

تحليل علاقة الأشعاع الشمسي والرياح وكمية الطاقة الناتجة عنهما في محافظة بابل

أ.م.د. علي جبار عبدالله الجحيشي

الباحثة: غفران قاسم أسماعيل المعموري

جامعة بابل_ كلية التربية للعلوم الأساسية

جامعة بابل_ كلية التربية للعلوم الإنسانية

Analyze the relationship between solar radiation and wind and the amount of energy produced by them in Babylon governorate**Assist.Prof.Dr.Ali Jabbar Abdullah Al-Jhaishi****Researcher. Ghafran Qasem Ismail Al-Ma'amouri**ali_ali94672@yahoo.com**Abstract**

The relationship between climate and energy is closely related in the study area, the more solar radiation and wind rates increase, the more total, direct, and diffuse solar radiation, and the amount of wind energy intensity, which depends on the means of energy conversion, which vary in specifications from one medium to another. This affects the amount of energy that can be produced from solar cell or wind turbine.

Key Words : renewable energy, solar energy, wind energy.

المستخلص

تشهد العلاقة بين العناصر المناخية وكمية الطاقة ترابطاً وثيقاً في منطقة الدراسة، فكلما ازداد معدلات الأشعاع الشمسي والرياح ازدادت معها مقادير الإشعاع الشمسي الكلي والمباشر والمنتشر، فضلاً عن مقدار كثافة طاقة الرياح، وهذه المقادير تعتمد بطبيعتها على وسائل تحويل الطاقة التي تختلف مواصفاتها من وسيلة لأخرى، يؤثر بذلك على كمية الطاقة التي يمكن أنتاجها من الخلية الشمسية او التوربين الريحي.

الكلمات المفتاحية: الطاقة المتجددة، الطاقة الشمسية ، الطاقة الريحية

المقدمة :

وتعد دراسة الطاقة المتجددة واحدة من أهم اتجاهات الجغرافية المعاصرة نحو دراسة الظواهر ذات الصلة بحياة الشعوب وتكريس لنهجها التطبيقي، الذي يتطلب كل ما هو حديث ومستجد من تلك الظواهر شأنها في ذلك شأن العلوم التطبيقية الأخرى، وتلعب الطاقة دوراً أساسياً مهماً في التطور الاقتصادي والاجتماعي، ومن أهم المستلزمات المحركة للقطاعات المختلفة وركيزة أساسية من ركائز التطور الاجتماعي، وتدخل في كل نواحي الحياة للدول المتطورة، ومن المقومات الرئيسة لتلك المجتمعات المتحضرة.

_ مشكلة البحث : The Problem of Study : (أنتمتع منطقة الدراسة بمعدلات أشعاع شمسي تؤهلها لإنتاج طاقة كهروضوئية؟ وهل معدلات سرعة الرياح في منطقة الدراسة تكون كافية لإنتاج طاقة كهروضوئية؟)

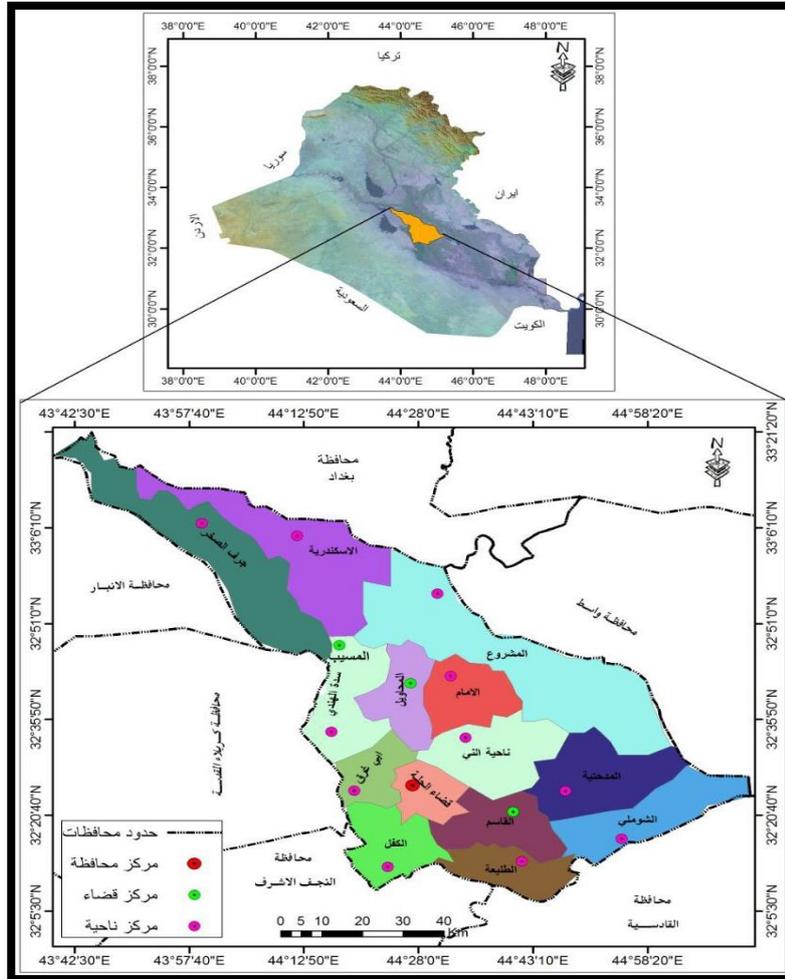
_ فرضية الدراسة : Hypothesis of Study) تتمتع منطقة الدراسة بمعدلات أشعاع شمسي وفيرة تؤهلها لإنتاج طاقة كهروضوئية. تكون معدلات سرعة الرياح غير مجدية النفع لتوليد طاقة كهروضوئية في منطقة الدراسة.

_ هدف الدراسة : Objective of the Study: تهدف الدراسة إلى أبرز الخصائص المناخية لاسيما الأشعاع الشمسي والرياح في محطة الدراسة والتعرف على طبيعة تأثيرها على الطاقة المتجددة، فضلاً عن التعرف على إمكانات منطقة الدراسة من حيث كميات الأشعاع الشمسي والرياح والسعي لحساب كمية الطاقة الشمسية والريحية في محطة الدراسة.

_ حدود الدراسة : Boundaries of Study : تقع منطقة الدراسة جغرافياً في المنطقة الوسطى من العراق، كما في الخريطة(1)، فتحدها من الشمال محافظة بغداد، بينما حدودها الشمالية الشرقية تكون مع محافظة واسط، والشمالية الغربية مع محافظة الأنبار،

ومن الغرب محافظة كربلاء، والجنوب الغربي محافظة النجف، فضلاً عن حدودها الشرقية والجنوبية الشرقية فتكون مع محافظة الديوانية خريطة (1)، أما موقع منطقة الدراسة فلكياً فإنها تقع بين دائرتي عرض ($6^{\circ} 32' - 8^{\circ} 33'$ شمالاً)، وخطي طول ($43^{\circ} 57' - 45^{\circ} 12'$ شرقاً).

الخريطة (1) موقع منطقة الدراسة من العراق ووحداتها الإدارية



المصدر : الباحثة بالاعتماد على المرئية الفضائية *Land Sat 8*، وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية *GIS*

أولاً : الأشعاع الشمسي والرياح في منطقة الدراسة

1_ الأشعاع الشمسي : تتباين كمية الأشعاع الشمسي مكانياً وزمانياً والتي بدورها أنعكس على تباين طول مدة الأشعاع الشمسي، والتي تتحدد بساعات السطوع النظري والفعلي، إذ تتأثر ساعات السطوع الشمسي بالموقع بالنسبة لدوائر العرض، وبالإضافة الى تأثرها بكمية الغيوم والأترربة العالقة في الجو وبخار الماء.

