تأثير الخصائص المناخية على كفاءة الالواح الشمسية ومعوقات استثمارها / (محافظة كربلاء المقدسة انموذجا)

م. د. سيناء عبد طه العذاري
كلية الآداب / جامعة الكوفة
seenaaa.aledhari@uokufa.edu.iq

المستخلص:

تعد الخصائص المناخية من أهم العوامل التي يجب مراعاتها عند تصميم الالواح الشمسية والتقصير في مراعاة هذه العوامل قد يؤدي إلى سوء تشغيل هذه المنظومة وضعف الاستفادة من الطاقة المتاحة من الالواح الشمسية . و تتأثر الالواح الشمسية بعدة عوامل تقلل من ادائها اذ ينخفض ادائها بتأثير كل من شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الوسط الخارجي لاسيما ارتفاع درجة حرارتها خاصة في الاجواء المشمسة الحارة كما هو الحال في البلاد فضلا عن زيادة سرعة الرياح والتي تسبب تفاقم مركبة الفقد الحراري بالحمل، كما تعد العواصف الترابية من اهم المشاكل التي تؤثر على اداء الالواح الشمسية في حالة وجود الغبار على سطح الالواح . اذ أن الغبار يقلل نفاذية الغطاء زجاجي بمعدل (8 %) للوح مائل بزاوية 45 درجة على القدرة المولدة من الألواح الشمسية. فضلا عن الكثير من المعوقات التي تواجه استخدام الطاقة الشمسية في منطقة الدراسة ،بسبب غياب الجانب المعرفي وقة التوعية بأهمية وفائدة الطاقة المتجددة.

كلمات مفتاحيه:(الالواح الشمسية،المناخ ،المعوقات ،الطاقة المتجددة ،العواصف الغبارية)

The effect of climatic characteristics on the efficiency of solar panels and the obstacles to their investment

(The holy Governorate of Karbala as a model)

Seenaa Abed Taha
University of Kufa - College of Arts

Abstract:
Climatic characteristics are one of the most important factors that must be taken into account when designing solar panels and failure to take into account these factors may lead to poor operation of this system and poor use of the energy available from the solar panels. Solar panels are affected by several factors that reduce their performance, as their performance decreases due to the effect of both solar radiation intensity and the temperature of the outer medium, especially the high temperature, especially in hot sunny weather as is the case in the country, as well as an increase in the speed of wind which causes exacerbation of the heat loss vehicle during pregnancy, Dust storms are also one of the most important problems that affect the performance of solar panels in the event of dust on the surface of the panels. As the dust reduces the permeability of the glass cover by (8%) for the inclined plate at an angle of 45 degrees to the power generated by the solar panels. As well as many obstacles facing the use of solar energy in the study area, due to the absence of the knowledge side and awareness of the importance and benefit of renewable energy.

Key words:
(solar panels, climate, obstacles, renewable energy, dust storms)

المقدمة :

تعد الشمس المصدر الرئيسي لكثير من الطاقة الموجودة في الطبيعة ،حتى ان البعض يطلق عليها (ام الطاقة) كونها طاقة متجددة و نظيفة وقد استخدام الطاقة الحرارية للشمس منذ ألاف السنين في المناطق الحارة ،اذ استخدمت في تسخين المياه وفي تجفيف بعض المحاصيل لحفظها من التلف ،بينما نجد ان الطاقة الشمسية هي المرشح الافضل في الوقت الحاضر بسبب زيادة استهلاك الطاقة وارتفاع اسعار الوقود لتحل محل البترول بعد نضوبه في انتاج الكهرباء.

تمثل الطاقة الحرارية الشمسية تكنولوجيا جديدة فمواردها كثيرة وأثارها على البيئة محدودة ، اذ تعد الطاقة المتجدد لا سيما الطاقة الشمسية مصدراً واعداً للطاقة في المستقبل ، وذلك لما توفره من انخفاض في انبعاث غازات الاحتباس الحراري التي اصبحت مصدر رعب يهدد البشرية ،ونظرا لمحدودية الوقود

الاحفوري الذي يعد مصدرا اساسا لتوليد الطاقة ، مع ذلك تواجه الطاقة المتجددة ومنها الطاقة الشمسية العديد من العوائق التي تحد من استخدامه وانتشارها في منطقة الدراسة.

أولا- مشكلة البحث:

١- هل للخصائص المناخية تأثيرعلى كفاءة الالواح الشمسية في محافظة كربلاء المقدسة ؟

٢- ما هي الخصائص المناخ الاشد تأثيرا على كفاءة الالواح الشمسية في محافظة كربلاء المقدسة ؟

٣- ما هي المعوقات التي تواجه استثمار الطاقة الشمسية في محافظة كربلاء المقدسة ؟

ثانيا - فرضية البحث:

١- يوجد هنالك تأثر للخصائص المناخ على كفاءة الالواح الشمسية في محافظة كربلاء المقدسة .

٢- اهم الخصائص المناخية المؤثرة على كفاءة الالواح الشمسية تمثل ب (الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرياح والغبار) .

٣- هنالك مجموعة من المعوقات التي تحد من استخدام و انتشار الطاقة الشمسية في محافظة كربلاء المقدسة والمتمثلة في معوقات (مالية واقتصادية ومعوقات مؤسساتية

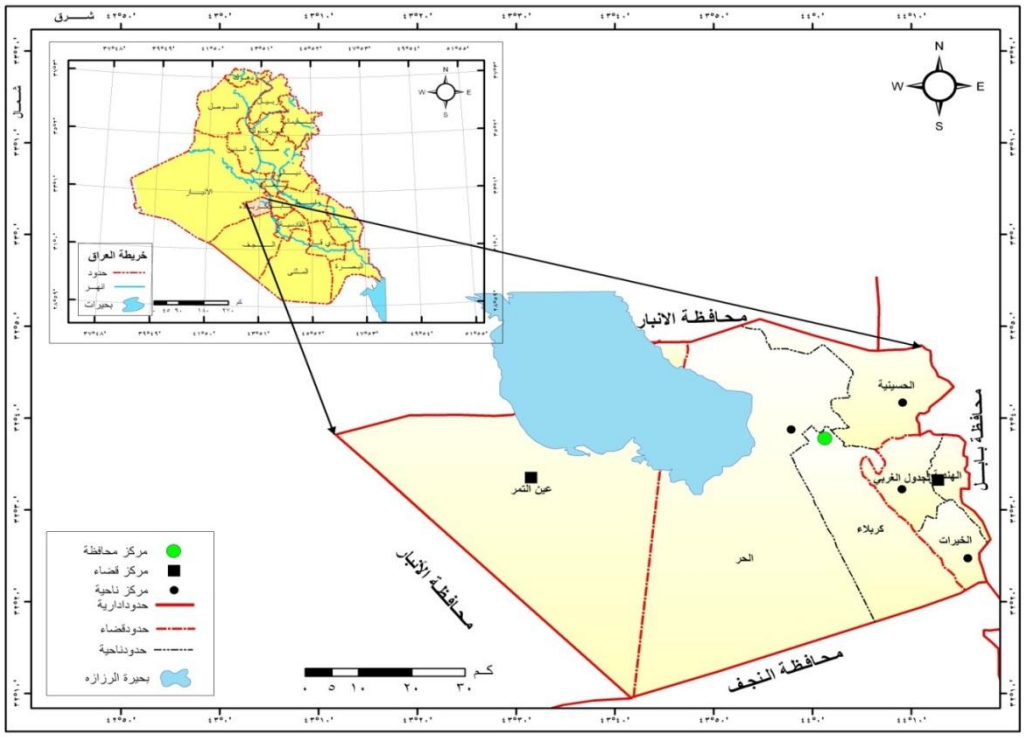
ثالثا- اهمية البحث :

تعد منطقة الدراسة من المناطق التي تستلم كميات وفيرة من الاشعاع الشمسي لاسيما في فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة ،اذ يتم في هذا البحث التعرف على اهم الاسباب التي تواجه استثمار الطاقة الشمسية .

رابعا - حدود منطقة الدراسة:

تتمثل منطقة الدراسة بمحافظة كربلاء المقدسة التي تمتد في القسم الاوسط الغربي من جمهورية العراق ،تقع فلكيا ضمن دائرة عرض واحدة بين (٨ ̄ ٣٢ ْ – ٥٠ ̄ ٣٢ ْ) شمالا، وخط طول (١٠ ̄ ٤٣ ْ – ١٩ ̄ ٤٤ ْ) شرقا خريطة (١)، اما الحدود الادارية لمحافظة كربلاء المقدسة التي تقع في الجزء الشمالي الغربي من إقليم الفرات الأوسط من البلاد على أطراف الحافة الشرقية من هضبة البادية الشمالية للهضبة الغربية ، غربي نهر الفرات اذ يحدها من الشمال والغرب محافظة الانبار ومن الشرق محافظة بابل ومن الجنوب محافظة النجف الأشرف ، تبلغ مساحة محافظة كربلاء المقدسة (٥٠٣٤)كم^{٢}، و تمثل نسبة (١.٢ %) من مساحة البلاد البالغة (٤٣٤٣٢٠)كم^{٢} [١]،خريطة (١).

