مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد– مجلة علمية محكمة

إمكانات الطاقة الشمسية في مصر مع التطبيق على محطة الكريمات- دراسة في جغرافية الطاقة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. ياسر محمد عبد الموجود(*)

ملخص:

تشمل الرسالة على خمسة فصولٍ تسبقها مقدمةٌ، وتعقبها خاتمةٌ، تناول **الفصل الأول:** دراسة الإشعاع الشمسي في مصر من عدة جوانب وهي: تعريف الإشعاع الشمسي، والعوامل الجغرافية المؤثرة في الإشعاع الشمسي في مصر، بالإضافة إلى دراسة المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي وحجم الطاقة المتوقعة منه في بعض محطات الرصد في مصر حسب شهور السنة، وكذا دراسة الإشعاع الشمسي وحجم الطاقة المتوقعة منه في مصر.

وخصص **الفصل الثاني:** لدراسة عوامل توطن محطات توليد الكهرباء الشمسية في مصر مع التطبيق على محطة الكريمات الشمسية، وتُعَدُّ هذه العوامل مسئولة عن تحديد الموقع المناسب لإنشاء المحطات الشمسية وهي: الموقع، والمناخ، والمساحة، والمياه، والوقود، والسوق، والأيدي العاملة.

ويدرس **الفصل الثالث:** إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية في مصر واقتصادياتها من حيث إنتاج الطاقة الكهربائية في مصر حسب نوع الإنتاج، وكذا إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في مصر، يضاف إلى ذلك تكلفة إنشاء محطات توليد الكهرباء الشمسية مقارنةً بمحطات توليد الكهرباء من المصادر المتجددة والتقليدية، وتكلفة إنتاج الكيلووات/ ساعة بمحطة الكريمات الشمسية مقارنةً بمحطات توليد الكهرباء في مصر، بالإضافة إلى كميات الوفر في الوقود الناتج عن توليد الكهرباء بمحطة الكريمات الشمسية.

(*) مدرس بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية كلية الآداب– جامعة الوادي الجديد.

وتضمن **الفصل الرابع:** دراسة الاستخدامات الحالية للطاقة الشمسية في مصر، والمشكلات التي تتعلق بمحطة الكريمات الشمسية، والحلول المقترحة لتلك المشكلات، بالإضافة إلى دراسة المشكلات التي تحد من التوسع في إنشاء محطات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية في مصر، ودراسة مستقبل الطاقة الشمسية في مصر من حيث زيادة القدرات الاسمية المركبة بالمحطات الشمسية مقارنةً بمحطات توليد الكهرباء من المصادر المتجددة في مصر، بالإضافة إلى زيادة حجم الكهرباء المولدة من المحطات الشمسية مقارنة بمحطات توليد الكهرباء من المصادر المتجددة في مصر.

ويهدف **الفصل الخامس:** إلى استخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في اختيار أنسب المواقع لإنشاء محطات الكهرباء الشمسية في مصر؛ وذلك من خلال خمس مراحل هي: بناء قاعدة البيانات الجغرافية، مرحلة قياس المسافات، مرحلة إعادة التصنيف، عملية التطابق الموزون، النتائج النهائية.

وتُعَدُّ **الخاتمة:** بمثابة خلاصةٍ لما انتهت إليه هذه الدراسة من خلال عرضٍ موجزٍ لأهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة, بالإضافة إلى مجموعةٍ من التوصيات التي يمكن من خلالها إيجاد بعض الحلول لمشكلات الطاقة الشمسية في مصر.

مقدمة

تُعَدُّ جغرافية الطاقة إحدى فروع الجغرافيا الاقتصادية، حيث يقترب عمرها من نصف قرن، ولم تَحْظَ بالاهتمام الذي أولاه الجغرافيون لغيرها من فروع الجغرافيا الاقتصادية, وخاصةً من الناحية المنهجية[٢]، بينما حظيت على

[٢] سعيد أحمد عبده: جغرافية الطاقة: مفهومها ومجالها ومناهجها, المجلة الجغرافية العربية, الجمعية الجغرافية المصرية, العدد الرابع والثلاثون, الجزء الثاني, ١٩٩٩, ص١.

اهتمام الكثير من الباحثين الأجانب أمثال: [3] J. Calzonetti,– D. G. Manners [4] & Solomon بدراساتٍ مستفيضةٍ عن إنتاج، ونقل، وتوزيع، واستهلاك الطاقة واقتصادياتها في غرب أوربا، والولايات المتحدة الأمريكية[٥].

تُعَدُّ الطاقةُ بمثابة دَمِ الحياة بالنسبة للمجتمع كما تُعَدُّ مقياسًا للتقدمِ، والارتقاءِ الاقتصاديّ، فالطاقةُ في حدِّ ذاتها نشاطٌ اقتصاديٌ يؤثرُ في كافةِ الأنشطة الاقتصادية الأخرى، ولا يقتصرُ الأمرُ على ذَلك فحسبُ؛ بل يمتدُّ تأثيرُها في العلاقات السياسية بين الدول [٦].

ويؤدي الاعتماد على الطاقةِ الشمسيةِ في إنتاجِ الكهرباءِ دورًا مهمًا؛ وذلك لأنَّها طاقةٌ متجددةٌ وبديلةٌ في عالمٍ سوفَ يتعرضُ لنضوبِ مصادرِ الوقود الحفريّ مع نهايةِ القرنِ الحاديَ والعشرينَ، ولا شك أنَّ الوقود الحفري يُعَدُّ عمادَ الحضارةِ الإنسانيةِ[٧].

تُعَدُّ مصرُ من أغنى دولِ العالمِ تمتعًا بالإشعاعِ الشمسيّ؛ لوقوعِها في منطقةِ الحزامِ الشمسيّ وبذلك تُعَدُّ واحدة من أفضلِ مناطقِ العالم ملائمةً لاستغلال الطاقة الشمسية؛ حيثُ يبلغ المتوسطُ السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في مصرَ ١٠ ساعات/ يوم، ويُقَدَّرُ حجمُ الكهرباءِ المتوقعِ إنتاجُها من الإشعاع الشمسي في مصرَ ٥.٨ ك.و.س/ م٢/ يوم.

---

(٣)Frank J. Calzonetti, D. Solomon, Geographical Dimensions of Energy Geo-journal Library, London, ١٩٨٥.

. Manners G., Geography of Energy, Hutchinson University, London, ١٩٦٨) ٤(

(٥) وفيق محمد جمال الدين: إنتاج الطاقة الكهربائية واستهلاكها بمحافظة القليوبية، دراسة في الجغرافيا الاقتصادية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد التاسع والثلاثون، الجزء الأول، القاهرة، ٢٠٠٢، ص ٣٦١.

(٦) Al-Metwaly A., Energy Crisis in Central African Countries, Bulletin of the Egyptian Geographical Society, Vol. ٨٢, ٢٠٠٩,P. ١.

(٧) مسلم شلتوت: حاضر ومستقبل طاقة الشمس والرياح في مصر، مؤتمر مستقبل الطاقة الجديدة والمتجددة في الوطن العربي، المنعقد خلال الفترة (١٢- ١٤) فبراير، مركز دراسات المستقبل، جامعة أسيوط، ٢٠١٣، ص ١١.

وتُعَدُّ محطة المعادي الشمسية في مصر أول محطة شمسية على مستوى العالم؛ فقد أنشئت المحطة على يد العالم الأمريكي فرانك شومان عام ١٩١١، وبلغ عدد المجمعات الشمسية بالمحطة خمسة مجمعات يبلغ طول الواحد منها ٦٢ مترًا وبعرض أربعة أمتارٍ، وبلغت مساحة الحقل الشمسي بالمحطة ٣٨٤٤ مترٍ مربعٍ؛ وقد اعتمدت المحطة على تقنية القطع المكافئ في إنتاج الكهرباء اللازمة لتشغيل محرك بقوةٍ تتراوح ما بين (٦٠- ٧٠) حصانًا؛ وذلك لرفع المياه من نهر النيل لري الأراضي الزراعية بكمية تصريف بلغت ٦٠٠٠ جالون مياه/ دقيقة؛ أي ما يعادل ٢٢.٧ مترًا مكعبًا/ دقيقة[١].

أولاً – عدد ساعات سطوع الشمس في مصر خلال الفترة (١٩٨٠- ٢٠١٠):

يختلف متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في مصر من مكانٍ إلى آخر، حيث يزيد عدد ساعات سطوع الشمس في مصر بالاتجاه من الشمال إلى الجنوب أي أنَّ عدد ساعات سطوع الشمس يتزايد بتناقص درجة العرض في مصر خلال فصل الشتاء، وفي الاعتدالين (الربيعي، الخريفي)[٣]؛ ويرجع السبب في ذلك إلى حركة الشمس الظاهرية على مصر، ومرور الأعاصير الشتوية على السواحل الشمالية منها؛ الأمر الذي ينعكس على تلبد السماء بالغيوم، وبالتالي فقد جزءٍ كبيرٍ من الإشعاع الشمسي بواسطة السحب إلاَّ أنَّ هذا التباين في عدد ساعات سطوع الشمس يتناقص بشكلٍ ملحوظٍ خلال فصل الصيف[٤]، ويوضح الجدول التالي متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في بعض محطات الرصد في مصر حسب شهور السنة خلال الفترة (١٩٨٠- ٢٠١٠).

(١) https://ar.wikipedia.org.

[٣] مسعد سلامة مسعد مندور: الإشعاع الشمسي في مصر، مرجع سبق ذكره، ص ١٦.

