مشكلات إنتاج الطاقة الشمسية ومستقبلها في محافظة البحيرة "دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي"

إعداد

أ.احمد حسن جلال احمد

باحث دكتوراة بقسم الجغرافيا

كلية الآداب جامعة دمنهور

أ.د/ ماجد محمد شعلة
أستاذ الجغرافية الطبيعية

أ.د. محمد عوض السمنى
أستاذ الجغرافية الطبيعية

كلية الآداب جامعة دمنهور

دورية الانسانيات - كلية الآداب - جامعه دمنهور

العدد (65)- الجزء الثانى - 2025

مشكلات إنتاج الطاقة ومستقبلها في محافظة البحيرة ؛ "دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي"

أ.احمد حسن جلال احمد
أ.د .ماجد محمد شعلة
أ.د. محمد عوض السمنى

المستخلص

تُعد الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة التي تتجه إليها الدول في ظل التحديات البيئية والاقتصادية التي تواجه العالم اليوم، وخاصة مع ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري وتزايد الطلب على مصادر الطاقة النظيفة والمستدامة، وفي هذا السياق تحتل محافظة البحيرة في مصر موقعًا جغرافيًا مميزًا يؤهلها للاستفادة من الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء، إلا أن عملية إنتاج الطاقة الشمسية في المحافظة لا تزال تواجه العديد من المشكلات الفنية والاقتصادية والبيئية.

ويستعرض هذا البحث أبرز التحديات التي تواجه إنتاج الطاقة الشمسية في محافظة البحيرة، والتي تنقسم إلى مشكلات رئيسة مثل: ضعف البنية التحتية، ونقص الكوادر الفنية، ومشكلات ثانوية تتعلق بعوامل الطقس والتوزيع الجغرافي، كما يتناول البحث مجموعة من المقترحات العملية لحل هذه المشكلات، من بينها: ضرورة خفض تكلفة الألواح الشمسية، والاهتمام بأعمال الصيانة الدورية، وتوظيف تقنيات حديثة مثل: الألواح عالية الكفاءة وأجهزة تخزين الطاقة، مع مراعاة اختيار المواقع المناسبة بعيدًا عن الظل والأشجار.

كما يتناول البحث مستقبل إنتاج الطاقة الشمسية في المحافظة، من حيث تزايد الطلب المتوقع على الطاقة النظيفة، وإمكانية التوسع في المشروعات القائمة، بالإضافة إلى تحديد أنسب المواقع لإقامة محطات جديدة، واستعراض جهود الدولة الحالية والمستقبلية لدعم هذا القطاع الحيوي، ويسعى هذا البحث إلى تقديم رؤية شاملة تساعد على تطوير إنتاج الطاقة الشمسية في محافظة البحيرة بما يخدم أهداف التنمية المستدامة في مصر.

الكلمات المفتاحية:

الطاقة الشمسية ـ الألواح الشمسية – الخلايا الشمسية – محافظة البحيرة.

Solar Energy production problems and its future in Beheira Governorate
"A Study in Applied Climate Geography"

Abstract

Solar energy is one of the most important renewable energy sources that countries are turning to due to the environmental and Economic challenges facing the World today, especially with rising fossil fuel prices and the growing demand for clean and sustainable energy sources. In this context, Beheira Governorate, in Egypt, occupies a unique geographic location that qualifies it to utilize solar energy for Electricity generation. However, solar energy production in the Governorate still faces numerous technical, economic, and environmental challenges .

This research examines the most prominent challenges facing solar energy production in Beheira Governorate, which are divided into primary problems such as weak infrastructure and a shortage of technical personnel, and secondary problems related to weather factors and geographical distribution. The research also addresses a set of practical proposals in order to solve these problems that include the need to reduce the cost of Solar panels, pay attention to regular maintenance, and employ modern technologies such as high-efficiency panels and energy storage devices, as well as select suitable locations away from shade and Trees .

The Research also addresses the future of solar energy production in the Governorate, in terms of the expected increase in demand for clean energy and the potential expansion of existing projects. It also identifies the most appropriate locations for new plants and reviews the state's current and future efforts to support this vital sector. This Research seeks to provide a comprehensive vision that will help develop solar energy production in Beheira Governorate, serving Egypt's sustainable development goals.

—Key words: Solar energy - Solar panels - Solar cells - Beheira Governorate.

المقدمة:

تواجه أنظمة الطاقة التقليدية تحديات متزايدة تتعلق بالاستدامة البيئية والاقتصادية، ما دفع العديد من الدول إلى البحث عن بدائل نظيفة وفعالة، من أبرزها الطاقة الشمسية، وتعد محافظة البحيرة من المناطق التي تمتلك مقومات طبيعية تؤهلها للاستفادة من هذه الطاقة، نظرًا لتوفر الإشعاع الشمسي واتساع الرقعة الجغرافية، إلا أن إنتاج الطاقة الشمسية بالمحافظة يواجه عددًا من المشكلات المرتبطة بالبنية التحتية، والتكلفة، والعوامل البيئية، ويهدف هذا البحث إلى تحليل هذه المشكلات، وتقديم حلول قابلة للتطبيق، واستشراف مستقبل هذا القطاع محليًا، مع التركيز على دوره في دعم التحول نحو مصادر طاقة مستدامة تسهم في تحقيق رؤية مصر 2030م.

منطقة الدراسة:

تقع محافظة البحيرة فلكياً بين دائرتي عرض 20̀ 30 °، 32̀ 31 ° شمالاً، وخطي طول 48 `29 ° ، 48 ` 30 ° شرقاً، وبالتالي فهي تمتد في نحو 12 ` 1 ° درجة عرضية، ونحو درجة واحدة طولية، وجغرافياً يحدها من الشمال البحر المتوسط، ومن الجنوب محافظة الجيزة ومركز السادات بمحافظة المنوفية، ومن الغرب كل من محافظتي الإسكندرية ومطروح، ومن الشرق مجرى فرع رشيد، وتبلغ مساحتها 9826 كم2 بنسبة 1٪ من مساحة مصر، وتشمل 15 مركزًا إدارياً وهي : دمنهور، وأبو المطامير، وأبو حمص، والدلنجات، والمحمودية، وإيتاي البارود، وحوش عيسي، ورشيد، وشبراخيت، وكفر الدوار، وكوم حمادة، ووادي النطرون، والرحمانية، وإدكو، وبدر (شكل 1)، وتضم منطقة الدراسة سبع محطات أرصاد جوية[1] ، وتنتشر بشكل جيد علي منطقة الدراسة وتم الاعتماد على عمليات الاشتقاق المكاني Interpolation ببرنامج Arc Gis، لتوفير بيانات المناطق الواقعة بين محطات الأرصاد.

[1] – محطات الأرصاد الجوية السبع هي: رشيد، ودمنهور، والتحرير، وجناكليس، ووادي النطرون، والبريجات، وشبراخيت.

المصـــدر: الهيئـــة المصـــرية العامـــة للمسـاحة، الخـرائط الطبوغرافيـة، مقيـاس رســـــــــــــــــــــــم 1: 50000

شكل (1) موقـع محافظـة البحيـرة وتقسيمها الإداري عام 2025 م.

دراسات سابقة:

تتعدد الدراسات الخاصة بمشكلات إنتـاج الطاقـة الشمسـية ومسـتقبلها ومنها دراسات كل من:

▪دراســـة خلـــود حســـن (2004) "اقتصاديات الطاقة الجديدة والمتجددة وإمكانية استثمارها في مصر"(ماجستير)، والتي تناولت: دراسة جميع أنواع الطاقة المتجددة، وكيفية توليد الكهرباء، وإعذاب الماء منها، مع ذكر لبعض مشروعات الطاقة الشمسية في مصر.

▪ دراسة رجب علي وآخرون (2004) الطاقة المتجددة وحماية البيئة، ويشير إلى أن الاعتماد المفرط على مصادر الطاقة الأحفورية أدى إلى استنزاف الموارد الطبيعية وتفاقم المشكلات البيئية مثل التلوث والاحتباس الحراري. وتؤكد الدراسة على أهمية التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة كحل مستدام لتلبية احتياجات الطاقة مع الحفاظ على البيئة.

▪دراسة وأحمد الديب (2009) اقتصاديات الطاقة في مصر، وتحدث فيها عن الأثر الاقتصادي لمصادر الطاقة المختلفة، وتحدث عن أهمية الطاقة ومشكلاتها.

▪دراسة حسن عبد الرحمن (2009) "الإشعاع الشمسي والرياح كمصادر للطاقة الجديدة والمتجددة في مصر دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي"، (ماجستير) والتي تناولت: معدلات الإشعاع الشمسي والعوامل المؤثرة عليه، كما تناولت عدد من محطات الطاقة الشمسية في مصر، وتعرضت لدراسة مفصله لتلك المحطات وكمية الإنتاج المتوقع للطاقة منها، إضافة إلى ذكر مشاريع الطاقة في مصر.

▪دراسة خالد عمر(2012) "اقتصاديات الطاقة الشمسية في مصر دراسة مقارنة ودراسة قياسية"، والتي تناولت: الطاقة الشمسية من الجانب الاقتصادي، كما تناولت جميع مشاريع الطاقة الشمسية في مصر.

▪دراسة وياسر حسن (2021) الاشعاع الشمسي وأثره في انتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في مصر دراسة في جغرافية الطاقة، هدفت الدراسة إلى التعرف على الإشعاع الشمسي وأثره في إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في مصر، وبينت الدراسة أن الإشعاع الشمس هو الطاقة الإشعاعية التي تنبعث من الشمس في جميع الاتجاهات وتستمد منه الكواكب حرارة أسطحها وأجوائها.

▪ دراسة Lydersen, K. (2024) ضرورة استخدام الطاقة الشمسية وأهميتها في الريف، وتناول استخدامات الطاقة الشمسية ومشكلاتها وأهميتها.

▪دراسة Dada, M. (2023) التطورات الحديثة في مواد وأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية لتطبيقات تخزين الطاقة، وتناولت الدراسة تاريخ وتطور الطاقة الشمسية، كما تناولت تحديات الطاقة الشمسية، وكيفية مواجهة تلك التحديات.

أهمية الدراسة:

يعد موضوع "مشكلات إنتاج الطاقة الشمسية ومستقبلها في محافظة البحيرة" من الموضوعات الحيوية التي تجمع بين الأبعاد البيئية والاقتصادية والتنموية، خاصة في ظل التوجه العالمي نحو الطاقة النظيفة، وتكمن أهمية البحث في ندرة الدراسات المحلية التي تتناول واقع الطاقة الشمسية بالمحافظة رغم توافر المقومات الطبيعية، كما يسعى البحث لسد فجوة معرفية، وتقديم رؤى تطبيقية تدعم جهود الدولة في تحقيق التنمية المستدامة، وتوجيه الاستثمار نحو حلول فعالة في قطاع الطاقة المتجددة.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تحديد المشكلات الفنية والبيئية والاقتصادية التي تعيق التوسع في استخدام الطاقة الشمسية داخل المحافظة، مع تصنيفها إلى مشكلات رئيسة وأخرى ثانوية[2] ، إضافة إلى اقتراح حلول عملية وتقنية لمواجهة هذه المشكلات، تعتمد على خفض التكاليف وتحسين الكفاءة وزيادة الاعتماد على الابتكار التكنولوجي، كما تهدف الدراسة إلى استشراف مستقبل إنتاج الطاقة الشمسية في المحافظة في ضوء التوجهات الوطنية والدولية نحو الطاقة المتجددة، وتحديد العوامل المؤثرة على نمو هذا القطاع.

مناهج الدراسة وأساليبها:

تعتمد منهجية Methodology الدراسة على المنهج الوصفي Descriptive Method مقترنًا بالمدخل الموضوعي Topical Approach في دراسة مشكلات إنتاج الطاقة

[2]- تم التصنيف إلى مشكلات رئيسية وثانوية حسب خطورة المشكلة ونسبتها المئوية والتغلب عليها.

الشمسية ومستقبلها في محافظة البحيرة، حيث تتمثل المراحل المنهجية لدراسة الموضوع في مكونات الظاهرة والربط بين أجزائها، والعوامل المؤثرة فيها، والتوزيع الجغرافي لها، والبحث عن أسباب الاختلافات المكانية، والآثار المترتبة علي الظاهرة.

واستعانت الدراسة ببعض الأساليب وتتمثل في :

ـ الأسلوب الإحصائي، من خلال التحليل الإحصائي، مثل الارتباط باستخدام برنامج spss. ـ وأسلوب التحليل المكاني استعان الباحث في التحليل المكاني Spatial Analysis ببرنامج Arc Gis، وتعد عملية الاشتقاق المكاني Interpolation هي أكثر العمليات المستخدمة في خرائط هذا البحث، واعادة تصنيفها reclassify إلى فئات، وعمل نطاقات.

اعتمدت الدراسة في الحصول على البيانات غير منشورة من هيئة ترشيد الطاقة بشركة الكهرباء محافظة البحيرة كما اعتمدت على البيانات التي تم تجميعها من الدراسة الميدانية.

مصادر الدراسة:

تتمثل بيانات الدراسة في :

– الهيئة العامة للأرصاد الجوية، المعدلات والمتوسطات المناخية.

– مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار بمحافظة البحيرة.

ـ مراكز معلومات إدارة ترشيد الطاقة وشركة الكهرباء بمحافظة البحيرة.

– الدراسة الميدانية: من خلالها تم توفير البيانات التي لم تتوفر في مراكز المعلومات.

ـ هيئة المساحة العسكرية: خرائط محافظة البحيرة بمقياس رسم 1: 500000 ، و ١: ٢٥٠٠٠٠.

– بيانات وكالة ناسا لفترة بين عامي 1991– 2020م :

/https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer

فروض الدراسة :

تسعى الدراسة إلى التأكد من صحة فروض البحث التي وضعت لدراسة مشكلات إنتاج الطاقة الشمسية ومستقبلها، وتتمثل الفروض في أنه تزداد المشكلات في المناطق القريبة من الأشجار والحواجز الشمسية مثل المباني المرتفعة، كما تزداد المشكلات في المناطق شديدة الرياح وتكثر بها الأتربة والرمال، كما تفترض الدراسة أن هناك علاقة بين أنسب المواقع لإقامة محطات الطاقة الشمسية والاتجاه جنوباً، حيث تزداد بالاتجاه جنوباً وتقل بالاتجاه شمالاً.

تركز الدراسة على المحاور الرئيسة التالية لتحقيق أهدافها، وهي:

ـ مشكلات إنتاج الطاقة الشمسية.

ـ مقترحات لحل مشكلات إنتاج الطاقة الشمسية.

ـ مستقبل إنتاج الطاقة الشمسية.

أولاً: مشكلات إنتاج الطاقة الشمسية:

شهد استخدام الطاقة الشمسية في السنوات الأخيرة زيادة ملحوظة بين السكان على مستوى العالم، وخاصة في محافظة البحيرة، وذلك في ظل رغبة الأفراد في تقليل استهلاك الكهرباء وتحقيق توليد مستدام للطاقة النظيفة، وتعد الألواح الشمسية من الأنظمة التي نادرًا ما تتطلب صيانة، إذ تعمل على توليد الكهرباء بشكل مستمر عبر تفاعل الخلايا الشمسية مع ضوء الشمس، فعند تعرض الخلايا لأشعة الشمس، تبدأ الإلكترونات في التحرك داخل هذه الخلايا، مما ينتج تيارًا كهربائيًا، وتعد هذه العملية بسيطة ولا تشمل تعقيدات أو آليات معقدة كما في الأجهزة الكهربائية الأخرى، ومع ذلك رغم كون الألواح الشمسية أجهزة كهربائية، قد تواجه بعض المشكلات أثناء فترة استخدامها، ويتضح من خلال الدراسة الميدانية أن أكثر المشكلات التي تعاني منها مراكز محافظة البحيرة هي: مشكلة التكلفة الأولية المرتفعة، حيث أكد المعظم أن أكبر عائق لهم في استخدام الطاقة الشمسية هو ارتفاع سعر الألواح والبطاريات، كما يتضح أن أقل المشكلات التي تعاني منها محافظة البحيرة هي مشكلة اتخاذ الطيور الألواح مسكناً لها جدول (1) وشكل (2)، كما تبين أن الانحراف المعياري بين جميع مشكلات الطاقة الشمسية هو 6.3، بينما بلغ معامل الاختلاف 44.1٪، ويعني ذلك وجود تباين متوسط إلى مرتفع في حدة المشكلات من مركز إلى آخر، ويعكس هذا التفاوت اختلافاً في مستوي التحديات الفنية والبيئية، التي تواجه انتشار الطاقة الشمسية، مما يستدعي ضرورة وضع سياسات موجهة حسب طبيعة واحتياجات كل مركز.

