مجلة جامعة الملك عبد العزيز: علوم تصاميم البيئة، م ١٦، ص ص: ٦١-٨٢ (٢٠٢٥م)
DOI: 10.4197 / Env.16-3

العزوف عن استخدام تقنيات الطاقة الكهروضوئية في المباني السكنية في المملكة العربية السعودية: الأسباب والتحديات

رعد بن محمد الجفري[١]، و محمد بن سعيد العيسان الغامدي[٢]

[١] باحث دكتوراه، و[٢] عضو هيئة تدريس، قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية

445107673@student.ksu.edu.sa

المستخلص. تتناول هذه الورقة دراسة ظاهرة العزوف عن استخدام الطاقة الكهروضوئية في القطاع السكني بمدينة جدة كحالة دراسية تمثل أيضًا مدن المملكة العربية السعودية، حيث تناقش أسباب هذا العزوف عن الملاك وماهية التحديات التي تواجههم، وكيف يكون في المستقبل القطاع السكني في مدينة جدة. مرت الدراسة بمرحلتين متوازنتين؛ المرحلة الأولى استطلع منها الباحث أبرز التطورات التي وصلت إليها الطاقة الكهروضوئية في القطاع السكني من ناحية مكونات النظام وتكاليفه وكفاءة الأداء والوقوف على التجارب المماثلة في كل من الأردن وماليزيا. المرحلة الثانية توجه الباحث إلى قطاع موردين نظام الطاقة الكهروضوئية في السوق السعودية، وأجرى معهم لقاءات مركزة للتأكد من عزوف القطاع السكني عن استخدام الطاقة الكهروضوئية وتشخيص الأسباب والتحديات. المرحلة الثالثة قام الباحث بتصميم استبانة وفقا لما تم الوصول إليه في المرحلتين الأولى والثانية، وتم اختيار حي النسيم كعينة دراسية تمثل أحياء جدة الحديثة. وتوصل الباحث إلى أن أهم مبررات وتحديات عينة الدراسة في عدم استخدام ألواح كهروضوئية/ألواح الطاقة الشمسية في القطاع السكني بمدينة جدة، تمثلت في أن ألواح الطاقة الكهروضوئية (الطاقة الشمسية) ذات فاعلية متدنية في إنتاج الطاقة الكهربائية، وعدم وجود دعم مادي أو حوافز تشجيعية على الاستثمار في تركيب ألواح الطاقة الشمسية لإنتاج احتياجات السكان من الكهرباء، وأن ألواح الطاقة الكهروضوئية (الطاقة الشمسية) لا توفر احتياجات السكان من الطاقة الكهربائية. وأوصت الدراسة بتقديم حملات توعية فعالة حول فوائد واستدامة استخدام تقنيات الطاقة الكهروضوئية لتشجيع السكان على اتخاذ قرارات مستدامة، ودعم وتحفيز أصحاب العقارات والمطورين من خلال تقديم الحوافز المالية والضريبية لتنفيذ مشاريع تركيب الأنظمة الكهروضوئية في المباني.

كلمات مفتاحية: الطاقة الكهروضوئية، المملكة العربية السعودية، جدة، المباني السكنية، الطاقة التقليدية.

١. المقدمة

شهدت المملكة العربية السعودية توسعًا عمرانيا كبيرا فعلي سبيل المثال مدينة جدة زاد فيها التوسع العمراي بنسبة تزيد عن ٤٠٠٪ منذ عام ١٩٧٠ وحتى عام ٢٠٢٣، من ١٩٠ هكتارا إلى ٢٢٥٥٥ هكتارا بمعدل زيادة سنوية ١٣٪ (دياب، ٢٠٢٣)، حيث يبين ذلك زيادة عدد السكان في المدينة ليصل إلى ٣,٧٥١,٧٠٠ في عام ٢٠٢٢ (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٢).

ويمثل قطاع البناء في مدينة جدة ما لا يقل عن ٨٠٪ من إجمالي استهلاك الكهرباء (بينار، ٢٠١٨). وبالتالي، فإن كل تعديل في التصميم يعمل على تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المبنى ويتبع ذلك مزايا اقتصادية واجتماعية وبيئية كبيرة يعود نفعها على المدينة وعلى سكانها.

لذلك قامت الجهات المسؤولة بإصدار تشريعات وقوانين للحد من الاستهلاك الجائر للطاقة، وتتمثل هذه القوانين في الالتزام ببعض الخطوات ومن أهمها تقليل صرف المنشآت مثل المنازل والمكاتب وغيرها ورفع مواصفات الأجهزة الكهربائية بهدف ترشيد استهلاك الكهرباء، لكن الملاحظ أن المباني السكنية في مدينة جدة خالية من ألواح الطاقة الكهروضوئية، وهو أمر يدفع للبحث عن الأسباب والتحديات التي تواجه السوق والمواطنين.

المشكلة البحثية

يمثل القطاع السكاني في المملكة العربية السعودية عبئًا على خدمات تزويد الكهرباء نتيجة توسع المملكة وزيادة تعداد سكانها. لكن القطاع السكني يشهد عزوف عن استخدام الطاقة الكهروضوئية بالرغم من توفر هذه التقنية بالأسواق المحلية وبأسعار مماثلة للأسواق العالمية، فأين يكمن الخلل؟

أهداف البحث

١. تفسير ظاهرة عزوف القطاع السكني في المملكة العربية السعودية عن استخدام ألواح الطاقة الكهروضوئية.

٢. توضيح جدوى الاستثمار في استخدام القطاع السكني لألواح الطاقة الكهروضوئية.

أسئلة البحث

١. ماهي الأسباب التي أدت الى أحجام القطاع السكني عن استخدام الطاقة الكهروضوئية بالرغم من توافر هذه التقنيات في الأسواق وكفاءتها في ترشيد استهلاك الطاقة؟

٢. ما هي التحديات التي تمنع القطاع السكني عن استخدام تقنيات الطاقة الكهروضوئية؟

فرضية البحث

استخدام الطاقة الكهروضوئية في القطاع السكني بمدينة جدة مجدٍ وفعال في ترشيد استهلاك الكهرباء.

أهمية البحث

- تساعد نتائج البحث القطاع التجاري (بيع التقنيات المستدامة) على الوقوف على أسباب عدم انتشار استخدام ألواح الطاقة الكهروضوئية في القطاع السكني.
- تساعد نتائج البحث صناع القرار وواضعي سياسات ترشيد الطاقة الكهربائية في فهم أفضل لعوامل النجاح والتحديات التي تواجه اعتماد تقنيات الطاقة الكهروضوئية في مجالات البنية التحتية السكنية.

٢. الإطار النظري والدراسات السابقة

مكونات النظام الكهروضوئي في القطاع السكني

يتألف النظام الكهروضوئي من عدة مكونات أساسية لتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء. ويتكون النظام من العناصر التالية:

١- **الألواح الكهروضوئية** (ألواح الخلايا الشمسية): تعتبر هذه الألواح الشمسية المكون الرئيسي والذي يتم تثبيته عادة على الأسطح. تحتوي الألواح على خلايا شمسية تقوم بتحويل ضوء الشمس إلى تيار كهربائي مستمر. تتألف الألواح الضوئية من خلايا شمسية صغيرة تُعرف أيضًا بالخلايا الفوتوفولطية. هذه الخلايا تحتوي عادة على شرائح رقيقة من السيليكون أو مواد أخرى تستجيب للضوء وتحوله إلى تيار كهربائي. توجد عدة أنواع من الخلايا الشمسية، مثل الخلايا الشمسية بالسيليكون المحوري والخلايا الرقيقة وخلايا الطاقة الشمسية العضوية. تختلف هذه الأنواع في كفاءتها وتكلفتها. تعتبر كفاءة الألواح الشمسية مؤشرًا على قدرتها على تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء. يتراوح متوسط كفاءتها بين ١٥٪ و٢٥٪، حيث تتقدم التقنيات لتحسين هذا الأداء.