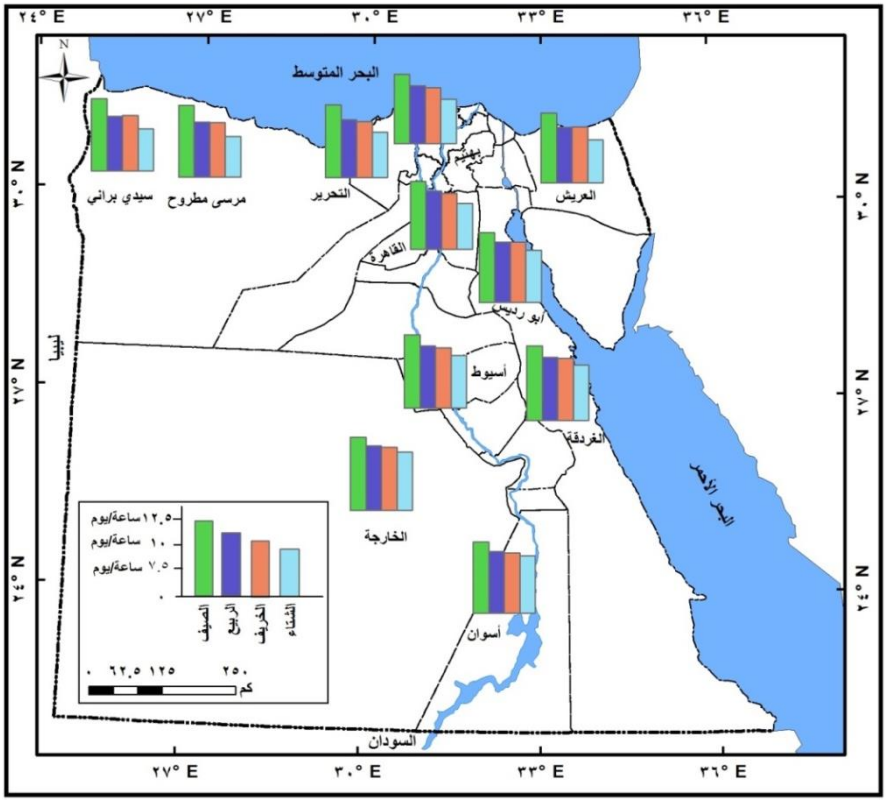
[٤] محمد محمود إبراهيم الديب: الطاقة في مصر، مرجع سبق ذكره، ص ٨٣٦.

جدول(١)متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في بعض محطات الرصد في مصر حسب شهور السنة خلال الفترة (١٩٨٠ – ٢٠١٠).

المحطة / الشهر	سيدي براني	مرسى مطروح	العريش	التحرير	بهتيم	القاهرة	أسيوط	أسوان	الخارجة	الغردقة	أبو رديس	المتوسط
ديسمبر	٦.٦	٦.٢	٦.٨	٧.٣	٧.١	٧.٣	٨.٤	٩.٤	٩.٨	٨.٩	٨.٢	٧.٨
يناير	٦.٨	٦.٥	٧	٧.٤	٧.١	٧.٥	٨.٥	٩.٧	٩.٥	٩.٢	٨.٧	٨
فبراير	٧.٧	٧.٦	٧.٩	٨.٢	٨.٣	٨.٢	٩.٥	٩.٨	١٠.١	٩.٧	٩.٢	٨.٧
الشتاء	٧	٦.٨	٧.٢	٧.٦	٧.٥	٧.٧	٨.٨	٩.٦	٩.٨	٩.٣	٨.٧	٨.٢
مارس	٧.٧	٨	٨.١	٨.٧	٨.٧	٨.٦	٩.٨	٩.٧	١٠.٤	٩.٧	٩.٦	٩
إبريل	٩	٩	٩	٩.٨	٩.٥	٩.٩	١٠.٢	١٠.٤	١٠.٥	١٠.٥	١٠.١	٩.٨
مايو	١٠.	١٠.	١٠.	١١.	١٠.	١٠.٨	١١.٣	١٠.٩	١١.٥	١١.٦	١٠.٥	١١
الربيع	٩.١	٩.٢	٩.٣	٩.٧	٩.٧	٩.٨	١٠.٤	١٠.٣	١٠.٨	١٠.٦	١٠.١	٩.٩
يونيو	١٢.	١١.	١١.	١٢.	١١.	١١.٦	١٢.٣	١٢.١	١٢.٣	١٢.٨	١١.٢	١٢
يوليو	١٢.	١٢.	١١.	١٢.	١١.	١١.٦	١٢.٤	١٢.١	١٢.٥	١٢.٥	١٢.٢	١٢.١
أغسطس	١٢	١١.	١١.	١١.	١١.	١١.١	١٢	١١.٦	١٢.١	١٢.١	١١.٨	١١.٧
الصيف	١٢.	١٢	١١.	١٢.	١١.	١١.٤	١٢.٢	١١.٩	١٢.٣	١٢.٥	١١.٧	١١.٩
سبتمبر	١٠.	١٠.	١١.	١٠.	١٠.	١٠.٢	١٠.٧	١٠.٤	١١.٢	١١.٢	١٠.٩	١٠.٧
أكتوبر	٩.٥	٩	٩.٣	٩.٥	٩.٦	٩.٥	١٠.١	٩.٩	١٠.٦	١٠.٢	١٠.٢	٩.٨
نوفمبر	٧.٨	٧.٩	٧.٦	٨.٣	٨.٢	٨.٥	٩.٦	٩.٩	١٠.١	٩.٧	٩.٢	٨.٨
الخريف	٩.٣	٩.١	٩.٤	٩.٤	٩.٤	٩.٤	١٠.١	١٠.١	١٠.٦	١٠.٤	١٠.١	٩.٨
المتوسط	٩.٤	٩.٣	٩.٤	٩.٧	٩.٦	٩.٦	١٠.٤	١٠.٥	١٠.٩	١٠.٧	١٠.٢	١٠

الجدول من إعداد الطالب اعتمادًا على:

- الهيئة العامة للأرصاد الجوية، ساعات سطوع الشمس، بيانات غير منشورة، القاهرة، خلال الفترة (١٩٨٠- ٢٠١٠).



شكل (١) متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في مصر حسب فصول السنة خلال الفترة (١٩٨٠ – ٢٠١٠).

ومن الجدول السابق والشكل (١) يتَّضح أنَّ المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في مصر بلغ ١٠ ساعات/ يوم خلال الفترة (١٩٨٠ – ٢٠١٠)، ويلاحظ أنَّ عدد ساعات سطوع الشمس في مصر يختلف من منطقةٍ إلى أخرى؛ ويُعْزَى ذلك بصفةٍ أساسيةٍ إلى مجموعةٍ من العوامل أهمها: اختلاف زاوية سقوط الإشعاع الشمسي على المكان، والتباين الواضح في درجة صفاء السماء وتلبدها بالغيوم من منطقةٍ إلى أخرى، وتباين اتجاه السفوح الجبلية، ودرجة انحدارها من مكان إلى آخر.

ويتبين أنَّ المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في مصر يتناقص بالاتجاه من الجنوب إلى الشمال؛ فقد بلغ المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في مصر أقصاه ١٠.٩ ساعات/ يوم في الخارجة، بينما بلغ المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في أسيوط ١٠.٤

ساعات/ يوم، كما بلغ متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في القاهرة ٩.٦ ساعات/ يوم، ويستمر المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في التناقص التدريجي كلما اتجهنا شمالًا حتى يصل المتوسط أدناه ٩.٣ ساعات/ يوم في مرسى مطروح؛ ويرجع السبب في ذلك إلى وقوعها على ساحل البحر المتوسط الذي يتعرض لمرور الأعاصير خلال فصل الشتاء، مما تَرتَّبَ عليه تكون السحب الكثيفة على السواحل الشمالية لمصر.

وقد تَرتَّبَ على ذلك زيادة الفارق بين متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في جنوب مصر عن شمالها، ويتَّضح ذلك من خلال الفارق بين أعلى متوسط سنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في الخارجة البالغ ١٠.٩ ساعات/ يوم، وبين أدني متوسط سنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في مرسى مطروح البالغ ٩.٣ ساعات/ يوم ، وبذلك يفوق المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في جنوب مصر عن شمالها بنحو ١.٦ ساعة/ يوم، ويشير ذلك إلى أنَّ المناطق الجنوبية من مصر هي الأكثر ملائمة لإنشاء محطات الكهرباء الشمسية بالمقارنة بالمناطق الشمالية منها.

ثالثًا- الإشعاع الشمسي المباشر وحجم الطاقة المتوقعة منه في مصر:

يختلف توزيع الإشعاع الشمسي في مصر زمنيًا ومكانيًا؛ وذلك نتيجة لتأثره بعدة عوامل أهمها: اختلاف نسبة الألبيدو الأرضي من مكان إلى آخر، ومن وقت إلى آخر[٤]، واختلاف زاوية سقوط أشعة الشمس من مكان إلى آخر على سطح مصر؛ بل تختلف زاوية سقوط أشعة الشمس في المكان الواحد من وقتٍ لآخر؛ ففي ساعات الصباح الأولى تكون أشعة الشمس مائلة؛ وكلما ارتفعت الشمس في السماء تأخذ الزاوية في الاعتدال إلى أن تبلغ أقصاها خلال وقت الظهيرة، ثم تأخذ زاوية سقوط الإشعاع الشمسي في الانخفاض مرة أخرى حتى تصل أدناها وقت غروب الشمس[٥]، ويوضح الجدول التالي الإشعاع الشمسي المباشر وحجم الطاقة المتوقعة منه في بعض محطات الرصد في مصر حسب شهور السنة خلال الفترة (١٩٨٠- ٢٠١٠).

