



سبل تعديل التشكيل المعماري لواجهات المباني الادارية بمصر لدمج الخلايا الفوتوفولتية وتأثيرها علي انتاجية الطاقة

Received 5 July 2022; Revised 15 August 2022; Accepted 15 August 2022

الملخص:

يساهم التشكيل المعماري لغللاف المباني في تحديد كفاءة استخدام الطاقة، حيث يؤثر توجيه الفتحات وأشكالها وعلاقتها مع العناصر الأخرى والتقنيات المستخدمة في تشكيله من تحديد معدلات استهلاك الطاقة وتحديد أدائها البيئي [1]. وجد أن معظم أغلفة المباني الإدارية تؤدي إلى زيادة مستوى الإشعاع الشمسي النافذ إلى الداخل وارتفاع درجات الحرارة صيفاً وفقدانها شتاءً بصورة تؤدي إلى زيادة الأحمال الخاصة بعمليات التبريد خاصة في المناطق ذات المناخ الحار، وأدوات التظليل الخارجية لا تستطيع وحدها تعزيز ضوء النهار وتقليل الإشعاع الشمسي النافذ وتقليل الأحمال الحرارية [2]. حيث أن المباني الإدارية من أكبر القطاعات استخداماً للطاقة ويتم بها الاعتماد كلياً على مصادر الإضاءة الصناعية وأجهزة التكييف [3]، من هنا ظهرت الحاجة إلى تعديل واجهات المباني الإدارية القائمة مع دمج التقنيات المنتجة للطاقة (الخلايا الفوتوفولتية محل الدراسة) مع واجهات المباني كأداة لتحسين أدائها البيئي ورفع قدرتها على إنتاج الطاقة. تعرف الخلايا الفوتوفولتية المتكاملة مع أغلفة المباني بأغلفة الخلايا الفوتوفولتية أو Building integrated photovoltaics cells (BIPV) وهي عبارة عن مواد فوتوفولتية تستخدم لتأخذ مكان مواد البناء التقليدية في بعض أجزاء غلاف المبنى كالأسقف، المناور، الواجهات وغيرها، حيث تستخدم في المباني الحديثة كمصادر رئيسية أو مساندة للطاقة [4]. **ويهدف هذا البحث إلى** دراسة تأثير تعديل التشكيل المعماري لواجهات المباني الإدارية على إنتاجية الخلايا الفوتوفولتية واستهلاك الطاقة والاستغلال الأمثل للواجهات مع تحسين أدائها البيئي لتوفير الراحة للمستخدمين وبالتالي فهناك حاجة إلى تقديم وتقييم بدائل لدمج الخلايا الفوتوفولتية على واجهات المباني القائمة. وتم تحقيق هدف البحث من خلال دراسة أنسب أنواع الخلايا الفوتوفولتية للاستخدام في مصر ثم تطبيقها أولاً على المبنى بدون تعديل للواجهة (Base case)، ثم دراسة العديد من سبل التعديل الأفقية والرأسية علي واجهة المبنى واختيار عينة عشوائية من هذه البدائل وإجراء عملية محاكاة للطاقة لكل بديل من هذه البدائل لاستخراج كمية الطاقة المنتجة من كل بديل وأخيراً مقارنة إنتاجية الخلايا في وضع (Base case) مع هذه البدائل لمعرفة مدى تأثيرها على إنتاجية الطاقة. ويعتبر موضوع البحث من الدراسات الفقيرة جداً في مصر، حيث تم تنفيذ منهجيات مشابهة من

أروى أحمد جندي¹
أمل محمد طه²
مصطفى محمد سيد³

الكلمات الدالة:

التعديل التحديتي ، التحسين ،
مبنى المكاتب ، الخلايا
الكهروضوئية ، المغلف ، منشئ
التصميم.

¹ طالب دراسات عليا ، درجة الماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة أسيوط (arwageady8892@gmail.com)

² أستاذ مساعد بقسم العمارة ، كلية الهندسة ، جامعة أسيوط (Mostafa.ahmed@aun.edu.eg)

³ أستاذ مساعد بقسم العمارة ، كلية الهندسة ، جامعة أسيوط (amal.taha@eng.aun.edu.eg)

قبل في مناطق ذات مناخ بارد في عدة دراسات سابقة منها دراسة تم نشرها عام ٢٠١٢م وتهدف الي تحسين كفاءة الطاقة باستخدام عدة تطبيقات منها الخلايا الشمسية عن طرق تعديل أغلفة المدارس في تركيا[٥]، أما في مصر طبقت ذات المنهجية باستخدام تطبيقات اخرى غير الخلايا الفوتوفولتية فمثلاً قامت (يمنى منير وآخرون، ٢٠١٦م) بتعديل واجهة مبنى إداري باستخدام الأنظمة الحركية مثل المظلات المتحركة وتمت محاكاة البدائل باستخدام برنامج Design builder [٦] ، وفي ليبيا قام (فريوان وآخرون، ٢٠٢٠م) بدمج الخلايا الشمسية على غلاف مبنى سكني في مدينة سبها مباشرة بدون تعديل في التشكيل المعماري للغلاف[٧]، وتم عمل محاكاة لأربعة أنظمة من واجهات الخلايا الشمسية والمقارنة بينهم من حيث الأفضل في درجة الحرارة الداخلية في بحث ل (Yang,et.al,2019)[8]. في هذه الدراسة قام الباحث بالدمج بين أساليب الدراسات السابقة للوصول لهدف البحث، وبينت الدراسة أن زيادة المساحة المطبق عليها الخلايا الفوتوفولتية وحدها لا تكفي لزيادة إنتاجية الطاقة ولا بد من وضع عامل وضعية الخلايا واتجاهها في الاعتبار، وان في المناخ محل الدراسة (محافظة أسبوط) تحقق الخلايا الفوتوفولتية في الواجهات الجنوبية الغربية أعلى إنتاجية للطاقة في الوضع الأفقى وأقلها في الوضع الرأسى. فالبدل الثاني (الواجهة الأفقية المتدرجة) حقق أعلى إنتاجية للطاقة (١٠٢ كيلووات/ساعة) مقارنة بباقي البدائل والوضع الأساسي (٢٥ كيلووات/ساعة).

١. المقدمة:

يساهم التشكيل المعماري لغلاف المباني في تحديد كفاءة استخدام الطاقة، حيث يؤثر توجيه الفتحات وأشكالها وعلاقتها مع العناصر الأخرى والتقنيات المستخدمة في تشكيله من تحديد معدلات استهلاك الطاقة وتحديد أدائها البيئي[١]. وجد أن معظم أغلفة المباني الإدارية تؤدي إلى زيادة مستوى الإشعاع الشمسي النافذ إلى الداخل وارتفاع درجات الحرارة صيفاً وفقدانها شتاءً بصورة تؤدي إلى زيادة الأحمال الخاصة بعمليات التبريد خاصة في المناطق ذات المناخ الحار، وأدوات التظليل الخارجية لا تستطيع وحدها تعزيز ضوء النهار وتقليل الإشعاع الشمسي النافذ و تقليل الأحمال الحرارية[٢]. حيث أن المباني الإدارية من أكبر القطاعات استخداماً للطاقة و يتم بها الاعتماد كلياً على مصادر الإضاءة الصناعية وأجهزة التكييف[٣]، من هنا ظهرت الحاجة إلى تعديل واجهات المباني الإدارية القائمة مع دمج التقنيات المنتجة للطاقة (الخلايا الفوتوفولتية محل الدراسة) مع واجهات المباني كأداة لتحسين أدائها البيئي ورفع قدرتها على إنتاج الطاقة. تعرف الخلايا الفوتوفولتية المتكاملة مع أغلفة المباني بأغلفة الخلايا الفوتوفولتية أو Building integrated photovoltaics cells (BIPV) وهي عبارة عن مواد فوتوفولتية تستخدم لتأخذ مكان مواد البناء التقليدية في بعض أجزاء غلاف المبنى كالأسقف، المناور، الواجهات وغيرها، حيث تستخدم في المباني الحديثة كمصادر رئيسية أو مساندة للطاقة[٤]. **ويهدف هذا البحث إلى** دراسة تأثير تعديل التشكيل المعماري لواجهات المباني الإدارية على إنتاجية الخلايا الفوتوفولتية واستهلاك الطاقة والاستغلال الأمثل للواجهات مع تحسين أدائها البيئي لتوفير الراحة للمستخدمين وبالتالي فهناك حاجة إلى تقديم وتقييم بدائل لدمج الخلايا الفوتوفولتية على واجهات المباني القائمة. وتم تحقيق هدف البحث من خلال دراسة أنسب أنواع الخلايا الفوتوفولتية للاستخدام في مصر ثم تطبيقها أولاً على المبنى بدون تعديل للواجهة (Base case)، ثم دراسة العديد من سبل التعديل الأفقية والرأسية علي واجهة المبنى واختيار عينة عشوائية من هذه البدائل وإجراء عملية محاكاة للطاقة لكل بديل من هذه البدائل لاستخراج كمية الطاقة المنتجة من كل بديل و أخيراً مقارنة إنتاجية الخلايا في وضع (Base case) مع هذه البدائل لمعرفة مدى تأثيرها على إنتاجية الطاقة. ويعتبر موضوع البحث من الدراسات الفقيرة جداً في مصر، حيث تم تنفيذ منهجيات مشابهة من قبل في مناطق ذات مناخ