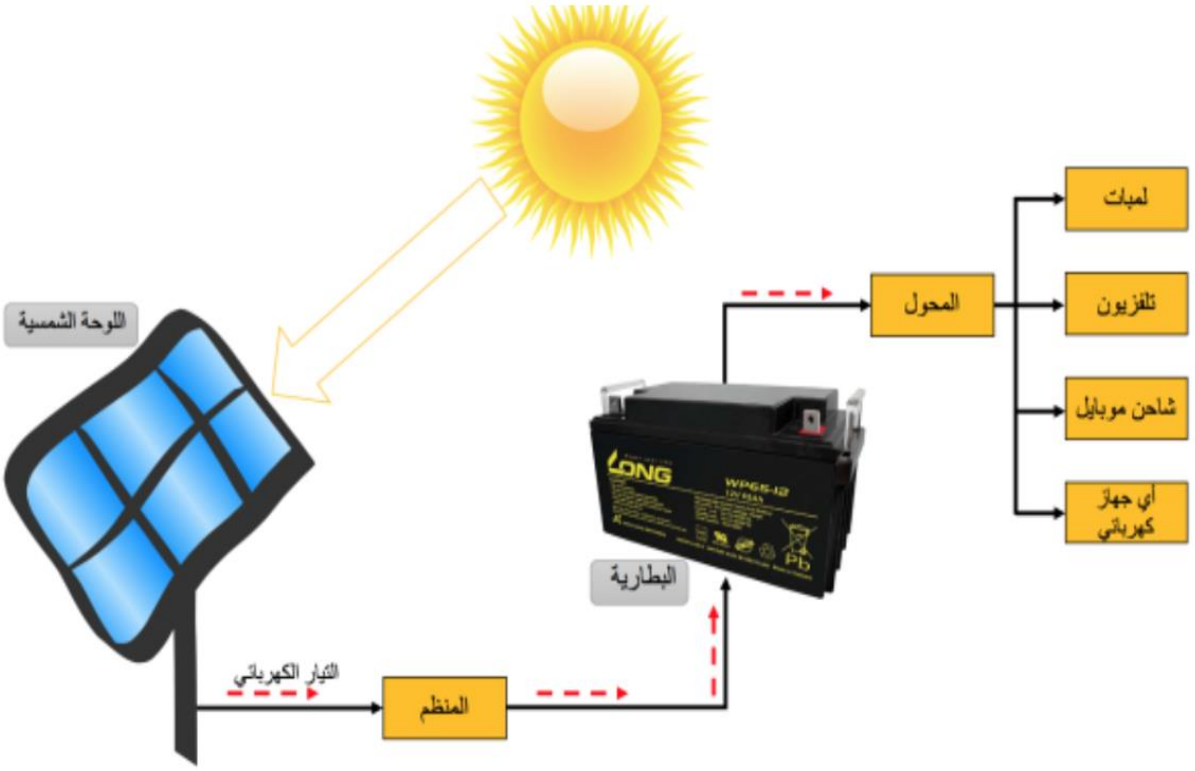
٢- **العواكس:** يقوم بتحويل التيار المستمر الذي تولده الألواح الشمسية إلى تيار متناوب، الذي يستخدم في معظم المنازل والأجهزة الكهربائية.

هو مكون أساسي في النظام الكهروضوئي، ودوره أساسي في تحويل التيار المستمر الذي يولده الألواح الضوئية إلى تيار متناوب. يقوم العاكس بضبط جهد التيار المتناوب وتردده ليكون متوافقًا مع الشبكة الكهربائية أو احتياجات المستخدم. يتضمن العاكس نظامًا لرصد أداء النظام الكهروضوئي، ويمكن أن يتحكم في عملية التشغيل والإيقاف بناءً على الظروف البيئية والاحتياجات.

٣- **الهيكل التركيبي:** يتكون من الأنظمة الميكانيكية والأطُرَاف التي تدعم وتثبت الألواح الشمسية على الأسطح، سواء كانت أسطح المنازل أو هياكل مستقلة.

٤- **نظام التتبع:** في بعض الأحيان يتم استخدام أنظمة التتبع لتوجيه الألواح نحو الشمس بشكل مباشر، مما يزيد من كفاءة جمع الطاقة.

٥- **بطاريات التخزين:** تستخدم في بعض الحالات لتخزين الطاقة الزائدة التي يتم توليدها خلال فترات الشمس القوية للاستفادة منها في الفترات التي يكون فيها الإشعاع أقل. تشكل جزءًا هامًا في النظام الكهروضوئي، حيث تسمح بتخزين الطاقة الكهربائية التي يتم توليدها من الألواح الشمسية. خلال الفترات التي يكون فيها إشعاع الشمس قويًا وتوليد الكهرباء أكبر من الاستهلاك، تقوم بطاريات التخزين بتخزين الفائض من الطاقة للاستفادة منه في وقت لاحق. بفضل بطاريات التخزين، يمكن للنظام الكهروضوئي أن يحافظ على توفير الطاقة حتى خلال الليالي أو الفترات التي يكون فيها الإشعاع الشمسي ضعيفًا. يمكن أن تساعد بطاريات التخزين في تحقيق توازن بين إنتاج الكهرباء واستهلاكها، مما يقلل من الاعتماد على الشبكة العامة (Zhang, 2011).



شكل ١. مكونات نظام الطاقة الكهروضوئية في الوحدات السكنية (Alhaj، ٢٠١٧).

عوامل تمميز النظام الكهروضوئي الأنظمة الشمسية الأخري

١- الاستدامة والنظافة البيئية

يعتبر النظام الكهروضوئي خيارًا مستدامًا بسبب اعتماده على مصدر الطاقة الشمسية المتجددة وغير الملوثة. بفضل تحويل الضوء الشمسي مباشرة إلى كهرباء، فإنه لا ينتج عنه انبعاثات كربونية أو تلوث بيئي، مما يقلل من تأثيرات تغير المناخ ويحسن جودة الهواء.

٢- طاقة مستقلة

بالاعتماد على الطاقة الشمسية، يتمتع النظام الكهروضوئي بالقدرة على توليد الكهرباء بشكل مستقل عن الشبكة الكهربائية العامة، مما يعني أن المنازل المجهزة بهذا النظام يمكنها الحصول على الطاقة حتى في حالات انقطاع التيار.

٣- التكاليف والاستثمار الطويل المدى

على الرغم من التكاليف الأولية العالية لتثبيت النظام الكهروضوئي، إلا أن الاستثمار يمكن أن يكون مجديًا على المدى الطويل. بفضل توفير الطاقة وتقليل فواتير الكهرباء، يمكن للمستخدمين تحقيق عائد على استثمارهم على المدى البعيد.

٤- المرونة والتوسع

يوفر النظام الكهروضوئي مرونة كبيرة للمستخدمين، حيث يمكنهم بسهولة توسيع النظام أو تكييفه لتلبية احتياجاتهم من الطاقه المتغيرة. هذه القدرة على التوسع تجعل النظام ملائمًا لمختلف الظروف والاحتياجات.

٥- المتانة والصيانة

تُعتبر الألواح الشمسية ومكونات النظام الكهروضوئي عمومًا متينة وتتطلب صيانة أقل بكثير مقارنة بمعدات الأنظمة الشميّة الأخرى. هذا يقلل من التكاليف الإضافية والوقت المستغرق في الصيانة، مما يعزز الكفاءة ويقلل من التوقفات غير المخطط لها.

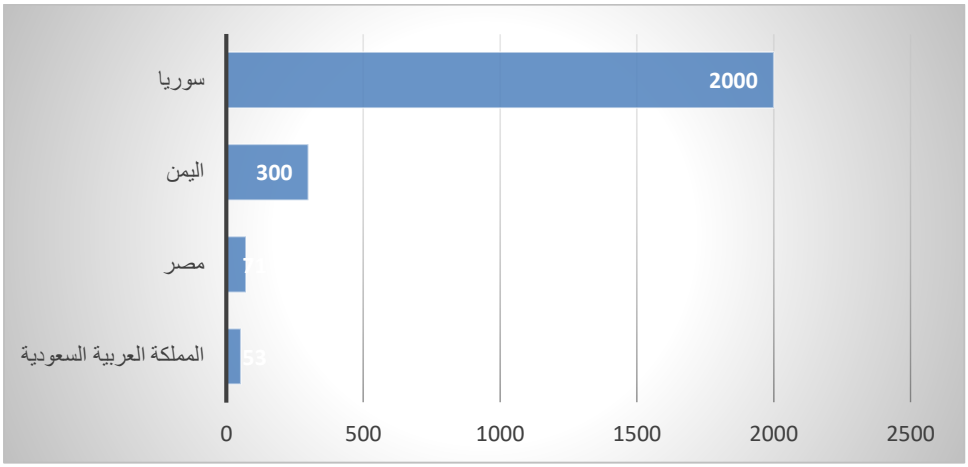
جدوى استخدام الطاقة الكهروضوئية في الوحدات السكنية

يتمتع نظام الطاقة الكهروضوئية بإمكانيات عالية جدًا حيث يقدم مزايا. وتتمثل المزايا في أنه لا يتطلب أي أرض إضافية لتحديد موقع نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية ويقلل من خسائر النقل حيث يتم استخدام الكهرباء في مكان توليدها (Ali et al., 2012).

وفقًا لدراسة أجريت في ست مناطق مختلفة في ماليزيا، تبلغ تكلفة تركيب نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدرة ٢,٥ كيلو وات في ماليزيا حوالي عشرة آلاف دولار أمريكي شاملة تكلفة التركيب، وتقدر تكلفة الصيانة بحوالي ٤٧٨ دولار أمريكي سنويًا. يتراوح متوسط إجمالي الإيرادات لجميع الحالات الست بين سبعة عشر ألف دولار أمريكي سبعة وثلاثون ألف دولار أمريكي لتشغيل الألواح الشمسية خلال ٢١ عامًا. وأظهرت النتائج أن العائد السنوي على الاستثمار تراوح بين ٣٪ إلى ١٢٪ مع فترة استرداد تتراوح بين ٦ سنوات إلى ١٣ سنة (Abul Kashem, 2020).

تتأثر جدوى تركيب النظام الكهروضوئي بشكل كبير بالمساحة المتاحة للمصفوفة، ومورد الطاقة الشمسية، والمسافة إلى خطوط النقل، والمسافة إلى الطرق الرئيسية (Simon and Mosey, 2013).