ويتضح لنا من خلال تحليل بيانات الجدول (1)، والشكل (2)، أن معدلات السطوع عدد ساعات السطوع النظرية الواصلة الى منطقة الدراسة تبدأ قيمتها بالارتفاع والزيادة ابتداءً من شهر آذار أذ بلغت نحو (12 ساعة/يوم)، ويستمر بالارتفاع معدل ساعات السطوع النظرية، ويصل أقصى حد له في فصل الصيف وتحديداً في شهر حزيران أذ بلغ خلال هذا الشهر نحو (14 ساعة/يوم)، ويعود هذا الارتفاع لتعامد أشعة الشمس على مدار السرطان، وتبلغ معدلات السطوع النظري مرتفعه في كل من أشهر (تموز، آب، أيلول) فقد بلغت نحو (11,2 ، 12,2 ، 13,2) ساعة /يوم على التوالي، وتأخذ معدلات السطوع النظري بالانخفاض خلال فصل الشتاء

حيث سجلت أدنى قيم للسطوع النظري في شهر كانون الأول أذ بلغت نحو (10 ساعة/يوم)، في حين بلغ المعدل السنوي لعدد ساعات السطوع النظري في محطة الدراسة نحو (11,71 ساعة/يوم)، وبهذا فقد بلغ عدد الأشهر التي يزداد فيها المعدل الشهري على المعدل السنوي (ستة أشهر) ابتداءً من شهر نيسان حتى أيلول، مقترناً مع المدة التي تكون فيها زاوية سقوط الأشعاع الشمسي كبيرة، وبذلك ترتفع درجة الحرارة لزيادة الكمية الواصلة من الأشعاع الشمسي المقترنة مع زاوية سقوط أشعة الشمس وعدد ساعات السطوع النظري.

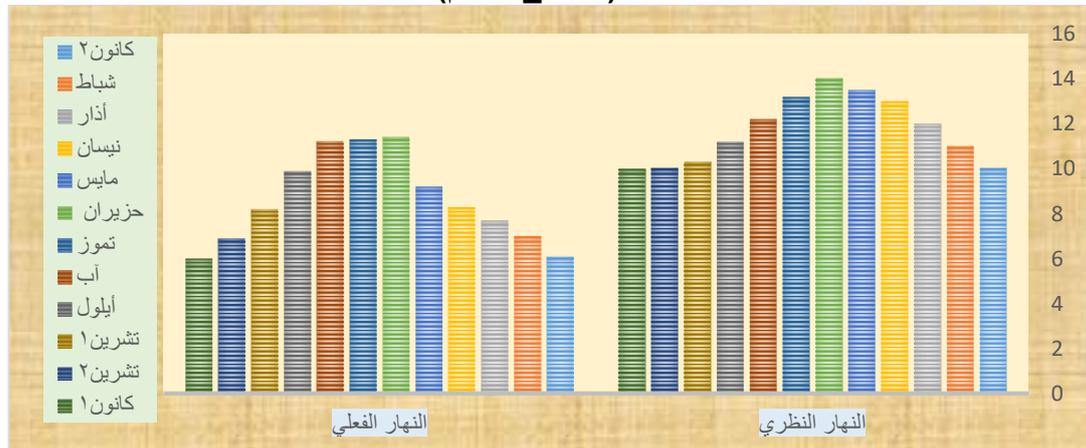
ويتبين أيضاً من خلال الجدول (1)، والشكل (1)، أن عدد ساعات السطوع الفعلي تبدأ بالارتفاع من شهر نيسان أذ تبلغ (8,1 ساعة/يوم)، وتستمر ساعات السطوع الفعلية بالارتفاع الى أن تسجل أقصى معدلات لها في أشهر (حزيران، تموز، آب) أذ بلغت نحو (9,7 ، 11,1 ، 10,9) ساعة/يوم على التوالي، وترجع هذه الزيادة الى طول النهار من جهة وشفاء السماء وخلوها من الغيوم والغبار والضباب بدرجة كبيرة، وبالإضافة الى زاوية سقوط الأشعاع الشمسي تكون عمودية أو شبه عمودية من جهة أخرى.

الجدول (1) المعدلات الشهرية والسنوية للأشعاع الشمسي الفعلي والنظري (ساعة /يوم) في محطة الدراسة المناخية للمدة (2018_2008م)

الشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
النهار النظري	10.04	11	12	13	13.5	14	13.2	12.2	11.2	10.3	10.04	10	11.71
النهار الفعلي	6.07	6.9	7.4	8.1	8.7	9.7	11.1	10.9	9.5	7.9	6.5	6.4	8.3

المصدر : جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة لأنواع والأرصاد الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، 2018.

الشكل (1) المعدلات الشهرية والسنوية للأشعاع الشمسي الفعلي والنظري (ساعة/يوم) في محطة الدراسة المناخية للمدة (2018_2008م)



المصدر: الباحثة بالاعتماد على الجدول (1)

وتأخذ معدلات ساعات السطوع الفعلي بالانخفاض بدءاً من شهر أيلول أذ بلغت (9,5 ساعة/يوم)، وتسجل أدنى معدلاتها في أشهر كانون الأول وكانون الثاني وشباط حيث سجلت نحو (6,4 ، 6,07 ، 6,9) ساعة/يوم على التوالي، ويرجع السبب في هذا التناقص وذلك لكون فصل الشتاء هو موسم سقوط الأمطار وتكون السماء ملبدة بالغيوم الكثيفة التي تقوم بحجب أشعة الشمس، فضلاً عن قصر طول النهار في هذا الفصل وزيادة ميلان زاوية سقوط الأشعاع الشمسي وزيادة الرطوبة النسبية للهواء، ويلاحظ بأن شهر أيلول تصل معدلاته الشهرية لقيم الأشعاع الشمسي أعلى مما هو عليه في شهر آذار، وهذا يعود الى أن الفترة الممتدة من (1_23/أيلول) تكون أشعة الشمس في نصف الكرة الشمالي، لذلك تقوم برفع مقادير زوايا سقوط الأشعاع الشمسي في محطة

الدراسة، أما في شهر (آذار) تكون أشعة الشمس حتى يوم (21 آذار) وتسقط الى الجنوب من خط الاستواء مما سبب هذا الفرق في كميات الأشعاع الشمسي بين شهر آذار وأيلول⁽¹⁾.

وبهذا يتضح لنا من خلال ذلك، بأن ساعات السطوع النظري والفعلي تأخذ بالزيادة خلال أشهر الصيف (حزيران وتموز وأب)، وكذلك تستمر معدلات السطوع عالية خلال أشهر الربيع (آذار ونيسان ومايس) والخريف أيضاً (أيلول، تشرين الأول، تشرين الثاني)، أما خلال فصل الشتاء فعلى الرغم من قصر طول النهار وقلة ساعات السطوع إلا أنها تتمتع بمعدلات عالية وجيدة لتوليد الطاقة الشمسية، وبذلك يمكن من خلالها أن يتم توليد الطاقة الكهربائية للمناطق البعيدة النائية والعمل على استثمارها في تنمية المشاريع الزراعية والنشاطات الاقتصادية والخدمية المختلفة في منطقة الدراسة، وبهذا يمكن القول بأن منطقة الدراسة تتمتع بفيض من الأشعاع الشمسي الذي يمكن استثماره في إنتاج طاقة كهربائية متجددة في قطاعات مختلفة.