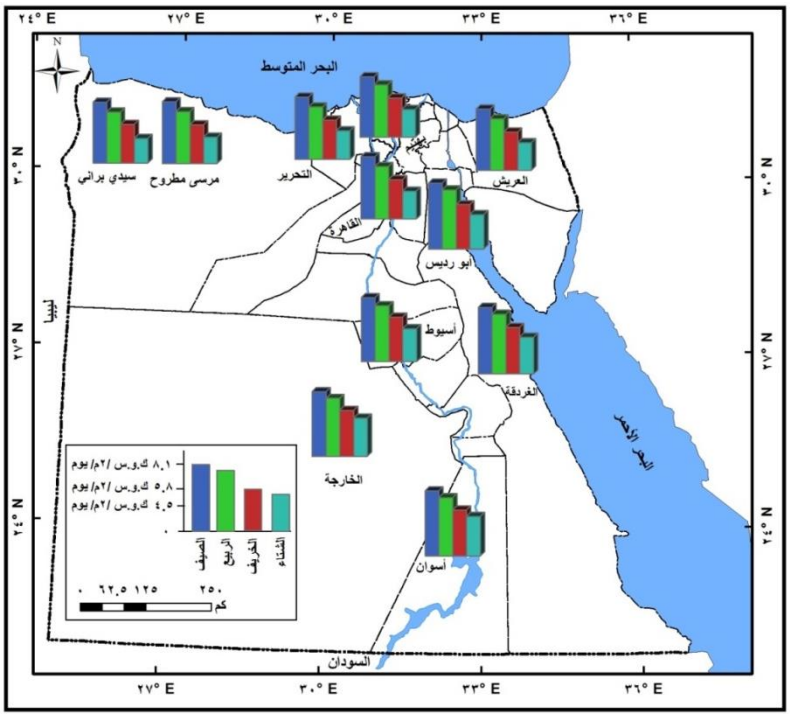
Muneer, T., Solar Radiation and Daylight Models, ٢ nd , Elsevier ٢٠٠٤, p ٢٥. [٤]

[٥] محمد محمود إبراهيم الديب: الطاقة في مصر، مرجع سبق ذكره ، ص ٨٢٨.

جدول (٢) الإشعاع الشمسي المباشر وحجم الطاقة المتوقعة منه في مصر خلال الفترة (١٩٨٠-٢٠١٠)

المحطة / الشهر	سيدي براني		مرسى مطروح		العريش		التحرير		بهتيم		القاهرة		أسيوط		أسوان		الخارجة		الفرافرة		أبو رديس		المتوسط	
	ميجا جول/م/يوم	كمية الإشعاع الشمسي	كمية الطاقة الشمسية ك.و.س/م/يوم	كمية الإشعاع الشمسي ميجا جول/م/يوم	كمية الطاقة الشمسية ك.و.س/م/يوم	كمية الإشعاع الشمسي ميجا جول/م/يوم	كمية الطاقة الشمسية ك.و.س/م/يوم	كمية الإشعاع الشمسي ميجا جول/م/يوم	كمية الطاقة الشمسية ك.و.س/م/يوم	كمية الإشعاع الشمسي ميجا جول/م/يوم	كمية الطاقة الشمسية ك.و.س/م/يوم	كمية الإشعاع الشمسي ميجا جول/م/يوم	كمية الطاقة الشمسية ك.و.س/م/يوم	كمية الإشعاع الشمسي ميجا جول/م/يوم	كمية الطاقة الشمسية ك.و.س/م/يوم	كمية الإشعاع الشمسي ميجا جول/م/يوم	كمية الطاقة الشمسية ك.و.س/م/يوم	كمية الإشعاع الشمسي ميجا جول/م/يوم	كمية الطاقة الشمسية ك.و.س/م/يوم	كمية الإشعاع الشمسي ميجا جول/م/يوم	كمية الطاقة الشمسية ك.و.س/م/يوم	كمية الإشعاع الشمسي ميجا جول/م/يوم	كمية الطاقة الشمسية ك.و.س/م/يوم
ديسمبر	٩.١	٢.٥	٩.٩	٢.٧	١٠.٤	٢.٩	١١	٣	١١.٢	٣.١	١٠.٨	٣	١٢.٧	٣.٥	١٥.٦	٤.٣	١٥	٤.٢	١٤١	٣.٩	١٣	٣.٦	١٢	٣.٣
يناير	١٠.	٢.٨	١٠.٣	٢.٩	١١.٤	٣.٢	١١.٧	٣.٢	١١.٥	٣.٢	١١.٦	٣.٢	١٣.٧	٣.٨	١٦.٤	٤.٥	١٦.٤	٤.٥	١٥.٥	٤.٣	١٤	٣.٩	١٢.٩	٣.٦
فبراير	١٣.	٣.٧	١٤	٣.٩	١٤.٣	٤	١٥	٤.٢	١٤.٤	٤	١٤.٨	٤.١	١٧.٤	٤.٨	٢٠.١	٥.٦	١٩.٨	٥.٥	١٩.٤	٥.٤	١٨	٥	١٦.٣	٤.٥
الشتاء	١٠.	٣	١١.٤	٣.٢	١٢	٣.٤	١٢.٦	٣.٥	١٢.٤	٣.٤	١٢.٤	٣.٤	١٤.٦	٤	١٧.٤	٤.٨	١٧.١	٤.٧	١٦.٣	٤.٥	١٥	٤.٢	١٣.٧	٣.٨
مارس	١٨.	٥	١٨.٢	٥.١	١٨.٧	٥.٢	١٩	٥.٣	١٩.٤	٥.٤	١٩	٥.٣	٢١.٥	٦	٢٣.٣	٦.٥	٢٣.٣	٦.٥	٢٣.٤	٦.٥	٢٢.٧	٦.٣	٢٠.٣	٥.٧
إبريل	٢٣.	٦.٥	٢٣.٧	٦.٦	٢٣.٣	٦.٥	٢٣.٥	٦.٥	٢٣	٦.٤	٢٢.٩	٦.٤	٢٥.١	٧	٢٦.٤	٧.٣	٢٦.٢	٧.٣	٢٦.٦	٧.٤	٢٦.٣	٧.٣	٢٤.٥	٦.٨
مايو	٢٥.	٧.١	٢٦	٧.٢	٢٦.١	٧.٢	٢٦.٣	٧.٣	٢٦.٣	٧.٣	٢٦.٥	٧.٤	٢٦.٧	٧.٤	٢٦.٩	٧.٥	٢٧.٥	٧.٦	٢٨.٤	٧.٩	٢٨.٨	٨	٢٦.٨	٧.٤
الربيع	٢٢.	٦.٢	٢٢.٦	٦.٣	٢٢.٧	٦.٣	٢٢.٩	٦.٤	٢٢.٩	٦.٤	٢٢.٨	٦.٤	٢٤.٤	٦.٨	٢٥.٥	٧.١	٢٥.٧	٧.١	٢٦.١	٧.٣	٢٥.٩	٧.٢	٢٣.٩	٦.٧
يونيو	٢٨	٧.٨	٢٨	٧.٨	٢٨.٥	٧.٩	٢٨.٤	٧.٩	٢٨.١	٧.٨	٢٨.٣	٧.٩	٢٩	٨	٢٩.١	٨.١	٢٩.٢	٨.١	٢٩.٩	٨.٣	٢٩.٥	٨.٢	٢٨.٧	٨
يوليو	٢٧.	٧.٥	٢٧.٣	٧.٦	٢٧.٧	٧.٧	٢٧.٨	٧.٧	٢٧.٤	٧.٦	٢٧.٦	٧.٧	٢٨.٣	٧.٩	٢٨.٩	٨	٢٨.٩	٨	٢٩.٥	٨.٢	٢٩.٢	٨.١	٢٨.١	٧.٨
أغسطس	٢٥.	٧	٢٥.٢	٧	٢٥.٥	٧	٢٥.٧	٧.١	٢٥.٢	٧	٢٥.٨	٧.٢	٢٦.٧	٧.٤	٢٦.٩	٧.٥	٢٧.٩	٧.٧	٢٨.١	٧.٨	٢٧.٧	٧.٧	٢٦.٣	٧.٣
الصيف	٢٦.	٧.٤	٢٦.٨	٧.٥	٢٧.٢	٧.٥	٢٧.٣	٧.٦	٢٦.٩	٧.٤	٢٧.٢	٧.٦	٢٨	٧.٨	٢٨.٣	٧.٩	٢٨.٧	٧.٩	٢٩.٢	٨.١	٢٨.٨	٨	٢٧.٧	٧.٧
سبتمبر	٢١.	٦	٢١.٨	٦	٢١.٨	٦	٢١.٩	٦.١	٢١.٦	٦	٢١.٨	٦	٢٣.٧	٦.٦	٢٣.٩	٦.٦	٢٤.٢	٦.٧	٢٥.٢	٧	٢٤.٥	٦.٨	٢٢.٩	٦.٣
أكتوبر	١٦.	٤.٦	١٦.٥	٤.٦	١٦.٦	٤.٦	١٧.٤	٤.٨	١٧.٣	٤.٨	١٧.٤	٤.٨	١٩.٣	٥.٤	٢٠.٧	٥.٧	٢٠.٢	٥.٦	٢٠.٢	٥.٦	١٨.٧	٥.٢	١٨.٢	٥.١
نوفمبر	١٢.	٣.٤	١٢.١	٣.٤	١٢.٢	٣.٤	١٢.٧	٣.٥	١٣	٣.٦	١٢.٦	٣.٥	١٥.١	٤.٢	١٦.٣	٤.٥	١٦.٤	٤.٥	١٦.٢	٤.٥	١٥.١	٤.٢	١٣.٩	٣.٩
الخريف	١٦.	٤.٧	١٦.٨	٤.٧	١٦.٩	٤.٧	١٧.٣	٤.٨	١٧.٣	٤.٨	١٧.٣	٤.٨	١٩.٤	٥.٤	٢٠.٣	٥.٦	٢٠.٣	٥.٦	٢٠.٥	٥.٧	١٩.٤	٥.٤	١٨.٣	٥.١
المتوسط	١٩.	٥.٣	١٩.٤	٥.٤	١٩.٧	٥.٥	٢٠	٥.٦	١٩.٩	٥.٥	١٩.٩	٥.٥	٢١.٦	٦	٢٢.٩	٦.٤	٢٢.٩	٦.٤	٢٣	٦.٤	٢٢.٣	٦.٢	٢٠.٩	٥.٨

– المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، الإشعاع الشمسي المباشر، بيانات غير منشورة، القاهرة، خلال الفترة (١٩٨٠– ٢٠١٠).



