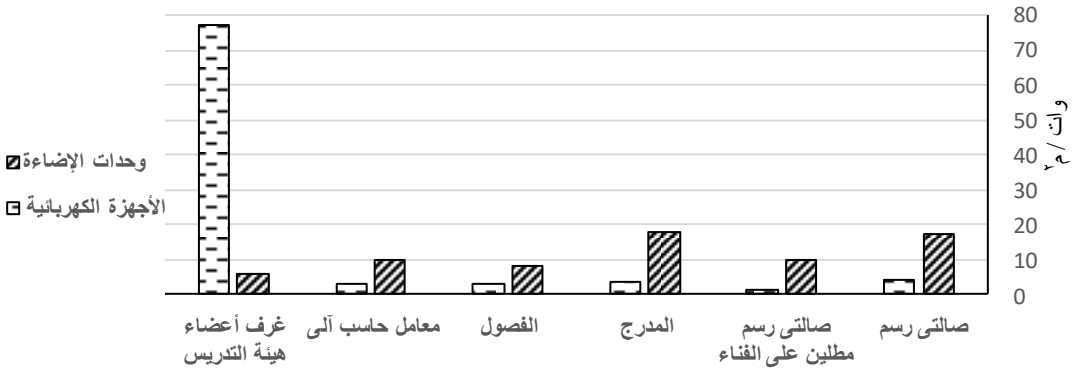
شكل ٢١: يوضح معدلات استهلاك الطاقة لوحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة فى الدور الثالث علوى



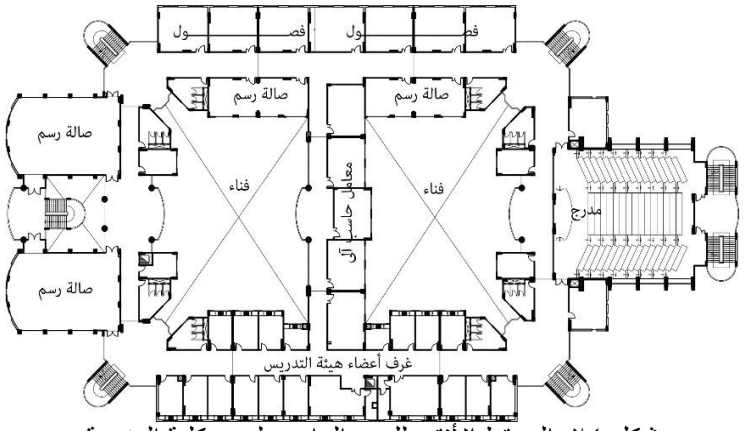
شكل ٢٢: المسقط الأفقى للدور الثالث علوى بكلية الهندسة

يوضح (شكل ٢٣) معدلات استهلاك الطاقة لوحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة فى الدور الرابع علوى ونجد أعلى معدل استهلاك طاقة إضاءة بالمدرج وقيمتها ١٨ وات /م٢ وأدناها فى غرف أعضاء هيئة التدريس تصل إلى ٥,٩٠

وات/م٢ وأعلى معدل استهلاك طاقة للأجهزة الكهربائية فى غرف أعضاء هيئة التدريس وقيمتها ٧٧,٣٠ وات/م٢ وأقلها فى صالتى الرسم المطلين على الفناء تصل إلى ١,٥٤ وات/م٢ (المصدر: الباحث).



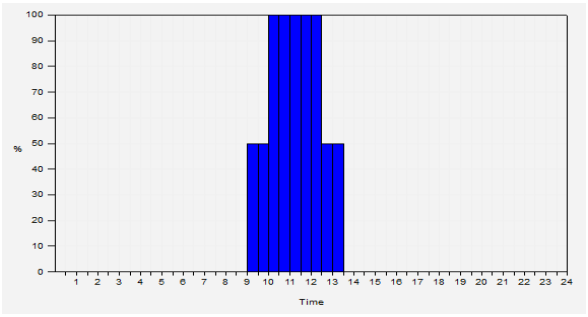
شكل ٢٣: يوضح معدلات استهلاك الطاقة لوحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة فى الدور الرابع علوى



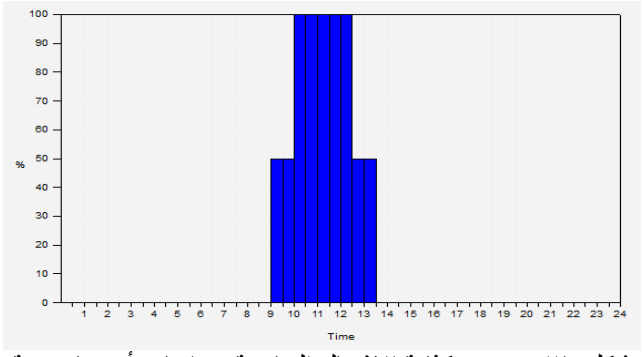
شكل ٢٤: المسقط الأفقى للدور الرابع علوى بكلية الهندسة

٤. ٥. ٢.جداول الاشغال

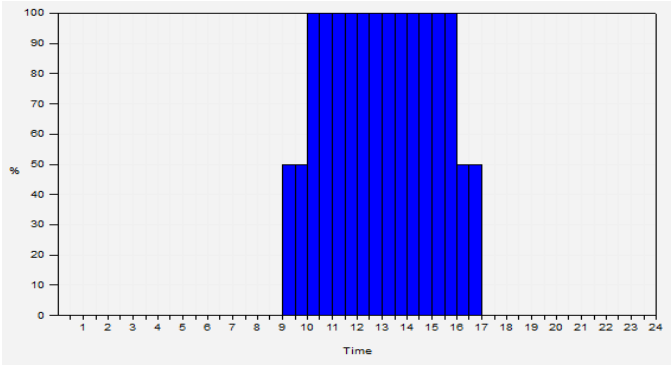
تم تحديد ساعات العمل بناء على خريطة العام الدراسى ومواعيد العطلات الرسمية ونوع المستخدم كما بالجدول (٦) إلى الجدول (١٣) ملحق أ ويوضح (شكل ٢٥) و(شكل ٢٦) و(شكل ٢٧) مدى كثافة الاشغال للفراغات والاجهزة خلال ساعات العمل وتم تقليل كثافة الإشغال ٥٠٪ فى أول وأخر ساعات العمل وخلال اليوم ساعات الأشغال تصل إلى ١٠٠٪.



شكل ٢٥: يوضح كثافة الإشغال الخاصة بالفراغات الإدارية (المصدر: الباحث)



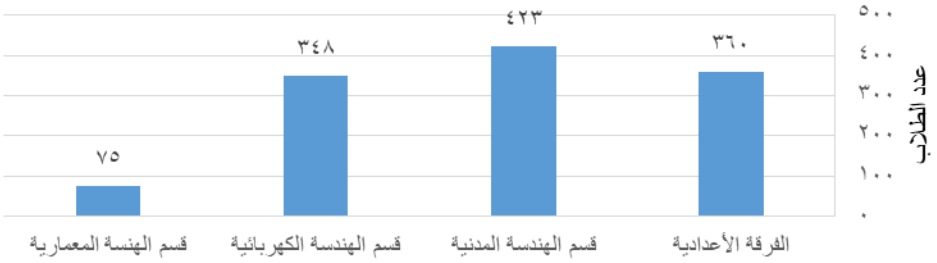
شكل ٢٦: يوضح كثافة الإشغال الخاصة بفراغات أعضاء هيئة التدريس (المصدر: الباحث)



شكل ٢٧: يوضح كثافة الإشغال الخاصة بالطلاب فى الفصول وصالات الرسم والمدرجات (المصدر: الباحث)

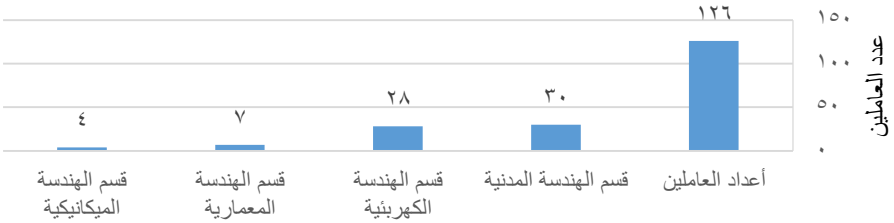
٤. ٥. ٣.عدد الطلاب والمستخدمين

يوضح (شكل ٢٨) عدد طلاب كلية الهندسة جامعة سوهاج ويظهر واضحا أن أعلى عدد طلاب فى قسم الهندسة المدنية ويبلغ ٤٢٣ طالب وأقلها فى قسم العمارة ويبلغ ٧٥ طالب.



شكل ٢٨: يوضح عدد طلاب كلية الهندسة جامعة سوهاج (المصدر: إدارة شئون طلاب بكلية الهندسة جامعة سوهاج)

يوضح (شكل ٢٩) عدد العاملين وأعضاء هيئة التدريس بكلية الهندسة جامعة سوهاج وحيث يبلغ عدد العاملين ١٢٦ عامل بينما يبلغ أعلى عدد أعضاء هيئة التدريس فى قسم الهندسة المدنية (٣٠ عضوا) وأقلها فى قسم الهندسة الميكانيكية (٤ أعضاء).