رابعاً: الرياح : Wind: تعد الرياح من أهم العناصر الحيوية المناخية التي يتم قياسها يومياً في محطات الرصد الجوي، وتعرف بأنها حركة الهواء الأفقية الناتجة عن اختلاف في الضغط الجوي فيما بين منطقتين، فيتحرك الهواء من منطقة الضغط العالي الى مناطق الضغط الواطئ⁽²⁾. حيث أن حركة الهواء الأفقية تعمل على تسوية الفروقات في درجات الحرارة والرطوبة والضغط الجوي فيما بين مكان وآخر، وأن كان ذلك لا يمكن ان يحدث بسبب استمرار التسخين المتفاوت رغم ذلك، فتعتبر الرياح المنظم للغلاف الجوي، وبسبب الرياح تحدث كافة الظواهر الجوية⁽³⁾. وتعد الشمس المصدر الأساسي لطاقة الرياح وأحد أهم العوامل المؤثرة في توزيعها الزمني والمكاني، حيث تختلف كميات الطاقة الشمسية الواصلة للغلاف الجوي من مكان لآخر، وهذا يؤدي الى اختلاف كثافة الهواء والضغط الجوي، وينتج عن اختلاف درجات الحرارة والضغط انتقال الهواء من مناطق الضغط العالي الى مناطق الضغط الواطئ التي تؤثر على سرعة الرياح وقوة الأندار وقوة الاحتكاك الذي يقلل من سرعة الرياح ومقدار طاقتها. ويطلق على الهواء المتحرك بصورة أفقية على سطح الأرض بتسمية الرياح⁽⁴⁾. تعرف سرعة الرياح بأنها المسافة التي تقطعها جزيئات الهواء المتحرك في وحدة من الزمن، وتعد بكونها واحدة من أهم الأحوال الجوية المؤثرة في النشاطات الاقتصادية (السياحة، الزراعة، الصناعة، وغيرها)، فضلاً عن دورها في إنتاج الطاقة وأعطاء الخصائص المثالية لأستغلال وإنتاج الطاقة الريحية⁽⁵⁾. ومن خلال ملاحظة الجدول (2)، والشكل (2)، يتضح بأن المعدل السنوي لسرعة الرياح الهابة على منطقة الدراسة للمدة ما بين (2008_2018) بلغ نحو (1,7م/ثا)، حيث أن المعدلات الشهرية لمتوسط سرعة الرياح تتباين من شهر لآخر خلال السنة، حيث يتضح أن متوسط سرعة الرياح يزداد بدءاً من شهر آذار حتى نهاية شهر تموز، في حين تسجل أعلى معدلات لسرعة الرياح خلال شهري (حزيران، تموز) بقيم بلغت نحو (2,5م/ثا) لكل منهما، ويعود سبب اختلاف وارتفاع معدلات سرعة الرياح خلال الفصل الحار نتيجة حدوث عملية مزج ما بين طبقة الهواء السطحية والعلية، فضلاً عن وقوع منطقة الدراسة تحت تأثير الضغط المنخفض الهندي (الموسمي) خلال هذه المدة مما يؤدي الى زيادة سرعة الرياح في منطقة الضغط العالي لهضبة الأناضول باتجاه منطقة الدراسة. بينما تنخفض سرعة الرياح الهابة فوق منطقة الدراسة بدءاً من شهر آب حتى نهاية شهر تشرين الأول، حيث سجلت أدنى معدلات لها خلال شهري (تشرين الأول، تشرين الثاني) بقيم نحو (1,3 ، 1,2) م/ثا على التوالي، وأن هذا يؤكد حقيقة تراجع سرعة الرياح خلال الفصل البارد، وذلك بفعل انعدام حدوث عملية التسخين، فضلاً عن تمركز الضغط العالي شبه المداري فوق منطقة الدراسة.

(1) علي مهدي الدجيلي، تحليل علاقة التغير بكمية الأشعاع الشمسي في العراق، مجلة العلوم الانسانية، كلية التربية صفي الدين الحلي،

العدد الثامن، 2011، ص 234.

(2) Horace. R. Byers. General Meteorology. McGraw_Hill Book, 1977, p.141.

(3) عبد الغني جميل السلطان، الجو عناصره وتقلباته، دار الحرية للطباعة، بغداد، 1986، ص 107.

(4) Siraj Ahmed , Wind Energy , Printed by Perfect Impression, New Delhi, 2010, p.8.

(5) صالح جيتاوي وآخرون، مبادئ الأرصاد الجوية، 1981، ص 34.

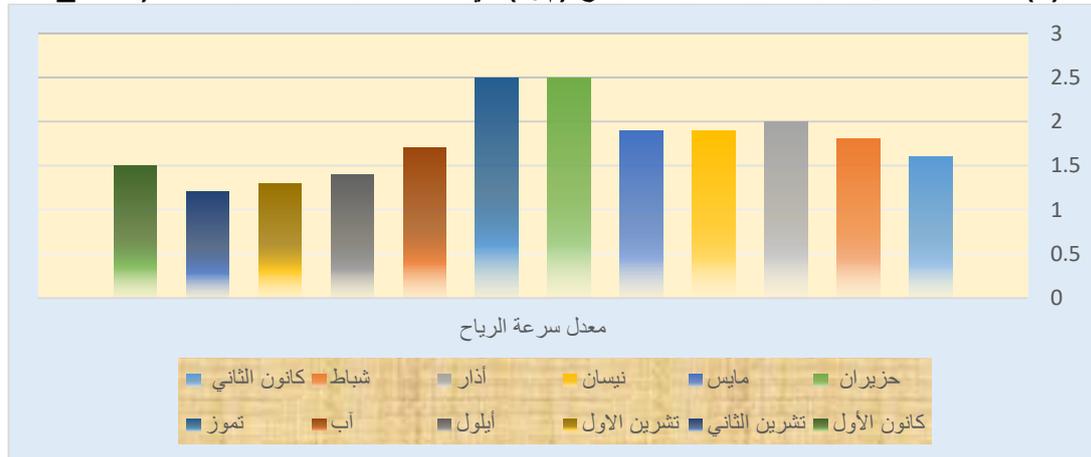
ويتضح من خلال هذه المعدلات بأن منطقة الدراسة تتمتع بمعدلات سرعة للرياح تؤهلها لاستثمار الطاقة المتجددة والعمل على استغلالها بشكل أفضل لكون الرياح والشمس يكونان من أهم مصادر الطاقة المتجددة الطبيعية التي لا تنضب ولا تنفذ يوماً ما كما في المصادر الغير متجددة كالفحم والنفط التي تكون مهددة في أي وقتاً فضلاً عن تأثيرها البيئي الخطير الذي يمكن أن تتركه في البيئة.

الجدول (2) المعدلات الشهرية والسنوية لسرعة الرياح (م/ثا) في محطة الدراسة المناخية للمدة (2008_2018م)

الشهر	كانون الثاني	شباط	أذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
معدل سرعة الرياح	1.6	1.8	1.9	1.9	1.9	2.5	2.5	1.8	1.3	1.3	1.2	1.4	1.7

المصدر : جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة لأنواع والأرصاء الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، 2018.

الشكل (2) المعدلات الشهرية والسنوية لسرعة الرياح (م/ثا) في محطة الدراسة المناخية للمدة (2008_2018)



المصدر: الباحثة اعتماداً على الجدول (2)

أولاً: قياس الإشعاع الشمسي والرياح بالطرق الرياضية

1_ قياس الإشعاع الشمسي في منطقة الدراسة : يعد الإشعاع الشمسي احد مصادر الطاقة الواردة الى سطح الأرض ومن خلالها تحدث كافة الظواهر الجوية وتغيراتها، ومن الضروري جداً حساب ورصد كمية الإشعاع الشمسي الكلي والمنتشر والمباشر، وأن حساب الإشعاع الشمسي له أهمية كبيرة في استغلال الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية في منطقة الدراسة، ويمكن إيجاز أهم المعادلات المستخدمة في حساب الإشعاع الشمسي الكلي وهي:

أ_ معادلة انجستروم (Angstrom)⁽⁶⁾: أذ لم يكن الاشعاع الشمسي مقاساً، فبالامكان قياسه من خلال معادلة انجستروم التي تربط بين الاشعاع الشمسي الكلي والاشعاع الخارجي للغلاف الجوي الأرضي والسطوع النسبي الفعلي. حيث يمكن حساب الاشعاع الشمسي الكلي في منطقة الدراسة بالاعتماد على المعادلة الاتية:

$$RS = \left(as + bs \frac{n}{N} \right) Ra$$

حيث أن :