بارد في عدة دراسات سابقة منها دراسة تم نشرها عام ٢٠١٢م وتهدف الي تحسين كفاءة الطاقة باستخدام عدة تطبيقات منها الخلايا الشمسية عن طرق تعديل أغلفة المدارس في تركيا[٥]، أما في مصر طبقت ذات المنهجية باستخدام تطبيقات اخرى غير الخلايا الفوتوفولتية فمثلاً قامت (يمنى منير وآخرون، ٢٠١٦م) بتعديل واجهة مبنى إداري باستخدام الأنظمة الحركية مثل المظلات المتحركة وتم محاكاة البدائل باستخدام برنامج Design builder [٦] ، وفي ليبيا قام (فريوان وآخرون، ٢٠٢٠م) بدمج الخلايا الشمسية على غلاف مبنى سكني في مدينة سبها مباشرة بدون تعديل في التشكيل المعماري للغلاف [٧]، وتم عمل محاكاة لأربعة أنظمة من واجهات الخلايا الشمسية والمقارنة بينهم من حيث الأفضل في درجة الحرارة الداخلية في بحث ل (Yang,et.al,2019)[8]. في هذه الدراسة قام الباحث بالدمج بين أساليب الدراسات السابقة للوصول لهدف البحث.

٢. الخلايا الفوتو فولتية وتكاملها مع أغلفة المباني الإدارية (BIPV):

تكم أهمية الخلايا الفوتوفولتية في قدرتها على إنتاج الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة، ومع التطور الكبير في أنواعها بدأ التوجه نحو استخدامها ودمجها مع المباني كمصدر لإنتاج الطاقة المتجددة، فبدأ وضعها على الأسطح ومن ثم تطور الأمر لتصبح قابلة للدمج والتكامل مع معظم أجزاء غلاف المبنى [4].

يتميز نظام الخلايا الفوتوفولتية المتكاملة (BIPV) مع أغلفة المباني بقدرته على دعم التصاميم المعمارية بتشكيلات عصرية مرنة وجذابة ذات أبعاد وظيفية وجمالية تجعل منها مباني متميزة معمارياً [٩]. من جهة أخرى، يعد نظام الخلايا الفوتوفولتية المتكامل مع غلاف المبنى من الأنظمة المعمارية المستدامة التي تعزز من الأداء البيئي للمباني وذلك من خلال رفع كفاءة استخدام الطاقة بالتقليل من استهلاكها وإنتاج طاقة كهربائية تستخدم لتعويض أحمال التبريد، التدفئة والتسخين وغيرها، استخدام مواد بناء صديقة للبيئة ذات انبعاثات منخفضة، يمكن إعادة تدويرها، كما تعمل هذه الأنظمة على توفير الظلال مما يقلل من درجات الحرارة الداخلية، كما تساعد على تحقيق الراحة للمستخدمين على مدار السنة من خلال تفاعلها مع كافة ظروف وعوامل الطقس فهي تعمل كعوازل صوتية وحرارية، بالإضافة إلى ذلك، يساعد تصميمها المرن على زيادة عمر المباني والتقليل من كميات هدر الموارد الناتجة عن هدم المباني القديمة [١٠].

مع الكم الكبير من المزايا التي تتعلق بها، إلا أنها تشتمل أيضاً على بعض العيوب الواجب أخذها بعين الاعتبار، حيث تواجه هذه الخلايا محددات ترجع إلى فكرة حساب كفاءتها الإنتاجية مقارنة بتكلفتها والوقت اللازم لاسترداد التكلفة [١١].

٣. العوامل المؤثرة على كفاءة نظم الخلايا الفوتوفولتية:

تتأثر كفاءة نظام الخلايا الفوتوفولتية المتكامل مع أغلفة المباني بالعديد من العوامل، والتي ينبغي مراعاتها عند تصميم المبادئ المدمجة بالخلايا الفوتوفولتية لزيادة فعاليتها، فالموقع العام وما يحتويه من عناصر بيئة مبنية (المباني) أو طبيعية (الأشجار والنباتات) وما تكونه من ظلال على المبنى المدمج يؤثر على كمية الإشعاع الشمسي الساقط على غلاف المبنى وبالتالي قد يحد وجودها من كمية الطاقة المنتجة، تتأثر فعالية هذه الأنظمة بزوايا الميل والتي تؤثر بصورة كبيرة على التشكيل المعماري، وتحدد زوايا الميل المثلى من خلال نوع الواجهة وزوايا سقوط أشعة الشمس ونظراً لاختلاف هذه الزوايا في المنطقة الواحدة تبعاً لفصول السنة فإن الأنظمة الثابتة تبقى قاصرة على تحقيق كفاءة دائمة في معظم أوقات السنة ، كما يجب أن يتم تثبيتها من خلال أشخاص على درجة عالية من المهارة، حيث أن أي خلل في تركيبها قد يحد من درجة فعاليتها، كما أن مقدرة إنتاجها للطاقة متذبذب، يختلف باختلاف الظروف الجوية، وعملية إنتاج الطاقة من هذه الخلايا تتطلب محولات تتسبب في فقد (٤-١٢٪) من الطاقة الكلية [٤]. علاوة على ذلك، تؤثر كميات الأتربة والغبار الكبيرة على كفاءة عمل هذه الأنظمة الأمر الذي يجعلها في حاجة مستمرة للتنظيف حيث قد يؤثر الغبار المتراكم على سطح الألواح الفوتوفولتية على كفاءة النظام بنسبة تصل إلى ٣٥٪ في شهر واحد [١٢]، كما تحتاج بعض أنواع الخلايا وخاصة المصنعة من السيلكون البلوري إلى وجود نظام تهوية يمنع ارتفاع درجات الحرارة بصورة تؤثر على فعاليتها [١٣].

ويمكن تلخيص هذه العوامل في النقاط التالية [١٤ , ١٥]:

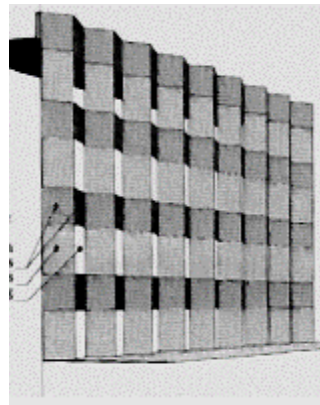
- **الاعتبارات الشمسية:** وتشير هذه الاعتبارات إلى تعظيم أداء الخلايا الفوتوفولتية الموجودة على أغلفة المبنى لاستغلال التوجهات المثالية لأشعة الشمس، و توفير تجمعات فوتو فولتية قادرة على إنتاج كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية، وتوفير ظلال داخل الفراغات الداخلية تحد من استهلاك أحمال التكييف، فضلاً عن توفير إنارة طبيعية من أشعة الشمس الغير مباشرة.
- **الاعتبارات التصميمية:** وتختص هذه الاعتبارات بالقيم الجمالية للمنتج المعماري، فلا يمكن إهمال هذا الجانب وتصميم الخلايا الفوتو فولتية بطريقة تقلل من جمال المبنى وجاذبيته التشكيلية.
- **اعتبارات خاصة بالموقع:** تتأثر كفاءة التجمعات الفوتو فولتية بمستوى الظلال التي تكونها المباني المجاورة، وعليه يمكن وضع الخلايا في الأجزاء العلوية من أغلفة المباني المتقاربة فيما يمكن الاستفادة من كافة أجزاء المبنى في المباني التي لا تحيطها الكثير من الأبنية.
- **الاعتبارات المناخية:** وتشمل درجات الحرارة، كميات الإشعاع الشمسي، سرعة الرياح، وكميات الأمطار والأترية.
- **الاعتبارات الإنشائية:** تختص هذه الاعتبارات بالهيكل والعناصر الإنشائية التي تتطلبها عملية دمج الخلايا بأغلفة المباني سواء أكانت قائمة ويراد تعديلها أو جديدة تبنى بناءً عليها.
- **الاعتبارات الميكانيكية والكهربائية:** تهوية محيط المبنى والقضايا الكهربائية.
- **اعتبارات خاصة بالصيانة:** تشمل عمليات التنظيف والصيانة الدورية للخلايا واللازمة للمحافظة على كفاءتها.
- **الاعتبارات البيئية:** وتعتبر عن مدى تأثير الخلايا الفوتو فولتية المدمجة على تقليل استهلاك الطاقة وإنتاج طاقة متجددة والحد من التلوث وإطلاق الغازات السامة.