شكل ٢٩: يوضح عدد العاملين وأعضاء هيئة التدريس بكلية الهندسة جامعة سوهاج (المصدر: إدارة شئون العاملين بكلية الهندسة جامعة سوهاج)

٤. ٥. ٤.الأنشطة

يتم إدخال البيانات المتعلقة بالاستخدام والنشاط المقام بالفراغات للبرنامج لتحديد مستوى الإضاءة المطلوب مثل الفصل أو المكتب إدارى ويتم تحديد مستوى شدة الإضاءة المطلوب للفراغ من خلال معرفة نشاط مستخدمى الفراغ كما هو موضح بالجدول (٣)[٧].

جدول ٣: تحديد مستوى شدة الإضاءة المطلوب للفراغ[٧]

الفراغ	مستوى شدة الإضاءة الموصى بها فى الفراغ (LUX)
الفصل	٣٠٠
صالات الرسم	٧٥٠
المدرج	٥٠٠
المكاتب الإدارية	٥٠٠
غرف أعضاء هيئة التدريس	٣٠٠
معامل كمبيوتر	٣٠٠
معامل هندسية	٥٠٠

٤. ٥. ٥.إدخال المواصفات المختلفة لمواد البناء والتشطيبات

يتم إدخال خصائص مواد البناء والتشطيبات للبرنامج وهى:

Visible absorptance كما موضح بالجدول (١٤) ملحق أ وجدول (١٥) ملحق أ هو جزء من إشعاع الطول الموجى المرئى الذى تمتصه المادة [٢٠].

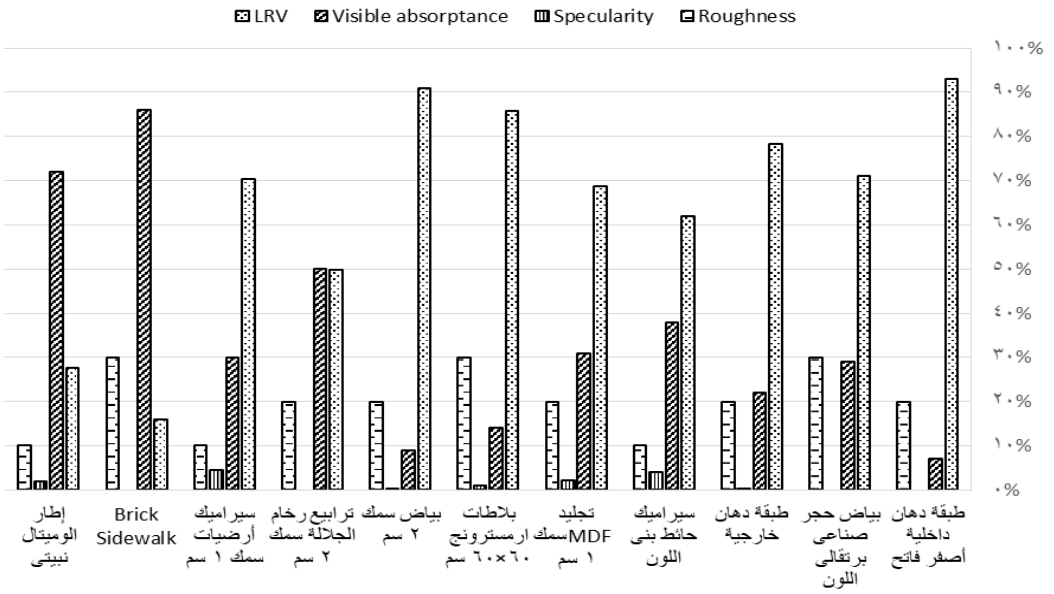
ويحسب من خلال المعادلة

$$\text{Visible absorptance} = 1 - \frac{surface\ light\ reflectance\ value\ (LRV)}{100}$$

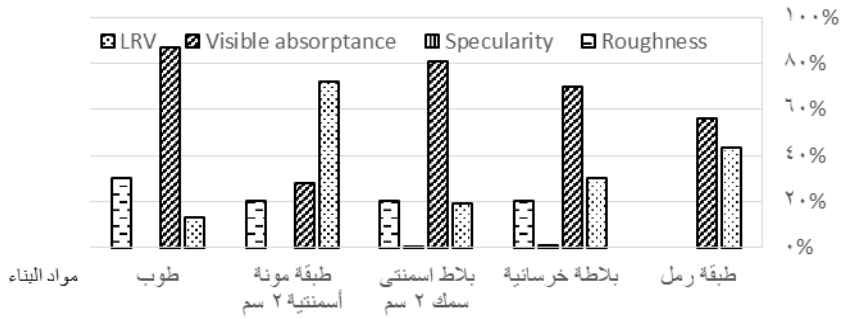
ويعرف Surface light reflectance value (LRV) بنسبة الضوء المرئى المنعكس عن سطح ما فى جميع الأطوال الموجية والأتجاهات عند إضاءته بمصدر ضوء، اى نسبة بين الضوء المنعكس والضوء الساقط عليه وقيمته تنحصر بين ٠٪ - ١٠٠٪. وقيمة الصفر هى الاسود النقى وقيمة ١٠٠٪ هى الأبيض النقى[٨] كما هو موضح بالجدول (١٤) ملحق أ وجدول (١٥) ملحق أ. كما يعرف Roughness: عبارة عن سلسلة أحرف تحدد الخشونة النسبية لطبقة مادة معينة[٢٠] كما هو موضح بالجدول (١٤) ملحق أ وجدول (١٥) ملحق أ.

وSpecularity reflection: هو مرآة يشبه انعكاس الضوء من السطح حيث يعكس كل شعاع ساقط زاويته تتساوى مع زاوية الأنعكاس. القيمة صفر يعطى انعكاس منتشر بحتا بينما القيمة (١) لا تعطى اى انتشار مما يمثل سلوك يشبه المرآة[٢٠] كما هو موضح بالجدول (١٤) ملحق أ وجدول (١٥) ملحق أ.

يوضح (شكل ٣٠) المواصفات المختلفة للتشطيبات فنجد أعلى قيمه (LRV) خاصة بطبقة الدهان الداخلية ذات اللون الأصفر الفاتح تصل إلى ٩٢,٩٧٪ وأقل قيمة خاصة بتبليطات الفناء والرصيف المحيط بالمبنى تصل إلى ١٦,٠٤٪ ويوضح (شكل ٢٥) المواصفات المختلفة لمواد البناء نجد أن أعلى قيمة (LRV) خاصة بطبقة المونة الأسمنتية تصل إلى ٧١,٩٩٪ وأقل قيمة خاصة بالطوب تصل إلى ١٢,٩٥٪. كما يتضح من جدول (١٦) ملحق أ أن نوافذ المبنى عبارة عن زجاج مفرد بلون البرونز سمك ٦ مم مطلى بطبقة من الخارج باكسيد المعادن.



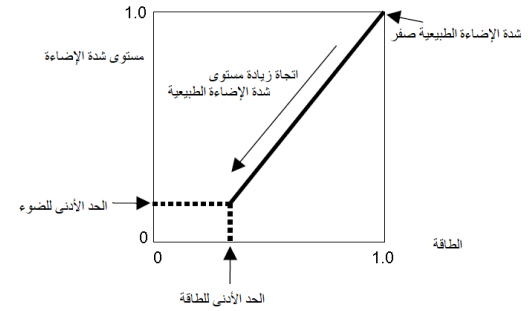
شكل ٣٠: يوضح المواصفات المختلفة للتشطيبات لمبنى كلية الهندسة جامعة سوهاج (المصدر: إدارة الإستشارات الهندسية بكلية الهندسة جامعة سوهاج)[19]



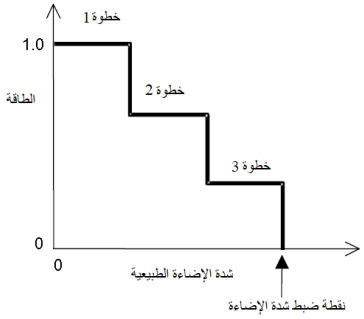
شكل ٣١: يوضح المواصفات المختلفة لمواد البناء المستخدمة فى مبنى كلية الهندسة جامعة سوهاج (المصدر: إدارة الإستشارات الهندسية بكلية الهندسة جامعة سوهاج)[19]

٤. ٥. ٦.نظام التحكم فى التعتيم Lighting Control

يتم أستخدام نظام التحكم فى التعتيم لحساب معدل استهلاك طاقة الإضاءة حيث يمكن التحكم فى الإضاءة الصناعية بناء على توفر الإضاءة الطبيعية[٢٠] ، وتكمل الإضاءة الصناعية الإضاءة الطبيعية عند انخفاض مستوى الإضاءة الطبيعية ، ويوضح (شكل ٣٢) و(شكل ٣٣) طرق التحكم فى التعتيم وتم أختيار التحكم الخطى حيث تنخفض الإضاءة الصناعية بشكل مستمر وخطى من الحد الأقصى للكهرباء والإضاءة الصناعية إلى الحد الأدنى للكهرباء والإضاءة الصناعية[٢٠] ، أما التحكم فى التعتيم المكون من ثلاث خطوات فإنه يسمح بغلق وفتح الإضاءة الصناعية بناء على توفير الإضاءة الطبيعية في خطوات منفصلة، عند مستويات إضاءة تبلغ ٣٣,٣٪ ، ٦٦,٧٪ و ١٠٠٪ ، ثم ينطفئ[9].