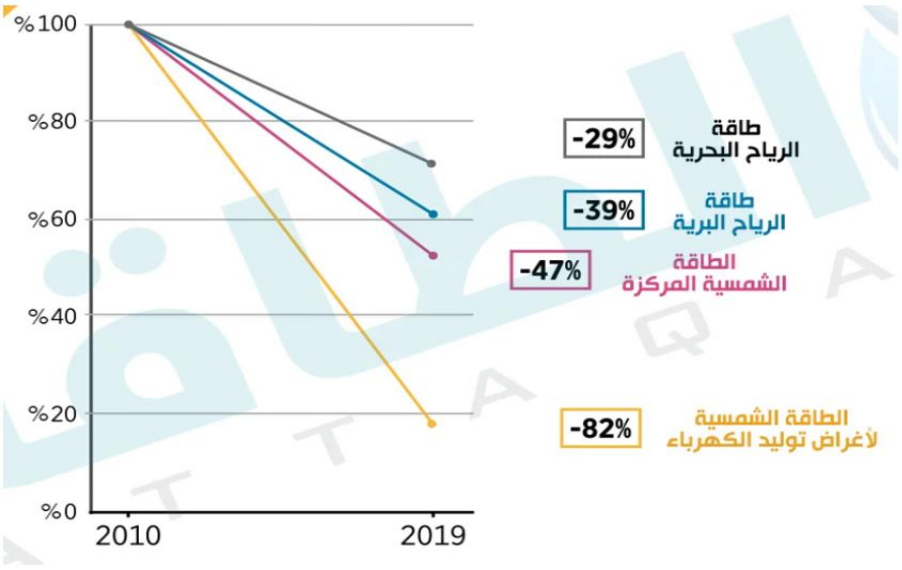
يوضح الشكل (٢) السابق تكلفة ألواح الطاقة الشمسية في كلًا من المملكة العربية السعودية ومصر واليمن وسوريا، وتعتبر التكلفة في المملكة العربية السعودية هي الأقل حيث تبلغ ٥٣ دولار أمريكي للوح الواحد بقدرة ١٠ كيلو وات.



شكل ٢. تكلفة ألواح الطاقة الشمسية بالدولار.

ويوضح الشكل (٣) انخفاض تكاليف إنتاج الكيلو واط في الطاقة الكهروضوئية في السعودية بنحو ٨٢٪ في عام ٢٠١٩ عنها في عام ٢٠١٠، وهذا يدل على الجدوى الاقتصادية لألواح الطاقة الشمسة في المباني السكنية.

انخفضت تكلفة الطاقة الشمسية المركزة بنسبة ٤٧٪ خلال الفترة من ٢٠١٠ إلى ٢٠١٩. وانخفضت تكلفة طاقة الرياح البرية بنسبة ٣٩٪ خلال الفترة من ٢٠١٠ إلى ٢٠١٩ كما انخفضت تكلفة طاقة الرياح البحرية بنسبة ٢٩٪ خلال الفترة من ٢٠١٠ إلى ٢٠١٩.



شكل ٣. انخفاض تكلفة الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء.

ومن هذا يتضح انه تنخفض تكلفة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية بشكل كبير، مما يعني أنها ستصبح أكثر إمكانية وجاذبية للاستخدام في القطاع السكني. هذا يعكس الانتقال التدريجي نحو استخدام تقنيات الطاقة النظيفة والمستدامة.

وأيضا هناك عامل آخر هو المقابل المالي للخدمات التي يقدمها مقدم خدمة النقل أو التوزيع لربط منظومات توليد الطاقة المتجددة للاستهلاك الذاتي بشبكته حسب قدرة المنظومة على النحو الآتي كما بالشكل (٤):

تعتبر تكاليف تركيب أنظمة الطاقة الكهروضوئية في المملكة العربية السعودية من المواضيع الحيوية التي تثير الاهتمام. حيث تشهد السعودية تحولًا استراتيجيًا نحو الاعتماد على الطاقة المتجددة، وفيما يلي فقرة شرح حول جدول تكاليف تركيب الطاقة الكهروضوئية بالريال السعودي (جدول ١):

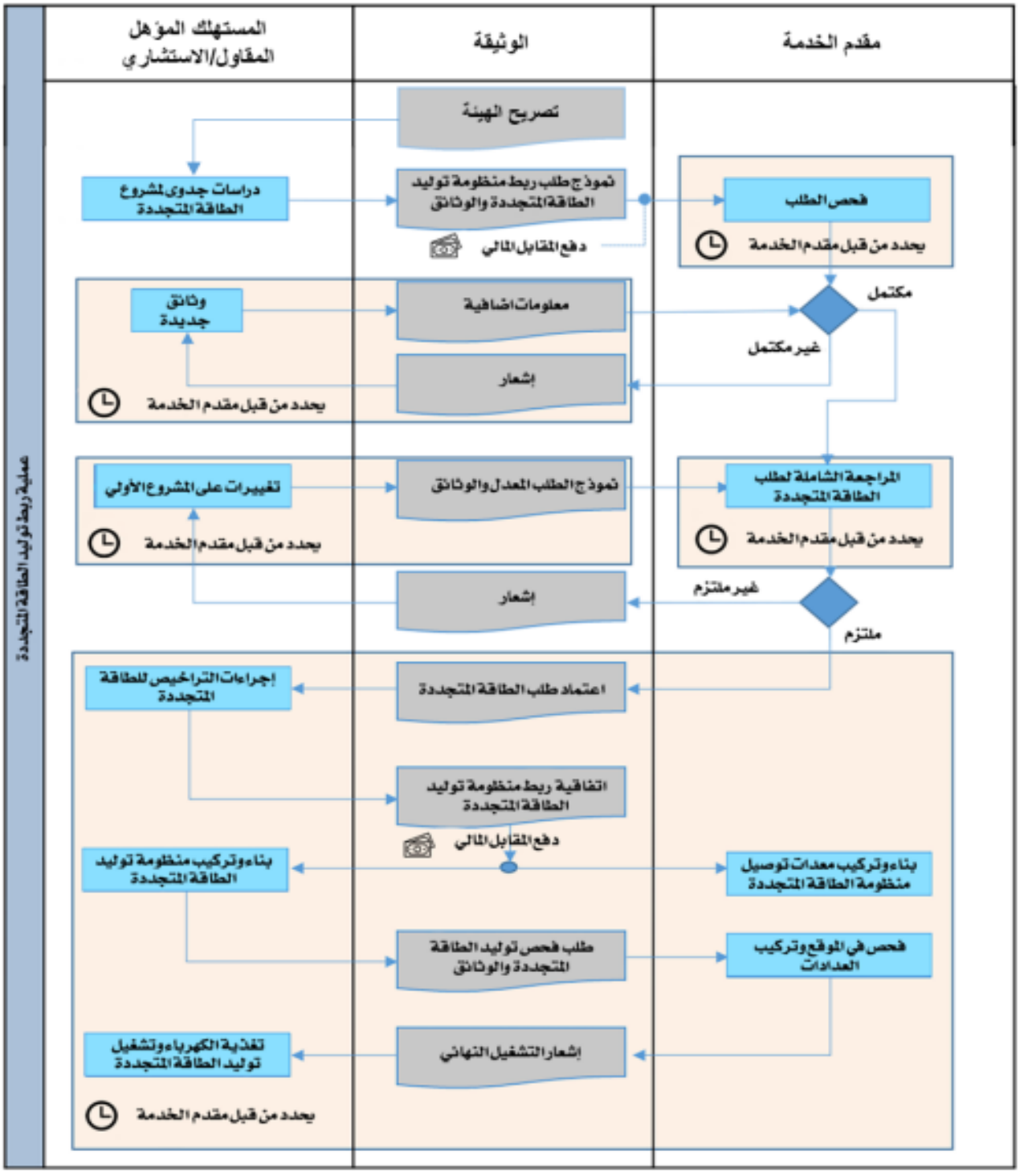
تكلفة الألواح الشمسية: يعتبر ثمن الألواح الشمسية أحد أكبر مكونات التكلفة. تتفاوت الأسعار حسب نوع وكفاءة الألواح المستخدمة.

تكلفة العواكس: يأتي جهاز التحويل (العاكس) بتكلفة، وتعتمد على قدرته وتقنيته.

تكاليف التثبيت والهيكل الداعم: يتعلق ذلك بتكلفة تثبيت الألواح على الهياكل الميكانيكية والكهربائية.

تكاليف التخزين: إذا كانت النظام تشمل بطاريات لتخزين الطاقة، فإن هذا يضيف تكاليف إضافية.

تكلفة الصيانة والرصد: يجب أخذ في اعتبارك تكاليف صيانة النظام، ونظام الرصد، للتأكد من أدائه الفعّال.



شكل ٤. المخطط البياني لإجراءات ربط منظومات توليد الطاقة المتجددة.

جدول ١. تكاليف تركيب الطاقة الشمسية بالريال السعودي.