خريطة (١) موقع محافظة كربلاء المقدسة من العراق



المصدر :جمهورية العراق ، المديرية العامة للمساحة ، قسم انتاج الخرائط ، خريطة العراق الادارية لعام ٢٠١٧ بمقياس ١:١٠٠٠٠٠٠

المبحث الاول :تحليل الخصائص المناخية في محافظة كربلاء المقدسة

تعد الخصائص المُناخية بعناصرها المختلفة (كالإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والأمطار والرطوبة النسبية والرياح والعواصف الغبارية) من العوامل التي يجب مراعاتها عند تصميم الالواح الشمسية ، والقصور في مراعاة الخصائص المناخية قد يؤدي إلى سوء تشغيل هذه المنظومة وضعف الاستفادة من الطاقة المتاحة من منظومة الطاقة الشمسية ويمكن توضيح بيانات الخصائص المُناخية السائدة في منطقة الدراسة بالاتي:

١- الإشعاع الشمسي Solar Radiation:

يتضح من الجدول (١) ان المعدل السنوي العام لكمية الإشعاع الشمسي لمنطقة الدراسة بلغ (524.59) سُعره/سم^{٢}، وهذا المعدل يتباين شهرياً إذ بلغ أقصاه في شهر حزيران (771.9) سُعره/سم^{٢}، و السبب في ذلك صفاء السماء وقلة الرطوبة النسبية وكبر زاوية الإشعاع الشمسي اما طول مدة السطوع الشمسي

النظري والفعلي بلغت (14 . 11.6)ساعة/يوم على التوالي، تأخذ كمية الإشعاع الشمسي بالتناقص تماشياً مع تناقص زاوية الإشعاع وطول النهار ومدة السطوع إذ تصل أدناها في شهر كانون الأول إذ تبلغ كمية الإشعاع الشمسي (258.04) سُعره/سم٢، وذلك لان زاوية الإشعاع الشمسي تصل إلى اقل ما يمكن وان مدة السطوع النظري والفعلي في حدودها الدنيا اذ تبلغ (6.2–9.97) ساعة/يوم على التوالي الشكل (١)،وذلك لكثرة الغيوم وارتفاع معدلات الرطوبة النسبية وسقوط الأشعة الشمسية بصورة مائلة.

يتضح من ذلك ان منطقة الدراسة تستلم كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي لساعات طويلة من النهار بسبب موقعها الفلكي اذ يؤثر الموقع الفلكي لمنطقة الدراسة في كمية الإشعاع الشمسي وزاوية سقوط الإشعاع الشمسي ومقدار وطول مدة السطوع الشمسي النظري والفعلي ، وهذا يؤثر في ارتفاع درجات الحرارة وقيم التبخر في منطقة الدراسة.

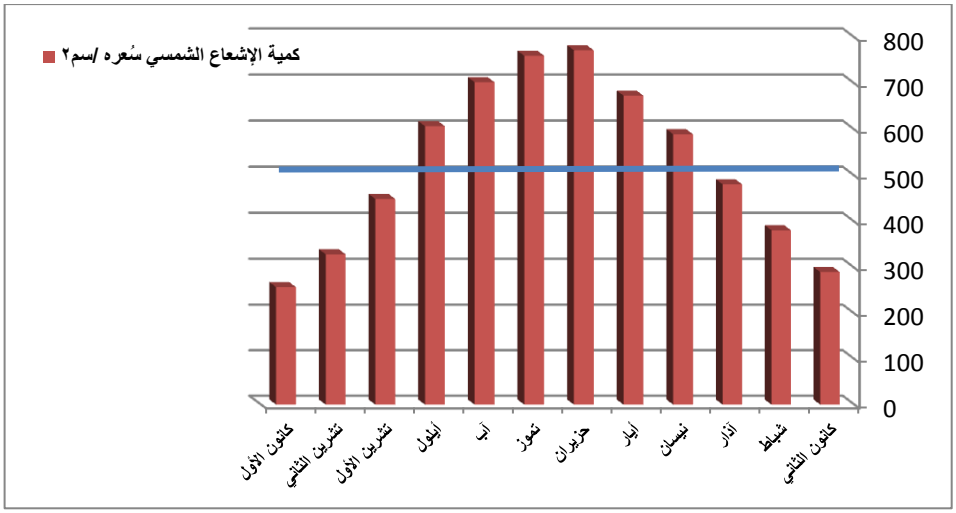
الجدول (1)

معدلات السطوع النظري والفعلي وقيم الإشعاع الشمسي في محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)

الشهر	كمية الإشعاع الشمسي سُعره /سم٢	السطوع النظري ساعة / يوم	السطوع الفعلي ساعة / يوم
كانون الثاني	٢٩٠.٧٤	١٠.٤٩	٦.٣
شباط	٣٨١.٣٧	١١.٢٩	٧.٢
آذار	٤٨١.٠٩	١١.٣	٧.٩
نيسان	٥٨٩.٦٩	١٢.٠٧	٨.٤
أيار	٦٧٣.٥٩	١٣.٤٦	٩.٥
حزيران	٧٧١.٩٤	١٤	١١.٦
تموز	٧٦٠.٠٩	١٣.٥٧	١١.٦
آب	٧٠٢.٦٣	١٣.١٨	١١.٢
أيلول	٦٠٧.٣	١٢.٢١	١٠.١
تشرين الأول	٤٤٩.٤١	١١.٢٦	٨.٤
تشرين الثاني	٣٢٩.٢١	١٠.٢٨	٧.٣
كانون الأول	٢٥٨.٠٤	٩.٩٧	٦.٢
المعدل السنوي	524.59	10.76	8.80

المصدر: وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي في العراق، قسم المُناخ، بيانات غير منشورة، .

الشكل (1)
كمية الإشعاع الشمسي في محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)



المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الجدول (١)

٢- **درجة الحرارة Temperature**:

يتضح من الجدول (٢)، ان المعدل السنوي لدرجات الحرارة في منطقة الدراسة بلغ (24.1)مْ، ويتباين هذا المعدل شهرياً، إذ يبدأ بالارتفاع في شهر آذار بمعدل (17.9)مْ، حتى يصل أقصاه في شهر تموز (35.7)مْ، ثم تأخذ بالانخفاض ليصل في أدناه في شهر كانون الثاني (10.8)مْ

اما معدل درجة الحرارة الصغرى السنوي فقد بلغ (17.1) مْ، وبلغ أوطأ معدل لها خلال كانون الثاني (5.3)مْ، وأحيانا يهبط إلى الصفر المئوي في بعض ليالي شهر كانون الثاني وشباط ، بينما معدل درجات الحرارة العظمى السنوي يبلغ (31.2)مْ، وقد سُجل أعلى معدل لها خلال شهر تموز (43.9)مْ شكل (2)،وفي بعض الايام ترتفع درجات الحرارة العظمى إلى (50)مْ .

الجدول (2)

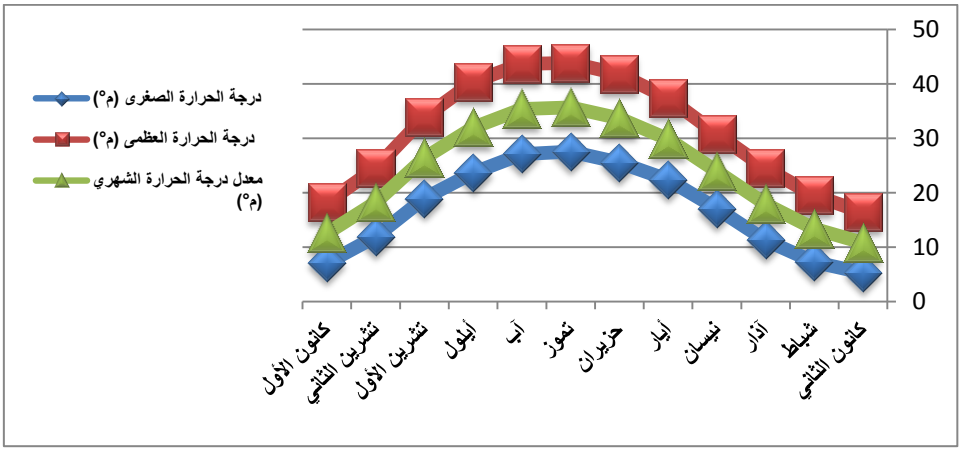
درجات الحرارة العظمى والصغرى والمعدل العام (مْ) في محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)

الشهر	درجة الحرارة الصغرى (م°)	درجة الحرارة العظمى (م°)	معدل درجة الحرارة الشهري (م°)
كانون الثاني	٥.٣	١٦.٤	١٠.٨
شباط	٧.٣	١٩.٥	١٣.٤
آذار	١١.٣	٢٤.٥	١٧.٩
نيسان	١٧.١	٣٠.٨	٢٣.٩
أيار	٢٢.٤	٣٧.٤	٢٩.٩
حزيران	٢٥.٦	٤١.٨	٣٣.٧
تموز	٢٧.٦	٤٣.٩	٣٥.٧
آب	٢٧.١	٤٣.٧	٣٥.٤
أيلول	٢٣.٧	٤٠.٤	٣٢
تشرين الأول	١٩	٣٣.٩	٢٦.٤
تشرين الثاني	١١.٩	٢٤.٥	١٨.٢
كانون الأول	٧.١	١٨.٢	١٢.٦
المعدل السنوي	١٧.١	٣١.٢	٢٤,١

المصدر: جمهورية العراق وزارة النقل والموصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم الموارد المائية والزراعة بيانات غير منشورة.