1ـ مشكلات رئيسة:

تتمثل المشكلات الرئيسة في:

أ ـ التكلفة الأولية لتركيب نظام الطاقة الشمسية

تمثل التكلفة الأولية لتركيب نظام الطاقة الشمسية عائقًا رئيساً أمام العديد من الأفراد والمؤسسات، وفيما يلى النقاط التي توضح هذه المشكلة:

ـ **تكاليف الألواح الشمسية والمكونات:** تشمل التكلفة الأساسية تكلفة الألواح الشمسية نفسها بالإضافة إلى المكونات الأخرى مثل المحولات وأجهزة التحكم، وتمثل تكلفة الألواح الشمسية حوالي 40–50٪ من التكلفة الإجمالية للنظام.

ـ **تكاليف التثبيت والتشغيل:** تشمل هذه التكاليف تكاليف العمالة والتثبيت الفعلي للأنظمة الشمسية، بالإضافة إلى تكاليف الصيانة الأولية، وتبلغ تكلفة التثبيت حوالي 20–30٪ من التكلفة الإجمالية.

ـ **تكاليف التصميم والهندسة:** يتطلب تصميم النظام الشمسي خبرات متخصصة في الهندسة والكهرباء، مما يؤدي إلى زيادة التكاليف بشكل إضافي، وتمثل تكلفة التصميم والهندسة حوالي 10–15٪ من التكلفة الإجمالية (Salamah, T., et al, 2022, p9).

ـ **التكاليف البيئية:** رغم أن الطاقة الشمسية تعتبر طاقة نظيفة بيئيًا، إلا أن عملية تصنيع الألواح الشمسية وتركيبها قد تترتب عليها تأثيرات بيئية في بعض الحالات، مثل استهلاك الموارد الطبيعية وإطلاق انبعاثات الكربون، مما قد يزيد من التكلفة الإجمالية للنظام بشكل غير مباشر.

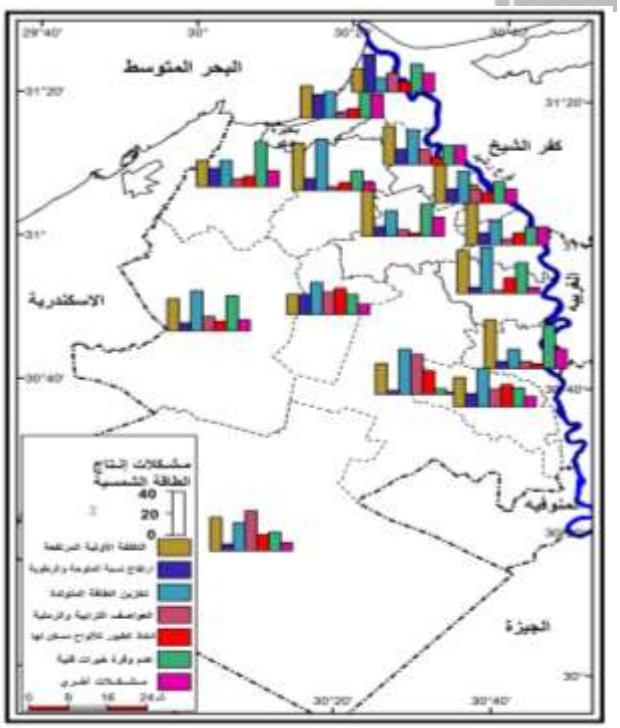
جدول(1) مشكلات استخدام الطاقة الشمسية في محافظة البحيرة حتى عام 2023م

(٪)

المصدر: من إعداد الطالب اعتماداً على نتائج الدراسة الميدانية خلال شهر يونيو 2024م

المركز	التكلفة الأولية المرتفعة	ارتفاع نسبة الملوحة والرطوبة في الجو	تخزين الطاقة المتولدة	العواصف الترابية والرملية	اتخاذ الطيور الألواح مسكن لها	عدم وفرة خبرات فنية	مشكلات أخري*
رشيد	15.6	25	9.4	12.5	6.3	18.7	12.5
ادكو	21.4	15.6	15.7	3.1	6.3	21.9	16
المحمودية	25.6	10.3	23.1	10.3	5.1	12.8	12.8
الرحمانية	30.2	9.3	20.9	9.3	7	14	9.3
شبراخيت	40	8	16	4	8	12	12
ايتاي البارود	28.6	4.1	30.6	2	10.2	20.4	4.1
كوم حمادة	32.3	4.8	12.9	4.8	3.2	29	13
بدر	19.6	8.8	25.5	11.8	14.7	12.7	6.9
وادي النطرون	22.1	4.4	18.6	26.5	10.6	12.4	5.4
الدلنجات	20.5	2.4	30	26.5	15.6	3.6	1.4
حوش عيسي	13.3	13.3	21.3	14.7	17.3	13.3	6.8
أبو المطامير	21.3	5.3	26.6	9.6	6.4	23.4	7.4
دمنهور	36.2	6.4	17	4.3	2.1	21.3	12.7
أبو حمص	31.6	7.9	34.2	2.6	5.3	13.2	5.2
كفر الدوار	17.5	12.3	17.5	5.3	7	29.8	10.6

* المشكلات الأخرى: هي تراكم الغبار على سطح خلايا الطاقة الشمسية، وارتفاع درجات الحرارة، والسحب، والضباب، والتلوث البيئي، ومشاكل الشقوق الصغيرة على الألواح الشمسية، ومشاكل البقع الساخنة على الألواح الشمسية، والمشكلات الناتجة عن سرعة الرياح.



المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (1)

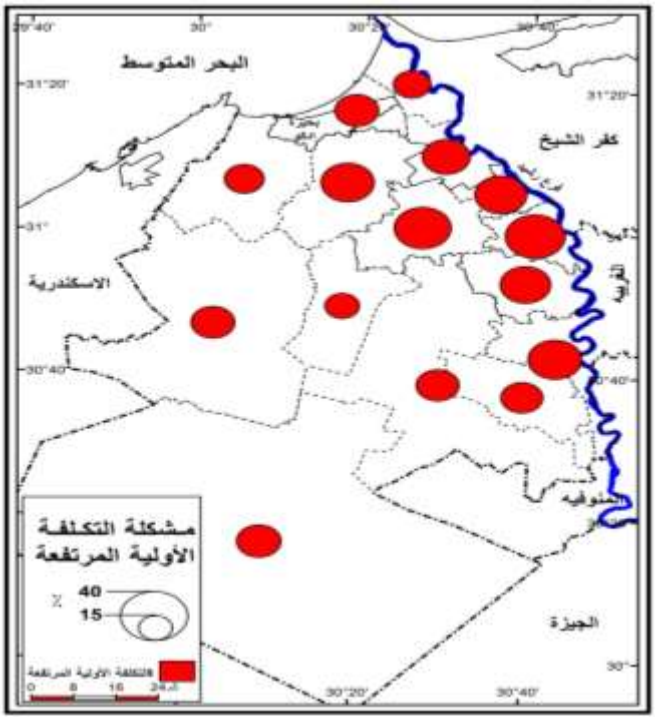
شكل (2) التوزيع الجغرافي لمشكلات الطاقة الشمسية بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

ـ تكاليف التراخيص والتصاريح: قد تتطلب عملية تركيب الأنظمة الشمسية الحصول على تراخيص وتصاريح، وهذه التكاليف يمكن أن تختلف حسب البلد والنظام القانوني المعمول به.

وبالنظر إلى جدول (1) وشكلي (2،3) يلاحظ أن التكلفة الأولية هي أكبر المشكلات التي تعاني منها محافظة البحيرة وأن أكبر المراكز التي تعاني من هذه المشكلة هو مركز شبراخيت حيث بلغت نسبة الأفراد الذين يعانون من هذه المشكلة 40٪ من إجمالي المشكلات التي يعاني منها سكان المركز، بينما أقل المراكز حوش عيسى، حيث بلغت 13٪، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة البحيرة في مشكلة التكلفة الأولية المرتفعة 7.8 ، بينما بلغ معامل الاختلاف بينهما 31.2٪، ويعني ذلك وجود تفاوت ملحوظ في إدراك هذه المشكلة، ويرجع ذلك على الأرجح إلى اختلاف في القدرات الاقتصادية ومدي توفر التمويل المحلى، ووعي السكان بالمردود الاقتصادي طويل الأجل للطاقة الشمسية، ويشير هذا إلى ضرورة تبني سياسات دعم موجهة للمراكز الأكثر تضرراً مثل شبراخيت سواء من خلال برامج تمويل، أو نشر النماذج الناجحة لتقليل خدة الخوف من التكلفة الأولية.

ب ـ ارتفاع نسبة الملوحة والرطوبة في الجو

يمكن أن تؤثر الرطوبة بشكل سلبي على كفاءة وأداء الألواح الشمسية بطرق متعددة، أولاً يمكن أن تقلل الرطوبة من فعالية الإضاءة، حيث تعمل كعامل يحد من وصول الضوء الشمسي للألواح، مما يؤدي إلى تقليل كمية الضوء الواصلة وبالتالي تقليل الإنتاجية، كما أن الرطوبة الزائدة قد تتسبب في تكون الصقيع أو طبقات بيضاء على سطح الألواح الشمسية، مما



المصدر: اعتماداً على تحليل بيانات جدول (1)

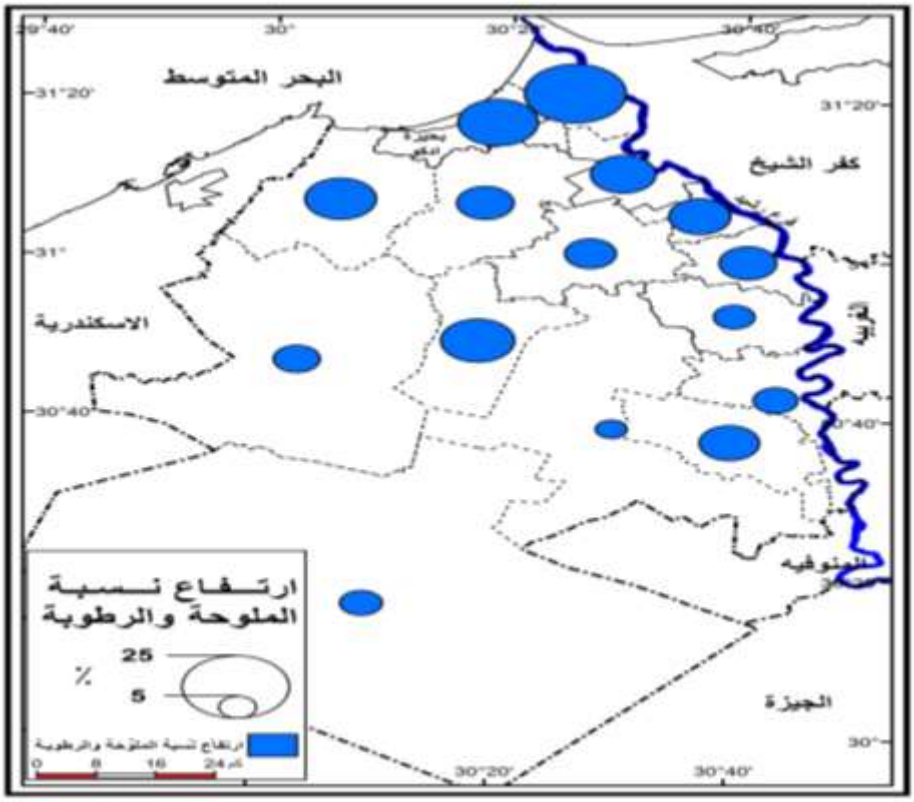
شكل (3) التوزيع الجغرافي لمشكلة التكلفة الأولية المرتفعة بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

يعوق امتصاص الضوء ويؤثر سلبًا على كفاءة تحويله إلى طاقة كهربائية، بالإضافة إلى ذلك تؤدي الرطوبة إلى زيادة تراكم الرواسب والغبار على الألواح، مما يزيد من فرص انخفاض الكفاءة ويؤثر على أداء الألواح الشمسية، كما أن ارتفاع ملوحة الهواء يمكن أن يتسبب في تآكل المواد المكونة للألواح الشمسية مع مرور الوقت، مما يقلل من عمرها الافتراضي ويزيد من الحاجة إلى صيانة دورية مكلفة.

وبناء على جدول (1) وشكلي (2،4) يتضح أن مشكلة ارتفاع نسبة الملوحة والرطوبة في الجو هي خامس المشكلات التي يعاني منها سكان محافظة البحيرة، وأن أكبر المراكز التي تعاني من هذه المشكلة هو مركز رشيد، حيث وصلت نسبة الأفراد التي تعاني من هذه المشكلة في هذا المركز 25٪ من إجمالي المشكلات، وذلك بسبب قربها من المسطح المائي، بينما أقل المراكز الدلنجات، حيث بلغت 2.4٪ من إجمالي المشكلات، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة البحيرة في مشكلة ارتفاع نسبة الملوحة والرطوبة في الجو 5.7، بينما بلغ معامل الاختلاف 61.9٪، ويعكس هذا وجود تفاوتاً بينياً كبيراً بين المراكز، ويشير إلى أن الحلول الفنية لمشكلات الطاقة الشمسية في محافظة البحيرة يجب أن تصمم وفق خصوصية كل منطقة، فالمراكز الساحلية قد تحتاج إلى معدات مقاومة للتآكل، أو برامج صيانة أكثر انتظاماً، على عكس المراكز الداخلية التي لا تواجه نفس التحديات، وتوضح الصورتان رقم (1و 2) تأثير الرطوبة والملوحة على لوح شمسي، حيث عملت على صدأ الفواصل التي تربط بين ألواح الطاقة الشمسية، كما عملت على التصاق بعض الغبار والأتربة.

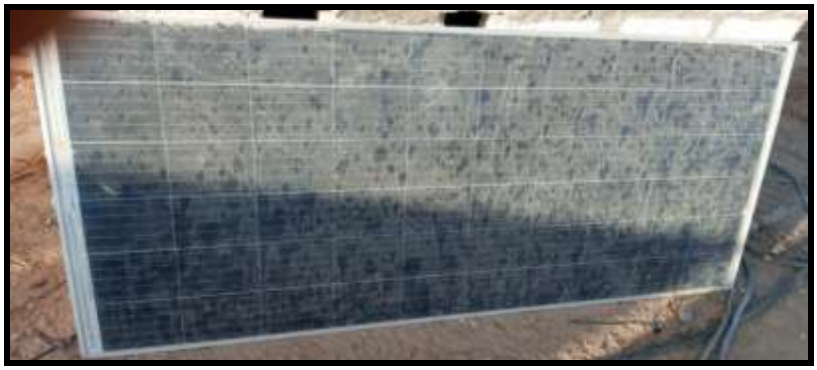
اتجاه النظر صوب الغرب، بتاريخ 20 / 7 / 2024م

صورة (1) تأثير الرطوبة والملوحة على صدأ فواصل الألواح الشمسية في قرية بني سلامة مركز وادي النطرون



المصدر: اعتماداً على تحليل بيانات جدول (1)

شكل (4) التوزيع الجغرافي لمشكلة ارتفاع نسبة الملوحة والرطوبة في الجو بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.



