إنتاج الطاقة الكهروشمسية من محطة بنبان وانعكاسه على أبعاد التنمية المستدامة بمحافظة أسوان "دراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية"

أ.م.د/ محمد ربيع فرج(*) & **أ/ حسام ثابت صدقي قابيل**(**)

الملخص:

يتناول البحث إنتاج الكهرباء من محطة بنبان الكهروشمسية وانعكاسه على أبعاد التنمية المستدامة بمحافظة أسوان، كما تهدف الدراسة إلى إبراز أهم المقومات الجغرافية التي تتمتع بها محافظة أسوان اللازمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية إلى جانب تسليط الضوء على الإنتاج الكهربائي لمحطة بنبان الكهروشمسية وانعكاساته على أبعاد التنمية المستدامة واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي وبعض المداخل مثل (الموضوعي، ونظم تحليل الطاقة، ودراسة الحالة ومدخل تحليل تكلفة العائد) في تحليل البيانات سابقة الذكر للوصول إلى نتيجة يمكننا من خلالها الإجابة على تساؤلات مشكلة البحث وقد خلصت الدراسة إلى مجموعةٍ من النتائج أهمها: ارتفاع ملاءمة المحافظة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية؛ نظراً لزيادة معدلات السطوع الشمسي، وكذلك زيادة حجم الإشعاع الشمسي المباشر، وكمية الطاقة المقدَّرة منه بالنسبة للمردود البيئي. أَسهم الإنتاج الكهربائي من محطة بنبان في تحقيق وفر في انبعاثاتCO_2 بلغ **(٢٥٦٣.٦)** ألف طن عام ٢٠٢٠م، وكمية وفر بلغت **(٢٨٦٧.٨)** ألف طن عام ٢٠٢١م؛ أي بنسبة زيادة بلغت ٣٠٤,٢ ألف طن، كما أسهم أيضاً في في توفير انبعاثات SO_2بحوالي ١٤٢,٥ طن في عام ٢٠٢٠م وكمية بلغت ١٥٨,٦ طن عام ٢٠٢١م؛ أي بنسبة زيادة بلغت ١,١ طن، أسهم أيضا في تحقيق الوفر في انبعاثات الجزيئات العالقة بلغ ٨,٤ كجم عام ٢٠٢٠م وبلغ ٥.٢ألف كجم عام ٢٠٢١م بنسبة زيادة بلغت ٥٦١,٦ كجم، أما بالنسبة للمردود الاقتصادي فقد بلغ الإنتاج الكهربائي من محطة بنبان في عام ٢٠٢٠م حوالي ٣٩٤٤ (ج.و.س) وحوالي٤٤١٢(ج.و.س) في عام ٢٠٢١م بنسبة زيادة بلغت ٤٦٨ (ج.و.س)، **كما** أَسهَم إنتاج الكهرباء من المحطة في تحقيق **وفراً في استخدام الوقود** بلغ حوالي ٨٢٤.٣ (ألف طن) في عام ٢٠٢٠م وحوالي٩٢٢,١ (ألف طن) في عام ٢٠٢١م بنسبة زيادة بلغت ٩٧,٨ (ألف طن)، **بالنسبة للمردود الاجتماعي** أسهمَ توطين محطة بنبان الكهروشمسية في مردود اجتماعي انعكس أثره على المجتمع في الجانب الثقافي لسكان محافظة أسوان من حيث معرفتهم لطبيعة ومكونات محطات الطاقة الشمسية من خلال العمل في محطة بنبان الكهروشمسية ، أما مردودها على الجانب التعليمي فقد تم إقامة مدرسة للطاقة الشمسية في قرية بنبان بمركز دراو. واختتم البحث بإجراء نمذجة مكانية لتوطين محطات

(*) أستاذ الجغرافيا الاقتصادية ونظم المعلومات الجغرافية المساعد بقسم الجغرافيا، كلية الآداب - جامعة القاهرة

(**) باحث دكتوراة في الجغرافيا المناخية- كلية البنات جامعة عين شمس

الطاقة الشمسية في محافظة أسوان باستخدام ١٩ معياراً، تم تصنيفها إلى معايير مناخية ومعايير متعلقة بالأمان ومعايير اقتصادية وبيئية. نتج عن إجراء هذه النمذجة أن بلغت الأراضي غير الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية حوالي ٣٩٦٠٠.٥كم٢ ما يعادل ٦٣.١٪ من جملة مساحة محافظة أسوان، بينما بلغت مساحة الأراضي الملائمة حوالي ٢٣١٢٥.٥ كم٢ ما يعادل ٣٦.٩٪ من جملة مساحة محافظة أسوان.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية، التنمية المستدامة، البعد البيئي، البعد الاجتماعي، البعد الاقتصادي، المحطات الفوتوفلطية، بنبان.

المقدمة:

تُعَدُّ الطاقةُ الشمسيةُ أحدَ ركائز الطاقة المُتجدِّدة التي تَعتمد عليها مصرُ في الآونة الأخيرة؛ نظراً لما تَتمتع به من إمكانات في مجال الطاقة الشمسية؛ لوقُوعها في منطقة الحزام الشمسي الأكثر ملائمةً لتطبيقات الطاقة الشمسية. كما تُظهِر نتائجُ الأطلس الشمسي تَراوُحَ متوسطِ الإشعاع الشمسي المباشر العمودي ما بين ٢٠٠٠-٣٠٠٠ ك.و.س/م٢/السنة، ويَتراوحُ مُعدَّلُ السطوع الشمسي ما بين ٩-١١ساعة/يوم (أطلس الطاقة الشمسية١٩٩١م، ص ٦٠) وهو ما يَعني توافُرَ فُرَص الاستثمار في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية المختلفة.

وعلى المستوى العالمي أَجمعَت منصَّةُ أطلس العالم للتابعة للوكالة الدولية للطاقة- طبقًا للأطلس العالمي الذي تم إصداره عام٢٠١٦م- أن مصر تُعَدُّ من أنسب المناطق لاستغلال الطاقة الشمسية. وتُعَدُّ محافظةُ أسوان منطقةً واعِدةً من حيثُ مقوِّماتها لتوطين محطات الطاقة الشمسية سواءٌ الحراريةُ أم الضوئية(**P.V**) لمُرور مدار السرطان بها؛ حيث تَتعامَدُ عليه أشعةُ الشمس في الصيف؛ حيث تحظى بتوفر مقومات إنشاء تلك المحطات أهمها: زيادة المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس البالغ ١٠.٦ ساعة/يوم؛ وهو بذلك يفوق نظيره على مستوى الجمهورية البالغ ١٠ ساعات/يوم؛ وقد ترتَّبَ على ذلك زيادة معدلات الإشعاع الشمسي المباشر التي بلغت ٧.٥ ك.و.س/م٢/يوم (الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة، خلال الفترة (١٩٨٠-٢٠٢٠). مما يُؤهِّلُها لاستغلال الإشعاع الشمسي حرارياً، سواءٌ في توطين محطات الطاقة الشمسية الحرارية (على غِرار محطة الكريمات جنوب الجيزة قدرة ١٤٠ميجا وات) ، أو الاستفادة من الأشعة الشمسية ضوئِيًّا من خلال توطين محطات الخلايا الفوتو فولطية(**P.V**) (على غِرار محطة بنبان للطاقة الشمسية) وغيرها من الاستخدامات؛ كإنارة الطرق أو اللوحات الإعلانية، وأغراض الإضاءة في المنازل والقرى السياحية.

أكدت الدورة التاسعة للجنة التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة (CSD-9)، التي عقدت في نيويورك في الفترة (١٦- ١٧) أبريل ٢٠٠١، على أهمية الطاقة المتجددة ودورها الحاسم في

تحقيق التنمية المستدامة.(الأمم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا،٢٠٠٣،ص١)، وتم إقرار أهداف التنمية المستدامة في عام ٢٠١٤، حيث نص الهدف السابع على(ضمان حصول الجميع بتكلِفة ميسورة على خِدْمات الطاقة المتجددة+الموثوقة والمستدامة) بما يَعني أن توسيع وتعزيز الوصول إلى مصادر الطاقة المتجددة واستخدامها بكفاءة أمرٌ أساسي لتحسين حياة المجتمع.

كما تم الاتفاق في عام ٢٠١٢ على الخطة الشمسية المصرية الهادفة إلى أن تصل القدرات المركبة من الطاقة الشمسية إلى ٣٥٠٠ ميجا وات حتى عام ٢٠٢٧، وفي عام ٢٠١٥م تم إقرار "استراتيجية أهداف التنمية المستدامة في مصر"؛ مما انعكس بالإيجاب على مؤشرات التنمية المستدامة في منطقة الدراسة، ويُرَكِّز هذا البحث على انعكاسات الطاقة الشمسية على التنمية المستدامة من خلال ثلاثة محاورَ هي:

١. **البُعد البيئي (Environmental Dimension):** تَعني التنمية المستدامة الاستخدامَ الأمثل للأراضي الزراعية والموارد المائية في العالم، وحملية الثروة الحيوانية والنباتية من خطر الانقراض، والحَد من التغير المناخ العالمي وتدمير طبقة الأوزون.(شكري، ١٩٨٨،ص ٥٥) ولذلك يُعَد البُعدُ البيئي من أهم أبعاد التنمية المستدامة؛ وذلك للتأثير المباشر للتنمية المستدامة على البيئة والموارد الطبيعية مع مراعاة الحفاظ على حقوق الأجيال المستقبلية في بيئة نظيفة، إلى جانب حقها في الموارد الطبيعية، ومن المعروف أن توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية ينتج عنها وَفْرٌ في استخدام الوقود الحراري، ومِن ثَمَّ الوفر في الانبعاثات البيئية من ثاني أكسيد الكربون والكبريت والجزيئات العالقة، وهذا ما سيتم تناوله في المردود البيئي لمحطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان.

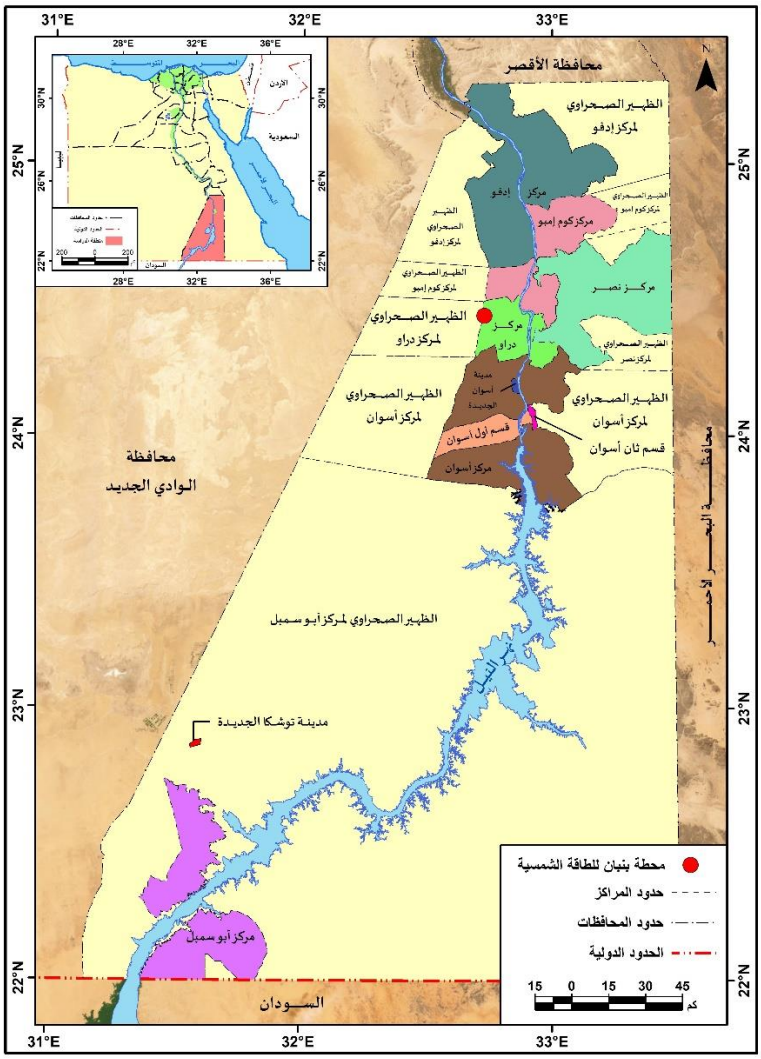
٢- **البُعد الاقتصادي للتنمية المستدامة (Economic Dimension):** تتحقق التنمية المستدامة بوجود نظام اقتصادي ملائم لهوية المجتمع، كما أنه يجب مشاركة المجتمع في القرارات المتعلقة بالتنمية لنجاح الخطة الاقتصادية وتحقيق ذاتية التنمية المستدامة. (الدليمي ،٢٠٠٦م، ص٥) وتهدف التنمية المستدامة في الدول الغنية اقتصادياً إلى تخفيض استهلاك الطاقة والموارد الطبيعية عن طريق تحسين كفاءة استخدام الطاقة وإحداث تغير في أنماط استهلاك الموارد (شكري،١٩٨٨م، ص٢٢)، أما في الدول الفقيرة فالتنمية المستدامة تَهدف إلى استخدام الموارد لتحسين مستوى المعيشة وتقليل مستوى الفقر المرتبط بتدهور البيئة والنمو السكاني السريع. وبالتالي فإن التنمية تسعى إلى تحسين مستوى رفاهية المجتمع، ويتحقق هذا المسعى من خلال إيقاف تبديد الموارد الطبيعية والمساواة في توزيعها وتقليص تبعية البلدان النامية. وإقرار مسئولية الدول المتقدمة عن التلوث ومعالجته (أديب، (نوفمبر ٢٠٠٢م) http//ebooks9.com-doc-html; اطلع عليه في ٢٠٢٢/٤/١٧.) ولعل هذا ما يتم تحقيقه من

خلال محطة بنبان الكهروشمسية عن طريق مردودها الاقتصادي، من حيث إنتاج الطاقة وتشغيل العمالة أثناء إقامة المحطات أو بعد تشغيلها وجذب الاستثمارات في مجال توطين محطات الطاقة الشمسية.

٣- **البُعد الاجتماعي(Social Dimension) :** أصبحت التنمية بمفهومها الشامل هدفًا لكل شعوب العالم، كلٌّ يسعى لتحقيقها بحسب قدراته وموارده وإمكانياته، وقد زاد الاهتمام بالتنمية كطريقة ومنهجية علمية تستهدف تحسين مستوى المعيشة للإنسان في المجتمعات الحديثة في فترة ما بعد الحرب العالمية الثانية خاصة (ابن عمر ،٢٠١٥م، ص ٥٧) ويمثل البُعد الاجتماعي الحق الطبيعي للإنسان في العيش في بيئة نظيفة، ونصيب عادل من الثروات الطبيعية والخدمات الأساسية خاصةً في المناطق الريفية وتحقيق أكبر قدر من المشاركة المجتمعية في تنمية وتطوير الثقافات المختلفة للمجتمعات، وللتنمية المستدامة بُعْدٌ اجتماعي يتعلق بانعكاس التنمية المستدامة على المجتمع. ومن مزايا الطاقة الشمسية أنها ذات تأثير اجتماعي على البيئة المحيطة بمحطات الطاقة الشمسية من خلال تكوين وعي ثقافي للمهندسين والعاملين والسكان، فضلًا على ما يترتب على تشغيل العمالة في هذه المحطات من استقرار اجتماعي ناتج عن توفير دخل مستمر لهؤلاء العمال.

٤- **البُعد التكنولوجي (Technological Dimension)** : تَعني التنمية المستدلمة في للدول الصناعية التحول إلى تكنولوجيا نظيفة واستعمالها في الصناعة لتقليل الانبعاثات الناتجة عنها، أيضًا يتم الحد من تدفق النفايات بتكلفة كبيرة، وعلى العكس في الدول النامية فإن معظم النفايات المتدفِّقة لا تخضع للرقابة ولا تمتلك هذه الدول القدرة المالية للحد من تدفُّق هذه النفايات، وسيتم التركيز على تكنولوجيا إنتاج الطاقة من محطات الطاقة الكهروشمسية القائمة في منطقة الدراسة من خلال نوعية وكفاءة الألواح والخلايا الفوتوفولطية ومحطات المحولات التي تنقل الطاقة المولدة من محطات الخلايا الفوتوفولطية، ومِن ثَمَّ تقنيةُ الربط بالشبكة الكهربائية الموحَّدة.

تحديد منطقة الدراسة: تقع محافظة أسوان شكل (١) بين دائرتي عرض ٢٢° – ٠٤َ ٢٥° شمالاً، وتنحصرُ بين خطي طول ٠٢َ ٣١° – ٠٣َ ٣٣° شرقًا، ويحدها من الجنوب الحدود الدولية مع السودان، ومن الشمال محافظة الأقصر، ومن الشرق محافظة البحر الأحمر، ومن الغرب محافظة الوادي الجديد.



المصدر: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، التقسيم الإداري لمحافظة أسوان، عام ٢٠٢٣.

شكل (١) التقسيم الإداري لمحافظة أسوان عام ٢٠٢٣.

تأخذ محافظة أسوان شكلًا طوليًا يمتد لمسافة ٤٨٥ كم من الشمال إلى الجنوب، ويبلغ متوسط عرضها ١٥٠ كم، وتبلغُ مساحة المحافظة ٦٢٧٢٦ كم٢، بنسبة ٦.٢٪ من إجماليِّ مساحةِ مصر الكلية، وتنقسم المحافظة إداريًّا إلى ستة مراكز هي: (أبو سمبل، وأسوان، ودراو، وكوم أمبو، ونصر النوبة، وإدفو)، وتضم المحافظة (٣٨) وحدة محلية قروية، (١٠٧) قرية رئيسة، (٥١٧) تابعًا (محافظة أسوان، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، إدارة الإحصاء، ٢٠١٩.) كما بلغ عدد سكان المحافظة ١٤٧٣٩٧٥ نسمة وفقًا للنتائج النهائية لتعداد ٢٠١٧، ويتفاوت توزيع السكان بمراكز المحافظة، حيث يأتي مركز إدفو في الترتيب الأول بجملة عدد سكان بلغت ٤٦٠١٦٠ نسمة بنسبة ٣١.٢٪ من جملة سكان المحافظة، وفي المقابل بلغ عدد السكان أدناه ٧٦١٧ نسمة بمركز أبو سمبل بنسبة ٠.٥٪ من جملة سكان المحافظة (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، النتائج النهائية للتعداد العام للسكان والإسكان والمنشآت، محافظة أسوان، ٢٠١٧، ص ص ١٩-٢٠.)

مشكلة الدراسة:

تَكمُن المشكلة التي أثارت البحث لدى الباحثين في زيادة الحاجة إلى الطاقة في ظل الاعتماد على مصادر وقود أحفورية مهددة بالنضوب، وهي التي لم تسمح بتحقيق تنمية مستدامة بسبب الانبعاثات الكربونية والملوثة للهواء الصادرة عنها، وفي إطار سَعْي مصر لتحقيق تنمية مستدامة وفقًا لاستراتيجية ٢٠٣٠م، فإن الدِّراسة تتجه إلى معرفة دور الطاقة الشمسية في تحقيق التنمية المستدامة في محافظة أسوان، كما تحاول الدِّراسة الإجابة عن التساؤلات التالية:

- هل تمتلك محافظة أسوان مقومات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية؟
- ما حجم الكهرباء المولَّدة من الطاقة الشمسية في محافظة أسوان؟
- ما انعكاسات الطاقة الشمسية على أبعاد التنمية المستدامة في محافظة أسوان؟

منهجية الدراسة:

اعتمد الباحثان على المنهج الوصـــفي التحليلي، حيث تعود أهمية هذا المنهج إلى أن الوصـف يُعَدُّ ركنًا أسـاسـيًّا من أركان البحث العلمي من خلال رصـد الحقائق المتعلقة بمشـكلة الدِّراسة رصدًا واقعيًّا، من خلال جمع المعلومات والبيانات وتحليلها وتفسيرها وإصدار تعليمات بشأنها (توفيق،٢٠١٨، ص٣٦) ولعل الدِّراسة استخدمت المنهج الوصفي في مجالات الدراسات المسحية من خلال استخدامه في مجال توزيع الاستبيانات على العاملين بمحطات الطاقة الشمسية ، والاســتبيان الإلكتروني الذي تم توزيعه على ســكان محافظة أســوان أيضــاً تم اســتخدامه في دراسـة العلاقات المتبادلة: وقد تم اسـتخدام المنهج الوصـفي هنا في دراسـة العلاقة المتبادَلة بين الطاقة الشمسية وانعكاساتها على التنمية المستدامة في محافظة أسوان من خلال أبعادها الثلاثة (البعد البيئي والاقتصـادي والاجتماعي) كما **اسـتعان الباحثان في إتمام هذا البحث ببعض المداخل أهمها:** مدخل تحليل نظم الطاقة حيث تمثل الكهرباء المولدة من الطاقة الشـمسـية نظامًا متكاملاً يتكون من المحطات الشمسية، ومحطات محولات رفع الجهد، وشبكة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية، وبالتالي لا يمكن فهم أيِّ عنصرٍ بمعزلٍ عن باقي العناصـر الأخرى، بالإضـافة إلى المدخل الموضـوعي الذي يهتم بدراسـة الكهرباء المولدة من الطاقة الشـمسـية كسـلعةٍ لها أهميتها، وكذلك التعرف على المشـكلات المتعلقة بإنتاج الكهرباء من الطاقة الشـمسـية، بالإضـافةٍ إلى مدخل تحليل تكلفة العائد الذي يهدف إلى تحديد أهمية الكهرباء المولدة من الطاقة الشـــمســـية من خلال الموازنة بين إنتاج الكهرباء من جهةٍ والعائد الاقتصـادي والبيئي والاجتماعي من جهةٍ أخرى، يضـاف إلى ذلك مدخل دراسـة الحالة، وتتمثل أهميته في جمع المعلومات الدقيقة عن المحطات الفوتوفلطية في موقع بنبان، التي لا يمكن الحصـــول عليها من الإحصاءات والتقارير الرسمية.

- **نماذج الاستبانة:** تم تصميم نموذجين للاستبانة؛ حيث تم توجيه نموذج استبانة ورقي إلى العاملين داخل المحطة من مهندسين وإداريين وعمال. ونموذج استبانة إلكتروني تم توجيهه إلى عينة عشوائية من سكان محافظة أسوان؛ لقياس مدى الوعي البيئي والثقافي للسكان الذي

تَكوَّن نتيجة توطين محطات الطاقة الكهروشمسية في محافظة أسوان، هذا وقد تم تجريب ملء الاستبيان على بعض الزملاء وسكان المحافظة لمعرفة طبيعة الإجابة عن الأسئلة ومدى سلاستها وترابطها؛ مما نتج عن ذلك تصميم الأسئلة، حيث جاءت طبيعة الأسئلة من النوع المُغلَق المفتوح؛ أي تحتوي على أسئلة بعضها ذات إجابات جاهزة، وأخرى ذات إجابات مفتوحة، وغيرها متبوعة بطلب تفسير سبب الاختيار مُكوَّنة من خمسة محاور (ملحق ٢)

- **الدراسة الميدانية:** تمثل الدراسة الميدانية المصدر الرئيس لإتمام هذا البحث؛ نظراً لندرة الدراسات الجغرافية التي تناولت الطاقة الشمسية في محافظة أسوان، بالإضافة إلى حداثة إنشاء المحطات الفوتوفلطية في موقع بنبان، وكذلك تضارب البيانات الرسمية المتمثلة في عدد المحطات التي تم تشغيلها، وجملة قدراتها الاسميِّة، وحجم الكهرباء المولَّدة منها؛ لذلك قام الباحثان بإجراء الدراسة الميدانية بموقع بنبان خلال شهر يناير ٢٠٢٠، حيث تَمَّ حصر عدد المحطات الفوتوفلطية التي تَمَّ تشغيلها وربطها بالشبكة الكهربائية الموحدة، وتحديد قدراتها الاسميِّة، وحجم الكهرباء المولَّدة منها، بالإضافة إلى تطبيق نموذج استبيان على بعض محطات موقع بنبان .
- **البيانات الإحصائية:** اعتمد الباحثان على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية بالنسبة للمحطات القائمة (أسوان، وأبو سمبل)، وتَمَّ الاعتماد على بيانات الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA) للمحطات التي اقترحها الباحثان (دراو، وكوم أمبو)؛ وذلك لإظهار التفاوت في هذه البيانات على مستوى المحافظة، وقام الباحثان بحساب متوسط عدد ساعات سطوع الشمس، والإشعاع الشمسي المباشر خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤).
- **مصادر الخرائط:** اعتمد الباحثان على مجموعة من الخرائط أهمها: الخريطة الطبوغرافية لمحافظة أسوان الصادرة عن إدارة المساحة العسكرية مقياس رسم ١: ٢٥٠٠٠٠، بالإضافة إلى خرائط الإشعاع الشمسي والطاقة الفوتوفلطية المقدَّرة الصادرة عن البنك الدولي، وتَمَّ الاعتماد على هذه المصادر في إنتاج الخرائط التي تخدم البحث باستخدام برنامج (Arc Map10.7).
- **المرئيات الفضائية:** تَمَّ الاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة ٣٠ متراً؛ وذلك لإنتاج الخريطة الكنتورية لمحافظة أسوان باستخدام برنامج (Global Mapper 21.1)؛ وذلك لعمل خريطة مناسيب السطح في المحافظة باستخدام برنامج (Arc Map 10.7).

الدراسات السابقة:

- **بو عشير مريم (٢٠١١)، دور وأهمية الطاقة المُتجدِّدة في تحقيق التنمية المستدامة، رسالة ماجستير، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة منتوري، قسطنطينة، الجزائر** واتَّبعَت الدِّراسةُ المنهجَ الوصفي التحليلي ومدخل دراسة الحالة، وتناولت التعريف بمصطلح التنمية المستدامة التي أصبح العالم ينادي بضرورة تحقيقها والربط بين الأهداف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، إلى جانب معرفة الدور الذي يُمكِن أن تلعبه الطاقة المُتجدِّدة في تحقيق التنمية المستدامة،

وقد توصلت الدِّراسة إلى أن تحقيق التنمية المستدامة يسمح بتوزيع عادل للموارد بين أفراد الجيل الواحد، كما تُمكِّن الأجيال القادمة من التمتع ببيئة نظيفة وغير مستنزَفة.

- **دراسة سعيد أحمد عبده (٢٠١٢):** وموضوعها مستقبل الطاقة المتجددة في مصر، تناولت الدراسة مفهوم الطاقة المتجددة، وتاريخ استخدام الطاقة المتجددة وتطورها في مصر، بالإضافة إلى الإمكانات الحالية للطاقة المتجددة في مصر من خلال التركيز على الطاقة الكهروشمسية، والطاقة الكهروريحية، وكذلك رؤية مستقبلية لمصادر الطاقة المتجددة في مصر، ومدى قدرتها على تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

- **إبراهيم عبد الله عبد الرؤوف(٢٠١٣م) الطاقة المُتجدِّدة والتنمية المستدامة دراسة تحليلية وتطبيقية على الطاقة الشمسية في مصر مجلة البحوث القانونية والاقتصادية – كلية الحقوق جامعة المنصورة:** جاءت الدِّراسة من الجانب القانوني والاقتصادي في ثلاثة فصول: في الفصل الأول تَعرَّض لماهية الطاقة المُتجدِّدة وأهميها ومصادرها، كما تَعرَّض لمفهوم التنمية المستدامة وأهدافها ودور الطاقة المُتجدِّدة في إنجاز أهدافها. وفي الفصل الثاني تناوَل أهمية دراسة الطاقة الشمسية وتحدياتها وبعض تجارب الدول مع الطاقة الشمسية؛ مثل: الجزائر وألمانيا. وفي الفصل الثالث تناوَل فيه الدور الاقتصادي للطاقة الشمسية ومدى إمكانية استفادة مصر منها، ولم يتطرق الباحث للدور الاجتماعي والبيئي للطاقة الشمسية في مصر.

– **دراسة مصطفى محمد عبد الوهاب (٢٠١٤):** وموضوعها الطاقة الكهربائية في محافظة أسوان تضمنت الدراسة تطور إنتاج الكهرباء بالمحافظة، وكذلك دراسة شبكة نقل وتوزيع الكهرباء، بالإضافة إلى استهلاك الطاقة الكهربائية، ومشكلات الطاقة الكهربائية ومستقبلها [١].

– **دراسة هالة عادل عفت (٢٠١٦):** وموضوعها رسم خرائط المناطق المحتملة للطاقة الشمسية باستخدام بيانات (SRTM)، ونماذج التحليل المكاني في إقليم بحيرة ناصر– محافظة أسوان، وانتهت الدراسة إلى استخدام عملية التحليل الهرمي (Analytic Hierarchy Process) بالتكامل مع نظم المعلومات الجغرافية؛ لتحديد مناطق إنشاء المحطات الشمسية في منطقة بحيرة ناصر.

– **دراسة جمعة محمد داود، ومسعد سلامة مندور (٢٠١٦):** وموضوعها المناطق الملائمة لإنشاء مزارع الطاقة الشمسية في مصر، وتوصلت الدراسة إلى استخدام تحليل المعايير المتعددة (Multi-criteria analysis) بالتكامل مع نظم المعلومات الجغرافية لتحديد مواقع إنشاء المحطات الشمسية في مصر.

– **دراسة ياسر محمد عبد الموجود (٢٠١٧):** وموضوعها إمكانات الطاقة الشمسية في مصر مع التطبيق على محطة الكريمات، تناولت الدراسة الإشعاع الشمسي في مصر، وعوامل توطن محطات توليد الكهرباء الشمسية، وكذلك إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى مستقبل الطاقة الشمسية، يضاف إلى ذلك استخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في اختيار أنسب المواقع لإنشاء المحطات الشمسية في مصر [٤].

استفاد الباحثان من الدراسات السابقة في تحديد إطار البحث، من حيث العناصر الأساسية التي تشتمل عليها الدراسة الحالية، والتعرف على أهم المناهج التي تخدم موضوع البحث، بالإضافة إلى دورها في تحديد البعد الزمني للدراسة، وتختلف هذه الدراسة عن الدراسات السابقة في البعدين الزمني والمكاني، بالإضافة إلى أنَّها دراسة تطبيقية على محطة بنبان الشمسية، التي تُعَدُّ أكبر محطات الطاقة الشمسية في مصر ثم دراسة انعكاس الانتاج الكهربائي لمحطة بنبان على أبعاد التنمية المستدامة في محافظة أسوان.

أهداف البحث: يهدف البحث إلى:

-إبراز دور المقومات المناخية اللازمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان.
-دراسة إنتاج الكهرباء من المحطات الفوتوفلطية في موقع بنبان والمعوقات التي تواجهه.
-طبيعة العلاقة بين إنتاج الطاقة الشمسية والتنمية المستدامة للمجتمعات خاصة المحافظة على حقوق الأجيال القادمة.

محاور البحث: يتضمن البحث أربعة محاور هي:

أولاً: المقومات المناخية اللازمة لتوطين محطات الطاقة الكهروشمسية في محافظة أسوان.

ثانيًا: المقومات الجغرافية لموقع مجمع محطات بنبان الكهروشمسي

ثالثًا: إنتاج الكهرباء من محطة بنبان (الكهروشمسية) ومعوقاته.

رابعًا: انعكاسات الانتاج الكهربائي لمحطة بنبان على أبعاد التنمية المستدامة في محافظة أسوان:

أ- المردود البيئي للإنتاج الكهربائي لمحطة بنبان.
ب- المردود الاقتصادي للإنتاج الكهربائي لمحطة بنبان.
ج- المردود الاجتماعي للإنتاج الكهربائي لمحطة بنبان.

خامسًا: نمذجة مكانية لتوطين محطات الطاقة الشمسية في المستقبل بمحافظة أسوان

أولاً المقومات المناخية اللازمة لتوطين محطات الطاقة الكهروشمسية في محافظة أسوان:

أ- متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في محافظة أسوان:

تؤدي زيادة المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس دوراً مهماً في إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية؛ وذلك لأنَّها تعمل على زيادة حجم الإشعاع الشمسي والطاقة المقدَّرة منه، وتتميز محافظة أسوان بارتفاع المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس؛ ويشير ذلك إلى زيادة ملاءمتها لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية، ويوضح الجدول التالي المتوسط الشهري والسنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في محافظة أسوان خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤).