شكل ٣٢: التحكم الخطى الذى تم إختياره Linear Control [٢٠]



شكل ٣٣: التحكم ذات الثلاث خطوات Stepped Control [٢٠]

٤. ٥. ٧.منهجية The Perez All-weather sky

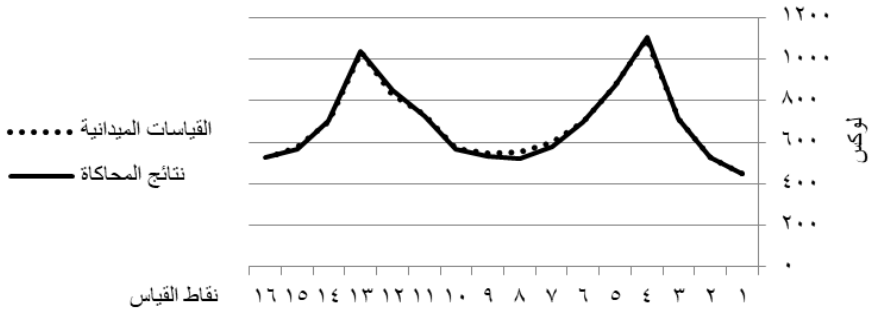
ويعتمد حساب شدة الإضاءة الطبيعية على منهجية The Perez All-weather sky لنمذجة ظروف الإضاءة الخارجية وبه تحديد الشهر واليوم والساعة لمعرفة موقع الشمس فى السماء وقيم Direct Normal Irradiance (DNI), Diffuse Horizontal Irradiance (DIF) الخاص بمنطقة سوهاج الجديدة (الكوامل بحرى)* ويوضح (شكل ٣٤) منهجية The Perez All-weather sky ، حيث Diffuse Horizontal Irradiance (DIF) هي كمية الإشعاع المتلقاة لكل وحدة مساحة بواسطة سطح لا يصل فى مسار مباشر من الشمس ، ولكنه يتشتت بفعل الجزيئات والجسيمات في الغلاف الجوي. في الأساس ، هى الإضاءة التي تأتي من السحب والسماء الزرقاء[٢١].

Sky	
Sky method	2-Perez all weather
Perez method	2-Direct normal irradiance
Direct normal irradiance (W/m2)	668.0
Diffuse horizontal irradiance (W/m2)	193.7
Solar position	
Month	Nov
Day	8
Hour	13

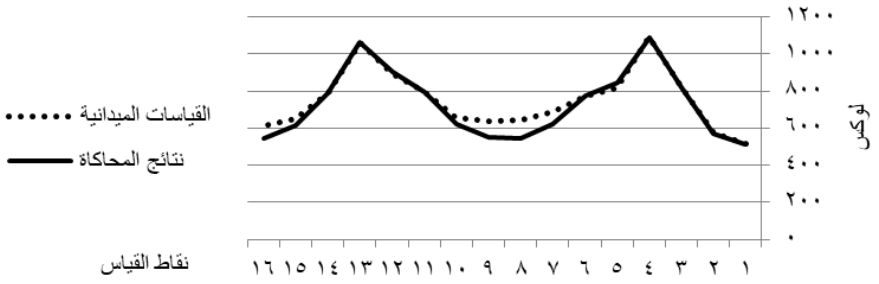
شكل ٣٤: متطلبات منهجية Perez All-weather sky (المصدر: برنامج design builder)

٤. ٦.عملية المعايرة لبرنامج المحاكاة على الواقع الفعلى لكلية الهندسة جامعة سوهاج

تم عمل معايرة لقيم ونتائج برنامج الحاسب الآلى من خلال المقارنة بين متوسط قياسات قراءات الاربع أيام فى القياسات الميدانية ونتائج المحاكاة كما هو بالجدول (١٧) ملحق أ ، ويقارن (شكل ٣٥) و(شكل ٣٦) و(شكل ٣٧) بين بيانات شدة الإضاءة المقاسة فعليا ونتائج المحاكاة نجد شبة تطابق بين القياسات الميدانية ونتائج المحاكاة فى فترة التاسعة الى الحادية عشر صباحا وتقارب فى فترة الحادية عشر صباحا الى الواحدة ظهرا وفترة الواحدة ظهرا الى الثالثة عصرا.

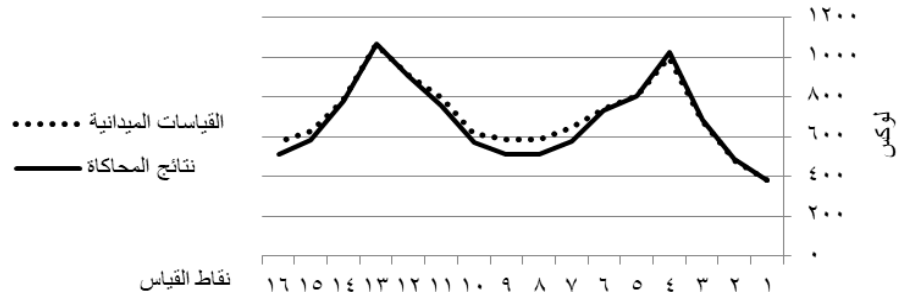


شكل ٣٥: مقارنة القياسات الميدانية بنتائج المحاكاة فى الفترة من التاسعة صباحا حتى الحادية عشر صباحا



شكل ٣٦: مقارنة القياسات الميدانية بنتائج المحاكاة فى الفترة من الحادية عشر صباحا حتى الواحدة ظهرا

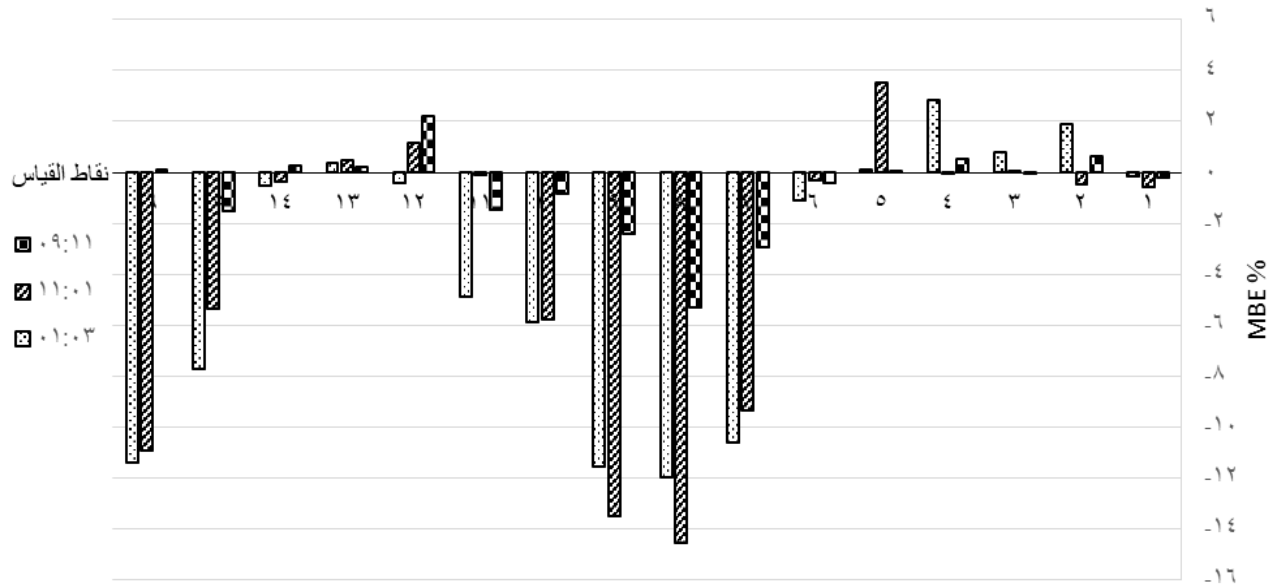
*تم تحديد قيم DNI, DIF من خلال موقع
https://globalsolaratlas.info/detail?c=26.460738,31.672211,11&s=26.460738,31.672211&m=site



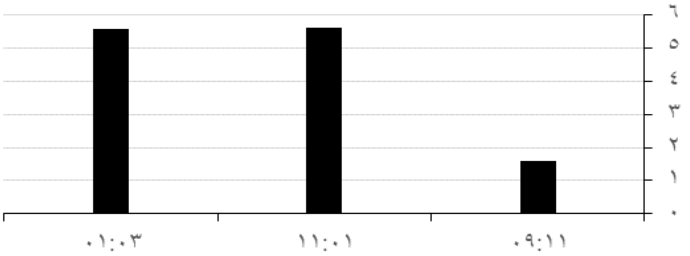
شكل ٣٧: مقارنة القياسات الميدانية بنتائج المحاكاة فى الفترة من الواحدة ظهرا حتى الثالثة عصرا

ويوضح (شكل ٣٨) قيم نسبة الخطأ MBE% وتحسب من خلال المعادلة (١) كما هو بالجدول (١٧) ملحق أ ويوضح (شكل ٣٩) قيم ((coefficient of variation of the root mean squared error (Cv(RMSE وتحسب من خلال المعادلة (٤)[٩] جدول ١٨ ملحق أ ، ولحساب Cv(RMSE) يحسب اولا جذر متوسط تربيع الخطأ RMSE لكل فترة من خلال المعادلة (٢) ومتوسط القياسات الميدانية A لكل فترة معادلة (٣).