اتجاه النظر صوب الغرب، بتاريخ 15 / 7 / 2024م

صورة (2) تأثير الرطوبة والملوحة على التصاق الأتربة والغبار بالألواح الشمسية في قرية العزيمة مركز بدر

جـ - تخزين الطاقة المتولدة عن ألواح الطاقة الشمسية

يعتبر تخزين الطاقة المتولدة عن ألواح الطاقة الشمسية أحد التحديات الرئيسة التي تواجه اعتماد الطاقة الشمسية كمصدر رئيس للكهرباء، حيث أنه توجد بعض التحديات في تخزين الطاقة الشمسية، وهي:

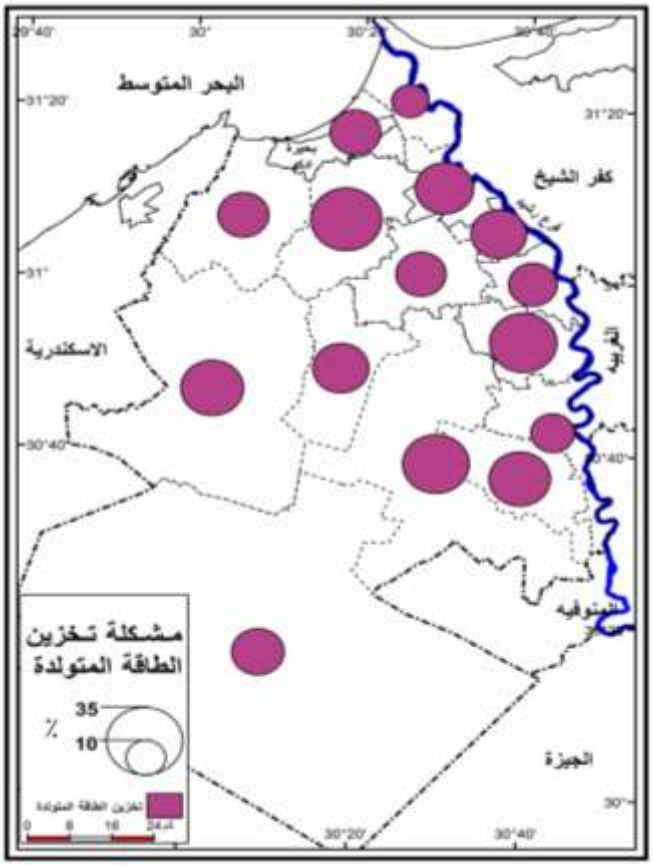
ـــ **عدم استمرارية الإنتاج:** يعتمد إنتاج الطاقة من الألواح الشمسية على مستوى الإشعاع الشمسي، الذي يتغير على مدار اليوم والفصول المختلفة، مما يؤدي إلى تذبذب في كفاءة الألواح الشمسية، لذلك من الضروري وجود نظام تخزين للطاقة لضمان توفير الكهرباء خلال الفترات التي يقل فيها التعرض لأشعة الشمس.

ـــ **فقدان الطاقة:** عند توليد الكهرباء من الألواح الشمسية، يتم تخزين الفائض لاستخدامه لاحقًا في أوقات انخفاض التعرض لأشعة الشمس، ومع ذلك فإن عمليات تخزين الطاقة وإعادة استخدامها تؤدي إلى فقدان جزء منها أثناء عمليات الشحن والتفريغ، مما يؤثر على الكفاءة الإجمالية للنظام.

ـ **تكاليف التخزين:** تشمل هذه التكاليف تحديث وصيانة أنظمة التخزين، بالإضافة إلى بناء البنية التحتية اللازمة لضمان تخزين الطاقة بكفاءة وأمان، مما يزيد من التكلفة الإجمالية لنظام الطاقة الشمسية.

وفي ضوء جدول (1) وشكلي (2،5) يتبين أن مشكلة تخزين الطاقة المتولدة عن ألواح الطاقة الشمسية هي ثاني المشكلات التي يعاني منها سكان محافظة البحيرة، وأن أكبر المراكز التي تعاني من هذه المشكلة هو أبو حمص، حيث بلغت نسبة الأفراد الذين يعانون من هذه المشكلة 34.2٪ من إجمالي المشكلات، بينما أقل المراكز رشيد، حيث بلغت 9.4٪ من إجمالي المشكلات، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة

البحيرة في مشكلة تخزين الطاقة المتولدة عن ألواح الطاقة 7، بينما بلغ معامل الاختلاف 32.8٪، ويعبر هذا عن وجود تفاوت متوسط في إدراك أو تأثير هذه المشكلة، وهو ما يعكس تبايناً في البنية التحتية، ومدي توافر وحدات التخزين، أو طبيعة الاستخدام بين المراكز، وتشير هذه النتيجة إلى أهمية توفير حلول تخزين فعالة وميسورة في التكلفة، خاصة في المراكز التي تعتمد بشكل أكبر على الطاقة الشمسية.



المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (1)

شكل (5) التوزيع الجغرافي لمشكلة تخزين الطاقة المتولدة عن ألواح الطاقة الشمسية بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

د ـ العواصف الترابية والرملية

تحدث العواصف الترابية خلال الفصول الجافة، خاصة في المناطق السهلية، نتيجة لهبوب الرياح القوية التي قد تصل إلى مستوى العاصفة، ويكون ذلك أكثر شيوعًا خلال أشهر الربيع وأوائل الصيف، ومن أبرز علامات حدوث العواصف الترابية انخفاض مستوى الرؤية الأفقية، حيث تعمل الرياح القوية على إثارة كميات كبيرة من الأتربة والرمال ونقلها لمسافات بعيدة، وتُعد محافظة البحيرة من المناطق شبه الجافة التي تتعرض للعواصف الرملية والترابية، لا سيما في الأجزاء الجنوبية منها، مما يؤثر سلبًا

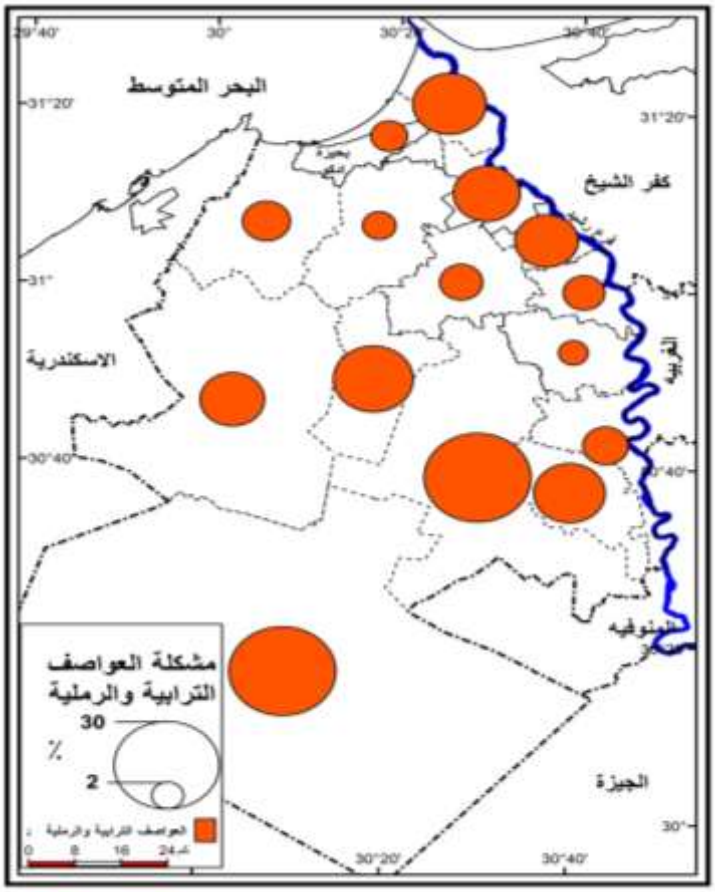
على كفاءة الألواح الشمسية، إذ تؤدي هذه العواصف إلى تراكم الغبار على أسطح الألواح، مما يحجب جزءًا من أشعة الشمس ويقلل من كمية الضوء التي تصل إلى الخلايا الشمسية، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض كفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء.

تتسبب العواصف الترابية والرملية في تأثيرات فيزيائية وتآكل للألواح الشمسية، حيث تحمل الرياح جسيمات رملية يمكن أن تُحدث خدوشًا على سطح الألواح، مما يؤدي إلى تآكل الطبقة الحامية للخلايا الشمسية ويؤثر على أدائها بمرور الوقت، كما يقلل من عمرها الافتراضي، وفي بعض الحالات قد تسبب العواصف الرملية أضرارًا دائمة لطبقات الحماية الخارجية للألواح، مما يزيد من الحاجة إلى صيانة دورية واستبدال الألواح المتضررة بشكل متكرر، وتحتاج الألواح الشمسية في المناطق المعرضة للعواصف الترابية إلى تنظيف منتظم للحفاظ على كفاءتها، وهو ما قد يتطلب تكاليف وجهدًا إضافيًا، خاصة في المحطات الشمسية واسعة النطاق (Tagawa, K., et al, 2012, p76).

وبالنظر إلى جدول (1) وشكلي (2،6) يلاحظ أن مشكلة العواصف الترابية والرملية هي رابع المشكلات التي يعاني منها سكان محافظة البحيرة، وأن أكبر المراكز التي تعاني من هذه المشكلة هما مركزا وادي النطرون والدلنجات، حيث بلغت نسبة الأفراد الذين يعانون من هذه المشكلة في كل منهما 26.5٪ من إجمالي المشكلات، بينما أقل المراكز إيتاي البارود، حيث بلغت 2٪ من إجمالي المشكلات، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة البحيرة في مشكلة العواصف الترابية والرملية 7.8، بينما بلغ معامل الاختلاف 79.6٪، وهذا يعني أن هناك تفاوت كبير بين مراكز المحافظة في هذه المشكلة.

هـ ـ اتخاذ الطيور منظومة الألواح الشمسية مسكناً لها

تشكل الطيور التي تتخذ من منظومة الألواح الشمسية مأوى لها تحديًا يؤثر على كفاءة توليد الطاقة الشمسية، ويرجع ذلك إلى عدة عوامل، من بينها البحث عن مأوى وحماية، حيث ترى الطيور في الألواح الشمسية موقعًا آمنًا للتعشيش والاحتماء من الظروف الجوية القاسية والمخاطر الأخرى، كما تلعب العوامل البيئية دورًا في ذلك، حيث تُعد الألواح الشمسية مناطق جذابة لتجمع الطيور، خاصة خلال فصلي الربيع والصيف، مما يزيد من احتمالية استخدامها كمأوى.

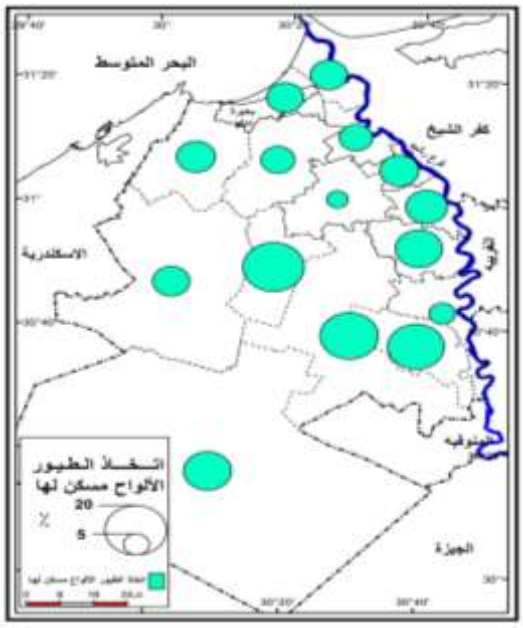


المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (1)

شكل (6) التوزيع الجغرافي لمشكلة العواصف الترابية والرملية بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

ويؤدي استقرار الطيور على الألواح الشمسية إلى أضرار ميكانيكية، حيث يمكن أن تتسبب في حدوث تلف بسبب الخدوش والصدمات، كما أن إفرازاتها تؤدي إلى تراكم الرواسب على سطح الألواح، مما يقلل من كفاءتها في امتصاص أشعة الشمس، بالإضافة إلى ذلك، فإن وجود الطيور قد يتسبب في حجب الضوء جزئيًا أو كليًا، مما يؤثر سلبًا على إنتاج الطاقة الكهربائية.

وفي ضوء جدول (1) وشكلي (2،7) يتبين أن مشكلة اتخاذ الطيور منظومة الألواح الشمسية مسكناً لها هي سابع أو أقل المشكلات التي يعاني منها سكان محافظة البحيرة، وأن أكبر المراكز التي تعاني من هذه المشكلة هو مركز حوش عيسى، حيث بلغت نسبة الأفراد الذين يعانون من هذه المشكلة في هذا المركز 17.3٪ من إجمالي المشكلات، بينما أقل المراكز دمنهور، حيث بلغت 2.1٪ من إجمالي المشكلات، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة البحيرة في مشكلة اتخاذ الطيور منظومة الألواح الشمسية مسكن لها 4.5، بينما بلغ معامل الاختلاف 54.2٪، ويعني هذا وجود تباين كبير بين المراكز في هذه المشكلة، يرتبط على الأرجح بطبيعة البيئة المحيطة، ومستوي الصيانة والحماية المطبقة على الأنظمة الشمسية، وهذا يشير إلى ضرورة توعية السكان بأهمية حماية الألواح من التأثيرات البيئية خاصة في المناطق الريفية والزراعية، والصورة (3) توضح أحد مبيت الطيور على أحد ألواح الطاقة الشمسية.



المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (1)

شكل (7) التوزيع الجغرافي لمشكلة اتخاذ الطيور منظومة الألواح الشمسية مسكناً لها بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

اتجاه النظر صوب الغرب، بتاريخ 15 / 7 / 2024م

صورة (3) أحد مبيت الطيور الموجود بالألواح الشمسية في قرية حرارة مركز حوش عيسى

و- عدم وفرة الخبرات الفنية

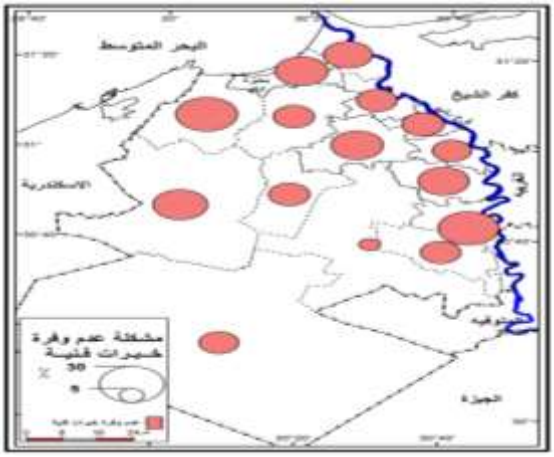
يمكن أن يشكل نقص الخبرات الفنية تحديًا لصناعة الطاقة الشمسية، مما يؤثر على عدة جوانب أساسية، فمن ناحية التصميم والتنفيذ، قد يؤدي غياب الخبرة الكافية إلى إنشاء أنظمة طاقة شمسية غير فعالة، مما يقلل من كفاءتها وأدائها على المدى البعيد، كما أن التشغيل والصيانة يتأثران بشكل كبير، حيث تسهم الصيانة الدورية والمحترفة في تقليل الأعطال والتكاليف غير المتوقعة، مما يضمن استمرارية إنتاج الطاقة بكفاءة.

بالإضافة إلى ذلك تلعب الخبرات الفنية دورًا محوريًا في تطوير التقنيات وابتكار حلول جديدة لتحسين كفاءة تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية، مما يسهم في تقليل التكاليف وتعزيز الاعتماد على الطاقة المتجددة.

وبناء على جدول (1) وشكلي (2،8) يتضح أن مشكلة عدم وفرة الخبرات الفنية هي ثالث المشكلات التي يعاني منها سكان محافظة البحيرة، وأن أكبر المراكز التي تعاني من هذه المشكلة هو مركز كفر الدوار، حيث وصلت نسبة الأفراد الذين يعانون من هذه المشكلة في هذا المركز 29.8٪ من إجمالي المشكلات، بينما أقل المراكز الدلنجات 3.6٪ من إجمالي المشكلات، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة البحيرة في مشكلة عدم وفرة الخبرات الفنية 7.1، بينما بلغ معامل الاختلاف 41.3٪، ويشير هذا إلى وجود تفاوت ملحوظ بين المراكز في مدي توافر الدعم الفني المتخصص، ويرتبط هذا التفاوت بعوامل عدة مثل مدي انتشار استخدام الطاقة الشمسية، وتوافر برامج التدريب المحلى، وعدد الشركات أو الفنيين العاملين بالمجال، ويستدعي هذا الوضع تعزيز جهود بناء القدرات الفنية على مستوي المحافظة من خلال إنشاء مراكز تدريب، وتوسيع نطاقات الدعم الفني المتخصص.