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- إبريل ٢٠٢٤م

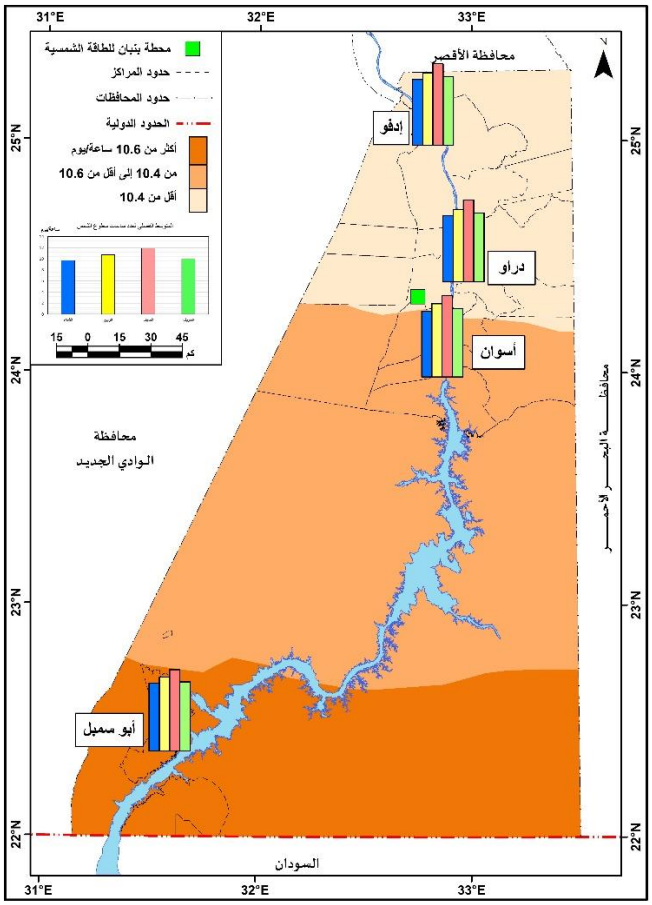
جدول (١) المتوسط الشهري والسنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في محافظة أسوان ساعة/يوم خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤)(*).

الشهر	أبو سمبل	أسوان	دراو	إدفو	المتوسط
ديسمبر	٩.٦	٩.٣	٩.٤	٩.٢	٩.٤
يناير	٩.٨	٩.٦	٩.٧	٩.٥	٩.٧
فبراير	١٠.٢	١٠	١٠	١٠	١٠
الشتاء	٩.٩	٩.٦	٩.٧	٩.٦	٩.٧
مارس	١٠.٥	١٠.٤	١٠.٣	١٠.٢	١٠.٤
إبريل	١٠.٦	١٠.٥	١٠.٥	١٠.٤	١٠.٥
مايو	١١.٢	١١.٢	١١.١	١١.١	١١.٢
الربيع	١٠.٨	١٠.٧	١٠.٦	١٠.٦	١٠.٧
يونيو	١٢.١	١٢.١	١٢.٢	١٢.١	١٢.١
يوليو	١٢	١٢.١	١٢	١٢	١٢
أغسطس	١١.٦	١١.٦	١١.٧	١١.٦	١١.٦
الصيف	١١.٩	١١.٩	١٢	١١.٩	١١.٩
سبتمبر	١٠.٣	١٠.١	١٠.١	١٠.١	١٠.١
أكتوبر	١٠.١	١٠	١٠	١٠.١	١٠
نوفمبر	١٠	٩.٩	٩.٩	٩.٩	٩.٩
الخريف	١٠.١	١٠	١٠.١	١٠	١٠
المتوسط السنوي	**١٠.٧**	**١٠.٦**	**١٠.٦**	**١٠.٥**	**١٠.٦**

المصدر: الجدول من إعداد الباحثَيْن اعتمادًا على: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات ساعات سطوع الشمس، خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤).

-NASA surface meteorology and solar energy, Hours of sun**shi**ne, (1984-2022)

(*) توجد في محافظة أسوان محطتا أرصاد هما: محطة أبو سمبل تقع هذه المحطة جنوب المحافظة عند التقاء خط طول ١٦َ ٣١° شرقًا مع دائرة عرض ٦٣َ ٢٢° شمالًا، ومحطة أسوان تقع عند التقاء خط طول ٨٧َ ٣٢° شرقًا مع دائرة عرض ٦٩َ ٢٣° شمالًا؛ وبذلك تغطي هاتان المحطتان النصف الجنوبي من المحافظة تقريبًا، ولإظهار التفاوت في معدلات الإشعاع الشمسي، وعدد ساعات سطوع الشمس بين أجزاء المحافظة اقترح الباحثان محطتي أرصاد تغطي النصف الشمالي من المحافظة الأولى في مركز دراو عند التقاء خط طول ٢٩َ ٣٢° شرقًا مع دائرة عرض ٠٤َ ٢٤° شمالًا، والثانية في مركز إدفو شمال المحافظة، وتقع عند التقاء خط طول ٧٨َ ٣٢° شرقًا بدائرة عرض ٨٩َ ٢٤° شمالًا، وتم الحصول على بيانات المحطتين المقترحتين من خلال موقع ناسا، وهي بيانات حسابية خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤).



شكل (٢) المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في محافظة أسوان.

من تحليل بيانات الجدول السابق والشكل (٢) تتضح الحقائق التالية:

بلغ المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في محافظة أسوان ١٠.٦ ساعة/يوم خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤)، ويتضح تفاوت متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في المحافظة من شهر إلى آخر؛ حيث يزيد متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في المحافظة عن المتوسط السنوي في أربعة أشهر خلال الفترة (مايو- أغسطس)؛ الأمر الذي يتضح من خلاله الاختلاف الواضح لمتوسط عدد ساعات سطوع الشمس من شهر إلى آخر في محافظة أسوان.

يختلف متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في محافظة أسوان حسب فصول السنة، حيث بلغ المتوسط أقصاه ١١.٩ ساعة/يوم خلال فصل الصيف؛ ويعزى ذلك بصفةٍ أساسيةٍ إلى طول ساعات النهار الناتج عن تعامد أشعة الشمس على مدار السرطان الواقع في الأجزاء الجنوبية من المحافظة خلال هذا الفصل، بالإضافة إلى وقوع المحافظة ضمن الإقليم الصحراوي الذي يتميز بقلة تكون السحب؛ وانعكس ذلك على زيادة معدلات السطوع الشمسي، وفي المقابل بلغ متوسط عدد ساعات سطوع الشمس أدناه ٩.٧ ساعة/يوم خلال فصل الشتاء، وعلى الرغم من ذلك لا يؤثر انخفاض متوسط عدد ساعات سطوع الشمس خلال هذا الفصل على إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في المحافظة؛ وذلك لأنَّ المناطق الأنسب لاستغلال الطاقة الشمسية يتراوح متوسط عدد ساعات سطوع الشمس بها ما بين (١٠.٩-٦.٣) ساعة/يوم؛ ويشير ذلك إلى ارتفاع ملاءمة محافظة أسوان لإنتاج الكهرباء من المحطات الشمسية.

كما يلاحظ أنَّه يوجد تباين طفيف في متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في محافظة أسوان، حيث يقل المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس بالاتجاه من الجنوب إلى الشمال، حيث بلغ المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس أقصاه ١٠.٧ ساعة/يوم في محطة أبو سمبل الواقعة جنوب مدار السرطان، بينما بلغ متوسط عدد ساعات سطوع الشمس أدناه ١٠.٥ ساعة/يوم في مركز إدفو شمال المحافظة؛ وبذلك يبلغ الفارق في المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس بين جنوب المحافظة وشمالها ٠.٢ ساعة/يوم.

ب- كمية الإشعاع الشمسي المباشر في محافظة أسوان:

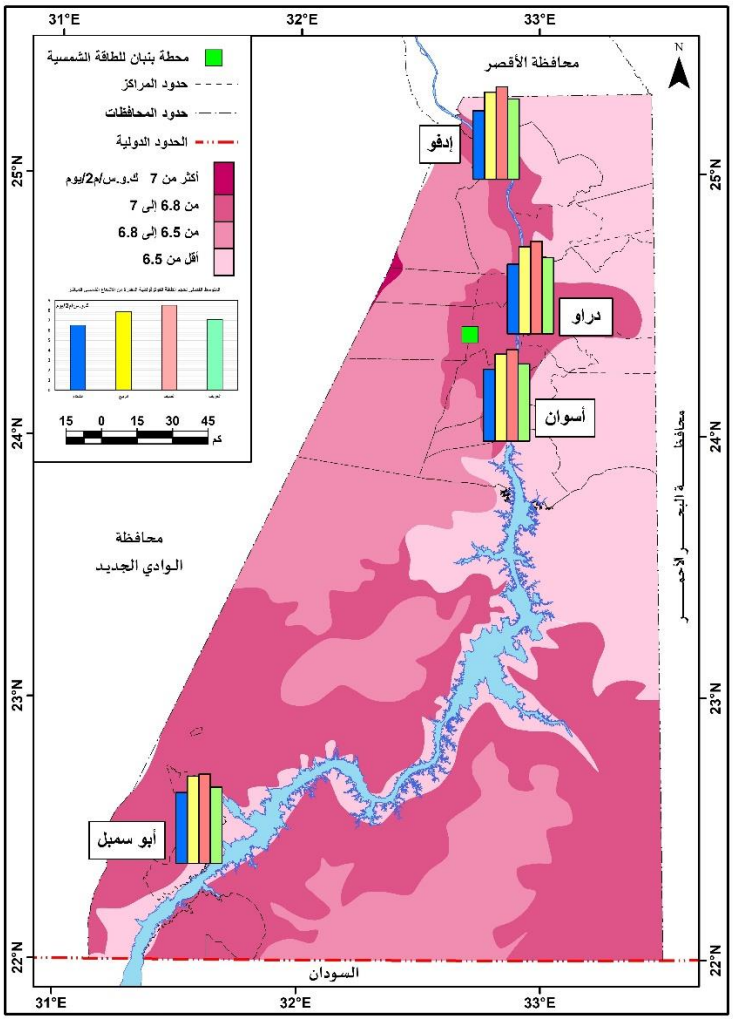
تُعَدُّ دراسة بيانات الإشعاع الشمسي على قدرٍ كبيرٍ من الأهمية؛ وذلك لكونها تمثل مدخلات أساسية لتطبيقات الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى دورها في تقييم تقنيات الطاقة الشمسية، وتحسين كفاءتها (El- Sebaii A.A., (2010): p. 568.)، أمَّا بالنسبة لقِيم الإشعاع الشمسي في مصر فإنَّها تختلف مكانيًّا، حيث تزيد قِيم الإشعاع الشمسي بالاتجاه من الشمال إلى الجنوب طوال العام حتى تبلغ أقصاها في محافظة أسوان (أمل عبد العظيم عبد المقصود، ٢٠١٥، ص ٧٩.)؛ وقد انعكس ذلك على زيادة ملاءمة المحافظة لإنتاج الكهرباء من المحطات الشمسية، ويوضح الجدول التالي المتوسط الشهري والسنوي للإشعاع الشمسي المباشر خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤).

جدول (٢) المتوسط الشهري والسنوي للإشعاع الشمسي المباشر وحجم الطاقة المقدَّرة في محافظة أسوان خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤).

المحطة	أبو سمبل	أسوان	دراو	إدفو	المتوسط
	ك.و.س/ م٢/ يوم				
ديسمبر	٦	٦	٥.٨	٥.٨	٥.٩
يناير	٦.٣	٦.٤	٦.١	٦	٦.٢
فبراير	٧.٣	٧.٣	٧.٣	٧	٧.٢
الشتاء	٦.٥	٦.٦	٦.٤	٦.٣	٦.٥
مارس	٧.٨	٧.٦	٧.٧	٧.٥	٧.٧
إبريل	٨.١	٧.٩	٨.٢	٧.٩	٨
مايو	٨	٧.٨	٨.١	٧.٧	٧.٩
الربيع	٨	٧.٨	٨	٧.٧	٧.٩
يونيو	٨.٦	٨.٧	٩.٢	٨.٩	٨.٩
يوليو	٨.٢	٨.٥	٩	٨.٦	٨.٦
أغسطس	٧.٨	٧.٩	٨.٣	٨.١	٨
الصيف	٨.٢	٨.٤	٨.٨	٨.٥	٨.٥
سبتمبر	٧.٤	٧.٦	٨.٢	٧.٨	٧.٧
أكتوبر	٧	٧	٧.٤	٦.٩	٧.١
نوفمبر	٦.٧	٦.٧	٦.٧	٦.٤	٦.٦
الخريف	٧	٧.١	٧.٤	٧	٧.١
المتوسط	٧.٤	٧.٥	٧.٧	٧.٤	٧.٥

- الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات الإشعاع الشمسي، خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤).

- Nasa Surface Meteorology and solar energy, Direct solar radiation, (1984-2022)



- World Bank Group, Solar Resource map, Photovoltaic Power Potential, Egypt, (1984-2022).

شكل (٣): حجم الطاقة الفوتوفلطية المقدَّرة من الإشعاع الشمسي المباشر في محافظة أسوان خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤).

من دراسة بيانات الجدول السابق والشكل (٢) يتضح ما يلي:

١- بلغ المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي المباشر في محافظة أسوان ٧.٥ ك.و. س/م٢/يوم خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤) ويتضح من ذلك ارتفاع ملاءمة المحافظة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية.

٢- تختلف قِيم الإشعاع الشمسي المباشر في محافظة أسوان مكانيًّا؛ وذلك وفقًا لمجموعة من العوامل أهمها: عدد ساعات سطوع الشمس، وزاوية سقوط الإشعاع الشمسي، ونسبة الألبيدو الأرضي، حيث تبلغ قِيم الإشعاع الشمسي أقصاها في مركز دراو ٧.٧ ك.و.س/م٢/يوم، وتأتي محطة أسوان في الترتيب الثاني من حيث قِيم الإشعاع الشمسي البالغة ٧.٥ ك.و.س/م٢/يوم، وتستحوذ محطة أبو سمبل على المكانة الثالثة بمعدل إشعاع شمسي بلغ ٧.٤ ك.و.س/م٢/يوم، بينما بلغ متوسط حجم الإشعاع الشمسي المباشر أدناه في مركز إدفو ٧.٤ ك.و.س/م٢/يوم.

٣- يتضح مما سبق تفاوت قِيم الإشعاع الشمسي المباشر من منطقة إلى أخرى في محافظة أسوان، ورغم ذلك فإنَّ المحافظة تتميز بمعدلات إشعاع شمسي مرتفعة جداً، تفوق المعدلات الأنسب التي تم تحديدها لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية البالغة ٥ ك.و.س/م٢/يوم (شيماء سمير عبد القادر، ٢٠١٥، ص ٩٨.)؛ ويشير ذلك إلى ارتفاع ملاءمة المحافظة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية.

٤- كذلك تتباين قِيم الإشعاع الشمسي المباشر في محافظة أسوان زمنيًّا، حيث بلغت معدلات الإشعاع الشمسي المباشر ٨.٥ ك.و.س خلال فصل الصيف؛ ويعزي ذلك إلى تعامد أشعة الشمس على مدار السرطان الذي يمر في الأجزاء الجنوبية من المحافظة خلال هذا الفصل، وقد ترتَّبَ على ذلك سقوط أشعة الشمس عمودية على جنوب المحافظة، وقريبة جداً من العمودية على الأجزاء الوسطى والشمالية منها؛ مما انعكس على تقليل الفقد من الإشعاع الشمسي الساقط على محافظة أسوان.

٥- بلغت قِيم الإشعاع الشمسي المباشر في المحافظة أدناها ٦.٥ ك.و.س خلال فصل الشتاء؛ نظراً لتعامد الشمس على مدار الجدي خلال هذا الفصل؛ الأمر الذي تَرتَّبَ عليه انخفاض زاوية سقوط الإشعاع الشمسي في المحافظة وخاصةً الأجزاء الشمالية منها؛ وانعكس ذلك على انخفاض حجم الإشعاع الشمسي المباشر خلال فصل الشتاء.

٦- على الرغم من انخفاض معدلات الإشعاع الشمسي المباشر خلال فصل الشتاء مقارنة بفصل الصيف؛ فإنَّ ذلك لا يؤثر على كفاءة إنتاج الكهرباء من المحطات الشمسية في المحافظة؛ وذلك لأنَّ معدلات الإشعاع الشمسي المباشر في المحافظة خلال فصل الشتاء تجعلها ضمن المناطق الأنسب لاستغلال الطاقة الشمسية كما سبقت الإشارة.

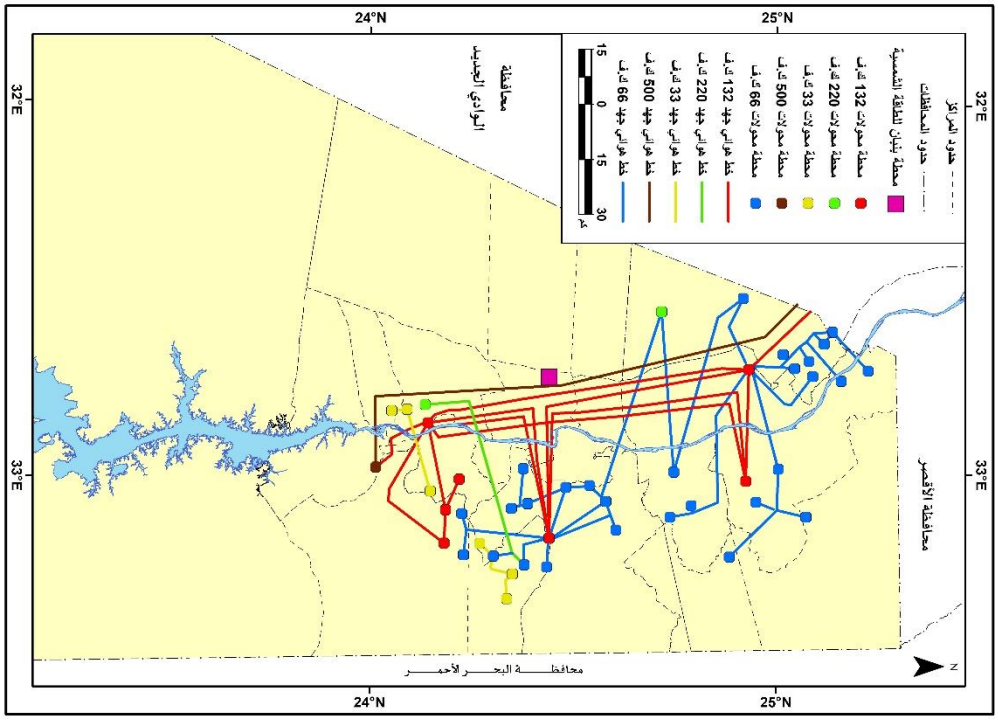
ثانياً – المقومات الجغرافية لموقع مجمع محطات بنبان الكهروشمسي:

تمثل المحطات الفوتوفلطية في موقع بنبان الشمسي الإنتاج الفعلي للكهرباء المولَّدة من الطاقة الشمسية في المحافظة، ويمكن دراسة موقع بنبان الشمسي على النحو التالي:

١) الموقع الجغرافي:

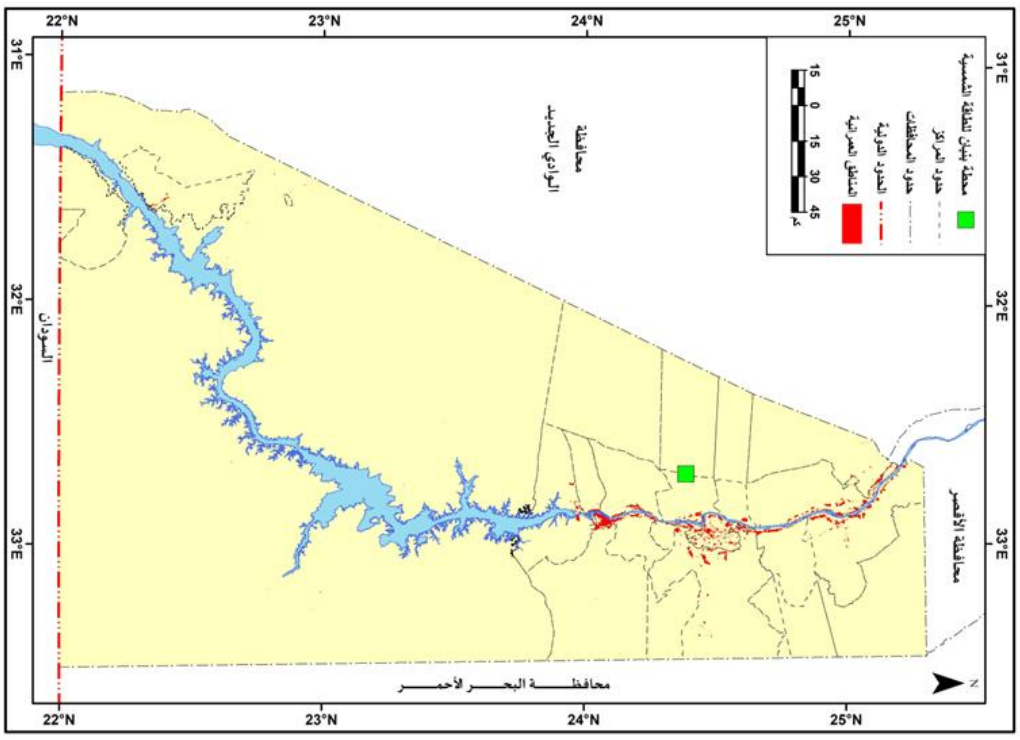
يقع مجمع بنبان الشمسي ضمن حدود قرية بنبان التابعة إدارياً لمركز دراو عند تقاطع خط طول ٨٠ً ٣٤َ ٣٢° شرقًا بدائرة عرض ٣٤ً ٥٢َ ٢٤° شمالًا؛ ويبعد موضع محطات الطاقة الشمسية في بنبان عن مدينة أسوان بمسافة ٤٠ كم ناحية الشمال الغربي؛ وبذلك تقع المحطة في الظهير الصحراوي الغربي لمحافظة أسوان، وقد روعي عند اختيار موقع بنبان عدة اعتبارات أهمها:

- زيادة المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في موقع بنبان البالغ ١٠.٨ ساعة/ يوم خلال الفترة (٢٠٢٢-١٩٨٤)؛ وترتَّبَ على ذلك زيادة معدلات الإشعاع الشمسي المباشر، والذي بلغ ٧.٨ ك.و.س/م٢/يوم خلال الفترة نفسها؛ وبذلك ترتفع قِيم الإشعاع الشمسي بموقع بنبان مقارنةً بالمتوسط العام للمحافظة البالغ ٧.٥ ك.و.س/م٢/يوم (Nasa Surface Meteorology and Solar Energy, Direct Solar Radiation (1984-2022).
- موقع بنبان الشمسي في منطقة صحراوية غير مأهولة (شكل ٥)، وتتمثل أهمية هذا العامل في صعوبة إنشاء هذه المحطات في المناطق السكنية أو الأراضي الزراعية، بالإضافة إلى أنَّ تكلفة الأراضي تُعَدُّ معياراً مهماً يؤثر في إنشاء المحطات الشمسية؛ نظراً لدورها في تحديد تكلفة إنشاء تلك المحطات (Merve A. & Mehmet A. (2018): P. 417)، ويشير ذلك إلى أهمية موقع بنبان؛ نظراً لتخصيص مساحات كبيرة من الأراضي الصحراوية لصالح هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة لإنشاء المحطات الفوتوفلطية، حيث تبلغ مساحة موقع بنبان ٣٧.٢ كم٢ (٨٨٥٧.١ فداناً)، وتنقسم هذه المساحة إلى ٤٠ قطعة منتظمة في أربعة صفوف، تتراوح مساحتها ما بين (٠.٣-١ كم٢)، لإنشاء ٤٠ محطة فوتوفلطية تتراوح قدرتها الاسميِّة ما بين (٥٠-٢٠ ميجاوات) (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، مشروعات إنتاج الكهرباء من الخلايا الفوتوفلطية في بنبان، الدراسة الاستراتيجية لتقييم التأثيرات البيئية والاجتماعية، التقرير النهائي، فبراير ٢٠١٦، ص ٣٦).
- يتميز موقع بنبان بقربه من الشبكة الكهربائية الموحدة شكل (٦)، ويعد ذلك عاملًا مهماً من الناحية الاقتصادية؛ لأنَّه يقلل من تكلفة التركيب، وإنشاء بنية تحتية جديدة (Effat H.A (2013): P. 210.)؛ لذلك تَمَّ ربط موقع بنبان الشمسي بالشبكة الكهربائية الموحدة بسهولة؛ نظراً لقربها من الخط الهوائي جهد ٢٢٠ ك.ف بمسافة ١٢ كم، حيث يربط هذا الخط بين محطة محولات ربط أسوان – محطة محولات سلوا؛ وقد ترتَّبَ على ذلك خفض تكلفة ربط المحطة بالشبكة الكهربائية، مما يزيد من أهمية موقع بنبان قربه من الخط الهوائي جهد ٥٠٠ ك.ف، الذي يربط بين محطة محولات السد العالي – محطة محولات نجع حمادي بمسافة ٥٠٠ متر.
- بالإضافة إلى خصائص موقع بنبان سالفة الذكر؛ فإنَّه يتميز باستواء السطح وعدم تضرسه، حيث يقع موقع بنبان شكل (٧) على منسوب ١٥٠ متراً فوق مستوى سطح البحر، بينما تقع مياه نهر النيل على منسوب ٨٣ متراً فوق مستوى سطح البحر، وبذلك يبلغ فارق المنسوب بين موقع بنبان ومنسوب مياه نهر النيل ٦٧ متراً، وقد ساعد استواء السطح في موقع بنبان على خفض تكلفة إنشاء المحطات الشمسية، بالإضافة إلى تحقيق الاستفادة القصوى من طاقة الإشعاع الشمسي في إنتاج الكهرباء.



المصدر :الشركة المصرية لنقل الكهرباء، قطاع كهرباء أسوان، الشئون الفنية، ٢٠١٩.

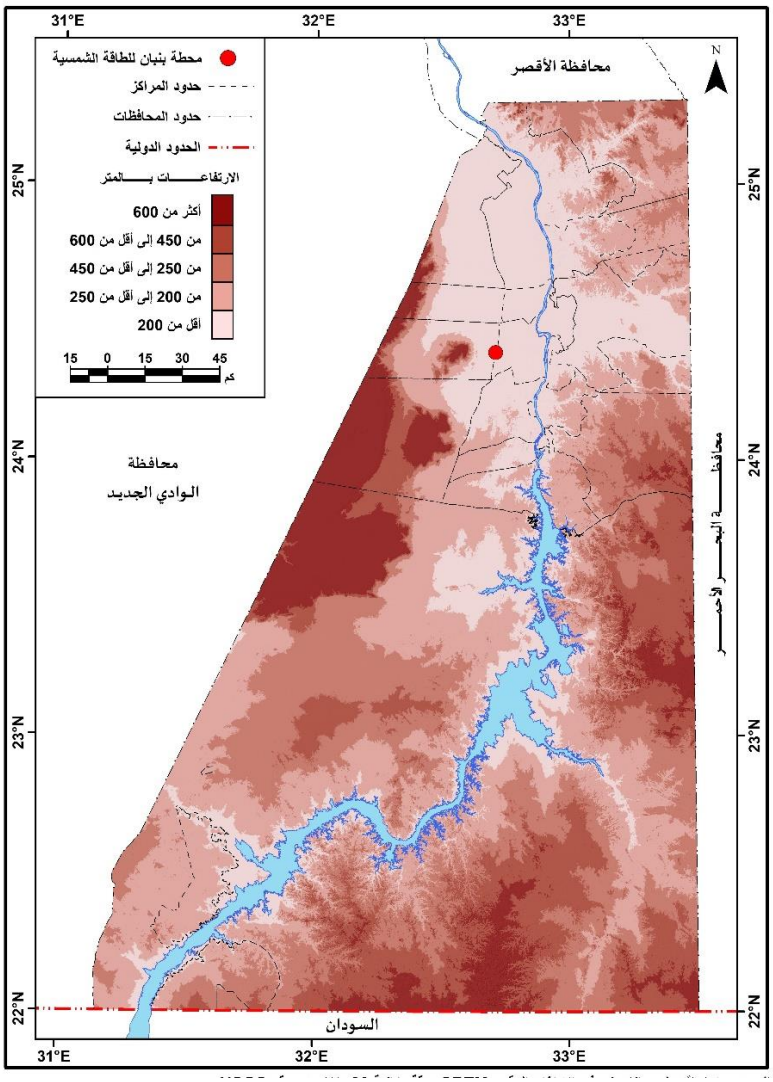
شكل (٥): موقع بنبان بالنسبة للشبكة الكهربائية في محافظة أسوان.



المصدر :الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، وحدة نظم المعلومات الجغرافية ٢٠٢٢.

شكل (٤) : موقع بنبان بالنسبة للمناطق المأهولة في محافظة أسوان.

- يقترب موقع بنبان من شبكة الطرق القائمة، حيث يبعد عن طريق أسوان – الأقصر بمسافة ١ كم، الذي يمثل خط الطرق الرئيس على طول امتداد نهر النيل، وترتَّبَ على ذلك إنشاء خطين من الطرق المرصوفة داخل موقع بنبان باتجاه عام من الشرق إلى الغرب، ويتعامدان على طريق أسوان – الأقصر، بالإضافة إلى إنشاء عدة طرق من الرمال والحصى المضغوط؛ وذلك لتسهيل الوصول إلى كافة المحطات الموجودة بالموقع (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ص ٣٨-٤٢).
- يبعد موقع بنبان عن مدينة أسوان الجديدة بمسافة ٢٩ كم شمالًا؛ لذلك يتم إمداده بكميات المياه اللازمة للأغراض الآدمية، وغسيل الألواح الشمسية من محطة مياه الشرب بمدينة أسوان الجديدة بواسطة شاحنات مخصصة لذلك، كما يتميز الموقع بقربه من نهر النيل بمسافة ١٥ كم؛ ويساعد ذلك على سهولة توصيل خط أنابيب من نهر النيل إلى المحطة خلال الفترات القادمة؛ مما يضمن استمرارية وصول المياه إلى المحطات الفوتوفلطية بالموقع.



شكل (٦) مناسيب السطح في محافظة أسوان.

المصدر: من إعداد الباحثَيْن اعتماداً على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM بدقة مكانية ٣٠ متر من موقع USGS

٢) مكونات شبكة نقل الكهرباء في موقع بنبان:

يضم موقع بنبان الشمسي شبكة داخلية لنقل الكهرباء، وذلك لنقل الكهرباء المولَّدة من المحطات الفوتوفلطية بالموقع، وتوصيلها إلى محطات محولات رفع الجهد تمهيداً لإرسالها إلى الشبكة الموحدة من خلال خط هوائي جهد ٢٢٠ ك.ف، ويربط هذا الخط بين محطة محولات ربط أسوان ومحطة محولات سلوا، ويمكن التعرف على مكونات شبكة نقل الكهرباء في موقع بنبان كما يلي:

أ- خطوط نقل الكهرباء:

يَتِمُّ الاعتماد على الكابلات الأرضية جهد ٢٢ ك.ف في نقل الكهرباء المولَّدة من المحطات الفوتوفلطية بموقع بنبان؛ وذلك للحد من الأخطار الناتجة عن الخطوط الهوائية، وتقليل نسبة الفقد من الكهرباء المنقولة، حيث يَتِمُّ ربط المحطة الواحدةقدرة ٥٠ م.و بمحطة المحولات للتابعة لها بواسطة ثلاثة مغذيات، كل مغذٍّ يتكون من ثلاثة أطراف، بينما ترتبط المحطة قدرة ٢٠ م.و من خلال مغذيين كل مغذٍّ يتكون من ثلاثة أطراف.

ب- محطات محولات رفع الجهد:

تتركز هذه المحطات في الجانب الشرقي من موقع بنبان؛ نظراً لقربها من طريق أسوان- الأقصر، بالإضافة إلى قربها من الشبكة الكهربائية الموحدة؛ وقد ترتَّبَ على ذلك تسهيل تركيب معدات هذه المحطات، وخفض التكلفة الكلية اللازمة لربطها بالشبكة الكهربائية الموحدة، حيث يبلغ عدد محطات محولات رفع الجهد في موقع بنبان أربع محطات بتكلفة إجمالية بلغت ٦٠٠ مليون جنيه مصري، وتعمل هذه المحطات بالنظام المعزول بالغاز، الذي يمثل أعلى تكنولوجيا لتوفير الأمان الكامل للعاملين داخل هذه المحطات، ويمكن تناول هذه المحطات كما يلي:

- **محطة محولات بنبان (١):** تقع المحطة في الطرف الشمالي الشرقي من موقع بنبان عند التقاء خط طول ٠٤ً ٤٤َ ٣٢° شرقاً بدائرة عرض ٩٣ً ٧٢َ ٢٤° شمالاً، وتبلغ مساحة المحطة ١٥٤٠٠ متر مربع أي ما يعادل (٣.٦٦ فداناً)، وتتكون المحطة من ثلاثة محولات جهد ٢٢٠/٢٢ ك.ف، حيث تبلغ سعة المحول ١٧٥ م.ف.أ؛ وبذلك تبلغ السعة الكلية للمحطة ٥٢٥ م.ف.أ، تستقبل تلك المحطة الكهرباء المولَّدة من ٨ محطات تتركز في الصف الأول شمال موقع بنبان.

- **محطة محولات بنبان (٢):** تقع هذه المحطة جنوب محطة بنبان (١) عند التقاء خط طول ٩٢ً ٤٤َ ٣٢° شرقاً بدائرة عرض ٠٤ً ٦٢َ ٢٤° شمالاً، وتبلغ مساحة المحطة ١٥٠٥٠ متراً مربعاً أي ما يعادل (٣.٥٨ فداناً)، وتتكون المحطة من ثلاثة محولات جهد ٢٢٠/٢٢ ك.ف، تبلغ سعة المحول ١٧٥ م.ف.أ صورة (١)؛ بسعة إجمالية تبلغ ٥٢٥ م.ف.أ، وتستقبل المحطة الطاقة الكهربائية المولَّدة من ٩ محطات فوتوفلطية تتركز في الصف الثاني من موقع بنبان.