الشكل (2)

درجات الحرارة العظمى والصغرى والمعدل العام (مْ) في محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)



المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الجدول (٢)

٣- الرياح Wind:

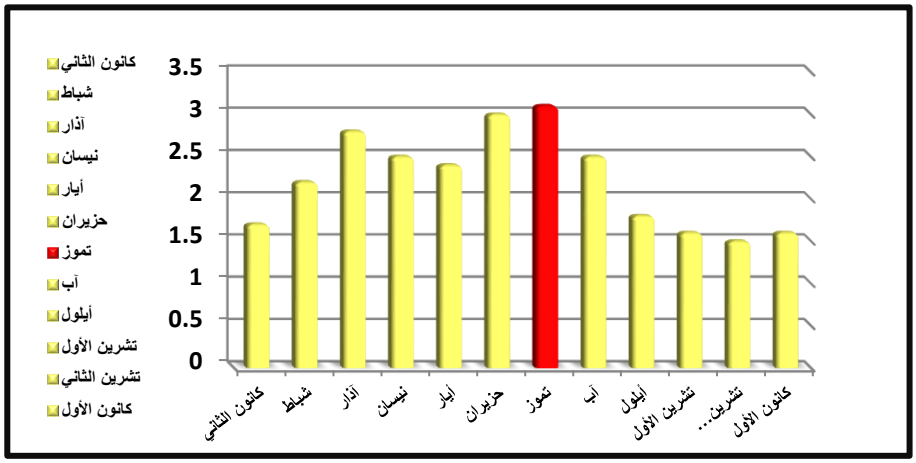
يتضح من الجدول (٣)، ان المعدل السنوي العام لسرعة الرياح بلغ (2.2)م/ثا، إذ تنشط حركة الرياح في منطقة الدراسة في فصل الصيف لتسجل أعلى معدلات لسرع الرياح في الأشهر الحاره (حزيران ـ تموز) بمعدلات (3 - 3.1)م/ثا على التوالي، في حين تقل سرع الرياح عن هذه المعدلات في الأشهر البارده لتصل أدناها في شهر (تشرين الثاني - كانون الأول) إلى (1.5 - 1.6) على التوالي الشكل (٣).

الجدول (٣) معدلات سرعة الرياح م/ثا في محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)

الشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
سرعة الرياح م/ثا	١.٧	٢.٢	٢.٨	٢.٥	٢.٤	٣	٣.١	٢.٥	١.٨	١.٦	١.٥	١.٦	٢.٢

المصدر: وزارة النقل والمواصلات، الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي في العراق، قسم المُناخ، بيانات غير منشورة، .

الشكل (٣) معدلات سرعة الرياح م/ثا في محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)



المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الجدول (٣)

٤- الرطوبة الجوية Atmospheric Humidity:

تعد الرطوبة الجوية من العناصر الأساسية في حدوث خصائص التكاثف والتساقط ، ويقصد بها كمية بخار الماء الموجودة في الهواء[٢]، وهي كمية الماء الموجود في الهواء على شكل بخار أو بشكل آخر من أشكال التكاثف.

يتضح من الجدول (٤) ،الشكل (٤) بأن المعدل السنوي للرطوبة النسبية بلغ (٤٧.٨٣ %) وتتباين معدلات الرطوبة في منطقة الدراسة من شهر الى آخر تبعاً الى تباين قيم درجات الحرارة وكميات الأمطار الساقطة، إذ بلغ أعلى معدل للرطوبة النسبية في شهري كانون الأول وكانون الثاني (٧٣، ٧٥%) على التوالي اللذان يعدان أبرد اشهر فصل الشتاء ، ويعود ارتفاع الرطوبة في هذين الشهرين الى انخفاض درجة الحرارة وزيادة كمية الأمطار الساقطة ثم تنخفض نسبتها تدريجيا حتى تبلغ أدنى حد لها خلال أشهر حزيران وتموز وآب وتبلغ فيها (٢٨.٩ ، ٣٠.٧ ، ٣٢.٥ %) على التوالي، وتعد هذه النسب منخفضة اذ اقترنت مع ارتفاع درجة الحرارة وانعدام الأمطار الساقطة وصفاء السماء.

جدول (٤)

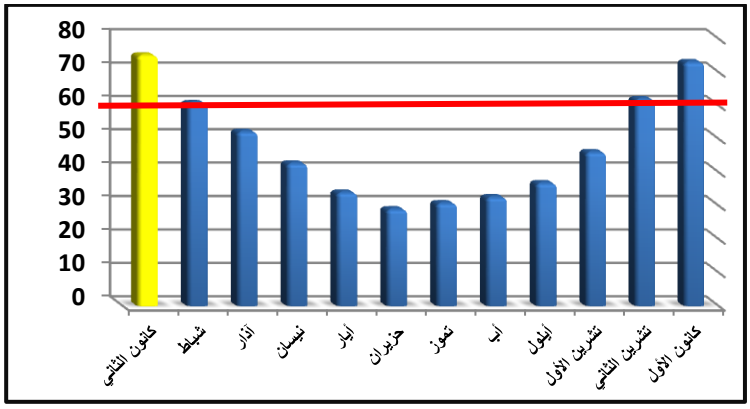
الشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
معدل الرطوبة النسبية	٧٥	٦٠.٧	٥٢.١	٤٢.٦	٣٣.٩	٢٨.٩	٣٠.٧	٣٢.٥	٣٦.٧	٤٦	٦١.٩	٧٣

المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية (%)محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)

المصدر : جمهورية العراق وزارة النقل والموصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي قسم المناخ ، بيانات غير منشورة.

الشكل (٤)

المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية (%) في محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)



المصدر :الباحثة بالاعتماد على جدول (٤).

٥- الأمطار Rainfall:

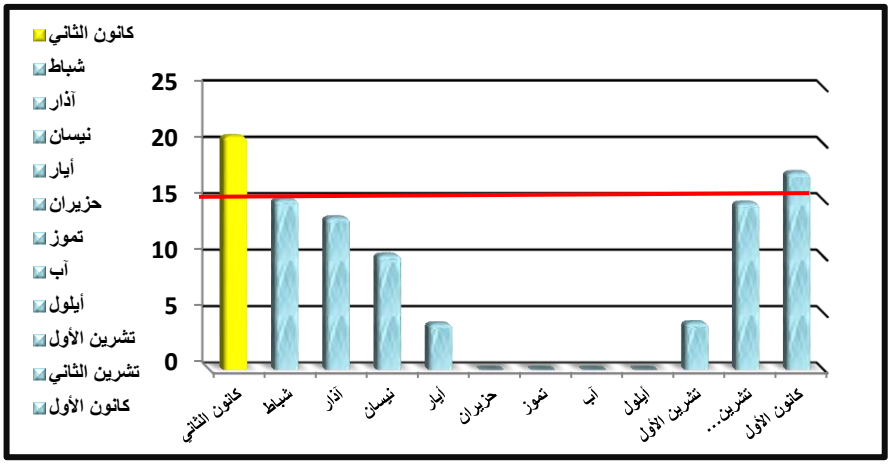
يتضح من الجدول (٥)، ان المجموع السنوي لكمية الأمطار في منطقة الدراسة بلغ (100.1)ملم، إذ تتباين معدلات سقوط الأمطار شهرياً لتصل في أقصاها في شهر كانون الثاني وتبلغ (20.7)ملم، في حين تنقطع الأمطار كلياً في أشهر (حزيران - تموز . أب - أيلول)، الشكل (٥)،أي ان كمية الأمطار الساقطة على منطقة الدراسة قليلة وغير موزعة بشكل منتظم على طول أشهر السنة وتنعدم خلال أشهر الصيف الحار .