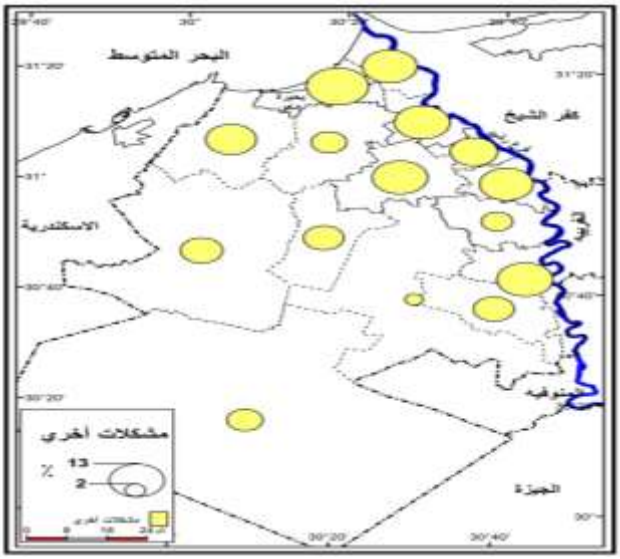
2- مشكلات ثانوية (أخرى)

تتمثل المشكلات الأخرى في مجموعة من المشكلات، وهي: تراكم الغبار على سطح خلايا الطاقة الشمسية، وارتفاع درجات الحرارة، والسحب، والضباب، والتلوث البيئي، ومشاكل الشقوق الصغيرة على الألواح الشمسية، ومشاكل البقع الساخنة على الألواح الشمسية، والمشكلات الناتجة عن سرعة الرياح. وبناء على جدول (1) وشكلي (2،9) يتضح أن المشكلات الثانوية هي سادس المشكلات التي يعاني منها سكان محافظة البحيرة، وأن أكبر المراكز التي تعاني من هذه المشكلة هو المحمودية حيث وصلت نسبة الأفراد الذين يعانون من هذه المشكلة في هذا المركز 12.8٪ من إجمالي المشكلات، بينما أقل المراكز الدلنجات، حيث بلغت 1.4٪ من إجمالي المشكلات، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة البحيرة في المشكلات الثانوية 4.1، بينما بلغ معامل الاختلاف 45.1، ويعكس هذا وجود تباين واضح بين المراكز، ما يدل على أن هذه التحديات مرتبطة بظروف بيئية محلية، أو باختلاف وجود أنظمة التركيب والصيانة، وهو ما يستدعي تعزيز آليات الحماية والصيانة الوقائية للألواح الشمسية خصوصاً في المناطق الأشد تأثراً.



المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (1)

شكل (8) التوزيع الجغرافي لمشكلة عدم وفرة خبرات فنية بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.



المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (1)

شكل (9) التوزيع الجغرافي للمشكلات الثانوية للطاقة الشمسية بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

أ: تراكم الغبار على سطح خلايا الطاقة الشمسية

يلعب الغبار دورًا مؤثرًا في تقليل كفاءة الأنظمة الكهروضوئية، حيث يؤدي تراكمه على أسطح الخلايا الشمسية إلى حجب أشعة الشمس، مما يحد من قدرتها على توليد الطاقة، وإذا لم يتم تنظيف الألواح الشمسية وصيانتها بشكل دوري، فقد ينخفض إنتاج الطاقة بنسبة تتراوح بين 35– 65٪، مما يؤثر سلبًا على الأداء العام للنظام الشمسي وكفاءته التشغيلية، (Rezvani, M., et al. 2023, p205) وتتضمن التأثيرات الرئيسة لتراكم الغبار على الخلايا الشمسية ما يلي:

ـ انخفاض كفاءة التحويل الكهروضوئي:

يؤدي تراكم الغبار على أسطح الألواح الشمسية إلى تقليل كمية الضوء التي تصل إلى الخلايا، مما يؤثر على قدرتها في تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء.

ـ الانعكاس والامتصاص:

تحتوي بعض أنواع الغبار على جزيئات تعمل على امتصاص أو عكس الضوء، مما يزيد من الأثر السلبي على إنتاج الطاقة، على سبيل المثال، الغبار الداكن يمتص كمية أكبر من الضوء، مما يؤدي إلى تقليل كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الخلايا الشمسية، وبالتالي ينخفض معدل إنتاج الكهرباء.

ـ تأثير العوامل الجوية:

تلعب العوامل الجوية مثل الرياح والأمطار والرطوبة دورًا رئيسًا في تراكم الغبار أو إزالته، فقد تسهم الرياح في نقل المزيد من الأتربة إلى سطح الألواح، بينما تساعد الأمطار في تنظيفها جزئيًا، ومع ذلك في المناطق الجافة، يؤدي التراكم المستمر للغبار إلى مشاكل أكثر تعقيدًا تؤثر على الأداء العام للنظام الشمسي.

ـ تفاوت التأثير حسب الموقع الجغرافي:

تعاني المناطق الصحراوية والجافة من تراكم أعلى للغبار، مما يؤدي إلى تراجع كفاءة الألواح الشمسية بشكل ملحوظ، ففي جنوب المحافظة وخاصة في وادي النطرون، وتسببت التراكمات العالية للغبار في انخفاض واضح في أداء الألواح الشمسية، مما يستدعي عمليات صيانة وتنظيف دورية للحفاظ على كفاءتها التشغيلية.

اتجاه النظر صوب الغرب، بتاريخ 22 / 6 / 2024م

صورة (4) بعض الغبار والحصى الموجود على الألواح الشمسية في قرية عثمان بن عفان مركز بدر

اتجاه النظر صوب الغرب، بتاريخ 13 / 6 / 2024م

صورة (5) بعض الغبار الموجود على الألواح الشمسية

في قرية عبد السلام عارف مركز بدر

ـ الحاجة إلى الصيانة والتنظيف:

يعد التنظيف المنتظم للألواح الشمسية أمرًا ضروريًا للحفاظ على كفاءتها وضمان استمرار إنتاج الطاقة بكفاءة عالية، فتراكم الغبار والأوساخ يمكن أن يقلل من قدرة الألواح على امتصاص الضوء الشمسي، مما يؤثر سلبًا على إنتاج الكهرباء، وتشير الدراسات إلى أن إهمال تنظيف الألواح أو تأخيره قد يؤدي إلى خسائر في إنتاج الطاقة تتراوح بين 35٪ و65٪، مما يجعل الصيانة الدورية ضرورة لضمان الأداء الأمثل للنظام الشمسي (Abdallah, R., et al, 2022, p5).

ب ـ ارتفاع درجات الحرارة:

يؤثر ارتفاع درجة الحرارة سلبًا على إنتاجية الخلايا الشمسية، حيث يؤدي إلى زيادة حركة الإلكترونات داخل الخلية، مما يجعل جمع الطاقة أقل كفاءة، وعند ارتفاع درجة حرارة الخلايا الشمسية المصنوعة من السيليكون، يرتفع التيار الكهربائي بشكل طفيف، بينما ينخفض الجهد الكهربائي بشكل أكبر، مما يؤدي إلى تراجع القدرة المنتجة وانخفاض الكفاءة العامة للنظام.

ويختلف تأثير الحرارة على الخلايا الشمسية وفقًا لنوع التقنية المستخدمة، حيث تكون الخلايا الرقيقة أقل تأثرًا مقارنة بالخلايا أحادية البلورة، كما أن أشباه الموصلات تتأثر بارتفاع الحرارة، حيث تنخفض فجوة النطاق مما يؤثر على خصائصها الفيزيائية، فتزداد طاقة الإلكترونات، مما يتطلب طاقة أكبر لكسر الروابط بين الإلكترونات والنواة، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة التيار الكهربائي وانخفاض الجهد مع ارتفاع درجات الحرارة.

وتلعب العوامل البيئية الأخرى، مثل الأمطار والرطوبة، دورًا في التأثير على كفاءة الألواح الشمسية، خاصة عند وجود ضعف في العزل الكهربائي، كما أن فترات هطول الأمطار والغياب الكلي لأشعة الشمس تؤثر على إنتاجية الخلايا، إذ تُعد الرطوبة أكثر تأثيرًا من الحرارة، نظرًا لقدرتها على التأثير المباشر في أداء أشباه الموصلات، وتُظهر الألواح الشمسية كفاءة أعلى عند انخفاض درجات الحرارة، بينما تتراجع فعاليتها مع ارتفاعها.

جـ ـ السحاب والضباب:

تعد ظاهرتا السحاب والضباب من التحديات المؤثرة على تطبيقات الطاقة الشمسية، حيث يُعتبر مرور المنخفضات الجوية في أواخر الخريف والشتاء وأثناء فصل الربيع من الأسباب الرئيسة لتكون السحاب، وتنشأ هذه السحاب نتيجة لحالات عدم الاستقرار الجوي الناجمة عن تسخين الإشعاع الشمسي لسطح الأرض في فصلي الربيع والخريف، إضافة إلى وصول تيارات هوائية باردة وملامستها للسطح الأرضي الساخن، مما يؤدي إلى تكوّن السحاب.

تؤثر هذه الظواهر بشكل ملحوظ على كفاءة الطاقة الشمسية، حيث يقلل السحاب والضباب من كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الألواح الشمسية، مما ينعكس سلبًا على قدرة الألواح في إنتاج الكهرباء بشكل فعال، وفيما يلي نقدم تحليلًا مفصلًا لتأثير السحب والضباب على كفاءة إنتاج الطاقة الشمسية.

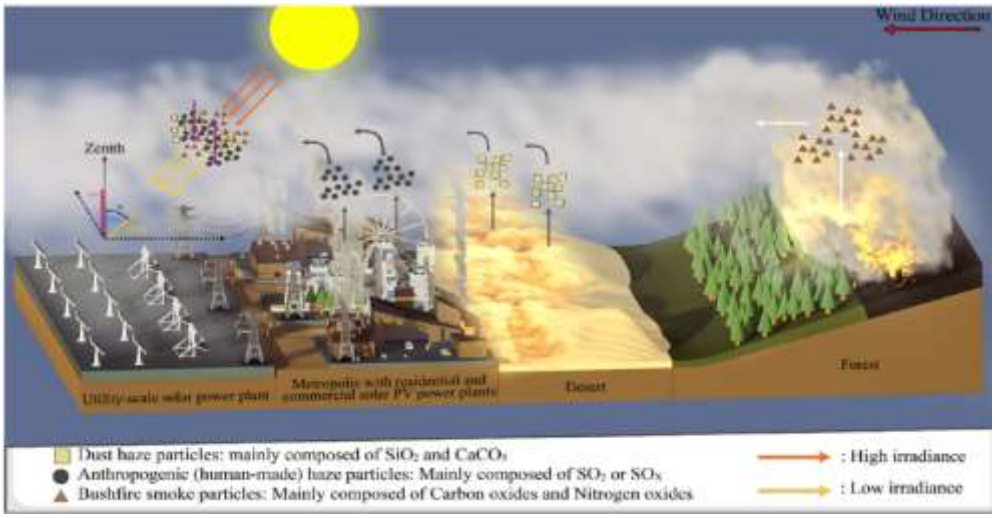
ـ تأثير السحاب على الطاقة الشمسية

تؤدي السحاب دورًا فاعلًا في تقليل كمية الإشعاع الشمسي المباشر الذي يصل إلى الألواح الشمسية، حيث تعمل كحاجز طبيعي يحجب جزءًا من الأشعة الشمسية، ففي حالات الغيوم الخفيفة، ينخفض الإشعاع الشمسي بنسبة تتراوح بين 10–20%، بينما قد يصل هذا الانخفاض إلى ما بين 70–90% عند وجود سحاب كثيفة، وينعكس هذا التغير بشكل مباشر على أداء الألواح الشمسية، حيث تسجّل انخفاضًا في كفاءتها يتراوح بين 10–25% في المناطق التي تشهد تكرارًا لظاهرة الغيوم المتقطعة (Nilo, S. T., et al, 2020, p8) وعلى الرغم من أن السحاب تحدّ من الإشعاع الشمسي المباشر، فإنها تسهم في زيادة الإشعاع المنتشر في الغلاف الجوي، وقد صُممت الألواح الشمسية الحديثة بحيث تكون قادرة على امتصاص هذا النوع من الإشعاع، إلا أن كفاءتها في تحويل الإشعاع المنتشر إلى طاقة كهربائية تبقى أقل مقارنة بقدرتها على استغلال الإشعاع المباشر.

ـ تأثير الضباب على الطاقة الشمسية:

يسهم الضباب في تقليل شفافية الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى تشتت الإشعاع الشمسي وضعف نفاذه نحو سطح الأرض، وبالتالي ينخفض معدل الإشعاع الذي تستقبله الألواح الشمسية، ويؤثر ذلك سلبًا على كفاءتها في توليد الطاقة الكهربائية، وتعتمد درجة الانخفاض في الإشعاع الشمسي على كثافة الضباب وفترة استمراره، حيث قد تتراوح نسبة التراجع في الإشعاع ما بين 20 –50% (Sadat, S., et al, 2022, p4).

وفي بعض المناطق، يكون الضباب مشبعًا بجزيئات دقيقة ناتجة عن الانبعاثات الصناعية وعوادم المركبات، مما يؤدي إلى ترسيب هذه الجسيمات على أسطح الألواح الشمسية، ومع تراكمها بمرور الوقت تنخفض كفاءة الألواح في امتصاص الإشعاع الشمسي، مما يستدعي إجراء عمليات تنظيف دورية للحفاظ على أدائها الأمثل.



المصدر: (Sadat Seyyed A, et al, 2022, p3)

شكل (10) تأثير الضباب على مولدات الطاقة الكهروضوئية أو الطاقة الشمسية

ز- المشكلات الناتجة عن سرعة الرياح:

تُعد سرعة الرياح من العوامل البيئية المؤثرة في أداء وكفاءة أنظمة الطاقة الشمسية، حيث تؤدي الرياح القوية إلى إزاحة الألواح الشمسية وهياكلها الداعمة، وقد تتسبب في تلف مكونات النظام، لا سيما في المحطات التي تعتمد على أنظمة التتبع الشمسي، نظرًا لحركة الألواح المستمرة وتغير زاويتها بما يزيد من مساحة السطح المعرض للرياح، ويُضاعف من شدة التأثيرات الميكانيكية الواقعة عليها.

وينتج عن ذلك أضرار محتملة بالخلايا الشمسية، قد تصل إلى توقفها الكامل عن توليد الكهرباء، كما تسهم الرياح أيضًا في زيادة ترسيب الأتربة والرمال على سطح الألواح،

مما يؤدي إلى حجب جزء من الإشعاع الشمسي الساقط، وبالتالي تقليل كفاءة الخلايا في تحويل الطاقة الضوئية إلى كهربائية، الأمر الذي ينعكس سلبًا على القدرة الإنتاجية الكلية للنظام، ويؤدي إلى انخفاض جهد التيار الناتج، ولمواجهة هذه التحديات، يُوصى بإجراء دراسات دقيقة لسرعة الرياح واتجاهاتها في الموقع المقترح لإنشاء المحطة الشمسية، وتخزين هذه البيانات ضمن أنظمة التحكم المرتبطة بوحدات التتبع الآلي، بهدف تعديل زاوية الألواح إلى الوضع الأفقي عند تجاوز سرعة الرياح الحدود المسموح بها.