(⁶) Richard G.Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith, Evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements, FAO irrigation and Drainage paper, No.56, ROMA, 1998, P.50

$$Rs = \text{الاشعاع الشمسي الكلي (ميكا جول/م}^2\text{/يوم)}$$

$$= as + bs \text{ قيم ثابتة}$$

$$n = \text{المدة الفعلية لسطوع الشمس (ساعة)}$$

$$N = \text{الفترة القصوى لسطوع الشمس (ساعات السطوع النظري).}$$

$$Ra = \text{الاشعاع الشمسي الخارجي للغلاف الجوي (ميكا جول/م}^2\text{/يوم)}$$

بينما تم استخراج الاشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الدراسة (global solar radiation)، من خلال المعادلة الآتية⁽⁷⁾:

$$Rs = \left(as + bs \frac{n}{N} \right) Ra$$

حيث أن:

$$Rs = \text{الأشعاع الشمسي الكلي}$$

$$as+bs = \text{قيم ثابتة ، حيث (} as = 0.25 \text{) اما (} bs = 0.50 \text{).}$$

$$n = \text{ساعات السطوع الفعلي.}$$

$$N = \text{ساعات السطوع النظري.}$$

$$Ra = \text{الأشعاع الشمسي الخارجي، وتستخرج قيمتها تبعاً للعلاقة الآتية}^{(8)}:$$

$$Ra = \frac{24(60)}{\pi} Gs dr [WS \sin(\varnothing) + \text{Cos}(\delta)(\text{Cos}(\varnothing)\sin(ws))]$$

حيث أن :

$$Gs = \text{الثابت الشمسي (ميكا جول/م}^2\text{)}$$

$$Dr = \text{نسبة المسافة بين الشمس والأرض.}$$

$$WS = \text{زاوية ارتفاع اشعة الشمس}$$

$$\varnothing = \text{درجة دائرة العرض}$$

$$\delta = \text{زاوية سقوط اشعة الشمس}$$

حيث يتم أستخراج كل قيمة من تلك القيم على وفق ما يأتي:

$$Dr = 1 + 0.033 \left[\frac{2\pi}{365} J \right]$$

حيث أن :

$$J = \text{ترتيب اليوم من السنة.}$$

$$\delta = 23.45 \sin \left[360 \frac{284+J}{365} \right]$$

$$Ws = ar \cos [-\tan(\varnothing) \tan(\delta)]$$

ويتم أستخراج قيمة (N) كآلاتي⁽⁹⁾ :

⁽⁷⁾Sahib Na'ama Abdul-Wahid, Hassan abbas Judh, calculation of link turbidity in atmosphere over Iraq by-solar constant Kufa of Journal of Engineering, Vol. 1, No. 2, 2010, P.34.

⁽⁸⁾Sahib Na'ama Abdul-Wahid, Ali Mahdi, Hassan Abas Judh, calculation and application of net solar radiation in Iraq, Al-Qadisiya journal for science, 2010,p.122.

⁽⁹⁾Sahib Na'ama Abdul-Wahid, Methaq Mutter Hasan Abas, Lena Mohamed Hatem,An investigation of atmorospheric turbidity of sixteen Iraq location, journal for the Karbala University, Vol.6, No.3, 2008, P.119.

$$N = \frac{24}{\pi} Ws$$

$N =$ ساعات السطوع النظري

$\pi =$ النسبة الثابتة

$Ws =$ زاوية ارتفاع الشمس

ب _ حيث يتم حساب الاشعاع الشمسي المنتشر في منطقة الدراسة: من خلال استخدام معادلات الرياضية وهي كالاتي⁽¹⁰⁾:

$$Hd = [0.958 - 0.982kt]Rs$$

$$Hd = [1.00 - 17.13kt]Rs$$

$$Hd = [1.39 - 4.027kt + 5.531kt^2 + 3.108kt^3]Rs$$

حيث أن:

$Hd =$ الإشعاع الشمسي المنتشر

$Rs =$ الإشعاع الشمسي الكلي.

$Kt =$ معامل صفاء الجو، ويمكن استخراج (kt) من خلال استخدام المعادلة الآتية :

$$kt = \frac{Rs}{Ra}$$

حيث أن:

$Rs =$ الإشعاع الشمسي الكلي.

$Ra =$ الإشعاع الشمسي الخارجي.

2 _ قياس طاقة الرياح والقوة المتولدة من سرعة الرياح في منطقة الدراسة : فالطاقة الريحية هي عملية تحويلية لحركة الرياح الى شكل اخر من الطاقة التي يستخدمها الانسان، ويعتمد مقدار الطاقة المولدة على سرعة الرياح، ويتم حساب الطاقة الريحية من خلال العلاقة الآتية⁽¹¹⁾ :

$$P = \frac{1}{2} DV^3$$

حيث أن :

$P =$ طاقة الرياح (واط)

$D =$ كثافة الهواء (ويمكن اعتبارها قيمة ثابتة 1.29 كغم/م³)

$V =$ سرعة الرياح (م/ثا).

ثانياً : تحليل العلاقة بين الأشعاع الشمسي والرياح وكمية الطاقة الناتجة منهما

1 _ تحليل العلاقة بين الأشعاع الشمسي وكمية الطاقة الناتجة منها: فقد تم تحليل العلاقة بين كمية الأشعاع الشمسي الواصلة الى سطح الأرض وكمية الطاقة الناتجة عنها من خلال حساب الاشعاع الكلي والمباشر والمنتشر بهدف التعرف على حجم الطاقة التي يمكن أن يوفرها هذا المورد المناخي لمنطقة الدراسة ومن ثم التوجه لاستغلاله في الطاقة المتجددة.

أ_ الإشعاع الشمسي الكلي (Global Solar Radiation): فهو مجموع الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر، إذ أن الغلاف الجوي للأرض يمتص جزء ويشتمت جزءاً آخرًا من الاشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض. ينظر الشكل(17).

(10) Sahib Na'ama Abdul-Wahid, Wissam H. Mahdi, Hameed J. Hamdan, Fathel Na'ama Abdul-Wahid, Estimation and comparison of diffuse solar radiation over Iraq , Kufa of Journal of Engineering, Vol. 1, No. 2, 2010, P. 155

(11) عادل سعيد الراوي، قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، بغداد، ص296.