الجدول (٥) معدلات الأمطار الساقطة (ملم) في محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)

الشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المجموع السنوي
كمية الأمطار (ملم)	٢٠.٧	١٥.١	١٣.٥	١٠.٢	٤.١	٠	٠	٠	٠	٤.٢	١٤.٨	١٧.٥	١٠٠.١

المصدر: وزارة النقل والمواصلات، الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي في العراق، قسم المُناخ، بيانات غيرم

الشكل (٥) كمية الأمطار الساقطة (ملم) في محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)



المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الجدول (٥)

٦- العواصف الترابية :

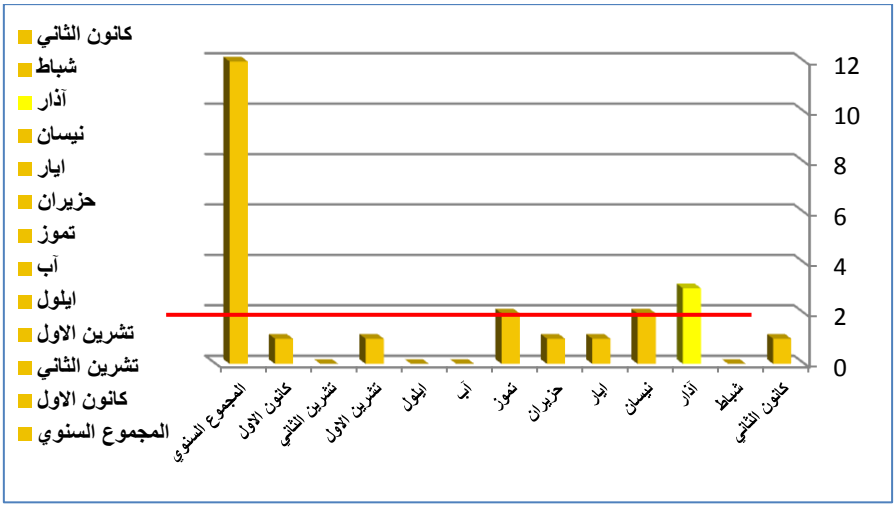
تتعرض منطقة الدراسة الى هبوب الرياح الشمالية الغربية صيفاً ، اما في فصل الشتاء فتهب الرياح الجنوبية الشرقية القادمة من الخليج العربي مسببة سقوط الامطار ، اضافةً الى الرياح الغربية الصحراوية الجافة التي تسبب حدوث عواصف ترابية بسبب مرورها فوق المناطق الصحراوية غرب نهر الفرات ، بسبب سرعة حركتها التي تساعد على حمل الاتربة ، وعموماً فأنّ الرياح تنشط في فصلي الربيع وبداية الصيف لا سيما في شهر مايس ، اذ ان اقصى معدل لسرع الرياح بلغت (٣، ٣.١ ، ٢.٦) م/ثا في اشهر (حزيران وتموز وآب) على التوالي كما في الجدول(٦) وتشتد هذه العواصف في المحافظات التي تقع الى الجنوب من خط عرض (٣٥˚) شمالاً وذلك بسبب العوامل الطبيعية المتمثلة بقلة الامطار وندرة النبات الطبيعي واستواء الأراضي الجافة لمساحات كبيرة .كل هذه العوامل ساعدت على هبوب تلك العواصف ، التي يصل تأثيرها الى منطقة الدراسة حيث إن حدوثها يزداد في أشهر الربيع وأوائل الصيف،اذ بلغ مجموع العواصف الترابية (١٢) عاصفة ترابية كان اكثرها في شهر آذار حيث شهد (٣)عواصف ثم (٢)عاصفتان في كل من شهري (نيسان وتموز) ،وعاصفة واحدة في كل من اشهر (تشرين الاول وكانون الاول وكانون الثاني ومايس وحزيران) اما الاشهر الباقية فلم تشهد هبوباً للعواصف الترابية .

لجدول (٦) عدد العواصف الترابية في محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)

الاشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المجموع السنوي
عدد العواصف الترابية	١	٠	٣	٢	١	١	٢	٠	٠	١	٠	١	١٢

المصدر: وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي في العراق، قسم المُناخ، بيانات غير منشورة،

الشكل (٦) معدلات العواصف الترابية في محطة منطقة الدراسة للمدة (1989-2019)



المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الجدول (٦)

المبحث الثاني :

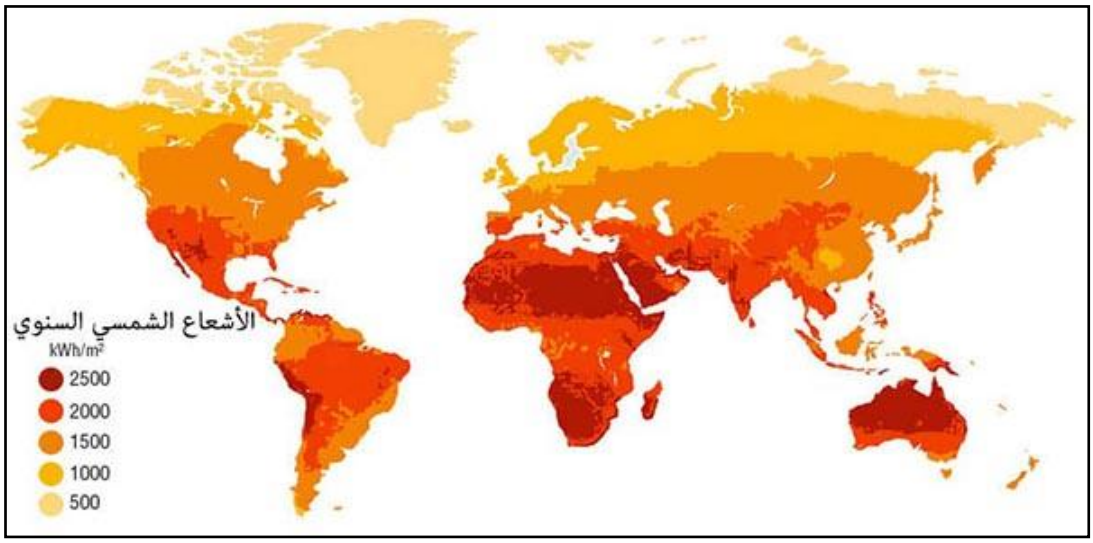
علاقة الخصائص المناخية بكفاءة الالواح الشمسية في محافظة كربلاء المقدسة

١- الإشعاع الشمسي Solar Radiation:

يعد الإشعاع الشمسي المصدر الرئيس للطاقة في الغلاف الجوي، والعامل الأساسي المؤثر في المناخ أذ إن الموجات الكهرومغناطيسية للإشعاع الشمسي التي تنحصر أطوالها بين (٠.١٧ – ٤.٠)مايكرون تقوم بنقل هذه الطاقة من الشمس إلى سطح الأرض[٣].خريطة (٢).

تؤثر زاوية سقوط الاشعة الشمسية على الارض في مقدار الاشعة المستلمة من قبل سطح الارض وذلك لان الاشعة العمودية او شبة العمودية الواصلة للأرض تكون قوية واشد تركيزا لكونها تقطع مسافة اقصر من الاشعة المائلة لذلك هي اقل عرضة للضياع بفعل الامتصاص والانعكاس والانتشار التي تحدث في الغلاف الجوي ،فضلا عن ان حزم الاشعة العمودية