الخدمة	قدرة المنظومة (ك.و)		المقابل المالي (ريال سعودي)
دراسة طلب ربط منظومات توليد الطاقة المتجددة	١	٤,٠٠٠	١,٥٠٠
	٤,٠٠١	٣٠,٠٠٠	٥,٠٠٠
ربط منظومات توليد الطاقة المتجددة	١	٤,٠٠٠	١٥,٠٠٠
	٤,٠٠١	٣٠,٠٠٠	٣٠,٠٠٠
إعادة الكشف لمنظومات توليد الطاقة المتجددة*	تفرض رسوم بقيمة ٢٠% من المقابل المالي لخدمة ربط منظومات توليد الطاقة المتجددة عند إعادة الكشف لمنظومات توليد الطاقة المتجددة.		

تنطبق على الحالات التي يقوم فيها المستهلك المؤهل بتقديم طلب لإعادة الكشف بعد إجراء التعديلات المطلوبة أو إزالة أي ملاحظات لدى مقدم الخدمة في حال فصل منظومة توليد الطاقة المتجددة نتيجة الإخلال بالبنود الواردة في اتفاقية الربط.

توفر الألواح الشمسية عائدًا إيجابيًا على الاستثمار في المباني السكنية بمرور الوقت. من خلال توفير فاتورة الطاقة، فالمنازل التي تحتوي على الألواح الشمسية الكهروضوئية خفضت تكاليف الطاقة بشكل كبير. نظرًا لأن معظم أو كل طاقة يتم إنتاجها ذاتيًا، فلن يكون لها فواتير كهرباء كبيرة بعد الآن. استخدم العديد من أصحاب المنازل الطاقة الشمسية لخفض فواتير الكهرباء إلى ٠ دولار. وإذا كانت مجموعة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الخاصة بالمنزل تنتج ما يكفي من الطاقة، فقد تبدأ شركة الكهرباء في الدفع لك. لدى العديد من البلدان مثل الولايات المتحدة الأمريكية الآن قوانين القياس الصافي، مما يتطلب من شركات المرافق شراء أي طاقة فائضة تولدها الألواح الشمسية الخاصة بك.

والدليل على أن ألواح الطاقة الكهروضوئية توفر عائدًا إيجابيًا على الاستثمار في المباني السكنية يمكن أن يكون مستندًا إلى عدة عوامل:

توفير التكاليف الطاقية: إذا كانت فواتير الكهرباء قد ارتفعت بشكل كبير في الماضي، وتم تحقيق توفير كبير بفضل الألواح الشمسية، يعتبر ذلك دليلاً على الفوائد المالية.

الحوافز الحكومية: وجود حوافز حكومية، مثل دعم مالي أو إعفاءات ضريبية، يشير إلى الرغبة في تشجيع استخدام الطاقة الشمسية ويساهم في تحسين عائد الاستثمار.

انخفاض تكاليف التركيب: إذا شهدت تكاليف تركيب أنظمة الطاقة الشمسية انخفاضًا مع مرور الوقت، فإن ذلك يجعل الاستثمار أكثر جاذبية.

زيادة قيمة العقار: إضافة أنظمة الطاقة الكهروضوئية يمكن أن ترفع قيمة العقار بالإضافة إلى توفير الطاقة.

تحسين تقييمات الأداء: إذا كان الأداء الفعلي لأنظمة الطاقة الشمسية يظهر توليدًا كبيرًا للكهرباء، فإن ذلك يدعم فعالية الاستثمار.

الدراسات والتقارير الفنية: البحوث والتقارير الفنية التي تظهر تحليلًا جادًا للتكاليف والفوائد يمكن أن تكون مؤشرًا على صحة الاستنتاج بشأن العائد الاقتصادي.

قامت سابك قاموا بتدفئة منزل عالي الأداء هذا منزل نموذجي باستخدام أعلى التقنيات لرفع جودة استخدام الطاقة في البيوت أهم شيء في البيوت من ناحية استهلاك الكهرباء، وبالتالي الجهد اللي يستهلكه في التكييف أقل بكثير والنتيجة ٣٠٪ أقل لاستهلاك التكييف مستهلك الكهرباء، بعد المكيف تأتي الإنارة أكثر من ١٠٪، الـ LED خفض تقريباً ٨٠٪ من استهلاك الإضاءة بالمقارنة مع الإضاءة التقليدية. تعتبر الألواح الشمسية في بيت سابك مجدية اقتصاديًا حيث تنتج ١٦ كيلو واط من الكهرباء يتم استخدام ٩,٨ كيلو واط ويوجد فائض ٦,٣. كيلو واط. يمكن بيع هذا الفائض إلى شبكة الكهرباء وهذه هي فكرة الـ Net Metering الـ Smart Grid. (الشقنقيري، ٢٠٢١).

معايير لتقييم النظام

أجرى (Zubair et al., 2018) محاكاة شاملة لبحث أفضل زاوية ميل للطاقة الكهروضوئية لتوليد الكهرباء وتوفير الظل الأمثل. بالإضافة إلى ذلك، تم قياس المسافة بين المصفوفات الكهروضوئية لتقييم التأثير على خسائر التظليل وحمل التبريد المطلوب. وقد وجد أنه عند مسافة ٠,٧٥ متر بين المصفوفات الكهروضوئية، كان صافي حمل التبريد، وبالتالي التوفير، هو الأعلى، مما يعني أن حمل التبريد الذي يتطلبه المبنى كان الأدنى. علاوة على ذلك، كان إنتاج الطاقة الكهروضوئية عند هذه المسافة هو الأعلى، على الرغم من أن خسائر التظليل الكهروضوئية كانت الأكبر. ومع ذلك، تطرح الطاقة الكهروضوئية المدمجة بعض التحديات التي يجب أخذها في الاعتبار في المراحل الأولى من التصميم: التظليل الجزئي، والحرارة المفرطة في المناخات الحارة التي تقلل من كفاءة الطاقة الكهروضوئية، وترسب الغبار على الألواح الكهروضوئية. علاوة على ذلك، تنتج خسائر التظليل عن عدم كفاية المسافات بين الوحدات الكهروضوئية والأوساخ والغبار ومكونات المبنى المجاورة أو الغطاء النباتي.

ويجب تجنب ذلك عن طريق اختيار أفضل مساحة لتركيب المصفوفات الكهروضوئية، مع الأخذ في الاعتبار ظروف الموقع وتكوينات المبنى (Asfour, 2013).

يعد توجيه الألواح الكهروضوئية بزاوية الميل المثلى أمرًا بالغ الأهمية نظرًا لاختلاف الظروف الجوية في كل موسم. على الرغم من أن كل موسم له زاوية مثالية، إلا أنه سيكون مكلفًا شراء جهاز تعقب الشمس. وبالتالي فإن زاوية الميل الثابتة هي الحل الأفضل الذي يجب مراعاته. تمت محاكاة مبنى مستدام يقع في الأردن، عمان، باستخدام برنامج MATLAB لاختبار زاوية الميل الأكثر ملاءمة للألواح الكهروضوئية. كان كسب الطاقة الناتج عن عملية المحاكاة على فترات شهرية وربع سنوية ونصف سنوية وسنوية لتحديد زاوية الميل المثلى كما يلي: أظهر التحسين كل شهر أن زاوية الميل يجب أن تتراوح بين ٧ و٥١ درجة لكل شهر في السنة، يؤدي تحسين زاوية الميل ربع السنوي إلى اختلاف قدره ١٤–٤٣ درجة لكل موسم، وتشير النتائج نصف السنوية إلى اختلاف قدره ١٥–٤٥ درجة، وكانت زاوية الميل البالغة ٢٦ درجة للعام بأكمله هي الميل الأمثل للطاقة الكهروضوئية الألواح (Jaber and Hawa, 2016).

على النقيض من ذلك، فإن إضافة نظام كهروضوئي على الأسطح ذات البياض العالي قد يكون له تأثير ضئيل على تأثير التظليل. في السياقات الحضرية، يتم استخدام الألواح الكهروضوئية على نطاق واسع لتوليد الطاقة في الموقع، وخاصة على الأسطح. ومع ذلك، فإن استخدامها على الأسطح يمكن أن يكون له تأثيرات إيجابية أو سلبية على متطلبات طاقة التدفئة والتبريد. عندما يتم وضع تام للطاقة الكهروضوئية فوق سطح شديد الانعكاس ("أبيض")، تقل فاعلية الألواح الكهروضوئية. واستنادًا إلى الحجم الدقيق لدرجة حرارة جميع المكونات المرتبطة في مبنى اختبار في تيمبي، أريزونا، تم إجراء بحث لفحص هذه الآثار. أدى تركيب الخلايا الكهروضوئية على السطح الأبيض إلى انخفاض طفيف في معدلات نقل الحرارة المحسوبة في الليل (Brown et al., 2020).