- **محطة محولات بنبان (٣):** تقع المحطة جنوب محطة بنبان (٢) عند تقاطع خط طول ٢١ً ٤٤َ ٣٢° شرقاً بدائرة عرض ٨٨ً ٤٢َ ٢٤° شمالاً، وتُعَدُّ هذه المحطة أكبر محطات المحولات من حيث المساحة البالغة ٦٣٤٦٧ متراً مربعاً، أي ما يعادل (١٥.١١ فداناً)، وتتكون المحطة من

ثلاثة محولات جهد ٢٢/ ٢٢٠ ك.ف، تبلغ سعة المحول ١٧٥ م.ف.أ؛ بسعةٍ إجماليةٍ تبلغ ٥٢٥ م.ف.أ، وتستقبل المحطة الكهرباء المولَّدة من ٨ محطات تتركز في الصف الثالث بموقع بنبان.

- **محطة محولات بنبان (٤):** تقع تلك المحطة في الطرف الجنوبي الشرقي من موقع بنبان عند التقاء خط طول ٧٥° ٤٤َ ٣٢° شرقًا بدائرة عرض ٢٨° ٣٢َ ٢٤° شمالًا، وتبلغ مساحة المحطة ١٤٨٢١ مترًا مربعًا أي ما يعادل (٣.٥٢ فدانًا)، وتتكون المحطة من ثلاثة محولات جهد ٢٢٠/٢٢ ك.ف، تبلغ سعة المحول ١٧٥ م.ف.أ؛ بسعةٍ إجماليةٍ تبلغ ٥٢٥ م.ف.أ، وتستقبل المحطة الكهرباء المولَّدة من ٧ محطات فوتوفلطية تتركز في الصف الرابع جنوب موقع بنبان.

ومما تجدر الإشارة إليه أنَّ محطات المحولات الأربع سالفة الذكر ترتبط بالشبكة الكهربائية من خلال خط دخول جهد ٢٢٠ ك.ف يربط بين محطة محولات ربط أسوان – محطة محولات بنبان (٤) كما ترتبط محطة محولات بنبان (٤) بمحطات المحولات الثلاثة من خلال الكابلات الأرضية، وتتصل محطات المحولات في موقع بنبان بالشبكة الموحدة صورة (٢) من خلال خطي خروج هما: خط مفرد جهد ٢٢٠ ك.ف يربط بين محطة محولات بنبان (١) – محطة محولات سلوا – مركز كوم أمبو، وخط مفرد جهد ٢٢٠ ك.ف يربط بين محطة محولات بنبان (١) – محطة محولات النقرة –مركز نصر النوبة (المصدر: الدراسة الميدانية لموقع بنبان الشمسي خلال الفترة (٧– ٨) يناير ٢٠٢٠.)

٣) محطات إنتاج الكهرباء الفوتوفلطية في موقع بنبان:

يبلغ عدد المحطات الفوتوفلطية المخطط إنشاؤها في موقع بنبان ٤٠ محطة، حيث بلغ عدد المحطات التي تَمَّ إنشاؤها وتشغيلها ٣٢ محطة بإجمالي قدرةٍ اسميةٍ بلغت ١٤٦٥ ميجاوات تمثل ٧٣.٣٪ من إجمالي للقدرات الاسميِّة المخطط تنفيذها في موقع بنبان للبالغة ٢٠٠٠ ميجاوات، وينقسم موقع بنبان إلى أربعة صفوف من الشمال إلى الجنوب (شكل ٧)، وتختلف هذه الصفوف من حيث إجماليِ عدد المحطات المخطط إنشاؤها، وكذلك المحطات التي تَمَّ تشغيلها، وحجم القدرات الاسميِة المُرَكَّبة، والطاقة الكهربائية المولَّدة(*)، ويمكن دراسة هذه الصفوف على النحو التالي:

١- **الصف الأول:** يقع هذا الصف في الجزء الشمالي من موقع بنبان، وتبلغ مساحته ٨.٦٩ كم^{٢} أي ما يعادل (٢٠٦٩.٩ فدانًا) تمثل ٢٣.٤٪ من جملة مساحة موقع بنبان، وينقسم هذا الصف إلى عشر محطات تبلغ قدرتها الاسميِّة ٣٨٠ ميجاوات بواقع ست محطات قدرة المحطة الواحدة ٥٠ ميجاوات، بالإضافة إلى أربع محطات قدرة المحطة الواحدة ٢٠ ميجاوات، بلغ

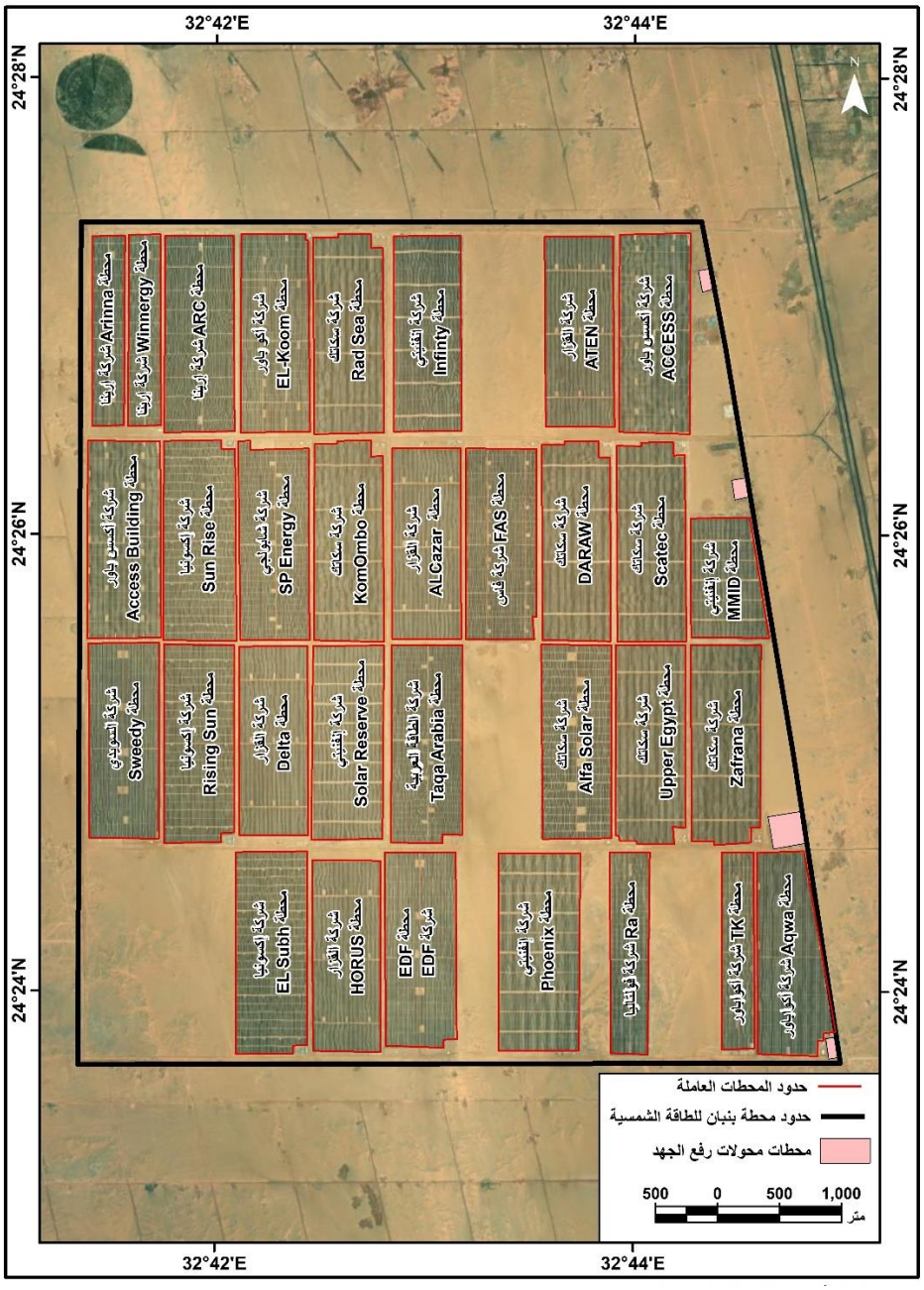
(*) بلغت التكلفة الإجمالية لمشروع بنبان ٤٢ مليار جنيهٍ مصري، وتَمَّ إنشاء هذه المحطات من خلال شركات القطاع الخاص المتخصصة في إنشاء المحطات الشمسية البالغ عددها ١٣ شركة بنظام تعريفة التغذية **(Feed- in Tariff)**، حيث بلغ عدد الشركات المصرية ثلاث شركات هي: إنفنتي، والسويدي، وطاقة عربية، بلغ عدد المحطات المنفذة بواسطها سبع محطات بإجمالي قدرةٍ مركبةٍ بلغت ٣٥٠ ميجاوات بنسبة ٢٣,٩٪ من إجمالي القدرات الاسميِّة بموقع بنبان، وفي المقابل بلغ عدد الشركات غير المصرية في موقع بنبان الشمسي عشر شركات (سكاتك النرويجية، القزار الإماراتية، أكسيس باور الإماراتية، إكسيونا الإسبانية، أكوا باور السعودية، فاس السعودية، ألفا سولار السعودية، إرينا الإيطالية، شابوجي الهندية، فولتاليا الفرنسية)، حيث بلغ عدد المحطات التي أنشأتها تلك الشركات ٢٥ محطة بجملة قدراتٍ اسميةٍ بلغت ١١١٥ ميجاوات تمثل ٧٦,١٪ من إجمالي القدرات الاسميِّة التي تَمَّ تشغيلها بموقع بنبان

عدد المحطات التي تَمَّ تشـــغيلها وربطها بالشـــبكة الكهربائية الموحدة ثماني محطات بجملة قدرات مركبة بلغت ٣٤٠ ميجاوات بواقع ســـت محطات قدرة المحطة ٥٠ ميجاوات، ومحطتين قدرة المحطة ٢٠ ميجاوات(٢)، حيث يتم نقل الكهرباء المولَّدة من تلك المحطات إلى محطة محولات بنبان(١)

٢- **الصـف الثاني:** يقع جنوب الصـف الأول، وتبلغ مسـاحته الإجمالية ٨.٩٩ كم٢ أي ما يعادل (٢١٤٢ فداناً) بنسبة ٢٤.٢٪ من إجمالي مساحة موقع بنبان، وتنقسم هذه المساحة إلى تسع محطات تمَّ تشـغيلها وربطها بالشـبكة الكهربائية الموحدة، وتبلغ جملة القدرات الاسـميّة لهذه المحطات ٤٣٠ ميجاوات بواقع ثماني محطات تبلغ قدرة المحطة الواحدة ٥٠ ميجاوات بالإضافة إلى محطة واحدة تبلغ قدرتها ٣٠ ميجاوات (محطة إنفينيتي MMID)؛ وبذلك تمثل القدرات الاسميّة للمحطات الموجودة بهذا الصف ٢٩.٤٪ من إجمالي القدرة الاسميّة التي تمَّ توصيلها بالشبكة الموحدة في موقع بنبان البالغة ١٤٦٥ ميجاوات، ويتم نقل الكهرباء المولَّدة من المحطات الفوتوفلطية بهذا الصف إلى محطة محولات بنبان(٢).

٣- **الصف الثالث:** تبلغ المساحة الإجمالية لهذا الصف ٩.٥٧ كم٢ بما يعادل (٢٢٨٠ فداناً) تمثل ٢٥.٨٪ من إجمالي المسـاحة الكلية لموقع بنبان، وتتوزع هذه المسـاحة على تسـع محطات بواقع ٩٦٩.٦ ألف متر مربع للمحطة الواحدة، حيث بلغت للقدرة الاسـميّة لتلك المحطات ٤٥٠ ميجاوات بواقع ٥٠ ميجاوات للمحطة الواحدة؛ وبلغ عدد المحطات التي تمَّ تشـغيلها وربطها بالشـبكة الموحدة ثماني محطات بقدرة بلغت ٤٠٠ ميجاوات تعادل ٢٧.٣٪ من إجمالي القدرات الاسـميّة التي تَمَّ توصـيلها بالشـبكة الموحدة في موقع بنبان، حيث يَتِمُّ نقل الكهرباء المولَّدة من تلك المحطات إلى محطة محولات بنبان (٣).

٤- **الصف الرابع:** يقع هذا الصف في الجزء الجنوبي من موقع بنبان، ويعد أكبر صفوف موقع بنبان من حيث المساحة البالغة ٩.٩ كم٢ أي ما يعادل (٢٣٥٧.١ فداناً) تعادل ٢٦.٦٪ من إجمالي مساحة موقع بنبان، ويضم هذا الصف اثنتي عشرة محطة بجملة قدرات اسمية بلغت ٤٥٥ ميجاوات بواقع سبع محطات قدرة المحطة الواحدة ٥٠ ميجاوات، وأربع محطات قدرة الواحدة ٢٠ ميجاوات، بالإضافة إلى محطة واحدة بقدرة ٢٥ ميجاوات، وبلغ عدد المحطات التي تَمَّ تشغيلها وربطها بالشبكة الموحدة سبع محطات تبلغ جملة قدراتها الاسميّة ٢٩٥ ميجاوات بنسبة ٢٠.١٪ من إجمالي القدرات الاسميّة التي تَمَّ توصيلها بالشبكة الموحدة في موقع بنبان، ويَتِمُّ نقل الكهرباء المولَّدة من هذه المحطات إلى محطة محولات بنبان (٤).



شكل (٧) استخدامات الأرض في موقع بنبان الشمسي.

المصدر: - الشكل من إعداد البَاحِثَيْن بتصرف عن:

-Google Erath 2020

- الدراسة الميدانية لموقع بنبان الشمسي خلال الفترة (٨-٧) يناير ٢٠٢٠.

ثالثًا: إنتاج الكهرباء من محطة بنبان (الكهروشمسية) ومعوقاته:

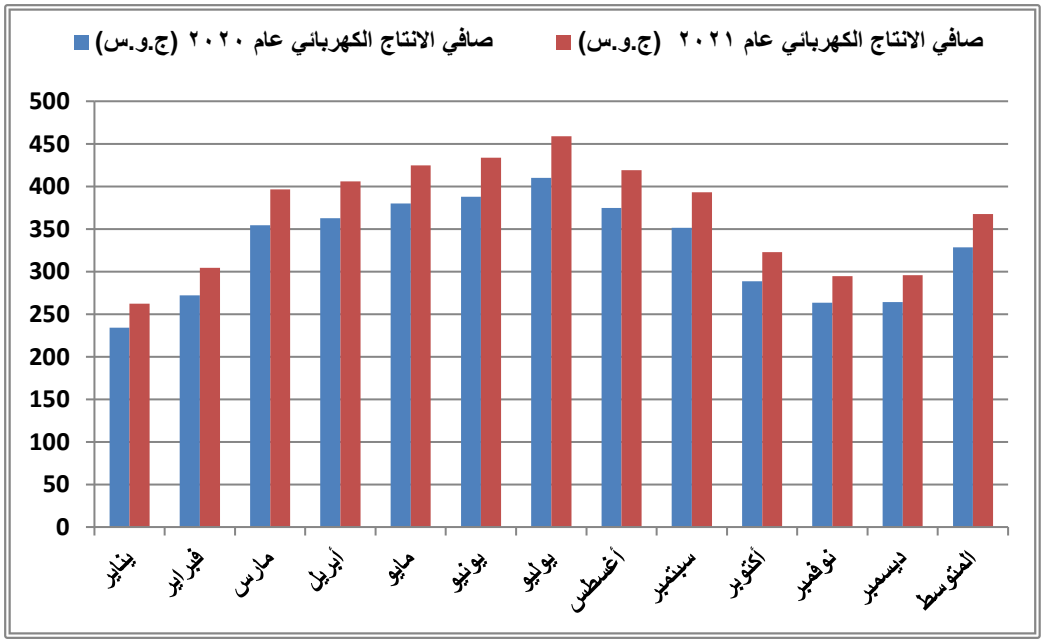
سيتم تسليط الضوء على الانتاج الكهربائي لمحطة بنبان الكهروشمسية في عامي ٢٠٢٠م و ٢٠٢١م حتى يتسنى لنا المقارنة بين إنتاج العامين من الكهرباء وهو ما يوضحه الجدول (٤) والشكل البياني (٨)

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- إبريل ٢٠٢٤م

جدول(٣) صافي الانتاج الكهربائي لمحطة بنبان الكهروشمسية خلال عامي(٢٠٢١-٢٠٢٠م)

الشهر	صافي الانتاج الكهربائي عام ٢٠٢٠(ج.و.س)	صافي الانتاج الكهربائي عام ٢٠٢١ (ج.و.س)
يناير	٢٣٤.٢	٢٦٢.١
فبراير	٢٧٢.١	٣٠٤.٤
مارس	٣٥٤.٥	٣٩٦.٦
أبريل	٣٦٢.٨	٤٠٥.٩
مايو	٣٧٩.٨	٤٢٤.٨
يونيو	٣٨٧.٧	٤٣٣.٧
يوليو	٤١٠.٢	٤٥٨.٨
أغسطس	٣٧٤.٦	٤١٩.١
سبتمبر	٣٥١.٤	٣٩٣.١
أكتوبر	٢٨٨.٧	٣٢٢.٩
نوفمبر	٢٦٣.٤	٢٩٤.٧
ديسمبر	٢٦٤.٢	٢٩٥.٦
المتوسط	٣٢٨.٦	٣٦٧.٦
الإجمالي	٣٩٤٤	٤٤١٢

المصدر: الإدارة العامة للخلايا الفوتو فولطية بهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة وتقارير الشركة القابضة لكهرباء مصر لعامي ٢٠٢٠-٢٠٢١م



شكل (٨) صافي الانتاج الكهربائي من مجطة بنبان الكهروشمسية خلال عامي ٢٠٢٠م و٢٠٢١م

يتضح من الشكل (٨) أن كمية الطاقة المنتجة من محطة بنبان ١٤٦٥ ميجا وات: بلغت عام ٢٠٢٠م حوالي **٣٩٤٤** (ج.و.س) بمتوسط شهري بلغ ٣٢٨,٧ (ج.و.س)، أما على المستوى الشهري فقد سَجَّل شهر يوليو أعلى الشهور إنتاجاً حيث بلغ إنتاجه حوالي ٤١٠,٢ (ج.و.س) بينما سجل شهر يناير أقل الشهور إنتاجاً بمتوسط بلغ ٢٣٤,٣(ج.و.س) بينما بلغت في عام ٢٠٢١م حوالي ٤٤١٢ (ج.و.س) أي بكمية طاقة زيادة بلغت ٤٦٨(ج.و.س) أي ما يعادل **١١,٩** % وبلغ المتوسط الشهري٣٦٧,٧ (ج.و.س) أما على المستوى الشهري فقد سَجَّل شهر يوليو أعلى الشهور إنتاجاً حيث بلغ إنتاجه حوالي ٤٥٨,٨ج.و.س بينما سجل شهر يناير أقل الشهور إنتاجاً بمتوسط بلغ **٢٦٢,١** (ج.و.س)

- **معوقات إنتاج الكهرباء من المحطات الفوتوفلطية في موقع بنبان:**

على الرغم من وجود موقع بنبان في منطقةٍ تتميز بتوفر مقومات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية بدرجةٍ كبيرة، فإنَّ محطات إنتاج الكهرباء في موقع بنبان تواجه بعض المشكلات التي تقلل من كفاءتها في إنتاج الكهرباء، ويمكن توضيح أهم هذه المشكلات على النحو التالي:

١) **المعوقات المرتبطة بارتفاع درجة الحرارة:** يؤثر ارتفاع درجة حرارة الألواح الشمسية عن الحدود القصوى (٢٥° مئوية) تأثيراً سلبياً(**)؛ نظراً لدورها في تقليل حجم الكهرباء المولَّدة، وكذلك خفض جهد التيار المولد منها، ويتضح من خلال تحليل بيانات ملحق (٢) أنَّ درجة حرارة الألواح الشمسية في موقع بنبان مرتفعة عن الحدود القصوى المسموح بها طوال العام، حيث تختلف درجة حرارة الألواح الشمسية في موقع بنبان من شهر إلى آخر، حيث بلغت أقصاها ٥٨.٤° مئوية خلال شهر يوليو، وانعكس ذلك على انخفاض كفاءتها في إنتاج الكهرباء بمعدل ١٦.٧٪، في حين بلغت أدناها ٣٥.٧° مئوية خلال شهر يناير؛ ويؤدي ذلك إلى انخفاض كفاءتها في إنتاج الكهرباء بمعدل ٥.٤٪؛ ويتضح مما سبق التأثير السلبي لارتفاع درجة حرارة الألواح الشمسية في خفض الكهرباء المولَّدة من المحطات الفوتوفلطية في موقع بنبان. ويمكن الحد من تأثير درجات الحرارة على كفاءة المحطات الفوتوفلطية في موقع بنبان من خلال الاعتماد على عمليات التبريد الهوائي المستمر لأسطح الألواح الشمسية، ويؤدي ذلك إلى خفض درجة حرارتها، مما يساعد على تقليل الفقد في الكهرباء المولَّدة منها.

٢) **المشكلات الناتجة عن سرعة الرياح:** يتضح من بيانات ملحق (٣) زيادة المتوسط السنوي لسرعة الرياح في موقع بنبان البالغ ١٦.٧ كم/ساعة، وهو بذلك يزيد عن الحدود القصوى البالغة

(**) عرف درجة تأثر الألواح الشمسية بدرجات الحرارة بمعامل حرارة الألواح الشمسية، الذي يبلغ (-٠,٥٪) في المحطات الفوتوفلطية في موقع بنبان، وتشير هذه القيمة إلى انخفاض حجم الكهرباء المولَّدة من الألواح الشمسية حال ارتفاع درجة حرارة اللوح الشمسي عن (٢٥° مئوية)/ درجة واحدة، وكلما اقترب معامل حرارة الألواح الشمسية من الصفر ارتفعت كفاءة الخلايا الشمسية في توليد الكهرباء، ويتم حساب درجة حرارة الخلية الشمسية بالمعادلة التالية: $Tcell = Tamb + [(Noct - 20) \div 0.8] \times S$ حيث إنَّ **Tcell** درجة حرارة الخلية الشمسية بالدرجة المئوية، **Tamb** درجة حرارة الهواء بالدرجة المئوية، **Noct** درجة حرارة الخلية الشمسية **(Nominal operation cell temperature)**، وتبلغ قيمتها في معظم أنواع الخلايا الشمسية ٤٥□ مئوية، **S** الإشعاع الشمسي ك.و.س/ متر مربع: يراجع في ذلك: – مجد، مرجع سبق ذكره، ص ١٠.

١٦ كم/ساعة، التي تَمَّ مراعاتها عند تركيب الألواح الشمسية؛ ومما يزيد من درجة تأثيرها على محطات الكهرباء الفوتوفلطية في موقع بنبان الشمسي وقوعه في منطقةٍ صحراويةٍ؛ يضاف إلى ذلك استواء السطح في موقع بنبان؛ وقد تؤدي زيادة سرعة الرياح إلى زحزحة الألواح الشمسية والهياكل الحاملة لها، ويزداد تأثير سرعة الرياح في المحطات التي تعمل بنظام التتبع الشمسي؛ نظراً لحركة الألواح الشمسية المستمرة مما يعني زيادة مساحة الجانب المواجه للرياح، ويؤدي ذلك إلى إلحاق الضرر بالخلايا الشمسية وتوقف إنتاج الكهرباء منها، بالإضافة إلى تأثير الرياح في تراكم الأتربة والرمال على الألواح الشمسية، وينعكس ذلك على تقليل كفاءتها في تحويل الإشعاع الشمسي الساقط عليها، مما يؤدي إلى انخفاض حجم الكهرباء المولَّدة منها، وكذلك خفض جهد التيار المولد.

وللتغلب على هذه المشكلة يوصَى بضرورة دراسة سرعة الرياح، وتحديد اتجاهاتها في موقع بنبان، وتخزين البيانات على الأجهزة التي تتحكم في توجيه الخلايا الشمسية على الوضع الأفقي حال زيادة سرعة الرياح عن الحدود القصوى المسموح بها، أمَّا بالنسبة لزيادة عمليات تراكم الأتربة على الألواح الشمسية، ويمكن التغلب عليها من خلال تكثيف عمليات الغسيل الرطب والجاف؛ لرفع كفاءتها في إنتاج الكهرباء.

٣) **المعوقات الناتجة عن عدم توفر مصادر المياه:** يَتِمُّ إمداد موقع بنبان بالمياه من محطة مياه الشرب في مدينة أسوان الجديدة بواسطة شاحنات مخصصة لذلك كما سبقت الإشارة، وقد ترتب على ذلك تعرض المحطات الفوتوفلطية بالموقع إلى كثيرٍ من المشكلات، حيث اقتصر الغسيل الرطب للألواح الشمسية بموقع بنبان على مرتين خلال العام، وتَمَّ تعويض ذلك بالغسيل الجاف بواسطة ماكينات آلية مزودة بفرشاة لإزالة الأتربة، وقد يترتب على ذلك إحداث خدوش في أسطح الألواح الشمسية، وبالتالي تقليل كفاءتها في إنتاج الكهرباء.

ولحل هذه المشكلة يمكن دراسة إمكانية توصيل خط أنابيب من نهر النيل إلى موقع بنبان، لتوفير المياه بشكل دائم في الموقع، ويساعد ذلك على تكثيف عمليات الغسيل الرطب للألواح الشمسية، وكذلك استخدامها في عمليات تبريد الألواح الشمسية، ومن ثَمَ رفع كفاءتها في إنتاج الكهرباء.

رابعاً: إنتاج الكهرباء من محطة بنبان (الكهروشمسية) وانعكاسه على أبعاد التنمية المستدامة في محافظة أسوان:

أ- المردود البيئي للإنتاج الكهربائي من محطة بنبان الكهروشمسية (البعد البيئي):

يتم قياس المؤشرات البيئية لمحطة بنبان الكهروشمسية (قدرة ١٤٦٥ميجا وات) من خلال تسليط الضوء على أربعة مؤشرات للوقوف على كمية الانبعاثات البيئية التي تم توفيرها بناءً على صافي الإنتاج الكهربائي لمحطة بنبان خلال عامي (٢٠٢٠، ٢٠٢١) وهي:

أ- وفر انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 (ألف طن).

ب- وفر انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2(طن).

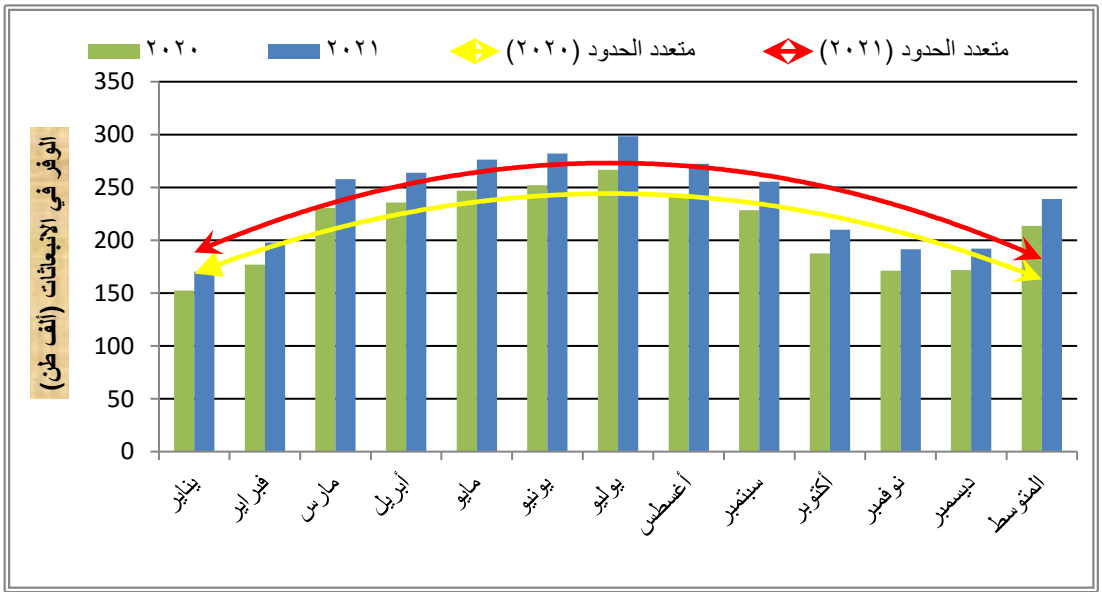
ج- وفر انبعاثات غاز أكسيد النيتريك NO (طن).

د- وفر انبعاثات الجزيئات العالقة في الهواء (كجم).

جدول (٤) الوفر في كمية الانبعاثات البيئية(*) لمحطة بنبان ١٤٦٥ ميجاوات لسنوات(٢٠٢٠م-٢٠٢١م)

الوفر في الانبعاثات البيئية	عام ٢٠٢٠م					عام ٢٠٢١م				
	ص الإنتاج (ج.و.س)	CO2 (ألف طن)	SO2 (طن)	NO (طن)	جزيئات العالقة (كجم)	صافي الإنتاج (ج.و.س)	CO2 (ألف طن)	SO2 (طن)	NO (طن)	جزيئات العالقة (كجم)
يناير	٢٣٤.٢	١٥٢.٣	٨.٤	٦.٥	٢٨١	٢٦٢.١	١٧٠.٣	٩.٤	٧.٣	٣١٤
فبراير	٢٧٢.١	١٧٦.٩	٩.٨	٧.٦	٣٢٦	٣٠٤.٤	١٩٧.٨	١٠.٩	٨.٥	٣٦٥
مارس	٣٥٤.٥	٢٣٠.٤	١٢.٧	٩.٩	٤٢٥	٣٩٦.٦	٢٥٧.٨	١٤.٣	١١.١	٤٧٥
أبريل	٣٦٢.٨	٢٣٥.٨	١٣.١	١٠.١	٤٣٥	٤٠٥.٩	٢٦٣.٨	١٤.٦	١١.٤	٤٨٧
مايو	٣٧٩.٨	٢٤٦.٩	١٣.٧	١٠.٦	٤٥٦	٤٢٤.٨	٢٧٦.٢	١٥.٣	١١.٩	٥٠٩
يونيو	٣٨٧.٧	٢٥٢	١٣.٩	١٠.٨	٤٦٥	٤٣٣.٧	٢٨١.٩	١٥.٦	١٢.١	٥٢٠.٤
يوليو	٤١٠.٢	٢٦٦.٦	١٤.٧	١١.٥	٤٩٢	٤٥٨.٨	٢٩٨.٢	١٦.٥	١٢.٨	٥٥٠.٦
أغسطس	٣٧٤.٦	٢٤٣.٥	١٣.٥	١٠.٥	٤٥٠	٤١٩.١	٢٧٢.٤	١٥.١	١١.٧	٥٠٠
سبتمبر	٣٥١.٤	٢٢٨.٤	١٢.٦	٩.٨	٤٢٢	٣٩٣.١	٢٥٥.٥	١٤.١	١١	٤٧١
أكتوبر	٢٨٨.٧	١٨٧.٦	١٠.٤	٨.١	٣٤٦	٣٢٢.٩	٢٠٩.٩	١١.٦	٩	٣٨٧.٥
نوفمبر	٢٦٣.٤	١٧١.٢	٩.٥	٧.٤	٣١٦	٢٩٤.٧	١٩١.٥	١٠.٦	٨.٢	٣٥٣.٦
ديسمبر	٢٦٤.٢	١٧١.٧	٩.٥	٧.٤	٣١٧	٢٩٥.٦	١٩٢.١	١٠.٦	٨.٣	٣٥٤
المتوسط	٣٢٨.٦	٢١٣.٦	١١.٨	٧.٢	٣٩٤	٣٦٧.٦	٢٣٨.٩	١٣.٢	١٠.٣	٤٤١
الإجمالي	٣٩٤٤	٢٥٦٣.٦	١٤٢	١١٠.٢	٤٧٣١	٤٤١٢	٢٨٦٧.٨	١٥٨.٦	١٢٣.٣	٥٢٨٧.١
	جملة الانبعاثات =٢,٥٦٣,٨٥٦.٩٣١ طن					جملة الانبعاثات=٢,٨٦٨,٠٨٧.١٨٧ طن				

– الإدارة العامة للخلايا الفوتو فولطية بهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة وتقارير الشركة القابضة لكهرباء مصر لعامي ٢٠٢٠-٢٠٢١م



شكل (٩) الوفر في كمية انبعاثات CO2 (ألف طن) لمحطة بنبان خلال عامي (٢٠٢٠- ٢٠٢١)

تبين من الجدول (٤) والشـــكل (٩) أن صـــافي إنتاج الطاقة الكهربائية عام ٢٠٢٠م، بلغ حوالي ٣٩٤٤(ج.و.س)، أســـهَم في تحقيق وفر في انبعاثات الغازات البيئية الضـــارة بحوالي

(*) تم حساب حجم الانبعاثات الغازية التي تم توفيرها عن طريق كل إنتاج ١ جيجا وات في الساعة يوفر ٢٠٩ طن وقود حراري، و٦٥٠ طن انبعاثات Co2، و٣٦ كجم من انبعاثات So2، و٢٨ كجم من انبعاثاتNo، و١,٢ كجم من الجزيئات العالقة: عن (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، كتاب مصر في أرقام، القاهرة، ٢٠١٤، ص ١٧٠)

٥٦,٢ مليون طن زادت هذه الكمية عام ٢٠٢١م بمقدار ٤٦٨ ج.و.س لتصل إلى حوالي ٤٤١٢(ج.و.س) أَسهَم هذا الإنتاج في الوفر في الانبعاثات البيئية الضارة بحوالي ٨٦,٢ مليون طن من الغازات الضارة التي كانت ستنبعث إذا ما تم توليد هذه الطاقة من الوقود الأحفوري، **وللتمكن من حصر هذه الانبعاثات بشكل أكثر تفصيلًا سيتم دراسة المؤشرات البيئية التالية:**

أ- الوفر في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (ألف طن):

أَسهَم إنتاج محطة بنبان عام ٢٠٢٠م في توفير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحوالي ٢٥٦٣.٣ (ألف طن) بمتوسط شهري بلغ ٢١٣.٦ (ألف طن)، زادت هذه الكمية في عام ٢٠٢١م لتصل إلى حوالي٢٨٦٧.٤(ألف طن) بمتوسط شهري بلغ حوالي ٢٣٨.٩ (ألف طن) بما يعادل حوالي ٩٩.٩٪ من جملة الانبعاثات البيئية التي تم تحقيق وفر انبعاثها، أما على المستوى الشهري فقد سَجَّل شهر يوليو٢٠٢٠م وفراً بلغ حوالي ٢٦٦.٦ (ألف طن)، بينما سجل نفس الشهر في ٢٠٢١م وفراً بلغ حوالي٢٩٨,٢ (ألف طن)، ويُعَد ذلك أعلى الشهور أكثر وفراً في العامين، بينما سَجَّل شهر يناير٢٠٢٠م وفراً بلغ ١٥٢.٣ (ألف طن)، ثم زادت هذه النسبة لتصل حوالي١٧٠,٣ألف طن كأقل الشهور وفراً في عام ٢٠٢١م ويعود ارتفاع نسبة الوفر في الانبعلثات في ٢٠٢١م عن ٢٠٢٠م إلى العلاقة الطردية بين إنتاج الطلقة وكمية الوفر في الانبعاثات، فكلما زادت الطاقة المنتجة زاد الوفر في الانبعاثات البيئية الناتجة.