٤. دمج الخلايا الفوتو فولتية مع واجهات المباني الإدارية:

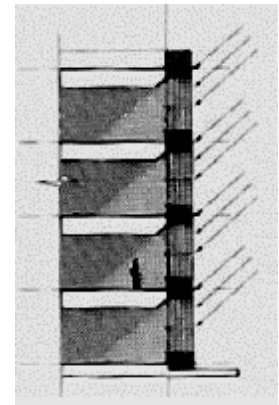
- يعتبر دمج الوحدات الفوتو فولتية مع واجهات المباني من أهم التوجهات المعمارية الحديثة، حيث تتعرض واجهات المباني لكمية كبيرة من الإشعاع الشمسي وعليه فإنها تعد خياراً فعالاً لتوليد الطاقة الشمسية، كما تعمل على توفير قدر كاف من الظلال والعزل الحراري، حيث يمنع الزجاج شبه الشفاف دخول أشعة الشمس المباشرة إلى المبنى، مما يقلل من أحمال التبريد والوهج وبالتالي تحسين كفاءة استهلاك الطاقة. وكون الواجهات هي الجزء الظاهر من المبنى، فإن الاعتبارات الجمالية لتكامل الخلايا مع الواجهات تأخذ اهتماماً كبيراً، حيث يمكن أن تصفي ألوانها والظلال التي تشكلها تأثيرات بصرية جذابة [١٠]، والتطور التقني في المجال المعماري والانتشار الواسع لأنواع مختلفة ومتطورة من الخلايا الفوتو فولتية أدى إلى زيادة فعاليتها وقدرة الخبراء على التحكم بشكلها وموضعها لتعظيم الاستفادة منها من خلال دمج الخلايا الفوتو فولتية بالحوائط الرأسية، الفتحات المعمارية (الأبواب أو الشبابيك) و الكاسرات الشمسية الأفقية والرأسية [٤]. وفيما يلي سيتم توضيح بعض سبل دمج الخلايا الفوتو فولتية التي تم استخدامها في الدراسة التطبيقية:
- **الحوائط الرأسية:** يمكن أن تدمج الخلايا الفوتو فولتية مع الحوائط الرأسية بحيث تغطيها بصورة كاملة أو تغطي أجزاء منها [٤]، حيث يمكن أن تستخدم الوحدة الفوتو فولتية غير الشفافة كعناصر إكسائية في الأجزاء غير الشفافة من الواجهة بينما يمكن استخدام الوحدات الشفافة لتغطية الأجزاء الزجاجية [٩]، ويعد دمج الخلايا مع الواجهات الرأسية من أنواع الدمج الغير معقدة والتي لا تؤثر بصورة كبيرة على الهيكل الإنشائي [٤]. تشمل الواجهات الرأسية علي:
 - **الحوائط الرأسية الستائرية المسننة:** يتميز بأداء شمسي جيد ناتج عن توجيه الخلايا باتجاه الإشعاع الشمسي، كما يتميز بتشكيله لمجموعة من الوحدات التي يمكن استخدامها كنوافذ قابلة للفتح كما هو موضح بالشكل رقم (١) و(٢).



شكل (٢): دمج الخلايا الفوتوفولتية في الواجهة الرأسية المسننة في مبنى المركز التعليمي (NREL) [١٣].



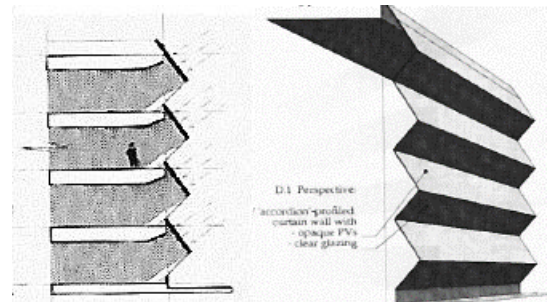
شكل (١): دمج الخلايا الفوتوفولتية مع الواجهات الرأسية المسننة من خلال الحوائط الستائرية [١٣].



- **الواجهات المتدرجة أو المسننة أفقياً:** يعد دمج الخلايا الفوتوفولتية في الواجهات المتدرجة أو المسننة -Saw (tooth) من طرق التكامل الفعالة كون الخلايا توضع بزوايا ميل متناسبة مع زوايا سقوط الشمس مما يعظم إنتاج الطاقة، كما توفر مظلات معلقة تحمي الفراغات الداخلية من أشعة الشمس المباشرة في الصيف وتسمح بدخول حرارة الشمس في الشتاء، كما توفر قدر مناسب من الإضاءة الطبيعية [٤].



شكل (٤): دمج الخلايا الفوتوفولتية في الحائط المتدرج الخاص بمبنى اتحاد الصناعات الكورية في كوريا الجنوبية [4].



شكل (٣): دمج الخلايا الفوتوفولتية في الواجهات المسننة [١٣].

- الفتحات المعمارية:** يمكن استخدام الوحدات الفوتوفولتية لتغطية الفتحات الموجودة في الواجهات المعمارية حيث يمكن استخدامها كأجزاء شفافة أو شبه شفافة كما هو موضح بالشكل رقم (٥) فتعمل على إنتاج الطاقة والتحكم بكميات الإشعاع الشمسي النافذ وبالتالي تقليل أحمال التبريد، كما تمنح تأثيرات بصرية داخلية وخارجية ناتجة عن ألوانها والظلال الداخلية التي تكونها، إلا أنها ذات كفاءة منخفضة نسبياً نتيجة تباعد الخلايا والتي تؤثر على كميات الطاقة المنتجة [10] وبالشكل رقم (٦) مثال على تطبيق الخلايا الشمسية على الفتحات المعمارية.
- كاسرات الشمس:** تستخدم كاسرات الشمس للتحكم في كميات الإشعاع الشمسي النافذ إلى المساحة الداخلية على مدار السنة، تعد هذه الكاسرات خياراً يمكن من خلاله دمج الخلايا الفوتوفولتية مع الواجهة من خلالها يمكن أن تأخذ مظلات الشمس شكل نظام فتحات زجاجي ثابت أو متحكم فيه ويمكن تثبيتها إما رأسياً [9] كما موضح بالشكل (٧) و (٨) أو أفقياً كما في الشكل (٩) و (١٠) أو بزوايا مائلة كما في الشكل (١١) و (١٢) بدون إسقاط الظلال على بعضها البعض كما موضح بالشكل. وعليه تصبح هذه الكاسرات مصدراً لتوليد الطاقة بالإضافة إلى توفير الظلال ومنع أشعة الشمس المباشرة من الدخول إلى داخل المبنى، وبالتالي تقليل أحماله وكميات الطاقة المستهلكة [10].



شكل (٦): دمج الخلايا الفوتوفولتية مع الفتحات المعمارية في واجهة مبنى الموسيقى في أستراليا [4].



شكل (٥): دمج الخلايا الفوتوفولتية مع الفتحات المعمارية للواجهات [10].



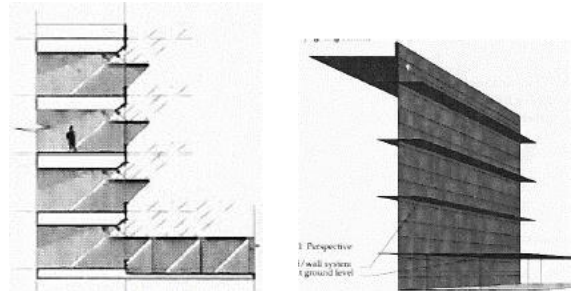
شكل (٨): دمج الخلايا الفوتوفولتية مع كاسرات الشمس الرأسية في مبنى مركز Merck للابتكار في دارمشتات في ألمانيا [16].



شكل (٧): دمج الخلايا الفوتوفولتية في الواجهة من خلال الكاسرات الرأسية [10].



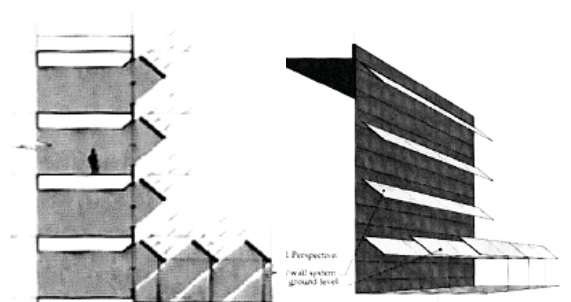
شكل (١٠): دمج الخلايا الفوتوفولتية مع كاسرات الشمس الأفقية في مبنى فندق Monte Malaga في إسبانيا [13].



شكل (٩): دمج الخلايا الفوتوفولتية في الواجهة من خلال الكاسرات الأفقية [13].



شكل (١٢): دمج الخلايا الفوتوفولتية مع كاسرات الشمس المائلة في مبنى مركز الأبحاث في جامعة نيويورك [13].



شكل (١١): كاسرات الشمس المثبتة بزوايا مائلة [13].

ثالثاً: الجانب التطبيقي:

تم تطبيق هذه الدراسة على المبني الاداري الخاص بجامعة أسيوط، محافظة أسيوط، مصر.

• الهدف من الدراسة التطبيقية:

تقييم مدى تأثير تعديل الواجهات على إنتاجية الخلايا الشمسية من الطاقة، والمقارنة بين البدائل.