ومن المقبول بين الباحثين والممارسين فى مجال محاكاة الإضاءة الطبيعية بالمبنى مستخدما التمثيلات الرياضية للسماء يمكن ان ينتج عنها اخطاء تصل الى ٢٠٪ عند حساب مستويات شدة الإضاءة على المستوى الأفقى[٥] ، والحد الموصى بهCv(RMSE) هو ٣٠٪ وكلما اقترب من الصفر زادت دقته[١٥].



شكل ٣٨: قيم نسبة الخطأ MBE خلال ساعات النهار من ١١:٩ ومن ١:١١ ومن ٣:١



شكل ٣٩: قيم Cv(RMSE) خلال ساعات النهار من ١١:٩ ومن ١:١١ ومن ٣:١

$$\mathrm{MBE}(\%) = \frac{\sum(\mathrm{S} - \mathrm{M})}{\sum M} \times 100$$ المعادلة (١)

حيث M هى القياسات الميدانية، S هى نتائج المحاكاة

$$\mathrm{RMSE}_{\mathrm{Period}} = \mathrm{SQRT}\frac{\sum(\mathrm{S} - \mathrm{M})^2}{N}$$ المعادلة (٢)

$$A_{\text{Period}} = \frac{\sum \text{M}}{\text{N}}$$ المعادلة (٣)

حيث A هى متوسط القياسات الميدانية

$$\text{Cv}(\text{RMSE}_{\text{Period}}) = \frac{\text{RMSE}_{\text{Period}}}{A_{\text{Period}}} \times 100$$ المعادلة (٤)

ومما سبق نجد أن قيم CV(RMSEPeriod) هى ١,٦١٪ -٥,٦٢٪-٥,٥٨٪ لفترة ١١:٩ و١:١١ و ٣:١ على التوالى أقل من ٣٠٪[١٥] ، اذا المحاكاة قادرة على محاكاة ظروف التشغيل التقريبية والواقع الفعلى لمبنى كلية الهندسة جامعة سوهاج.

٤. ٧.إجراء المحاكاة للمبنى عن طريق برنامج Design Builder واستخلاص النتائج

٤. ٧. ١.إجراء المحاكاة للمبنى عن طريق برنامج Design Builder

تم أجراء المحاكاة فى حالة النوافذ المفتوحة والنوافذ المغلقة ، اولا فى حالة النوافذ المفتوحة لا يوجد خيار النوافذ المفتوحة بشكل مباشر فى برنامج Design Builder ولذلك تم محاكاتها عن طريق أختيار التعريف البسيط للزجاج وبه تم ضبط خصائص الزجاج من حيث النفاذية الشمسية (total solar transmission) وقيمتها ٠,٩٩ والنفاذية الضوئية (light transmission) وقيمتها ٠,٩٩ ، أما فى حالة النوافذ المغلقة فتم اختيار نوع الزجاج المستخدم فى المبنى وهو مفرد بلون البرونز سمك ٦ مم مطلى بطبقة من الخارج باكسيد المعادن) وضبط خصائصه كما هو موضح بالجدول (١٦) ملحق أ. وتم تحديد الفترة الزمنية لإجراء المحاكاة على مدار عام ٢٠٢٠ ويوضح (شكل ٤٠) فترة المحاكاة من اليوم الأول من شهر يناير حتى اليوم ٣١ من شهر ديسمبر من نفس العام.

شكل ٤٠: الفترة الزمنية لإجراء المحاكاة

٥. النتائج

يوضح (شكل ٤١) نتائج المحاكاة فى حالة النوافذ المفتوحة والمغلقة فى الفراغات التعليمية بمبنى كلية الهندسة جامعة سوهاج.

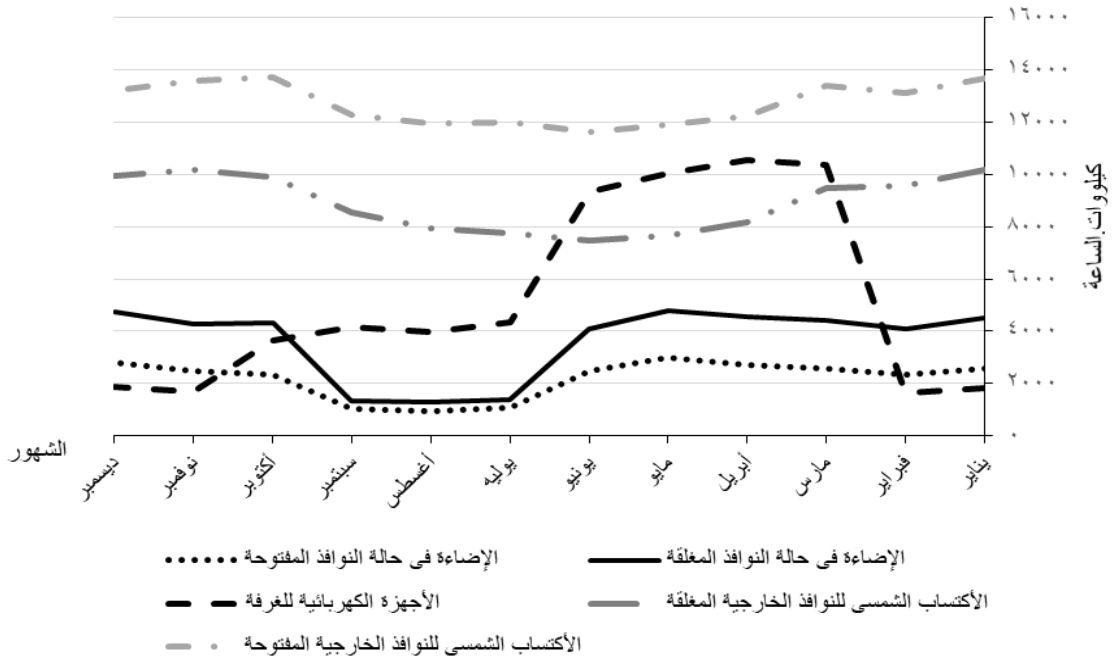
٥. ١.**فى حالة النوافذ المغلقة** أعلى استهلاك لطاقة الإضاءة الصناعية فى شهرى مايو وديسمبر يصل إلى ٤٨١٢,٢٥ كيلووات.الساعة و٤٧٤٢,٧٥ كيلووات.الساعة على التوالى و أقل استهلاك لطاقة الإضاءة الصناعية فى شهرى أغسطس وسبتمبر ليصل إلى ١٢٧٨,٤٠ كيلووات.الساعة و ١٣٥٠,٥٣ كيلووات.الساعة على التوالى.

٥. ٢.**أما فى حالة النوافذ المفتوحة** أعلى استهلاك لطاقة الإضاءة الصناعية فى شهرى مايو وديسمبر يصل إلى ٢٩٩١,٦٨ كيلووات.الساعة و٢٧٩٣,٣٧ كيلووات.الساعة على التوالى وأقل إجمالى استهلاك لطاقة الإضاءة الصناعية فى شهرى أغسطس وسبتمبر يصل إلى ٩٥٢,٢٧ كيلووات.الساعة و١٠٣٤,٢٣ كيلووات.الساعة على التوالى.

٥. ٣.أما بالنسبة لاستهلاك الطاقة الخاصة بالأجهزة الكهربائية فأعلى استهلاك فى شهرى مارس وأبريل يصل إلى ١٠٣٧٣,٩٧ كيلووات. الساعة و١٠٥٥٦,٤٧ كيلووات.الساعة وأقل استهلاك فى شهرى فبراير ونوفمبر يصل إلى ١٦٣٠,٩٤ كيلووات.الساعة و١٧٠٢,٣٣ كيلووات.الساعة.

٥. ٤.ومن ناحية استهلاك الطاقة على مدار العام فى حالة النوافذ المفتوحة فاستهلاك الطاقة الكلى الخاص بالمبنى يبلغ ١٦,٣٧ كيلووات/م٢ أما استهلاك طاقة الإضاءة الصناعية فيصل إلى٤,٨٠ كيلووات/م٢.

٥. ٥.اما استهلاك الطاقة على مدار العام فى حالة النوافذ المغلقة فاستهلاك الطاقة الكلى للمبنى يبلغ ١٩,٥٥ كيلووات/م٢ واستهلاك طاقة الإضاءة الصناعية فيصل إلى ٧,٩٨ كيلووات/م٢.