ب- الوفر في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (طن):

أَسهَم إنتاج محطة بنبان في ٢٠٢٠م في تحقيق وفر في انبعاثات SO_2 بلغ حوالي ١٤٢(طن)، وبمتوسط شهري بلغ ١١,٨(طن)، زادت هذه الكمية في ٢٠٢١م لتبلغ حوالي١٥٨,٦(طن) بمتوسط شهري بلغ ١٣,٢(طن)، أما على المستوى الشهري فسَجَّل شهر يوليو٢٠٢٠م وفراً بلغ حوالي ١٤,٧٦(طن) بينما زادت هذه الكمية في نفس الشهر في ٢٠٢١م لتصل إلى حوالي١٦,٥(طن) وبذلك كان شهر يوليو على مدار العامين أعلى الشهور وفراً، بينما جاء شهر يناير كأقل الشهور وفراً، فنجده سجل وفراً في ٢٠٢٠م بلغ حوالي ٨,٤ (طن) زادت هذه الكمية لنفس الشهر في٢٠٢١م لتصل إلى ٩,٤(طن).

ج-الوفر في انبعاثات أكاسيد النيتروجين (طن):

يسهم إنتاج الكهرباء من محطة بنبان في توفير انبعلثات أكاسيد النيتروجين بحوالي ١١٠.٢(طن) بمتوسط شهري بلغ ٩.٨ طن، زادت هذه الكمية في عام ٢٠٢١م لتبلغ ١٢٣.٣(طن) بمتوسط شهري بلغ حوالي١٠.٣(طن)، أما على المستوى الشهري فسَجَّل شهر يوليو٢٠٢٠م وفراً بلغ حوالي ١١.٥(طن)، وزادت هذه الكمية عام٢٠٢١م في نفس الشهر لتصل إلى ١٢.٨(طن) مما يُعَد أعلى الشهور وفراً، بينما سجل شهر يناير٢٠٢٠م وفر بلغ ٦.٥(طن)، زادت هذه الكمية لنفس الشهر في٢٠٢١م لتصل إلى٧.٣(طن)، كأقل الشهور وفراً للانبعاثات.

د- **الوفر في انبعاثات الجزيئات العالقة في الهواء(كجم):**

أَسهَم إنتاج محطة بنبان عام ٢٠٢٠م في توفير انبعاثات الجزيئات العالقة بحوالي ٤٧٣١ كجم بمتوسط شهري بلغ ٣٩٠ كجم. زادت هذه الكمية في عام ٢٠٢١م لتبلغ حوالي٥٢٨٧.١ كجم بمتوسط شهري بلغ حوالي٤٤١كجم. أما على المستوى الشهري فسَجَّل شهر يوليو٢٠٢٠م وفراً بلغ حوالي ٤٩٠ كجم، وزادت هذه الكمية ٢٠٢١م في نفس الشهر لتصل إلى٥٥٠كجم كأعلى شهور السنة وفراً، بينما سَجَّل شهر يناير أقل الشهور وفراً بلغ في ٢٠٢م (٢٨٠كجم) زادت هذه الكمية في ٢٠٢م وفراً بلغ (٣١٤ كجم).

ب- المردود الاقتصادي لانتاج الكهرباء من محطة بنبان الكهروشمسية:

يتم قياس المؤشرات الاقتصادية لإنتاج الكهرباء من محطة **بنبان الكهروشمسية** من خلال مجموعة من المؤشرات أهمها: كمية الطاقة الكهربائية المولدة، والوفر في استخدام الوقود، والوفر في تكلفة التأثيرات البيئية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وهو ما يوضحه جدول (٥):

جدول (٥) المؤشرات الاقتصادية للطاقة الناتجة عن محطة بنبان الكهروشمسية (عامي٢٠٢٠-٢٠٢١م)

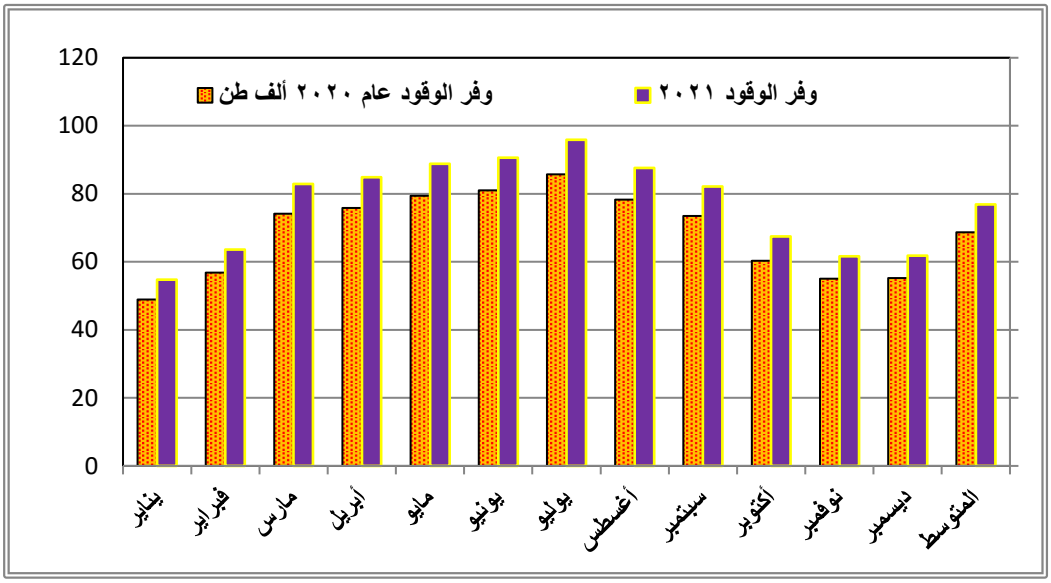
الشهور	عام ٢٠٢٠م			عام ٢٠٢١م		
	صافي إنتاج الطاقة (ج.و.س)	وفر الوقود (ألف طن)	وفر تكلفة التأثيرات CO_2 مليون دولار(*)	صافي إنتاج الطاقة (ج.و.س)	وفر الوقود (ألف طن)	وفر تكلفة التأثيرات مليون دولار CO_2
يناير	٢٣٤,٣	٤٨.٩٦	٣,٩	٢٦٢.١	٥٤.٧٧	٤,٤
فبراير	٢٧٢,٢	٥٦.٨٧	٤,٥	٣٠٤.٤	٦٣.٦٢	٥,١
مارس	٣٥٤.٥	٧٤.١	٥,٩	٣٩٦.٦	٨٢.٩	٦,٦
أبريل	٣٦٢.٨	٧٥.٨	٦,١	٤٠٥.٩	٨٤.٨٣	٦,٨
مايو	٣٧٩.٨	٧٩.٤	٦,٣	٤٢٤.٩	٨٨.٨	٧,١
يونيو	٣٨٧,٧	٨١	٦,٥	٤٣٣.٧	٦٤. ٩٠	٧,٢
يوليو	٤١٠,٢	٨٥.٧	٦,٨	٤٥٨.٨	٩٥.٩	٧,٧
أغسطس	٣٧٤.٧	٧٨.٣	٦,٣	٤١٩.١	٨٧.٦	٧
سبتمبر	٣٥١.٤	٧٣.٤	٥,٩	٣٩٣.١	٨٢.١٥	٦,٦
أكتوبر	٢٨٨.٧	٦٠.٣	٤,٨	٣٢٢.٩	٦٧.٥	٥,٤
نوفمبر	٢٦٣.٤	٥٥.١	٤,٤	٢٩٤.٧	٦١.٦	٤,٩
ديسمبر	٢٦٤.٢	٥٥.٢	٤,٤	٢٩٥.٦	٦١.٧٨	٤,٩
المتوسط	٣٢٨.٧	٦٨.٧	٥,٥	٣٦٧.٧	٧٦.٨٤	٦,١
الإجمالي	٣٩٤٤	٨٢٤.٣	٦٥,٨	٤٤١٢	٩٢٢.١	٧٣,٧

- هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة وتقارير الشركة القابضة لكهرباء مصر لعامي ٢٠٢٠-٢٠٢١م

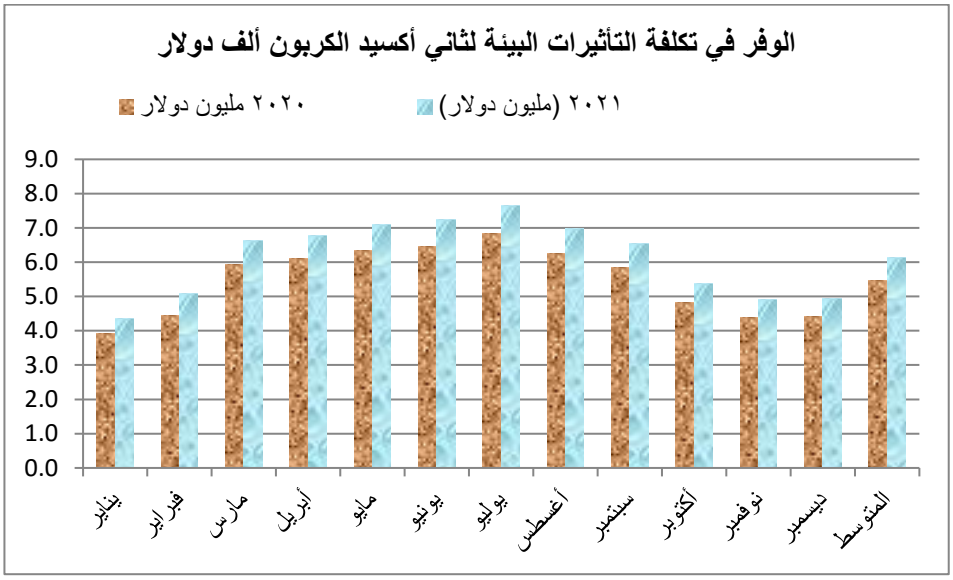
(*)تم حساب الوفر في التكلفة الكلية للتأثيرات البيئية لغاز ثاني أكسيد الكربون بالمعادلة الآتية: كمية الوفر في الوقود (طن مازوت معادل) □ قيمة التأثيرات البيئية لغاز ثاني أكسيد الكربون البالغة ٨٠ دولار/ طن مازوت معادل.

- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، كتاب مصر في أرقام، القاهرة، ٢٠١٤، ص ١٧٠.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- إبريل ٢٠٢٤م



شكل (١٠) كميات الوفر في استخدام الوقود الأحفوري لمحطة بنبان في عامي ٢٠٢٠-٢٠٢١م)



شكل (١١) قيمة الوفر في تكلفة التأثيرات البيئية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (مليون دولار) لمحطة بنبان

يتضح من جدول (٥) والشكلين (١٠)، (١١) تعدد الآثار الاقتصادية لإنتاج الطاقة الكهربائية من محطة بنبان الكهروشمسية، التي من أهمها:

أ- كمية الطاقة المنتجة من محطة بنبان ١٤٦٥ ميجا وات:

بلغت كمية الطاقة المنتجة من محطة بنبان عام ٢٠٢٠م حوالي ٣٩٤٤ (ج.و.س) بمتوسط شهري بلغ ٣٢٨,٧ (ج.و.س)، أما على المستوى الشهري فقد سَجَّل شهر يوليو أعلى الشهور إنتاجًا حيث بلغ إنتاجه حوالي ٤١٠,٢ (ج.و.س)، بينما سجل شهر يناير أقل الشهور إنتاجًا بمتوسط بلغ ٢٣٤,٣(ج.و.س)، بينما بلغت في عام ٢٠٢١م حوالي ٤٤١٢ (ج.و.س) أي بكمية طاقة زيادة بلغت ٤٦٨(ج.و.س)، أي ما يعادل ١١,٩ %. وبلغ المتوسط الشهري٣٦٧,٧ (ج.و.س). أما على المستوى الشهري فقد سَجَّل شهر يوليو

أعلى الشهور إنتاجاً حيث بلغ إنتاجه حوالي ٤٥٨,٨ج.و.س، بينما سجل شهر يناير أقل الشهور إنتاجاً بمتوسط بلغ **٢٦٢,١** (ج.و.س).

ب- الوفر في استخدام الوقود الأحفوري (ألف طن): بلغت كمية الوفر في استخدام الوقود في محطة بنبان عام ٢٠٢٠م حوالي **٨٢٤.٣** (ألف طن) بمتوسط شهري بلغ **٦٨.٧** (ألف طن)، وعلى المستوى الشهري سجل شهر يوليو أعلى الشهور بمتوسط بلغ **٨٥,٧** (ألف طن بينما سجل شهر يناير أقل الشهور وفراً بمتوسط بلغ ٤٨,٩٦(ألف طن). بينما بلغت في عام ٢٠٢١م حوالي ٩٢٢.١ (ألف طن)، أي بكمية طاقة زيادة بلغت ٩٧.٨(ألف طن)، وبلغ المتوسط الشهري٧٦,٨(ألف طن). أما على المستوى الشهري فقد سَجَّل شهر يوليو أعلى الشهور وفراً بمتوسط بلغ ٩٥.٩ (ألف طن) كما سجل شهر يناير أقل الشهور وفراً بمتوسط بلغ **٥٤,٨**(ألف طن).

ج- الوفر في تكلفة التأثيرات البيئية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (ألف دولار):

بلغ الوفر في تكلفة التأثيرات البيئية في محطة بنبان عام ٢٠٢٠م حوالي**٦٥.٨ مليون**(دولار) بمتوسط شهري بلغ **٥.٤** مليون (دولار)، كما سجل شهر يوليو أعلى الشهور وفراً حيث بلغ حوالي٦.٨ مليون (دولار)، بينما سجل شهر يناير أقل الشهور وفراً بمتوسط بلغ **٣.٩ مليون** (دولار). بينما بلغت في عام ٢٠٢١م حوالي **٧٣.٦ مليون** (دولار)، أي بكمية زيادة بلغت ٧.٨ مليون(دولار)، وبلغ المتوسط الشهري٦.١ **مليون** (دولار). أما على المستوى الشهري فقد سَجَّل شهر يوليو أعلى الشهور وفراً حيث بلغ حوالي٧.٦ **مليون** (دولار) بينما سجل شهر يناير أقل الشهور وفراً بمتوسط بلغ **٤.٣ مليون** (دولار).

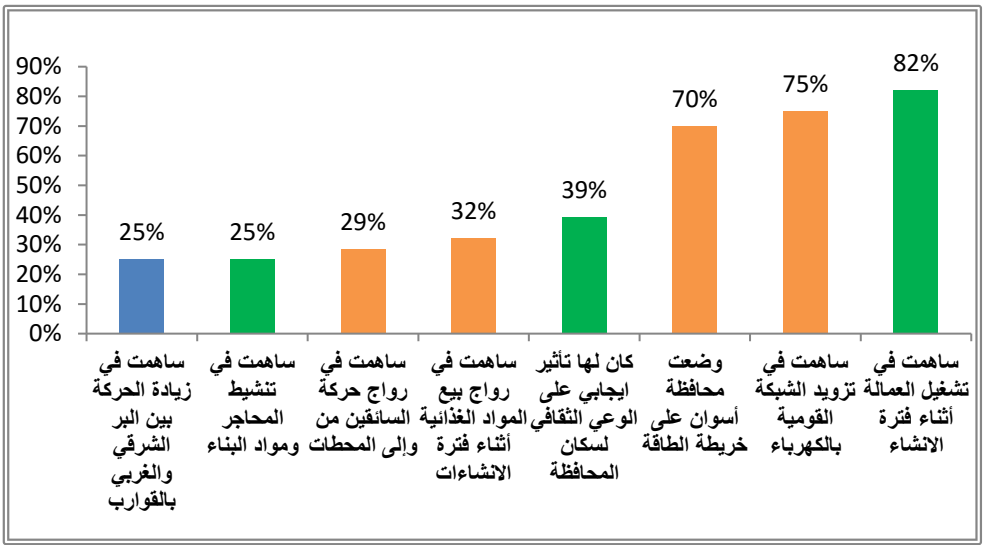
د- دور توطين محطة بنبان الكهروشمسية على سكان محافظة أسوان

أسهَم توطين محطة بنبان الكهروشمسية في الحفاظ على النسيج المجتمعي من خلال الاعتماد على العمالة من الجانب المحلي من القرى والنجوع، باستثناء عدد قليل من الفنيين والاستشاريين من خارج المحافظة، كما أسهم في استقرار اقتصادي انعكس على الاستقرار الاجتماعي لهؤلاء العمال من خلال المحافظة على دخل اقتصادي لهم. وللتعرف أكثر على الجانب العمالي في محطات الطاقة الكهروشمسية في منطقة الدراسة سيتم التعرض لهذا الجانب في كل محطة على حدة:

- **طبيعة وعدد العمالة في محطة بنبان الكهروشمسية:** تقيم العمالة أثناء الإنشاء في كامب داخل المحطة يستوعب ٢٥٠ عاملًا، أما بعد التشغيل فمعظم إقامة العاملين من أبناء المحافظة، تحديداً **في مساكن بنبان وفارس الجديدة** كما بلغت أعداد العمالة في مرحلة الإنشاء ٢٠ ألف عامل بشكل مباشر، و٨٠ ألف عامل بشكل غير مباشر بمتوسط ٦٠٠:٨٠٠ عامل لكل محطة. بينما بلغت أعدادهم في مرحلة التشغيل حوالي ١٢٠٠ عامل بمتوسط ١٥:٢٠ عامل لكل محطة. وتم اختيار العمالة تماشياً مع معايير البنك الدولي في اختيار العمالة على أساس اختيار ٦٠٪ من العمالة أثناء

فترة الإنشـاء من بنبان وأسـوان، وفي مرحلة التشـغيل تم اختيار ٣٠٪ من العمالة من جميع قرى بنبان (بحري وقبلي والرقبة والمنصورية). (دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لمشروع بنبان)

- ولكي يتم استقاء المعلومات الخاصة بالإفادة العائدة على سكان محافظة أسوان- بعد توطين محطة بنبان الكهروشمسية في محافظة أسوان- تم وضع تساؤل في استمارة الاستبيان: ملحق (٢) وجاءت الاستجابة على هذا السؤال، حيث توزعت النسب على فوائد الطاقة الشمسية لمحافظة أسوان بأنها أَسهمَت في تشغيل العمالة أثناء فترة الإنشاءات بنسبة ٨١٪ من جملة أفراد العينة، ثم الإسهام في تزويد شبكة الكهرباء بالطاقة، ووضعت محافظة أسوان على خريطة الطاقة بنسب متساوية بلغت (٦٩,٢٪) ثم إسهاماتها في رواج وبيع المواد الغذائية أثناء فترة الإنشاءات بنسبة (٣٠٪).



شكل (١٢) التوزيع النسبي لفوائد توطين محطات الطاقة الشمسية حسب آراء سكان محافظة أسوان

المصدر: نتيجة استمارة الاستبيان الموجه لسكان محافظة أسوان ملحق (٢)

هـ- الحلول الاقتصادية المقترحة للتقليل من خطر نفايات بعد انتهاء العمر الافتراضي لمحطة بنبان الكهروشمسية:

- معظم محطات إعادة التدوير بالطاقة الشمسية تُزيل الفضة الثمينة والنحاس من الخلايا، ثم تُعيد تدوير الزجاج الملوث والأغلفة البلاستيكية عن طريق حرقها في أفران الأسمنت؛ نظرًا لأن العملية مُكلِّفة وتَستغرق وقتًا طويلًا.
- تهدف الحلول المقترحة إلى إبقاء المواد والمنتجات قَيد التداول لأطول فترة ممكنة من خلال المرحلة الأولية لتصميم المنتج للتقليل من كمية حجم النفايات وإعادة استخدامها وتدويرها.
- تصميم أنظمة الطاقة الشمسية بحيث يُمكِن تفكيكها بأمان واستخراج المواد الخام وإعادة تدويرها بشكل آمن، بدلًا من إلقاء الألواح في مكبات النفايات، على سبيل المثال، تمتلك شركة

فيرست سولار(*) منشآت يمكنها استخراج ٩٠٪ من المواد الموجودة في الألواح، والتي يُعاد تدويرها بعد ذلك إلى ألواح شمسية أو إلكترونيات جديدة. كذلك افتتحت شركة فيوليا الفرنسية، أول مصنع في أوروبا مخصَّص فقط لإعادة تدوير الخلايا الشمسية. كما تُعَد الصين والولايات المتحدة أكبر مستخدِمَين للألواح الشمسية.

- تحميل الشركات المصنِّعة للخلايا المسئوليةَ عن نفاياتها، ويطالِبُ الاتحاد الأوروبي هذه الشركات بجمع الألواح وإعادة تدويرها، مع تضمين تكلفة إعادة التدوير في سعر البيع بهذه الطريقة، تُقلِّل نفليات الألواح وتأثيرها في البيئة إلى الحد الأدنى، وفي الولايات المتحدة الأميركية تُعَد ولاية واشنطن هي الولاية الوحيدة التي تُلزِم المصنِّعين بالتخلص من الألواح في منشأة متخصِّصة.

ج- المردود الاجتماعي للإنتاج الكهربائي من محطة بنبان الكهروشمسية:

توجد علاقة تبادلية بين الطاقة المتجددة ومؤشر التنمية البشرية(*) حيث تقوم المحاولات لتحسين نوعية الحياة على استغلال مصادر الطاقة التقليدية، فضلًا عن أهميتها في الأغراض الإنتاجية، كما أن الحصول على الطاقة الجديدة والمتجددة والموثوقة يشكل شرطًا ضروريًّا للعوامل الأساسية للتنمية البشرية بما في ذلك الصحة، والتعليم، والمساواة بين الجنسين والسلامة البيئية، وهناك علاقة طردية بين استخدام الطاقة ومؤشر التنمية البشرية؛ فالدول ذات المستوى المرتفع من التنمية البشرية هي أيضًا من بين أكثر الدول استخدامًا للطاقة مقارَنةً بالدول ذات الاستخدام الأقل للطاقة. (IPCC,2011.P.17)، ويمكن دراسة المردود الاجتماعي من النواحي التالية:

أ- الفئات المجتمعية المشاركة والمتأثرة بإقامة محطات الطاقة الكهروشمسية:

تنوعت الفئات المجتمعية المشاركة في توطين محطات الطاقة الكهروشمسية في محافظة أسوان، فنجدها شملت المجتمع المحلي والعمد وطبقة العمالة والحرفيين والموردِّين، إلى جانب مُلَّاك الوحدات السكنية خاصةً أثناء فترة الإنشاءات، إلى جانب مشاركة فئة الشباب من خلال فرص العمل التي تم إتاحتها لهم من خلال العمل في هذه المحطات في مختلف مراحل الإنشاء حتى التشغيل كما يوضحه الجدول (٦).

(*) أكبر شركة للطاقة الشمسية في الولايات المتحدة الأمريكية

(*) مؤشر التنمية البشرية(HDI) هو مؤشر ابتكرته هيئة الأمم المتحدة، ويشير إلى مستوى رفاهية الشعوب في العالم ويعبر عن المقياس رقميًّا بسلم يتراوح بين الصفر والواحد، وتصدر له تقريرًا منذ سنة ١٩٩٠، ويتعلق هذا المؤشر بقياس متوسط العمر المتوقع للفرد والتحصيل العلمي مقاسًا بتوليفة من معرفة القراءة والكتابة بين البالغين (ولها وزن مرجح قدره ثلثان)، ونسبة القيد الإجمالية في التعليم الأولي والثانوي والعالي معًا (لها وزن مرجح قدره الثلث)، ومستوى المعيشة مقاسًا بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي) بالدولار، وتُعَد الدول التي تتميز بمستوى عال من التنمية البشرية تلك التي تحوز على مؤشر يتراوح من ٠,٨ الى ١ صحيح أما الدول ذات المستوى المتوسط من التنمية البشرية فهي التي تحوز على مؤشر يتراوح من ٠,٥ الى ٠,٧.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- إبريل ٢٠٢٤م

جدول (٦) الفئات المجتمعية المشاركة والمتأثرة بمحطات الطاقة الكهروشمسية في محافظة أسوان

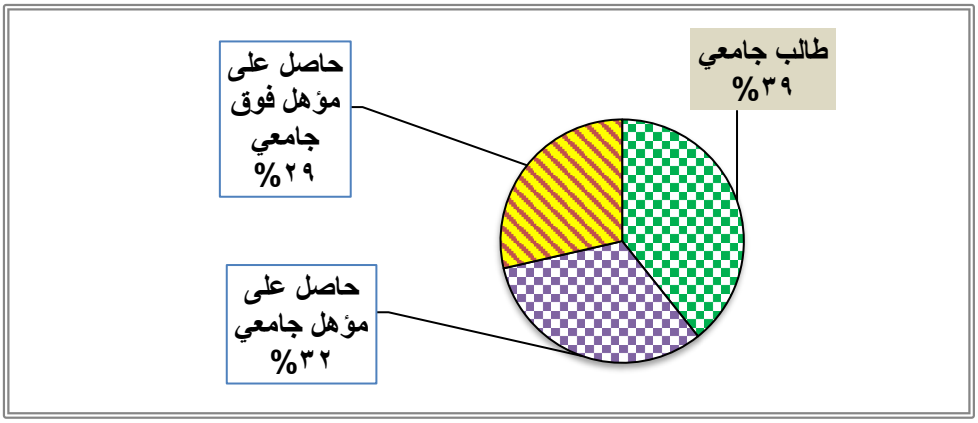
	الأجهزة المَعنية	علاقتها بمحطات الطاقة
المجتمعات المحلية المتأثرة	**المجتمع المحلي**	يتأثر بإقامة المحطات ولذلك تم تصنيفهم كأهم الفئات المعنية قد يستفيدون من فرص العمل، وقد يتأثرون باستهلاك موارد المجتمع
	العمد	هم صانعو القرار في المجتمع المحيط كما أن القرى التابعة لهم يمكن أن تستضيف العمالة أثناء فترة الإنشاء استضافة مؤقتة
	محلات البقالة والمخابز في دراو وكوم أمبو	تزويد العمال بالطعام وسبل الراحة، ومِن ثَمَّ يستفيدون من إقامة المحطات الكهروشمسية
	الموردون وتجار الجملة	الاستفادة من عقود التوريد للمشروع، يضم ذلك المواد الغذائية والانتقالات
	ملاك الوحدات السكانية	تأجير منازلهم للعمالة المؤقتة والدائمة
	الشباب	الاستفادة من فرص العمل وتلقي التدريب
	العمالة والحرفيون	العمل داخل المحطات في فترة الإنشاءات
	المرأة	كان تمثيل الإناث محدود في مشروع بنبان، ومِن ثَمَّ حاول فريق العمل زيادة عدد الإناث إلى ٢٢ سيدة
	الوحدات المحلية في بنبان وكوم أمبو وفارس ودراو وأسوان	الاستفادة من المبادرات التي تعمل على تحسين الأوضاع المحلية مثل إعادة إصلاح الطرق ونقطة الإسعاف.. إلخ

المصدر دراسة تقييم التأثيرالبيئي والاجتماعي لمحطتي (بنبان١٤٦٥م.و، وكوم أمبو قدرة ٣٦ م.و) ص١٨٠

الفئات المجتمعية التي استجابت إلى استمارة الاستبانة:

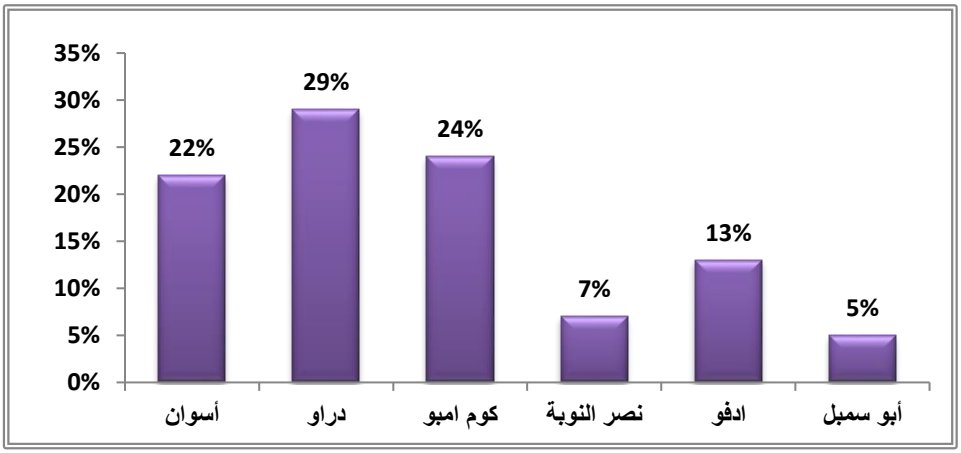
تم الاعتماد على العينة العشوائية باعتبار أن سكان المحافظة متجانسون في طبيعة التفكير وظروف النشأة والتعليم، ومن خلال هذه العينة تم الاستجابة إلى استمارة الاستبيان من قبل (٣٠٠) استجابة توزعت على جميع مراكز محافظة أسوان؛ فقد جاء مركز دراو بأعلى نسبة استجابة، وقد بلغت ٢٩٪، تلاه مركز كوم أمبو بنسبة ٢٤٪، ثم مركز أسوان بنسبة ٢٢٪ ثم مركز إدفو بنسبة ١٣٪، ثم مركز نصر النوبة بنسبة ٧٪، وأخيراً جاء مركز نصر النوبة مُسجِّلًا ٥٪ من جملة الاستجابات، وهذا يدل على أن جميع المراكز استجابت للاستبانة وأبدت تفاعلًا معها، مما يدل على معرفة كافية ووجود نسبة وعي بيئي بالطاقة الشمسية، أما بالنسبة للأعمار التي استجابت للاستبانة فتراوحت بين ٥٣ سنة إلى ٢٠ سنة، يدل هذا المؤشر على أن الطاقة الشمسية أثرت على ثقافة جميع الأعمار مِمَّن عاصروا إقامة هذه المحطات ومن كان عمره بلغ الخمسين عاماً.

أما بالنسبة لطبيعة التعليم فقد استجاب للاستبانة حوالي ٣٥,٧ % من طلاب الجامعات، أما الحاصلون على مؤهل جامعي ومؤهل فوق جامعي بنسبة ٢٨,٦٪، ثم تلاهم أخيراً أصحاب التعليم المتوسط بنسبة ٧,١٪ من جملة أفراد العينة؛ مما يدل على الفارق في الاستجابة لذوات المؤهلات العليا، ولكن ما ميز الاستجابات أن جميع المؤهلات التعليمية استجابت لهذا الاستبيان.



شكل (١٣) التوزيع النسبي للمشتركين في الاستبانة حسب مستوى التعليم

المصدر: استمارة الاستبيان الموجه لسكان محافظة أسوان، ٢٠٢٠



شكل (١٤) التوزيع النسبي المشاركين في ملء الاستبانة حسب كل مركز

المصدر: استمارة الاستبيان الموجه لسكان محافظة أسوان، ٢٠٢٠

أما بالنسبة لطبيعة العمل والوظائف التي استجابت للاستبانة؛ فقد تنوعت فيما بين عاملين في قطاع التعليم الجامعي، فيما بين أستاذ ومدرس ومدرس مساعد وإداريين، ومن خارج سياق الجامعات، فمنهم مَن يعمل عامل توصيل طلبات، ومنهم من هو في القطاع الصحي، ومهندسون وفنيون؛ مما يدل على أن جميع فئات العمل لديها ثقافة ووعي بيئي بالطاقة الشمسية.