أما فيما يتعلق بمشكلة تراكم الأتربة، فيمكن التخفيف من تأثيرها السلبي من خلال تطبيق برامج منتظمة للتنظيف باستخدام أساليب الغسيل الرطب والجاف، بما يضمن الحفاظ على كفاءة الأداء ورفع القدرة التحويلية للوحدات الشمسية. (ياسر عبد الجواد، 2021، ص243) والصورتان (5 و 6) توضح تأثير الرياح على حمل الأتربة والقش والأوراق ووضعها على الألواح الشمسية

اتجاه النظر صوب الغرب، بتاريخ 29 / 6 / 2024م

صورة (5) تأثير الرياح على حمل القش والأوراق ووضعها على الألواح الشمسية في قرية الحمراء مركز وادي النطرون

اتجاه

النظر صوب الغرب، بتاريخ 18 / 6 / 2024م

صورة (6) تأثير الرياح على حمل بقايا الأشجار والأوراق ووضعها على الألواح الشمسية في قرية عمر مكرم مركز بدر

ثانيًا: مقترحات لحل مشكلات إنتاج الطاقة الشمسية

يتطلب التوسع في الاعتماد على الطاقة الشمسية مواجهة عدد من التحديات المتنوعة عبر حلول مبتكرة ومستدامة، إذ تُعد الطاقة الشمسية من أبرز مصادر الطاقة المتجددة القادرة على تلبية الطلب العالمي المتزايد على الطاقة بطريقة صديقة للبيئة، ورغم ما تقدمه من مزايا بيئية واقتصادية، لا يزال انتشارها الواسع يواجه معوقات تقنية، واقتصادية، وأخرى متعلقة بالبنية التحتية، وانطلاقًا من ذلك، تبرز الحاجة إلى دراسة هذه التحديات وتحليلها بدقة، بهدف تقديم مقترحات فعالة تسهم في تعزيز كفاءة استخدام الطاقة الشمسية وتوسيع نطاق تطبيقها، وسيتناول هذا الفصل جملة من المقترحات العملية الممكنة لتحسين أداء هذا القطاع، بدءًا من تطوير التقنيات المستخدمة وتخفيض التكاليف المرتبطة بالإنتاج والتركيب، مرورًا بابتكار حلول تخزين متقدمة للطاقة، وانتهاءً بتحديث شبكات الطاقة والبنية التحتية المرتبطة بها، ومن خلال تبنّي هذه التوجهات، يمكن تحقيق نقلة نوعية في أنظمة الطاقة العالمية، تُفضي إلى مستقبل أكثر استدامة وكفاءة وأمانًا، من أبرز هذه المقترحات ما يلي، كما يوضح جدول (2) وشكل (11)، ومن خلال الدراسة الميدانية يتضح أن أكثر المقترحات التي تساعد في حل المشكلات في مراكز محافظة البحيرة هو تخفيض سعر الألواح الشمسية، حيث أكد المعظم أن أكبر عائق لهم في استخدام الطاقة الشمسية هو ارتفاع سعر الألواح، ولكي يتم استخدام الطاقة الشمسية لابد من تقليل سعرها، كما يتضح أن

أقل المقترحات التي تساعد في حل مشكلات الطاقة الشمسية في محافظة البحيرة هو الابتعاد عن الأشجار ومناطق الظل، كما تبين أن الانحراف المعياري بين جميع مقترحات حل مشكلات الطاقة الشمسية هو 5.9، بينما بلغ معامل الاختلاف 29.3٪،

المركز	تخفيض سعر الألواح الشمسية	صيانة ألواح الخلايا الشمسية	استخدام ألواح عالية الكفاءة	استخدام أجهزة تخزين طاقة	الابتعاد عن الأشجار ومناطق الظل
رشيد	31.2	25	12.5	15.6	14.7
ادكو	21.4	17.8	17.8	28.6	14.4
المحمودية	28.2	15.4	25.6	10.3	20.5
الرحمانية	30.2	16.3	18.6	23.3	11.6
شبراخيت	20	32	24	16	**8**
ايتاي البارود	20.4	18.4	22.4	6.3	22.5
كوم حمادة	19.4	21	24.2	19.4	16
بدر	29.4	20.6	10.8	24.5	14.7
وادي النطرون	30.8	20.4	22.1	15	11.7
الدلنجات	27.7	30.1	20.5	12.1	9.6
حوش عيسي	20	17.3	16	26.7	20
أبو المطامير	25.5	22.3	27.7	13.8	10.7
دمنهور	31.9	25.5	17.1	10.6	14.9
أبو حمص	26.3	47.4	10.5	10.5	5.3
كفر الدوار	26.3	21.1	22.8	17.5	12.3

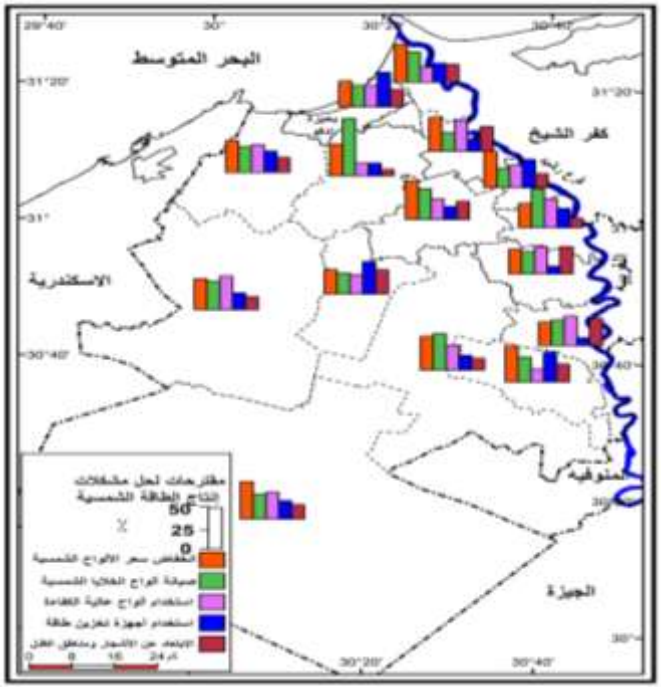
وهو ما يشير إلى وجود تباين متوسط في أراء السكان بشأن فاعلية الحلول المقترحة، مع ميل واضح نحو الحلول المالية علي حساب الجوانب الفنية الأقل إدراكاً من قبل السكان.

1- تخفيض أسعار الألواح الشمسية:

يُعد تخفيض أسعار ألواح الطاقة الشمسية من العوامل الأساسية التي تسهم في تسريع انتشار الطاقة الشمسية على نطاق واسع، ويعزى هذا التراجع في الأسعار إلى مجموعة من العوامل التقنية والاقتصادية، فضلاً عن السياسات الحكومية الداعمة لهذا القطاع، وفي هذا السياق سيتم استعراض الأسباب الرئيسة التي أدت إلى انخفاض تكاليف ألواح الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى التأثيرات المحتملة لهذا الانخفاض على قطاع الطاقة المتجددة بشكل عام.

جدول (2) مقترحات حل مشكلات الطاقة الشمسية في محافظة البحيرة حتى عام 2023م (٪)

المصدر: من إعداد الطالب اعتماداً على نتائج الدراسة الميدانية خلال شهر يونيو 2024



المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (2)

شكل (11) التوزيع الجغرافي لأهم مقترحات حل مشكلات الطاقة الشمسية بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

أ- أسباب تخفيض أسعار ألواح الطاقة الشمسية:

تتعدد الأسباب التي أسهمت في تخفيض أسعار ألواح الطاقة الشمسية، ويمكن تلخيص أبرزها في النقاط التالية:

التقدم التكنولوجي في التصنيع: أدت التحسينات المستمرة في تقنيات التصنيع إلى خفض تكاليف إنتاج الألواح الشمسية، فقد أسهمت الابتكارات التكنولوجية في تحسين كفاءة العمليات الإنتاجية، مما أدى إلى تقليل استخدام المواد الخام والوقت اللازم للتصنيع، وبالتالي خفض التكاليف.

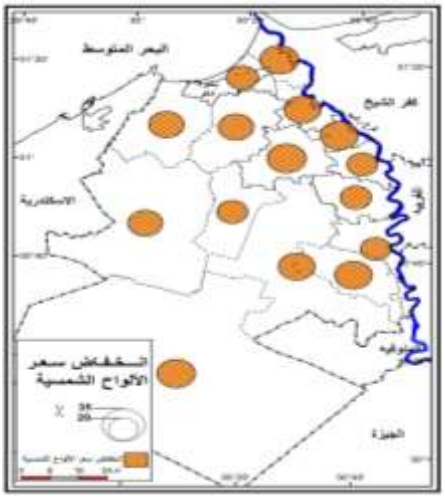
التطورات في المواد المستخدمة: مع تقدم البحث والتطوير في المواد المستخدمة في صناعة الألواح الشمسية، تم التوصل إلى مواد أكثر فعالية وأقل تكلفة، ما ساعد في تقليص تكاليف الإنتاج وزيادة كفاءة الألواح، فقد أسهم استخدام مواد جديدة مثل السيليكون عالي الكفاءة في تحسين أداء الألواح وتقليل التكلفة الإجمالية.

تحسين كفاءة الألواح: إن زيادة كفاءة الألواح الشمسية تعني القدرة على إنتاج كمية أكبر من الطاقة باستخدام نفس المساحة، مما يسهم في تقليص التكلفة الإجمالية للنظام الشمسي، ومن ثم، فإن الألواح ذات الكفاءة العالية تُعد أكثر اقتصادية من حيث تكاليف التشغيل والصيانة.

ب ـ أثر تخفيض أسعار ألواح الطاقة الشمسية:

يسهم انخفاض أسعار ألواح الطاقة الشمسية بشكل كبير في تعزيز التحول نحو الطاقة المتجددة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، ومع تراجع تكاليف الطاقة الشمسية، يصبح من الممكن تقليص الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية مثل الفحم والنفط، مما يسهم في تلبية احتياجات الطاقة بطرق أكثر استدامة، علاوة على ذلك فإن تخفيض التكاليف يسهم في تحقيق أهداف الاستدامة على مستوى العالم، حيث يساعد الدول في تقليل انبعاثات الكربون وتعزيز استخدام الطاقة النظيفة، ما يعزز من جهود الحد من آثار التغيرات المناخية ويسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة (Lydersen, K., 2024, p3).

وبناء على جدول (2) وشكلي (11،12) يتضح أن تخفيض سعر ألواح الطاقة الشمسية هو أكثر المقترحات التي قدمها سكان محافظة البحيرة، وأن أكبر المراكز دمنهور، حيث وصلت نسبة الأفراد التي فضلت هذا الاقتراح في هذا المركز 31.9٪، بينما أقل المراكز كوم حمادة، حيث بلغت نسبتهم 19.4٪ ، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة البحيرة في مقترح انخفاض سعر ألواح الطاقة الشمسية 4.5، بينما بلغ معامل الاختلاف 17.4٪، ويعكس هذا وجود تفاوت طفيف بين المراكز في درجة تأييدهم لهذا الحل، ما يدل على شبه اجماع نسبي على أهمية البعد الاقتصادي في نجاح مشروعات الطاقة الشمسية بالمحافظة.



المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (2)

شكل (12) التوزيع الجغرافي لمقترح تخفيض سعر الألواح الشمسية بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

2ـ صيانة ألواح الخلايا الشمسية

تعد ألواح الخلايا الشمسية من التقنيات الأساسية في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية، وهي تشهد تزايدًا ملحوظًا في الاستخدام نظرًا لدورها الكبير في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري والحد من الانبعاثات الكربونية، ومع تزايد الاعتماد على هذه التقنية، يصبح من الضروري التركيز على صيانتها لضمان كفاءتها واستدامتها على المدى الطويل.

تتطلب ألواح الخلايا الشمسية صيانة دورية منتظمة للحفاظ على أدائها الأمثل، تشمل الصيانة عمليات التنظيف المتكررة للألواح لإزالة الأتربة والرواسب التي قد تحد من قدرتها على امتصاص أشعة الشمس بشكل فعال، فضلاً عن فحص الأجزاء الكهربائية والنظام الكلي للتأكد من عدم وجود أية مشكلات أو أعطال قد تؤثر على تشغيل النظام أو تقلل من كفاءته.

تُعد الصيانة المنتظمة للألواح الشمسية من العوامل الأساسية لزيادة كفاءة النظام، حيث تسهم في الحفاظ على نظافة الألواح وضمان عدم وجود أية عوائق تؤثر على امتصاص ضوء الشمس، مما يزيد من كفاءة النظام بنسبة تتراوح بين 10 – 30٪، كما تسهم الصيانة الدورية في إطالة عمر النظام، إذ تعمل على تقليل التلف التدريجي للألواح ومكوناتها، مما يؤدي إلى تمديد العمر الافتراضي للنظام، حيث يمكن للأنظمة الشمسية التي تخضع لصيانة جيدة أن تستمر لأكثر من 25 عامًا (Ogbulezie, J. C., et al, 2020, p2).

بالإضافة إلى ذلك، تساعد الصيانة في تقليل التكاليف، من خلال تجنب الأعطال الكبيرة والمكلفة عبر الكشف المبكر عن المشكلات وإصلاحها، كما تسهم الفحوصات الدورية في ضمان السلامة، حيث يمكن اكتشاف المشكلات الكهربائية المحتملة مثل الأسلاك التالفة التي قد تشكل خطرًا على السلامة، مثل الحرائق، ومن خلال الصيانة المنتظمة يمكن لمالكي الأنظمة الشمسية تحقيق أقصى استفادة من استثماراتهم وضمان أن النظام يعمل بكفاءة وفعالية على المدى الطويل.

ويمكن تنفيذ الصيانة بواسطة فرق مختصة أو من قبل مالكي الأنظمة الصغيرة بعد الحصول على التدريب المناسب، وتشمل الصيانة أيضاً التأكد من عدم وجود ظلال تغطي الألواح، وفحص التوصيلات الكهربائية، والتحقق من أداء العاكسات والمكونات الأخرى في النظام.

وتتضمن الصيانة عدة نقاط ومنها:

أـ التنظيف المنتظم: كما أُشير سابقًا فإن ألواح الطاقة الشمسية تتعرض لتراكم الأتربة والرواسب التي قد تؤثر سلبًا على قدرتها على امتصاص أشعة الشمس، مما يؤدي إلى انخفاض كفاءتها التشغيلية، وللحفاظ على أداء الألواح يُوصى بتنظيفها باستخدام الماء والمعدات غير الكاشطة، وذلك لتفادي خدش سطح الخلايا أو إلحاق ضرر بها، ويُفضل تنفيذ عملية التنظيف في ساعات الصباح الباكر أو عند غروب الشمس، حيث تكون درجات الحرارة منخفضة نسبياً، مما يساعد على تجنب التغيرات الحرارية المفاجئة التي قد تتسبب في تشقق الألواح أو إضعاف بنيتها بمرور الوقت.

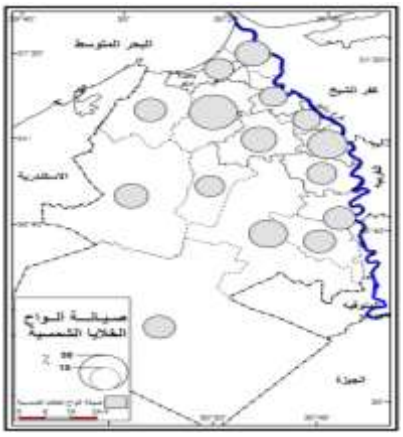
ب ـ الفحص الدوري: وتُعد عمليات الفحص المنتظم عاملاً أساسيًا في الكشف المبكر عن الأعطال المحتملة، مثل تلف الأسلاك أو المشكلات المتعلقة بالعاكسات، وتشمل هذه العمليات الفحص البصري للتأكد من سلامة التوصيلات والكبلات، إلى جانب الفحص التقني باستخدام أجهزة القياس الكهربائية لمراقبة أداء النظام وتحديد أية انحرافات عن المستويات التشغيلية المثلى، ويسهم هذا النهج الوقائي في اكتشاف الأعطال في مراحلها الأولى، مما يُمكن من إجراء الإصلاحات اللازمة بسرعة وفعالية، ويقلل من فرص حدوث أعطال جسيمة قد تؤثر على كفاءة النظام أو تتسبب في توقفه عن العمل (Mani, M., 2010, p5) .

جـ ـ إجراء الإصلاحات اللازمة: وذلك للحفاظ على الأداء الأمثل للنظام الشمسي وضمان عدم تدهور مكوناته، عن طريق إصلاح أو استبدال الأجزاء التالفة مثل العاكسات أو الألواح التالفة.

وبالنظر إلى جدول (2) وشكلي (11،13) يتبين أن صيانة ألواح الخلايا الشمسية هو ثاني أكثر المقترحات التي قدمها سكان محافظة البحيرة، وأن أكبر المراكز التي قدمت هذا الاقتراح هو مركز أبو حمص، حيث وصلت نسبتهم47.4٪ من إجمالي المقترحات، بينما أقل المراكز المحمودية، حيث بلغت 15.4٪، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة البحيرة في مقترح صيانة ألواح الخلايا الشمسية 8.2، بينما بلغ معامل الاختلاف 35٪، ويعني هذا وجود تفاوت متوسط في وعي السكان بأهمية الصيانة، وهو ما يستدعي تعزيز برامج التوعية والتدريب الفني في هذا المجال لا سيما في المراكز الأقل إدراكاً لأهميتها.

3- استخدام الألواح الشمسية عالية الكفاءة:

تعد ألواح الطاقة الشمسية من أبرز الحلول في مجال الطاقة المتجددة، لما توفره من إمكانية تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية نظيفة ومستدامة، ومع تزايد الطلب العالمي على الطاقة وتراجع الاعتماد على الموارد التقليدية المحدودة، يتجه الاهتمام نحو تطوير واعتماد تقنيات أكثر كفاءة في استغلال الطاقة الشمسية، وفي ظل التحديات البيئية والاقتصادية المتصاعدة التي يواجهها العالم اليوم تبرز الحاجة الملحة إلى مصادر طاقة بديلة وآمنة، وتُعتبر الطاقة الشمسية من أكثر مصادر الطاقة المتجددة الواعدة، نظراً لما تمتلكه من إمكانات كبيرة لتلبية احتياجات الطاقة في الحاضر والمستقبل على حد سواء.



المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (2)

شكل (13) التوزيع الجغرافي لمقترح صيانة ألواح الخلايا الشمسية بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

ومع تقدم التكنولوجيا، شهدت ألواح الطاقة الشمسية تحسينات كبيرة في كفاءتها وأدائها. تتميز ألواح الطاقة الشمسية عالية الكفاءة بقدرتها على تحويل نسبة أكبر من الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية مقارنةً بالألواح التقليدية، ويرجع هذا التميز إلى اعتمادها على تقنيات متقدمة، مثل خلايا السيليكون الأحادية البلورة، والخلايا متعددة الوصلات، والتي تتيح لها تحقيق معدلات تحويل للطاقة تتجاوز 20٪، وفي المقابل تظل كفاءة الألواح التقليدية التي تعتمد غالبًا على خلايا السيليكون متعددة البلورات ضمن نطاق يتراوح بين 15–18٪ (Reynolds, W., 2022, p4).

❖**فوائد استخدام ألواح شمسية عالية الكفاءة:**

أ– زيادة الإنتاجية: تُتيح الألواح الشمسية عالية الكفاءة إمكانية توليد كميات أكبر من الطاقة من نفس المساحة مقارنةً بالألواح التقليدية، مما يجعلها خيارًا مثاليًا في المواقع

التي تعاني من محدودية المساحة، سواء في الاستخدامات السكنية أو التجارية أو الصناعية، وفي الحالات التي تكون فيها الحاجة ملحّة لتحقيق أقصى إنتاجية ممكنة من مساحة محدودة، تُمثل هذه الألواح حلاً فعالاً يسهم في تحقيق الأهداف الطاقوية دون الحاجة إلى توسعة مساحات التركيب.

ب– تخفيض التكاليف على المدى الطويل: رغم أن تكلفة الألواح عالية الكفاءة تكون غالبًا أعلى في مرحلة الشراء الأولية، إلا أن العائد الاقتصادي منها يتفوق على نظيرتها التقليدية على المدى البعيد، ويعود ذلك إلى قدرتها على توليد طاقة أكبر، مما يقلل من الحاجة إلى تركيب وحدات إضافية أو توسعة المساحة، كما أن هذه الألواح غالبًا ما تُصمم بمعايير عالية من حيث المتانة والموثوقية، ما يُسهم في خفض تكاليف الصيانة والإصلاح مع مرور الوقت.

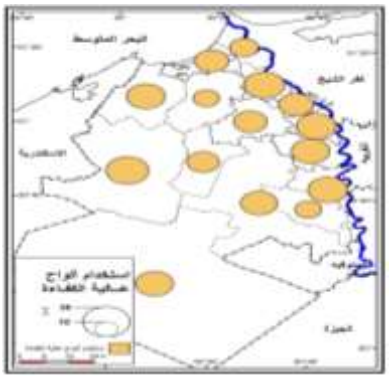
ج– تقليل الأثر البيئي: تُسهم الألواح الشمسية عالية الكفاءة في تعزيز الاستدامة البيئية من خلال تقليل الانبعاثات الكربونية والاعتماد على مصادر نظيفة للطاقة، ولا يصدر عنها أثناء التشغيل أي ملوثات هوائية ضارة مثل أكاسيد الكبريت أو النيتروجين أو الجسيمات الدقيقة، وهي عناصر معروفة بتأثيرها السلبي على جودة الهواء والصحة العامة، علاوة على ذلك فإن الاعتماد المتزايد على هذه التقنية يحد من استنزاف الموارد غير المتجددة كالفحم والنفط والغاز الطبيعي، كما أنه يقلل من استهلاك المياه، نظرًا لعدم حاجة الألواح الشمسية إلى عمليات تبريد كثيفة أو استخدام مواد كيميائية قد تؤثر على جودة المياه، بعكس ما يحدث في محطات توليد الطاقة التقليدية.

د ـ تحسين الأداء في الظروف المناخية المختلفة: تُصمم بعض الألواح الشمسية عالية الكفاءة لتقديم أداء متميز في ظروف الإضاءة المنخفضة ودرجات الحرارة المرتفعة، وهو ما يمنحها مرونة تشغيلية عالية ويجعلها مناسبة للاستخدام في بيئات مناخية متباينة، وتعتمد هذه الألواح على تقنيات متقدمة تُعزز من قدرتها على مقاومة العوامل الجوية القاسية، كالعواصف والرياح الشديدة، دون أن يتأثر مستوى إنتاجها للطاقة، كما تُظهر بعض النماذج من هذه الألواح كفاءة ملحوظة في استغلال الضوء الخافت، ما يُمكنها من توليد قدر معتدل من الكهرباء حتى في الأوقات التي تغيب فيها أشعة الشمس المباشرة، مثل الأيام الغائمة أو فترات الشروق والغروب، ويُعزى هذا الأداء إلى التطوير المستمر في تقنيات التصنيع، والذي أسهم في رفع قدرة هذه الألواح على امتصاص الإشعاع الشمسي المنخفض بكفاءة أعلى، مما يُحسن من إجمالي إنتاج

الطاقة، حتى في الظروف التي تقل فيها مستويات الإشعاع الشمسي (Reynolds, W., 2022, p5).

هـ ـ تقليل البصمة الكربونية: بفضل قدرتها على إنتاج المزيد من الكهرباء من نفس كمية ضوء الشمس، تسهم الألواح عالية الكفاءة بشكل أكبر في تقليل انبعاثات الكربون وتعزيز استخدام الطاقة النظيفة.

بناء على جدول (2) وشكلي (11،14) يتبين أن استخدام الألواح الشمسية عالية الكفاءة هو ثالث أكثر المقترحات التي قدمها سكان محافظة البحيرة، وأن أكبر المراكز التي قدمت هذا الاقتراح هو أبو المطامير، حيث وصلت نسبتهم 27.7٪ من إجمالي المقترحات المقدمة، بينما أقل المراكز أبو حمص، حيث بلغت 10.5٪ من إجمالي المقترحات، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة البحيرة في مقترح استخدام الألواح الشمسية عالية الكفاءة 5.4، بينما بلغ معامل الاختلاف 27.7٪، ويعكس هذا وجود تباين بسيط إلى متوسط في أراء السكان حول هذا الحل، ويرتبط ذلك باختلاف الوعي الفني، والخبرة المباشرة بالتعامل مع منظومات الطاقة الشمسية، الأمر الذي يستدعي تعزيز التثقيف المجتمعي، في مجال الخصائص الفنية للألواح الشمسية وجودتها.



المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (2)

شكل (14) التوزيع الجغرافي لمقترح استخدام ألواح شمسية عالية الكفاءة بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

4- استخدام أجهزة تخزين طاقة:

تلعب أجهزة تخزين الطاقة دوراً جوهرياً في تعزيز كفاءة واستدامة أنظمة الطاقة الحديثة، خصوصًا في ظل التوجه العالمي المتزايد نحو مصادر الطاقة المتجددة، ويُعد التخزين عنصراً أساسياً لضمان استقرار الشبكات الكهربائية وتوازنها، كما يُسهم في دعم التحول نحو أنظمة طاقة أكثر مرونة واعتمادية، وتُوفر هذه الأجهزة حلولًا فعّالة لعدد من

التحديات المرتبطة بإنتاج الطاقة ونقلها واستهلاكها، حيث تُعزز من قدرة الشبكات الكهربائية على استيعاب مصادر الطاقة المتقطعة، وتُسهم في تحسين كفاءة التشغيل وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية.

وفيما يلي أبرز الأدوار التي تؤديها أجهزة تخزين الطاقة في هذا السياق:

أ: تعزيز استقرار الشبكة الكهربائية: تُمكن أنظمة التخزين من تحقيق التوازن بين العرض والطلب على الطاقة، حيث يُمكن تخزين الفائض خلال فترات الإنتاج المرتفع واستخدامه لاحقًا خلال أوقات الذروة، مما يُقلل من اضطرابات الشبكة.

ب: دعم تكامل الطاقة المتجددة: تُعد مصادر الطاقة الشمسية والرياح متقطعة بطبيعتها، وتعتمد على تقلبات الطقس، وهنا تبرز أهمية التخزين في التقاط الطاقة المولدة في أوقات الوفرة، وضخها في الشبكة عند انخفاض التوليد، مما يُعزز من موثوقية الاعتماد على هذه المصادر.

جـ: تحسين كفاءة استخدام الطاقة: من خلال تخزين الفائض من الطاقة خلال فترات انخفاض الطلب وإعادة استخدامه عند الحاجة، تُقلل أجهزة التخزين من الفاقد في الطاقة وتحسّن من كفاءة النظام الكهربائي على المدى الطويل.

د: دعم الشبكات الذكية: تُعد أجهزة التخزين جزءًا لا يتجزأ من بنية الشبكات الذكية، التي تعتمد على تقنيات التحكم والمراقبة الرقمية لتوزيع الطاقة بكفاءة، وتُسهم هذه التكاملات في التوزيع الأمثل للطاقة ومعالجة الفروقات الزمنية في الطلب (Murali, G., 2024, P.8).

هـ: توفير الطاقة الاحتياطية: تُوفر أجهزة التخزين حلولًا موثوقة للطاقة الاحتياطية، خاصةً في حالات الطوارئ أو الانقطاعات المفاجئة، مما يُعزز من استقرار النظام الكهربائي ويضمن استمرارية التغذية للمستخدمين.

و: تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري: ويتم ذلك عبر التوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة المدعومة بأنظمة التخزين، يُمكن تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، مما يُفضي إلى خفض الانبعاثات الكربونية ودعم أهداف الاستدامة البيئية.

ز: الاستخدامات الصناعية والمنزلية: تجد أنظمة التخزين تطبيقات واسعة في القطاعين الصناعي والسكني، حيث تُستخدم في الصناعة لتخفيف الأحمال وتوفير طاقة احتياطية، وفي المنازل لزيادة الاعتماد الذاتي على الطاقة وخفض تكاليف الكهرباء، من خلال تخزين الطاقة المُولدة من الألواح الشمسية (He, J., et al, 2024, p.6).

❖**أجهزة تخزين الطاقة:**

البطاريات الليثيوم–أيون: تستخدم على نطاق واسع في الأنظمة الشمسية بسبب كفاءتها العالية وقدرتها على التخزين لفترات طويلة.

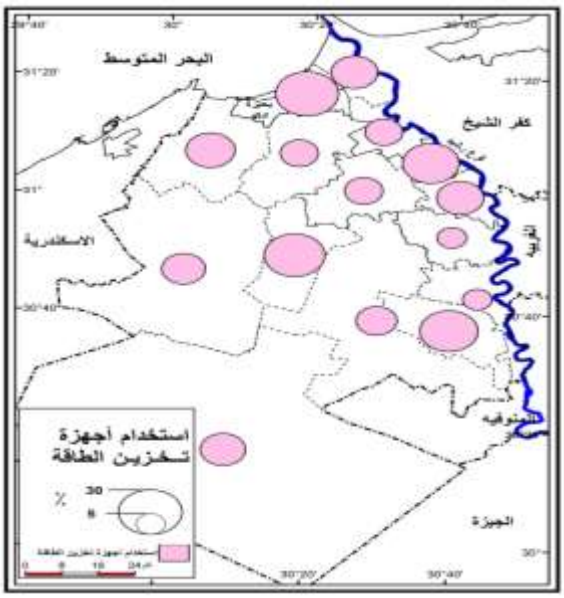
أنظمة التخزين الحراري: تخزن الطاقة الشمسية على شكل حرارة يمكن تحويلها إلى كهرباء عند الحاجة، مما يجعلها مفيدة في التطبيقات الصناعية (He, J., et al, 2024, p.6).

الهيدروجين الأخضر: يمكن استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج الهيدروجين من خلال عملية التحليل الكهربائي، والذي يمكن تخزينه واستخدامه لاحقاً كوقود نظيف.

وفيما يتعلق بجدول (2) وشكلي (11، 15) يلاحظ أن استخدام أجهزة تخزين طاقة هو رابع أكثر المقترحات التي قدمها سكان محافظة البحيرة، وأن أكبر المراكز إدكو، حيث وصلت نسبة الأفراد التي فضلت هذا الاقتراح في هذا المركز 28.6٪ من إجمالي المقترحات، بينما أقل المراكز ايتاي البارود، حيث بلغت 6.3٪ من إجمالي المقترحات، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة البحيرة في مقترح استخدام أجهزة تخزين طاقة 6.6، بينما بلغ معامل الاختلاف 39.5، ويشير هذا إلى وجود تفاوت متوسط في وعي السكان بأهمية التخزين، ما يرتبط على الأرجح بتفاوت في أنماط الاستخدام، ومستوي الوعي الفني، ودرجة الاعتماد المحلي على الطاقة الشمسية، وتبرز الحاجة إلى التوعية بفاعلية أنظمة التخزين كعنصر أساسي في نجاح المنظومات الشمسية.

5- الابتعاد عن الأشجار ومناطق الظل:

يُعد تجنّب تركيب الألواح الشمسية بالقرب من الأشجار أو مناطق الظل من الاستراتيجيات الأساسية التي تسهم في تحسين كفاءة الأنظمة الشمسية ورفع إنتاجيتها، حيث إن الضوء الشمسي المباشر يُعد المصدر الرئيس للطاقة التي تعتمد عليها الألواح الشمسية في عملية التحويل الكهروضوئي، فإن أي عائق يحول دون وصول هذا الضوء بشكل كافٍ، يؤثر سلباً على أداء النظام الكلي، ومن هنا تبرز أهمية اختيار مواقع مكشوفة وخالية من الظلال لضمان تحقيق أقصى استفادة من الإشعاع الشمسي المتاح.



المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (2)

شكل (15) التوزيع الجغرافي لمقترح استخدام أجهزة تخزين طاقة بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

تتجلى أهمية الابتعاد عن الظلال في عدة جوانب، منها:

أـ زيادة كفاءة الإنتاج: يمكن أن يؤثر الظل بشكل كبير على كفاءة الألواح الشمسية حتى وإن كان جزئياً، ويعود ذلك إلى طبيعة تصميم الألواح التي تعتمد على سلسلة من الخلايا المتصلة، حيث تؤدي ظلال خلية واحدة إلى تقليل أداء الخلايا الأخرى المرتبطة بها، ولذلك فإن تجنّب الظل يعزز من كفاءة التحويل الكهروضوئي ويزيد من كمية الكهرباء المنتجة.

ب ـ تقليل تكاليف الصيانة والإصلاح: يؤدي وجود الأشجار بالقرب من الألواح إلى تراكم الأوراق والغبار والمواد العضوية، وهو ما يتطلب عمليات تنظيف متكررة ويزيد من الحاجة إلى الصيانة، أما في المواقع الخالية من الأشجار والظل، فتقل هذه التحديات مما يُسهم في تقليل التكاليف التشغيلية ويحسن من استقرار أداء النظام.

جـ ـ ضمان الحصول على أقصى قدر من ضوء الشمس: وضع الألواح الشمسية في أماكن مكشوفة بعيدًا عن أي عوائق يضمن تعرّضها لأكبر قدر ممكن من الإشعاع الشمسي، وهو ما ينعكس مباشرة على زيادة إنتاجية النظام، وتزداد أهمية هذا العامل خلال فصول الصيف، التي تتميز بطول فترة النهار وشدة الإشعاع الشمسي.

د ـ تحسين عمر الألواح الشمسية: يعد التعرض المتكرر لتغيرات حرارية ناتجة عن الظل الجزئي، مثل الانتقال السريع بين المناطق المظللة والمشمسة، ويؤدي إلى تمدد وانكماش غير متوازن في مكونات اللوح الشمسي، مما يقلل من عمره الافتراضي، في حين أن تجنّب الظلال يحد من هذه الضغوط الحرارية، ويحافظ على استقرار المواد المستخدمة في التصنيع.