شكل (٢) الطاقة المتوقعة من الإشعاع الشمسي في مصر خلال الفترة (١٩٨٠– ٢٠١٠).

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

- بلغ متوسط كمية الإشعاع الشمسي المباشر في مصر ٢٠.٩ ميجا جول/ م٢/ يوم، كما بلغ إجمالي حجم الكهرباء المتوقع إنتاجها منه ٥.٨ كيلو وات/ م٢/ يوم، ويلاحظ تباين كمية الإشعاع الشمسي المباشر وحجم الطاقة الكهربائية المتوقع إنتاجها منه في مصر من منطقةٍ إلى أخرى إلاَّ أنَّ كمية الإشعاع الشمسي المباشر تزداد بالاتجاه من الشمال إلى الجنوب، حيث بلغ المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي المباشر أقصاه في الغردقة ٢٣ ميجا جول/ م٢/ يوم، وبلغ حجم الكهرباء المتوقع إنتاجها من الإشعاع الشمسي المباشر بالغردقة ٦.٤ كيلو وات / م٢/ يوم.
- تأتي أسوان والخارجة في الترتيب الثاني من حيث كمية الإشعاع الشمسي المباشر البالغ ٢٢.٩ ميجا جول/ م٢/ يوم لكلٍ منهما، وبلغ حجم الطاقة المتوقع إنتاجها من الإشعاع الشمسي المباشر في أسوان والخارجة ٦.٤ ك. و. س/ م٢/ يوم لكلٍ منهما، بينما بلغ حجم الإشعاع الشمسي المباشر أدناه في سيدي براني ١٩.١ ميجا جول/ م٢/ يوم، وبلغ حجم

الطاقة المتوقع إنتاجها من الإشعاع الشمسي في سيد براني ٥.٣ ك . و. س/ م٢/ يوم.

على الرغم من تباين معدلات الإشعاع الشمسي وحجم الطاقة المتوقعة منه في مصر إلاَّ أنَّها تفوق المعدلات التي تَمَّ تحديدها بالمناطق المثالية لاستغلال الطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء، والتي بلغت ١٨ ميجا جول/ م٢/ يوم، ويبلغ حجم الكهرباء المتوقع إنتاجها ٥ ك.و.س/ م٢/يوم[١]، وبذلك تُعَدُّ مصر من أكثر المناطق الملائمة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية.

ثانيًا- إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في مصر:

يعتمد إنتاج الطاقة الكهربائية بالمحطات الشمسية على الطرق المستخدمة ذاتها في إنتاج الكهرباء في المحطات الحرارية، ولكن الفارق بينهما يكمن في استبدال الوقود الحفري بالطاقة الحرارية الناتجة عن تركيز الإشعاع الشمسي في عمليات إنتاج البخار، ويمكن لهذه المحطات أن تعمل كمحطاتٍ مركزيةٍ يَتِمُّ توصيلها بالشبكة الكهربائية الموحدة، بالإضافة إلى إمكانية استخدامها كوحداتٍ منفصلةٍ لإنتاج الطاقة الكهربائية في الأماكن النائية[١]، ويقتصر إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في مصر على محطة الكريمات الشمسية، وبعض المحطات الفوتوفلطية الصغيرة التي يَتِمُّ من خلالها توفير الكهرباء بالمناطق النائية، ويمكن دراسة حجم الكهرباء المولَّدة من الطاقة الشمسية في مصر على النحو التالي:

١- إنتاج الكهرباء من محطة الكريمات الشمسية:

تعتمد محطة الكريمات الشمسية على ارتباط محطات الدورة المُركَّبة بالحقل الشمسي شكل (٢٦)؛ وذلك لإمكانية إنتاج الكهرباء خلال فترات غياب الشمس[٢]، وتنقسم محطة الكريمات الشمسية إلى قسمين رئيسين هما:

---

[١] شيماء سمير عبد القادر: تأثير مورد الطاقة الشمسية على تغيير الهياكل العمرانية بالتطبيق على محافظة مطروح، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية التخطيط العمراني، جامعة القاهرة، ٢٠١٥، ص ٩٨.

[١] الشركة القابضة لكهرباء مصر، هيئة الطاقة المتجددة، التقرير السنوي، القاهرة، ٢٠١٠، ص ٢١.

[٢] محمد مصطفي الخياط: محطات الطاقة الشمسية، مجلة الكهرباء العربية، العدد ٩٩، يناير ٢٠١٠، ص ٣.

أ- المكون الشمسي:

تبلغ القدرة الاسميّة للمكون الشمسي[*] ٢٠ ميجاوات تمثل ١٤.٣% من إجمالي القدرة الاسميّة لمحطة الكريمات الشمسية البالغة ١٤٠ ميجاوات، ويتألف المكون الشمسي من ٤٠ حلقة (Loop) كل حلقة تتكون من خطين من المجمعات الشمسية صورة رقم (٥)، وعندما تسقط أشعة الشمس على تلك المجمعات تنعكس على أنبوبةٍ من الصلب تحيط بها أنبوبةٌ زجاجيةٌ مفرغةٌ من الخارج؛ وذلك لعزلها عن أيّ مؤثراتٍ خارجيةٍ يترتب عليها فَقْدُ درجة حرارة الزيت بداخلها، حيث يَتِمُّ إدخال الزيت إلى المجمعات الشمسية عند درجة حرارة ٢٩٢° مئوية، وبعد مروره بدورةٍ كاملةٍ داخل المجمعات الشمسية ترتفع درجة حرارته إلى ٣٩٣° مئوية، ويَتِمُّ تجميع الزيت داخل مبادل حراري مركزي يَتِمُّ من خلاله ملامسة الزيت الساخن للماء؛ فترتفع درجة حرارة الماء إلى ١٠٠° مئوية، ثم يَتِمُّ رفع درجة حرارة الماء في الغلايات باستخدام الغاز الطبيعي؛ وبذلك يتحوَّل الماء إلى بخارٍ تصل درجة حرارته إلى ٥٠٠° مئوية، وبضغط ١٧٤ بارًا يستخدم لإدارة تربينةٍ بخاريةٍ لإنتاج الطاقة الكهربائية، وبعد أن تنخفض درجة حرارة الزيت يَتِمُّ ضخُّه مرة أخرى إلى المجمعات الشمسية بواسطة ثلاث طلمبات؛ اثنتين في الخدمة؛ والثالثة احتياطي تشغيل، وتعمل هذه الطلمبات على ضخِّ الزيت الساخن إلى المبادل الحراري مرة أخرى في دورةٍ مغلقةٍ

[*] تَمَّ إنشاء المكون الشمسي من خلال التعاقد مع شركة أوراسكوم، بالإضافة إلى مجموعةٍ من الشركات الأجنبية، وذلك في النصف الثاني من أكتوبر عام ٢٠٠٧؛ لإتمام إنشاء المكون الشمسي بتكلفةٍ إجماليةٍ بلغت ٦٦.٩٩ مليون دولارٍ تسدد من خلال قرضٍ من الحكومة المصرية، بالإضافة إلى ٤٩.٨ مليون دولارٍ منحةً من البنك الدولي؛ وبذلك بلغت قيمة الاستثمارات الأجنبية ١١٦.٧٩ مليون دولارٍ، بينما بلغت جملة الاستثمارات بالعملة المحلية ١٨٧.٣ مليون جنيهٍ مصري، وتَمَّ تخصيص هذا المبلغ لأعمال التصميم والتوريد والتنفيذ، بالإضافة إلى عقد التشغيل والصيانة لمدة عامين؛ وبذلك بلغ إجمالي حجم الاستثمارات المخصصة لإنشاء المكون الشمسي من العملات الأجنبية والمحلية ٨٨٨.٠٤ مليون جنيهٍ مصريٍ على اعتبار أنَّ سعر الصرف للدولار ستة جنيهات مصرية عام ٢٠٠٧، وتَمَّ دخول المحطة للتشغيل التجاري ١/٧/ ٢٠١١:
- وزارة الكهرباء والطاقة، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي، القاهرة، ٢٠١٠، ص ٢٦.

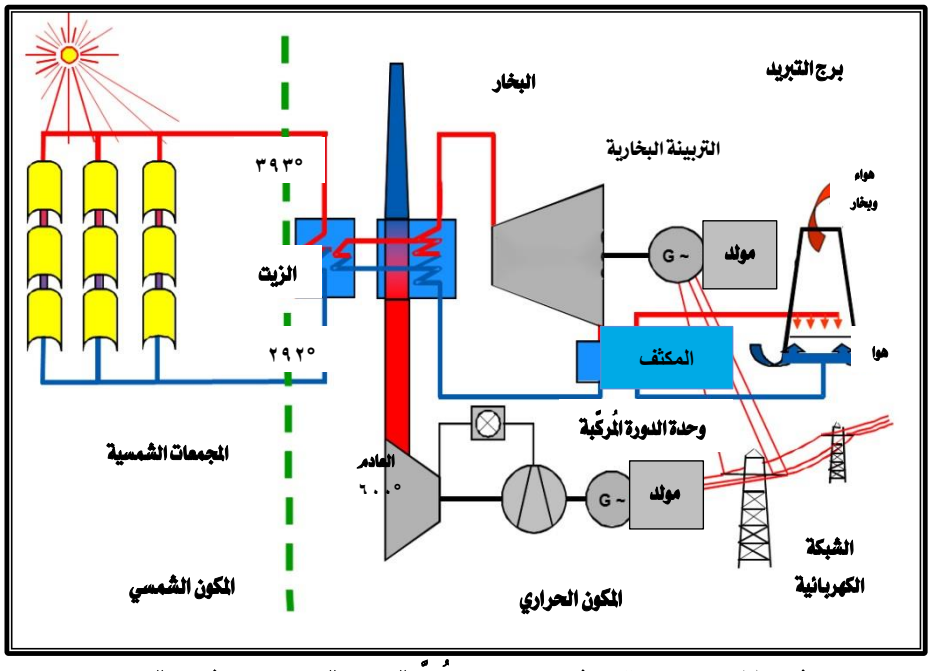
وتجدر الإشارة إلى أنَّه أثناء فترات الليل يَتِمُّ رفع درجة حرارة الزيت بواسطة سخان حراري، حيث يتجمد الزيت إذا انخفضت حرارته عن ٦٠° مئوية، ويَتِمُّ متابعة درجة حرارة الزيت بحرصٍ شديدٍ؛ ويُعزى ذلك إلى حجم الخسائر الفادحة التي تتعرض لها المحطة في حال تجمد الزيت؛ وذلك لارتفاع أسعاره من جهةٍ وتعرض المعدات والأنابيب التي يتجمد بها الزيت للتلف من جهةٍ أخرى؛ لذلك يَتِمُّ رفع درجة حرارته خلال ساعات الليل إلى ٩٠° مئوية عن طريق سخان حراري.