• الدراسات المناخية التفصيلية لمدينة أسيوط:

- موقع مدينة أسيوط:

محافظة أسيوط هي إحدى محافظات الصعيد وهي تحتل موقعاً بين محافظتي المنيا شمالاً ومحافظة سوهاج جنوباً وتقع محافظة أسيوط على الضفة الغربية للنيل فيحدها من الشرق نهر النيل ثم الصحراء الشرقية ومن الغرب حافة الهضبة الغربية كما هو موضح بالشكل رقم (١٣)، وتقع مدينة أسيوط على خط عرض (٣٧° ٢٠) شمالاً وخط طول (٣١° ٥٠) شرقاً وترتفع فوق سطح البحر بمقدار ٧٥-١٠٠م [١٧].



شكل (١٣): موقع محافظة أسيوط بين محافظات مصر [١٨]

- التحليل المناخي لمحافظة أسيوط:

سطوع الشمس والاشعاع الشمسي: يعبر مدى سطوع الشمس وشفاء السماء عن كمية الطاقة الحرارية الممكن استغلالها في توليد الكهرباء من الخلايا الشمسية وكما يتضح من الجدول (١) فإن الشمس تسطع معظم ساعات النهار (٨٥-٩٠٪) في ستة أشهر من العام وهي النسبة الأعلى على مدار العام، ويتراوح بين (٧٥-٨٥٪) في خمسة أشهر من العام وبين (٧٠-٧٥٪) في شهر يناير فقط، مما يعطى مؤشر قوى على قوة سطوع الشمس في أسيوط ولذلك تم اختيارها لتكون محل الدراسة.

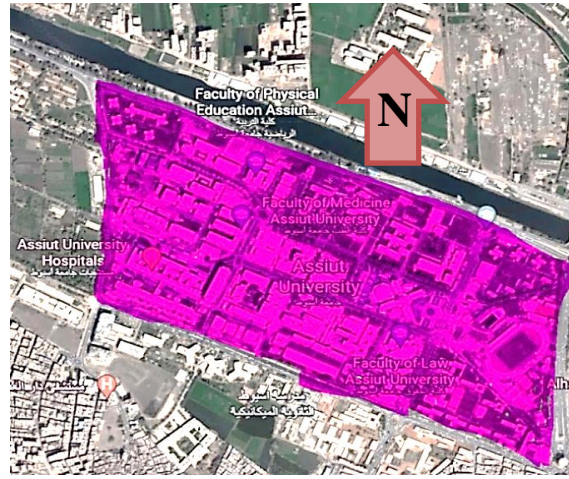
جدول (١): النسبة المئوية لعدد ساعات سطوع الشمس خلال العام على إقليم أسيوط [١٨].

الشهر	النسبة المئوية لعدد ساعات سطوع الشمس (%)
يناير	٧٥-٧٠
فبراير	٨٠-٧٥
مارس	٨٠-٧٥
أبريل	٨٠-٧٥
مايو	٩٠-٨٥
يونيو	٩٠-٨٥
يوليو	٩٠-٨٥
أغسطس	٩٠-٨٥
سبتمبر	٩٠-٨٥
أكتوبر	٩٠-٨٥
نوفمبر	٨٥-٨٠
ديسمبر	٨٠-٧٥

• توصيف عينة الدراسة:

تمت دراسة الحالة فى جناح (د) بالمبنى الإداري الخاص بجامعة أسيوط، محافظة أسيوط، مصر كما هو موضح بالشكل (١٤) موقع جامعة أسيوط ، ويوضح الشكل (١٥) جناح (د) فى المبنى الإداري لجامعة أسيوط (المبنى محل الدراسة) ويقع أمام كلية الحقوق والتجارة ، ويتكون المبنى من دور البدروم والأرضي و ٤ أدوار متكررة، تم اختيار هذا المبنى لعدة أسباب منها:

- ١- أنه مبنى اداري اعتيادي مشابه للنمط السائد للمباني الادارية فى مصر.
- ٢- يتعامل المبنى مع عدد كبير من المستخدمين سواء الموظفين داخلها أو المستخدمين المنتفعين بالخدمات المقدمة وبالتالي فهو من أعلى المباني استهلاكاً للطاقة.
- ٣- توافر المعلومات والتصميمات الهندسية الخاصة بالمبنى.
- ٤- إمكانية تعديل الواجهات الخارجية للمبنى.
- ٥- يقع فى مناخ قاري حار مما يعظم فرصته فى انتاج الطاقة.
- ٦- موقع المبنى والمساحات المحيطة بالمبنى تجعله معرض لأشعة الشمس أغلب اليوم مما يحسن فرصته فى انتاجية الطاقة.



شكل (١٤): موقع جامعة أسيوط.



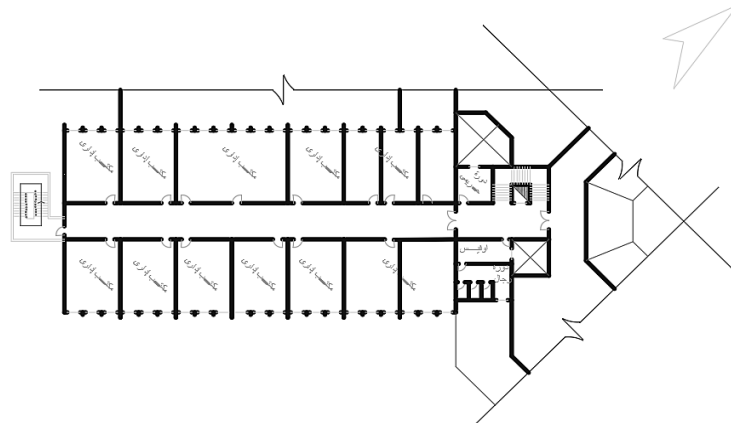
شكل (١٥): الموقع العام للمبنى الإداري بجامعة أسيوط وجناح (د) محل الدراسة.

- المواصفات العامة لنموذج المبنى محل الدراسة:

يوضح الجدول (٢) مواصفات المبنى من مساحات وارتفاع وألخ.....

جدول (٢): المواصفات العامة لنموذج مبنى الدراسة.

الموقع :	جامعة أسيوط
مساحة المبنى	٢ م ١٠٠٨٨
عدد الطوابق	بدروم + ارضي + ٤ ادور علوية متكررة
ارتفاع المبنى	٢٠,٨ م
عرض الواجهة	٤٢ م
المالك	جامعة أسيوط
وظيفة المبنى	مبنى إداري



شكل (١٦): المسقط الأفقي للدور المتكرر لجناح (د) بالمبنى الإداري (الباحثة).



شكل (١٧): الواجهة الجنوبية للمبنى (المصدر: الباحثة).

● الخلايا الشمسية المستخدمة:

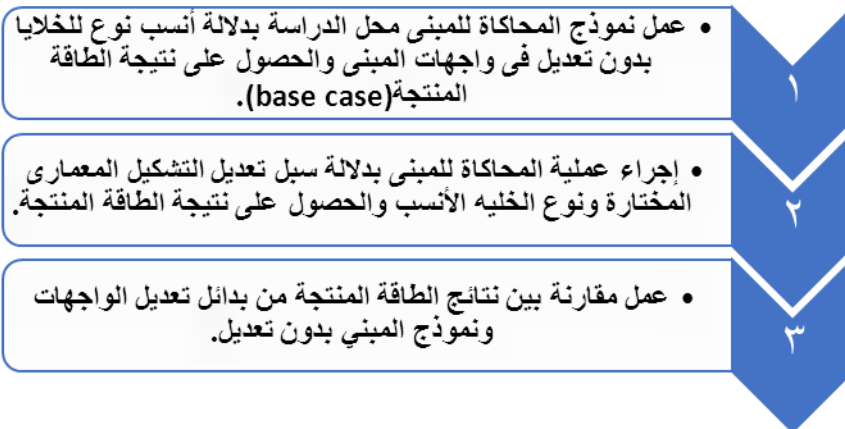
- تم المزج بين خلايا الجيل الأول والجيل الثاني وذلك لتحقيق الاستفادة القصوى من خلال دمج مميزات كلا منهما. وتم استخدام الخلايا السيليكونية أحادية التبلور Mono-crystalline من الجيل الأول حيث:
- ١- إنها الأعلى كفاءة في حالة الظروف القياسية بنسبة ١٤,٧٩٪ وفقاً لـ Oo Abdul Rosyid, 2016 وبنسبة ٢٥٪ وفقاً لـ O.Ogbomo osarumen, 2017 [١٩].
 - ٢- تأثير ارتفاع درجة الحرارة والتظليل متساوي تقريباً بين النوعين وفقاً لـ Martin Heinrich, 2020 [٢٠].
 - ٣- فترة الاسترداد والعمر الافتراضي أيضاً متساوي بين النوعين تقريباً وفقاً لـ Martin Heinrich, 2020 [٢٠].