ب- مردود الطاقة الشمسية على القطاع التعليمي:

أسهمت جامعة أسوان في إعداد دراسات تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لمحطات الطاقة الكهروشمسية القائمة في محافظة أسوان، ويوجد في مصر سبعة عشرة مدرسة للطاقة الشمسية والرياح مقسَّمة بين مدارس صناعية نظام السنوات الثلاث، وعددهم عشر مدارس، ومدارس صناعية للتعليم والتدريب المزدوج وعددهم ثلاث مدارس، ومدارس فنية متقدمة صناعية نظام الخمس سنوات وعددها أربع مدارس.وبلغ إجمالي عدد المحافظات المنتشرة بها المدارس المتخصصة في طاقة الرياح والطاقة الشمسية إحدى عشرة محافظة، وهي محافظات: (القاهرة – السويس – بنها – الشرقية – البحيرة – الإسكندرية – سوهاج – قنا – الوادي الجديد – أسوان – البحر الأحمر) وتحتوي محافظة أسوان على مدرستين إحداهما مدرسة بنبان بمركز دراو والأخرى مدرسة الرمادي قبلي بمركز إدفو، وبعض المدارس الصناعية بها فصول للطاقة الشمسية.(المصدر الموقع الرسمي لوزارة التربية والتعليم)

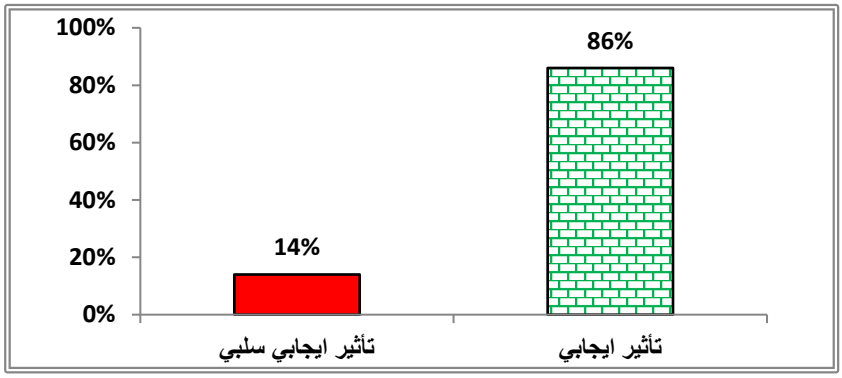
- **مدرسة الطاقة الشمسية في بنبان بمركز دراو:**

تم الاتفاق مع وزارة التربية والتعليم، لتنفيذ مقترح محافظ أسوان لتحويل المدرسة الثانوية الصناعية بنبان إلى مدرسة للطاقة الشمسية، لتضم كافة حِرَف الطاقة الشمسية من بدايتها وحتى محطات توليد الكهرباء بجميع جوانبها. وتُعَد مدرسة الطاقة الشمسية من أهم المدارس الجديدة التي أعلنت عنها وزارة التربية والتعليم الفني في مصر، وأُنشِئَت هذه المدرسةُ في قرية بنبان صورة (١)عقب إنشاء محطة بنبان للطاقة الشمسية. وذلك لسد احتياجات المحطة من الفنيين والمهندسين، وتقبل مجموع لا يقل عن ٢٦٠ درجة، يتم التقدم إليها بعد النجاح فى المرحلة الإعدادية، حيث تصل مدة التعليم فى هذه المدارس ثلاث سنوات، ويحصل الطالب بعد التخرج على شهادة الثانوية فى مجال الطاقة الشمسية. وتشترط أن يخلو المتقدم من أي موانع صحية، وبلغ عدد طلابها ١٨٠ طالباً وطالبة، وخريجوها سيعملون في محطات الطاقة الشمسية.

صورة (١) مدرسة بنبان للطاقة الشمسية

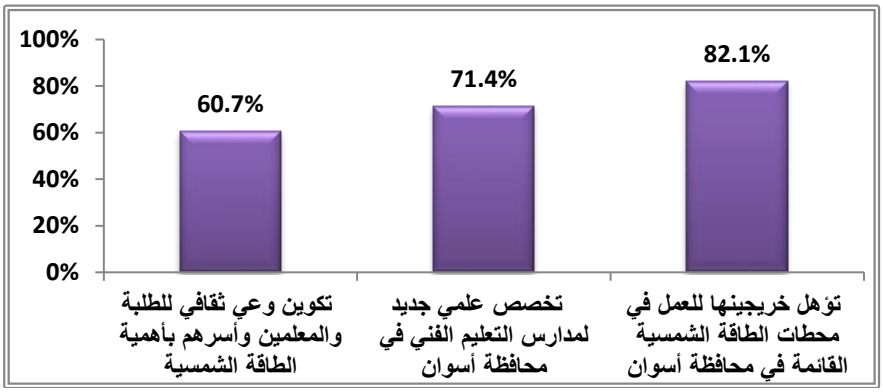
المصدر: https://www.elwatannews.com/news/details/5539402#goog_rewarded اطلع عليه في أبريل٢٠٢٣

ولقياس مدى تأثير وانعكاس إقامة مدارس للطاقة الشمسية في محافظة أسوان، تم وضع ذلك في الاعتبار عند تصميم استمارة الاستبانة (في القسم الخامس منها)؛ لقياس تأثير إقامة مدارس للطاقة الشمسية في محافظة أسوان، وتمثلت في ثلاثة أسئلة، وجاءت الاستجابة على هذا التساؤل بأن٨٦٪ من العينة أقروا بأن تأثير إقامة مدارس الطاقة الشمسية في محافظة أسوان كان إيجابيًّا، و١٤ % أقروا بأن التأثير يجمع بين الإيجابي والسلبي، **وكان رأيهم في الإيجابيات** يتمثل في تأهيلها خريجين للعمل في محطات الطاقة الشمسية القائمة في محافظة أسوان، كما أنها أَسهمَت في تكوين وعي ثقافي للطلبة والمعلمين وأسرهم والبيئة المحيطة بهم، إلى جانب إضافتها لتخصص علمي جديد لمدارس التعليم الفني في محافظة أسوان. **أما الآثار السلبية** التي أقروها على هذه المدارس فهي عدم تواجد فرص عمل لجميع الخريجين للأعوام القادمة، فضلًا عن بُعد المدارس عن بقية المراكز غير المتوافر بها مدارس مثل مراكز نصر النوبة وأسوان، كما أنهم يطالبون ببناء مدارس للطاقة الشمسية في جميع مراكز المحافظة وضمان فرص عمل لجميع خريجيها.



شكل (١٥) التوزيع النسبي لتأثير إقامة مدارس للطاقة الشمسية حسب آراء سكان محافظة أسوان

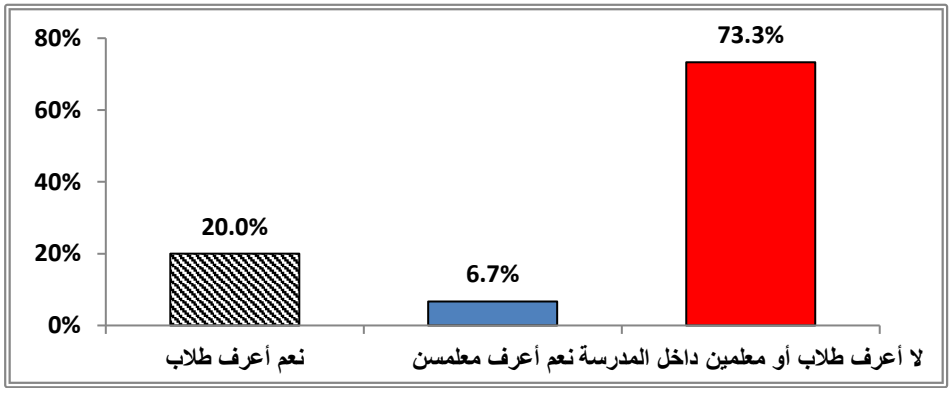
المصدر: استمارة الاستبانة الموجهة لسكان محافظة أسوان، ٢٠٢٠



شكل (١٦) التوزيع النسبي للتأثير الإيجابي لإقامة مدارس الطاقة الشمسية حسب آراء سكان محافظة أسوان

المصدر: استمارة الاستبانة الموجهة لسكان محافظة أسوان، ٢٠٢٠

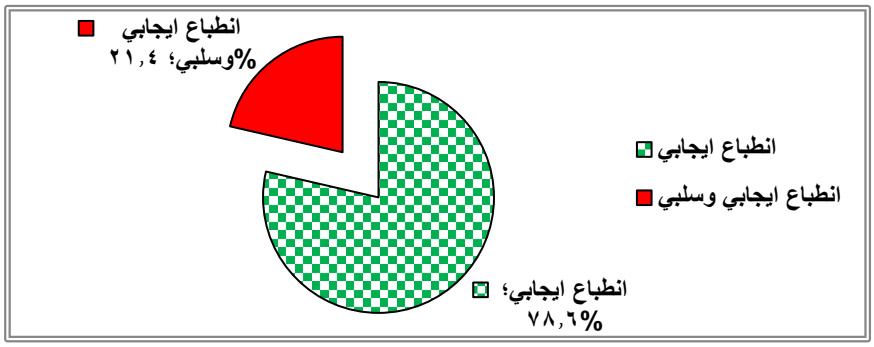
أما عن سؤال معرفة المستجيبين للاستبيان عن طلاب أو معلمين في المدرسة فكان توزيع الاستجابة كالتالي: بلغت النسبة الكبرى لعدم معرفة طلاب أو معلمين بنسبة ٧٣,٣٪، أما مَن يعرف طلاب في المدرسة فبلغت نسبتهم ٢٠٪، وأخيراً مَن يعرف معلمين في المدرسة بلغ ٦,٧٪ من جملة المستجيبين لاستمارة الاستبانة في الشكل التالي:



شكل (١٧) التوزيع النسبي لمدى معرفة المستجيبين لطلاب أو معلمين بمدارس الطاقة الشمسية حسب آراء سكان محافظة أسوان

المصدر: استمارة الاستبانة الموجهة لسكان محافظة أسوان، ٢٠٢٠

أما عن انطباع العاملين في المدرسة أو الطلاب عن تأثير المدرسة سواء كان إيجابيًّا أو سلبيًّا فكانت نتيجته الانطباع الإيجابي عن المدرسة بلغ ٧٨,٧٪، أما الانطباع الإيجابي والسلبي فبلغ ٢١,٣٪ كما يوضحه الشكل (١٨):



شكل (١٨) التوزيع النسبي لانطباع معلمي وطلاب مدرسة بنبان عن المدرسة حسب آراء سكان محافظة أسوان

المصدر: استمارة الاستبانة الموجهة لسكان محافظة أسوان، ٢٠٢٠

ج- تنمية الوعي الثقافي بالطاقة الشمسية لسكان محافظة أسوان: نتج عن إنتاج واستخدام الطاقة الشمسية تكوُّنُ وعيٍ ثقافي تم على مراحل، وفي كل مرحلة تم اكتساب وعي جديد يتعلق بالطاقة الشمسية، ويمكن اختصار تلك المراحل فيما يلي:

١) **مرحلة ما قبل إقامة محطات الطاقة الكهروشمسية، وهذا الجانب تم استهدافه من خلال القائمين على دراسات التقييم البيئي والاجتماعي لمحطات الطاقة الشمسية القائمة في محافظة أسوان:** وفيها تم استهداف أهالي قرية بنبان والشباب، وهم الفئات التي سيقع عليها التأثير مباشرة بعد إقامة المحطة، وكان انعقاد هذه المناقشات بصفة دورية كل شهر، ويتم في هذه الجلسات طرح تقييم التأثيرات البيئية والاجتماعية لهذه المحطات والاستماع للأهالي والاستجابة لطلباتهم، وفي هذه المرحلة تمت التوعية الثقافية النظرية وليست التطبيقية لإقامة المحطات والتعريف بأهمية الطاقة الشمسية ومزاياها وانعكاساتها على سكان المنطقة.

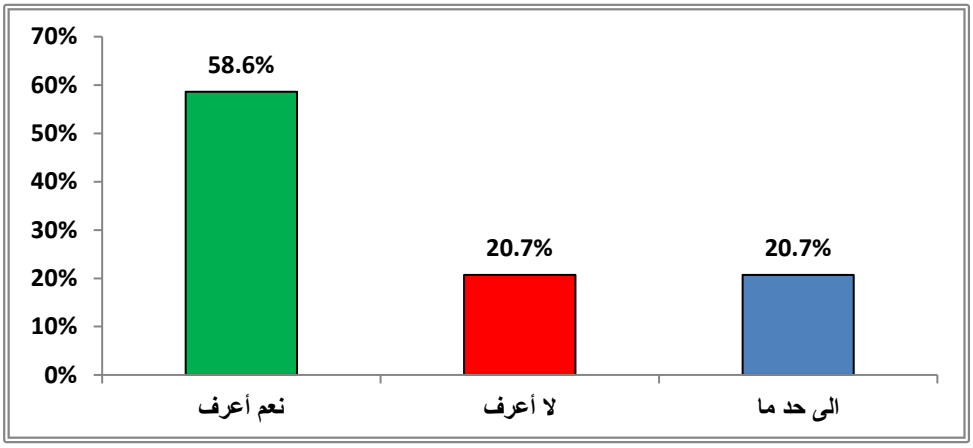
٢) **أثناء إقامة المحطات:** للطاقة الشمسية مردود ثقافي على المجتمعات التي يتم إقامة هذه المحطات داخلها، يبدأ هذا التحصيل الثقافي منذ البدء في إقامة المحطات، وتكون العمالة التي تبدأ العمل في فترة الإنشاءات هي نواة نشر ثقافة الطاقة المتجددة والطاقة البديلة، والجدير بالذكر أن مَن يقوم بهذه المهمة الثقافية هي الشركات المسئولة عن إنشاء المحطات: أما المعلومات التي كانت تُنقَل للعمال عن التعريف بالطاقة الشمسية، وخطة الإدارة البيئية، ومتطلبات الصحة والسلامة، وآلية السلامة وتدريب جميع العمال، وإعطاء ملخص للعمال. فقبل بداية العمل يومياً يتم توزيع نشرات دورية على العمال الجدد.

أما على المستوى السكاني وأهالي منطقة بنبان، فيتم عمل اجتماعات ربع سنوية معهم؛ للاستماع إليهم، ومناقشة تقارير الإدارة البيئية والاجتماعية على مواقع وزارة الكهرباء وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة والجهات الممولة، إلى جانب مناقشة إمكانية تقديم فرص عمل لهم في هذه المحطات. **أما فئة الموظفين ووحدة إدارة المحطات** فيتم تعريفهم بالمحطات وبرنامج الإنشاء وتوقيته عن طريق النشرات الداخلية والتحديث من خلال الانترنت والبريد الإلكتروني.

ينتج عن هذه المراحل تكوُّن وعيٍ ثقافي كامل بمزايا الطاقة الشمسية وانعكاساتها على جوانب التنمية وأهميتها على المستوى البيئي، ويتكون الوعي الثقافي هنا عمليًّا من خلال المشاركة في الإنشاء أو المشاركة في المناقشات المجتمعية، ويتم نقل هذا الوعي إلى أسر العمال والموظفين وكذلك السكان، وهذا ما لمسه الباحث عند إجراء دراسة ميدانية لمشروع بنبان بتاريخ ٨ يناير ٢٠٢٠م، بأن سكان المنطقة كانوا على وعي كبير بمكونات المحطات الكهروشمسية وأهميته، وبدأوا في تداول مصطلحات مثل: الطاقة الشمسية، والخلايا الضوئية، والألواح الشمسية، والربط الكهربائي، ومدرسة الطاقة الشمسية.(الدراسة الميدانية لموقع محطة بنبان ٨ يناير ٢٠٢٠م ، ودراسة تقييم الأثر البيئي لمحطة بنبان ص ١٩٥-٢٠٠)

٣) **مرحلة ما بعد إقامة محطات الطاقة الشمسية:** وتم قياس الوعي الثقافي لسكان محافظة أسوان الناتج عن إقامة محطات الطاقة الشمسية من خلال القسم الثاني من استمارة الاستبانة الذي تم تصميمه لقياس الوعي الثقافي لسكان محافظة أسوان بالطاقة الشمسية ومكونات محطاتها، وتكون هذا القسم من الأسئلة التالية:

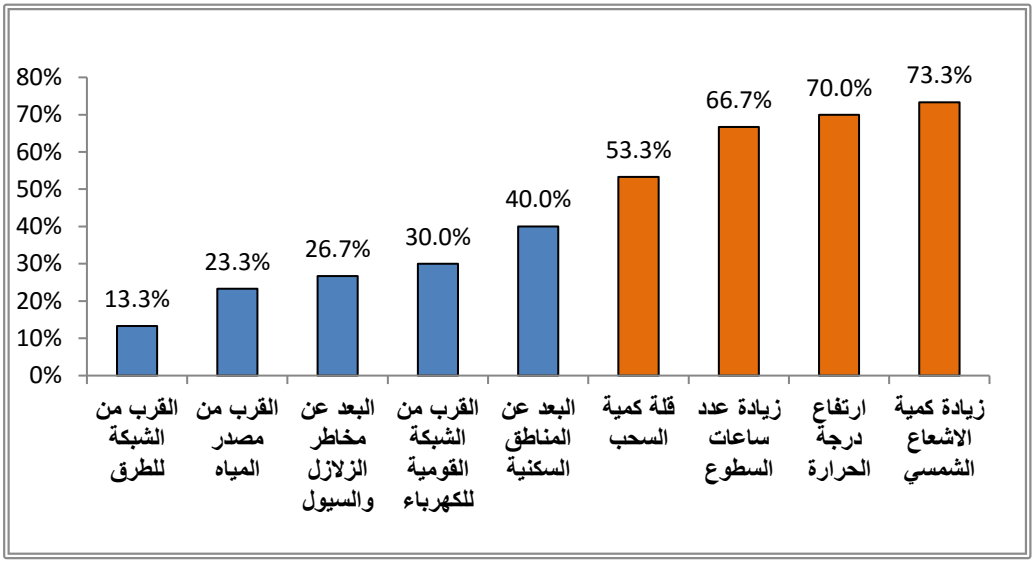
- **مدى معرفة سكان المحافظة بمكونات محطات الطاقة الشمسية؟** جاءت الإجابة عن هذا السؤال أن نسبة من يعرفون مكونات محطات الطاقة الشمسية بلغت ٥٨.٦٪، بينما بلغت نسبة مَن لا يعرف حوالي ٢٠.٧٪ أما مَن كانت معرفتهم بها إلى حد ما نسبة بلغت ٢٠,٧٪ ليصل إجمالي مَن يعرفون مكونات محطات الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى مَن يعرفونها إلى حد ما ٨١,٥٪ وهي نسبة جيدة تخطت أربعة أخماس العينة.



شكل (١٩) التوزيع النسبي لمدى المعرفة بمكونات محطات الطاقة الشمسية حسب نتيجة الاستبيان
المصدر: استمارة الاستبانة الموجهة لسكان محافظة أسوان، ٢٠٢٠

- **هل تُعَد محافظة أسوان جاذبة لإقامة محطات الطاقة الشمسية؟** كانت الاجابة عن هذا السؤال أن جميع أفراد العينة بنسبة ١٠٠٪ أقروا بأن محافظة أسوان جاذبة لإقامة محطات الطاقة الشمسية؛ مما يدل على وعي السكان الثقافي تجاه مقومات محافظة أسوان.
- **ما المقومات اللازمة لإقامة محطات الطاقة الشمسة في محافظة أسوان؟**

جاءت الاجابة عن مقومات إقامة محطات الطاقة الشمسية : استحوذت كميات الإشعاع الشمسي المباشر على أعلى النسب، حيث بلغت ٧٣,٣٪ وارتفاع درجات الحرارة بنسبة بلغت ٧٠٪، وتلاها بعد ذلك زيادة عدد ساعات السطوع الشمسي بنسبة بلغت ٦٦,٧٪ ، وقلة كمية السحب ٥٣,٣٪، والبُعد عن المناطق السكنية بنسبة بلغت ٤٠٪، تلاها القرب من الشبكة القومية للكهرباء بنسبة بلغت ٣٠٪ كما يوضحه الشكل (٢٠) وتدل هذه الاستجابات على وعيٍ ثقافيٍ لسكان المحافظة بأهم المقومات والعوامل المؤثرة على إقامة محطات الطاقة الشمسية بدليل أن المقومات الأربعة المستحوذة على أعلى النسب هي مقومات مناخية تعتمد عليها محطات الطاقة الشمسية ولا يمكن أن تقام بدونها.



شكل (٢٠) المقومات الجغرافية اللازمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية من وجهة نظر سكان محافظة أسوان

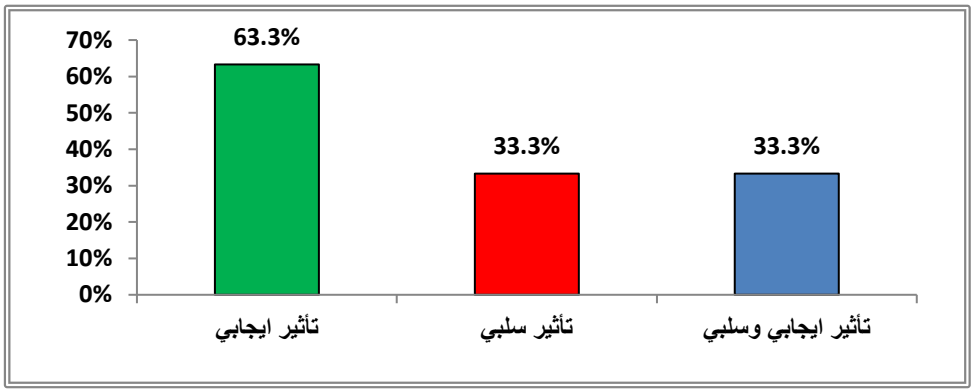
المصدر: نتيجة استمارة الاستبيان الموجه لسكان محافظة أسوان، ٢٠٢٠

- **التأثيرات السلبية للطاقة الشمسية على المجتمع:**

تتمثل للتأثيرات السلبية في العديد من النقاط؛ أبرزها قد يكون في تدفُّق العمال والمركبات الذي يؤثر سلبيًّا على صحة وسلامة المجتمع، كما أن انخفاض حركة المركبات في بعض فترات الإنشاء أو بعد التشغيل يؤثر سلباً على دخل السائقين، كما تتأثر الثقافة سلبيًّا نتيجة ثقافة العمالة الوافدة، ولكنه تأثير طفيف؛ لأنه تم مراعاة الموافقة على العمل داخل المحطات لأكبر عدد من سكان محافظة أسوان، أيضًا أدت العمالة الكثيرة في فترة الإنشاء إلى الضغط الكبير على موارد المجتمع، أيضًا تؤثر المركبات على الحركة المرورية داخل المحافظة، ولم يتم إغفال هذا الجانب في استمارة الاستبيان، فالقسم الرابع من الاستبيان جاء لقياس البُعد الاجتماعي والاقتصادي

لمحطات الطاقة الشمسية وتمثل في: التأثير الإيجابي والسلبي لإقامة عمال محطات الطاقة الشمسية على سكان محافظة أسوان

وجاءت الاستجابة على هذا السؤال من قبل أفراد العينة كالتالي: أكد ٦٠٪ من أفراد العينة على أن تأثير إقامة العمال كان إيجابيًا بينما أقر حوالي ٣٥,٧٪ على أن تأثير إقامتهم جمع بين التأثير الإيجابي والسلبي، أما التأثير الإيجابي تمثل في إسهام العمالة في عمل رواج اقتصادي غير مباشر لسكان مركزي كوم أمبو ودراو، ثم إشغال بعض المباني السكنية، ثم الإسهام في نقل الوعي الثقافي والبيئي للسكان، وأخيراً تشغيل وسائل النقل والمواصلات، وحوالي ٣,٦٪ من أفراد العينة أقروا أن التأثير سلبي تمثل في اختلاف ثقافة العمالة عن سكان محافظة أسوان، إلى جانب أنهم كانوا السبب في إزعاج السكان.



شكل (٢١) التوزيع النسبي لتأثير إقامة عمال محطات الطاقة الشمسية حسب آراء سكان محافظة أسوان
المصدر: نتيجة استمارة الاستبيان الموجه لسكان محافظة أسوان، ٢٠٢٠

خامسًا: النمذجة المكانية المستقبلية لتوطين محطات الطاقة الشمسية بمحافظة أسوان:

يهدف إجراء عمليات النمذجة الجغرافية لمحطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان إلى تقييم الوضع الراهن لمحطات الطاقة الشمسية القائمة، والوقوف على كيفية اختيار مواقعها في المستقبل، وسيتم إجراء هذه النمذجة المكانية عن طريق عدة مراحل كما يلي:

١. إعداد قاعدة البيانات (المدخلات).
٢. إجراء نموذج الاستبعاد للمناطق غير الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية.
٣. بناء نموذج لتوطين محطات الطاقة الشمسية.

المرحلة الأولى: إعداد قاعدة البيانات (المدخلات) وتنقسم هذه المرحلة إلى:

أ- تحديد المتغيرات التي تدخل في بناء النموذج (المدخلات)، وتتنوع فيما بين نماذج رقمية وخرائط، وقد تم تحديدها وفقًا للمعايير اللازمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية كما هي موضحة في الجدول التالي:

جدول (٧) تصنيف المعايير المستخدَمة في إجراء النمذجة المكانية والغرض من استخدامها

م	تصنيف المعايير	المعيار	الغرض من الاستخدام في النمذجة	
			تقييم الوضع الراهن	تقييم الوضع المستقبلي
١	١-معايير مناخية	الإشعاع الشمسي	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة لكميات الإشعاع الشمسي المتساقطة	اختيار المواقع التي تتمتع بكميات إشعاع شمسي كبيرة ومن خلالها تتحدد درجة الملاءمة
٢		ساعات السطوع الشمسي	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة لعدد ساعات السطوع الشمسي	اختيار المواقع التي تتمتع بزيادة عدد ساعات السطوع الشمسي ومِن ثَمَّ تحديد درجات الملاءمة
٣	٢- معايير الأمان	البؤر الزلزالية	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن البؤر الزلزالية	استبعاد المواقع القريبة من البؤر الزلزالية وتحديد درجة الملاءمة بناءً لنطاقات التباعد عنها
٤		الصدوع والفوالق	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن الصدوع والفوالق	استبعاد المواقع القريبة من الصدوع والفوالق وتحديد درجة الملاءمة بناءً لنطاقات التباعد عنها
٥		الأودية الجافة	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن الأودية الجافة	استبعاد المواقع القريبة من الأودية الجافة وتحديد درجة الملاءمة بناءً لنطاقات التباعد عنها
٦		التكوينات الرملية	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن التكوينات الرملية	استبعاد المواقع القريبة من التكوينات الرملية وتحديد درجة الملاءمة بناءً لنطاقات التباعد عنها
٧	٣- معايير بيئية	المحميات الطبيعية	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن المحميات الطبيعية	استبعاد المواقع القريبة من المحميات الطبيعية وتحديد درجة الملاءمة بناءً لنطاقات التباعد عنها
٨		المناطق الأثرية	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن المناطق الأثرية	استبعاد المواقع القريبة من المناطق الأثرية وتحديد درجة الملاءمة بناءً لنطاقات التباعد عنها
٩		مرور هجرات الطيور	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن المناطق هجرات الطيور	اختيار المواقع البعيدة عن مرور هجرات الطيور
١٠		المطارات	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن المطارات	استبعاد المواقع القريبة من المطارات وتحديد درجة الملاءمة بناءً لنطاقات التباعد عنها
١١	٤- معايير اقتصادية	التجمعات العمرانية	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن التجمعات العمرانية	استبعاد المواقع القريبة من التجمعات العمرانية وتحديد درجة الملاءمة بناءً لنطاقات التباعد عنها
١٢		الأراضي الزراعية	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن الأراضي الزراعية	استبعاد المواقع القريبة من الأراضي الزراعية تحديد درجة الملاءمة بناءً لنطاقات التباعد عنها
١٣		مناطق التعدين	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن مناطق التعدين	استبعاد المواقع القريبة من مناطق التعدين وتحديد درجة الملاءمة بناءً لنطاقات التباعد عنها
١٤		مناطق صناعية	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن المناطق الصناعية	اختيار المواقع القريبة من المناطق الصناعية لأهمية الطاقة الشمسية بالنسبة للصناعة

١٥		DEM (انحدار وارتفاع سطح الأرض)	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة لدرجة انحدار سطح الأرض	اختيار المواقع ذات السطح المستوي وتحديد درجة الملاءمة بناءً على نسب الانحدار
١٦	البنية التحتية	الشبكة الكهربية	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للقرب من الشبكة القومية للكهرباء	اختيار المواقع القريبة من شبكة خطوط الكهرباء وتحديد درجة الملاءمة بناءً على القرب منها
١٧		شبكة الطرق	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للقرب من الشبكة القومية للطرق	اختيار المواقع القريبة من شبكة الطرق وتحديد درجة الملاءمة بناءً على القرب منها
١٨		شبكة الغاز الطبيعي	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للقرب من شبكة الغاز الطبيعي إن تم تحويلها لمحطات حرارية	اختيار المواقع القريبة من شبكة الغاز الطبيعي وتحديد درجة الملاءمة بناءً على القرب منها
١٩		المسطحات المائية	تقييم مواقع المحطات القائمة بالنسبة للبعد عن المسطحات المائية	استبعاد المسطحات المائية لتجنب تعرضها للتلوث وتوفير الحماية من الكوارث البيئية واختيار المواقع القريبة منها

المصدر من عمل الباحثين

ب- معالجة البيانات من حيث توحيد مقياس الرسم وربط البيانات الوصفية مع المكانية، واستنتاج بعض الطبقات والخرائط الأخرى التي سيتم استخدامها، والاستعانة بها في إجراء النموذج.

ج- الوصول للمخرَجات وهم ١٩ طبقة. حيث تم استخدام ١٩ معياراً في بناء نموذج الملاءمة المكانية، تم استقاؤها من دراسات عربية وأجنبية في مجال الطاقة الشمسية وتنوعت هذه المعايير والمتغيرات، ويمكن تقسيمها إلى:

أ- مساحات (**Polygon**) :(الإشعاع الشمسي – عدد ساعات السطوع – المسطحات المائية – الأراضي الزراعية – التجمعات العمرانية – المحميات الطبيعية – المناطق الأثرية –التكوينات الرملية)

ب- خطوط :(**Lines**) (الصدوع – الأودية الجافة – شبكة كل من الكهرباء –الطرق – الغاز الطبيعي)

ج- نقاط (**Points**) مثل (المطارات – البؤر الزلزالية – مناطق التعدين –مناطق صناعية– نقاط مرور هجرات الطيور) ومنها ما هو رقمي (Raster) مثل نموذج الارتفاع الرقمي (DEM).

يتضح من خلال الجدول (٧) أنه تم تصنيف المعايير والمتغيرات المستخدمة في بناء النموذج إلى

١. **معايير مناخية:** تُعَد من المعايير الأساسية التي بدونها لا يمكن توطين محطات الطاقة الشمسية، وتتمثل في زيادة كمية الإشعاع الشمسي المباشر، وزيادة عدد ساعات السطوع الشمسي في منطقة الدراسة، وإن كانت لا تمثل سوى معيارين فقط بما يعادل ١١٪ من جملة المعايير، إلا أن وزنهما النسبي عند إجراء التطابق هو الأساس الذي تقوم عليه النمذجة بما يلائم إنتاج طاقة كافية لاستخدامات الطاقة المتزايدة.

٢. **معايير متعلقة بالأمان:** اقتصرت على أربعة معايير بنسبة ٢٢٪ من جملة عدد المعايير تتعلق بالبعد عن المخاطر التي تضر بالبنية التحتية ومكونات محطات الطاقة الشمسية؛ مثل مخاطر الكثبان والتكوينات الرملية والصدوع والانكسارات والبؤر الزلزالية والأودية الجافة (مخرات السيول).

٣. **معايير اقتصادية:** تتعلق بالجوانب الاقتصادية لتوطين محطات الطاقة الشمسية؛ وهي عبارة عن تسعة معايير بنسبة **٤٧%** من جملة المعايير تمثلت في اختيار المناطق غير المأهولة بالسكان والبعيدة عن الأراضي الزراعية ومناطق التعدين (المحاجر)؛ لسهولة إجراءات إتاحة الأرض ورخص أسعارها، إلي جانب اختيار المناطق ذات السطح المستوي والقريبة من المناطق الصناعية(*) حيث إمكانية استخدام الطاقة الشمسية في تشغيل المصانع، كذلك المناطق القريبة من مصادر المياه لقلة تكلِفة رفع المياه لاحتياجاتها في المحطة، هذا إلى جانب معايير البنية التحتية التي تُسهِم في استدامة مرافق محطات الطاقة الشمسية، وتزيد الأهمية الاقتصادية للمواقع القريبة من الشبكة القومية للكهرباء وشبكة الغاز الطبيعي وشبكة الطرق القومية، وتُسهِم هذه المعايير في قلة تكلِفة توطين المحطات في المواقع التي سيتم اختيارها، خاصةً أن مقومات البنية التحتية السابق ذكرها تحتاج تكلِفة عالية لمدها إلى المواقع المقترحة.