شكل ٤١: يوضح استهلاك الطاقة للإضاءة والأجهزة الكهربائية والأكتساب الشمسى للنوافذ الخارجية اثناء غلق وفتح النوافذ فى فراغات التعليمية بكلية الهندسة جامعة سوهاج من خلال برنامج المحاكاة

٦. الخلاصة والتوصيات:

٦. ١.الخلاصة

٦. ١. ١.إنخفاض استهلاك طاقة الإضاءة فى شهر مايو فى الفراغات التعليمية بنسبة ٣٧,٨٣٪ فى حالة النوافذ المفتوحة عن النوافذ المغلقة.

٦. ١. ٢.وعلى مدار العام تنخفض استهلاك طاقة الإضاءة فى الفراغات التعليمية بنسبة ٣٩,٨٥٪ فى حالة النوافذ المفتوحة عن النوافذ المغلقة.

٦. ١. ٣.وفى حالة النوافذ المفتوحة فى الفراغات التعليمية تستهلك طاقة الإضاءة ٢٩,٣٢٪ من استهلاك طاقة المبنى ، وفى حالة النوافذ المغلقة فى الفراغات التعليمية تستهلك طاقة الإضاءة ٤٠,٨٢٪ من استهلاك طاقة المبنى.

٦. ١. ٤.وعلى الرغم من توفير استهلاك طاقة الإضاءة فى حالة النوافذ المفتوحة ولكن نجد ارتفاع فى قيمة الإكتساب الشمسى للنوافذ الخارجية فى حالة النوافذ المفتوحة عن النوافذ المغلقة فى الفراغات التعليمية.

٦. ٢.التوصيات:

٦. ٢. ١.الأهتمام بدراسة الإضاءة ومايتبعها من طرق قياس ومعالجات تصميمية وبيئية وتأثيرها على استهلاك الطاقة قبل وبعد التصميم للوصول إلى بيئة مريحة بصريا وحراريا وموفرة فى استهلاك الطاقة.

٦. ٢. ٢.مراعاة الأسس التصميمية الخاصة بالإضاءة الطبيعية عند التصميم.

٦. ٢. ٣.يوصى بمراعاة الراحة البصرية فى الفراغات التعليمية بجانب تحقيق الراحة الحرارية.

٦. ٢. ٤.الإهتمام بتوجية المبنى حيث يعتبر من العوامل المؤثرة على تحقيق الراحة البصرية من خلال توظيفه تبعا لمستويات الإضاءة المطلوبة فى الفراغات والاهتمام بالمعالجات المعمارية للواجهات لتفادى دخول اشعة الشمس المباشرة.

٦. ٢. ٥.اختيار نوع الزجاج الملائم للواجهات الشمالية لجودة الإضاءة الطبيعية وترشيد استهلاك الطاقة في الإضاءة الصناعية.

٦. ٢. ٦.يجب الاستفادة من التقنيات الحديثة فى مجال الإضاءة الطبيعية من اجل التحكم فى مستويات الإضاءة وترشيد استهلاك الطاقة.

٧. المراجع:

[١] الكود المصرى لتحسين كفاءة استخدام الطاقة فى المبانى كود رقم ٣٠٦- ٢٠٠٥: *الجزء الأول: المبانى السكنية* كود رقم (١/٣٠٦).

[٢] جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك الإدارة العامة لمركز المعلومات والتوثيق: *مؤشرات استهلاك الطاقة الكهربائية فى الانشطة الأقتصادية* ، التقرير السنوى ٢٠١٥/٢٠١٦.

[٣] وزارة الأسكان والمرافق والتنمية العمرانية الهيئة العامة للتخطيط العمرانى الإدارة العامة للدراسات البيئية والطبيعية: *المنظور البيئى لاستراتيجية التنمية العمرانية لأقليم جنوب الصعيد* ، ٢٠٠٩.

[4] M. Pirhadi, M. Pirhadi, and F. Tavakoli, “The Study of the Concept of Aesthetics in Architecture Derived from the Ideas of The Study of the Concept of Aesthetics in Architecture Derived from the Ideas of Jörg,” vol. 4, no. 5, 2017.

[5] A. Kirimtat, B. Kundakci, I. Chatzikonstantinou, S. Sariyildiz: "Review of Simulation Modeling for Shading Devices in Buildings", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 53 pp. 23–49, 2016.

[6] Sensors" Proceedings of the 15th IBPSA Conference San Francisco, CA, USA, 2017.

[7] D. Duplakova, S. Radchenko, L. Knapcikova, M. Hatala "Simulation as Ergonomic Tool for Evaluation of Illumination Quality in Engineering" Vol 2, issue 3, page 1-7, 2016.

[8] EN 12464-1 Light and lighting "Lighting of Work Places - Part 1: Indoor Work Places" EUROPEAN STANDARD C. Humann, A. McNeil, "Using HDR Sky Luminance Maps to Improve Accuracy of Virtual Work Plane Illuminance, 2002.

[9] G. Feigusch, I. Tiziana, D. Ossberger "Good Lighting and Visual Contrast to Improve Accessibility in the Built Environment-A Literature Study" N. L. Black et al. (Eds.): IEA 2021, LNNS 220, pp. 367–375, 2021.

[10] G. Yun, K. Soo "An Empirical Validation of Lighting Energy Consumption Using The Integrated Simulation Method" Energy and Buildings, Vol 57, pp. 144–154, 2013.

[11] I. Acosta, C. Munoz, P. Esquivias, D. Moreno, J. Navarro "Analysis of The Accuracy of The Sky Component Calculation in Daylighting Simulation Programs" Solar Energy, Vol. 119, pp. 54–67, 2015.

[12] M.Shameri, M. Alghoul, M. Fauzi, M. Zain, M. Alrubaih, K. Sopian "Daylighting Characterstics of Existing Double-Skin Façade Office Buildings, Energy and Buildings, Vol. 59, pp. 279-286, 2013.

[13] M. Abdul Fasi, I. Mohammad "Energy Performance of Windows in Office Buildings Considering Daylight Integration and Visual Comfort in Hot Climates, Energy and Buildings, 2015, http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.024.

[14] The geo-cradle team, *The Solar Atlas of Egypt*, The European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement no 690133, 2018.

[15] T. Inan "An Investigation on Daylighting Performance in Educational Institutions, Structural Survey, Vol. 31, Iss 2, pp. 121 – 138, 2013.

[16] U.S. DOE *M&V Guidelines: Measurement and Verification for Federal Energy Projects*, Version 3.0, the US Department of Energy Federal Energy Management Program, 2008.

[17] X. Yu, Y. Su "Daylight Availability Assessment and Its Potential Energy Saving Estimation–A Literature Review" Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 52, pp.494 – 503, 2015.
[18] http://www.moee.gov.eg/test_new/calulate_energy.aspx
[19] http://www.newcities.gov.eg/know_cities/Sohag/default.aspx
[20] http://www.spectraldb.com/
[21] https://designbuilder.co.uk/helpv7.0/#GetStarted.htm?TocPath=Get%2520Started%257C_____0
[22] https://globalsolaratlas.info/detail?c=26.460738,31.672211,11&s=26.460738,31.672211&m=site
[23] https://reluxnet.relux.com/en/relux-desktop.html
[24] https://www.glassmanufacturerchina.com/products/High-quality-5mm-euro-bronze-reflective-glass-prices-China-5mm-reflective-bronze-glass-factory.html
[25] https://www.meteoblue.com/en/weather/historyclimate/climatemodelled/26.461N31.672E

The Effect of Daylight on Energy Consumption in Educational Spaces by Simulation
Faculty of Engineering at Sohag University As A Case Study

ABSTRACT

This research aims to study the effect of daylight on energy consumption in educational spaces of the Faculty of Engineering, Sohag University, by conducting a simulation using the design builder v7 program. The building was modeled based on the building drawing and the actual reality of implementation through frequent field visits, the data entered is energy consumption of electrical appliances and lighting units for space, occupancy schedules that determine the number of study hours, number of users including students, faculty members, and employees, activities that are practiced in the space, The recommended illumination level for each space.

The different specifications of building materials and finishes were also entered (Visible absorptance, Surface light reflectance value, Roughness, Specularity reflection) and the specifications of windows, the dimming control system and The Perez All-weather sky method which requires the values of Direct Normal Irradiance (DNI), Diffuse Horizontal Irradiance (DIF) of the New Sohag area in Sohag Governorate.

By simulation, it was found that the consumption of lighting energy in educational spaces decreases by 39.85% in the case of open windows than closed windows, and in the case of open windows in educational spaces, lighting energy consumes 29.32% of the building's energy consumption, and in the case of closed windows in educational spaces, lighting energy consumes 40.82% of building energy consumption.

Keywords: Daylight, Simulation, Energy consumption, Educational spaces, Sohag.