ب- المكون الحراري:

يتمثل المكون الحراري[٢] في محطة توليد الكهرباء الغازية شكل (٣)، والتي يَتِمُّ تشغيلها بشكلٍ جزئيٍّ مع المكون الشمسي أثناء ساعات النهار، ويَتِمُّ الاعتماد عليها بشكلٍ أساسيٍّ خلال ساعات الليل، ويتألف المكون الحراري من تربينتين إحداهما غازية تعتمد على الغاز الطبيعي في إنتاج الكهرباء، وتبلغ قدرتها الاسمية ٨٠ ميجاوات تمثل٥٧.١% من إجمالي قدرة المحطة البالغة ١٤٠ميجاوات، والأخرى بخارية تبلغ قدرتها ٤٠ ميجاوات بنسبة ٢٨.٦% من إجمالي قدرة المحطة الاسميّة(١)، وتعتمد التربينة البخارية على عادم الاحتراق الناتج عن المحطة الغازية والتي تصل درجة حرارته إلى ٦٠٠° مئوية، بالإضافة إلى الاستفادة من درجة حرارة الزيت الساخن القادم من المجمعات الشمسية؛ وذلك لإنتاج البخار اللازم لتوليد الكهرباء, ويوضح الجدول التالي حجم الكهرباء المولَّدة بمحطة الكريمات الشمسية مقارنةً بمحطات الكهرباء في مصر عام ٢٠١٢.

[٢] تَمَّ إنشاء المكون الحراري من خلال التعاقد مع شركة أبيرودولار الإسبانية؛ حيث تَمَّ البدء في عملية إنشاء المكون الحراري خلال شهر يناير ٢٠٠٨، وقد تَمَّ الانتهاء من الأعمال المدنية والتركيبات الميكانيكية كما تَمَّ الانتهاء من غرفة المآخذ وخط الغاز المتفرع من الخط الرئيس من خلال شركة جاسكو، وبلغت تكلفة المكون الحراري ١٧.٤ مليون ين ياباني، يراجع في ذلك:

- وزارة الكهرباء والطاقة، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي، القاهرة، ٢٠١٠، ص ٢٦.



شكل (٣) ارتباط الحقل الشمسي بالدورة المُركّبة بمحطة الكريمات الشمسية.

– المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير الإحصائي السنوي، القاهرة، ٢٠٠٦، ص ١٥.

المصدر: الدراسة الميدانية للطالب بمحطة الكريمات الشمسية يوم ١٨ إبريل ٢٠١٥.

صورة (٥) نموذج للمجمعات الشمسية بمحطة الكريمات الشمسية

جدول (٣) الكهرباء المولدة من محطة الكريمات مقارنة بمحطات الكهرباء في مصر٢٠١٢

المحطة	النوع	الكهرباء المولَّدة مليون ك.و.س	% من جملة الإنتاج
شبرا الخيمة	حراري	٥٤٧٣	٣.٥
غرب القاهرة- توسيع غرب القاهرة		٧٨٦٣	٥
جنوب القاهرة المُركَّبة ١،٢		٣٤٠٠	٢.٢
شمال القاهرة المُركَّبة		١٠٤٣٢	٦.٦
وادي حوف		١٢٧	٠.٠٨
التبين		٤٢٧٦	٢.٧
٦ أكتوبر		٦٢٨	٠.٤
إجمالي شركة القاهرة لإنتاج الكهرباء		٣٢١٩٩	٢٠.٥
عتاقة	حراري	٤٢٦٠	٢.٧
أبو سلطان		٣٦٧٤	٢.٣
الشباب – الشباب الجديدة		٦١١٩	٣.٨٦
دمياط الغازية الجديدة		٢٩٨٩	١.٩
بور سعيد		٦٢	٠.٠٣
العريش		٣٦٧	٠.٢
عيون موسي		٥١٨٨	٣.٣
دمياط المُركَّبة		٧٥٢٢	٤.٨
شرم الشيخ- الغردقة		٨٧	٠.٠٤
إجمالي شركة شرق الدلتا الكهرباء		٣٠٢٦٨	١٩.٢
طلخا الغازية والمُركَّبة	حراري	١٦٩٨	١.١
طلخا البخارية ٢١٠- طلخا المركبة		٥٦٦٠	٣.٦
النوبارية المُركَّبة ١، ٢، ٣		١١١٦٩	٧.١
المحمودية المُركَّبة		٢٠٥٢	١.٣
العطف المُركَّبة		٥٦٥٢	٣.٦
إجمالي شركة وسط الدلتا لإنتاج الكهرباء		٢٦٢٣٠	١٦.٧
كفر الدوار	حراري	٢١١٦	١.٤
توسيع دمنهور		٥٣٩	٠.٤
دمنهور- دمنهور المركبة		٢٠٩٩	١.٤
أبو قير البخارية		٥١٧٩	٣.٣
السيوف الغازية		٢١٤	٠.١٣
سيدي كرير- سيدي كرير المركبة		٩٤٦٥	٦
مطروح		٣٦٦	٠.٢
إجمالي شركة غرب الدلتا لإنتاج الكهرباء		١٩٩٨٤	١٢.٧
أسيوط الوليدية	حراري	٣١٦٦	٢
الكريمات البخارية		٧٦٠٢	٤.٨
الكريمات المُركَّبة ١		٥٠٧٢	٣.٢
الكريمات المُركَّبة ٢		٤٤٣٥	٢.٨
أسيوط البخارية		٤٠٦	٠.٣
إجمالي شركة الوجه القبلي لإنتاج الكهرباء		٢٠٦٨١	١٣.١
إجمالي المحطات الحرارية بالجمهورية		١٢٩٣٦٢	٨٢.٢
إجمالي المحطات المائية	طاقة متجددة	١٢٩٣٤	٨.٢
إجمالي رياح الزعفرانة		١٥٢٥	١
إجمالي محطة الكريمات الشمسية		٤٧٩	٠.٣
إجمالي المحطات المربوطة بالشبكة الكهربائية الموحدة		١٤٤٣٠٠	٩١.٧
إجمالي المحطات غير المربوطة والقطاع الخاص (BOOT)		١٣١٠٦	٨.٣
الإجمالي العام للجمهورية		١٥٧٤٠٦	%١٠٠

– وزارة الكهرباء والطاقة، الشركة القابضة لكهرباء مصر، التقرير السنوي، القاهرة، ٢٠١٢، ص ١٩.

من بيانات الجدول السابق بلغ عدد محطات توليد الكهرباء المربوطة بالشبكة الموحدة (٤٨) محطة عام ٢٠١٢، وبلغ إجمالي الكهرباء المولَّدة منها ١٤٤٣٠٠ مليون ك.و.س بنسبة ٩١.٧% من إجمالي الكهرباء المولَّدة في مصر البالغة ١٥٧٤٠٦ مليون ك.و.س خلال العام نفسه؛ بينما بلغ إجمالي الكهرباء المولَّدة من المحطات غير المربوطة بالشبكة الكهربائية ومحطات القطاع الخاص (Boot) ١٣١٠٦ مليون ك.و.س تمثل ٨.٣% من إجمالي الكهرباء المولَّدة في مصر عام ٢٠١٢؛ ويُعَدُّ إنتاج الطاقة الكهربائية من المحطات الحرارية النمط السائد في مصر؛ حيث بلغ عددها (٤١) محطة بنسبة ٨٥.٤% من إجمالي عدد المحطات المربوطة بالشبكة الكهربائية الموحدة والبالغة (٤٨) محطة عام ٢٠١٢، وبلغ حجم الكهرباء المولَّدة من المحطات الحرارية في مصر ١٢٩٣٦٢ مليون ك.و.س تمثل ٨٩.٦% من إجمالي الكهرباء المولَّدة من المحطات المربوطة بالشبكة الموحدة البالغ إنتاجها ١٤٤٣٠٠ مليون ك.و.س عام ٢٠١٢، وتأتي المحطات الكهرومائية في المكانة الثانية حيث بلغ عدد المحطات المائية خمس محطات بنسبة ١٠.٤% من إجمالي عدد المحطات المربوطة بالشبكة الموحدة، وقد بلغت الطاقة الكهربائية المولَّدة من المحطات المائية ١٢٩٣٤ مليون ك.و.س بنسبة ٩% من إجمالي الكهرباء المولَّدة من المحطات المربوطة بالشبكة الكهربائية الموحدة عام ٢٠١٢، تستحوذ محطة رياح الزعفرانة على الترتيب الثالث من حيث حجم الكهرباء المولَّدة منها؛ والتي بلغت ١٥٢٥ مليون ك.و.س تمثل ١.١% من إجمالي الكهرباء المولَّدة من المحطات المربوطة بالشبكة الكهربائية الموحدة خلال العام نفسه، تأتي محطة الكريمات الشمسية في المكانة الرابعة من حيث حجم الكهرباء المولَّدة البالغة ٤٧٩ مليون ك.و.س بنسبة ٠.٣% من إجمالي الكهرباء المولَّدة من المحطات المربوطة بالشبكة الموحدة عام ٢٠١٢.