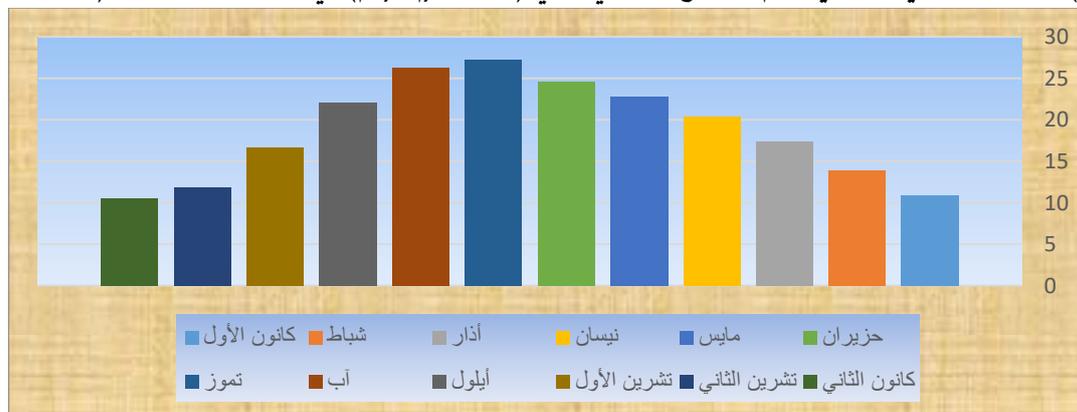
أذ يتضح من خلال الجدول(3)، والشكل(3)، إلى أن كمية الاشعاع الشمسي الكلي تتباين زمانياً في محطة منطقة الدراسة تبعاً للأختلاف في زوايا سقوط الاشعاع الشمسي وطول ساعات النهار وشفاء الجو، أذ تبدأ قيم الاشعاع الشمسي الكلي بالارتفاع التدريجي بدءاً من شهر نيسان أذ تبلغ (20.44) ميكاجول/م²/يوم، ويعود هذا لحركة الشمس الظاهرية باتجاه مدار السرطان وكبر زوايا سقوط الأشعاع الشمسي، مما يترتب على ذلك ارتفاع في كمية الأشعاع الشمسي الكلي، بينما سجلت أعلى مقدار خلال أشهر (حزيران، تموز، آب) نحو (24.68، 27.33، 26.31) ميكاجول/م²/يوم على التوالي، ويعود هذا الارتفاع لتعامد أشعة الشمس على مدار السرطان في (21 حزيران) مما يترتب على ذلك زيادة كبيرة في زاوية ارتفاع الشمس وطول عدد ساعات النهار، فضلاً عن انخفاض أو أعدام كمية السحب، وتستمر محطة الحلة بتسجيلها ارتفاعاً في قيم الاشعاع الشمسي الكلي حتى شهر تشرين الأول أذ بلغ (16.66) ميكاجول/م²/يوم، ومن ثم تأخذ بالانخفاض التدريجي إلى أن تصل أدنى مقداراً لها في خلال أشهر فصل الشتاء (كانون الأول، كانون الثاني، شباط) بقيم بلغت نحو (10.48، 10.95، 13.90) ميكاجول/م²/يوم على التوالي، ويعود هذا الانخفاض نتيجة تعامد أشعة الشمس على مدار الجدي وابتعادها عن منطقة الدراسة في (21 كانون الأول)، مما يترتب على ذلك صغر زاوية سقوط الأشعاع الشمسي وقصر طول النهار، فضلاً عن زيادة تغطية السماء بالسحب والغيوم، وبعد ذلك تنتقل الشمس الظاهرية باتجاه دائرة العرض الاستوائية فتسقط عليها عمودياً في (21 آذار)، ومن هنا تتزايد زوايا سقوط الأشعاع الشمسي، مما يؤدي ذلك الى طول النهار، وبذلك تزداد مقادير الأشعاع الشمسي الكلي، فقد بلغت خلال هذا الشهر (17.41) ميكاجول/م²/يوم، في حين بلغ المعدل السنوي لقيم الأشعاع الشمسي الكلي لمحطة الدراسة (18.750) ميكاجول/م²/يوم. ونستنتج من ذلك بأن محطة الدراسة تمتع بمعدلات من الأشعاع الشمسي الكلي الساقط كبيرة، الأمر الذي يدعو للإمكانية أستثمارها في ميدان الطاقة المتجددة لتكون خير عون للطاقة الكهربائية التقليدية وسد النقص الحاصل فيها.

الجدول(3) المعدلات الشهرية والسنوية لقيم الأشعاع الشمسي الكلي (ميكاجول/م²/يوم) في محطة الدراسة للمدة (2008_2018)

الشهر	كانون الثاني	شباط	أذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
الإشعاع الشمسي الكلي	10.95	13.90	17.41	20.44	22.86	24.68	27.33	26.31	22.05	16.66	11.93	10.48	18.75

المصدر : الباحثة بالاعتماد على الجدول(1)، والملحق(1) و(2)، ومعادلة الإشعاع الشمسي الكلي.

الشكل (3) المعدلات الشهرية والسنوية لقيم الأشعاع الشمسي الكلي (ميكاجول/م²/يوم) في محطة الدراسة للمدة (2008_2018).



المصدر : الباحثة بالاعتماد على الجدول(3)

ب_ الأشعاع الشمسي المنتشر (Diffuse Solar Radiation): ويعرف بكونه الأشعاع الساقط من الشمس، والذي ينتشر ويغير اتجاهها ويتبعثر أثناء مروره بالغلاف الجوي، وينقسم الأشعاع المنتشر إلى قسمين، فالأول أشعاع منتشر في السماء، والثاني أشعاع منعكس من الأرض، ويمكن أن يكون مبعثر ومشتت بفعل جزيئات الغلاف الجوي أو المنعكسة من الغيوم، أذ ينعكس من السطح مرة أخرى إلى السماء، ومتفرقة العودة مرة أخرى إلى الأرض، حيث يفترض أن يصل الى الموقع بكثافة متساوية في جميع الاتجاهات⁽¹²⁾. وتقدر نسبة الأشعة من 10_20 من الأشعاع الكلي المستلم على السطح الأفقي خلال النهار وتكون فيها السماء خالية من الغيوم وصافية، بينما يقدر نسبة الأشعاع الشمسي المنتشر بحوالي 50% عندما تكون السماء ملبدة بالغيوم والسحب⁽¹³⁾. ويتبين من خلال الجدول(4)، والشكل(4)، أن المعدلات الشهرية لقيم الأشعاع الشمسي المنتشر تظهر نوعاً من التباين الزمني في منطقة الدراسة، حيث تزداد نسبة الأشعاع الشمسي بشكل عام خلال فصل الصيف لاسيما بعد (21 آذار)، أي أنها تتماشى مع قيم الأشعاع الشمسي الكلي من حيث الارتفاع والانخفاض في مقاديرها، حيث تبدأ المعدلات الشهرية للأشعاع الشمسي المنتشر بالارتفاع التدريجي في شهر (آذار) حتى شهر (أيلول)، بينما يسجل أقصى ارتفاع للأشعاع الشمسي المنتشر خلال أشهر (حزيران، تموز، آب) بقيم بلغت (9.27، 8.14، 7.26) ميكاجول/م²/يوم على التوالي في محطة منطقة الدراسة، ويعود هذا الارتفاع خلال هذه الأشهر إلى ارتفاع الرطوبة الجوية وزيادة الظواهر الغبارية مما يعرض الأشعاع الشمسي لعدة عمليات منها (الأمطار، والانتشار، والانكسار)، وبالتالي يقلل من كمية الأشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض، حينئذ تأخذ قيم الأشعاع الشمسي المنتشر بالانخفاض تدريجياً خلال أشهر فصل الشتاء (كانون الأول، كانون الثاني، شباط) إلى أدنى مستوياتها بمقدار بلغ(4.16، 4.59، 5.61) ميكاجول /م²/يوم على التوالي في محطة الدراسة، ويعود هذا الانخفاض الى زيادة نسبة تغطية السماء بالسحب والغيوم فضلاً عن قلة الظواهر الغبارية التي تؤدي الى تبعثر الأشعاع الشمسي، بينما بلغ المعدل السنوي للأشعاع المنتشر نحو (6.68) ميكاجول/م²/يوم. ويتضح مما تقدم بأن منطقة الدراسة تستلم كميات كبيرة من الأشعاع الشمسي المنتشر تتوزع جغرافياً بصورة متكافئة في منطقة الدراسة، مما يجعلها مؤهلة بشكل كبير لاستثمار أغلب المناطق في إنتاج الطاقة المتجددة.

ج_ الأشعاع الشمسي المباشر (Direct Solar Radiation): ويقصد به ذلك الأشعاع الساقط على سطح ما مباشرة من قرص الشمس، ويعد هذا النوع من أهم الإشعاعات الشمسية نظراً لشدة⁽¹⁴⁾. حيث يتم إيجاد الأشعاع الشمسي المباشر عن طريق موضع الشمس والكتل الهوائية وظروف الغلاف الجوي منها (درجة الحرارة، الرطوبة، السحب)، فضلاً عن زوايا سقوط الأشعاع الشمسي على مستوى مستقل⁽¹⁵⁾.

ويمكن استخراج مقدار الأشعاع الشمسي المباشر بطريقة رياضية مبسطة من خلال طرح قيمة الأشعاع الشمسي المنتشر من الأشعاع الكلي، أذ يستفاد من دراسة هذا النوع من الأشعاع بالتعرف على كمية الطاقة الفعلية التي يحملها الأشعاع الشمسي وقوته.

⁽¹²⁾ نبيل شهيد، حساب الاشعاع الشمسي بمساعدة الحاسوب، مجلة الطاقة والحياة، العدد23، 2006، ص65.

⁽¹³⁾ مارتن أسكرين، الخلايا الشمسية مبادئ العمل (التقنية وتطبيقات المنظومة)، ترجمة: يوسف مولود حسن، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، 1989، ص15.