٤. **معايير بيئية:** تَكمُن أهمية المعايير البيئية في كونها إحدى متطلبات التنمية المستدامة لمحطات الطاقة ومن دونها تكون عملية التنمية غير مكتملة الأركان (Fida et al.,2022) لذلك من الواجب مراعاة البعد البيئي عند إقامة محطات الطاقة الشمسية، وتمثلت في أربعة معايير بنسبة ٢٢٪ من جملة عدد المعايير وهي (البعد عن مناطق مرور الطيور المهاجرة، والمحميات الطبيعية، والمناطق الأثرية، والمطارات).

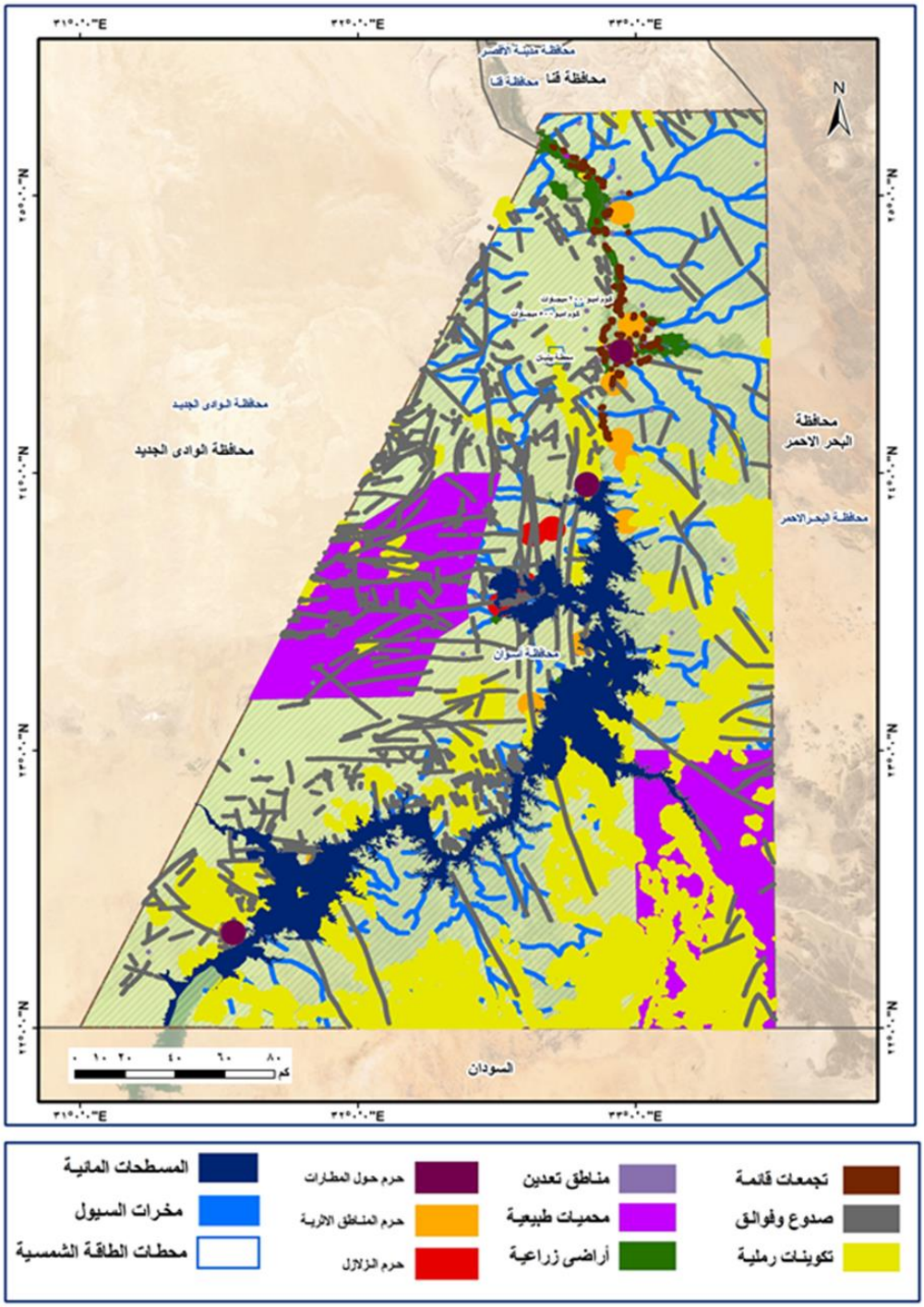
٢- **المرحلة الثانية إجراء نموذج الاســـتبعاد:** يتم في هذه المرحلة اســـتبعاد جميع القيود غير الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشـمسـية، حيث تم اسـتنباط هذه القيود من خلال الدراسـات السابقة، وخبراء الطاقة الشمسية، وفيما يلي عرض لخصـائص تلك القيود والمعايير الموضحة بالجدول التالي :

(*) من ضمن المناطق الصناعية في محافظة أسوان مصانع السكر والخشب الحبيبي في مركزي إدفو وكوم أمبو، كذلك المنطقة الصناعية الجديدة بمدينة أسوان الجديدة غرب النيل. والتي تبلغ مساحتها حوالي ٢٠٠ فدان كمرحلة أولى فيما يعادل نحو ٨٤٠ ألف متر مربع.(http://www.mti.gov.eg/)

جدول (٨) القيود المكانية التي تم استبعادها من إجراء نمذجة توطين محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان

م	القيود(Restrictions)		القيمة ونطاقات التباعد	المرجع
١	قيود اقتصادية	التجمعات العمرانية	١كم	Hossein et al,2018&Aydin et al,2013& Elkadeem et al,2022
٢		الأراضي الزراعية	١ كم	Saraswet et al,2021&AlGarni et al,2017& Elkadeem et al,2022
٣		المحاجر ومناطق التعدين	١ كم	خبير طاقة
٤		المسطحات المائية	١ كم	Hossein et al,2018&Mensour et al2019
٥	قيود الأمان	البؤر الزلزالية	١ كم	الإدارة العامة للخلايا الفوتوفولطية بهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة
٦		الصدوع	١ كم	Elkadeem et al,2022
٧		التكوينات الرملية	١ كم	
٨		الأودية الجافة	١ كم	Askereh et al,2017&Al Garni HZ.et al,2017
٩	قيود بيئية	المحميات الطبيعية	١ كم	Uyan,2013& Elkadeem et al,2022 Fida et al,2022
١٠		المطارات	٣ كم	Elkadeem et al,2022
١١		المناطق الأثرية	١ كم	خبير طاقة

المصدر من عمل الباحثين اعتماداً على المصادر الواردة في الجدول



شكل (٢٢) التوزيع الجغرافي للقيود المستبعدة من إجراء النمذجة المكانية لتوطين محطات الطاقة الشمسية
المصدر: اعتمادًا على بيانات ومدخلات (MODEL)

يتضـــح من خلال بيانات الجدول (٨) والشـــكل (٢٢) التوزيع الجغرافي للقيود المكانية المســتبعدة من إجراء النمذجة المكانية لتوطين محطات الطاقة الشـمسـية في محافظة أسـوان كالتالي:

١- **مناطق التجمعات العمرانية ذات حرم واحد كم:** على الرغم أن قرب محطات الطاقة من التجمعات العمرانية يضمن إمدادها بالطاقة، ويقلل من التكلفة الاقتصادية لنقل الطاقة إليها، إلا أن قُرب المحطات من هذه التجمعات يشكل عائقًا أمام عمليات التنمية في المستقبل (Aydin et al.,2013) لذلك تم استبعادها من النموذج؛ حيث لا يتوفر عامل إتاحة الأرض؛إلى جانب ارتفاع أسعارها، إضافةً إلى تفادي تأثير ظل المباني والتأثير السلبي لمحطات الطاقة على السكان.

٢- **المسطحات المائية ذات حرم واحد كم:** تم استبعاد مجرى نهر النيل، وبحيرة ناصر، والترع والمصارف الزراعية، والمناطق التي تقع في نطاق ولحد كم؛ لتجنب تعرضها للتلوث وتوفير الحماية من الكوارث البيئية (Fida et al.,2022) سواء أثناء فترة الإنشاءات أو التشغيل.

٣- **الأراضي الزراعية:** تم استبعاد هذه الأراضي من النموذج حتى لا تتعرض هذه الأراضي للتبوير جراء توطين محطات الطاقة الشمسية.

٤- **نطاقات الزلازل والاهتزازات الأرضية:** تم استبعاد هذه المناطق نهائيًّا من النموذج لعدم توافر قواعد الأمان لإقامة محطات الطاقة الشمسية بالقرب من نطاقات الزلازل؛ تفاديًا لتأثير الاهتزازات على جسم ومكونات محطات الطاقة الشمسية.

٥- **مناطق الصدوع ذات حرم مكاني واحد كم** : تم استبعادها والمناطق في نطاقها واحد كم؛ لعدم توافر قواعد الأمان لإقامة محطات الطاقة الشمسية فوق الصدع لثقل المعدات ومكونات المحطات أثناء الإنشاء وبعد التشغيل(Elkadeem et al,2022) .

٦- **مناطق التكوينات والتجمعات الرملية ذات حرم مكاني واحد كم:** تم استبعادها لتأثيراتها السلبية على كفاءة المرايا والخلايا الضوئية والاحتياج الدائم للتنظيف المستمر.

٧- **مناطق الأودية الجافة ذات الرتب الغزيرة(العليا):** تم استبعادها لتفادي خطورة التعرض للسيول الفجائية التي ستؤثر على جسم المحطة، وعلى البنية التحتية لها، تبعًا لـ (Al Garni HZ.et al,2017)

٨- **مناطق المحميات الطبيعية ذات حرم مكاني واحد كم:** من المعروف أن محافظة أسوان تضم ثلاث محميات طبيعية؛ وهي: محمية سالوجا، ومحمية غزال التي تُقدَّر مساحتها حوالي نصف كم٢، ومحمية وادي العلاقي (الدليل الإحصائي لمحافظة أسوان،٢٠٢١،ص٣)، وتم استبعادها لتفادي التعرض بالضرر للحياة النباتية والحيوانية.(Zoghi.et al,2017)

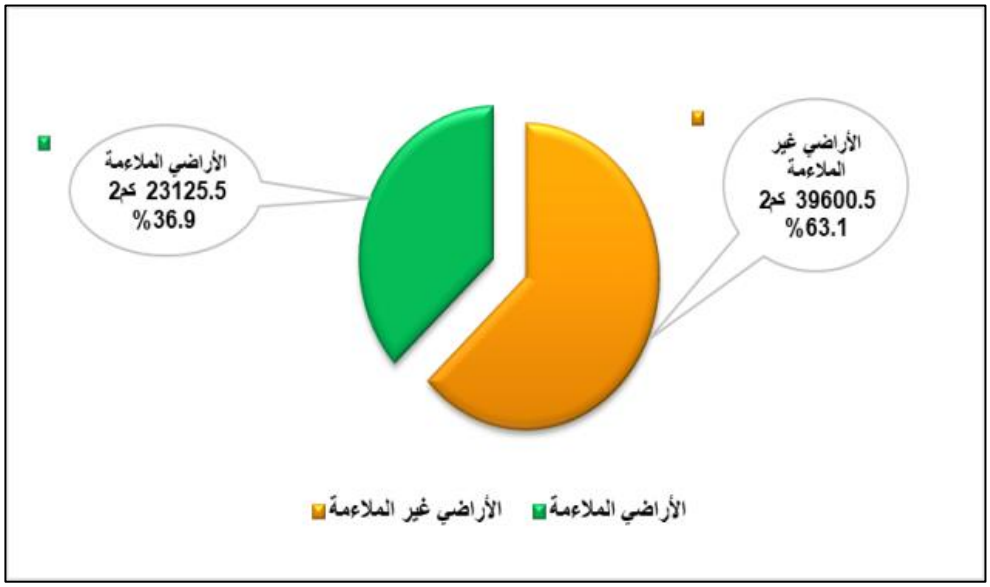
٩- **المناطق الأثرية:** من المعروف أن محافظة أسوان تضم معابد أثرية مثل: معبد أبو سمبل، وجزيرة فيلا، وغيرها من المناطق؛ لذلك يتم استبعادها تفاديًا لأي ضرر قد ينجم أثناء عملية الإنشاءات وتأثير الظل على الألواح الشمسية.

١٠-**المناطق التعدينية:** تم استبعادها من النموذج؛ لأنها قابلة للتوسع، فضلًا عن إثارة الأتربة والشوائب الناتجة عن عمليات التعدين، لكن وجب أن نُنَوِّهَ إلى أن استبعاد المناطق التعدينية والزراعية ليس بالضرورة معناه عدم ملاءمة الأراضي لإقامة محطات الطاقة الشمسية الصغيرة والمنفصلة عن الشبكة، النموذج هنا يدرس مدى ملاءمة الأراضي لإقامة محطات الطاقة الشمسية الكبرى.

نتج عن إجراء نموذج الاستبعاد ما يوضحه الجدول التالي:

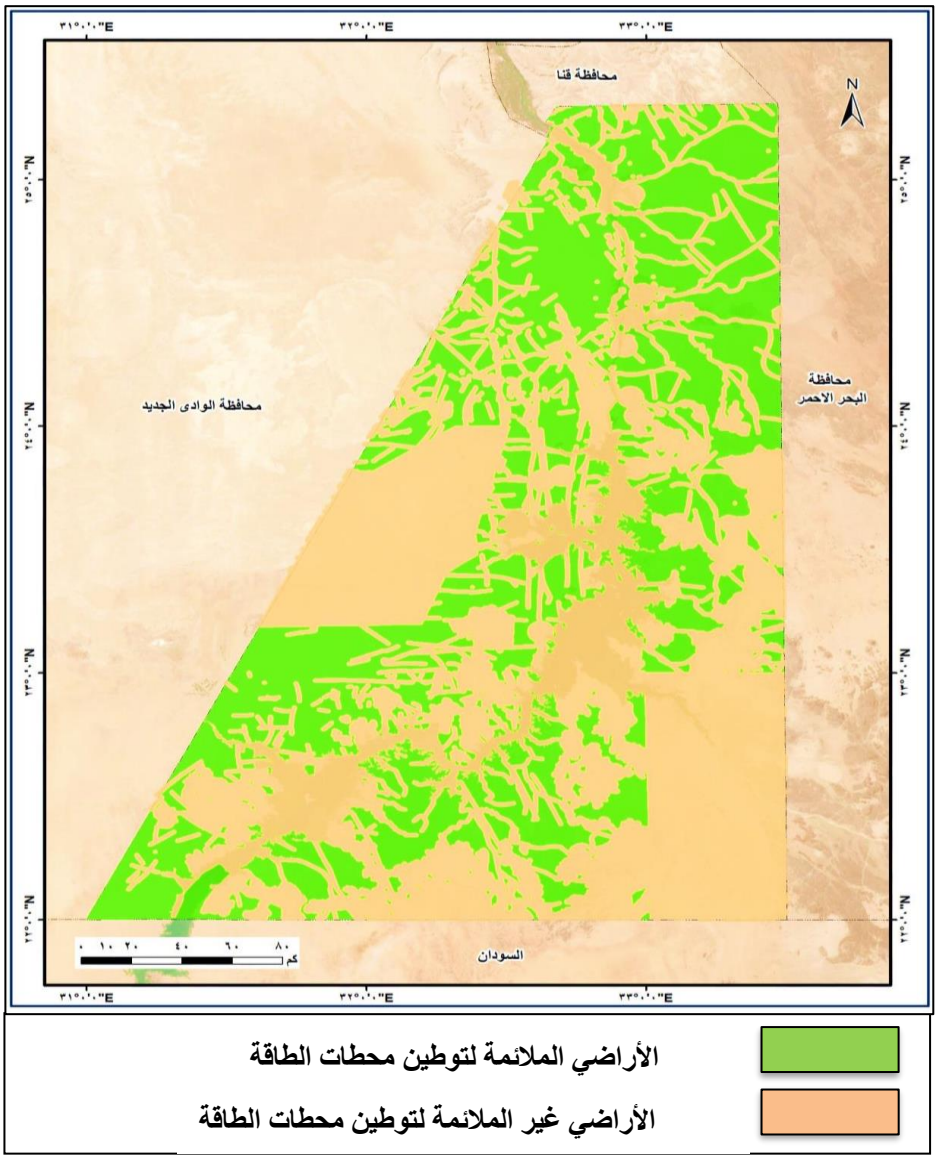
جدول (٩) التوزيع النسبي لمساحة الأراضي الملائمة وغير الملائمة

طبيعة الأراضي	المساحة (كم٢)	%
الأراضي غير الملائمة لإقامة محطات الطاقة الشمسية	٣٩٦٠٠.٥	٦٣.١
الأراضي الملائمة لإقامة محطات الطاقة الشمسية	٢٣١٢٥.٥	٣٦.٩
إجمالي مساحة المحافظة	٦٢٧٢٦	١٠٠



شكل(٢٣) التوزيع النسبي لمساحة الأراضي الملائمة وغير الملائمة

المصدر: بيانات جدول ٩



شكل (٢٤) الأراضي الملائمة وغير الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان

المصدر: اعتماداً على بيانات ومدخلات (MODEL)

من خلال بيانات الجدول (٩) والشكل (٢٤) يتضح التالي:

١. بلغت جملة مساحة الأراضي غير الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان حوالي **٣٩٦٠٠.٥** كم^{٢} بما يعادل **٦٣**٪ من جملة مساحة المحافظة أي ما يعادل ثلثي مساحة المحافظة.

٢. بينما بلغت جملة مساحة الأراضي الملائمة لتوطين حوالي ٢٣١٢٥.٥ كم^{٢} بما يعادل ٣٧٪ من جملة مساحة المحافظة، وهذه المساحة سيُجرَى عليها بعضُ المعايير لمعرفة مدى ملاءمتها لتوطين محطات الطاقة الشمسية حسَبَ توفُّر المقومات اللازمة لإقامة هذه المحطات. ويتم التعبير عن هذه الملاءمة عن طريق للدرجات التي تتدرج من ملاءمة ممتازة إلى ضعيفة.

المرحلة الثالثة بناء نموذج لتوطين محطات الطاقة الشمسية، وتقسم هذه المرحلة إلى:

أ- تحديد المتغيرات وإجراء نطاقات التباعد وتحديد درجة مُلاءَمة الطبقات:

تَكمُن أهمية هذه المرحلة في تحديد متغيرات الطبقات المستخدَمة، وإجراء نطاقات التباعد والتقارب لها للتمكن من تحديد درجة ملاءمتها؛ سواء القرب والبعد عن هذه المعايير، كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (١٠) درجات ملاءمة المعايير والمتغيرات المستخدَمة في إجراء النمذجة

م	المعايير		التصنيف	درجة الملاءمة
١	الإشعاع الشمسي المباشر	وحدة القياس (ك. و. س/م٢/يوم)	أكبر > ٩	مرتفعة جدا
			٨-٩	مرتفعة
			٦-٨	متوسطة
			أقل من٦	منخفضة
٢	عدد ساعات السطوع الشمسي	وحدة القياس (ساعة /يوم)	١٠+	ممتازة
			٩-١٠	مرتفعة جدا
			٨-٩	مرتفعة
			٧-٨	متوسطة
			٧>	منخفضة
٣	انحدار سطح الأرض	وحدة القياس (درجة)	أقل <١٥	ممتازة
			١٥ :٢٠	مرتفعة
			٢٠:٢٧	متوسطة
			أكبر>٢٧	منخفضة
٤	ارتفاع سطح الأرض	وحدة القياس (م)	صفر-٥٠	ممتازة
			٥٠-١٥٠	مرتفعة جدا
			١٥٠-	مرتفعة
			٢٥٠-	متوسطة
			٥٠٠+	منخفضة
نطاقات التقارب				
	المعيار	وحدة القياس (كم)	٥	ممتازة
٥	المسطحات المائية		١٠	مرتفعة جدا
٦	الشبكة الكهربية		١٥	مرتفعة
٧	شبكة الطرق القومية		٢٠	متوسطة
٨	شبكة الغاز الطبيعي			

٩	المناطق الصناعية		٢٥	منخفضة
نطاقات التباعد				
	المعيار		التصنيف	درجة الملاءمة
١٠	التجمعات العمرانية	وحدة القياس (كم)	٢٥	ممتازة
١١	الأودية الجافة(الفيضانات)			
١٢	البؤر الزلزالية			
١٣	التكوينات الرملية		٢٠	مرتفعة جدا
١٤	مناطق التعدين			
١٥	مرور هجرات الطيور		١٥	مرتفعة
١٦	المحميات الطبيعية			
١٧	مناطق التعدين		١٠	متوسطة
١٨	المطارات		٥	منخفضة

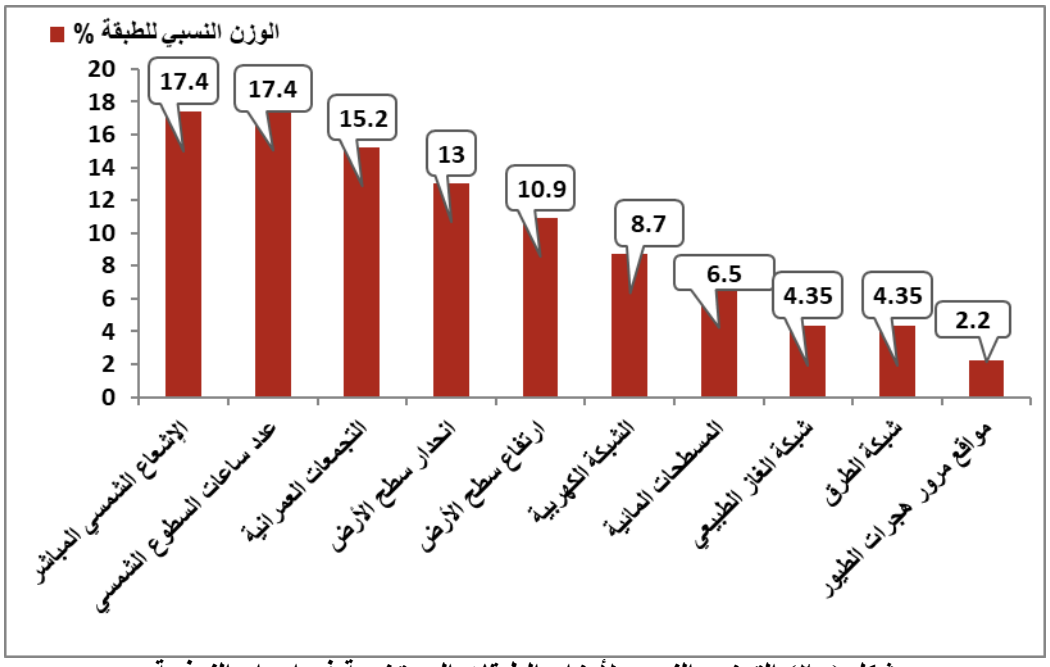
المصدر من عمل الباحثين اعتمادًا على بيانات: Dawod & Mandoer, April 14,11,2016, p453

ب- **إعطاء رُتَب وأوزان للطبقات المستخدمة في إعداد النموذج:** في هذه المرحلة يتم إعطاء كل الطبقات رتبة معينة، ومِن ثَمَّ يتم على أساسها تحديد الوزن النسبي للطبقة حسَبَ درجة أهميتها في النموذج؛ بمعنى أنه كلما زادت قيمة الرتبة زاد الوزن النسبي لها.

جدول (١١) الوزن النسبي للطبقات المستخدَمة في إجراء النمذجة المكانية

مسلسل	الطبقة	الرتبة	الوزن النسبي للطبقة %
١	المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي المباشر	٨	١٧,٤
٢	المتوسط السنوي لعدد ساعات السطوع الشمسي	٨	١٧,٤
٣	مناطق التجمعات العمرانية	٧	١٥,٢
٤	انحدار سطح الأرض	٦	١٣
٥	ارتفاع سطح الأرض DEM	٥	١٠,٩
٦	الشبكة الكهربية	٤	٨,٧
٧	المسطحات المائية ونهر النيل وشبكة القنوات المائية	٣	٦,٥
٨	شبكة الغاز الطبيعي	٢	٤,٣٥
٩	شبكة الطرق	٢	٤,٣٥
١٠	مرور هجرات الطيور	١	٢,٢
الإجمالي		٤٦	١٠٠

المصدر من عمل الباحثين اعتمادًا على مدخلات ومتغيرات إجراء النموذج



شكل (٢٥) التوزيع النسبي لأوزان الطبقات المستخدمة في إجراء النمذجة

المصدر :اعتمادًا على بيانات الجدول (١١)

تم تحديد الرتبة والوزن النسبي للطبقات في الجدول (١١) والشكل (٢٥) تَبَعًا لأهمية كل طبقة في النموذج؛ لذلك يُمكِن تصنيف الأوزان المستخدَمة في إجراء التطابق الموزون كالتالي:

- **التصنيف الأول:** وفيه تم إعطاء **طبقتي الإشعاع الشمسي المباشر وعدد ساعات السطوع الشمسي** أعلى الرتب، ومِن ثَمَّ أكثر الطبقات وزن نسبي كل منها ١٧.٤٪، حيث إنه بدون توافرهم في الموقع لا يُمكِن إقامة محطات الطاقة الشمسية، تَلَتْهم **طبقةُ التجمعات العمرانية** بوزن نسبي بلغ ١٥.٢٪؛ حيث يُعَد توافر المساحات الواسعة والبعيدة عن التجمعات العمرانية من المقومات الهامة لتوطين محطات الطاقة الشمسية، ومِن ثَمَّ نجد أن الطبقات الثلاثة أخذت وزنًا نسبيًّا يصل إلى ٥٠٪.

- **التصنيف الثاني:** تم إعطاء طبقة انحدار سطح الأرض وزن نسبي بلغ ١٣٪، حيث إنه توفر موقع ذو سطح مستوٍ يُوفِّر في تكلِفة تسوية سطح الأرض، ويضمن تفاديَ مستوى الظل وقلة المساحة المطلوبة لتوطين محطة الطاقة الشمسية، تلا هذه الطبقة ارتفاع مستوى سطح الأرض بوزن نسبي ١٠.٩٪، ومن المعروف أن توفُّر موقع ذي سطح مستوٍ وقريبٍ من مستوى سطح البحر يُوفِّر في تكاليف توطين محطات الطاقة الشمسية؛ حيث إمكانية رفع المياه إلى هذه المحطات سواء للاستخدام أو إجراء عمليات التنظيف لألواح الخلايا الفوتوفولطية، لذلك بلغت نسبة تمثيلهم حوالي ٢٣.٩٪ أي ما يقرب من ربع جملة الوزن النسبي المستخدَمة في إجراء التطابق الموزون.

- **التصنيف الثالث:** ومثل ٢٦.١٪ من جملة الوزن النسبي حيث تم إعطاء **طبقةُ نهر النيل والمسطحات المائية** وزن نسبي بلغ٨.٧٪؛ لأهميتها من حيث الاحتياج إلى المياه في عمليات التبريد وتنظيف الألواح الشمسية، أما طبقة الشبكة الكهربية فأخذت وزنًا نسبيًّا ٦.٥٪ لأهميتها من حيث تكلِفة التخزين وتفادي نسبة الفقد الناتجة عنه، تلتها **طبقة شبكة الغاز الطبيعي** بوزن نسبي بلغ

٤.٣٥٪؛ حيث تُعَد عاملًا مهمًّا لتوطين المحطات الحرارية الهجينة التي تعتمد على حرارة الإشعاع الشمسي نهارًا والغاز الطبيعي ليلًا، و**طبقة شبكة الطرق القومية** بنفس الوزن النسبي٤.٣٥ % بحيث إنه لو توافرت معظم الشروط السابقة سوف تؤهل الموقع اقتصاديًّا لمد شبكة الطراق إليه. وأخيرًا جاءت طبقة مرور هجرات الطيور التي أخذت وزنًا نسبيًّا بلغ ٢.٢٪ فقط بصفتها ذات تأثير طفيف على توطين محطات الطاقة الشمسية؛ حيث إنها لا تمر إلا في فصلي الربيع والخريف وباتجاه معلوم، كما أنه يوجد (FRAME) لونٌ أبيض حول الألواح الشمسية يقلل من شكل الألواح على أنها بحيرة كما تراها الطيور من أعلى.

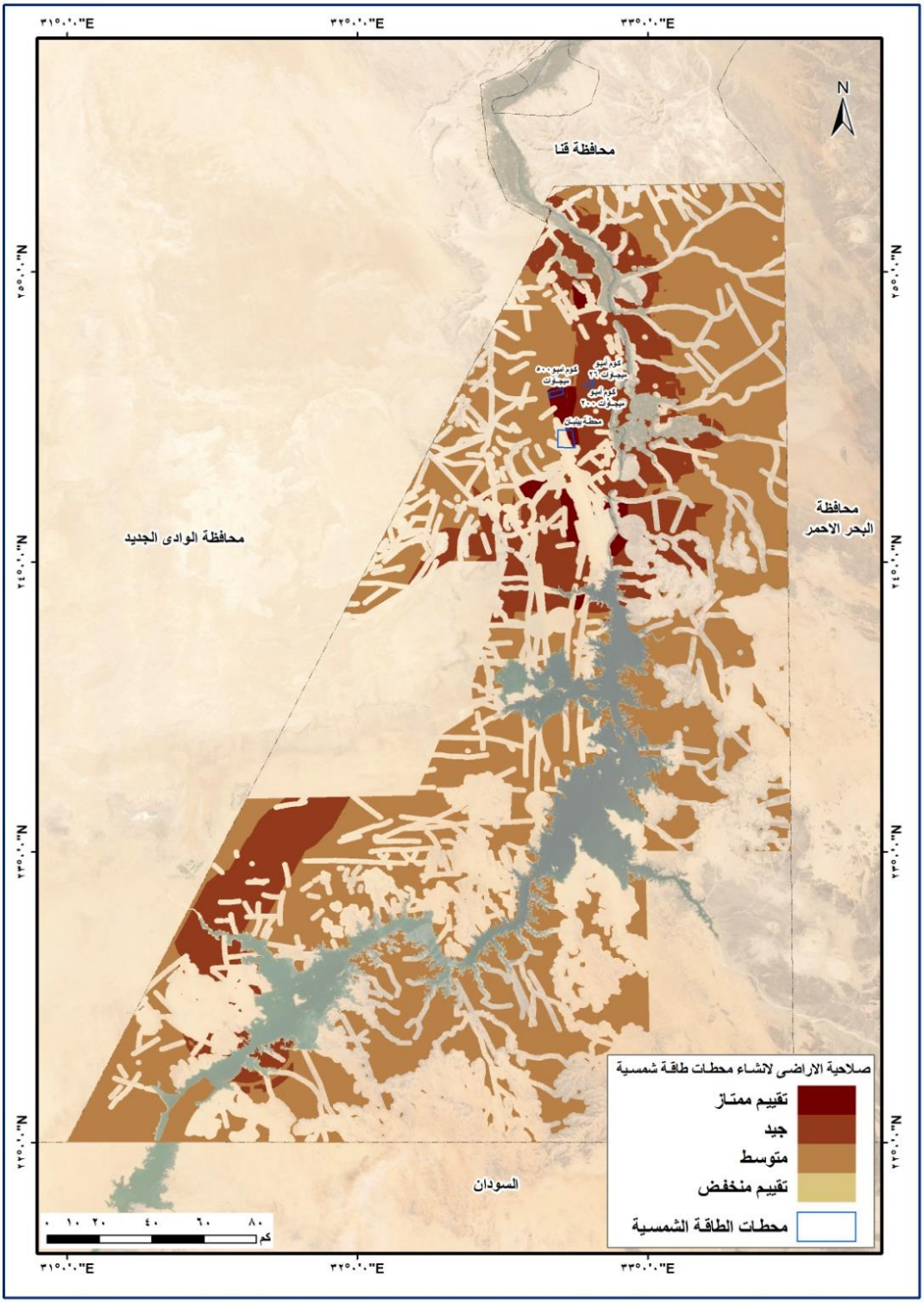
ج- إجراء عملية التطابق الموزون Weighted Overlay Analysis ؛ ولكي يتم اجراء عملية التطابق الموزون لابد من تحويل جميع طبقات نطاقات التباعد السابقة من بيانات **(vector)** إلى بيانات **(Raster)** عن طريق عمل **(Convert Polygon to Raster)** وذلك لتوحيد شكل البيانات التي نتعامل معها أثناء إجراء النموذج، ومن ثم إجراء عملية التطابق الموزون **(Weighted Overlay Spatial Analyst)** بين الطبقات المستخدَمة في **النموذج** تَبَعًا للوزن النسبي لكل طبقة جدول (١١) ووفق هذا الترتيب للأوزان النسبية للطبقات يتم إجراء عملية التطابق الموزون.