٢- إنتاج الطاقة الكهربائية من الخلايا الفوتوفلطية في مصر:

يُعَدُّ إنتاج الطاقة الكهربائية من الخلايا الفوتوفلطية من الأهمية بمكان حيث تقوم هذه التقنية على توليد قوةٍ دافعةٍ كهربائيةٍ عن طريق امتصاص الإشعاع الشمسي الساقط عليها، وتُعَدُّ الخلايا الفوتوفلطية أفضل استخدامات الطاقة الشمسية في المناطق النائية؛ وذلك لأنَّها طاقةٌ نظيفةٌ ذات تكلفة تشغيل وصيانة محدودة، ويصل عمرها الافتراضي إلى ٢٥ سنة[١]، وعلى الرغم من أهمية الاعتماد عليها في إنتاج الكهرباء وبخاصةٍ في المناطق النائية؛ فإنَّ استخدامها مازال ضعيفًا، ويوضح الجدول التالي تطور الكهرباء المولَّدة من الخلايا الفوتوفلطية في مصر خلال الفترة (٢٠٠٤- ٢٠١٢).

جدول (٤) حجم الكهرباء المولَّدة من الخلايا الفوتوفلطية في مصر حسب غرض الإنتاج عامي (٢٠٠٤-٢٠١٢).

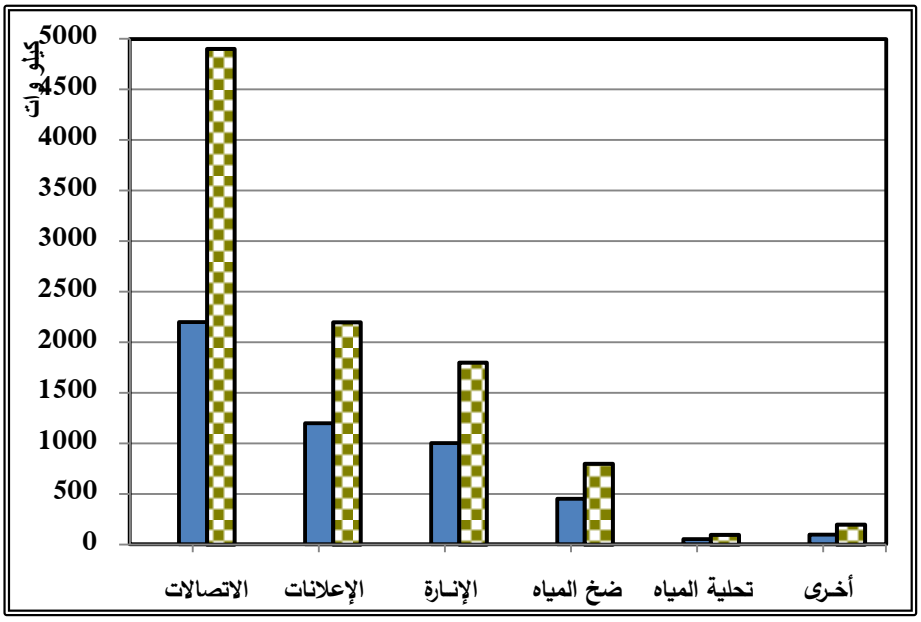
غرض الإنتاج	عام ٢٠٠٤		عام ٢٠١٢		نسبة التغير ٪
	الكهرباء المولّدة (ك.و)	٪ من جملة الإنتاج	الكهرباء المولّدة (ك.و)	٪ من جملة الإنتاج	
الاتصالات	٢٢٠٠	٤٤	٤٩٠٠	٤٩	١٢٢.٧
الإعلانات	١٢٠٠	٢٤	٢٢٠٠	٢٢	٨٣.٣
الإنارة	١٠٠٠	٢٠	١٨٠٠	١٨	٨٠
ضخ المياه	٤٥٠	٩	٨٠٠	٨	٧٧.٨
تحلية المياه	٥٠	١	١٠٠	١	١٠٠
أخرى	١٠٠	٢	٢٠٠	٢	١٠٠
الإجمالي	٥٠٠٠	١٠٠ %	١٠٠٠٠	%١٠٠	%١٠٠

- وزارة الكهرباء والطاقة، هيئة الطاقة المتجددة، التقارير السنوية للأعوام المذكورة، القاهرة، صفحات متعددة.

ومن الجدول السابق والشكل (٤) بلغ إجمالي حجم الكهرباء المولَّدة من الخلايا الفوتوفلطية في مصر ١٠٠٠٠ كيلو وات عام ٢٠١٢ بنسبة ٠.٠٠٢% من إجمالي حجم الكهرباء المولَّدة من محطة الكريمات الشمسية البالغة ٤٧٩ مليون ك.و.س عام ٢٠١٢.

[١] أحمد موسى محمود خليل: الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر، دراسة في جغرافية الطاقة، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، سلسلة بحوث جغرافية، العدد الثامن والثمانون، ٢٠١٥، ص ٢٣.

يلاحظ تطور حجم الكهرباء المولَّدة من الخلايا الفوتوفلطية في مصر من ٥٠٠٠ كيلو وات عام ٢٠٠٤ إلى ١٠٠٠٠ كيلو وات عام ٢٠١٢ بنسبة تطور بلغت ١٠٠ خلال فترة الدراسة، ويختلف حجم الكهرباء المولَّدة من الخلايا الفوتوفلطية في مصر حسب غرض الإنتاج حيث تأتي الكهرباء المولَّدة من الخلايا الفوتوفلطية لتغذية أبراج الاتصالات في الأماكن النائية صورة (٢) في المرتبة الأولى؛ حيث بلغت ٤٩٠٠ كيلو وات بنسبة ٤٩% من إجمالي الكهرباء المولَّدة من الخلايا الفوتوفلطية في مصر، والبالغة ١٠٠٠٠ كيلو وات عام ٢٠١٢، تستحوذ الخلايا الفوتوفلطية المُركَّبة لتغذية لوحات الإعلانات في مصر على المكانة الثانية من حيث حجم الكهرباء المولَّدة، والتي بلغت ٢٢٠٠ كيلو وات تمثل ٢٢% من إجمالي الكهرباء المولدة من الخلايا الفوتوفلطية في مصر عام ٢٠١٢، وتأتي الخلايا الفوتوفلطية المُركَّبة لأغراض الإنارة صورة (٣) في المكانة الثالثة حيث بلغت الكهرباء المولَّدة منها ١٨٠٠ كيلو وات تعادل ١٨% من جملة الكهرباء المولدة من الخلايا الفوتوفلطية في مصر خلال العام نفسه.



شكل (٤) تطور حجم الكهرباء المولّدة من الخلايا الفوتوفلطية في مصر حسب غرض الإنتاج خلال الفترة (٢٠٠٤-٢٠١٢).

بلغ حجم الكهرباء المولَّدة من الأغراض الثلاثة سالفة الذكر (الاتصالات، والإعلانات، والإنارة) ٨٩٠٠ كيلو وات بنسبة ٨٩% من إجمالي حجم الكهرباء المولَّدة من الخلايا الفوتوفلطية في مصر عام ٢٠١٢، في حين بلغ إجمالي الكهرباء المولَّدة من الخلايا الفوتوفلطية بباقي الأغراض ١١٠٠ كيلو وات تمثل ١١% من إجمالي الكهرباء المولَّدة من الخلايا الفوتوفلطية في مصر خلال العام نفسه، وبنسب بلغت أقصاها ٨% لأغراض ضخ المياه ، وأدناها ١% لأغراض تحلية المياه.

تاريخ التقاط الصورة ١٣/١٠/ ٢٠١٥.

صورة (٢) استخدام الخلايا الفوتوفلطية لتشغيل برج اتصالات على طريق أسيوط الخارجة.

تاريخ التقاط الصورة ١/١١/ ٢٠١٤.

صورة (٣) استخدام الخلايا الفوتوفلطية في إنارة نقطة إسعاف الكيلو ١١٢ على طريق أسيوط الخارجة.

٣-حجم الكهرباء المولَّدة من الطاقة الشمسية في مصر حسب شهور السنة عام ٢٠١٢.

لا تقتصر زيادة حجم الكهرباء المولَّدة على إنشاء محطاتٍ جديدةٍ فحسب، ولكن يرجع أيضًا إلى زيادة طاقة تشغيل المحطة للوصول بالإنتاج إلى قدرتها الاسميّة؛ وذلك لسد العجز في الشبكة الكهربائية الموحدة الناتج عن الخروج الاضطراري لبعض الوحدات، أو لإجراء عمليات الصيانة المبرمجة؛

مما ينعكس بدوره على الأحمال المطلوبة وبرامج التشغيل[١]، ويتفاوت إنتاج الكهرباء من محطة الكريمات الشمسية خلال شهور العام؛ وذلك وفقًا لتباين أحمال التشغيل التي ترتبط بحجم الطلب على الكهرباء، ويوضح الجدول التالي عدد ساعات سطوع الشمس وحجم الكهرباء المولَّدة من الطاقة الشمسية في مصر حسب شهور السنة عام ٢٠١٢.

جدول (٥)عدد ساعات سطوع الشمس وحجم الكهرباء المولّدة من الطاقة الشمسية في مصر حسب شهور السنة عام ٢٠١٢.