⁽¹⁴⁾ عبد المعين مفتاح صقر، تصميم منظومة حاسوبية لحساب الأشعاع الشمسي، ورقة بحثية، جامعة المرقب، بدون تاريخ، ص10.

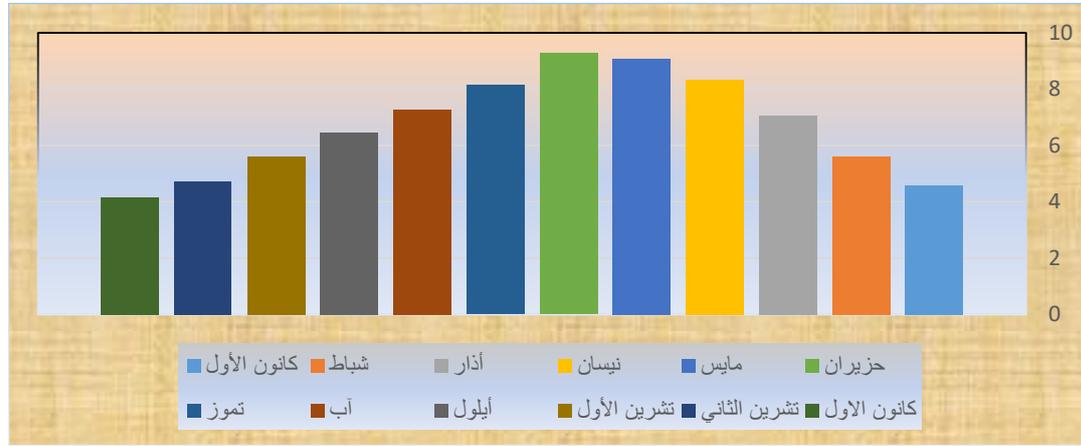
⁽¹⁵⁾ ستيفان ك. و. كراوتر، توليد القدرة الكهربائية من الطاقة الشمسية أنظمة الطاقة الفولتضوئية، ترجمة: عبد الباسط علي صالح كرمان، الرياض، 2011، ص199.

الجدول (4) المعدلات الشهرية والسنوية لقيم الأشعاع الشمسي المنتشر (ميكاجول/م²/يوم) في محطة الدراسة للمدة (2018_2008)

الشهر	كانون الثاني	شباط	أذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
معدل زاوية السقوط	4.59	5.61	7.05	8.33	9.06	9.27	8.14	7.26	6.46	5.61	4.71	4.16	6.68

المصدر : الباحثة بالاعتماد على الجدول (3) والملحق (4). ومعادلة الأشعاع المنتشر.

الشكل (4) المعدلات الشهرية والسنوية لقيم الأشعاع الشمسي المنتشر (ميكاجول/م²/يوم) في محطة الدراسة للمدة (2018_2008).



المصدر : الباحثة بالاعتماد على الجدول (4)

أذ يتضح من خلال تحليل المعطيات الرقمية لجدول (5)، والشكل (5)، بأنه قيم الأشعاع الشمسي المباشر تتماشى مع قيم الأشعاع الكلي، أذ تبدأ تلك القيم بالارتفاع التدريجي بعد (21 آذار)، أذ تبلغ أعلى قيم للأشعاع خلال أشهر فصل الصيف لاسيما (حزيران، تموز، آب) بمقدار (15.41 ، 19.19 ، 19.05) ميكاجول/م²/يوم على التوالي في محطة منطقة الدراسة. ويعود هذا الأرتفاع في مقادير الأشعاع المباشر خلال هذه الأشهر إلى كبر زوايا سقوط الأشعاع الشمسي وزيادة ساعات السطوع الفعلي، فضلاً عن أنعدام الغيوم الذي يؤدي إلى أرتفاع في كمية الأشعاع الشمسي المباشر المستلم، ومن ثم تأخذ تلك المعدلات بالتناقص التدريجي بدءاً من شهر تشرين الأول حتى شهر آذار، بينما سجل أدنى مقدار للأشعاع المباشر خلال شهري (كانون الأول وكانون الثاني) بقيم بلغت (6.32 ، 6.36) ميكاجول/م²/يوم على التوالي، ويعود هذا الأنخفاض خلال الشهرين المذكورين الى تعامد أشعة الشمس على مدار الجدي بعد (21 كانون الأول)، مما يترتب على ذلك صغر زاوية سقوط الأشعاع الشمسي وقلة ساعات السطوع، فضلاً عن زيادة الغيوم في السماء التي تعرقل وصول كميات أكبر من الأشعاع المباشر، بينما بلغ المعدل السنوي للأشعاع المباشر نحو (12.06) ميكاجول/م²/يوم في محطة منطقة الدراسة. يتبين مما تقدم من وفرة وقوة الأشعاع المباشر الساقط على سطح منطقة الدراسة، وهذا بدوره يشير بشكل واضح إلى إمكانية نصب الألواح الشمسية التي تعمل بالاعتماد على الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية، وهذا الأستنتاج بدوره يتفق ويؤكد التقارير والأشارات التي أكدت عليها أهمية الطاقة المتجددة في وزارة العلوم

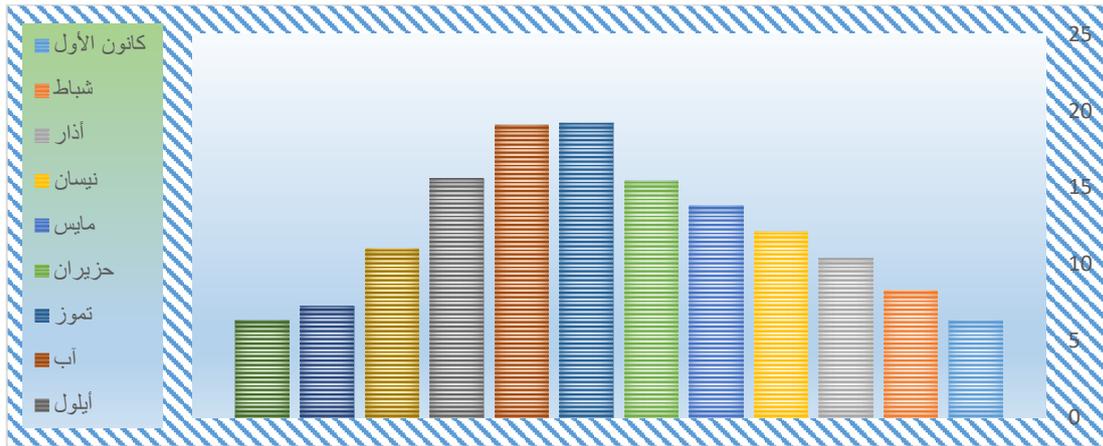
والتكنولوجيا (سابقاً)، فضلاً عن التي أشارت بوضوح إلى أهمية منطقة الدراسة، وأمكانية استثمارها في هذا المجال نظراً للأماكن المتوفرة فيها.

الجدول (5) المعدلات الشهرية والسنوية لقيم الأشعاع الشمسي المباشر (ميكا جول/م²/يوم) في محطة الدراسة للمدة (2018_2008)

الشهر	كانون الثاني	شباط	أذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
معدل زاوية السقوط	6.36	8.29	10.35	12.11	13.79	15.41	19.19	19.05	15.59	11.05	7.22	6.32	12.06

المصدر : الباحثة بالاعتماد على الجدول (3) و(4).

الشكل (5) المعدلات الشهرية والسنوية لقيم الأشعاع الشمسي المباشر (ميكا جول/م²/يوم) في محطة الدراسة للمدة (2018_2008).