خريطة(٢) قيم الإشعاع الشمسي في العالم



https://nasrsolar.com

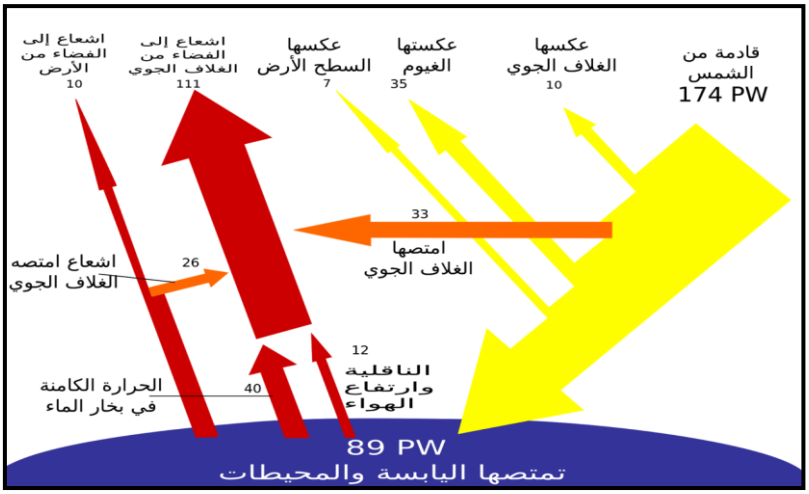
تتوزع على مساحة قليلة بينما الاشعة المائلة فانها تتوزع عى مساحة اكبر فتصبح اضعف واقل تركيزا من الاشعة العمودية ،اذ يختلف معامل انعكاس الأشعة الشمسية تبعاً لاختلاف زاوية سقوط الأشعة، وهذه مرتبطة بميلان الأشعة ، فكلما كانت زاوية سقوط أشعة الشمس أكثر ميلاناً كان معامل الانعكاس أكبر ، لهذا فإن معامل انعكاس الأشعة الشمسية في وقت شروق الشمس وغروبها أكبر منه في بقية النهار كما أنه أكبر في المناطق الباردة منه في المناطق المعتدلة وأكبر في المناطق المعتدلة منه في المناطق المدارية. تتباين زاوية سقوط أشعة الشمس زمانياً ومكانياً، وبما ان منطقة الدراسة تقع بين دائرتي عرض (٨ ̄ ٣٢° ـ ٥٠ ̄ ٣٢ ° شمالاً) اذ يؤثر هذا الموقع في شدة قيم الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض ، اذ تعتمد شدة ومقدار الإشعاع الشمسي الواصل إلى اية منطقة، على عدد ساعات النهار ومدة الاشعاع وكلاهما يتأثر بالموقع الفلكي. وتختلف ساعات السطوع الفعلي عن السطوع الشمسي النظري فالسطوع الفعلي تعني ساعات السطوع الشمسي التي تم قياسه بالأجهزة المستخدمة وتؤثر عليه الغيوم والعواصف بشكل كبير، اما السطوع النظري يقصد به هو معدل طول ساعات النهار بعيدا عن العوامل المؤثرة في الاشعاع من غيوم وعواصف ترابية، اي المدة الزمنية التي تتسلم الأرض فيها الإشعاع الشمسي.

يتصف الإشعاع الشمسي في منطقة الدراسة بشدته في أشهر فصل الصيف لاسيما (حزيران، تموز، أب) وذلك لأنه ليس هناك ما يعيق وصول أو تشتت الإشعاع المستسلم في منطقة الدراسة، ويلاحظ قلة معدل التغييم خلال أشهر الاعتدال وانعدامها خلال الأشهر الحارة، اضافة الى قلة الرطوبة النسبية ، أي ان الإشعاع الشمسي الواصل في منطقة الدراسة يتميز بشدته خلال فصل الصيف.خريطة (٣) اذ يكون موقع الشمس شمال دائرة العرض الاستوائية أي تكون حركتها الظاهرية باتجاه مدار السرطان وفي هذه المدة تكون زاوية سقوط الأشعة على منطقة الدراسة عمودية ويصل طول النهار إلى (١٤) ساعة فإن كثافة الأشعة وشدتها تكون عالية طوال النهار .

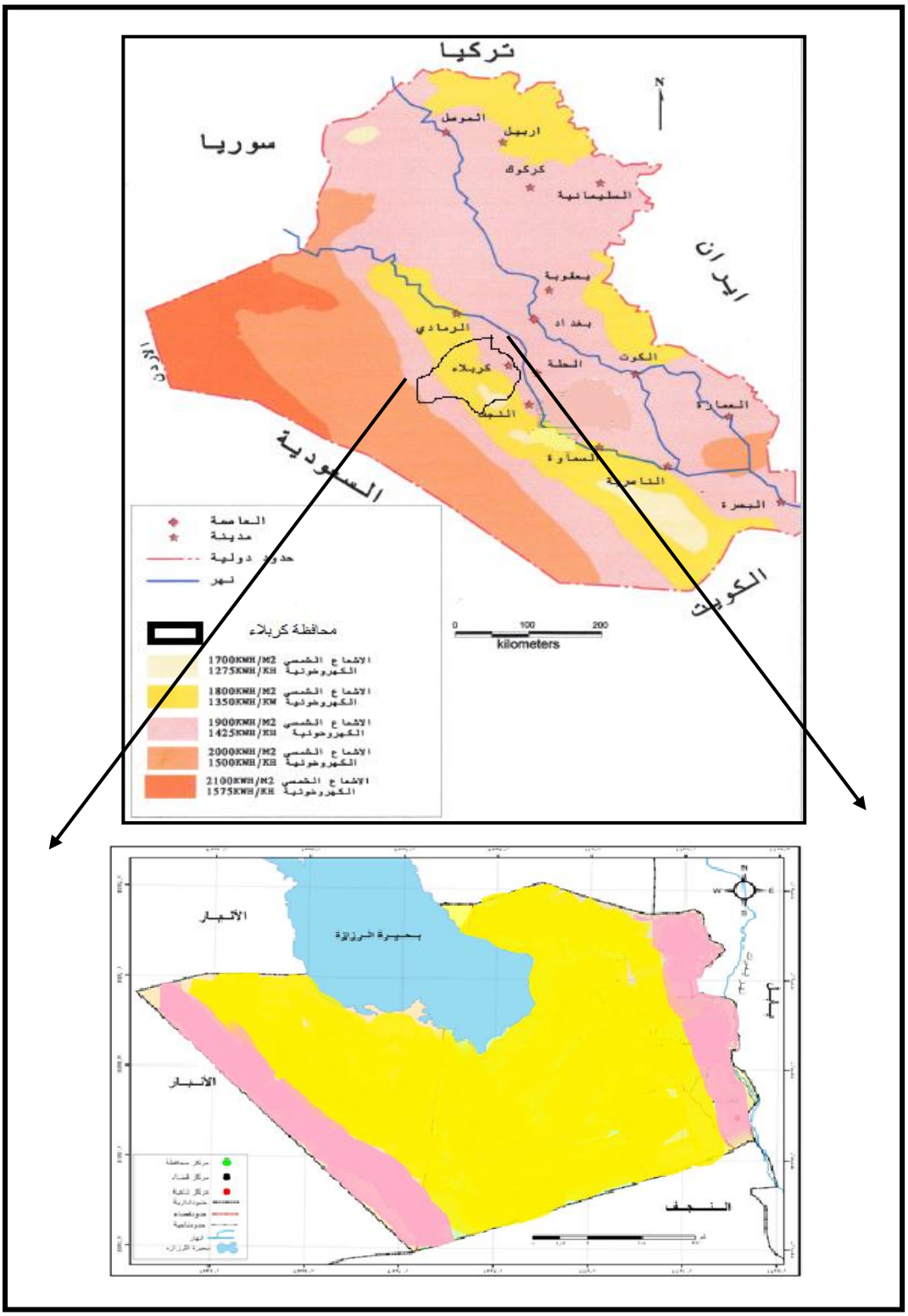
يعد الظل الذي يتكون على الألواح الشمسية من اهم العوامل التي لابد من أن تؤخذ بنظر الاعتبار عند بناء منظومات الخلايا الشمسية ، اذ أن الظل يعمل على تقليل قدرة الاشعاع الشمسي الساقطة على اللوح وبالتالي تقليل القدرة الكهربائية الخارجة من الالواح الشمسية وقيمة هذه القدرة الكهربائية تتأثر نسبيا مع حجم وشكل الظل المتكون على سطح الالواح الشمسية .

تتأثر الالواح الشمسية بعدة عوامل تقلل من أدائها ومن قيمة القدرة الخارجة منها اذ يتسبب الظل على كفاءة أداء الالواح الشمسية اذ من الممكن أن يحدث انخفاض واضح في اداء الالواح الشمسية يصل الى (90%)من قدرتها الكلية وبحسب مساحة الظل المتولدة على تلك الالواح فضلا عن الظل المتكون الناتج من تراكم الغبار المستمر لفترة طويلة على الالواح أو بسبب التثبيت غير الصحيح للألواح الشمسية ،اضافة الى عدم الاخذ بنظر الاعتبار الأشجار التي تكون امام الالواح الشمسية فضلا عن البنايات العالية التي تعمل على حجب بعض من الاشعاع الشمسي الساقط على الالواح الشمسية.[١]

الشكل (٧) زاوية سقوط الاشعة الشمسية على سطح الارض



خريطة(٣) مقدار الاشعاع الشمسي والطاقة الكهروضوئية الناتجة



المصدر :الباحثة بالاعتماد على ١-

٢- **درجة الحرارة Temperature**:

يلاحظ إن مناخ منطقة الدراسة يمتاز بالتباين في درجات الحرارة إذ سجلت أعلى درجات حرارة خلال النهار في فصل الصيف في حين سجلت درجات الحرارة المنخفضة في ليالي فصل الشتاء، مما يعمل على زيادة المدى الحراري السنوي بشكل كبير.