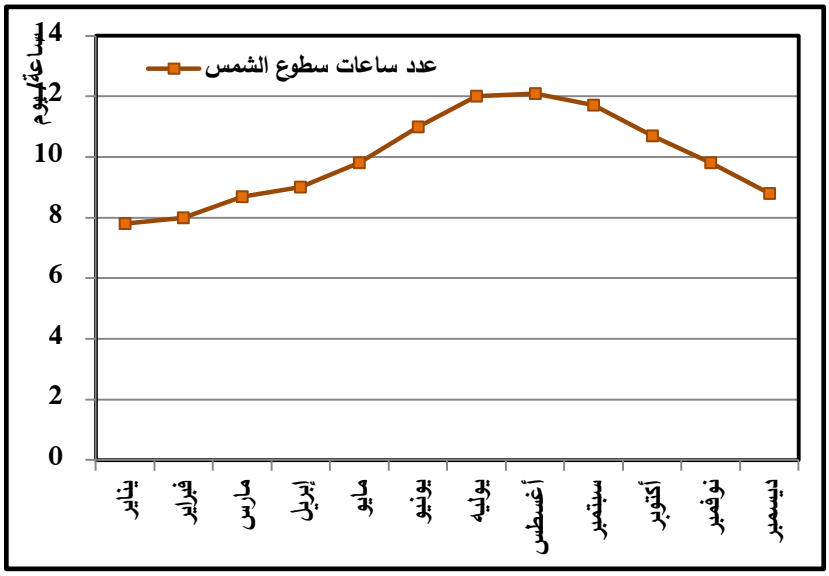
الشـهر	ساعات سطوع الشمس ساعة/يوم	الكهرباء المولّدة مليون ك. و. س	٪ من إجمالي الكهرباء المولّدة
يناير	٨	٥٠.٩	١٠.٦
فبراير	٨.٧	٦٠.٦	١٢.٧
مارس	٩	٢٣.٨	٤.٩
إبريل	٩.٨	٦٤.٧	١٣.٥
مايو	١١	٤٦.٩	٩.٨
يونيو	١٢	٦٠.٦	١٢.٧
يوليه	١٢.١	١٨.٦	٣.٩
أغسطس	١١.٧	٥٧.١	١١.٩
سبتمبر	١٠.٧	٣٧.٤	٧.٨
أكتوبر	٩.٨	٢.٤	٠.٥
نوفمبر	٨.٨	٣٨.٦	٨.١
ديسمبر	٧.٨	١٧.٤	٣.٦
الإجمالي	–	٤٧٩	%١٠٠
المتوسط	١٠	٣٩.٩	–

الجدول من إعداد الطالب اعتمادًا على:

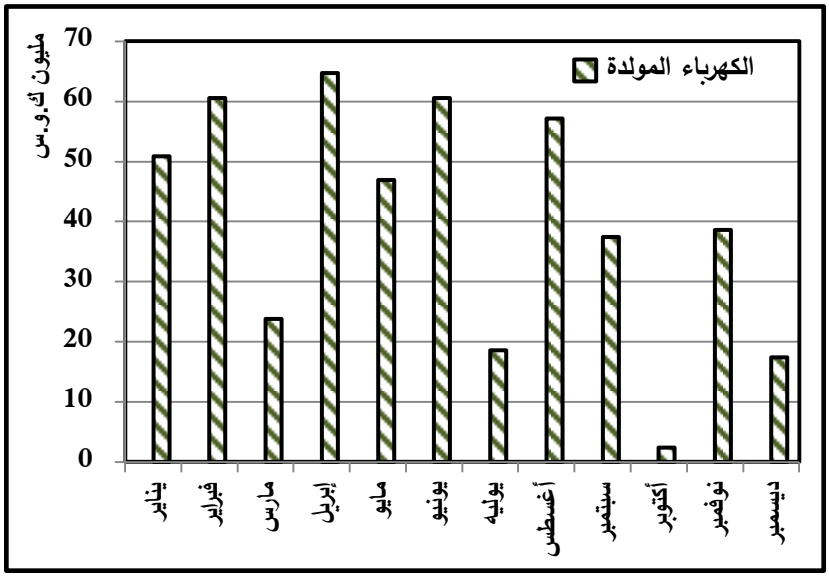
– بيانات الجدول رقم (١).

– هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، محطة الكريمات الشمسية، الشئون الفنية، بيانات غير منشورة، ٢٠١٢.

(١) كريمة محمد عبد الحليم: إنتاج واستهلاك الكهرباء في مصر، دراسة في جغرافية الطاقة، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية البنات، جامعة عين شمس، ٢٠٠٠، ص ١٩.



شكل (٢٩أ) متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في مصر حسب شهور السنة .



شكل (٢٩ب) حجم الكهرباء المولدة من الطاقة الشمسية فى مصر حسب شهور السنة عام ٢٠١٢.

شكل (٥) عدد ساعات سطوع الشمس وحجم الكهرباء المولدة من الطاقة الشمسية في مصر حسب شهور السنة عام ٢٠١٢.

من دراسة بيانات الجدول السابق والشكل (٥) يتَّضح أنَّ المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في مصر بلغ ١٠ ساعات/ يوم، ويتفاوت متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في مصر من شهر إلى آخر، حيث بلغ متوسط عدد ساعات سطوع الشمس أقصاه ١٢.١ ساعة خلال شهر يوليو، وأدناه ٧.٨ ساعة خلال شهر ديسمبر.

بلغ حجم الطاقة الكهربائية المولَّدة من الطاقة الشمسية في مصر ٤٧٩ مليون ك.و.س عام ٢٠١٢ بنسبة ٣.٢% من إجمالي حجم الكهرباء المولَّدة من المصادر المتجددة في مصر البالغة ١٤٩٣٨ مليون ك.و.س خلال العام نفسه، وتمثل ٠.٣% من إجمالي حجم الطاقة الكهربائية المولَّدة في مصر البالغة ١٥٧٤٠٦ مليون ك.و.س عام ٢٠١٢.

مليون ك.و.س خلال شهر إبريل؛ ويعزى ذلك بصفةٍ أساسيةٍ إلى زيادة معامل التشغيل بمحطة الكريمات الشمسية خلال هذا الشهر البالغ ٨٠.٢%، بينما بلغ حجم الكهرباء المولَّدة من الطاقة الشمسية أدناه ٢.٤ مليون ك.و.س خلال شهر أكتوبر؛ ويرجع السبب في انخفاض حجم الكهرباء المولَّدة من الطاقة الشمسية في مصر خلال هذا الشهر إلى انخفاض معامل التشغيل بمحطة الكريمات الشمسية البالغ ٥.٩%[١].

خامسًا- تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية لتحديد أنسب المناطق لإنشاء المحطات الشمسية في مصر:

يُعَدُّ تحديد المناطق الملائمة لإنشاء محطات الكهرباء الشمسية في مصر من أهم العوامل التي تسهم في زيادة حجم الكهرباء المولدة من محطات الكهرباء الشمسية، ويَتِمُّ اختيار تلك المناطق من خلال تحديد، وتحليل العوامل المؤثرة في إنشاء محطات الكهرباء الشمسية، وتقسم هذه العوامل إلى:

[١] هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، محطة كهرباء الكريمات الشمسية، الشئون الفنية، تقارير التشغيل الشهرية، بيانات غير منشورة، ٢٠١٢.

- **عوامل رئيسة:** وهي تلك المعايير الضرورية، والتي بدونها لا يمكن إنشاء محطات الكهرباء الشمسية وأهمها: زيادة المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس، وزيادة معدلات الإشعاع الشمسي المباشر، وتوفر مساحاتٍ كبيرةٍ من الأراضي الصحراوية؛ ويرجع السبب في ذلك إلى إمكانية تركيب معدات المحطات الشمسية.

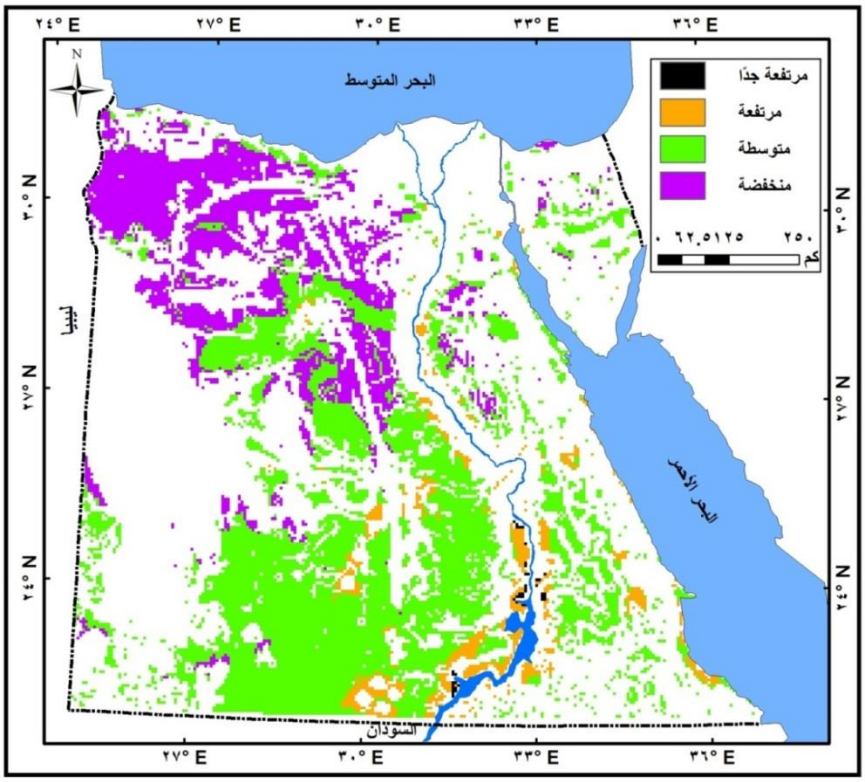
- **عوامل اقتصادية:** تتعلق بالتكلفة الإجمالية للمشروع، وترتبط تلك المعايير بقدرة الدولة على توفير الدعم المالي اللازم لإنشاء محطات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى إمكانية ربط المحطة بالشبكة الكهربائية الموحدة، يضاف إلى ذلك مدى قرب المحطة من شبكة الطرق القائمة، وكذا قربها من مصدر مياه متجدد[١].