المصدر : الباحثة بالاعتماد على الجدول (5)

د_ حساب مقدار توليد الطاقة الكهربائية في موقع معين من منطقة الدراسة

سيتم دراسة إمكانية توليد الطاقة الكهربائية من منظومة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الغير مركزية مع الشبكة (on grid) connected، وغالباً هذه المنظومات تنصب على أسطح البنايات كالمعامل والمنازل في موقع معين من منطقة الدراسة على مساحة تقدر بـ(100م²)، وهذه المساحة متاحة في أسطح الدور السكنية والبنايات الحكومية في العراق، مع افتراض عدم وجود معوقات تحول دون استغلال المساحة كلها، ولغرض حساب مقدار توليد الطاقة الشمسية النظرية في أي موقع ضمن منطقة الدراسة، فيتم وفقاً للمعادلة الآتية(16):

$$Eth \text{ annual} = I * A * 365$$

حيث أن :

(16)M. ARIZA, M. ANZA, N. ÇETIN, K. ÜLGEN, Assessment of the energy generation potential of photovoltaic systems in Caribbean region of Colombia, PERIODICALS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES, Vol. 5 No. 1 (2017), P. 57

Eth = الإمكانية النظرية المتاحة للطاقة الشمسية السنوية (ميكاجول / م² / السنة)

I = معدل الإشعاع الشمسي الكلي لكل يوم (ميكاجول / م² / يوم)*

بالاعتماد على الجدول (3) فإن : كيلو واط / ساعة/م² = 5.208 ميكاجول/م² = 18.75 I

A = مساحة الأرض المتاحة (م²)

= 365 عدد أيام السنة.

$$\begin{aligned} Eth \text{ annual} &= 5.208 * 100 * 365 \\ &= 190092 \text{ kwh} \end{aligned}$$

وبعد تطبيق المعادلة تبين أن مقدار الطاقة التي يمكن توليدها من المنظومة الشمسية الكهروضوئية على مساحة (100م²) يبلغ (190092 كيلو واط/سنوياً)، وهذه الكمية يمكن أن تتولد شرط عدم وجود أي خسائر نتيجة الظل على الألواح الشمسية أو تراكم الغبار فضلاً عن الخسائر التي تكون بفعل الاسلاك الكهربائية الموصلة ودرجات الحرارة والعاكس.

2_ تحليل العلاقة بين الرياح وكمية الطاقة الناتجة عنها

أذ يتبين من خلال الجدول (6)، والشكل (6)، بأن معدلات كثافة طاقة الرياح تشهد تبايناً في قدرة إنتاج الطاقة الكهروريحية فيما بين أشهر السنة في محطة منطقة الدراسة بسبب تباين سرعة الرياح، أذ يلاحظ بأن أعلى قدرة لطاقة الرياح سجلت خلال شهري (حزيران، تموز) أذ بلغت (10.07 واط / م²/سا) لكل منهما، ويعود هذا الارتفاع في قيم الكثافة الكهروريحية لسيادة ظاهرة الحمل الحراري الذي يزداد نشاطاً خلال هذين الشهرين بسبب تسخين اليابس، فضلاً عن زيادة المنحدر الضغطي بفعل تعمق المنخفض الحراري الموسمي (17). وأخذت قدرة طاقة الرياح الانخفاض التدريجي، أذ وصلت أدنى مقدار لها خلال أشهر فصل الشتاء والخريف، وهذا يعود إلى قلة سرعة الرياح، بفعل قلة النشاط الحراري وتراجع المنخفض الموسمي وزيادة تأثير المرتفع السيبيري (18). ويتبين مما تقدم، بأن سرعة الرياح المسجلة ضمن محطة الدراسة لا تكون مؤهلة لأستثمارها في الطاقة المتجددة، وتكون سرعة الرياح بدورها على انخفاض قيم كثافة طاقة الرياح التي تكون ذات قدرة على إدارة التوربينات الريحية التي يروم المختصين نصبها في أجزاء من منطقة الدراسة، وهذا جعل منطقة الدراسة تعاني عزلة في تخطيط استخدام واستثمار الطاقة الريحية.

الجدول (6) المعدلات الشهرية والسنوية لقيم كثافة طاقة الرياح (واط / م²/سا) في محطة الدراسة

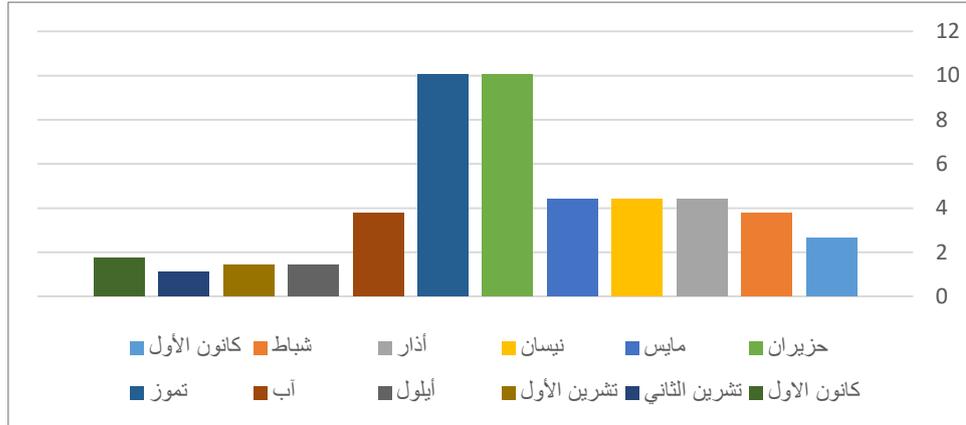
للمدة (2008_2018).

الشهر	كانون الثاني	شباط	أذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المعدل السنوي
معدل زاوية السقوط	2.64	3.76	4.42	4.42	4.42	10.07	10.07	3.76	1.41	1.41	1.11	1.76	4.10

المصدر : الباحثة بالاعتماد على الجدول(2)، ومعادلة كثافة طاقة الرياح.

(17) علي احمد غانم، المناخ التطبيقي، دار المسيرة للطباعة والنشر، 2010، ص215_216.

(18) كاظم عبد الوهاب الأسدي، تكرار المنخفض الموسمي فوق العراق وأثره في تحديد اتجاه الرياح السطحية، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد37، 1998، ص199.

الشكل (6) المعدلات الشهرية والسنوية لقيم كثافة طاقة الرياح (واط /م²/سا) في محطة الدراسة

المصدر : الباحثة بالاعتماد على الجدول (6)

الاستنتاجات

1_ بلغ المعدل السنوي للأشعاع المنتشر نحو (6.68 ميكاجول/م²/يوم). ويتضح بأن محطة الدراسة تستلم كميات من الأشعاع الذي يمكن أن ينتشر بصورة متكافئة في أجزاء منطقة الدراسة، يهيئها ذلك ويجعلها مؤهلة لأستثمارها في ميدان الطاقة المتجددة في أجزاء منطقة الدراسة.

2_ بلغ المعدل السنوي للأشعاع المباشر نحو (12.06 ميكاجول/م²/يوم في محطة منطقة الدراسة، ويتبين من خلال ذلك كمية وقوة الأشعاع المباشر الساقط على سطح منطقة الدراسة، فضلاً عن أنه كافي لنصب الألواح الشمسية التي تعمل بالطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية.

3_ أن أعلى قدرة لطاقة الرياح سجلت خلال شهري (حزيران، تموز) إذ بلغت (10.07 واط/م²/سا) لكل منهما، ويعود هذا الأرتفاع في قيم الكثافة الكهروريحية لسيادة ظاهرة الحمل الحراري الذي يزداد نشاطاً خلال هذين الشهرين بسبب تسخين اليابس، فضلاً عن زيادة المنحدر الضغطي بفعل تعمق المنخفض الحراري الموسمي.

التوصيات

1_ الضرورة في أستثمار مصادر الطاقة المتجددة في العراق لتوفير مصادر الطاقة غير المتجددة (النفط والغاز الطبيعي) من خلال تخصيص جزءاً من الواردات المالية وأستثمارها في شراء الألواح الشمسية و التوربينات الريحية.