د- الخريطة النهائية للملاءمة المكانية:

عند إجراء عملية التطابق الموزون تم التوصل إلى النتائج النهائية لخريطة الملاءمة المكانية لتوطين محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان؛ وهي تتدرج في ٤ أولويات[١] ملاءمة تختلف مساحتها حسَبَ تحقُّق المعايير المطلوبة، حيث تقل درجة الملاءمة في مناطق الأولوية الأولى، وتتدرج حتى تصل إلى أكثر درجة ملاءمة في مناطق الأولوية الرابعة شكل (٢٥)

[١] حيث تم دمج أراضي الأولوية الأولى والثانية لقلة مساحتهم

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- إبريل ٢٠٢٤م



شكل (٢٦) الخريطة النهائية لدرجة الملاءمة المكانية لتوطين محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان
المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادًا على بيانات الجدول (١١)

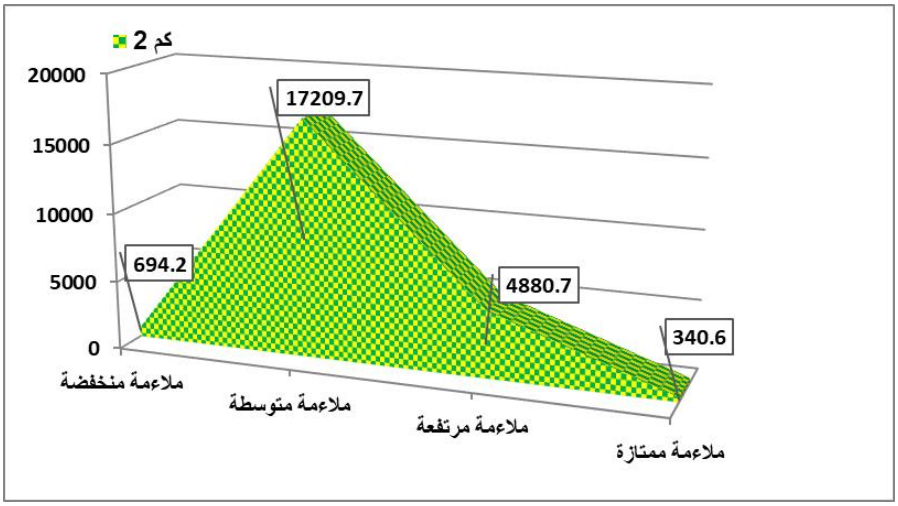
تبين من الشكل (٢٦) وقوع محطة بنبان الكهروشمسية في فئة الملاءمة الممتازة باستثناء جزء منها وقع في التكوينات الرملية وتم استبعاده من النمذجة المكانية، كما تبين من خلال إجراء النمذجة المكانية التي طُبِّقَت على منطقة الدراسة باستخدام كلٍّ من (GIS &RS) من خلال تطبيق أهم المعايير

اللازمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية، وبعد التوصل إلى نتائج هذا النموذج أصبح من السهل تحديد أهم المناطق التي تزيد درجة ملاءمتها لتوطين محطات الطاقة الشمسية مستقبلياً؛ سواء الهجينة التي تعتمد على درجة حرارة الشمس وأي وقود حراري سواء مازوت أو غاز طبيعي، أو المحطات التي تعتمد على ضوء الشمس (الفوتو فولطية)؛ لذلك تم تقسيم الأراضي الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية إلى أربع فئات ملائمة مكانية وتوزيعها في المراكز والوحدات المحلية في محافظة أسوان كما هي موضحة في الجدول التالي:

جدول (١٢) التوزيع النسبي لمساحات فئات الملاءمة المكانية لمواقع محطات الطاقة الشمسية على مستوى مراكز المحافظة

الوحدات المحلية	ملاءمة منخفضة	%	ملاءمة متوسطة	%	ملاءمة مرتفعة	%	ملاءمة ممتازة	%	إجمالي المساحة	%
أبو سمبل	٤٨٤.٩	٦٩.٩	١٠٤١١.٦	٦٠.٥	١٦٠٨.٣	٣٣	-	--	١٢٥٠٤.٩	٥٤.١
إدفو	٦١.٣٥	٨.٨	٢٤٧٣	١٤.٤	٨٩٠.٢	١٨.٢	٢٧.٧	٨.١	٣٤٥٢.٣	١٤.٩
أسوان	٦٨.٧	٩.٩	١٤٣٨.٢	٨.٤	١١٧٧.٢	٢٤.١	١٤٣.٣	٤٢.١	٢٨٢٧.٥	١٢.٢
النوبة	٣٢	٤.٦	١٤٤١.٥	٨.٤	٣٨٤.٣	٧.٩	--	٠	١٨٥٧.٨	٨
كوم أمبو	٢٣.٦	٣.٤	٩٢٢.٨	٥.٤	٤٢٣.٦	٨.٧	٦.٩٦	٢٨.٤	١٤٦٦.٦	٦.٣
دراو	٢٠.٨٥	٣	٥٢٢	٣	٢٣١.٥	٤.٧	٤٢.٤	١٢.٤	٨١٦.٨	٣.٥
قسم أول وثاني أسوان- أسوان الجديدة-توشكى الجديدة	٢.٨	.٤	.٦	.٠٣	١٦٥.٦	٣.٤	٣٠.٦	٩	١٩٩.٦	.٩
الإجمالي	٦٩٤.٢		١٧٢١٠		٤٨٨٠.٧		٣٤٠.٦		٢٣١٢٥.٥	١٠٠
%	٣		٧٤.٤		٢١.١		١.٥		١٠٠	١٠٠

المصدر من عمل الباحثان اعتماداً على بيانات ونتيجة النموذج شكل (٢٥)



شكل (٢٧) توزيع مساحات فئات الملاءمة المكانية لتوطين محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان
المصدر: بيانات الجدول (١٢)

يتضح من الجدول (١٢) والشكل (٢٧) أن مساحة الأراضي الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية بلغت حوالي ٢٣١٢٥.٥كم٢ بما يعادل ٣٧ % من مساحة المحافظة، ومن خلال استخدام التحليل الطبقي الموزون (overlay weight analysis) في بيئة نموذج نظم المعلومات الجغرافية توزعت درجات الملاءمة المكانية لتوطين محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان على أربع فئات تراوحت بين ملاءمة منخفضة إلى ممتازة، يمكن تحليل توزيعها على مستوى المحافظة، وعلى مستوى المراكز والوحدات المحلية كالتالي:

- **تحليل خريطة الملاءمة المكانية على مستوى المحافظة:** من خلال استخدام التحليل الطبقي الموزون (Overlay Weight Analysis) في بيئة نموذج نظم المعلومات الجغرافية توزعت درجات الملاءمة المكانية لتوطين محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان التي بلغ عددها ٤ فئات تراوحت بين ملاءمة منخفضة إلى ممتازة:

أ- **مناطق ذات درجة ملاءمة ممتازة:** تميزت هذه المناطق بتوافر مقومات إقامة محطات الطاقة الشمسية خاصةً الطبقات ذات الأوزان العالية، وبلغت مساحتها ٣٤٠.٧ كم٢ فيما يعادل (١.٥٪) من جملة مساحة الأراضي الملائمة، وتوزعت في مناطق متفرِّقة وسط المحافظة، حيث تحقق فيها جميع المتغيرات والمعايير.

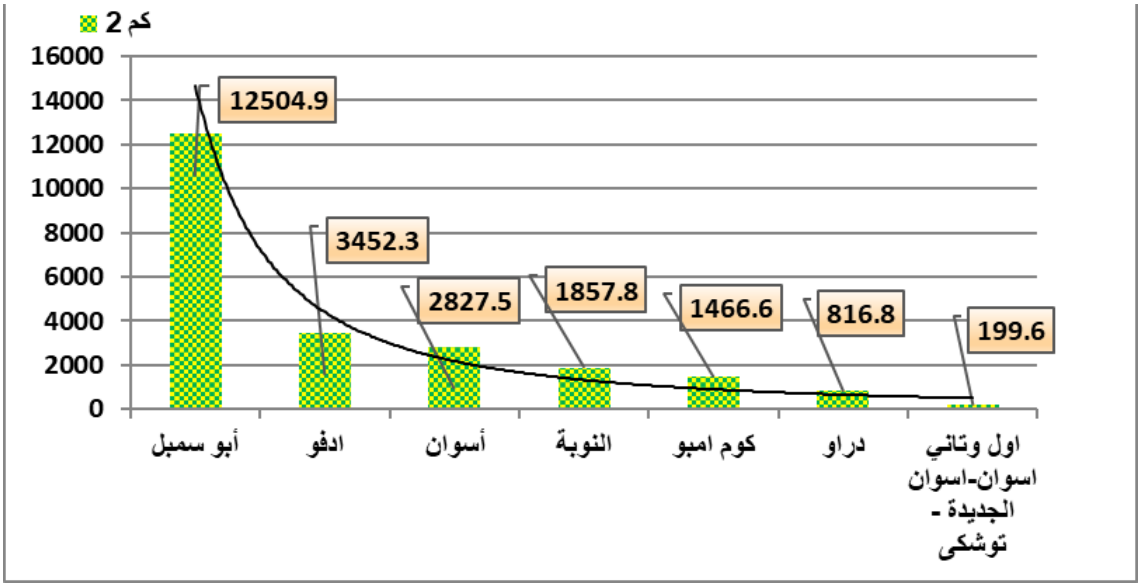
ب- **مناطق ذات درجة ملاءمة مرتفعة:** تميزت هذه المناطق بتوافر مقومات توطين محطات الطاقة الشمسية، خاصةً الطبقات ذات الأوزان العالية، فقد بلغت مساحتها**٤٨٨٢.٧كم٢ بما يعادل** (٢١.١٪) من جملة مساحة الأراضي الملائمة، وتَركَّزَت هذه الفئة في مناطق متفرقة وسط المحافظة بمحاذاة نهر النيل، وفي جنوب غرب المحافظة في مركز أبو سمبل وهي المساحة التي تحقَّق فيها ثمان من المعايير اللازمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية؛ كلٌّ من الإشعاع الشمسي، وعدد ساعات السطوع، والبُعد عن التجمعات العمرانية، وملاءمة ارتفاع سطح الأرض، ومقومات البنية التحتية (مثل الشبكة القومية للكهرباء وشبكة الطرق والغاز الطبيعي ومصادر المياه)

ج-**مناطق ذات درجة ملاءمة متوسطة:** وتأتي في المرتبة الثانية بعد المناطق ذات الملاءمة المرتفعة؛ وذلك لتوفر بعض الشروط والمعايير بها التي بلغت مساحتها **١٧٥٢٥.٩** كم٢ بما يعادل (٧٥.٨٪) من مساحة الأراضي الملائمة؛ وهي بذلك تصل إلى ثلاثة أرباع مساحة الأراضي الملائمة؛ مما يعني توافر ٥٠٪ من معايير ومقومات توطين محطات الطاقة الشمسية بها، وقد تزيد ملاءمتها في المستقبل أيضاً، وتوزعت هذه الأراضي في شمال شرق وشمال غرب المحافظة وجنوب المحافظة بالقرب من بحيرة ناصر، ومناطق متفرقة وسط المحافظة.

د- مناطق ذات درجة ملاءمة ضعيفة: ولا يعني هنا أن هذه المناطق ستظل ذات درجة ملاءمة ضعيفة، ولكن يُمكِن في المستقبل أن تزيد درجة ملاءمتها عن طريق مد شبكات المرافق إليها من خطوط الكهرباء، وشبكة الطرق، وخطوط الغاز الطبيعي إليها. وقد بلغت مساحة هذه الدرجة

٣٧٦.١كم٢ بما يعادل (١.٥٪) من جملة الأراضي الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية وتوزعت هذه الأراضي في أطراف المحافظة والمناطق النائية عن الخدمات، ولا يتوفر فيها سوى ٣ معايير؛ تتمثل في: الإشعاع الشمسي، وعدد ساعات السطوع، والبُعد عن مرور هجرات الطيور.

- **تحليل خريطة الملاءمة المكانية على مستوى مراكز المحافظة:** حتى يتم معرفة أكثر المراكز ملاءمةً لتوطين محطات الطاقة الشمسية، ومِن ثَمَّ التوجه مستقبلًا في توطين محطات الطاقة الشمسية به حسب درجات الملاءمة المكانية به؛ وهذا ما تم إلقاء الضوء عليه في الجدول (١٢) وفي الشكل (٢٥)



شكل (٢٨) توزيع مساحات الملاءمة المكانية لتوطين محطات الطاقة الشمسية على مستوى مراكز محافظة أسوان

المصدر: بيانات الجدول (١٢)

توصل الباحثان إلى أنه كي يتم توطين محطات الطاقة الشمسية في مراكز محافظة أسوان على مستوى المراكز فجاءت كما يلي:

أ- **مركز أبو سمبل:** جاء كأكثر المراكز ملاءمةً لتوطين محطات الطاقة الشمسية على مستوى المحافظة؛ حيث بلغت مساحتها حوالي١٢٥٠٤.٩كم٢ بما يعادل٥٤.١ % من جملة الأراضي الملائمة في محافظة أسوان، وتوزعت فئات هذه الأراضي كالتالي: حيث أسهمت فئة الملاءمة المنخفضة بواقع مساحة ٤٨٤.٩كم٢، وفئة الملاءمة المتوسطة بواقع مساحة ١٠٤١١.٦كم٢، وفئة الملاءمة المرتفعة بواقع مساحة ١٦٠٨.٣ كم٢، أما فئة الملاءمة الممتازة فلم تسجل أي مساحة لها في مركز أبو سمبل نظراً لبُعد المركز عن وسط المحافظة؛ حيث مقومات البنية التحتية.

ب- **مركز إدفو:** بلغت مساحة فئات الأراضي الملاءمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية في مركز إدفو حوالي ٣٤٥٢.٣كم٢ بما يعادل ١٤.٩٪ من جملة الأراضي الملائمة في محافظة أسوان، توزعت فئات هذه الأراضي كالتالي حيث أسهمت فئة الملاءمة المنخفضة بواقع مساحة ٦١.٣٥

كم٢، وفئة الملاءمة المتوسطة بواقع مساحة ٢٤٧٣كم٢، وفئة الملاءمة المرتفعة بواقع مساحة٨٩٠.٢ كم٢، أما فئة الملاءمة الممتازة فقد بلغت مساحة أراضيها ٢٧.٧كم٢.

ج- مركز أسوان: بلغت مساحة فئات الأراضي الملاءمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية في مركز أسوان حوالي **٢٨٢٧.٥**كم٢ بما يعادل ١٢.٢٪ من جملة الأراضي الملائمة في محافظة أسوان توزعت فئات هذه الأراضي كالتالي: حيث أَسهمت فئة الملاءمة المنخفضة بواقع مساحة٦٨.٧ كم٢، وفئة الملاءمة المتوسطة بواقع مساحة١٤٣٨.٢كم٢، وفئة الملاءمة المرتفعة بواقع مساحة١١٧٧.٢كم٢، أما فئة الملاءمة الممتازة فقد بلغت مساحة أراضيها ١٤٣.٣كم٢.

د-مركز نصر النوبة: بلغت مساحة فئات الأراضي الملاءمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية في مركز نصر النوبة حوالي ١٨٥٧.٩كم٢ بما يعادل٨ % من جملة الأراضي الملائمة في محافظة أسوان، توزعت فئات هذه الأراضي كالتالي: حيث أَسهمَت فئة الملاءمة المنخفضة بواقع مساحة ٣٢ كم٢، وفئة الملاءمة المتوسطة بواقع مساحة١٤٤١.٥كم٢، وفئة الملاءمة المرتفعة بواقع مساحة ٣٨٤.٣كم٢، أما فئة الملاءمة الممتازة فلم يتم تسجيل أي مساحة ملاءمة في هذه الفئة بمركز كوم أمبو لعدم توفُّر المعايير المناسبة لهذه الفئة داخل مركز نصر النوبة.

ه-مركز كوم أمبو: بلغت مساحة فئات الأراضي الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية في مركز **كوم أمبو** حوالي **١٤٦٦.٦**كم٢ بما يعادل ٦.٣ % من جملة الأراضي الملائمة في محافظة أسوان، توزعت فئات هذه الأراضي كالتالي: حيث أَسهمَت فئة الملاءمة المنخفضة بواقع مساحة ٢٣.٦ كم٢، وفئة الملاءمة المتوسطة بواقع مساحة ٩٢٢.٨كم٢، وفئة الملاءمة المرتفعة بواقع مساحة ٤٢٣.٦كم٢، أما فئة الملاءمة الممتازة فقد بلغت مساحة أراضيها٦.٧ كم٢.

و-مركز دراو: بلغت مساحة فئات الأراضي الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية في مركز دراو حوالي ٨١٦.٨ كم٢ بما يعادل ٣.٥ % من جملة الأراضي الملائمة في محافظة أسوان، توزعت فئات هذه الأراضي كالتالي: حيث أَسهمَت فئة الملاءمة المنخفضة بواقع مساحة ٢٠.٨٥كم٢، وفئة الملاءمة المتوسطة بواقع مساحة ٥٢٢كم٢، وفئة الملاءمة المرتفعة بواقع مساحة ٢٣١.٥كم٢، أما فئة الملاءمة الممتازة فقد بلغت مساحة أراضيها ٤٢.٤ كم٢.

ز- **(قسم أول وثاني أسوان – مدينة أسوان الجديدة – ومدينة توشكى الجديدة)**: بلغت مساحة فئات الأراضي الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية فيها حوالي**١٩٩.٦**كم٢ بما يعادل (١ %) من جملة الأراضي الملائمة في محافظة أسوان، وتَوزَّعت فئات هذه الأراضي كالتالي: حيث أَسهمَت فئة الملاءمة المنخفضة بواقع مساحة ٢.٨ كم٢، وفئة الملاءمة المتوسطة بواقع مساحة ٦٠٠ م٢، وفئة الملاءمة المرتفعة بواقع مساحة ١٦٥.٦ كم٢، أما فئة الملاءمة الممتازة فقد بلغت مساحة أراضيها٣٠.٦ كم٢.

الخاتمة: تضمنت الخاتمة أهم نتائج الدراسة وتوصياتها.

أ- النتائج:

١) أثبت الدراسة أنَّ محافظة أسوان تتميز بارتفاع ملاءمتها لإنشاء المحطات الفوتوفلطية؛ نظراً لزيادة المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس البالغة ١٠.٦ ساعة/يوم، وانعكس ذلك على زيادة المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي المباشر البالغ ٢٦.٩ ميجا جول/م٢/يوم، ويبلغ حجم الطاقة الشمسية المقدَّرة ٧.٥ ك.و.س/م٢/يوم.

٢) أكدت الدراسة على أنَّ موقع بنبان يتميز بتوفر مقومات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية أهمها: زيادة المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس البالغة ١٠.٨ ساعة/يوم، وترتب على ذلك زيادة الإشعاع الشمسي المباشر البالغ ٧.٨ ك.و.س/م٢/يوم، بالإضافة إلى قرب الموقع من شبكة نقل الكهرباء، وشبكة الطرق القائمة، يضاف إلى ذلك وجود موقع بنبان في منطقةٍ صحراويةٍ غير مأهولة، وترتب على ذلك تقليل تكلفة إنشاء المحطات الفوتوفلطية.

٣) بلغ عدد المحطات التي تمَّ تشغيلها بموقع بنبان الشمسي ٣٢ محطة بنسبة ٨٠٪ من جملة عدد المحطات المخطط إنشاؤها البالغة ٤٠ محطة، وبلغت جملة القدرات الاسميِّة للمحطات التي تَمَّ ربطها بالشبكة الكهربائية الموحدة ١٤٦٥ م.و، تمثل ٧٣.٣٪ من جملة القدرات الاسميِّة المخطط تنفيذها في موقع بنبان البالغة ٢٠٠٠ ميجاوات.

٤) بلغت التكلفة الإجمالية لإنشاء المحطات الفوتوفلطية في موقع بنبان ٤٢ مليون جنيهٍ مصري، وتَمَّ إنشاء هذه المحطات وتشغيلها، من خلال شركات القطاع الخاص المتخصصة في إنشاء المحطات الشمسية، وتعمل هذه المحطات بنظام تعريفة التغذية (Feed- in Tariff)؛ التي أقرَّها مجلس الوزراء في سبتمبر ٢٠١٤؛ بهدف تشجيع القطاع الخاص على إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية، مع الالتزام ببيع الطاقة الكهربائية المولدة من تلك المحطات للشركة المصرية لنقل الكهرباء خلال عمر المحطة الافتراضي البالغ ٢٥ سنة.

٥) أكد البحث على أهمية المحطات الفوتوفلطية في موقع بنبان؛ نظراً لكونِها تمثل مصدراً مهماً لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في مصر، حيث بلغت كمية الكهرباء المولدة منها ٣٥٦٩.٩ مليون ك.و.س عام ٢٠١٩، تشكل ١٥.١٪ من إجمالي الكهرباء المولدة من المصادر المتجددة البالغة ٢٣٧٠١ مليون ك.و.س خلال العام نفسه، وبنسبة ٨٠.٨٪ من إجمالي الكهرباء المولدة من الطاقة الشمسية البالغة ٤٤١٨ مليون ك.و.س عام ٢٠١٩.

٦) أظهرت الدراسة أنَّ المحطات الفوتوفلطية في موقع بنبان تواجه كثيراً من المشكلات أهمها: زيادة المعوقات المرتبطة بارتفاع درجات الحرارة، وزيادة المتوسط السنوي لسرعة الرياح، وعدم توفر مصدرٍ متجددٍ للمياه، وتؤدي هذه المشكلات إلى تقليل كفاءة تلك المحطات في إنتاج الكهرباء، بالإضافة إلى زيادة الفاقد من الكهرباء المولدة منها.

٧) أسهم الانتاج الكهربائي لمحطة بنبان الكهروشمسية **بالنسبة للمردود البيئي والذي اتضح في:**

- **تحقيق الوفر في انبعاثاتCO_2** : حيث أَسهم إنتاج محطة بنبان بكمية وفر في انبعاثاتCO_2 بلغت **(٢٥٦٣.٦)** ألف طن عام ٢٠٢٠م، وكمية وفر بلغت **(٢٨٦٧.٨)** ألف طن عام ٢٠٢١م؛ أي بنسبة زيادة بلغت ٣٠٤,٢ ألف طن، مما يؤكد دور محطات الطاقة الشمسية في الجانب البيئي بتوفير انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وبكميات كبيرة، كانت ستؤدي إلى أضرار بيئية كبيرة، إذا ما تم الحصول على ما يماثل هذه الطاقة من مصدر وقود حراري.

- تحقيق الوفر في انبعاثات:SO2 أَسهم إنتاج لمحطة بنبان الكهروشمسية في توفير ١٤٢,٥ طن في عام ٢٠٢٠م وكمية بلغت ١٥٨,٦ طن عام ٢٠٢١م؛ أي بنسبة زيادة بلغت ١٦,١ طن

- **تحقيق الوفر في انبعاثات الجزيئات العالقة:** أَسهم لمحطة بنبان الكهروشمسية في تحقيق وفر في انبعاثات الجزيئات العالقة، بلغ ٨,٤٧٣٢ كجم عام ٢٠٢٠م، وبلغ ٥٢٩٤,٤ كجم عام ٢٠٢١م بنسبة زيادة بلغت ٥٦١,٦ كجم.

٨)أسهم الانتاج الكهربائي لمحطة بنبان بالنسبة للمردود الاقتصادي من خلال:

- **كمية الطاقة المنتجة:** بلغ إنتاج محطة بنبان الكهروشمسية في عام ٢٠٢٠م حوالي ٣٩٤٤ (ج.و.س) وحوالي٤٤١٢(ج.و.س) في عام ٢٠٢١م بنسبة زيادة بلغت ٤٦٨ (ج.و.س).

- **الوفر في استخدام الوقود:** حيث أَسهَم إنتاج محطة بنبان في عام ٢٠٢٠م في توفير حوالي ٨٢٤.٣ (ألف طن) وحوالي٩٢٢,١ (ألف طن) في عام ٢٠٢١م بنسبة زيادة بلغت ٩٧,٨ (ألف طن).

- **الوفر في تكلفة التأثيرات البيئية لانبعاثات(Co_2):** أَسهم إنتاج محطة بنبان من الكهرباء في عام٢٠٢٠م بحوالي**٦٥.٨ مليون**(دولار)، بينما بلغت في عام ٢٠٢١م حوالي **٧٣.٦ مليون** (دولار) أي بكمية زيادة بلغت ٧.٨ مليون(دولار).

٩)أَسهمَ توطين محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان في مردود اجتماعي، انعكس أثره على المجتمع في الجانب الثقافي لسكان محافظة أسوان، من حيث معرفتهم لطبيعة ومكونات محطات الطاقة الشمسية، من خلال العمل في محطات الطاقة الشمسية القائمة في المحافظة مثل محطات بنبان ١٤٦٥ ميجاوات ، أما مردودها على الجانب التعليمي، فقد تم إقامة مدارس للطاقة الشمسية في كل من مراكز دراو في قرية بنبان، ومركز كوم أمبو لتأهيل خريجيها للعمل في محطات الطاقة الشمسية القائمة في محافظة أسوان، أما من حيث تأثير إقامة عمال محطات الطاقة على سكان المحافظة فقد أكد ٦٠٪ من أفراد العينة التي استجابت على أن تأثير إقامة العمال كان إيجابيًّا، بينما أقر حوالي ٣٥,٧٪ على أن تأثير إقامتهم جمع بين الـــتأثير الإيجابي والسلبي، ثم إشغال بعض المباني السكنية، ثم الإسهام في نقل الوعي الثقافي والبيئي للسكان، وأخيراً تشغيل وسائل النقل والمواصلات، وحوالي ٣,٦٪ من أفراد العينة أقروا أن التأثير سلبي وتمثل في اختلاف ثقافة العمالة عن سكان محافظة أسوان، إلى جانب أنهم كانوا من ضمن أسباب إزعاج السكان.

١٠) تقييم الملاءمة المكانية لمواقع محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان من خلال توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في الوصول إلى الخريطة النهائية لتوزيع درجات ملاءمة توطين محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان، كما مرت عملية النمذجة بعدة مراحل:

- إعداد قاعدة البيانات (المدخَلات) من خلال اختيار حوالي ١٩ معياراً جاء اختيارها بناءً على آراء الخبراء والعاملين في هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.
- استبعاد الأراضي غير الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية، والتي حيث بلغت مساحتها حوالي ٣٩٦٠٠.٥كم٢ ما يعادل ٦٣.١٪ من جملة مساحة محافظة أسوان بينما بلغت مساحة الأراضي الملائمة حوالي ٢٣١٢٥.٥ كم٢ ما يعادل ٣٦.٩٪ من جملة مساحة محافظة أسوان.
- تحديد المتغيرات وإجراء نطاقات التباعد وتحديد درجة المُلاءَمة للمدخَلات، ومن ثم إعطاء رُتَب وأوزان للطبقات المستخدَمة في إعداد النموذج، وبعد إجراء عملية التطابق الموزون تمَّ التوصل إلى خريطة الملاءمة المكانية لمواقع محطات الطاقة الشمسية المثلى وتوزعت درجات ملاءمة فئاتها بالتدرج من فئة الملاءمة الممتازة كأقل فئات الملاءمة فبلغت مساحتها حوالي ٣٤٠.٦كم٢ ما يعادل ١.٥٪ من جملة الأراضي الملاءمة. تلت هذه الفئة فئة الملاءمة المنخفضة؛ حيث بلغت مساحتها ٦٩٤.٢كم ٢ما يعادل ٣٪ من جملة مساحة الأراضي الملائمة. تلا هذه الفئة فئة الملاءمة المرتفعة التي بلغت مساحتها ٤٨٨٠.٧كم٢ ما يعادل ٢١.١٪ من جملة مساحة الأراضي الملائمة، أما أكثر الفئات تمثيلًا لمساحة الأراضي الملائمة، فجاءت فئة الملاءمة المتوسطة التي بلغت مساحتها ١٧٢١٠كم ما يعادل ٧٤.٤٪، أي حوالي ثلاثة أرباع الأراضي الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية، ولا يَعني هذا أن هذه الأراضي ستظل في المستقبل ذات درجة ملاءمة متوسطة لتوطين محطات الطاقة الشمسية، ولكن هذه الأراضي إذا تم توفير مقومات البنية التحتية لها من شبكة كهربية وخطوط غاز طبيعي وشبكة طرق ستزيد فرص هذه المناطق في ارتفاع نسبة ملاءمتها.
- وقعت محطة بنبان في فئة الملاءمة (الممتازة)، باستثناء جزء منها جاء في المناطق المستبعَدة من النمذجة حيث التكوينات الرملية.
- جاء التوزيع الجغرافي من حيث مساحات الملاءمة المكانية لتوطين محطات الطاقة الشمسية على مستوى المراكز؛ كالتالي: سَجَّل مركز أبو سمبل أعلى المراكز ملاءمةً بمساحة بلغت ١٢٥٠٤.٩كم٢ بما يعادل ٥٤.١٪، تلاه مركز إدفو بمساحة بلغت ٣٤٥٢.٣كم٢ ما يعادل ١٤.٩٪ ، تلاه مركز أسوان بمساحة بلغت ٢٨٢٧.٥كم٢ما يعادل ١٢.٢٪، ما يعني ذلك أن المراكز الثلاثة مَثَّلَتْ حوالي ٨١.٢٪ من جملة مساحة الأراضي الملائمة لتوطين محطات الطاقة الشمسية بمحافظة أسوان، بينما مَثَّلَتْ مراكز كل من النوبة وكوم أمبو ودراو (٨٪ و ٦.٣٪ و ٣.٥٪) على التوالي.

ب- التوصيات:

١) أكدت الدراسة على أنَّ المناطق الملائمة لإنشاء المحطات الشمسية في محافظة أسوان تبعد عن نهر النيل بمسافةٍ تتراوح ما بين (١٥-١٠) كم؛ ولما كانت المحطات الشمسية الحرارية (CPS)(*) تتميز بضخامة كميات المياه التي تستهلكها؛ لذلك توصي الدراسة بضرورة الاعتماد على المحطات الفوتوفلطية في إنتاج الكهرباء؛ نظراً لقلة كميات المياه اللازمة لتشغيلها، التي تستخدم في غسيل الألواح الشمسية وعمليات تبريدها، والأغراض الآدمية للعاملين بتلك المحطات، ومما يزيد من درجة ملاءمة المحطات الفوتوفلطية في المحافظة أنَّ المحطات الشمسية الحرارية تعمل بالتكامل مع محطات الدورة المُرَكَّبة؛ مما يتطلب توصيل خطوط الغاز الطبيعي إلى تلك المحطات؛ ويؤدي ذلك إلى ارتفاع التكلفة الإجمالية لإنشاء المحطات الشمسية الحرارية بالمحافظة.

٢) نظراً لارتفاع درجات الحرارة في موقع بنبان معظم شهور السنة؛ الأمر الذي يترتب عليه زيادة المعوقات الحرارية التي تؤدي إلى تقليل كفاءة المحطات الفوتوفلطية في إنتاج الكهرباء؛ لذلك يوصى بضرورة الاعتماد على وسائل التبريد المختلفة وخاصةً التبريد الهوائي لخفض درجة حرارة الخلية، ورفع كفاءتها في إنتاج الكهرباء، وكذلك رفع جهد التيار الكهربائي المولد.

٣) ضرورة تكثيف عمليات الغسيل الرطب والجاف للألواح الشمسية في موقع بنبان، للتغلب على مشكلة تراكم الأتربة والرمال عليها؛ وذلك لتقليل الفقد في طاقة الإشعاع الشمسي، وزيادة حجم الطاقة الكهربائية المولَّدة منها.

٤) ضرورة الدراسة الدقيقة لسرعة الرياح وتحديد اتجاهاتها في موقع بنبان لحماية الألواح الشمسية من التلف، وخاصةً في المحطات المزودة بأنظمة التتبع الشمسي لتحقيق الاستفادة القصوى من الإشعاع الشمسي الساقط عليها، ويَتِمُّ ذلك من خلال تزويد الأجهزة بسرعات الرياح واتجاهها في المنطقة، بحيث يَتِمُّ ضبط زاوية ميل الألواح الشمسية إلى صفر (الوضع الأفقي) في حال زيادة سرعة الرياح عن الحدود القصوى المسموح بها.

٥) يقترح إنشاء سور أسمنتي حول محطات الطاقة الشمسية، مع مراعاة تأثير الظل عل الألواح الشمسية من جهة الشمال لتكسير سرعة الرياح، ومن جهة الجنوب والغرب لحماية المحطات من زحف الرمال، ومن تأثيرات رياح الخماسين.

٦) رَصْف الطرق الداخلية بين الصفوف وتغطيتها باللون الأبيض لضمان الفوائد التالية:

٧) انعكاس الإشعاع الشمسي مرة أخرى وإمكانية استقباله مرة أخرى خاصةً للألواح ثنائية الوجه وتشجيع استخدام هذه الألواح.

(*) يقصد بها محطات الطاقة الشمسية المركزة **(Concentrated Solar Power)**، ويعتمد هذا النوع على الطرق المستخدمة في إنتاج الكهرباء من المحطات الحرارية، ولكن الفارق يتمثل في استبدال الوقود الحفري بالطاقة الحرارية الناتجة عن تركيز الإشعاع الشمسي في عمليات إنتاج البخار اللازم لإنتاج الطاقة الكهربائية، وتتراوح درجة حرارة البخار الناتج عن هذه المحطات ما بين (٤٠٠□١٥٠٠) درجة مئوية، عن: عبد الموجود، مرجع سبق ذكره، ص ٧٩.

٨) يوصى بدراسة إمكانية توصيل المياه إلى موقع بنبان من خلال خط أنابيب من نهر النيل، للتغلب على المعوقات الناتجة عن عدم وجود مصدر متجدد للمياه في موقع بنبان، بالإضافة إلى إمكانية تكثيف عمليات غسيل الألواح الشمسية التي يتم غسلها بمعدل مرتين كل عام مما يمكن من رفع كفاءتها في إنتاج الكهرباء.