مع مرور السنوات وتزايد مشكلة تغير المناخ، يجب أن تكون هناك طريقة للتعامل مع هذا التأثير. يستهلك قطاع البناء الكثير من الطاقة في جميع أنحاء العالم، ويعد مفهوم مبنى خالي من الانبعاثات تقريبًا مفهومًا قادمًا للغاية ويجب تنفيذه على نطاق واسع؛ ويعتبر استخدام الطاقة المتجددة وأنظمة الطاقة النشطة متوافقا مع تبني مفهوم مبنى خالي من الانبعاثات تقريبًا. تم إجراء تحقيق لتقدير أحمال التدفئة والتبريد، وتم إجراء تقييم شامل للاحتمالات التقنية والاقتصادية لمنزل مستقل بمساحة إجمالية تبلغ حوالي ١٠٠ متر مربع في مدينة عمان بالأردن.

ولتحقيق هذا الهدف، تم إنشاء برنامج مصمم خصيصًا لتقييم الجدوى التقنية والاقتصادية. تم الحصول على الكهرباء وطاقة التدفئة لهذا المنزل بالكامل من الطاقة الشمسية. ونتيجة لذلك، انخفضت الانبعاثات الغازية، بما في ذلك الغازات الدفيئة، بشكل كبير. وقد تبين أن استخدام نظام تخزين الطاقة المناسب يلغي الحاجة إلى شراء

الوقود للتدفئة أو سحب الكهرباء من الشبكة. ومع فترة استرداد تبلغ حوالي ٨ سنوات، قد يصل التوفير الشهري المتوقع في تكاليف الطاقة إلى ٢٦٠ دينارًا أردنيًا (Abd et al., 2022).

كما ركزت دراسة أخرى بعنوان: "تقييم استراتيجيات البناء ذات الطاقة الصفرية: دراسة حالة عن المباني السكنية في الأردن" على مجموعة متنوعة من المتغيرات، مثل الاتجاه والتخطيط ونوع العزل ونوع النوافذ وأجهزة التظليل ونوع مجاري الهواء، والتي استخدمت نموذجًا شاملاً وتفصيليًا لمكثف الحمل الحراري الطبيعي المبرد بالهواء المدمج في المكدس كطريقة تهوية مبتكرة للغاية. بحثت الدراسة في الإمكانات الاقتصادية والحسابية لمختلف أنظمة التصميم السلبية والإيجابية المتكاملة لقطاع المباني السكنية الأردني. لإنشاء مبنى صفري في مدينة إربد بالأردن، تستخدم هذه الدراسة ثلاث منهجيات لتقييم استدامة البناء. يمكن تحديد تحليل أداء المنشأة باستخدام إحدى الطريقتين: الحسابية أو التحليلية. للعثور على نموذج طاقة البناء الأمثل، تم استخدام برنامج ديناميكي لنمذجة ومحاكاة طاقة البناء مع الظروف المناخية المختلفة. تم تقدير فترة الاسترداد لكل نظام من الأنظمة المطبقة (برنامج ديناميكي لنمذجة ومحاكاة طاقة البناء مع الظروف المناخية المختلفة) (Ali et al., 2020).

علاوة على ذلك، استخدمت إحدى الدراسات نهجًا متكاملاً لإعادة التهيئة من خلال مزج إمكانيات التعديل التحديثي الموفرة للطاقة والمجدية ماليًا، استنادًا إلى تحليل التوفير المحتمل في الطاقة لبدائل التعديل التحديثي المقترحة وتكاليف البداية. استخدمت الدراسة منهج تصميم مختلط يجمع بين التقنيات النوعية والكمية. وتضمنت هذه التقنيات الرصد الميداني للمعايير البيئية داخل المدارس، والاستبيانات، والسجلات الوطنية، والتقييمات المادية. تم استخدام طريقة تحليل فترة الاسترداد الأساسية للتقييم المالي ومحاكاة الطاقة. تم تقييم فعالية التعديل التحديثي للمغلف باستخدام نتائج منهجيات البحث، قبل وبعد تنفيذها. أظهرت النتائج أن استراتيجية التعديل المقترحة أدت إلى توفير الطاقة بنسبة تصل إلى ٥٤٪ مع فترة استرداد تبلغ ٥,٥ سنوات (El-Darwish and Gomaa, 2017).

وعندما تم إجراء بحث في حرم جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية في الأردن، مع الأخذ في الاعتبار الطاقة والتحليل الاقتصادي للنظام الكهروضوئي بقدرة ٥ ميجا وات متأثر بالظروف المناخية، أظهرت نتائج التحليل الاقتصادي أن معدل العائد الداخلي السنوي كان ٣٠,١١٪ وأن فترة الاسترداد كانت ٤,٣٢ سنة (Alshare et al., 2020). وأخيراً، تم إجراء بحث على منزل سكني في عمان، الأردن، مع الأخذ في الاعتبار الفوائد الاقتصادية لتركيب النظام الكهروضوئي، حيث أنه موجود منذ أربع سنوات. وقد تم فحص النظام لتقييم فعاليته. الحد الأقصى لإنتاج هذا النظام هو ٣ كيلو واط/ساعة، وهو الحمل المسموح به من قبل مجلس الكهرباء الأردني. وقد أنتج النظام إجمالي ٢٤٠٠٠ كيلو وات خلال السنوات الأربع التي كانت تحت المراقبة، أي ٦٠٠٠ كيلو وات سنويًا

و٥٠٠ كيلو وات شهريًا. يوفر استخدام ١٥٠٠ كيلو وات/شهر أفضل توفير لنظام ٣ كيلو وات/ساعة، وإذا كان الاستخدام أعلى، فيجب استخدام المزيد من الألواح الكهروضوئية (Hammad, 2019).

النتائج المترتبة على المرافق

نظام توليد الطاقة الموزع هو نظام طاقة ضوئي مثبت على سطح المنزل. إن تركيب النظام الكهروضوئي له مزايا لكل من المساكن والشبكة، حيث أن الطاقة الكهروضوئية لها مزايا مختلفة. على سبيل المثال، قد يساعد النظام في تنظيم التردد وتصحيحه، وتقليل ذروة الحمل الكهربائي (Yang et al. 2014)، وتأخير الاستثمارات الرأسمالية التي قد تحتاج المرافق إلى القيام بها لمواكبة نمو الطلب (Brown et al., 2001). ومن ناحية أخرى، يواجه التوليد الموزع صعوبات مختلفة، مثل الحمل الزائد المحتمل على الشبكة الموزعة (Ackermann et al., 2002) وفشل الحماية (Mahat et al., 2011) بسبب تدفق الطاقة في الاتجاهين. بالإضافة إلى ذلك، ستخسر المرافق بعضًا من إيراداتها عندما يتم تشغيل أنظمة التوليد الموزعة لأن العملاء لن يعتمدوا بعد الآن فقط على الشبكة لتوفير جميع احتياجاتهم الكهربائية (Georgilakis and Hatziargyriou, 2013).

ومن هذا المنطلق أثبتت الدراسات السابقة جدوى استخدام الألواح الكهروضوئية في القطاع السكني، وهذا يؤكد على أهمية السؤال التالي:

إذا كانت الألواح الكهروضوئية مجدية، فلماذا إذن لا نشاهدها على أسطح المباني السكانية في مدينة جدة؟

٣. منهجية البحث

المرحلة الأولى: استخدام المنهج الوصفي من خلال استعراض مجموعة من البحوث العلمية.

المرحلة الثانية: تصميم استبيان يتناول ما سبق تحديده من أسباب ودوافع، تم توزيعها على عينة من سكان حي النسيم بمدينة جدة، وتحليل هذه البيانات وتحديد النتائج التي تم التوصل إليها.

مجتمع البحث

يتمثل مجتمع البحث الأحياء السكنية في مدينة جدة، ومن أهم هذه الأحياء: حي النسيم، وحي الوادي، وحي النرجس.

عينة البحث

تم تحديد حجم العينة بناء على المعادلة التالية: N=PQ(Z)2/E. حيث أن N حجم العينة، P نسبة المجتمع المراد دراسته، وتم اختيار حي النسيم كنموذج للدراسة، وتم تحديد عدد الذكور والإناث وبلغوا ٥٠ ذكرًا وأنثي.