- ٤- سعر الخلايا السيليكونية أحادية التبلور أعلى بفارق بسيط جداً وفقاً ل O.Ogbomo osarumen,2017 [١٩] فسعر الـ mono- crystalline ١,٦ دولار/ وات بينما سعر الـ Poly- crystalline ١,٤ دولار/ وات. وتم استخدام خلايا السيليكون غير المتبلور Amorphous silicon (a-si) من الجيل الثاني حيث:
 - ١- إنها الأعلى كفاءة بنسبة ٢٣,٣٪ في حالة الظروف القياسية وفقاً ل Lau, 2015.
 - ٢- تعمل بكفاءة في درجات الحرارة المرتفعة وفي حالة التظليل والاشعاع الشمسي غير المباشر على عكس خلايا copper indium gallium selenide (CIGS) وفقاً ل O.Ogbomo osarumen,2017 [19].
 - ٣- خلاياها مستقرة الأداء على عكس خلايا cadmium telluride (CdTe) التي عدم استقرار خلاياها يعد أهم العوائق امام استخدامها [٢١].
 - ٤- غير سامة مثل خلايا CdTe [19].
 - ٥- تتمتع بخاصية المرونة والشفافية [٢١].

٥. المنهجية والأدوات




















• منهجية الدراسة التطبيقية:

تم تحقيق هدف الدراسة التطبيقية عن طريق اتباع المنهجية الموضحة بالشكل (١٨). تم اختيار برنامج الـ Design builder لعمل المحاكاه واستخراج نتائج انتاجية الطاقة فهو يجمع بين النمذجة السريعة للمبنى وسهولة الاستخدام حتى في المباني المعقدة وبدون أن يكون المستخدم خبيراً في البرنامج كما انه أول برنامج للمحاكاة الحرارية شامل محرك Energy Plus الذى يضيف على النتائج المزيد من الثقة، يتمكن البرنامج من حساب استهلاك الطاقة فى المبنى، تقييم خيارات تصميم الواجهة وحساب انتقال الحرارة خلال عناصر المبنى (الحوائط، الأسقف، إلخ...) [٢٢], [٢٣]، ويتميز برنامج Design builder بالكثير من المميزات التي تؤدي الي تفوقه علي برامج المحاكاة الأخرى كما موضح بالجدول (٣) [٢٤]. تم استخدام هذا البرنامج في العديد من الدراسات؛ حيث تم نشر دراسة عام ٢٠١٩م وتهدف الى المقارنة بين أنظمة الخلايا الفوتوفولتية DSF, PV-DSF and PV-DSF/PCM لمعرفة تأثير العوامل المختلفة على أداء الأنظمة من حيث استهلاك الطاقة [٢٥]، وتم استخدام هذا البرنامج ايضا لدراسة كمية الطاقة المطلوبة في فيلا سكنية في قطر وتقديم نظام مناسب لدمج الخلايا الفوتوفولتية [٢٦]، واستخدم لمحاكاة تطبيق معالجات الأغلفة الحركية وتقييم تأثيرها على ترشيد الطاقة في المبنى [٦].



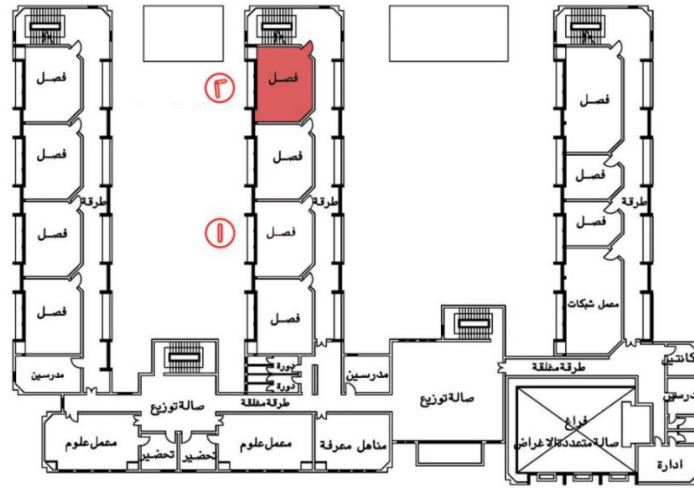
شكل (١٨): يوضح منهجية الدراسة العملية والخطوات المتبعة.

جدول (٣): مقارنة بين برامج المحاكاة = نعم =  = نوعاً ما =  =  ما
[٢٤]

Insight360	GBS	Design builder	IES-VE	المعايير	وجه المقارنة
				شجرة ادخال البيانات	السماح بالقيم الافتراضية لتسهيل ادخال البيانات
				مكتبة الخصائص الإنشائية	
				مكتبة لنظم التدفئة، التهوية والتكييف HVAC	
				مجال القيم الافتراضية	
				خيارات الإدخال السهلة	
				تكيف الأدوات مع جميع مراحل التصميم	مرونة تخزين البيانات وقابلية التخصيص للمستخدم
				تكيف الأدوات مع المستخدمين المختلفين	
					سهولة مراجعة المدخلات
					سهولة تعديل المدخلات
					التحكم في جودة محاكاة المدخلات
				انتاج تقارير مقارنة للبدائل المختلفة	تحسين جودة المباني
				انتاج تقارير/خيارات التحسين	

- معايرة البرنامج:

تم عمل معايرة للبرنامج للتأكد من دقة نتائجه، بالاستعانة ببيانات فعلية لدراسة سابقة، تم فيها قياس درجات الحرارة الداخلية لاثنتين من الفصول الدراسية (الفصلين رقم ٢،١)، خلال ساعات الإشغال (٨ صباحاً وحتى ١ مساءً)، على مدار يومين مختلفين (٢٨ و ٢٩ سبتمبر)، بالعام الدراسي ٢٠١٤-٢٠١٥م [٢٧]. وسيتم عمل المعايرة لفصل رقم (٢) في اليوم (٢٩ سبتمبر) ويقع الفصل بالجناح الأوسط في الطابق الأول، كما يوضح الشكل رقم (١٩).



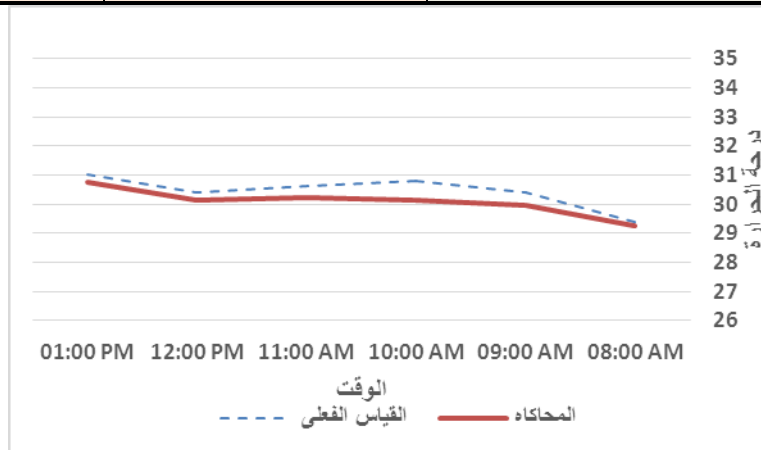
الشكل رقم (١٩). المسقط الأفقي للدور الأول لمبنى المدرسة موضحاً عليه موقع (الفصل رقم ٢) الذي تم به المعايرة [٢٧].

- المقارنة بين درجات الحرارة المقاسة والنتيجة من المحاكاة:

أجريت محاكاة لدرجات الحرارة خلال نفس التوقيت، للمقارنة بين درجات الحرارة الفعلية المقاسة والدرجات الناتجة باستخدام المحاكاة وقورنت درجات الحرارة المقاسة والمستنتجة باستخدام المحاكاة، كما يوضح الشكل رقم (٢٠)، وقد تراوحت نسبة الخطأ ما بين 0.510 % (في الساعة الثامنة صباحاً) 2.208 % (في الساعة العاشرة صباحاً) كما هو موضح بالجدول رقم (٤).

جدول (٤): المقارنة بين درجات الحرارة في القياس الفعلي والمحاكاة على مدار اليوم ونسبة الخطأ بينهما (الباحث).

الوقت	القياس الفعلي	المحاكاة	نسبة الخطأ %
٨ ص	29.4	29.25	0.510
٩ ص	30.4	29.95	1.480
١٠ ص	30.8	30.12	2.208
١١ ص	30.6	30.21	1.275
١٢ ص	30.4	30.13	0.888
١٣ ص	31	30.75	0.806



الشكل رقم (٢٠):مقارنة بين درجات الحرارة المقاسة والنتيجة باستخدام المحاكاة. (المصدر: الباحث)

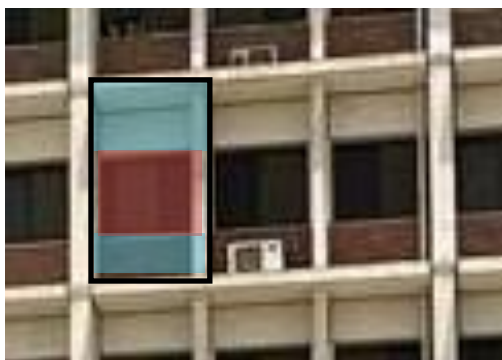
يعد الاختلاف في درجة الحرارة بين الدرجات المقاسة والمستنتجة باستخدام المحاكاة مقبولاً إذا كان في حدود ٥٪ [٢٨] وعلى ذلك نستنتج أن نموذج المحاكاة قادر على محاكاة ظروف التشغيل التقريبية والواقع الفعلي للمبنى عينة الدراسة. تم حساب قيمة جذر متوسط تربيع الخطأ بالبرنامج وكانت قيمته تساوي ٤٣,٥، وهذه القيم أقل من ٣,٢ وهو الحد المقبول لقيمة جذر الخطأ التريبيعي المتوسط.