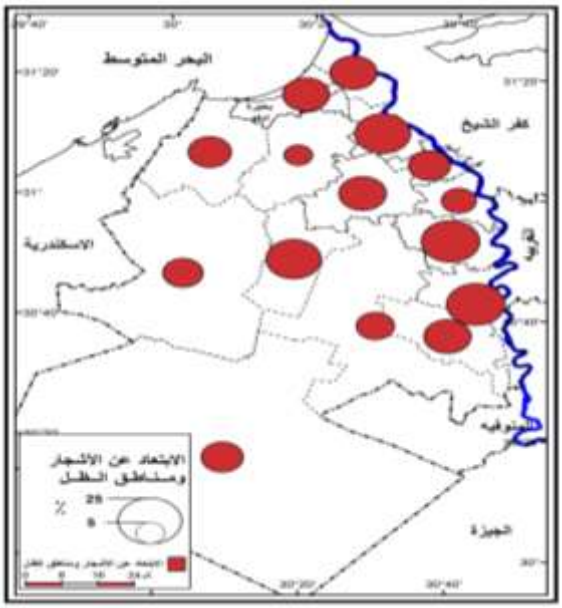
هـ ـ زيادة العائد على الاستثمار: يزداد العائد الاقتصادي من النظام الشمسي من خلال رفع كفاءة الألواح وتحسين إنتاجيتها، فالإنتاجية الأعلى تعني تقليل الفترة الزمنية

لاسترداد التكاليف الاستثمارية، وتحقيق توفير أكبر في فواتير الكهرباء، وبالتالي تحسين الجدوى الاقتصادية للمشروع.

وفيما يتعلق بجدول (2) وشكلي (11،16) يلاحظ أن الابتعاد عن الأشجار ومناطق الظل هو أقل المقترحات التي قدمها سكان محافظة البحيرة، وأن أكبر المراكز التي قدمت هذا الاقتراح هو مركز ايتاي البارود، حيث وصلت نسبة الأفراد الذين فضلوا هذا الاقتراح في هذا المركز 22.5٪ من إجمالي المقترحات، بينما أقل المراكز أبو حمص، حيث بلغت 5.3٪ من إجمالي المقترحات، وبلغ الانحراف المعياري بين مراكز محافظة البحيرة في مقترح الابتعاد عن الأشجار ومناطق الظل 4.7، بينما بلغ معامل الاختلاف 34.1٪، ويعكس هذا وجود تفاوت متوسط في إدراك هذه المشكلة، وهو ما يؤكد الحاجة إلى حملات توعية، تشرح الجوانب الفنية البسيطة والمهمة في تصميم أنظمة الطاقة الشمسية، مثل اختيار موقع التركيب المناسب.

ثالثاً: مستقبل إنتاج الطاقة الشمسية

تعد الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة التي يتوقع لها مستقبل مشرق في السنوات والعقود القادمة، ويتزايد الاهتمام بها نظراً لتحديات التغير المناخي، وارتفاع الطلب على الطاقة النظيفة، وتطور التقنيات المتعلقة بها، مما يعزز من دورها في النظام العالمي للطاقة، وفي ظل التحديات البيئية العالمية المتزايدة، مثل التغير المناخي وزيادة انبعاثات الكربون، تتجه الدول والمؤسسات والأفراد بشكل متزايد نحو اعتماد مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة، والطاقة الشمسية، نظرًا لانخفاض تكاليفها وتحسن تقنياتها، أصبحت خيارًا مفضلًا لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة بطريقة مستدامة.



المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (2)

شكل (16) التوزيع الجغرافي لمقترح الابتعاد عن الأشجار ومناطق الظل بمحافظة البحيرة حتى عام 2023م.

1- الطلب على الطاقة الشمسية في المستقبل:

يشهد الطلب على الطاقة الشمسية نموًا سريعًا على مستوى العالم، ومن المتوقع أن يستمر هذا الاتجاه في المستقبل، وهذا النمو مدفوع بعدة عوامل رئيسة، منها: السياسات الحكومية، والتقدم التكنولوجي، والانخفاض المستمر في تكلفة الطاقة الشمسية، وزيادة الوعي البيئي. وسيزداد الطلب على الطاقة الشمسية في المستقبل في عدة مجالات ومنها:

أ - تقطير المياه المالحة:

تعتبر عملية تقطير المياه المالحة باستخدام الطاقة الشمسية من الحلول الواعدة لمواجهة مشكلة نقص المياه العذبة، لاسيما في المناطق التي تعاني من ندرة في الموارد المائية وتوفر أشعة الشمس بشكل مستمر، ويجمع هذا الأسلوب بين توفير مياه نظيفة وصالحة للشرب، مع الاعتماد على مصدر طاقة متجدد ونظيف، مما يسهم في تحسين استدامة الموارد المائية، وتعتمد هذه التقنية على مبدأ بسيط يشبه التبخر الطبيعي، حيث يتم تسخين المياه المالحة بواسطة الطاقة الشمسية، مما يؤدي إلى تبخر الماء وترك الأملاح والشوائب، ثم يتم تكثيف البخار المتصاعد وتحويله إلى ماء نقي وقابل للاستهلاك البشري.

أ-1- الأنظمة البسيطة لتقطير المياه المالحة باستخدام الطاقة الشمسية:

عادة ما تكون عبارة عن صناديق زجاجية أو بلاستيكية شفافة تحتوي على طبقة ضحلة من الماء المالح، وتقوم أشعة الشمس بتسخين الماء، ويتبخر الماء ثم يتكثف على سطح مائل ليتم جمعه كماء عذب، وهذه الأنظمة بسيطة ورخيصة التكلفة، ولكنها ذات كفاءة محدودة وغالبًا ما تُستخدم لأغراض صغيرة النطاق أو في المناطق النائية (Dada, M., et al, 2022, p8).

أ-2- الأنظمة الحديثة لتقطير المياه المالحة باستخدام الطاقة الشمسية:

تستخدم تقنيات أكثر تعقيدًا مثل الأنظمة المركزة التي تجمع أشعة الشمس باستخدام مرايا أو عدسات لتركيز الحرارة على الماء المالح، هذا يسرع عملية التبخر وزيادة كمية الماء العذب المنتجة، هذه الأنظمة أكثر كفاءة ويمكن استخدامها على نطاق أوسع، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في المجتمعات الريفية الصغيرة أو حتى لبعض التطبيقات الصناعية، وتستخدم هذه الأنظمة عادة في المشروعات الكبيرة أو في التطبيقات الصناعية نظرًا لكفاءتها العالية وتكاليفها الاستثمارية المرتفعة.

ب - النقل بالطاقة الشمسية:

يمثل النقل بالطاقة الشمسية أحد أهم الابتكارات في مجال النقل المستدام، حيث يعتمد على استخدام الطاقة الشمسية كمصدر أساسي لتشغيل المركبات، سواء كانت سيارات أو حافلات أو قطارات، أو حتى طائرات، هذا النهج يقدم حلولًا لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري والحد من انبعاثات الكربون، مما يسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، فيما يلي نظرة تفصيلية على النقل بالطاقة الشمسية :

ب-1ـ السيارات الشمسية: تعتمد السيارات الشمسية على الألواح الشمسية المثبتة على سطح السيارة لتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء، والتي تستخدم لتشغيل المحرك الكهربائي، وتعمل تلك السيارات على تقليل الانبعاثات الكربونية، وخفض تكلفة الوقود، واستقلالية الطاقة حيث لا تعتمد على الشبكة الكهربائية أو محطات الوقود، لكن تلك السيارات تواجه بعض التحديات حيث أن كفاءة الألواح الشمسية وإنتاجها للكهرباء تعتمد على الظروف المناخية، والتكلفة الأولية للألواح الشمسية والمكونات الإلكترونية المتطورة قد تكون مرتفعة.

ب-2ـ الطائرات الشمسية: تمثل الطائرات الشمسية قفزة نوعية في مجال الطيران المستدام، حيث تعتمد على الطاقة الشمسية كمصدر رئيس لتشغيلها، وهذا النوع من الطائرات يوفر حلولًا صديقة للبيئة لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وتقليل الانبعاثات الكربونية، والحد من التلوث البيئي، والاعتماد على الطاقة الشمسية يتيح للطائرات الشمسية الطيران لفترات طويلة دون الحاجة إلى التزود بالوقود، مما يجعلها مثالية للرحلات الطويلة والمهمات الاستطلاعية تعتمد الطائرات الشمسية على الألواح الشمسية المثبتة على أجنحتها أو هيكلها لجمع وتحويل أشعة الشمس إلى كهرباء، وهذه الكهرباء تُستخدم لتشغيل المحركات الكهربائية للطائرة، ويمكن تخزين الطاقة الفائضة في بطاريات لاستخدامها أثناء الليل أو في الظروف الجوية الغائمة.

ب-3ـ القوارب والسفن الشمسية: تستخدم الطاقة الشمسية في تشغيل القوارب والسفن لتقليل استهلاك الوقود الأحفوري، والقوارب الصغيرة تستخدم بالكامل الطاقة الشمسية، بينما بعض السفن التجارية بدأت بتطبيق الألواح الشمسية كجزء من نظام طاقتها.

جـ ـ تجفيف المنتجات الزراعية باستخدام الطاقة الشمسية:

تجفيف المنتجات الزراعية باستخدام الطاقة الشمسية هو تقنية قديمة تعود أصولها إلى الحضارات القديمة، حيث كانت تُستخدم الشمس كمصدر طبيعي وفعال لتجفيف الفواكه والخضر والحبوب، ومع التقدم التكنولوجي، تم تحسين هذه الطريقة لتصبح أكثر كفاءة وفعالية، مما يوفر وسيلة مستدامة واقتصادية للحفاظ على الأغذية، ويتم استخدام

مجففات شمسية، وهي أجهزة مصممة خصيصًا لجمع وتكثيف أشعة الشمس لتسخين الهواء داخل المجفف، والهواء المسخن يتم توجيهه ليمر عبر المنتجات الزراعية المراد تجفيفها، والحرارة تسحب الرطوبة من هذه المنتجات وتبخرها، مما يؤدي إلى تقليل محتوى الرطوبة فيها وجعلها جاهزة للتخزين طويل الأمد، وتنقسم المجففات الشمسية إلى:

جـ-1ـ المجففات الشمسية المباشرة: تعتمد هذه الأنظمة على وضع المنتجات الزراعية مباشرة تحت أشعة الشمس، وتتكون عادةً من إطار بسيط مع سطح شفاف مثل الزجاج أو البلاستيك الشفاف الذي يسمح بدخول أشعة الشمس، وتعد هذه الطريقة بسيطة ورخيصة ولكنها تعتمد بشكل كبير على الظروف الجوية.

جـ-2ـ المجففات الشمسية غير المباشرة: تستخدم هذه الأنظمة مجمعات شمسية لتحويل أشعة الشمس إلى حرارة، ثم يتم توجيه الهواء المسخن إلى غرفة تجفيف تحتوي على المنتجات الزراعية، وهذه الطريقة أكثر كفاءة وتسمح بالتحكم في درجة الحرارة والرطوبة، وتتميز بقدرتها على العمل في ظروف مناخية متغيرة وتوفير تجفيف أكثر اتساقًا.

جـ-3ـ المجففات الشمسية المختلطة: تجمع هذه الأنظمة بين المجففات المباشرة وغير المباشرة، حيث يمكنها استخدام أشعة الشمس المباشرة وتوجيه الهواء المسخن في نفس الوقت، وهذا يضمن تجفيفًا سريعًا وفعّالًا.

د ـ الهندسة المعمارية

أصبح استخدام الطاقة الشمسية في الهندسة المعمارية أحد الاتجاهات الرائدة في تصميم المباني المستدامة والصديقة للبيئة، ويتم ذلك من خلال دمج تقنيات جمع الطاقة الشمسية في تصميم وهندسة المباني لتقليل استهلاك الطاقة التقليدية وتقليل الانبعاثات الكربونية، وتحسين جودة الحياة داخل المباني، وتلعب الطاقة بأشكالها المختلفة ومصادرها المتعددة دوراً أساسياً في حياة البشرية بشكل مطلق، بينما تلعب دور حيوياً وبشكل خاص في التصميم المعماري للمباني المختلفة، حيث التوجيه الأمثل للمبنى يكسبه تدفئة وتبريد وإضاءة طبيعية على مدار فصول السنة، كما أن تكنولوجيا الخلايا الشمسية أكسبت المباني خاصية جديرة بالذكر وهي استغلال الحوائط الخارجية والسطح والنوافذ في تثبيت خلايا شمسية يمكن من خلالها إمداد المبنى بالطاقة الكهربية، وبالتالي الاستفادة من تلك الطاقة في إدارة شئون المبنى من الداخل والخارج.

كما انه من الممكن استغلال أسطح المباني في وضع سخانات شمسية للحصول على المياه الساخنة دون الحاجة إلى تيار كهربي، كما تمكن الطاقة الشمسية من استغلال أسطح المباني في صناعة الأسطح الخضراء لما لها من ميزات بيئية ومناخية للإنسان والمبنى، وهي أسطح مزروعة توفر فوائد بيئية ومناخية للمبنى وللإنسان، مثل تحسين جودة الهواء وتقليل تأثير الحرارة في المناطق الحضرية (رجب مراد، 2019، ص1).

هـ - التبريد الشمسي:

تعتمد تلك الخاصية على دورة الأمونيا وتعود فكرتها إلى إذابة غاز الأمونيا في الماء، ويسخن الخليط بفعل الأشعة الشمسية، ويتبخر غاز الأمونيا ويكثف في وعاء، ويُمرر في الغرفة المراد تبريدها؛ فيمتص الحرارة منها ويحولها إلى غاز، ويعاد مرة أخرى ويغمس في الماء، وتعاد دورته مرة أخرى، وتستخدم هذه الفكرة في ثلاجات حفظ الفواكه والخضروات، والأسماك والأدوية والأمصال (أحمد الديب، 2009 ، ص ٥٠) ويمكن تطبيق استخدامها في منطقة الدراسة خاصة في شمالي المحافظة في المناطق الساحلية، والمناطق النائية جنوبي المحافظة.

و - صهر المعادن:

لقد نجح العالم الفرنسي فليكس نروميبيه في إقامة فرن شمسي لصهر المعادن بعد الحرب العالمية الثانية، وكان قطره ٣٥ قدماً، ومن ثم بدأت تظهر في الولايات المتحدة الأمريكية أفران متعددة الأشكال والأحجام، ويصنع الفرن الشمسي عادة بضم عدد من العواكس شبه الدائرية، أو ذات القطع المكافئ لتجميع حرارة الشمس في بؤرة معينة تصل درجة حرارتها إلى ما يوازى ٦٠٠٠° ، وهي بلا شك ميزة من ناحية تلوث البيئة مقارنة بأفران التدفئة الكهربية التقليدية (رجب على وآخرون، ٢٠٠٤ ، ص ٥٨).

2- مشروعات الطاقة الشمسية:

تعتبر البحيرة إحدى محافظات دلتا النيل في مصر، وشهدت تطوراً كبيراً في مجال الطاقة الشمسية بفضل مشروعات عدة تهدف إلى استغلال الإمكانيات الطبيعية والمناخية المثالية في المنطقة، وتقع البحيرة في موقع جغرافي يوفر لها إشعاعًا شمسيًا عاليًا على مدار السنة، مما يجعلها منطقة جاذبة لاستثمارات الطاقة المتجددة، وفيما يلي نظرة على بعض المحطات والمشاريع الرئيسة للطاقة الشمسية في المحافظة:

أ- محطة كوم حمادة للطاقة الشمسية:

الموقع: تقع في منطقة كوم حمادة.

السعة الإنتاجية: تعتبر من أكبر محطات الطاقة الشمسية في محافظة البحيرة.

الأهداف: تهدف المحطة إلى تزويد المنطقة المحيطة بالطاقة النظيفة، وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، ودعم شبكة الكهرباء الوطنية.

ب ـ مشروع محطة إيتاي البارود للطاقة الشمسية:

الموقع: إيتاي البارود.

السعة الإنتاجية: يعد هذا المشروع أحد المشاريع الكبيرة في المنطقة.

الأهداف: يهدف المشروع إلى تلبية احتياجات الكهرباء للمنطقة المحيطة، وتعزيز استخدام الطاقة المتجددة.

جـ ـ مشروع محطة أبو المطامير للطاقة الشمسية:

الموقع: منطقة أبو المطامير.

السعة الإنتاجية: مشروع حديث يتم تطويره ضمن جهود تعزيز البنية التحتية للطاقة في المحافظة.

الأهداف: توفير الكهرباء للمناطق الريفية والنائية، وتقليل الفجوة في الطاقة بين المناطق الحضرية والريفية.

د ـ مشروع محطة وادي النطرون للطاقة الشمسية:

الموقع: وادي النطرون.

السعة الإنتاجية: واحدة من المشاريع الهامة التي تهدف إلى استغلال المساحات الصحراوية الواسعة في المنطقة.

الأهداف: تحويل وادي النطرون إلى مركز للطاقة المتجددة، ودعم التنمية الاقتصادية المحلية من خلال توفير فرص عمل جديدة.