٩) نظراً لارتفاع متوسط درجة الحرارة في محافظة أسوان بصفةٍ عامةٍ وفي موقع بنبان بصفةٍ خاصةٍ؛ لذلك يجب مراعاة هذا العامل عند إنشاء المحطات المخطط إنشاؤها في المحافظة البالغة (٢٠) محطة فوتوفلطية بواقع (١٢) محطة في مركز كوم أمبو، (٨) محطات في موقع بنبان، من خلال تركيب الألواح الشمسية التي تتميز بمعامل حرارة منخفض يقترب من الصفر، بالإضافة إلى اختيار الألواح الشمسية التي تحتوي على زجاج من نوع السيكوريت المقوى ذات الأسطح الخشنة؛ وينعكس على ذلك قلة تأثر الألواح الشمسية بارتفاع درجات الحرارة، وتقليل الفاقد من الكهرباء المولَّدة.

١٠) ضرورة زيادة الوعي لدى المواطنين بأهمية إنشاء الخلايا الفوتوفلطية على أسطح المنازل، بهدف تخفيف الأحمال على الشبكة الكهربائية الموحدة، ويتم ذلك من خلال توضيح حجم الاستثمارات التي تنفقها الدولة في إنشاء المحطات الشمسية المتصلة بالشبكة الكهربائية الموحدة، بالإضافة إلى توضيح المراحل المعقدة التي تمر بها صناعة الكهرباء حتى وصولها إلى المستهلك، ويساعد ذلك على مشاركة المواطنين في عمليات إنتاج الكهرباء بدلًا من وقوعها على كاهل الدولة.

١١) الاستفادة من تجارب الدول الرائدة في تصنيع الألواح الكهروضوئية، وكافة أجهزة المحطات الشمسية، من خلال الاستعانة بالكوادر الفنية لتصنيعها محلياً، ويؤدي ذلك إلى خفض تكلفة إنشاء المحطات الفوتوفلطية بشكلٍ سريع.

١٢) تغطية أسطح المباني الحكومية بالخلايا الفوتوفولطية خاصة أن معظمها تعمل بالنهار فقط.

١٣) تعميم إقامة مدرسة للطاقة الشمسية في كل مراكز أسوان على غرار مدرسة بنبان للطاقة الشمسية.

١٤) التوسع في استخدام الصوبات الزراعية والمجففات الشمسية في القطاع الزراعي.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- إبريل ٢٠٢٤م

ملحق (١) : نموذج استبيان

الدراسة الميدانية لموقع بنبان الشمسي

بيانات هذه الاستمارة سرية ولا تستخدم إلا في أغراض البحث العلمي

- اسم المحطة
- تاريخ دخول المحطة للتشغيل
- القدرة الاسميِّة للمحطة
- حجم الكهرباء المولَّدة من المحطة
- ما الشركة التي تتبعها المحطة؟
- في أي صف تقع المحطة؟
- ما عدد الصفوف الشمسية في المحطة؟
- ما المسافة بين كل صف:؟
- كم عدد الألواح الشمسية في كل صف؟
- كم تبلغ كفاءة الألواح الشمسية؟
- كم يبلغ عدد محولات رفع الجهد في المحطة؟
- إجمالي السعة الكلية لمحولات رفع الجهد بالمحطة؟
- شبكة نقل الكهرباء بالمحطة: الخطوط الهوائية ( ) الكابلات الأرضية ( )
- ما جهود شبكة نقل الكهرباء في المحطة؟
- كم يبلغ طول شبكة نقل الكهرباء في المحطة؟
- هل تم مراعاة سرعة الرياح واتجاهها عند إنشاء المحطة؟ نعم ( ) لا ( )
- كم تبلغ الحدود القصوى لسرعة الرياح التي تم مراعاتها؟
- هل تتعرض المحطة لهبوب العواصف الرملية والترابية؟ نعم ( )، لا ( )
- في حالة الإجابة بنعم ما الاحتياطات التي يتمُّ اتخاذها؟
- ما مصدر المياه في المحطة؟

  ١- المياه الجوفية ( ) ٢- نهر النيل ( ) ٣- أخرى ( )
- ما طرق تنظيف الألواح الشمسية في المحطة؟
- ما الفترات الزمنية الفاصلة بين عمليات تنظيف الألواح الشمسية؟
- ما المشكلات التي تواجه إنتاج الكهرباء من المحطة؟
- ما الحلول المقترحة لهذه المشكلات من وجهة نظرك؟

ملحق (٢)

نموذج استبيان موجه إلى سكان محافظة أسوان

بيانات هذه الاستمارة سرية ولا تستخدم إلا في أغراض البحث العلمي

الاسم: اختياري

س١: أين تقيم في محافظة أسوان؟

س٢: كم تبلغ من العمر؟

س٣: ما هو مستوى تعليمك؟

س٤: ما هي الوظيفة التي تعمل بها؟

س٥: كيف ترى تأثير الطاقة الشمسية على البيئة؟ تأثير ايجابي- تأثير سلبي- تأثير ايجابي وسلبي

٢- من أهم التأثيرات الايجابية للطاقة الشمسية على البيئة:

طاقة نظيفة ومتجددة		لها استخدامات عديدة في البيئات الجافة مثل استخراج المياه الجوفية وتحلية المياه	
متوفرة طول العام			
لا يصدر عنها اي انبعاثات ملوثة للهواء		تناسب المناطق البيئية النائية (المحميات الطبيعية) غير المرتبطة بالشبكة القومية للكهرباء	
لا يصدر عنها تلوث سمعي وبصري		أخرى	

٣- من أهم التأثيرات السلبية للطاقة الشمسية على البيئة:

يصدر عنها تلوث بصري وسمعي أثناء فترة الانشاءات		تؤثر على حركة الطيور المهاجرة حيث تراها من أعلى كأنها بحيرة مائية	
ينتج عنها مخلفات أثناء فترة الانشاءات وبعد التشغيل		أخرى	

س٦: هل تعرف مما تتكون محطات الطاقة الشمسية؟ - نعم ( ) - لا ( ) - الى حد ما ()

٤- اذا كانت الاجابة بنعم فما هي مكونات محطات الطاقة الشمسية ؟

ألواح شمسية		بطاريات تخزين كهرباء	
خلايا فوتوفولطية		كابلات نقل الطاقة الى محطة المحولات	
محطة رصد مناخي		محطة محولات كهربائية	

س٧: هل تعتبر محافظة أسوان جاذبة لاقامة محطات الطاقة الشمسية؟

- نعم ( ) - لا( ) - لا أعرف( )

س٨: ما هي المقومات اللازمة لإقامة محطات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان؟

ارتفاع درجات الحرارة		البعد عن المناطق السكنية	
زيادة كمية الاشعاع الشمسي		القرب من الشبكة القومية للكهرباء	
زيادة عدد ساعات السطوع الشمسي		القرب من الشبكة القومية للطرق	
قلة كمية السحب		القرب من مصدر مياه	
البعد عن مخاطر الزلازل والسيول		أخرى	

س٩: ما هي استخدامات الطاقة الشمسية في محافظة أسوان ؟

انارة الطرق والشوارع		تسخين المياه في الفنادق والمنازل	
تجفيف المحاصيل الزراعية		توليد الكهرباء من خلال إقامة محطات الطاقة الشمسية في الصحراء	
استخراج المياه الجوفية من الآبار		تشغيل محطات الانذار الخاصة بالسيول والزلازل والفيضانات	

تشغيل ماكينات ري الأراضي الزراعية		تشغيل شبكات اتصالات المحمول	
تستخدم في المحميات البيئية والمناطق النائية		أخرى	

س ١٠: أي محطات الطاقة تفضل اقامتها في محافظة أسوان ؟

- محطات الطاقة الشمسية ( ) – محطات الطاقة التقليدية ( ) –الاثنان معاً ( )

٥- اذا كنت تفضل اقامة محطات الطاقة الشمسية فما هي فوائدها على سكان المحافظة؟

تشغيل العمالة أثناء الانشاء وبعد التشغيل		ساهمت في تنشيط المحاجر ومواد البناء أثناء فترة الانشاءات	
رواج حركة السائقين من وإلى المحطات		كان لها تأثير ايجابي على الوعي الثقافي لسكان محافظة أسوان	
تنشيط تجارة وبيع المواد الغذائية أثناء فترة الانشاءات		وضعت محافظة أسوان على خريطة سوق الطاقة الشمسية	
تزويد الشبكة القومية للكهرباء بالطاقة		ساهمت في زيادة الحركة بين بين البر الشرقي والغربي عبر القوارب	
أخرى			

س١١: كيف كان تأثير اقامة مدرسة للطاقة الشمسية في قرية بنبان بمركز دراو؟

- تأثير ايجابي – تأثير سلبي – تأثير ايجابي وسلبي

٦- اذا كان لمدرسة بنبان للطاقة الشمسية تأثير ايجابي فما هو؟

- تمثل تخصص علمي جديد لمدارس التعليم الفني في محافظة أسوان
- تؤهل خريجيها للعمل في محطات الطاقة الشمسية القائمة في محافظة أسوان
- ساهمت في تكوين وعي ثقافي للطلبة والمعلمين وأسرهم بأهمية الطاقة الشمسية

٧- اذا كان لمدرسة بنبان للطاقة الشمسية تأثير سلبي فما هو؟

س١٢: هل تعرف أحد يدرس أو يعمل داخل مدرسة بنبان للطاقة الشمسية؟

- اذا كان لديك أحد يدرس أو يعمل داخل مدرسة بنبان للطاقة الشمسية فما هو انطباعه عن المدرسة؟
- اذا كان لديه انطباع ايجابي عن مدرسة بنبان للطاقة الشمسية فما هو؟
- اذا كان لديه انطباع سلبي عن مدرسة بنبان للطاقة الشمسية فما هو؟

س١٣: ما تأثير اقامة عمال محطات الطاقة الشمسية على السكان في مراكز أسوان وكوم امبو ودراو؟

- تأثير ايجابي – تأثير سلبي – تأثير ايجابي وسلبي

٨- اذا كان تأثير اقامة العمال ايجابي على السكان فما هو؟

- اشغال بعض المباني السكنية
- ساهمت في رواج اقتصادي غير مباشر لسكان فارس وبنبان
- ساهمت في نقل الوعي الثقافي والبيئي لسكان المنطقة

٩- اذا كان تأثير اقامة العمال سلبي على السكان فما هو

- لديهم ثقافة تختلف عن ثقافة سكان القرية
- كانوا سببا في ازعاج السكان
- أثروا سلباً على موارد الغذاء في القرية

١٠- رجاء كتابة أي وسيلة اتصال بك ان أمكن ايميل أو رقم واتس آب؟

جدول (١) مكونات وطبيعة استمارة الاستبانة الموجهة لسكان محافظة أسوان

م	عنوان المحور	عدد الأسئلة	طبيعة الأسئلة	الغرض من الأسئلة	موقع تحليل المحور بالنسبة للدراسة
المحور الأول	طبيعة مجتمع عينة الدِّراسة	أربعة أسئلة	مكان الإقامة طبيعة التعليم السن الوظيفة وطبيعة العمل	معرفة طبيعة مجتمع الدِّراسة لكل مراكز المحافظة حسب مرحلة التعليم والفئات العمرية. وطبيعة العمل	تم تحليل الاستجابة على هذين المحورين ضمن المردود الاجتماعي للطاقة الشمسية على التنمية المستدامة في الفصل الثالث.
المحور الثاني	الوعي الثقافي لسكان المحافظة بالطاقة الشمسية	ثلاثة أسئلة	ماهية الطاقة الشمسية ومكونات محطاتها استخدامات الطاقة الشمسية مقوِّمات إقامة محطات الطاقة الشمسية	قياس الوعي الثقافي بالطاقة الشمسية	
المحور الثالث	المردود البيئي للطاقة لشمسية	٣ أسئلة	المحطات التي يتم تفضيلها في محافظة أسوان التأثير الإيجابي للطاقة الشمسية على البيئة التأثير السلبي للطاقة الشمسية على البيئة	قياس الوعي البيئي بالطاقة الشمسية لسكان محافظة أسوان	تم تحليل الاستجابة على هذا المحور ضمن المردود البيئي للطاقة الشمسية على التنمية المستدامة في الفصل الثالث .
المحور الرابع	تأثير إقامة عمال محطات الطاقة الشمسية على سكان المحافظة.	ثلاثة أسئلة	كيف كان تأثير إقامة العمال على سكان المحافظة التأثير الإيجابي لهم التأثير السلبي لهم	يتعلق بطبيعة إقامة عمال محطات الطاقة الشمسية وتأثيرهم على المجتمع	تم تحليل الاستجابة على هذا المحور ضمن المردود الاقتصادي للطاقة الشمسية على التنمية المستدامة في الفصل الثالث
المحور الخامس	مدارس الطاقة الشمسية في محافظة أسوان	خمسة أسئلة	كيف كان تأثير إقامة المدارس على سكان المحافظة التأثير الإيجابي للمدارس التأثير السلبي للمدارس معرفة طلاب أو عاملين في المدرسة انطباع الطلاب والعاملين عن المدارس	مدارس الطاقة الشمسية في محافظة أسوان للتركيز على الجانب التعليمي والاجتماعي للطاقة الشمسية في منطقة الدِّراسة	تم تحليل الاستجابة على هذا المحور ضمن المردود الاجتماعي للطاقة الشمسية على التنمية المستدامة في الفصل الثالث.

المصدر من عمل الباحثان اعتمادًا على بيانات نموذج الاستبيان رقم ٢ في ملحق الدِّراسة

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- إبريل ٢٠٢٤م

ملحق ٣ محطات خلايا الصف الأول والثاني لمحطة بنبان الكهروشمسية

محطات خلايا الصف الأول			
م	اسم المحطة	القدرة ميجا وات	الشركة التابعة لها وخصائصها
١	انفينتي	٥٠	تتبع شركة انفينتي وهي أول محطة تم تشغيلها في المشروع مارس ٢٠١٨م وتتكون من سبع مناطق كل منطقة ٦٩ صفا، وتضم ٢٠ محول بقدرة اجمالية ٢٥٠٠ك.ف.أ
٢	Access	٥٠	تتبع شركة أكسس باور الاماراتية وتتكون من سبع مناطق كل منطقة ٦٥ صفا ويبلغ عدد المحولات نقل الكهرباء ١٢ محول.
٣	Aten	٥٠	تتبع شركة القزار الاماراتية الاسبانية وتتكون من ٤ مناطق تضم كل منطقة ٦٩ صفاً ، وبلغ اجمالي محولات نقل الكهرباء ٩ محولات.
٤	Red sea	٥٠	تتبع شركة سكاتك النرويجية وتضم خمس مناطق كل منطقة ٦٢ صفاً ، ويتم نقل الكهرباء من المحطة عبر ١١ محولاً.
٥	El-koom	٥٠	تتبع شركة أكوا باور السعودية وتتكون من أربعة مناطق كل منطقة ٧٨ صفاً من ألواح الخلايا الشمسية.
٦	Arrinna وتتكون من ٣ محطات	Arc ٥٠ م,وات	تتبع شركة أرينا الايطالية وتتكون من ست مناطق كل منطقة٦٤ صفاً من ألواح الخلايا الشمسية.
٧		Winnergy ٢٠ م.وات	تتبع شركة أرينا الايطالية وتتكون من ست مناطق كل منطقة ٢٧ صفاً من ألواح الخلايا الشمسية.
٨		Arrinna ٢٠ م.وات	تتبع شركة أرينا الايطالية وتتكون من ست مناطق كل منطقة ٢٧ صفاً من ألواح الخلايا الشمسية.
جملة القدرات		٣٤٠م.وات	متبقي محطتين×٢٠ ميجا وات لم يتم ربطهم بالشبكة القومية للكهرباء

محطات خلايا الصف الثاني			
م	اسم المحطة	القدرة م. وات	الشركة التابعة لها وخصائصها
١	Mmid Infinity	٣٠	تتبع شركة انفينتي وتتكون من سبع مناطق كل منطقة تتكون من ٦٩ صفا وتحتوي على ٢٠ محول بقدرة٢٥٠٠ك.ف.أ
٢	سكاتك وعددها ٣ محطات (١٥٠ ميجا)	Scatec Daraw Comompo	قدرة كل منها ٥٠ ميجا وتتكون من ست مناطق كل منطقة تتكون من ٦٠ صفاً من الألواح الشمسية
٣	(Al-Cazar)	٥٠	تتبع شركة القزار الاماراتية الاسبانية وتتكون من أربعة مناطق كل منطقة ٦٦ صفا من الألواح الشمسية وبلغ عدد المحولات لنقل الكهرباء المولدة ٩ محولات.
٤	Fas	٥٠	تتبع شركة فاس السعودية وتتكون من ثماني مناطق كل منطقة ١٣٤صفا من الألواح الشمسية وبلغ عدد المحولات لنقل الكهرباء المولدة ١٤ محولا.
٥	Sp Energy	٥٠	تتبع شركة شابولجي بالونجي وتتكون من أربعة منطقتين كل منطقة ١٣٨ صفا من الألواح الشمسية.
٦	Sun Rise	٥٠	تتبع شركة أكسونيا الإسبانية وتتكون من ست مناطق كل منطقة ١٣٠ صفا من الألواح الشمسية وبلغ عدد المحولات لنقل الكهرباء المولدة ٢٠ محولا.
٧	Access Building	٥٠	تتبع شركة أكسيس باور الاماراتية وتتكون من أربعة مناطق كل منطقة ٦٥ صفا من الألواح الشمسية وبلغ عدد المحولات لنقل الكهرباء المولدة ١٢محولا.
جملة القدرات المركبة		٤٣٠ ميجا وات	

المصدر: بيانات الدراسة الميدانية والادارة العامة للخلايا الفوتوفولطية بهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة

ملحق (٤) محطات خلايا الصف الثالث والرابع لمحطة بنبان الكهروشمسية

محطات خلايا الصف الثالث				
م	المحطة	قدرة المحطة	الشركة التابعة لها	
١	Sweedy	٥٠ م.وات	تتبع شركة السويدي وتتكون من سبع مناطق كل منطقة تتكون من ٦٩ صفاً وتضم ٢٠ محول لنقل الكهرباء سعتها الاجمالية ٢٥٠٠ ك.ف.أ	
٢	Rising sun	٥٠ م.وات	تتبع شركة إكسونيا وتتكون من ست مناطق كل منطقة تتكون من ١٣٠ صفاً وتضم ٢٠ محول لنقل الكهرباء المولدة منها.	
٣	Delta	٥٠ م.وات	تتبع شركة القزار الاماراتية الأسبانية وتتكون من أربع مناطق كل منطقة تتكون من ٦٦ صفاً وتضم ٩ محولات لنقل الكهرباء المولدة منها.	
٤	Solar reserve	٥٠ م.وات	تتبع شركة انفينتي وتتكون من عشر مناطق كل منطقة تتكون من ٦٧ صفاً وتضم ٢٢ محولاً لنقل الكهرباء المولدة منها.	
٥	Taqa Arabia	٥٠ م.وات	تتبع شركة طاقة عربية وتتكون من أربع مناطق كل منطقة تتكون من ٧١ صفاً وتضم ١١ محولاً لنقل الكهرباء المولدة منها.	
٦	Alfa Solar	٥٠ م.وات	تتبع شركة طاقة ألفا سولار السعودية وتتكون من سبع مناطق كل منطقة تتكون من ١٣٨ صفاً وتضم ٢٧ محولاً لنقل الكهرباء المولدة منها.	
٧	سكاتك	تتبع شركة سكاتك النرويجية محطتين قدرة كل منها ٥٠ م.وات	Upper Egypt	وتتكون من خمس مناطق كل منطقة تتكون من ٦٠ صفاً وتضم ١١ محولاً لنقل الكهرباء المولدة منها.
			Zafarana	وتتكون من خمس مناطق كل منطقة تتكون من ٦٠ صفاً وتضم ١١ محولاً لنقل الكهرباء المولدة منها.
جملة القدرات المركبة		٤٠٠ ميجا وات	يتبقى محطة جاري انشائها قدرتها ٥٠ ميجا وات	

محطات خلايا الصف الرابع				
م	اسم المحطة	القدرة ميجا/وات	الشركة التابعة لها وخصائصها	
١	El -subh	٥٠	تتبع شركة إكسونيا وتتكون من ست مناطق كل منطقة تتكون من ١٣٠ صفا من الخلايا الشمسية وتضم ٢٠ محولا لنقل الكهرباء المولدة منها.	
٢	Horus	٥٠	تتبع شركة القزار الاماراتية الاسبانية بمساحة بلغت ٩٧١متر مربع وتتكون من أربع مناطق كل منطقة تتكون من ٦٦ صفا من الخلايا الشمسية وتضم تسع محولات بنقل الكهرباء المولدة منها.	
٣	Edf	٥٠	تتبع شـركة (EDF Energies Nouvelles) وتنقسـم المحطة إلى أربع مناطق كل منطقة إلى ٦٦ صـفا من الخلايا الضـوئية وتضـم تسـع محولات لنقل الكهرباء المولدة منها.	
٤	Phoenix	٥٠	تتبع شركة انفينتي وتتكون من ست مناطق تضم كل منطقة ٦٧ صفا من الخلايا الضوئية وتضم المحطة ٢٣ محولا لنقل الكهرباء المولدة منها.	
٥	R A	٢٥	تتبع شركة فولتاليا الفرنسية وتنقسم إلى منطقتين طوليتين باتجاه عام من الشمال إلى الجنوب كل منطقة ١٩ صفا من الخلايا الشمسية وتضم المحطة تسع محولات لنقل الكهرباء المولدة منها.	
٦	Aqwa تتكون من محطتين	٢٠ ميجا وات	TK	تتبع شركة أكوا باور السعودية وتتكون من منطقتين كل منطقة ٣٧ صفاً.
		٥٠ ميجا وات	Aqwa	وتتكون من ست مناطق كل منطقة ٧٥ صفاً كل منطقة ٧٥ صفا من الخلايا الشمسية وتضم المحطة ٢٠ محولاً لنقل الكهرباء المولدة منها.
ج القدرات المركبة		٢٩٥ ميجا وات	متبقي ٥ محطات بقدرة ١٦٠ ميجا وات	

المصدر من عمل الباحثين بناءا على بيانات الدراسة الميدانية والادارة العامة للخلايا الفوتوفو لطية بهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- إبريل ٢٠٢٤م

ملحق (٥) : متوسط درجة الحرارة وتأثيرها في رفع درجة حرارة الألواح الشمسية بموقع بنبان حسب شهور السنة خلال الفترة (٢٠١٩-١٩٨١).

الشهر	درجة الحرارة (درجة مئوية)	الإشعاع المباشر (كيلووات/م٢/ساعة)	درجة حرارة الألواح الشمسية (درجة مئوية)	انخفاض كفاءة الألواح %
يناير	١٣.٣	٠.٧١٨	٣٥.٧	٥.٤
فبراير	١٥.٢	٠.٨١٧	٤٠.٧	٧.٩
مارس	١٩.٥	٠.٨١٦	٤٥	١٠
إبريل	٢٤.٨	٠.٨٢٢	٥٠.٥	١٢.٨
مايو	٢٩.١	٠.٧٨٥	٥٣.٦	١٤.٣
يونيو	٣١.٢	٠.٨٦٠	٥٨.١	١٦.٦
يوليو	٣١.٨	٠.٨٥١	٥٨.٤	١٦.٧
أغسطس	٣١.٧	٠.٨١٥	٥٧.٢	١٦.١
سبتمبر	٢٩.٨	٠.٨٤٩	٥٦.٣	١٥.٧
أكتوبر	٢٥.٩	٠.٨١١	٥١.٢	١٣.١
نوفمبر	١٩.٦	٠.٧٧٥	٤٣.٨	٩.٤
ديسمبر	١٤.٩	٠.٧٠٣	٣٦.٩	٦
المتوسط	**٢٣.٩**	**٠.٧٥٢**	**٤٧.٤**	**١١.٤**

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على:

Nasa Surface Meteorology & Solar Energy, Temperature at 2 Meters, (1981-2019)

ملحق (٦) : متوسط سرعة الرياح في موقع بنبان حسب شهور السنة خلال الفترة (١٩٨١-٢٠١٩).

الشهر	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
السرعة كم/ساعة	١٤.٨	١٥.٣	١٦	١٦.١	١٦.٦	١٨.٥	١٧.٤	١٨.١	١٨.١	١٥.٤	١٦.٩	١٦.٩	١٦.٧

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على:

Nasa Surface Meteorology & Solar Energy, Wind Speed at 10 Meters, (1981-2019)

ملحق (٧) : الصور الفوتوغرافية

صورة (١) : محولات رفع الجهد بمحطة بنبان (٢).

صورة (٢) : ربط محطة بنبان (١) بالشبكة الموحدة.

صورة (٣) : الألواح الشمسية في محطة إنفينيتي.

صورة (٤) : نظام التتبع الشمسي في موقع بنبان.

صورة (٥) : محول لنقل الكهرباء في محطة إنفينيتي.

صورة (٦) : غرفة التحكم بمحطة محولات بنبان (٣).

صورة (٧) غرفة البطاريات داخل محطة المحولات بنبان ٢

صورة (٨) السيارة المخصصة لغسيل الألواح الفوتوفولطية داخل محطة انفينتي

المصدر: الدراسة الميدانية لموقع بنبان ٧-٢٠٢٠/١/٨.

المصادر والمراجع

أولًا: باللغة العربية.

١) ابن عمر، حافظ (٢٠١٥) البُعد الاجتماعي في التنمية المستدامة: العمل، البطالة والفقر كمؤشرات لقياس التنمية المستدامة بتونس، مجلة جيل العلوم الإنسانية والاجتماعية المجلد ٢، العدد ١٣ (٣٠ نوفمبر/تشرين الثاني ٢٠١٥)، الناشر مركز جيل البحث العلمي بالجزائر / فرع لبنان.

٢) أديب، عبد السلام، (نوفمبر ٢٠٠٢م) أبعاد التنمية المستدامة، تم تصفح الموقع http//ebooks9.com-doc-html;

٣) الأطلس الشمســـي لمصر عام١٩٩١م.

٤) الأمم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، بناء القدرات في تنظيم الطاقــة المستدامة- نهج للتخفيف من الفقر وإدماج قضايا ال نوع الاجتمــاعي ضــمن الاهتمامــات الرئيسية، الجزء الأول، الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في دول الأسكوا،٢٠٠٣م.

٥) الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، النتائج النهائية للتعداد العام للسكان والإسكان والمنشآت، محافظة أسوان، ٢٠١٧.

٦) الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، وحدة مركز المعلومات ونظم المعلومات الجغرافية، التقسيم الإداري لمحافظة أسوان، ٢٠١٧.

٧) الدليمي، مهدي صالح دواي (٢٠٠٦م) "تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وأبعادها الاقتصادية"، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الإدارة والاقتصاد، الجامعة المستنصرية، العراق.

٨) الهيئة العامة للأرصاد الجوية، عدد ساعات سطوع الشمس، خلال الفترة (٢٠١٣-١٩٨٤).

٩) توفيق، محمود (٢٠١٨) منهجية البحث العلمي مع التطبيق على البحث الجغرافي، مكتبة الأنجلو المصرية.

١٠) جمعة محمد داود وآخرون (٢٠١٧): تحديد أفضل المواقع لتجميع الطاقة الشمسية في مكة المكرمة الإدارية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، الملتقى الحادي عشر لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في المملكة العربية السعودية، جامعة الإمام عبد الرحمن بن فيصل، المنعقد خلال الفترة (١١- ١٣) إبريل.

١١) شركة مصر العليا لتوزيع الكهرباء، قطاع كهرباء أسوان، الشئون الفنية، ٢٠١٩.

١٢) شكري، عبد المنعم أحمد (١٩٨٨م)، التنمية المستدامة ما بين المفهوم والتطبيق، رسالة دكتوراه – غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، القاهرة.

١٣) عبد القادر، شيماء سمير (٢٠١٥): تأثير مورد الطاقة الشمسية على تغيير الهياكل العمرانية بالتطبيق على محافظة مطروح، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية التخطيط العمراني، جامعة القاهرة.

١٤) عبد الموجود، ياسر محمد (٢٠١٧): إمكانات الطاقة الشمسية في مصر مع التطبيق على محطة الكريمات الشمسية – دراسة في جغرافية الطاقة، رسالة دكتوراه، غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب بالوادي الجديد، جامعة أسيوط.

١٥) عبد الوهاب، مصطفى محمد (٢٠١٤): الطاقة الكهربائية في محافظة أسوان، دراسة في جغرافية الطاقة، رسالة ماجستير، غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة القاهرة.

١٦) عبده، سعيد أحمد (٢٠١٢): مستقبل الطاقة المتجددة في مصر، مجلة المجمع العلمي المصري، المجلد (٨٧).

١٧) مجد، زينهم السيد (٢٠١٨): المعوقات الحرارية لأداء الخلايا الكهروضوئية في مصر، الجمعية الجغرافية المصرية، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٧٢، ج ٢.

١٨) محافظة أسوان، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، إدارة الإحصاء، ٢٠١٩.

١٩) معتوق، أمل عبد العظيم عبد المقصود (٢٠١٥): المناخ والنشاط البشري في صحراء مصر الشرقية، رسالة دكتوراه، غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.

٢٠) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، إدارة المشروعات، بيانات غير منشورة، ٢٠١٩.

٢١) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي، القاهرة، خلال عامي ٢٠١٠، ٢٠١٨.

٢٢) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، مشروعات إنتاج الكهرباء من الخلايا الفوتوفلطية في بنبان، الدراسة الاستراتيجية لتقييم التأثيرات البيئية والاجتماعية، التقرير النهائي، فبراير ٢٠١٦.

٢٣) وزارة الكهرباء والطاقة، الشركة القابضة لكهرباء مصر، التقرير السنوي للإحصاءات الكهربائية، القاهرة، ٢٠١٩.

ثانياُ: باللغة الإنجليزية:

1. Acwa Power, Benban 50 MW Photovoltaic Power Station, Environmental Impact Assessment, April 2016.
2. Adnan Sozen, et al. (2005): Solar-energy potential in Turkey. *Elsevier*, Applied Energy (80).
3. Al Garni, H.Z.; Awasthi, A. Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. Apple Energy 2017, 206, 1225—1240. https://doi.org/10.IOI 6/j.apenergv,2017, 10.024.
4. Al Garni, H.Z.; Awasthi, A. Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. Appl. Energy 2017, 206, 1225–1240. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.024.
5. Alfa Solar, Environmental & Social Impact Assessment for PV Power Plant in Benban. *Final Report*, March 2016.
6. Aydin NY, Kentel E, Duzgun HS. GIS-based site selection methodology for hybrid renewable energy systems: A case study from western Turkey. Energy Conver Manage2013;1(70)
7. Dawod, G., & Mandoer, M. S. (2016, April). Optimum sites for solar energy harvesting in Egypt based on multi-criteria GIS. In the first Future University international conference on new energy and environmental engineering, April,2017
8. Effat H.A & Ahmed El Zeiny (2017): Modeling potential zones for solar energy in Fayoum, Egypt, using satellite and spatial data. Springer International Publishing AG.
9. Effat H.A (2013): Selection of Potential Sites for Solar Energy Farms in Ismailia Governorate, Egypt using SRTM and Multicriteria Analysis. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, Vol. 2, Issue 1.
10. Effat H.A.(2016**),** Mapping Solar Energy Potential Zones, using SRTM and Spatial Analysis, Application in Lake Nasser Region, Egypt, International Journal of Sustainable Land Use and Urban Planning , Vol. 3 No. 1.
11. El- Sebaii AA, Global (2010): Direct and diffuse solar radiation on horizontal and tilted surfaces in Jeddah, Saudi Arabia. *Elsevier*, Applied Energy (87).
12. Elkadeem, M. R., Younes, A., Mazzeo, D., Jurasz, J., Campana, P. E., Sharshir, S. W., & Alaam, M. A. (2022). Geospatial-assisted multi-criterion analysis of solar and wind

power geographical-technical-economic potential assessment. Applied Energy, 322, 119532.

13. Fida A, Adul B, Shahariar C, kuaananT, Suitable Site Selection for Solar-Based Green Hydrogen in Southern Thailand Using GIS-MCDM Approach. Sustainability 2022, 14(11), 6597; https://doi.org/10.3390/su14116597.
14. Ghazanfar Khan & Shikha Rathi (2014): Optimal Site Selection for Solar PV Power Plant in an Indian State Using Geographical Information System (GIS). International Journal of Emerging Engineering Research and Technology, Volume 2, Issue 7.
15. Merve A & Mehmet A., (2018): Optimal Site Selection for a Solar Power Plant in Turkey Using a Hybrid AHP-TOPSIS Method. Celal Bayar University Journal of Science, Volume (14).
16. Nasa surface meteorology and solar energy, Direct solar radiation, (1984- 2013).
17. Nasa surface meteorology and solar energy, Hours of sunshine, (1984-2013).
18. Nasa Surface Meteorology and Solar Energy, Temperature at 2 Meters, (1981-2019).
19. Nasa Surface Meteorology and Solar Energy, Wind Speed at 10 Meters, (1981-2019).
20. World Bank Group, Solar Resource map, Direct Normal Irradiation, Egypt, (1994-2015).
21. World Bank Group, Solar Resource map, Photovoltaic Power Potential, Egypt, (1994-2015).