ملحق أ:

جدول :1 توزيع وحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة وحساب معدلات استهلاك الطاقة بالدور الأرضى (المصدر : استهلاك الطاقة للجهاز مدون على الجهاز او موقع وزارة الكهرباء والطاقة أحسب استهلاكك[١٧])

الطابق	الفراغ	المسطح (م٢)	الإضاءة			الأجهزة الكهربائية		
			العدد (وحدة فلورسنت)	الإستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الإستهلاك وات/م٢	النوع	الاستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الاستهلاك وات/م٢
الدور الأرضى	٢ صالة رسم	٢٠٧ ×٢	١٩٢×٢	١٩	١٧,٦٢	١٠×٢ مراوح حائط	٦٥	٣,١٤
	المدرج	٤٦٤,٤٣	٤٤٠	١٩	١٨	١٨ مراوح حائط - كمبيوتر - داتا شو	٦٥ - ٢٠٠ - ٢٧٥	٢,٥٢ - ١,٠٢
	١٤ غرفة ادارية	٤٥٩,٨٠	١٥٢	١٩	٦,٢٨	١٩ مراوح سقف - ١٤ كمبيوتر - ١٠ طابعة	٧٢ - ٢٠٠ - ٢٥٠	٢,٩٧ - ١١,٥٢

جدول ٢: توزيع وحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة وحساب معدلات استهلاك الطاقة بالدور الأول (المصدر : استهلاك الطاقة للجهاز مدون على الجهاز او موقع وزارة الكهرباء والطاقة أحسب استهلاكك[١٧])

الطابق	الفراغ	المسطح (م٢)	الإضاءة			الأجهزة الكهربائية		
			العدد (وحدة فلورسنت)	الإستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الإستهلاك وات/م٢	النوع	الاستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الاستهلاك وات/م٢
الدور الأول	مكتبة	٢٠٧	١٩٢	١٩	١٧,٦٢	كمبيوتر - طابعة - ٢ تكييف	٢٠٠ - ٢٥٠ - ٢٠٤١	٢,١٧ - ١٩,٧١
	قاعة سيمينار	٢٠٧	١٩٢	١٩	١٧,٦٢	كمبيوتر - داتا شو - ٢ تكييف	٢٠٠ - ٢٧٥ - ٢٠٤١	٢,٢٩ - ١٩,٧١
	١١ غرفة ادارية غير مكيفة	٤٨٨,٣٨	٩×٦×٤ +٤×٢×٢	١٩	٩,٠٣	١٤ مراوح سقف - ٢ مراوح حائط -	٧٢ - ٦٥ - ٢٠٠ -	٢,٣٣ - ٨,٢٩

الطابق	الفراغ	المسطح (م٢)	الإضاءة			الأجهزة الكهربائية		
			العدد (وحدة فلورسنت)	الإستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الإستهلاك وات/م٢	النوع	الاستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الاستهلاك وات/م٢
						٩ كمبيوتر - ٩ طابعة	٢٥٠	
	٢ معمل كمبيوتر	٩٣,٣٧	٤×٦×٢	١٩	٩,٧٧	٨ كمبيوتر - طابعة - ٤ مراوح سقف - ٤ تكييف	٢٠٠ - ٢٥٠ - ٧٢ - ٢٠٤١	١٩,٨١ - ٩٠,٥٢
	٦ غرفة ادارية مكيف جنوبا	٢٦٩,٤	٤×٦×٥ +٢×٤	١٩	٩,٠٣	٧ كمبيوتر - ٦ طابعة - ٧ تكييف	٢٠٠ - ٢٥٠ - ٢٠٤١	١٠,٧٦ - ٥٣,٠٣
	٧ غرفة ادارية مكيف	٣٧١,٤٢	٤×٦×٧	١٩	٨,٥٩	١٠ كمبيوتر - ٧ طابعة - ١٤ مروحة سقف - ٧ تكييف	٢٠٠ - ٢٥٠ - ٧٢ - ٢٠٤١	١٠,١٠ - ٤١,١٨

جدول ٣: **توزيع وحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة وحساب معدلات استهلاك الطاقة بالدور الثانى** (المصدر : استهلاك الطاقة للجهاز مدون على الجهاز او موقع وزارة الكهرباء والطاقة أحسب استهلاكك[١٧])

الطابق	الفراغ	المسطح (م٢)	الإضاءة			الأجهزة الكهربائية		
			العدد (وحدة فلورسنت)	الإستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الإستهلاك وات/م٢	النوع	الاستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الاستهلاك وات/م٢
الدور الثانى	صالة رسم	٢٠٧	١٩٢	١٩	١٧,٦٢	١٠ مراوح حائط	٦٥	٣,١٤
	قاعة	٢٠٧	١٩٢	١٩	١٧,٦٢	١٠ مراوح حائط - داتا شو	٦٥ - ٢٧٥	٣,١٤ - ١,٣٣
	١٠ فصل	٤٨٧,٧٥	٢٤٠	١٩	٩,٣٥	٢٠ مروحة سقف	٧٢	٢,٩٥
	فصل منتصف الواجهة	٥٩,٩٤	٢٤	١٩	٧,٦١	٢ مروحة سقف	٧٢	٢,٤٠

الطابق	الفراغ	المسطح (م٢)	الإضاءة			الأجهزة الكهربائية		
			العدد (وحدة فلورسنت)	الإستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الإستهلاك وات/م٢	النوع	الاستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الاستهلاك وات/م٢
	فصل بركن الواجهة	٥٤,٢١	٢٤	١٩	٨,٤١	٢ مروحة سقف	٧٢	٢,٦٦
	فصل مطل على الفناء	٤٦,٣٣	٢٤	١٩	٩,٨٤	٢ مروحة سقف	٧٢	٣,١٢
	٢ معمل حاسب الى	٩٣,٠٠	٤٨	١٩	٩,٨١	٤ مراوح سقف - ٢ تكييف	٧٢ - ٢٠٤١	٤٧
	١٦ غرف اعضاءهيئة التدريس	٤٦٧,٨٨	١٦٠	١٩	٦,٥٠	١٦ جهاز كمبيوتر - ١٦ تكييف	٢٠٠ - ٢٠٤١	٦,٨٤ - ٦٩,٨٠
	المدرج	٤٦٤,٤٣	٤٤٠	١٩	١٨	١٨ مروحة حائط - كمبيوتر - داتا شو	٦٥ - ٢٠٠ - ٢٧٥	٢,٥٢ - ١,٠٢

جدول ٤: توزيع **وحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة وحساب معدلات استهلاك الطاقة بالدور الثالث** (المصدر : استهلاك الطاقة للجهاز مدون على الجهاز او موقع وزارة الكهرباء والطاقة أحسب استهلاكك[١٧])

الطابق	الفراغ	المسطح (م٢)	الإضاءة			الأجهزة الكهربائية		
			العدد (وحدة فلورسنت)	الإستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الإستهلاك وات/م٢	النوع	الاستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الاستهلاك وات/م٢
الطابق الثالث	٢ قاعة	٢٠٧×٢	١٩٢×٢	١٩	١٧,٦٢	١٠×٢ مراوح حائط - داتا شو	٦٥ - ٢٧٥	٣,١٤ - ١,٣٣
	٩ فصل	٤٤٣,١١	٢١٦	١٩	٩,٢٦	١٨ مروحة سقف	٧٢	٢,٩٢
	٤ معامل مكيفة	١٨١,٨١	٩٦	١٩	١٠,٠٣	٦ كمبيوتر - ٨ مراوح سقف - ٤ تكييف	٢٠٠ - ٧٢ - ٢٠٤١	٦,٦٠ - ٤٨,٠٧
	٢ معمل	٩٢,٦٧	٤٨	١٩	٩,٨٤	٤ مراوح سقف - ٢ كمبيوتر	٧٢ - ٢٠٠	٣,١١ - ٤,٣١

الطابق	الفراغ	المسطح (م٢)	الإضاءة			الأجهزة الكهربائية		
			العدد (وحدة فلورسنت)	الإستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الإستهلاك وات/م٢	النوع	الاستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الاستهلاك وات/م٢
	١٩ غرف اعضاء هيئة التدريس	٥٣٤,٠٠	١٧٦	١٩	٦,٢٦	١٦ كمبيوتر - ١٤ تكييف	٢٠٠ - ٢٠٤١	٥,٩٩ - ٥٣,٥١

جدول ٥: توزيع وحدات الاضاءة والأجهزة المختلفة وحساب معدلات استهلاك الطاقة بالدور الرابع (المصدر : استهلاك الطاقة للجهاز مدون على الجهاز او موقع وزارة الكهرباء والطاقة أحسب استهلاكك[١٧])