أداة البحث

- تم عمل استبيانًا لجمع البيانات اللازمة لتحقيق أهداف بحثهم حول "عزوف عن استخدام تقنيات الطاقة الكهروضوئية في المباني السكنية". تم تصميم الاستبانة بعناية لتحقيق الأهداف المحددة للبحث، والتي تشمل فهم أسباب العزوف عن استخدام تقنيات الطاقة الكهروضوئية في المباني السكنية وتحديد التحديات التي تواجه الأفراد في هذا الصدد.
- لتحقيق هذه الأهداف، تم تشكيل الاستبانة لتتضمن مجموعة من الأسئلة المتعلقة بالعوامل المختلفة التي يمكن أن تؤثر على قرار الأفراد في استخدام تقنيات الطاقة الكهروضوئية في المباني السكنية. وتضمنت الاستبانة أسئلة حول معرفة الأفراد بتقنيات الطاقة الكهروضوئية، وفهمهم لفوائدها وتحدياتها المحتملة، وكذلك استعدادهم للاستثمار في تلك التقنيات.
- بالإضافة إلى ذلك، تضمنت الاستبانة أسئلة حول الخصائص الديموغرافية للمشاركين، مثل الجنس، والعمر، والمستوى التعليمي، والدخل الشهري، ونوع السكن، وملكية السكن، ومساحة سطح المبنى. هذه البيانات الديموغرافية تساعد في فهم السمات والخصائص الفردية للمشاركين، وكيفية تأثيرها على اتجاهاتهم وآرائهم بشأن استخدام تقنيات الطاقة الكهروضوئية في المباني السكنية

٤. نتائج البحث

يشير الجدول (٢) إلى نتائج عينة الدراسة الديموغرافية، فبالنسبة لمتغير الجنس انقسمت عينة الدراسة إلى الإناث (نسبة ٤٠٪) والذكور (نسبة ٦٠٪)، ووفقًا لمتغير العمر انقسمت عينة الدراسة إلى أقل من ٢٥ سنة (نسبة ١٠٪)، من ٢٥–٣٥ سنة (نسبة ١٠٪)، من ٣٦–٤٥ سنة (نسبة ٣٠٪)، من ٤٦–٥٥ سنة (نسبة ٢٠٪)، من ٥٦–٦٠ (نسبة ٢٠٪)، أكبر من ٦٠ سنة (نسبة ١٠٪)، بالنسبة لمتغير المؤهل التعليمي انقسمت عينة الدراسة إلى ثانوية وأقل (نسبة ٢٠٪)، جامعي (نسبة ٧٠٪)، دراسات عليا (نسبة ١٠٪)، بالنسبة لمتغير الدخل الشهري انقسمت عينة الدراسة إلى أعلى من ٢٥ ألف (نسبة ٢٠٪)، من ١٠ آلاف إلى ١٥ ألف (نسبة ٥٠٪)، من ٢٠ ألف إلى ٢٥ ألف (نسبة ٢٠٪)، أقل من ١٠ الاف ريال (نسبة ١٠٪)، بالنسبة لمتوسط الاستهلاك الشهري للكهرباء انقسمت عينة الدراسة إلى أكثر من ٦٠٠ ريال (نسبة ٢٠٪)، من ٣٠٠ إلى ٤٠٠ ريال (نسبة ٢٠٪)، من ٤٠١ إلى ٥٠٠ ريال (نسبة ٢٠٪)، من ٥٠١ إلى ٦٠٠ ريال (نسبة ٤٠٪)، بالنسبة لنوع السكن انقسمت عينة الدراسة إلى شقة (نسبة ٦٠٪)، فيلا (نسبة ٤٠٪)، بالنسبة لملكية السكن انقسمت عينة الدراسة إلى إيجار (نسبة ١٠٪)، ملك (نسبة ٩٠٪)، بالنسبة لمساحة سطح المبنى انقسمت عينة الدراسة إلى أكبر من ٦٠٠ متر

(نسبة ١٠٪)، من ٢٠١–٣٠٠ متر (نسبة ٣٠٪)، من ٣٠١–٤٠٠ متر (نسبة ٢٠٪)، من ٤٠١–٥٠٠ متر (نسبة ١٠٪)، من ٥٠١–٦٠٠ متر (نسبة ٣٠٪).

جدول ٢. توزيع عينة الدراسة وفقًا للخصائص الديموغرافية.

المتغير	الفئة	العدد	النسبة
الجنس	أنثى	٢٠	٤٠
	ذكر	٣٠	٦٠
العمر	أقل من ٢٥ سنة	٥	١٠
	أكبر من ٦٠ سنة	٥	١٠
	من ٢٥–٣٥ سنة	٥	١٠
	من ٣٦–٤٥ سنة	١٥	٣٠
	من ٤٦–٥٥ سنة	١٠	٢٠
	من ٥٦–٦٠ سنة	١٠	٢٠
المؤهل التعليمي	ثانوية وأقل	١٠	٢٠
	جامعي	٣٥	٧٠
	دراسات عليا	٥	١٠
الدخل الشهري	أعلى من ٢٥ ألف	١٠	٢٠
	اقل من ١٠آلاف ريال	٥	١٠
	من ٢٠ ألف إلى ٢٥ ألف	١٠	٢٠
	من١٠ آلاف إلى ١٥ ألف	٢٥	٥٠
متوسط الاستهلاك الشهري للكهرباء (بالريال)	أكثر من ٦٠٠ ريال	١٠	٢٠
	من ٣٠٠ – ٤٠٠ ريال	١٠	٢٠
	من ٤٠١–٥٠٠ ريال	١٠	٢٠
	من ٥٠١–٦٠٠ ريال	٢٠	٤٠
نوع السكن	شقة	٣٠	٦٠
	فيلا	٢٠	٤٠
ملكية السكن	إيجار	٥	١٠
	ملك	٤٥	٩٠
مساحة سطح المبنى	أكبر من ٦٠٠ متر	٥	١٠
	من ٢٠١–٣٠٠ متر	١٥	٣٠
	من ٣٠١–٤٠٠ متر	١٠	٢٠
	من ٤٠١–٥٠٠ متر	٥	١٠
	من ٥٠١–٦٠٠ متر	١٥	٣٠

يوضح الجدول (٣) أهم مبررات وتحديات عينة الدراسة في عدم استخدام ألواح كهروضوئية / ألواح الطاقة الشمسية في القطاع السكني بمدينة جدة، حيث إن المتوسط الحسابي يُعرف بأنه قيمة تمثل معدل البيانات في مجموعة معينة. يتم حساب المتوسط الحسابي عن طريق جمع جميع القيم في العينة ثم قسمتها على عددها.

جدول ٣. مبررات وتحديات عينة الدراسة في عدم استخدام ألواح كهروضوئية/ألواح الطاقة الشمسية في القطاع السكني بمدينة جدة.

العبارة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
ألواح الطاقة الكهروضوئية (الطاقة الشمسية) لا توفر احتياجاتنا من الطاقة الكهربائية	٢,٩٣	٠,٨١	٣
ألواح الطاقة الكهروضوئية (ألواح الطاقة الشمسية) لا تحقق عائد استثماري جيد	٢,٦١	١,٠٧	٨
ألواح الطاقة الكهروضوئية (الطاقة الشمسية) صعبة التركيب والاستعمال	٢,٧٨	١,١٩	٦
ألواح الطاقة الكهروضوئية (الطاقة الشمسية) ذات فاعلية متدنية في إنتاج الطاقة الكهربية	٣,٠٣	١,٣٤	١
شراء وتركيب ألواح الطاقة الشمسية مكلف جدا	٢,٨٤	١,٠١	٤
مساحة سطح المبني الذي أملكه غير كافية لإنتاج احتياجاتي من الطاقة الكهربية	٢,٦٢	١,٢٤	٧
مساحة سطح المبني الذي أملكه مشغولة بأجهزة التكييف وخزانات المياه	٢,٨٢	١,٢٣	٥
لا يوجد دعم مادي أو حوافز تشجيعية على الاستثمار في تركيب ألواح الطاقة الشمسية لإنتاج احتياجاتي من الكهرباء.	٣,٠٠	١,٦٣	٢

يُستخدم الانحراف المعياري لقياس مقدار التشتت أو الانحراف في البيانات حول المتوسط الحسابي. إذا كان الانحراف المعياري قيمة منخفضة، فهذا يشير إلى أن البيانات عادةً متمركزة حول المتوسط بشكل واضح. أما إذا كانت قيمة الانحراف المعياري عالية، فهذا يشير إلى أن البيانات متشتتة بشكل أكبر من حول المتوسط. وفي سياق الجدول فان الانحراف المعياري يُعطي فكرة عن مدى انتشار اتفاق الأفراد حول العبارة. فجاء في المرتبة الأولى أن ألواح الطاقة الكهروضوئية (الطاقة الشمسية) ذات فاعلية متدنية في إنتاج الطاقة الكهربية بمتوسط حسابي ٣,٠٣ وانحراف معياري ١,٣٤، بينما في المرتبة الثانية جاء عدم وجود دعم مادي أو حوافز تشجيعية على الاستثمار في تركيب ألواح الطاقة الشمسية لإنتاج احتياجات السكان من الكهرباء بمتوسط حسابي ٣ وانحراف معياري ١,٦٣، وفي المرتبة الثالثة جاء أن ألواح الطاقة الكهروضوئية (الطاقة الشمسية) لا توفر احتياجات السكان من الطاقة الكهربائية بمتوسط حسابي ٢,٩٣ وانحراف معياري ٠,٨١، بينما في المرتبة الأخيرة جاء أن ألواح الطاقة الكهروضوئية (ألواح الطاقة الشمسية) لا تحقق عائد استثماري جيد بمتوسط حسابي ٢,٦١ وانحراف معياري ١,٠٧.

ومن هذا، يتم فهم الأسباب التي تعوق استخدام ألواح الطاقة الشمسية في القطاع السكني بمدينة جدة، ويمكن تقديم التحليل كالتالي:

ألواح الطاقة الكهروضوئية لا توفر احتياجاتنا من الطاقة الكهربائية (المتوسط الحسابي = ٢,٩٣، الانحراف المعياري = ٠,٨١):

يظهر أن هناك تقديرًا عامًا بين أفراد العينة بأن ألواح الطاقة الشمسية قد لا توفر الطاقة الكهربائية الكافية لتلبية احتياجاتهم، مما يشير إلى قلق بشأن كفاءة الألواح الشمسية في تلبية الطلب الكهربائي.