• تحليل إنتاجية الطاقة من الخلايا الشمسية قبل تعديل الواجهة (base case):

واجهة المبنى مقسمة إلى ٧ باكيات كل باكية بعرض ٦ م والباكية الواحدة مقسمة ل ٣ أجزاء تتخللها أعمدة بعرض ٢ م للجزء الواحد، تم وضع أمام كل جزء وحدة مستطيلة الشكل - موضح بالجدول رقم (٥) ابعاد الوحدة المستخدمة - ومكونة من نوعين من الخلايا الشمسية:

- Mono-crystalline طراز (JKM530M-72HL4) [29]

- Amorphous-silicon طراز (NA-F121GK) [٣٠] كما هو موضح بالشكل (٢١) ويوضح الجدول (٦) خصائص كل من النوعين.



الشكل (٢١): وحدة الخلايا الفوتوفولتية المستخدمة بالواجهة (المصدر: الباحث)

جدول (٥) يوضح أبعاد الوحدة المستخدمة في الواجهة

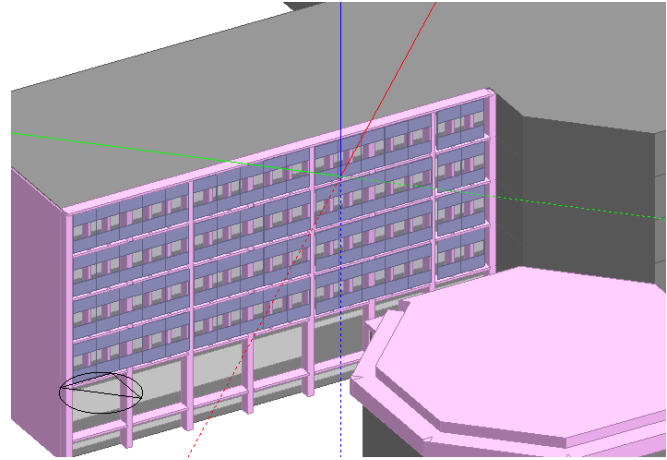
العرض	٢ متر
الارتفاع	١٧ متر (الدور الأول، الثاني، الثالث، الرابع)
إجمالي عدد الوحدات	٢١ * ٤ = ٨٤ وحدة
إجمالي مساحة الوحدات	٢١ * (١٧ * ٢) = ٧١٤ م ^٢

جدول (٦) يوضح خصائص الخلايا الفوتوفولتية المستخدمة [٢٩, ٣٠]

الخلية	(JKM530M- Mono-crystalline 72HL4)	Amorphous- silicon (NA-F121GK)
الكفاءة	٢٠,٥٥٪	٨,٥٪
الابعاد	35×1134×2274 مم	46×1009×1409 مم
الوزن	٢٨,٩ كج	١٨ كج
الزجاج الأمامي	3.2mm, anti-reflection coating, high-transmission, low iron, tempered glass	Annealed glass, EVA plastic and weather- protection foil
الإطار	Anodized aluminum alloy	Anodized aluminum alloy

- نتائج المحاكاة للموضع الأساسي (base case):

تم استخدام برنامج Design builder لاستخراج نتائج محاكاة الطاقة كما هو موضح بالشكل (٢٢،٢٣).



شكل (٢٢): صورة من البرنامج توضح المبنى بعد تطبيق الخلايا على الواجهة بدون تعديل (base case).

Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	25.746	0.54
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	-1.29	-0.0
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	24.458	0.52
Electricity Coming From Utility	4718.852	99.83
Surplus Electricity Going To Utility	16.409	0.35
Net Electricity From Utility	4702.443	99.48
Total On-Site and Utility Electric Sources	4726.902	100.00
Total Electricity End Uses	4726.902	100.00

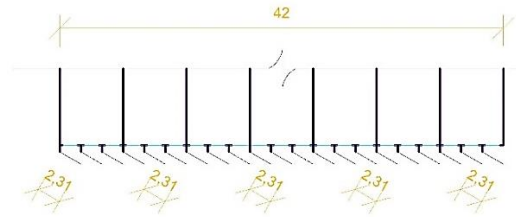
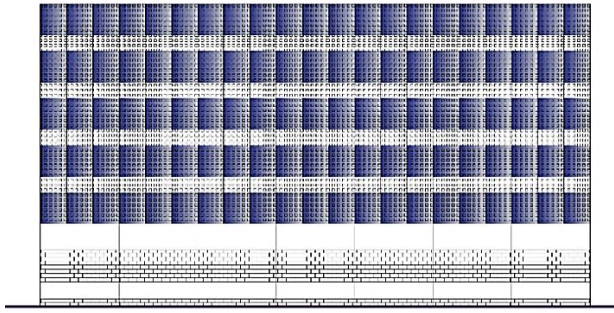
شكل (٢٣): صورة من البرنامج توضح إنتاجية الخلايا بدون تعديل الواجهة (base case).

• تحليل إنتاجية الطاقة بالخلايا الفوتوفولتية بعد تعديل الواجهة الجنوبية للمبنى: ١- البديل الأول:

إضافة ٢١ وحدة عبارة عن كاسرات شمسية رأسية بعرض ٢,٣١ م وبزاوية ميل ٣٠ درجة كما هو موضح بالشكل (٢٤) وتتكون المظلة الواحدة من نوعين الخلايا الشمسية السابق ذكرها (mono- crystalline, amorphous- silicon) بحيث تقابل خلايا ال amorphous الشفافة نوافذ المبنى كما هو موضح بالشكل (٢٥) فيتحقق أكبر منفعة من مساحة الواجهة مع عدم التأثير على الرؤية مع مراعاة ان يحقق التعديل زيادة فى مساحة تطبيق الخلايا الشمسية عن مساحتها بدون تعديل كما هو موضح بالجدول (٧).

جدول (٧): يوضح أبعاد الوحدة المستخدمة لتعديل الواجهة

العرض	٢,٣١ متر
الارتفاع	١٧ متر (الدور الأول، الثانى، الثالث، الرابع)
إجمالي عدد الوحدات	$٢١ * ٤ = ٨٤$ وحدة
إجمالي مساحة الوحدات	$(٢,٣١ * ١٧) * ٢١ = ٨٢٤,٧$ م ^٢
إجمالي مساحة الواجهة بدون تعديل	$١٧ * ٤٢ = ٧١٤$ م ^٢

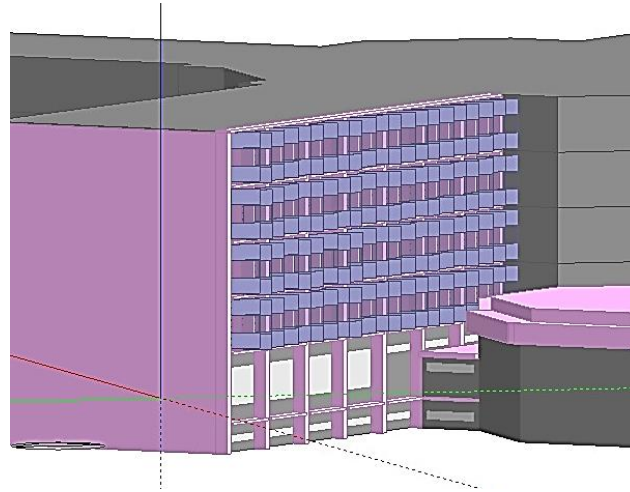


شكل (٢٤): المسقط الأفقي للكاسرات الرأسية المستخدمة في البديل رقم (١).
شكل (٢٥): الواجهة الجنوبية بعد تطبيق الكاسرات الرأسية المستخدمة في البديل رقم (١).

• نتائج المحاكاة للبديل رقم ١:

تم استخدام برنامج Design builder لإستخراج نتائج محاكاة الطاقة كما هو موضح بالشكل (٢٦، ٢٧).

شكل (٢٦): صورة من البرنامج توضح المبنى بعد تطبيق الخلايا الشمسية على الواجهة طبقا للبديل رقم (١).



Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	14.634	0.31
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	-0.73	-0.0
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	13.902	0.29
Electricity Coming From Utility	4722.963	99.92
Surplus Electricity Going To Utility	9.964	0.21
Net Electricity From Utility	4713.000	99.71
Total On-Site and Utility Electric Sources	4726.902	100.00
Total Electricity End Uses	4726.902	100.00

شكل (٢٧): صورة من البرنامج توضح إنتاجية الخلايا الشمسية بعد تعديل الواجهة في البديل رقم (١).