الطابق	الفراغ	المسطح (م٢)	الإضاءة			الأجهزة الكهربائية		
			العدد (وحدة فلورسنت)	الإستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الإستهلاك وات/م٢	النوع	الاستهلاك للوحدة (وات)	كثافة الاستهلاك وات/م٢
الدور الرابع	٢ صالة رسم	٢٠٧ ×٢	١٩٢×٢	١٩	١٧,٦٢	١٠×٢ مراوح حائط - ٢×داتا شو	٦٥ - ٢٧٥	٣,١٤ - ١,٣٢
	٢ صالة رسم مطلين على الفناء	٩٣,٣٧×٢	٤٨×٢	١٩	٩,٧٧	٤×٢ مروحة سقف	٧٢	١,٥٤
	٥ فصل	٢٧١,٤٨	١٢٠	١٩	٨,٤٠	١٠ مروحة سقف	٧٢	٢,٦٥
	فصل منتصف الواجهة	٦١,١٠	٢٤	١٩	٧,٤٦	٢ مروحة سقف - داتا شو	٧٢ - ٢٧٥	٢,٣٦ - ٤,٥٠
	فصل بركن الواجهة	٥٤,٢١	٢٤	١٩	٨,٤١	٢ مروحة سقف	٧٢	٢,٦٦
	٣ معامل حاسب الى	١٣٨,٥٢	٧٢	١٩	٩,٨٧	٦ مراوح سقف	٧٢	٣,١٢
	١٦ غرف اعضاءهيئة التدريس	٤٦٣,٨٥	١٤٤	١٩	٥,٩٠	١٦ كمبيوتر - ١٦ تكييف	٢٠٠ - ٢٠٤١	٦,٩٠ - ٧٠,٤٠
	المدرج	٤٦٤,٤٣	٤٤٠	١٩	١٨	١٨ مروحة حائط - كمبيوتر - داتا شو	٦٥ - ٢٠٠ - ٢٧٥	٢,٥٢ - ١,٠٢

جدول ٦: ساعات العمل الخاص بالفراغات الإدارية (المصدر : الباحث)

الشهر	الأثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة	السبت	الأحد
يناير	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
فبراير	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
مارس	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
ابريل	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
مايو	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
يونيو	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
يوليو	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
أغسطس	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
سبتمبر	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
أكتوبر	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
نوفمبر	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
ديسمبر	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م

جدول ٧: ساعات العمل الخاص بأجهزة التكييف والمراوح بالفراغات الإدارية (المصدر : الباحث)

الشهر	الأثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة	السبت	الأحد
يناير	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
فبراير	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
مارس	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
ابريل	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
مايو	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
يونيو	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
يوليو	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
أغسطس	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
سبتمبر	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
أكتوبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
نوفمبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
ديسمبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق

جدول ٨: ساعات العمل الخاص بفراغات أعضاء هيئة التدريس (المصدر : الباحث)

الشهر	الأثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة	السبت	الأحد
يناير	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
فبراير	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
مارس	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
ابريل	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
مايو	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
يونيو	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
يوليو	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة
أغسطس	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة
سبتمبر	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة
أكتوبر	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
نوفمبر	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
ديسمبر	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م

جدول ٩: ساعات العمل الخاص بأجهزة التكييف والمراوح بفراغات أعضاء هيئة التدريس (المصدر : الباحث)

الشهر	الأثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة	السبت	الأحد
يناير	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
فبراير	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
مارس	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
ابريل	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
مايو	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
يونيو	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ١:٣٠م
يوليو	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
أغسطس	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
سبتمبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
أكتوبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
نوفمبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
ديسمبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق

جدول ١٠: ساعات العمل الخاص بالفراغات التعليمية (المصدر : الباحث)

الشهر	الأثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة	السبت	الأحد
يناير	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م
فبراير	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م
مارس	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م
ابريل	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م
مايو	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م
يونيو	٩:٠٠ص إلى ٢:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٢:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٢:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٢:٠٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٢:٠٠م
يوليو	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة
أغسطس	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة
سبتمبر	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة
أكتوبر	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م
نوفمبر	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م
ديسمبر	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م

جدول ١١: ساعات العمل الخاص بمراوح الفراغات التعليمية (المصدر : الباحث)

الشهر	الأثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة	السبت	الأحد
يناير	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
فبراير	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
مارس	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م
ابريل	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م
مايو	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م
يونيو	٩:٠٠ص إلى ٢:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٢:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٢:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٢:٠٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ٢:٠٠م
يوليو	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
أغسطس	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
سبتمبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
أكتوبر	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	مغلق	مغلق	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م
نوفمبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
ديسمبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق

جدول ١٢: توضح ساعات العمل الخاص بصالات الرسم وفصل الدور الرابع الخاصة بقسم عمارة (المصدر : الباحث)

الشهر	الأثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة	السبت	الأحد
يناير	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	أجازة
فبراير	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	أجازة
مارس	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	أجازة
ابريل	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	أجازة
مايو	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	أجازة
يونيو	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	أجازة
يوليو	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة
أغسطس	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة
سبتمبر	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة	أجازة
أكتوبر	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	أجازة
نوفمبر	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	أجازة
ديسمبر	أجازة	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	أجازة	أجازة	أجازة

جدول ١٣: ساعات العمل الخاص بمراوح صالات الرسم وفصل الدور الرابع الخاصة بقسم عمارة (المصدر : الباحث)

الشهر	الأثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة	السبت	الأحد
يناير	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
فبراير	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
مارس	مغلق	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	مغلق	مغلق	مغلق
ابريل	مغلق	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	مغلق	مغلق	مغلق
مايو	مغلق	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	مغلق	مغلق	مغلق
يونيو	مغلق	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	مغلق	مغلق	مغلق
يوليو	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
أغسطس	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
سبتمبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
أكتوبر	مغلق	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	٩:٠٠ص إلى ٥:٠٠م	مغلق	مغلق	مغلق
نوفمبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق
ديسمبر	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق

جدول ١٤: لإدخال المواصفات المختلفة للواجهة والحوائط الداخلية (المصدر :إدارة الإستشارات الهندسية بكلية الهندسة جامعة سوهاج)[١٩]

العنصر	عدد الطبقات	الطبقات	LRV	Visible absorptance	Specularity	Roughness
الحوائط الداخلية	٥	طبقة دهان داخلية أصفر فاتح	٪٩٢,٩٧	٠,٠٧	٠	٠,٢٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طوب سمك ١٢ سم	٪١٢,٩٥	٠,٨٧	٠	٠,٣٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طبقة دهان داخلية أصفر فاتح	%92.97	٠,٠٧	٠	٠,٢٠
الحوائط الداخلية لصالات الرسم	٥	تجليد MDF سمك ١ سم	٪٦٨,٦٥	٠,٣١	٠,٠٢٢	٠,٢٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طوب سمك ١٢ سم	٪١٢,٩٥	٠,٨٧	٠	٠,٣٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طبقة دهان داخلية أصفر فاتح	٪٩٢,٩٧	٠,٠٧	٠	٠,٢٠
الحوائط الخارجية للفصول والفراغات الإدارية ١	٥	بياض حجر صناعى برتقالى اللون	٪٧١,٠١	٠,٢٩	٠	٠,٣٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طوب سمك ٢٥ سم	٪١٢,٩٥	٠,٨٧	٠	٠,٣٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طبقة دهان داخلية أصفر فاتح	٪٩٢,٩٧	٠,٠٧	٠	٠,٢٠
الحوائط الخارجية للفصول والفراغات الإدارية ٢	٥	طبقة دهان خارجية	٪٧٨,٣٣	٠,٢٢	٠,٠٠٣	٠,٢٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طوب سمك ٢٥ سم	٪١٢,٩٥	٠,٨٧	٠	٠,٣٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طبقة دهان داخلية أصفر فاتح	٪٩٢,٩٧	٠,٠٧	٠	٠,٢٠
الحوائط الخارجية للفصول والفراغات الإدارية ٣	٥	سيراميك حائط بنى اللون	٪٦١,٩٧	٠,٣٨	٠,٠٤	٠,١٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طوب سمك ٢٥ سم	٪١٢,٩٥	٠,٨٧	٠	٠,٣٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طبقة دهان داخلية أصفر فاتح	٪٩٢,٩٧	٠,٠٧	٠	٠,٢٠
الحوائط الخارجية لصالات الرسم والمدرجات ١	٥	طبقة دهان خارجية	٪٧٨,٣٣	٠,٢٢	٠,٠٠٣	٠,٢٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طوب سمك ٢٥ سم	٪١٢,٩٥	٠,٨٧	٠	٠,٣٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠

العنصر	عدد الطبقات	الطبقات	LRV	Visible absorptance	Specularity	Roughness
		تجليد MDF سمك ١ سم	٪٦٨,٦٥	٠,٣١	٠,٠٢٢	٠,٢٠
الحوائط الخارجية لصالات الرسم والمدرجات ٢	٥	بياض حجر صناعى برتقالى اللون	٪٧١,٠١	٠,٢٩	٠	٠,٣٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طوب سمك ٢٥ سم	٪١٢,٩٥	٠,٨٧	٠	٠,٣٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		تجليد MDF سمك ١ سم	٪٦٨,٦٥	٠,٣١	٠,٠٢٢	٠,٢٠
النوافذ	١	إطار الوميتال نبيتى	٪٢٧,٦٩	٠,٧٢	٠,٠١٩	٠,١٠

جدول ١٥: جدول ادخال المواصفات للأرضيات (المصدر :إدارة الإستشارات الهندسية بكلية الهندسة جامعة سوهاج)[١٩]