ترتفع درجات الحرارة خلال اشهر الصيف بسبب قلة الغيوم وانخفاض الرطوبة النسبية واقتراب زاوية سقوط أشعة الشمس من العمودية وطول النهار ، اذ بلغت معدلات درجات حرارة في شهر تموز (43.9)مْ في منطقة الدراسة، ويلاحظ أعلى معدل لدرجات الحرارة كان خلال شهر تموز بسبب الزيادة التي تحصل في زاوية سقوط الإشعاع الشمسي وزيادة ساعات النهار وما يرافقها من زيادة في كمية الحرارة المكتسبة. ويوضح الجدول (٢) ان معدلات درجات الحرارة في شهر تموز أعلى مما هي عليه في شهر أب اذ يتسم مناخ منطقة الدراسة بأنه ذات خصائص قارية ، إذ إن المناخ القاري يكون فيه شهر تموز أكثر الشهور حرارة في الجهات التي يتأثر مناخها باليابسة، في حين يكون شهر أب أحر أشهر السنة في المناطق التي يتأثر مناخها بالبحر وذلك لاختلاف طبيعة اكتساب اليابس والماء للحرارة[١].

تأخذ درجات الحرارة بالانخفاض التدريجي حين يبدأ فصل الشتاء ويعد شهر كانون الثاني أبرد الشهور حيث سجل معدلا بلغ (5.3)مْ في منطقة الدراسة ويعود السبب في هذا الانخفاض إلى قصر النهار وقلة معدلات ساعات السطوع الفعلية وميلان أشعة الشمس مما يساعد في انخفاض مقدار الإشعاع الشمسي الواصل وانخفاض كمية الحرارة المكتسبة.

تعمل الألواح الشمسية بشكل أفضل في ظل درجات الحرارة المنخفضة لذا فان المواقع المشمسة الباردة يمكن أن تجعل الألواح تنتج بفعالية أكبر. أن درجة الحرارة لا تؤثرعلى كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها الالواح الشمسية ، إلا أنها تؤثر على مقدار الطاقة التي ستحصل عليها . يحدث هذا لأن الضوء يتكون من فوتونات عالية الطاقة ، وهي الجزيئات التي تحمل الطاقة و عندما يضرب الاشعاع الشمسي الألواح الشمسية ، فإن الإلكترونات الباقية في الألواح (منخفضة الطاقة) تتهيج بواسطة الفوتونات (ذات طاقة عالية) ثم تنتقل إلكترونات الألواح الشمسية من حالة منخفضة الطاقة إلى حالة عالية الطاقة ، وقد تم تصميم الخلية الشمسية لاستخراج هذه الإلكترونات في حالتها ذات الطاقة العالية اذ يتم إنتاج الطاقة من الفرق بين حالات الطاقة المنخفضة والعالية . اذا كلما زاد الفرق زادت الطاقة المنتجة. ان الألواح الشمسية أكثر فاعلية في درجات الحرارة الأكثر برودة من درجات الحرارة الأكثر دفئا. [١]

٣- الرياح **Wind**:

تعمل حركة الرياح بصورة مباشرة على تغيير حرارة اسطح الالواح الشمسية وتؤثر على الحرارة الداخلية للألواح الشمسية . فضلا عن ان حركة الرياح تؤثر على تيارات الحمل وبالتالي تعمل على رفع معامل انتقال الحرارة بالحمل والذي بدوره يساعد في انتقال الحرارة من سطح الالواح الى المحيط الخارجي وهذا يخفض من الحرارة الداخلية للألواح الشمسية وبالتالي يحسن من كفاءتها. لذا فهي قد تكون عامل مساعد في عمل الالواح الشمسية وفي نفس الوقت اذا ما تغيرت وتبدلت خصائصها من رطوبة وحرارة وما تحمله من غبار فضلا عن اختلاف سرعتها التي قد تؤدي الى التأثير في مجالات استخدام الطاقة الشمسية.

٤- الرطوبة الجوية Atmospheric Humidity

تؤثر الرطوبة على الالواح الشمسية بطريقة أو أخرى لان جزيئات الماء المتبخرة من الممكن ان يقلل من مستويات اشعة الشمس وهذا متطلب للالواح الشمسية ليعطي أفضل أداء ممكن. إذا كانت أسطح الالواح الشمسية رطبه فمن الممكن ان الإشعاع الساقط عليها عندما يضرب قطرات الماء يتبعثر بكل الاتجاهات إما عن طريق الإنعكاس أو الإنكسار . فكلما زادت الرطوبة كلما قلت كفاءة الالواح الشمسية، اذ وُجد ان تأثير الرطوبة على الالواح الشمسية أعلى بنسبة (٥٠ %) من تأثير درجات الحرارة على الالواح الشمسية وتقوم قطرات الماء والبلورات الثلجية المعلقة في الغلاف الجوي بعكس جزء من الأشعة الشمسية الساقطة عليها، وتعد الغيوم العامل الرئيسي الذي يعكس الجزء الأكبر من الأشعة الشمسية ،لا سيما إذا كانت هذه الغيوم سميكة وقريبة من سطح الأرض.فضلا عن ان الألواح الشمسية قادرة على توليد بعض الطاقة حتى عندما تكون السماء ملبدة بالغيوم لأن الأشعة فوق البنفسجية لا تزال تصل إلى سطح الأرض بوفرة ، بغض النظر عن السحب ، ويمكن للألواح أن تحول جزءا من ضوء الأشعة فوق البنفسجية إلى طاقة وبإمكان الألواح الشمسية إنتاج من (١٠ – ٢٥%)من الطاقة الكهربائية.[٢]

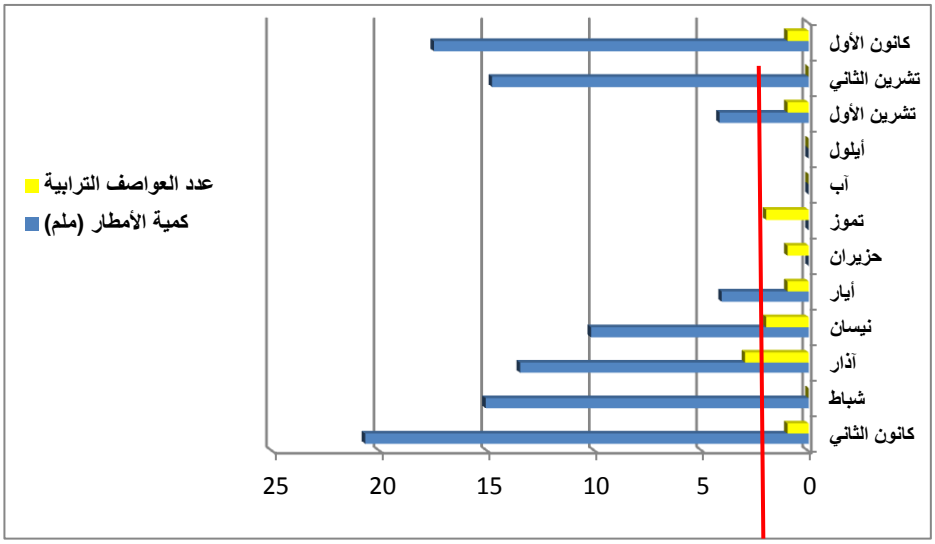
٥-الأمطار Rainfall:

تعد الامطار من العناصر المناخية المهمة اذ تساعد الامطار اثناء هطولها على الالواح الشمسية بالتخلص من الغبار المتراكم اثناء حدوث العواصف الترابية وتراكمها على الالواح الشمسية فضلا عن ازالة الاوساخ المتمثلة بفضلات الطيور والأوراق وحبوب اللقاح التي تغطي الالواح ،والتي تعمل على حجب و انعكاس كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي المتوفر في منطقة الدراسة والتي تلقتها الألواح.

تتباين معدلات سقوط الأمطار شهرياً لتصل أقصاها في شهر كانون الثاني وتبلغ (20.7)ملم، في حين تنقطع الأمطار كلياً في أشهر (حزيران ـ تموز ـ آب ـ أيلول)، الجدول (٥)،أي ان كمية الأمطار الساقطة على منطقة الدراسة قليلة وغير موزعة بشكل منتظم على أشهر السنة ، وتنعدم خلال أشهر الصيف الحار ،أي ان الامطار الساقطة في منطقة الدراسة تساعد على تنظيفً الألواح الشمسية بصورة جيده بين الحين والآخر الصورة(١). اذ يوضح الشكل(٨) الامطار الساقطة في الاشهر التي تهب فيها العواصف الغبارية وإمكانية المساعدة في تنظيف الالواح الشمسية خلال فترة سقوطها في منطقة الدراسة .