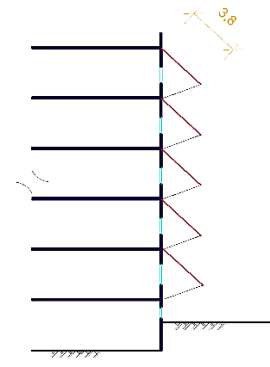
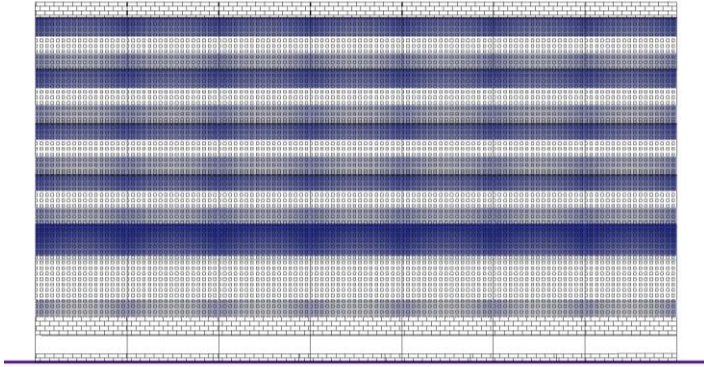
٢- البديل الثاني:

البديل عبارة عن واجهة متدرجة أفقية كما هو موضح بالشكل (٢٨) ، توضع الخلايا الفوتوفولتية على ٧ وحدات عبارة عن مظلات أفقية في كل دور بعرض ٦ م وبزاوية ميل ٤٥ درجة كما هو موضح بالجدول (٨) وتتكون المظلة الواحدة من نوعين الخلايا الشمسية السابق ذكرها (mono- crystalline, amorphous- silicon) وهو موضح بالشكل (٢٩).

• تفاصيل الوحدة:

جدول (٨) يوضح أبعاد الوحدة المستخدمة لتعديل الواجهة

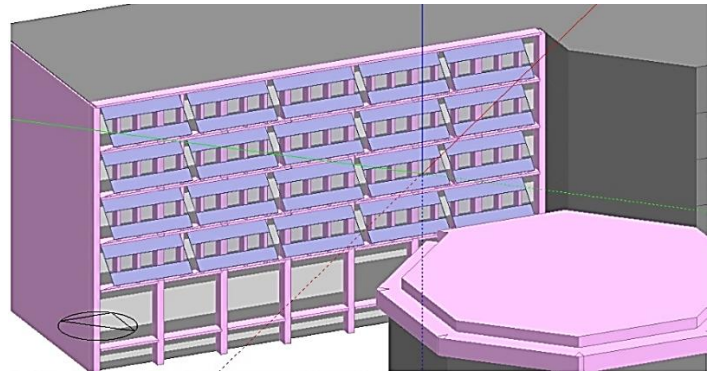
العرض	٦ متر
الارتفاع لكل وحدة	٣,٨ متر
إجمالي عدد الوحدات	$٣٥ = ٥ * ٧$ وحدة
إجمالي مساحة الوحدات	$٧٩٨ = ٣٥ * (٦ * ٣,٨)$ م ^٢
إجمالي مساحة الواجهة بدون تعديل	$٧١٤ = ١٤,٣ * ٤٢$ م ^٢



شكل (٢٨): قطاع للواجهة الجنوبية بعد تطبيق الواجهة المتدرجة الأفقية فى البديل رقم (٢).
شكل (٢٩): الواجهة الجنوبية بعد تطبيق الواجهة المتدرجة الأفقية فى البديل رقم (٢).

• نتائج المحاكاة:

تم استخدام برنامج Design builder لإستخراج نتائج محاكاة الطاقة كما هو موضح بالشكل (٣٠،٣١).



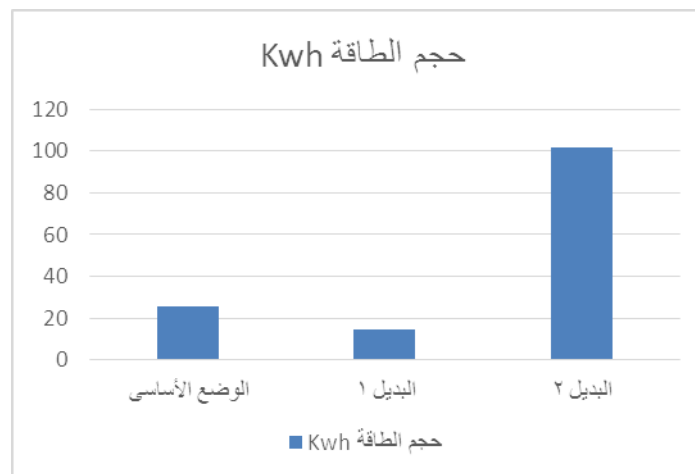
شكل (٣٠): صورة من البرنامج توضح المبنى بعد تطبيق الخلايا الشمسية على الواجهة طبقا للبديل رقم (٢).

Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	
High Temperature Geothermal*	0.000	
Photovoltaic Power	102.079	
Wind Power	0.000	
Power Conversion	-5.10	
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	
Total On-Site Electric Sources	96.975	
Electricity Coming From Utility	0.000	
Surplus Electricity Going To Utility	96.975	
Net Electricity From Utility	-96.98	
Total On-Site and Utility Electric Sources	0.000	
Total Electricity End Uses	0.000	

شكل (٣١): صورة من البرنامج توضح إنتاجية الخلايا الشمسية بعد تطبيق البديل رقم (٢).

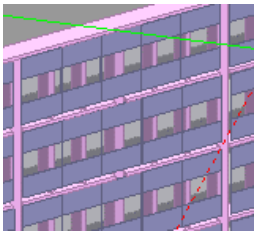
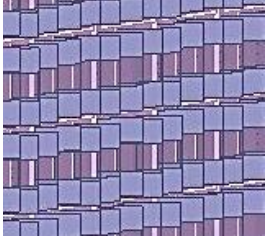
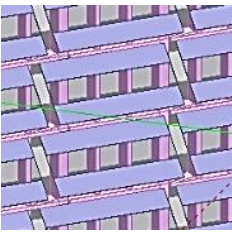
وفيما يلي يوضح الشكل (٣٢) مقارنة بين الوضع الأساسي والبديل من حيث الطاقة المنتجة يتضح فيها أن البديل (٢) هو الأعلى في إنتاجية الطاقة.



شكل (٣٢): مقارنة بين الوضع الأساسي والبديل من حيث الطاقة المنتجة.

٦. النتائج

من الدراسة السابقة تم الوصول الى مجموعة من النتائج التي تؤكد أنه يمكن بواسطة تعديل واجهات المباني الإدارية زيادة مساحة الواجهة وبالتالي زيادة المسطح المخصص لإستيعاب الخلايا الفوتوفولتية بهدف تحسين إنتاجية الخلايا الفوتوفولتية من الطاقة ، وكانت نتائج تطبيق البدائل المختلفة علي الواجهات لزيادة استيعابها للخلايا الشمسية كما يلي:
الوضع الأساسي (Base case) البديل الأول (الكاسرات الشمسية الرأسية) البديل الثاني (الواجهة المتدرجة الأفقية).

الوضع	الوضع الأساسي (Base case)	البديل الأول (الكاسرات الشمسية الرأسية)	البديل الثاني (الواجهة المتدرجة الأفقية)
المساحة المخصصة لاستيعاب الخلايا الفوتوفولتية	٧١٤ م ^٢	٨٢٤,٧ م ^٢	٧٩٨ م ^٢
كمية الطاقة المنتجة	٢٥,٧ كيلووات/ساعة	١٤,٦ كيلووات/ساعة	١٠,٢ كيلووات/ساعة
رسم توضيحي			

- حقق البديل الأول باستخدام الكاسرات الشمسية الرأسية أقل إنتاجية للطاقة (أقل من الوضع الأساسي. (Base case)
- حقق البديل الثاني باستخدام الكاسرات الشمسية الأفقية المتدرجة أعلى إنتاجية للطاقة (أعلى من الوضع الأساسي (Base case).
- وبالتالي في المناخ محل الدراسة (محافظة أسبوط) تحقق الخلايا الفوتوفولتية في الواجهات الجنوبية الغربية أعلى إنتاجية للطاقة في الوضع الأفقي وأقلها في الوضع الرأسي .
- زيادة المساحة كعامل لزيادة إنتاجية الطاقة وحدة لا يكفي بل يؤثر وضعية الخلايا واتجاهها على كمية الطاقة المنتجة.

٧. الخلاصة

- تطبيق الخلايا الفوتوفولتية بالشكل المناسب على واجهات المباني عامل مهم في إمداد المباني بالطاقة المطلوبة حيث أن أسطح المباني وحدها لا تكفي استهلاك المباني الإدارية من الطاقة.
- لا يمكن تحسين إنتاجية الخلايا الفوتوفولتية من الطاقة بواسطة أي تعديل عشوائي في الواجهات حيث وجد أن بعض البدائل نتائجها في إنتاجية الطاقة كانت أقل من إنتاجية الخلايا الفوتوفولتية في الوضع الأساسي. (base case)
- يمكن تطبيق الخلايا الفوتوفولتية والحصول على أعلى النتائج بدون الإخلال بوظيفة الواجهات والنوافذ من الإضاءة أو التهوية.
- عند دمج الخلايا الفوتوفولتية بالمباني يجب مراعاة العديد من العوامل المناخية والتصميمية والميكانيكية والكهربائية والبيئية واعتبارات الموقع واعتبارات خاصة بالصيانة وذلك لتحقيق أعلى كفاءة للأداء البيئي للمبنى.