يمثل نموذج نظم المعلومات الجغرافية (GIS Model) مجموعةً من القواعد والإجراءات لتمثيل ظاهرة معينة، أو التنبؤ بنتيجة هذه الظاهرة، ويتكون هذا النموذج من عملية واحدة، أو سلسلة من العمليات المتصلة معًا[١]، وقد تَمَّ إعداد (GIS Model) لتحديد أنسب المواقع الملائمة لإنشاء محطات الكهرباء الشمسية في مصر، والتي تتدرج طبقًا لدرجة ملائمتها من مناطق مرتفعة جدًا إلى مناطق ذات درجة ملائمة منخفضة شكل (٦٤).

---

[١] شيماء سمير عبد القادر، مرجع سبق ذكره، ص ٩٤.

[١] أيمن محمد محمد السيد: التغيرات العمرانية في سهل كوم أمبو، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس، ٢٠١٢، ص ١٨٩.



شكل (٦) أنسب المناطق الملائمة لإنشاء محطات الكهرباء الشمسية في مصر.

يتضح من الشكل (٦) الحقائق الآتية:

١–تختلف المناطق الملائمة لإنشاء محطات توليد الكهرباء الشمسية في مصر من حيث درجة أهميتها؛ حيث تتدرج من مناطق ذات درجة ملائمة مرتفعة جدًا إلى مناطق ذات درجة ملائمة منخفضة.

٢– توجد المناطق ذات درجة الملائمة المرتفعة جدًا لإنشاء المحطات الشمسية في محافظة أسوان في مناطق متفرقة شرق وغرب نهر النيل وبحيرة ناصر؛ ويرجع السبب في ارتفاع درجة ملائمة هذه المناطق لإنشاء المحطات الشمسية إلى توفر كافة المعايير اللازمة لإنشاء المحطات الشمسية، والتي تتمثل في قربها من الشبكة الكهربائية الموحدة، وقربها من شبكة الطرق، والبعد عن الكثبان الرملية، وزيادة عدد ساعات

سطوع الشمس، وزيادة معدلات الإشعاع الشمسي، وتوفر مساحات شاسعة من الأراضي الصحراوية المستوية، والقرب من نهر النيل؛ ولذلك تضمنت خطة وزارة الكهرباء والطاقة (٢٠١٢– ٢٠١٧) إنشاء (١٣) محطة شمسية بمحافظة أسوان بإجمالي قدراتٍ اسميةٍ بلغت ٣٤٠ م.و.

٣– تمتد المناطق ذات درجة الملائمة المرتفعة لإنشاء المحطات الشمسية في نطاقات متفرقة باتجاه عام من الجنوب إلى الشمال شرق وغرب نهر النيل؛ ويعزى ذلك بصفةٍ أساسيةٍ إلى توفر المعايير اللازمة لإنشاء المحطات الشمسية بتلك المناطق باستثناء زيادة درجة انحدار سطح الأرض بهذه المناطق بمعدل يتراوح ما بين (٣– ٥) درجات؛ ويترتب على ذلك ضرورة تسوية هذه الأراضي لتصبح ملائمة لإنشاء المحطات الشمسية، كما تقع المناطق ذات درجة الملائمة المرتفعة في أماكن متفرقة في الصحراء الغربية، والصحراء الشرقية، وشبه جزيرة سيناء، وتتميز هذه المناطق بتوفر المعايير اللازمة لإنشاء المحطات الشمسية باستثناء بعدها عن نهر النيل؛ الأمر الذي يترتب عليه عدم توفر كميات المياه اللازمة لمختلف الأغراض بمحطات توليد الكهرباء الشمسية.

٤– تقع أغلب المناطق متوسطة الملائمة لإنشاء المحطات الشمسية في جنوب ووسط الصحراء الغربية، حيث تمتد في نطاقات شبه متصلة بين دائرتي عرض ٢٢° - ٢٩° شمالاً، وبين خطي طول ٢٥°– ٣١° شرقًا، بالإضافة إلى نطاقات متفرقة شمال الصحراء الغربية، والصحراء الشرقية، وشبه جزيرة سيناء؛ ويرجع السبب في الملائمة المتوسطة لتلك المناطق إلى عدم توفر بعض المعايير اللازمة لإنشاء المحطات الشمسية وهي: البعد عن نهر النيل؛ ويترتب على ذلك صعوبة توفير كميات المياه اللازمة لمختلف الأغراض بالمحطات الشمسية، والقرب من الكثبان الرملية؛ ويترتب على ذلك تعرض المحطات الشمسية في هذه المناطق إلى زحف الكثبان الرملية، وتراكم الأتربة والرمال على المجمعات الشمسية؛ الأمر الذي يتطلب تكثيف عمليات غسيل المجمعات الشمسية؛ وذلك لرفع كفاءتها في تحويل الإشعاع الشمسي

الساقط عليها ، بالإضافة إلى زيادة درجة انحدار سطح الأرض بتلك المناطق بمعدل يتراوح ما بين (٣– ١٠) درجات؛ ويتطلب ذلك ضرورة تسوية هذه الأراضي؛ وذلك لسهولة تركيب المجمعات الشمسية.

٥- تتركز المناطق منخفضة الملائمة لإنشاء المحطات الشمسية في الصحراء الغربية وبخاصةٍ الأجزاء الشمالية منها والمطلة علي البحر المتوسط، بالإضافة إلى نطاقات متفرقة وسط الصحراء الشرقية، وشبه جزيرة سيناء؛ ويعزى انخفاض درجة ملائمة هذه المناطق لإنشاء المحطات الشمسية إلى عدم توفر أغلب المعايير اللازمة لإنشاء المحطات الشمسية وهي: انخفاض المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في هذه المناطق؛ ويرجع ذلك إلى وقوعها شمال مصر، حيث يزيد عدد ساعات سطوع الشمس في جنوب مصر عن شمالها، ويتضح ذلك من خلال الفارق بين أعلى متوسط سنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في الخارجة البالغ ١٠.٩ ساعة/ يوم، وبين أدنى متوسط سنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في مرسى مطروح البالغ ٩.٣ ساعة/ يوم؛ وقد انعكس ذلك على ارتفاع المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي المباشر جنوب مصر مقارنةً بالأجزاء الشمالية منها، بالإضافة إلى ذلك تبعد هذه المناطق عن نهر النيل، وتقترب من الكثبان الرملية؛ وكذا بعدها عن الشبكة الكهربائية الموحدة؛ ويترتب على ذلك زيادة تكلفة إنشاء المحطات الشمسية بتلك المناطق؛ وذلك لزيادة النفقات اللازمة لربط المحطة بالشبكة الكهربائية الموحدة، ويوضح الجدول التالي إجمالي مساحة المناطق الملائمة لإنشاء محطات الكهرباء الشمسية في مصر حسب درجة أهميتها.

جدول (٦) إجمالي مساحة المناطق الملائمة لإنشاء المحطات الشمسية في مصر حسب درجة أهميتها.

التصنيف	إجمالي المساحة (ألف كم٢)	٪من أجمالي المساحة
مناطق ذات درجة ملائمة مرتفعة	١.٢	٠.٣
مناطق ذات درجة ملائمة مرتفعة	٢٤.٤	٦.٨
مناطق ذات درجة ملائمة متوسطة	٢٣٠.٥	٦٣.٩
مناطق ذات درجة ملائمة	١٠٤.٤	٢٩
الإجمالي	٣٦٠.٥	%١٠٠

المصدر: من حساب الطالب اعتمادًا على Arc Map ١٠.٢.

من دراسة بيانات الجدول السابق يتضح الآتي:

١- بلغ إجمالي المساحة الكلية للمناطق الملائمة لإنشاء محطات توليد الكهرباء الشمسية في مصر ٣٦٠.٥ ألف كم٢ تمثل ٣٦% من إجمالي مساحة مصر الكلية البالغة مليون كم٢، ويتضح تباين مساحة المناطق الملائمة لإنشاء تلك المحطات من حيث درجة ملائمتها، حيث بلغت مساحة المناطق ذات الملائمة المرتفعة جدًا ١.٢ ألف كم٢ تمثل ٠.٣% من إجمالي المساحة الكلية للمناطق الملائمة لإنشاء المحطات الشمسية في مصر؛ ويرجع السبب في انخفاض مساحة تلك المناطق إلى أنَّها تتميز بتوفر جميع المعايير اللازمة لإنشاء المحطات الشمسية.

٢- تبلغ مساحة المناطق مرتفعة الملائمة لإنشاء محطات توليد الكهرباء الشمسية في مصر ٢٤.٤ ألف كم٢ بنسبة ٦.٨% من إجمالي المساحة الكلية للمناطق الملائمة لإنشاء المحطات الشمسية في مصر.

٣- بلغت المساحة الإجمالية للمناطق ذات درجة الملائمة المتوسطة لإنشاء محطات توليد الكهرباء الشمسية في مصر ٢٣٠.٥ ألف كم٢ بنسبة ٦٣.٩% من إجمالي مساحة المناطق الملائمة لإنشاء المحطات الشمسية في مصر.

٤- بينما بلغت مساحة المناطق ذات درجة الملائمة المنخفضة لإنشاء محطات توليد الكهرباء الشمسية في مصر ١٠٤.٤ ألف كم٢ بنسبة ٢٩% من إجمالي مساحة المناطق الملائمة لإنشاء محطات توليد الكهرباء الشمسية في مصر.