ألواح الطاقة الكهروضوئية لا تحقق عائد استثماري جيد (المتوسط الحسابي = ٢,٦١، الانحراف المعياري = ١,٠٧):

يشير هذا التقدير إلى أن هناك مخاوف بشأن العائد المالي المتوقع من استثمار تركيب ألواح الطاقة الشمسية، مما يمثل عائقًا مهمًا أمام الاستثمار في هذه التقنية.

ألواح الطاقة الكهروضوئية صعبة التركيب والاستعمال (المتوسط الحسابي = ٢,٧٨، الانحراف المعياري = ١,١٩):

يُظهر هذا التقدير أن هناك تحديات تتعلق بصعوبة تركيب واستخدام ألواح الطاقة الشمسية، مما يمكن أن يكون لها تأثير سلبي على قرار الاستثمار في هذه التقنية.

ألواح الطاقة الكهروضوئية ذات فاعلية متدنية في إنتاج الطاقة الكهربية (المتوسط الحسابي = ٣,٠٣، الانحراف المعياري = ١,٣٤):

يشير هذا التقدير إلى اعتقاد بأن ألواح الطاقة الشمسية غير فعّالة بما يكفي في إنتاج الطاقة الكهربائية، مما يعني عدم قناعة الأفراد بفاعليتها كخيار لتوليد الكهرباء.

شراء وتركيب ألواح الطاقة الشمسية مكلف جدًا (المتوسط الحسابي = ٢,٨٤، الانحراف المعياري = ١,٠١):

يعكس هذا التقدير قلقًا بشأن التكلفة العالية لشراء وتركيب ألواح الطاقة الشمسية، مما يعتبر عائقًا رئيسيًا أمام الاستثمار في هذه التقنية.

مساحة سطح المبني الذي أملكه غير كافية لإنتاج احتياجاتي من الطاقة الكهربية (المتوسط الحسابي = ٢,٦٢، الانحراف المعياري = ١,٢٤):

يشير هذا التقدير إلى قيود المساحة كعامل يمنع الاستفادة الكاملة من الطاقة الشمسية، وهو عامل يمكن أن يحد من القدرة على توليد الكهرباء بواسطة الألواح الشمسية.

مساحة سطح المبني الذي أملكه مشغولة بأجهزة التكييف وخزانات المياه (المتوسط الحسابي = ٢,٨٢، الانحراف المعياري = ١,٢٣):

يعكس هذا التقدير عوامل محددة تجعل من الصعب تخصيص مساحة كافية لتركيب الألواح الشمسية، مما يقلل من جاذبيتها كخيار لتوليد الطاقة.

لا يوجد دعم مادي أو حوافز تشجيعية على الاستثمار في تركيب ألواح الطاقة الشمسية لإنتاج احتياجاتي من الكهرباء (المتوسط الحسابي = ٣,٠٠، الانحراف المعياري = ١,٦٣):

يشير هذا التقدير إلى عدم وجود دعم مالي أو حوافز تشجيعية، مما يقلل من الدافعية للاستثمار في تركيب الألواح الشمسية.

ملخص للنتائج

تشير نتائج الاستبيان أن يشير هذا إلى أن ٦٠,٦٪ من الأفراد يرون أن ألواح الطاقة الشمسية غير فعّالة في إنتاج الكهرباء بشكل كافٍ، وأن ٦٠٪ من الأفراد يعتقدون أن عدم وجود دعم مالي يعوق استخدام الطاقة الشمسية في المنازل، وأن حوالي ٥٨,٦٪ من الأفراد يعتقدون أن الطاقة الشمسية لا تلبي احتياجاتهم من الكهرباء. وأخيرًا، إن ٥٢,٢٪ من الأفراد لا يرون أن استثمار تركيب ألواح الطاقة الشمسية يعود بعائد جيد.

وبناء على ذلك، يتضح أن هناك عدة عوامل تسهم في عدم استخدام ألواح الطاقة الشمسية في القطاع السكني بمدينة جدة. وتبين أن الأسباب الرئيسة تشمل قلة الفاعلية في إنتاج الطاقة الكهربائية من الألواح الشمسية، وعدم توفير الدعم المادي والحوافز للتثبيت، وعدم كفاية الطاقة الكهربائية المتولدة من الألواح الشمسية لتلبية الاحتياجات اليومية. كما أظهر الاستبيان أيضًا عدم رضا الأفراد عن العائد الاستثماري المتوقع من تثبيت ألواح الطاقة الشمسية.

٥. التوصيات

١. توفير الحوافز المالية والضريبية لتشجيع المستثمرين على تركيب أنظمة الطاقة الشمسية في الوحدات السكنية، مثل تقليل الرسوم على التراخيص أو تقديم التمويل بفوائد منخفضة.

٢. يجب على الحكومة توفير بيانات دقيقة حول تكاليف تركيب أنظمة الطاقة الشمسية وفوائدها المالية والبيئية، وذلك لتمكين المستهلكين من اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن الاستثمار في هذه التقنية.

٣. يُوصى بتطوير البنية التحتية والتشريعات لتسهيل عمليات تركيب وتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية، بما في ذلك تطوير شبكات النقل والتوزيع لدعم توصيل الطاقة الشمسية المولدة بالشبكة الكهربائية.

٤. يجب تعزيز البحث والتطوير في مجال تقنيات الطاقة الشمسية لتحسين كفاءة وتكلفة أنظمة الطاقة الشمسية، مما يسهم في تقليل تكاليف التركيب وزيادة العائد المالي على الاستثمار في هذه التقنية.

٥. يمكن تعزيز جدوى الطاقة الشمسية في الوحدات السكنية من خلال توسيع نطاق الإنتاج والتوزيع، مما يساهم في تقليل تكاليف التركيب وزيادة الوعي بفوائد هذه التقنية.

٦. يمكن للحكومة تحفيز الاستهلاك الذاتي للطاقة الشمسية من خلال توفير برامج دعم لتركيب أنظمة تخزين الطاقة الشمسية، مما يساعد على تقليل الاعتماد على الشبكة الكهربائية التقليدية.

المراجع

أولا: المراجع والمصادر العربية

الشركة السعودية للكهرباء. (٢٠١٨). التقرير السنوي ٢٠١٨. الرياض.

الشقنقيري. (٢٠٢١). منزل سابك.. عالي الأداء يوفر الكهرباء ويحول رطوبة الهواء إلى ماء. تم الاسترداد من https://www.youtube.com/watch?v=IG-2AqV8X-0

هيرمان بينار. (٢٠١٨). الرؤية العمرانية الشاملة لمحافظة جدة. الرياض: برنامج مستقبل المدن السعودية.

محمد الحاج. (٢٠١٧). ما هي مكونات أنظمة الطاقة الشمسية؟ تم الاسترداد من https://cleanenergy4africa.org/%D9%85%D8%A7-%D9%87%D9%8A-%D9%85%D9%83%D9%88%D9%86%D8%A7%D8%AA-%D8%A3%D9%86%D8%B8%D9%85%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%85%D8%B3%D9%8A%D8%A9%D8%9F/

Arabic References

Saudi Electricity Company. (2018). Annual Report 2018. Riyadh.

Al-Shaqnaqiri. (2021). SABIC House... high performance, saves electricity and converts air moisture into water. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=IG-2AqV8X-0

Hermann Pienaar. (2018). The comprehensive urban vision for Jeddah Governorate. Riyadh: Future of Saudi Cities Programme.

Mohammed al-Haj. (2017). What are the components of solar energy systems? Retrieved from https://cleanenergy4africa.org/%D9%85%D8%A7-%D9%87%D9%8A-%D9%85%D9%83%D9%88%D9%86%D8%A7%D8%AA-%D8%A3%D9%86%D8%B8%D9%85%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%85%D8%B3%D9%8A%D8%A9%D8%9F/

ثانيًا: المراجع الأجنبية

Abd, M.; Al-Busoul, A.; Al-Busoul, M. (2022), Engineering & Technology (IJRRSET) A Journal Established in Early 2000 as National Journal and Upgraded to International Journal in 2013 and Is in Existence for the Last 10 Years. It Is Run by Retired Professors from NIT, International Journal on Recent Researches in Science. Available online: https://www.researchgate.net/publication/329153172 .

A. C. Köberle, D. E. H. J. Gernaat, and D. P. van Vuuren, (2015) "Assessing current and future techno-economic potential of concentrated solar power and photovoltaic electricity generation," Energy, vol. 89, pp. 739–756.

Ackermann, Thomas, and Valery Knyazkin. (2002). "Interaction between distributed generation and the distribution network: operation aspects." Paper presented at IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition, 2002: Asia Pacific, Yokohama, Japan, October 6-10. doi.org/10.1109/tdc.2002.1177677

Albatayneh, A.; Albadaineh, R.; Juaidi, A.; Abdallah, R.; Montoya, M.D.; Manzano-Agugliaro, F. (2022), Rooftop photovoltaic system as a shading device for uninsulated buildings. Energy Rep, 8, 4223–4232 .

Asfour, O.S. (2013), Integration of Photovoltaics into Gaza Strip Residential Buildings: A Comparison between Roof and Façade Installation. Int. J. Sustain, 2 .