الشكل(٨)

عدد العواصف الترابية وكمية الأمطار الساقطة (ملم) في محطة منطقة الدراسة (١٩٨٨ ـ ٢٠١٨)



الصور(١) تساقط قطرات المطر على الالواح الشمسية

٦- العواصف الترابية :

تتعرض مناطق البلاد المختلفة إلى عواصف ترابية قاسية يتدهور فيها مدى الرؤيا دون (١٠)م، وتشتد هذه العواصف في المحافظات التي تقع إلى الجنوب من دائرة عرض (٣٥° شمالاً)، اذ تكون الظروف الطبيعية ملائمة لنشاط تلك العواصف من خلال الموقع الجغرافي الذي تحّده الصحراء غرباً مع قلة وانعدام الغطاء النباتي [٤].وهي ظاهرة مناخية شائعة الحدوث في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث ترتفع العواصف الغبارية عندما تهب مقدمة الريح لتعصف بحبيبات الغبار وتسوقها معها لمسافات طويلة جداً [٥].تؤثر ظاهرة تراكم الاتربة في البيئة الصحراوية على الأداء الكلي للألواح الشمسية. اذ إن تراكم جسيمات الغبار على سطح الالواح الشمسية يعمل على انعكاس كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي المتوفر في منطقة الدراسة. حيث يلعب الغبار والرماد والسحب وبخار الماء دورا كبيرا في عملية امتصاص الاشعة و تتشتتها وانعكاسها ، كما تعمل هذه الشوائب في حفظ الاشعاع الارضي في الجو لذا فان المناطق التي تكثر فيها السحب والهواء الملوث بالأتربة تستلم كمية قليلة من الاشعاع الشمسي مقارنة بالمناطق ذات الجو الشفاف. اذ ان تراكم الغبار على الالواح الشمسية مع مرور الوقت يحد من صافي الإشعاع الشمسي التي تتلقاه الألواح. ونتيجة لذلك، سيؤثر هذا على انتاج الطاقة من النظم الكهروضوئية وكفاءتها قد تنخفض تدريجياً من (١- ١٢٪). أن تعرض الالواح للغبار لمدة ستة أشهر من دون أي تنظيف يؤدي الى انخفاض الطاقة المنتجة بنسبة (٥٠%) .[٣] فضلا عن انخفاض الطاقة المنتجة بنسبة (٢٠%)في كل الالواح الشمسية خلال فترة العواصف الترابية .إن أفضل طريقة للتخلص من الغبار هي استخدام طرق التنظيف المستمر على فترات لا تتجاوز ثلاثة أيام لكل مدة وتختلف هذه الطرق من بلد إلي آخر معتمدة على طبيعة الغبار وطبيعة الطقس في ذلك البلد. ومن خلال تحليل الجدول(٦) بلغ مجموع العواصف الترابية (١٢) عاصفة ترابية كان اغلبها في شهر آذار حيث شهد (٣)عواصف ثم (٢)عاصفتان في كل من شهري (نيسان وتموز) ،وعاصفة واحدة في كل من اشهر (تشرين الاول وكانون الاول وكانون الثاني ومايس وحزيران) اما الاشهر الباقية فلم تشهد هبوباً للعواصف الترابية .

صورة(٢)تراكم الغبار على سطح الالواح الشمسية في منطقة الدراسة

المبحث الثالث : معوقات استثمار الطاقة الشمسية في محافظة كربلاء المقدسة:

١- معوقات مالية واقتصادية :

تعد التكلفة المبدئية المرتفعة احد اكبر المعوقات الاقتصادية لأنظمة الطاقة المتجددة فلاحظ ان تكلفة انشائها كبيرة نسبيا مع ضعف او غياب اليات التمويل . اذ تتركز هذه المعوقات في ارتفاع تكلفة رأس مال هذه المشاريع فضلاً عن الاعتقاد الخاطئ بأن الاستثمار في مثل هذه المشاريع يمثل مخاطرة مالية علي الرغم من كونها طاقة تحافظ علي البيئة، كما أن معظم المصارف ومصادر التمويل لا تشجع القروض والاستثمارات في مجالات الطاقة الناشئة مقارنة بمشاريع الطاقة التقليدية، والسبب في ذلك أن الاستثمار في مجالات الطاقة المتجددة ليست ذات قيمة عينية واضحة، سيما من الناحية الاقتصادية . خاصة تلك التي تتعلق بتزايد النفقات الاستثمارية أمام المستثمرين الراغبين الذين يتاملون في إسترداد رأس المال في الأجل القصير بينما يتوقع من الاستثمار في الطاقة الشمسية منافع في الآجل الطويل .ان تذبذب أسعار الوقود قاد بعض الدول الى دعم الوقود بشكل كبير الامر الذي ادى الى تقييد قرارات الاستثمار في الطاقة الشمسية.

٢- معوقات مؤسساتية وهيكلية:

يعد إنتاج واستخدام التكنولوجيا المتقدمة في إنتاج الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والوقود الحيوي) يحتاج إلى جهود كبيرة من الشركاء منها شركات التصنيع والمستخدمين، والسلطات التشريعية والتنفيذية ذات الصلة (منها وزارة الكهرباء والطاقة والنقل والبيئة، ووزارة المالية والجمارك،

والضرائب) فضلا عن وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والتي يمكنها تذليل اي صعوبات علمية او معرفية من خلال الباحثين والأكاديميين ، لذا توجب تحديد الأدوار وخطط التنفيذ ووضع نظام إداري متكامل للتنسيق بين هذه الأطراف وتلك من أجل الوصول إلى إنتاج الطاقة واستخدامها من مصادر متجددة.

٣- معوقات فنية وتقنية :

تحتاج إجراءات توطين تكنولوجيا الطاقة المتجددة في البلاد إلى إجراءات نقل معرفي ومن ثم مرحلة تصنيع المعدات واستخدام تكنولوجيا الطاقة الجديدة والمتجددة ويتطلب ذلك خبرة فنية تفتقر إليها البلاد. لذا فان التوسع في هذا المجال يكون على مراحل تهتم بتحديد قائمة أولويات للمكونات النظام التي يمكن نقل تقنياتها تصنيعها في البلاد وذلك بناء على الدراسة والبحوث والقدرات المحلية في التصنيع وما تتطلبه إجراءات تصنيع تلك المكونات ومعدات الطاقة المتجددة فضلا عن توافر الأيدي العاملة الماهرة والاستثمارات التي يمكن من خلالها تنمية الجانب المعرفي . اذ فإن غياب الجانب المعرفي والمعلوماتي ذو الصلة بتصنيع مكونات وأنظمة الطاقة المتجددة تعتبر من المعوقات الفنية المباشرة التي تحول دون نشر تطبيقات الطاقة المتجددة ونشر تطبيقاتها واستخدامتها.

٤- معوقات متعلقة بالوعي:

إن ضعف الاهتمام باستخدام مصادر انتاج الطاقة المتجددة المتمثلة ب(الطاقة الشمسية والرياح)والفهم الخاطئ لتطبيقات تكنولوجيا الطاقة المتجددة اذ تشكل عائقاً كبيراً نحو الاعتماد علي مصادر الطاقة النظيفة في إنتاج ألطاقة المتجددة و يبرز دور الإعلام والتوعية لتأهيل الأفراد والمجتمعات نحو مفهوم صحيح لإنتاج الطاقة من مصادر نظيفة وصديقة للبيئة، ولا تقتصر التوعية على الحملات الإعلامية للإفراد والمجتمع وتشجيعه للتحول إلى تكنولوجيا الطاقة الجديدة والمتجددة فقط، بل يجب أن تعتمد على التدريب والتثقيف الفني من خلال المؤتمرات وورش العمل و الندوات العلمية للمهندسين والفنيين والبرامج التدريبية، الأمر الذي يساعد على توضيح الحقائق الاقتصادية والبيئية في هذه المجالات.

٥- معوقات سياسية وأمنية:

تعد الأزمة السياسية التي تمربها البلاد من اهم ألمعوقات فالاستقرار السياسي لاسيما الاستقرار الامني الذي يساعد على خلق بيئة مناسبة للاستثمار المحلي والدولي ،وبالإضافة الى ان الاستقرار الامني يساعد على ارتفاع ايرادات الدخل لقومي ،الامر الذي يساعد على تمويل المشاريع المختلفة وتمويل ودعم البحوث والمشاريع التي تتعلقة باستخدام الطاقة المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية وذلك لوفرة هذه الطاقة بشكل يشجع ويساعد على استثمارها .

٦- معوقات مناخية :

تؤدي التغيرات المناخية احيانا كالغبار والغيوم والرياح الى تعطيل توليد الطاقة الشمسية المتجددة والبديلة ، مما يؤدي الى تردد البعض في دعم مجالات القطاعات المختلفة والبحث عن تقنيات ذات كفاءة عالية ،تكون قادرة على مواجهة المشاكل المناخية التي من شأنها التعارض مع اداءها وكفاءتها في الانتاج.