3ـ أنسب المواقع لإقامة محطات الطاقة الشمسية في محافظة البحيرة

في هذا الجزء نتيجة لكل ما سبق دراسته سيتم تحديد أنسب المواقع لإقامة محطات الطاقة الشمسية في محافظة البحيرة، وذلك وفقًا لبيانات كمية الإشعاع الشمسي، وسرعة الرياح، والرطوبة، والضباب، والعواصف الرملية والترابية.

وبتتبع شكل(17) يمكن تقسيم محافظة البحيرة إلى ثلاثة نطاقات من حيث النطاقات المناسبة لإقامة محطات طاقة شمسية :

أـــ النطاق غير المناسب لإقامة محطات طاقة شمسية:

تقل في هذا النطاق كمية الإشعاع الشمسي، وتزداد فيه الرطوبة النسبية، ويزداد فيه الضباب وسرعة الرياح، ويقع هذا النطاق في شمالي محافظة البحيرة، بسبب ضعف

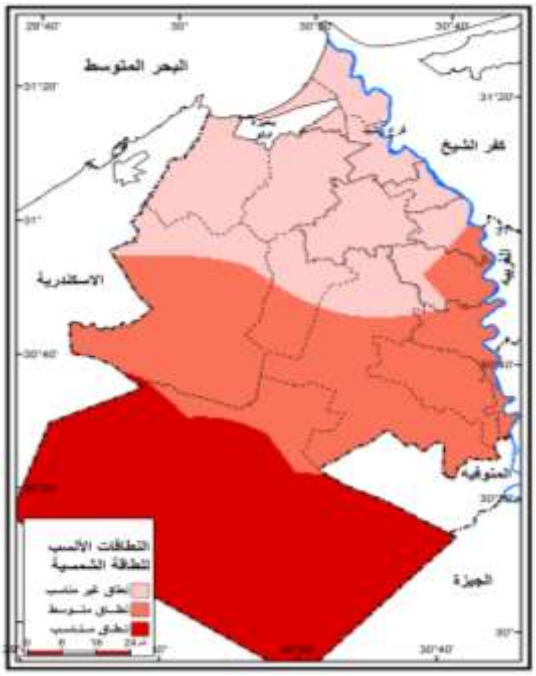
الاشعاع الشمسي المباشر، وارتفاع الملوحة والرطوبة، وكثرة السحب والشبورة، فضلاً عن التحديات الجغرافية المرتبطة بطبيعة الأرض والمناخ الساحلي، وتبلغ مساحته 3129 كم^2 ويمثل 31.8٪ من مساحة منطقة الدراسة، وبمقارنة مساحة هذا النطاق بالنطاق المناسب لوحظ أن مساحة هذا النطاق أكبر، حيث أنه يضم مراكز: كفر الدوار وأبوحمص ودمنهور ورشيد وادكو والمحمودية والرحمانية، وحوالي50٪ من ايتاي البارود، و60٪ من شبراخيت، و4٪ من كوم حمادة، و30٪ من الدلنجات، و50٪ من مركز حوش عيسى، و20٪ من مركز أبو المطامير.

ب ــ النطاق المتوسط لإقامة محطات طاقة شمسية:

في هذا النطاق تتوسط فيه كل من كمية الاشعاع الشمسي والرطوبة والضباب وسرعة الرياح، ويقع هذا النطاق في وسط محافظة البحيرة، وتبلغ مساحته 3765 كم^2، ويمثل 38.3٪ من مساحة محافظة البحيرة، ويضم هذا النطاق مركز بدر، ونحو٪ من إيتاي البارود، و40٪ من شبراخيت، و90٪ من كوم حمادة، و70٪ من الدلنجات، و50٪ من حوش عيسي، و80٪ من أبو المطامير.

جـ ــ النطاق المناسب لإقامة محطات طاقة شمسية:

في هذا النطاق تزداد فيه كمية الاشعاع الشمسي، ويقل فيه كل من: الرطوبة النسبية، والضباب، وسرعة الرياح، ويقع هذا النطاق في جنوبي محافظة البحيرة، حيث يوفر أعلي قدرة من الاشعاع الشمسي، وأقل تأثيرات سلبية من الرطوبة، والغيوم، مع استقرار نسبي في الظروف على مدار العام، وتبلغ مساحته 2932 كم^2 ويمثل 29.9٪ من مساحة محافظة البحيرة، ويضم 80٪ من مركز وادي النطرون.



المصدر: اعتماداً على بيانات ملاحق (1،2،3،4)

شكل (17) التوزيع الجغرافي للنطاقات الأنسب لمحطات الطاقة الشمسية بمحافظة البحيرة.

4ـ جهود الدولة للحد من مشكلات توليد الطاقة الشمسية

تلعب الطاقة الشمسية دوراً حيوياً في التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة والمستدامة، ومع تزايد الطلب على الطاقة وتقلبات أسعار الوقود الأحفوري، أصبحت الحاجة إلى تعزيز استغلال الطاقة الشمسية أكثر أهمية من أي وقت مضى، ومع ذلك يواجه هذا التحول تحديات عديدة، من التكلفة الأولية العالية لتثبيت الأنظمة الشمسية إلى الحاجة إلى بنية تحتية مناسبة وشبكات كهربائية قادرة على استيعاب الطاقة المتجددة، وفي هذا السياق تتدخل الحكومات من خلال مجموعة من السياسات والبرامج والمبادرات لتجاوز هذه التحديات وتعزيز انتشار استخدام الطاقة الشمسية وفيما يلي بعض الجهود التي تبذلها الدولة للتغلب على مشكلات توليد الطاقة الشمسية:

أـ الدعم المالي والحوافز الضريبية: تقدم الدولة منحًا وقروضًا بفوائد منخفضة لدعم مشروعات الطاقة الشمسية، كما تُقدم تخفيضات ضريبية للمستثمرين في مجال الطاقة الشمسية، مما يقلل من التكلفة الأولية للاستثمار، ويزيد من جاذبية مشاريع الطاقة الشمسية، يمثل الدعم المالي والحوافز الضريبية آليات أساسية تحفز الأفراد والشركات على تبني استخدام الطاقة الشمسية من خلال تقديم المنح والقروض بفوائد منخفضة، والتخفيضات والإعفاءات الضريبية، يتم تقليل التكلفة الأولية للمشروعات الشمسية، مما يجعلها أكثر جاذبية وفعالية من الناحية الاقتصادية.

ب ـ تشجيع البحث والتطوير: تقوم الحكومة بتمويل الأبحاث لتطوير تكنولوجيا الطاقة الشمسية وجعلها أكثر كفاءة وأقل تكلفة، وتعقد الدولة شراكات مع الجامعات والمراكز البحثية لتطوير تقنيات جديدة لتحسين كفاءة الألواح الشمسية وخفض تكاليف الإنتاج .

جـ ـ تطوير البنية التحتية: تعمل الحكومة على تحسين شبكات الكهرباء لتكون قادرة على استيعاب الطاقة المتجددة من المصادر الشمسية، حيث يتم تحديث الشبكات الكهربائية لتسهيل دمج الطاقة الشمسية وزيادة استقرارها، كما تقوم إنشاء محطات طاقة شمسية كبيرة لزيادة حصة الطاقة الشمسية في شبكة الكهرباء الوطنية.

د ـ توعية الجمهور وتثقيفه: تقوم الحكومات بتنظيم حملات توعية لتثقيف المواطنين حول فوائد استخدام الطاقة الشمسية وكيفية تركيب الأنظمة الشمسية المنزلية.

النتائج والتوصيات

توصلت الدراسة إلى عدة نتائج تتمثل فيما يلي :

-أظهرت الدراسة أن إنتاج الطاقة الشمسية في محافظة البحيرة يواجه عددًا من المشكلات الرئيسة، أبرزها: نقص الخبرات الفنية، وارتفاع نسبة الملوحة والرطوبة في الجو، واستقرار الطيور على الألواح الشمسية، وصعوبة تخزين الطاقة، والعواصف الرملية، بالإضافة إلى التكلفة المرتفعة لتركيب الأنظمة الشمسية.

-كما تبين وجود مشكلات ثانوية تؤثر سلبًا على كفاءة الإنتاج، منها: تراكم الغبار على الألواح، ارتفاع درجات الحرارة، السحاب والضباب، التلوث البيئي، الشقوق الدقيقة في الألواح، البقع الساخنة، وسرعة الرياح.

-اقترحت الدراسة عددًا من الحلول العملية التي قد تسهم في التغلب على هذه التحديات، أهمها: خفض أسعار الألواح الشمسية، وإجراء الصيانة الدورية، واستخدام ألواح شمسية عالية الكفاءة، اعتماد أجهزة فعالة لتخزين الطاقة، واختيار مواقع مناسبة بعيدة عن الظل والعوائق الطبيعية.

-توصلت الدراسة إلى أن مستقبل الطاقة الشمسية في المحافظة واعد، ويشمل تطبيقات متعددة مثل: تقطير المياه المالحة، والنقل بالطاقة الشمسية، وتجفيف المنتجات الزراعية، التبريد بالطاقة الشمسية، وصهر المعادن.

-تم رصد عدد من مشروعات الطاقة الشمسية القائمة في المحافظة، منها محطات في مناطق: كوم حمادة، وإيتاي البارود، وأبو المطامير، ووادي النطرون، والتي تمثل نواة للتوسع المستقبلي.

-كشفت الدراسة عن جهود الدولة في دعم الطاقة الشمسية، والتي تشمل: تقديم الدعم المالي، وتوفير الحوافز الضريبية، وتشجيع البحث العلمي، والتثقيف المجتمعي، وتطوير البنية التحتية اللازمة لنمو هذا القطاع الحيوي.

وتوصي الدراسة بما يلي :

-تعزيز الكوادر الفنية والتقنية المتخصصة في مجال الطاقة الشمسية من خلال إنشاء برامج تدريب محلية في محافظة البحيرة بالتعاون مع الجامعات والمراكز البحثية.

-إطلاق مبادرات حكومية لدعم تكلفة تركيب أنظمة الطاقة الشمسية، خاصة في المناطق الريفية، من خلال تسهيلات تمويلية أو برامج دعم مباشر لتشجيع استخدامها على نطاق أوسع.

-تطوير آليات صيانة دورية ووقائية للألواح الشمسية باستخدام تقنيات حديثة تقلل من تأثير العوامل المناخية كالأتربة والرطوبة والبقع الساخنة.

-الاعتماد على تكنولوجيا الألواح الشمسية عالية الكفاءة، وتهيئة السوق المحلي لاستيرادها أو تصنيعها، بما يضمن زيادة إنتاجية المحطات وتقليل المساحات المطلوبة.

-توفير بنية تحتية متكاملة لأجهزة تخزين الطاقة، بما يضمن استقرار الإمداد بالطاقة خلال فترات غياب الشمس أو انخفاض الإشعاع.

-اختيار مواقع إنشاء المحطات الشمسية بعناية بعيدًا عن الأشجار ومناطق الظل، مع استخدام صور الأقمار الصناعية والنماذج المناخية لتحديد أفضل المناطق إنتاجًا للطاقة.

-توسيع نطاق البحث العلمي في مجال الطاقة الشمسية من خلال دعم مشروعات التخرج والرسائل العلمية المرتبطة بمشكلات وتطبيقات الطاقة الشمسية في محافظة البحيرة.

-تعزيز التوعية المجتمعية بأهمية الطاقة الشمسية، ودورها في التنمية المستدامة، من خلال حملات تثقيفية تشارك فيها الجهات الحكومية والإعلام والمجتمع المدني.

-تحفيز الشراكة بين القطاعين العام والخاص للاستثمار في مشروعات الطاقة الشمسية، وخلق بيئة تشريعية جاذبة تُسهّل من إجراءات الترخيص والتمويل.

-متابعة وتقييم مستمر للمشروعات القائمة لتحديد مدى كفاءتها والعائد منها، وتعميم أفضل الممارسات على باقي المناطق بالمحافظة.

المراجع والمصادر

أولاً- المراجع العربية:

1. أحمد محمود إبراهيم الديب (2009): اقتصاديات الطاقة في مصر، المجلة الجغرافية العربية، العدد 25، الجمعية الجغرافية المصرية.
2. حسن يونس عبد الرحمن(2009): الإشعاع الشمسي والرياح كمصادر للطاقة الجديدة والمتجددة في مصر –دراسة في المناخ التطبيقي- ماجستير- كلية الآداب- جامعة طنطا.
3. خالد عبد الحميد محمد عمر (2012): اقتصاديات الطاقة الشمسية في مصر "دراسة مقارنة ودراسة قياسية"، دكتوراه، كلية التجارة، جامعة عين شمس.
4. خلود حسام حسنين حسن (2004): اقتصاديات الطاقة الجديدة والمتجددة وامكانية استثمارها في مصر، ماجستير، كلية التجارة، جامعة عين شمس.
5. رجب إسماعيل مراد (2019): استخدامات الطاقة الشمسية في الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة مطروح.
6. رجب محمد علي وآخرون (2004): الطاقة المتجددة وحماية البيئة، جمعية تنمية المجتمع بالبسايسة، الشرقية.
7. ياسر محمد عبد الجواد حسن (2021): الاشعاع الشمسي وأثره في انتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في مصر دراسة في جغرافية الطاقة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد 77.

ثانياً- المراجع الإنجليزية:

1. Abdallah, R., Juaidi, A., Abdel-Fattah, S., Qadi, M., Shadid, M., Albatayneh, A., Çamur, H., García-Cruz, A., & Manzano-Agugliaro, F. (2022). The effects of soiling and frequency of optimal cleaning of PV panels in Palestine. Energies, (Vol.15).
2. Dada, M., & Popoola, P. (2023). Recent Advances in Solar Photovoltaic Materials and Systems for Energy Storage Applications: a review. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, (Vol. 12).
3. He, J., Deng, W., Zhu, M., Ó Máille, G., Wu, Z., Wang, L., & Wei, Y. (2024). A Recirculating Device of Cooling Water Powered by Solar Energy for the Laboratory. Scientific Reports, (Vol. 14).
4. Lydersen, K. (2024). Illinois Rural Electric Co-op Customers Seek Clarity, Consistency from 'Solar Bill of Rights'. World-Energy / Energy News Network.

5.Mani, M., & Pillai, R. (2010). Impact of Dust on Solar Photovoltaic (PV) Performance: Research Status, Challenges and Recommendations. Renewable and Sustainable Energy Reviews, (Vol. 14).
6.Murali, G., Ramani, P., Murugan, M., Elumalai, P. V., Ranjan Goud, N. U., & Prabhakar, S. (2024). Improved solar still productivity using PCM & nano-PCM composites integrated energy storage. Scientific Reports, (Vol. 14).
7.Nilo, S. T., Cimini, D., Di Paola, F., Gallucci, D., Gentile, S., Geraldi, E., & Romano, F. (2020). Fog forecast using WRF model output for solar energy applications. Energies, (Vol. 22).
8.Ogbulezie, J. C., Njok, A. O., Panjwani, M. K., & Panjwani, S. K. (2020). The impact of high temperature and irradiance source on the efficiency of polycrystalline photovoltaic panel in a controlled environment. International Journal of Electrical and Computer Engineering, (Vol. 10).
9.Reynolds, W. (2022). New Solar Cell Breaks Records for Efficiency and Voltage. Northwestern Engineering News, (Vol. 27)
10.Rezvani, M., Gholami, A., Gavagsaz-Ghoachani, R., & Zandi, M. (2023). A Review on the Effect of Dust Properties on Photovoltaic Solar Panels' Performance. Journal of Renewable and New Energy, (Vol. 10).
11.Sadat, S., & Pearce, J. (2022). A Review of the Effects of Haze on Solar Photovoltaic Performance. Renewable and Sustainable Energy Reviews, (Vol. 167).
12.Salamah, T., Ramahi, A., Alamara, K., Juaidi, A., Abdallah, R., Abdelkareem, M., Amer, E., & Olabi, A. (2022). Effect of Dust and Methods of Cleaning on the Performance of Solar PV Module for Different Climate Regions: Comprehensive Review. Science of the Total Environment, (Vol. 827).
13.Tagawa, K., Kutani, A., & Piao, Q. (2012). Effect of Sand Erosion of Glass Surface on Performances of Photovoltaic Module. In Proceedings of the 2012 Mechanical Engineering Conference on Sustainable Research and Innovation.
1.https://www.scribd.com/document/655096024/%D9%85%D8%B4%D8%A7%D9%83%D9%84-%D9%88-%D8%A3%D8%B9%D8%B7%D8%A7%D9%84-%D8%A3%D9%84%D9%88%D8%A7%D8%AD-%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
2.https://www.renewableenergyworld.com/