Ali, H.; Hashlamun, R. (2019), Envelope retrofitting strategies for public school buildings in Jordan. J. Build. Eng. 25, 100819 .

Ali, H.H.; Abu Al-Rub, F.A.; Shboul, B.; al Moumani, H. (2020), Evaluation of near-net-zero-energy building strategies: A case study on residential buildings in Jordan. Int. J. Energy Econ. 10, 325–336.

Alshare, A.; Tashtoush, B.; Altarazi, S.; El-Khalil, H. (2020), Energy and economic analysis of a 5 MW photo-voltaic system in northern Jordan. Case Stud. Therm, 21, 100722 .

Awad, J.; Abd-Rabo, L. (2020), Daylight and Energy Performance Optimization in Hot—Arid Regions: Application and adaptation guide for designers in the UAE. Procedia Manuf, 44, 237–244 .

B. Dunn, H. Kamath, and J. Tarascon, (2011) "Electrical energy storage for the grid: a battery of choices." Science, vol. 334, no. 6058, pp. 928–35.

Brown, K.E.; Baniassadi, A.; Pham, J.V.; Sailor, D.J.; Phelan, P.E. (2020), Effects of Rooftop Photovoltaics on Building Cooling Demand and Sensible Heat Flux into the Environment for an Installation on a White Roof. ASME J. Eng. Sustain. Build. 1, 021001 .

El-Darwish, I.; Gomaa, M. (2017), Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency. Alex. Eng. J., 56, 579–589 .

Elnaklah, R.; Alnuaimi, A.; Alotaibi, B.S.; Topriska, E.; Walker, I.; Natarajan, S. (2021), Thermal comfort standards in the Middle East: Current and future challenges. Build. Environ. 200, 107899 .

G. Masson, I. Kaizuka, and C. Cambiè, (2018), "Snapshot of Global Photovoltaic Market (1992-2017)," IEA PVPS, Tech. Rep. [Online]. Available: http://iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS_-_A_ Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2017.pdf

Georgilakis, Pavlas S, and Nikos D Hatziargyriou. (2013). "Optimal distributed generation placement in power distribution networks: models, methods, and future research." IEEE Transactions on Power Systems 28 (3):3420-3428. https://doi.org/10.1109/tpwrs.2012.2237043

Hammad, R.N.S. (2019), Photovoltaic System to Save Energy in Jordan: A Case Study on a Semi-detached House. J. Energy Power Eng., 13 .

IEA PVPS, "Trends (2015) in Photovoltaic Applications, Report T1-27:2015," International Energy Agency, Tech. Rep., 2015 .

IEA International Energy Agency, (2014) "Technology Roadmap - Solar Thermal Electricity - 2014 edition," International Energy Agency, Tech. Rep .

IEA International Energy Agency, (2014), "Technology Roadmap Energy storage," IEA International Energy Agency, Tech. Rep.

International Energy Agency and Organisation for Economic Co-operation and Development. (2013), Transition to Sustainable Buildings: Strategies and Opportunities to 2050; OECD/IEA: Paris, France.

Jaber, S.; Hawa, A.A. (2016), Optimal Design of PV System in Passive Residential Building in Mediterranean Climate. Jordan J. Mech. Ind. Eng, 10, 39–49 .

J. Nelson, (2004), The Physics of Solar Cells, 1st ed. London, UK: Imperial College Press.

Joe Simon and Gail Mosey, (2013), "Feasibility Study of Economics and Performance of Solar Photovoltaics at the VAG Mine Site in Eden and Lowell, Vermont", National Renewable Energy Laboratory 15013 Denver West Parkway Golden, CO 80401 303-275-3000 www.nrel.gov

Khdair, A.I.; Abu Rumman, G.; Basha, M. (2022), Developing building enhanced with PCM to reduce energy consumption. J. Build. Eng., 48, 103923 .

Kaboré, M.; Bozonnet, E.; Salagnac, P.; Abadie, M. (2018), Indexes for passive building design in urban context—Indoor and outdoor cooling potentials. Energy Build, 173, 315–325 .

Köse Murathan, E.; Manioğlu, G. (2020), Evaluation of phase change materials used in building components for conservation of energy in buildings in hot dry climatic regions. Renew. 162, 1919–1930.

L. R. Zhang, (2011) "The Application of Motor Control Unit in the Cement," Journal of Equipment Manufacturing Technology, No. 8, pp. 208-209.

Mahat, Pukar,Zhe Chen, Birgitta Bak-Jensen, and Claus Leth Bak. (2011)."A Simple Adaptive Overcurrent Protection of Distribution Systems With Distributed Generation." IEEE Transactions on Smart Grid 2 (3):428- 437. https://doi.org/10.1109/tsg.2011.2149550

R. Ali, I. Daut, and S. Taib, (2012) "A review on existing and future energy sources for electrical power generation in Malaysia," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, pp. 4047-4055, 8//.

R. Thygesen and B. Karlsson, (2014), "Simulation and analysis of a solar assisted heat pump system with two different storage types for high levels of PV electricity self-consumption," Solar Energy, vol. 103, pp. 19–27.

Saad Bin Abul Kashem, (2020), "Feasibility Study of Solar Power System in Residential Area", International Journal of Innovation in Computational Science and Engineering, Volume-1 Issue-1, pp:10-17.

T. Bocklisch, M. Böttiger, and M. Paulitschke, (2014), "Multi-storage Hybrid System Approach and Experimental Investigations," Energy Procedia, vol. 46, pp. 186–193, 2014.

W. Jin, (2011), "Application of Building Integrated Photovoltaic (BIPV) in Green Buildings," Journal of Architecture Technology, Vol. 42, No. 10, pp. 907-908.

Yang, L.; Yan, H.; Lam, J.C. (2014), Thermal comfort and building energy consumption implications—A review. Appl. Energy 2014, 115, 164–173 .

Yang, Ye, Hui Li, Andreas Aichhorn,Jianping Zheng, and Michael Greenleaf. (2014). "Sizing strategy of distributed battery storage system with high penetration of photovoltaic for voltage regulation and peak load shaving." IEEE Transactions on Smart Grid 5 (2):982-991. https://doi.org/10.1109/tsg.2013.2282504

Zhao, W.; Elmozughi, A.F.; Oztekin, A.; Neti, S. (2013), Heat transfer analysis of encapsulated phase change material for thermal energy storage. Int. J. Heat Mass Transf. 2013, 63, 323–335 .

Zubair, M.; Bilal Awan, A.; Al-Ahmadi, A.; Ahmed, G.A.K. (2018), NPC based design optimization for a net zero office building in hot climates with pv panels as shading device, 11, 1391.

Mohamed Alhaj. (2017). What are the components of solar energy systems? Retrieved from https://cleanenergy4africa.org/%D9%85%D8%A7-%D9%87%D9%8A-%D9%85%D9%83%D9%88%D9%86%D8%A7%D8%AA-%D8%A3%D9%86%D8%B8%D9%85%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%85%D8%B3%D9%8A%D8%A9%D8%9F/

Reluctance to Use Photovoltaic Energy Technologies in Residential Buildings in Jeddah, Saudi Arabia: Reasons and Challenges

Raad bin Muhammad Al-Jifri[1] and **Muhammad bin Saeed Al-Isan Al-Ghamdi**[2]

[1]PhD researcher, and [2] Faculty member, Department of Architecture and Building Sciences, College of Architecture and Planning, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

445107673@student.ksu.edu.sa

Abstract. This paper examines the phenomenon of reluctance to use photovoltaic energy in the residential sector in the city of Jeddah as a case study that also represents cities in the Kingdom of Saudi Arabia. It discusses the reasons for this reluctance of owners, what are the challenges they face, and what the future will be like for the residential sector in the city of Jeddah. The study passed through two balanced phases. The first phase included the researcher exploring the most prominent developments achieved by photovoltaic energy in the residential sector in terms of system components, costs, performance efficiency, and examining similar experiences in both Jordan and Malaysia. In the second stage, the researcher went to the photovoltaic energy system suppliers sector in the Saudi market and conducted focused meetings with them to confirm the residential sector's reluctance to use photovoltaic energy and diagnose the reasons and challenges. In the third stage, the researcher designed a questionnaire according to what was achieved in the first and second stages, and the Al-Naseem neighborhood was chosen as a study sample representing the modern neighborhoods of Jeddah. The researcher concluded that the most important justifications and challenges of the study sample in not using photovoltaic panels/solar panels in the residential sector in the city of Jeddah were That photovoltaic energy panels (solar energy) have low effectiveness in producing electrical energy, and there is no financial support or incentives to invest in installing solar energy panels to produce the population's electricity needs, and that photovoltaic energy panels (solar energy) do not provide the population's needs of electricity. The study recommended providing effective awareness campaigns about the benefits and sustainability of using photovoltaic energy technologies to encourage residents to make sustainable decisions, and to support and motivate real estate owners and developers by providing financial and tax incentives to implement projects to install photovoltaic systems in buildings.

Keyword: Photovoltaic energy, Saudi Arabia, Jeddah, Residential buildings, Traditional energy.