٧- معوقات قانونية:

تختلف المعوقات قانونية من دولة لأخرى باختلاف انظمة الدول من النواحي القانونية وذلك قدر تعلق الامر بالأمور القانونية كالتراخيص والموافقات القانونية و تسهيل استخدامات الطاقة الشمسية والمسائل السلوكية الخاصة بقلة الوعي بأهمية التكنولوجيا الجديدة وأهمية ودور الطاقة المتجددة في المحافظة على البيئة .

٨- التلوث:

يعد من اهم المشاكل التي تواجه الباحثين في استخدام الطاقة الشمسية اذ ان مشكلة الغبار ومحاولة تنظيف أجهزة الطاقة الشمسية منها حيث اثبتت البحوث أن أكثر من 50 % من فعالية الطاقة الشمسية تفقد في حالة عدم تنظيف الالواح الشمسية المستقبله لأشعة الشمس لمدة شهر، وأفضل طريقة للتخلص من الغبار هي التنظيف المستمرلمدة لا تتجاوز ثلاثة أيام او اكثر وتختلف هذه الطرق من مكان إلى آخر معتمدة على طبيعة الغبار وطبيعة الطقس في تلك المنطقة.

٩- تخزين الطاقة الشمسية والاستفادة منها أثناء الليل:

يعتمد تخزين الطاقة الشمسية على طبيعة وكمية الطاقة الشمسية ، و نوع الاستخدام وفترة الاستخدام بالإضافة إلي التكلفة الإجمالية لطريقة التخزين ويفضل عدم استعمال أجهزة التخزين لتقليل التكلفة والاستفادة مباشرة من الطاقة الشمسية اثناء وجودها فقط وويعد موضوع تخزين الطاقة الشمسية من المواضيع التي تحتاج إلي ابحاث علمي متطورة .والاستخدام الشائع لتخزين الطاقة الكهربائية هي استخدام البطاريات السائلة (بطاريات الحامض والرصاص).

١٠- التآكل في الالواح الشمسية :

تتسبب الأملاح الموجودة في المياه المستخدمة في دورات التسخين في التآكل الالواح الشمسية ويعد استخدام الماء الخال من الأملاح افضل الحلول للحد من مشكلة التآكل والصدأ في الالواح الشمسية فضلا عن استخدام مساحات كبيرة لتجميع الكمية المناسبة من الطاقة الشمسية للاستفادة من الطاقة الشمسية ،فضلا عن ان الطاقة الشمسية غير منتظمة و الاستعانة بتخزينها سواءً على شكل صورة حرارية أو على شكل صورة كهربية وهذه العيوب وحلولها تزيد من تكلفة استخدام الطاقة الشمسية بشكل عام

ولكن الفرق في التكلفة عن الوقود التقليدي يمكن تقليله بالتوفير الناتج عن معالجة تلوث البيئة من الوقود التقليدي.

الاستنتاجات:

١- ان وجود الغبارعلى الالواح الشمسية يؤدي الى انخفاض في الكفاءة الحرارية والكهربائية فضلا عن ان تراكم (٤ غم) لكل متر مربع يقلل من كفاءة تحويل الطاقة الشمسية بنسبة (٤٠%). وتعد العواصف الترابية سمة من سمات مناخ البلاد وتساهم عدة عوامل في حدوثها من اهمها الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة وكذلك قلة الغطاء النباتي والتضاريس المنطقة لذلك تعد العواصف الغبارية من اهم الخصائص المناخية تأثيرا على كفاءة الالواح الشمسية التي تقلل من عمل وإنتاج الطاقة الشمسية .

٢- الألواح الشمسية أكثر فاعلية في درجات الحرارة الأكثر برودة من درجات الحرارة الأكثر دفئا. عندما تصبح الألواح أكثر سخونة تؤثر درجات الحرارة المرتفعة على عمل الالواح الشمسية اذ تؤدي في الواقع إلى خفض انتاج الطاقة من الالواح فضلا عن ان ارتفاع حرارة المحيط الخارجي يؤدي الى ارتفاع درجة حرارة الالواح الشمسية و هذا بدوره يؤدي الى انخفاض الانتاج .

٣- توفر الطاقة الشمسية في المناطق الصحراوية التي تتمتع بأشعاع شمسي اكبر من المناطق الممطرة و لذلك نجد الدول العربية تستقبل اشعاع شمسي اكبر من الدول الواقعة مباشرة علي خط الأستواء نتيجة تعرض هذه المناطق للأمطار الأستوائية ،فضلا عن عدم خضوع الطاقة الشمسية لسيطرة النظم السياسية والدولية التي قد تحد من التوسع في استغلال أي كمية منها

٤- تواجه الطاقة الشمسية العديد من العوائق التي تحد من انتشارها بشكل واسع وسريع على الرغم من توفر الطاقة المتجددة في محافظة كربلاء المقدسة وخاصة الطاقة الشمسية الا ان لم يتم استغلالها الا في بعض التطبيقات البسيطة وفي مناطق محدد في منطقة الدراسة وحيث تم التركيز على اهم المعوقات التي تحد من انتشار هذه الطاقة والتي تتمثل في المعوقات مختلفة (معوقات مالية واقتصادية و معوقات مؤسساتية وهيكلية و معوقات متعلقة بالوعي وغيرها).

الهوامش:

(١) وزارة التخطيط والتعاون الإنمائي، الجهاز المركزي للإحصاء وتكنولوجيا المعلومات، المجموعة الإحصائية السنوية لعام ٢٠٠٦، جدول رقم ١، ص ٢٠.

(٢)احمد عبد الله احمد بابكر، اسس الجغرافيا المُناخية، ط ١، شركة حديثة للطباعة، الدوحة، ١٩٩٧، ص١٦.

(٣)هيفاء طاهر ، تقرير حول فيزياء الطاقة الشمسية ، الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية ، قسم الأنواء المائية والزراعية ، ١٩٨١ ، ص٢ .

(١) **محمد لطفي، الخلايا الشمسية ، دار اسامة لطباعة والنشر ، دمشق ، 2007،ص**

(١) علي حسن موسى ،موسوعة الطقس والمناخ،ط١،نور للطباعة والنشر والتوزيع،٢٠٠٦،ص١٢٧.

(١) https://www.facebook.com/falioun/photos/muner-solar

(٢)https://www.1876energy.com/how-does-the-weather-affect-solar-panel-efficiency

(٤)ماجد السيد ولي، العواصف الترابية في العراق واحوالها، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد (١٣)،١٩٨٣،ص٦٩ .

(٥)صباح عبود عاتي، سحر نافع شاكر، العواصف الغبارية في العراق، دراسة في خصائصها المكانية والزمنية، المؤتمر الوطني الجغرافي الأول المنعقد في بغداد للمدة من ١-٢/١٢/٢٠١٠، ص٧٨٥.

(٣)مثنى فاضل علي،جغرافية الطاقة اسس ومشكلات ،ط١،المطبعة مؤسسة دار الصادق الثقافية،٢٠١٧،ص١٤٥.

المصادر:

١- احمد عبد الله احمد بابكر، اسس الجغرافيا المُناخية، ط ١، شركة حديثة للطباعة، الدوحة، ١٩٩٧ .

٢- علي حسن موسى ،موسوعة الطقس والمناخ،ط١،نور للطباعة والنشر والتوزيع،٢٠٠٦

٣- مثنى فاضل علي،جغرافية الطاقة اسس ومشكلات ،ط١،المطبعة مؤسسة دار الصادق الثقافية،٢٠١٧ .

٤- محمد لطفي، الخلايا الشمسية ، دار اسامة لطباعة والنشر ، دمشق ، 2007

٥- هيفاء طاهر ، تقرير حول فيزياء الطاقة الشمسية ، الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية، قسم الأنواء المائية والزراعية،١٩٨١ .

١- ماجد السيد ولي، العواصف الترابية في العراق واحوالها، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد (١٣)، ١٩٨٣ .

2- صباح عبود عاتي، سحر نافع شاكر، العواصف الغبارية في العراق، دراسة في خصائصها المكانية والزمنية، المؤتمر الوطني الجغرافي الأول المنعقد في بغداد للمدة من ١-٢/١٢/٢٠١٠ .

١- جمهورية العراق ، المديرية العامة للمساحة ، قسم انتاج الخرائط ، خريطة العراق الادارية

٢- وزارة التخطيط والتعاون الإنمائي، الجهاز المركزي للإحصاء وتكنولوجيا المعلومات، المجموعة الإحصائية السنوية لعام ٢٠٠٦، جدول رقم ١ .

٣- وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي في العراق، قسم المُناخ، بيانات غير منشورة، .

1-https://www.facebook.com/falioun/photos/muner-solar

2-https://www.1876energy.com/how-does-the-weather-affect-solar-panel-efficiency

3- https://nasrsolar.com

4-https://www.facebook.com/falioun/photos/muner-solar