المراجع

١. الوزير, م.ع.ا.ا., حسن محمد, عزام هدى, دور الواجهات في تحقيق الراحة الحرارية داخل المباني الإدارية في مصر. جامعة الإسكندرية، الإسكندرية، مصر، ٢٠١١م.
٢. Khashaba, S. and M.M. Afify, *The development of office buildings design in Cairo and its influence on the external envelope based on a longitudinal analysis*. 2018.
٣. مكي, ا. رفيق سالم, آليات تطبيق متطلبات العمارة الذكية على المباني الإدارية (مبنى هيئة التقاعد الفلسطينية - حالة دراسية). غزة، فلسطين: الجامعة الإسلامية - غزة, ٢٠١٧م.
٤. فليفل, ع.س.م., الخلايا الكهروضوئية المتكاملة مع غلاف المبنى وأثرها على التصميم المعماري للمباني العامة (مباني المدارس في قطاع غزة كحالة دراسية). غزة، فلسطين : الجامعة الإسلامية بغزة, ٢٠١٧م. : p. 26-25.
٥. Basarir, B., B.S. Dirir, and C. Dirir, *Energy efficient retrofit methods at the building envelopes of the school buildings*. Retrieved, 2012. **10**(12): p. 2016.

٦. يمني منير محمد, ب.ا.ب., ايهاب محمد, دراسة التحكم البيئي للمبنى باستخدام الأنظمة الحركية في الغلاف الخارجي. رسالة ماجستير, قسم العمارة, كلية الهندسة, جامعة القاهرة, مصر, ٢٠١٦م.
٧. فريوان, و., دمج منظومات الخلايا الشمسية مع الغلاف الخارجي للمباني السكنية وأثره في ترشيد استهلاك الطاقة وحماية المبنى من اشعة الشمس "مدينة سبها نموذجاً". المؤتمر الدولي الرابع لكلية الاقتصاد والتجارة, ٢٠٢٠م.
٨. Yang, S., et al. *Numerical simulation study of BIPV/T double-skin facade for various climate zones in Australia: effects on indoor thermal comfort*. in *Building Simulation*. 2019. Springer.
٩. Basnet, A., *Architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into buildings* Trondheim, USA: Norwegian University of Science and Technology, 2012: p. 25.
١٠. Attoye, D.E., Aoul, K. A., & Hassan, A. , *A Review on Building Integrated Photovoltaic Façade Customization Potentials*. Sustainability, 2017. **9 (12)**, 1-24: p. 1-2.
١١. Heinstejn, P., Ballif, C., & Perret-Aebi, L.-E., *Building Integrated Photovoltaics (BIPV): Review, Potentials, Barriers and Myths*. Green, 2013. **3 (2)**, 125- 156: p. 140.
١٢. Rahman, M., Islam, A., Karim, Z., & Ronee, A. H., *Effects of Natural Dust on the Performance of PV Panels in Bangladesh*. I.J.Modern Education and Computer Science, 2012. **10**, 26-32: p. 26.
١٣. عبدالهادي, م.ع., نحو تشكيل معماري مستدام باستخدام الخلايا الكهروضوئية. المنصورة, مصر: جامعة المنصورة, ٢٠١٢م: p. 84.
١٤. الخطيب, م.ي., دور الخلايا الشمسية في توفير الطاقة والتشكيل المعماري للمباني السكنية في قطاع غزة. غزة, فلسطين: الجامعة الإسلامية غزة, ٢٠١٥م: p. 69-70.
١٥. حسين, ف.ا., تكنولوجيا الطاقة الشمسية وأثرها في التكوين الشكلي للمبنى. ٢٠١٧م: p. 10.
١٦. Renken, C., *Strategies to increase the deployment of PV in façades*. Collombey, Switzerland: CR Energie Sar,, 2017: p. 40.
١٧. الشميري, ر.م.ع., تأثير الظروف المناخية على التجمعات السكنية بالمدن الصحراوية بصعيد مصر (مدينة أسيوط الجديدة كمثال تطبيقي). رسالة ماجستير, قسم العمارة, كلية الهندسة, جامعة أسيوط, ٢٠٠٦م: p. 112.
١٨. Habib, T.G., *Trains of Urban Development in Egypt, Update Evaluation for the Experience of New Urban Communities*. Ph.D Dissertation, Dept. of Arch., Faculty of Engineering, Assiut University, Assiut, 2000.
١٩. Ogbomo, O.O., Amalu, E. H., Ekere, N. N., & Olagbegi, P. O., *A review of photovoltaic module technologies for increased performance in tropical climate*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. **1225-1238**: p. 75.
٢٠. Heinrich, M., Kuhn, T., Dimroth, F., Wurfel, U., A, *Comparison of different solar cell technologies for integrated photovoltaics*. Presented at the 37th European PV solar energy conference and exhibition., 2020.
٢١. يحيى, ا.ح., دور الخلايا الشمسية في توفير الطاقة والتشكيل المعماري للمباني السكنية في قطاع غزة. غزة, فلسطين: الجامعة الإسلامية غزة, ٢٠١٥م: p. 42.
٢٢. Anber, M., Eldars, M., Rached, E., & Algendy, A., *Applying Energy Efficiency Systems to Buildings in Egypt*. Ph.D degree, Faculty of Engineering, Al-Azhar University, Cairo, 2017: p. 54.
٢٣. Pawar, B.S., & Kanade, G. N, *Energy optimization of building using design builder software*. International Journal of new Technology of and Research, 2018. **4(1)**, 263152.
٢٤. Baamer, A.S., K. Bruton, and D. O'Sullivan, *A Comparative Analysis of Energy Simulation Tools for Architectural Research: A Case Study of a Typical House in Saudi Arabia*.

- .٢٥ Ziasistani, N. and F. Fazelpour, *Comparative study of DSF, PV-DSF and PV-DSF/PCM building energy performance considering multiple parameters*. Solar Energy, 20 :١٨٧ .١٩p. 115-128.
- .٢٦ Al Huneidi, D.I., F. Tahir, and S.G. Al-Ghamdi, *Energy modeling and photovoltaics integration as a mitigation measure for climate change impacts on energy demand*. Energy Reports, 2022. 8: p. 166-171.
- .٢٧ السميع, أ.م.ع., المدارس بالمدن العربية مدخلاً للتنمية المستدامة (المدارس صفرية الطاقة نموذجاً). ندوة مستقبل التنمية العمرانية في منطقة الجوف (الفرص والتحديات) - Symposium on Future of Urban Development in Al-Jouf - Province Opportunities and Challenges م ٢٠٢٠. الجوف، المملكة العربية السعودية: جامعة الجوف: -261 p. 284
- .٢٨ Rahman, M., rasul,M.G. Khan, M.M.K., *Energy Conservation Measures in an Institutional Building by Dynanic Simulation Using DesignBuilder*. Conf. on Energy & Environment, University of Cambridge, UK., 2008.
- .٢٩ www.jinkosolar.com.
- .٣٠ www.sharpthai.co.th.

Methods of retrofit office Buildings' envelopes in Egypt to integrate photovoltaic cells and its effect on energy production

Abstract:

The architectural formation of the building envelope contributes to determining energy efficiency. The orientation of the openings, their shapes, their relationship with other elements, and the techniques used in their formation influence energy consumption rates and determine their environmental performance. It was found that most of administrative buildings' envelopes lead to an increase in the level of solar radiation penetrating inside, high temperatures in summer and losing it in winter in a way that leads to an increase in the loads related to cooling operations, especially in areas with hot climates. As the administrative buildings are one of the largest sectors using energy, as they are completely dependent on artificial lighting sources and air conditioning. **Hence there is a need to** modify the envelopes of existing administrative buildings with the integration of energy-producing technologies (PV- photovoltaic cells under study) with building envelopes to increase the amount of energy produced from PVs and achieve the lowest possible energy consumption. This study was applied to an administrative building in Assiut Governorate. The research **aims to** study the effect of facades retrofitting on the photovoltaic cells' energy production. the energy production of photovoltaic cells on the building was simulated without façade modification (Base case), then adding modifications to façade, evaluating the energy production of every model, compare between the (Base case) and the alternatives. **Our study indicates** that increasing PV façade's area only isn't sufficient to increase energy production, but we must consider the position and orientation of the cells also. the highest energy production of the photovoltaic cells in the horizontal position in compare with vertical position. The second alternative (the gradient horizontal interface) achieved the highest energy production (102 kw/h) compared to the rest of the alternatives and the base case (25.7kw/h).

Keywords: Retrofitting, Improvement, Office Building, Photovoltaic Cells, Envelope, Design builder.