العنصر	عدد الطبقات	الطبقات	LRV	Visible absorptance	Specularity	Roughness
أرضية صالات الرسم والقاعات والمدرج	٧	ترابيع رخام الجلالة سمك ٢ سم	٪٤٩,٩٠	٠,٥٠	٠	٠,٢
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طبقة رمل سمك ٦ سم	٪٤٣,٥٢	٠,٥٦	٠	٠
		بلاطة خرسانية ١٥ سم	٪٣٠,٢٠	٠,٧٠	٠,٠٠٦	٠,٢٠
		طبقة مونة أسمنتية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		فراغ هواء	-	-	-	-
		بلاطات ارمسترونج ٦٠×٦٠ سم	٪٨٥,٧٧	٠,١٤	٠,٠١	٠,٣٠
أرضية الفصول والفراغات الأدارية والمعامل والخدمات	٥	سيراميك سمك ١ سم	٪٧٠,٢٥	٠,٣٠	٠,٠٤٤	٠,١٠
		طبقة مونة أسمنية ٢ سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طبقة رمل سمك ٧ سم	٪٤٣,٥٢	٠,٥٦	٠	٠
		بلاطة خرسانية ١٥ سم	٪٣٠,٢٠	٠,٧٠	٠,٠٠٦	٠,٢٠
		بياض سمك ٢ سم	٪٩٠,٩٤	٠,٠٩	٠,٠٠١	٠,٢٠
ارضية السطح	٨	بلاط اسمنتى سمك ٢ سم	19.20%	٠,٨١	٠,٠٠٣	٠,٢٠
		طبقة مونة أسمنية سمك ٢سم	٪٧١,٩٩	٠,٢٨	٠	٠,٢٠
		طبقة رمل سمك ٦ سم	٪٤٣,٥٢	٠,٥٦	٠	٠
		دكة خرسانية سمك ٥ سم	٪٣٠,٢٠	٠,٧٠	٠,٠٠٦	٠,٢٠
		عازل للحرارة سمك ٥ سم	-	-	-	-
		عازل للرطوبة سمك ٢ سم	-	-	-	-
		بلاطة خرسانية سمك ١٥ سم	٪٣٠,٢٠	٠,٧٠	٠,٠٠٦	٠,٢٠
		بياض سمك ٢ سم	٪٩٠,٩٤	٠,٠٩	٠,٠٠١	٠,٢٠

العنصر	عدد الطبقات	الطبقات	LRV	Visible absorptance	Specularity	Roughness
تبليطة الفناء وامام المبنى	١	Brick Sidewalk	٪١٦,٠٤	٠,٨٦	٠	٠,٣٠

جدول ١٦: جدول ادخال المواصفات للنوافذ[٢٣]

نوع الزجاج	سمك	Solar transmittance	Outside solar reflactance	Visible transmittance	Outside Visible reflactance
زجاج مفرد بلون البرونز سمك ٦ مم مطلى بطبقة من الخارج باكسيد المعادن	٦ مم	٠,٤٣	٠,١٦	٠,٢١	٠,١٦

جدول ١٧: متوسط قراءات أربع ايام قياس فعلى ونتائج المحاكاة خلال ثلاث توقيتات ٩:١١-١-١١:١-٣:١ وقيم MBE% (المصدر : الباحث)

الوقت / عدد النقاط	٩:٠٠-١١:٠٠		١١:٠٠-١:٠٠		١:٠٠-٣:٠٠		٩:٠٠-١١:٠٠	١١:٠٠-١:٠٠	١:٠٠-٣:٠٠
	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	القياسات الميدانية	نتائج المحاكاة	MBE%		
١	٤٤٨	٤٤٧	٥١٤	٥١١	٣٨٢	٣٨١	٠,٢٢-	٠,٥٨-	٠,١٣-
٢	٥٢٤	٥٢٨	٥٧٢	٥٦٩	٤٧٩	٤٨٨	٠,٦٢	٠,٤٨-	١,٨٨
٣	٧١٣	٧١٣	٨١٦	٨١٦	٦٨٢	٦٨٧	٠,٠٧-	٠,٠٣	٠,٧٧
٤	١٠٩٦	١١٠٢	١٠٨٩	١٠٨٨	٩٩٨	١٠٢٦	٠,٥٥	٠,٠٧-	٢,٨٦
٥	٨٦٩	٨٧٠	٨١٥	٨٤٤	٨٠٦	٨٠٧	٠,٠٦	٣,٥٣	٠,١٢
٦	٦٩٩	٦٩٧	٧٧٤	٧٧٢	٧٤٣	٧٣٥	٠,٣٩-	٠,٢٩-	١,١١-
٧	٥٩٥	٥٧٧	٦٨٦	٦٢٢	٦٤٦	٥٧٨	٢,٩٤-	٩,٣٧-	١٠,٦٠-
٨	٥٥٣	٥٢٤	٦٤٤	٥٥٠	٥٨٥	٥١٥	٥,٢٩-	١٤,٥٦-	١٢,٠٠-
٩	٥٤٨	٥٣٥	٦٣٧	٥٥١	٥٨٤	٥١٧	٢,٤٢-	١٣,٥١-	١١,٥٥-
١٠	٥٧١	٥٦٧	٦٥٦	٦١٨	٦١٨	٥٨٢	٠,٨٣-	٥,٧٩-	٥,٩٠-
١١	٧٣٦	٧٢٥	٧٩٥	٧٩٤	٧٩٣	٧٥٤	١,٥٠-	٠,٠٩-	٤,٨٩-
١٢	٨٣١	٨٤٩	٨٩٥	٩٠٥	٩٠٨	٩٠٤	٢,٢٠	١,١٥	٠,٤٤-
١٣	١٠٣٦	١٠٣٨	١٠٥٧	١٠٦٢	١٠٦٢	١٠٦٦	٠,٢٢	٠,٤٥	٠,٣٨
١٤	٦٩٩	٧٠١	٧٩٣	٧٩٠	٧٨٦	٧٨٢	٠,٢٩	٠,٣٨-	٠,٥١-
١٥	٥٧٥	٥٦٦	٦٥٠	٦١٥	٦٣١	٥٨٢	١,٥٢-	٥,٣٩-	٧,٧٣-
١٦	٥٢٧	٥٢٧	٦١٣	٥٤٦	٥٧٧	٥١١	٠,٠٩	١٠,٩٤-	١١,٤٠-

جدول ١٨: يوضح قيم RMSEPeriod, CV(RMSEPeriod) (المصدر : الباحث)

	ERROR			ERROR^2		
	٠٩:١١	١١:٠١	٠١:٠٣	٠٩:١١	١١:٠١	٠١:٠٣
١	١,٠٠-	٣,٠٠-	٠,٥٠-	١,٠٠	٩,٠٠	٠,٢٥
٢	٣,٢٥	٢,٧٥-	٩,٠٠	١٠,٥٦	٧,٥٦	٨١,٠٠
٣	٠,٥٠-	٠,٢٥	٥,٢٥	٠,٢٥	٠,٠٦	٢٧,٥٦
٤	٦,٠٠	٠,٧٥-	٢٨,٥٠	٣٦,٠٠	٠,٥٦	٨١٢,٢٥
٥	٠,٥٠	٢٨,٧٥	١,٠٠	٠,٢٥	٨٢٦,٥٦	١,٠٠
٦	٢,٧٥-	٢,٢٥-	٨,٢٥-	٧,٥٦	٥,٠٦	٦٨,٠٦
٧	١٧,٥٠-	٦٤,٢٥-	٦٨,٥٠-	٣٠٦,٢٥	٤١٢٨,٠٦	٤٦٩٢,٢٥
٨	٢٩,٢٥-	٩٣,٧٥-	٧٠,٢٥-	٨٥٥,٥٦	٨٧٨٩,٠٦	٤٩٣٥,٠٦
٩	١٣,٢٥-	٨٦,٠٠-	٦٧,٥٠-	١٧٥,٥٦	٧٣٩٦,٠٠	٤٥٥٦,٢٥
١٠	٤,٧٥-	٣٨,٠٠-	٣٦,٥٠-	٢٢,٥٦	١٤٤٤,٠٠	١٣٣٢,٢٥
١١	١١,٠٠-	٠,٧٥-	٣٨,٧٥-	١٢١,٠٠	٠,٥٦	١٥٠١,٥٦
١٢	١٨,٢٥	١٠,٢٥	٤,٠٠-	٣٣٣,٠٦	١٠٥,٠٦	١٦,٠٠
١٣	٢,٢٥	٤,٧٥	٤,٠٠	٥,٠٦	٢٢,٥٦	١٦,٠٠
١٤	٢,٠٠	٣,٠٠-	٤,٠٠-	٤,٠٠	٩,٠٠	١٦,٠٠
١٥	٨,٧٥-	٣٥,٠٠-	٤٨,٧٥-	٧٦,٥٦	١٢٢٥,٠٠	٢٣٧٦,٥٦
١٦	٠,٥٠	٦٧,٠٠-	٦٥,٧٥-	٠,٢٥	٤٤٨٩,٠٠	٤٣٢٣,٠٦
SUM ERROR^2/N				١٢٢,٢٢	١٧٧٨,٥٧	١٥٤٧,٢٠
$RMSE_{Period}$				١١,٠٦	٤٢,١٧	٣٩,٣٣
A_{Period}				٦٨٩	٧٥٠	٧٠٥
$CV(RMSE_{Period})$				١,٦١	٥,٦٢	٥,٥٨