2_ تقوم الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي التابعة لوزارة النقل بإنشاء بنك للمعلومات المناخية في مجال التنمية المستدامة إذ تعتبر المعلومات مورداً حيوياً وعنصراً ديناميكياً يستخدمه المخططون والعلماء والتقنيون لوضع الاستراتيجيات المستقبلية لدعم التنمية

3_ إنشاء محطات لقياس الإشعاع الشمسي لاسيما الكلي والمنتشر في منطقة الدراسة من قبل الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، وقيامها بتقدير المعدلات الشهرية واليومية والساعية بصورة دقيقة وشاملة لتغطية كل متطلبات قياس الإشعاع الشمسي في مجالات استخدام الطاقة الشمسية.

المصادر

1_ علي مهدي الدجيلي، تحليل علاقة التغير بقيم الأشعاع الشمسي في العراق، مجلة العلوم الانسانية، كلية التربية صفي الدين الحلي، العدد الثامن، 2011، ص234.

2_ Horace. R. Byers. Genereral Meteorology. McGraw_Hill Book, 1977, p.141 .

- 3_ عبد الغني جميل السلطان، الجو عناصره وتقلباته، دار الحرية للطباعة، بغداد، 1986، ص107.
- 4_ Siraj Ahmed , Wind Energy , Printed by Perfect Impression, New Delhi,2010, p.8.
- 5_ صالح جيتاوي وآخرون، مبادئ الأرصاد الجوية، 1981، ص34.
- 6_ Richard G.Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith, Evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements, FAO irrigation and Drainage paper, No.56, ROMA, 1998, P.50.
- 7_ Sahib Na'ama Abdul-Wahid, Hassan abbas Judh, calculation of link turbidity in atmosphere over Iraq by-solar constant Kufa of Journal of Engineering, Vol. 1, No. 2, 2010, P.34.
- 8_ Sahib Na'ama Abdul-Wahid, Ali Mahdi, Hassan Abas Judh, calculation and application of net solar radiation in Iraq, Al-Qadisiya journal for science, 2010,p.122.
- 9_ Sahib Na'ama Abdul-Wahid, Methaq Mutter Hasan Abas, Lena Mohamed Hatem, An investigation of atmospheric turbidity of sixteen Iraq location, journal for the Karbala University, Vol.6, No.3, 2008, P.119.
- 10_ Sahib Na'ama Abdul-Wahid, Wissam H. Mahdi, Hameed J. Hamdan, Fathel Na'ama Abdul-Wahid, Estimation and comparison of diffuse solar radiation over Iraq , Kufa of Journal of Engineering, Vol. 1, No. 2, 2010, P. 155
- 11_ عادل سعيد الراوي، قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، بغداد، ص296.
- 12_ نبيل شهيد، حساب الاشعاع الشمسي بمساعدة الحاسوب، مجلة الطاقة والحياة، العدد23، 2006، ص65.
- 13_ مارتن أسكرين، الخلايا الشمسية مبادئ العمل (التقنية وتطبيقات المنظومة)، ترجمة: يوسف مولود حسن، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، 1989، ص15
- 14_ عبد المعين مفتاح صقر، تصميم منظومة حاسوبية لحساب الأشعاع الشمسي، ورقة بحثية، جامعة المرقب، ليبيا، بدون تاريخ، ص10.
- 15_ ستيفان ك. و. كراوتر، توليد القدرة الكهربائية من الطاقة الشمسية أنظمة الطاقة الفولتضوئية، ترجمة: عبد الباسط علي صالح كرمان، الطبعة الأولى، الرياض، 2011، ص199.
- 15_ M. ARIZA, M. ANZA, N. ÇETIN, K. ÜLGEN, Assessment of the energy generation potential of photovoltaic systems in Caribbean region of Colombia, PERIODICALS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES, Vol. 5 No. 1 (2017), P. 57.
- * 1 كيلو واط/م² = 3.6 ميكاجول/م²
- 16_ علي احمد غانم، المناخ التطبيقي، دار المسيرة للطباعة والنشر، 2010، ص215_216.
- 17_ كاظم عبد الوهاب الأسدي، تكرار المنخفض الموسمي فوق العراق وأثره في تحديد اتجاه الرياح السطحية، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد37، 1998، ص199.

الملحق (1) المعدلات الشهرية والسنوية للإشعاع الفعلي (ساعة/يوم) في محطة الدراسة (2008_2018)

الأشهر السنة	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
2008	4.7	6.3	7.3	7.2	9.3	9.9	10.3	9.8	8	7	7.3	6.2
2009	6.7	5.7	7	7.4	8.2	8.8	9.8	11	10.1	7.9	6.4	5.5

6.1	8.6	8.7	9	10.9	11	9.8	8.4	7.7	6.9	6.4	7	2010
7.1	7.4	8.3	10.5	11.3	11.7	10.6	8.8	7.4	8.4	7.1	5.4	2011
6.1	6	7.1	10.2	11.1	11.2	10.3	6.4	7.8	6.6	6.5	6.8	2012
6.3	4.7	10.5	8.8	11.6	11.8	10.7	7.1	8.6	7	7.4	6	2013
5.7	7.1	7.6	10.6	10.6	11.5	9.4	9.6	8.9	7.2	8.1	4.6	2014
6.6	6.1	6.9	8.7	10.9	11.3	10	9.3	9.9	8.6	7.2	5.9	2015
5.4	7.2	8.2	9.9	10.7	11.6	8.5	9.9	9.1	7.8	8	7	2016
8.1	6.2	8.5	9.6	11	11	9.8	10.1	7.4	6.9	8.4	6.1	2017
8.1	4.6	6.2	10.1	11.7	11.9	9.5	8.8	8.1	7.9	5.4	6.6	2018
71.2	71.6	86.9	105.5	120.6	123.1	107.3	95.9	89.5	81.6	76.5	66.8	المجموع السنوي

المصدر : جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة للأرصاد الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، 2018.

الملحق (2) المعدلات الشهرية والسنوية للإشعاع الشمسي الخارجي (ميكا جول/م²/يوم) في محطة الدراسة

(2018_2008)

المعدل السنوي	كانون الأول	تشرين الثاني	تشرين الأول	أيلول	آب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	آذار	شباط	كانون الثاني	الشهر
30.70	18.29	20.80	26.30	32.47	37.63	40.56	41.25	39.91	36.31	30.49	24.56	19.84	الإشعاع الشمسي الخارجي

Richard G.Allen,Lins S,Pereira,Dirk Rees,Martin Smith,Gropevapatrans piration,f.A.O.Irrigation and Drainage paper,No.56,Rome,1998,p.46 .

الملحق (3) المعدلات الشهرية والسنوية للإشعاع الشمسي الكلي (RS) (ميكا جول/م²/يوم) في محطة الدراسة

(2018_2008)

الأشهر السنة	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
2008	9.60	13.17	16.89	19.13	23.72	24.90	25.96	24.52	19.71	15.51	12.76	10.24
2009	11.58	12.50	16.51	19.41	22.10	23.28	25.91	26.37	22.76	16.66	11.83	9.60
2010	11.87	13.28	16.38	19.83	22.39	24.75	27.04	26.22	21.16	17.68	14.10	10.15
2011	10.29	14.07	18.29	19.41	22.98	25.93	28.11	26.83	23.34	17.17	12.76	11.06

10.15	11.41	15.64	22.90	26.53	27.34	25.49	19.44	19.97	16.07	13.40	11.68	2012
10.33	10.06	19.98	20.87	27.30	28.26	26.08	20.47	21.09	16.51	14.40	10.89	2013
9.78	12.55	16.28	23.48	25.75	27.80	24.16	24.17	21.50	16.76	15.18	9.50	2014
10.60	11.51	15.38	20.73	26.22	27.50	25.04	23.72	22.90	18.54	14.18	10.79	2015
9.51	12.65	17.04	22.47	25.91	27.96	22.83	24.61	21.78	17.53	15.07	11.87	2016
11.97	11.62	17.43	22.03	26.37	27.04	24.75	24.90	19.41	16.38	15.52	10.99	2017
11.97	9.96	14.49	22.76	27.45	28.42	24.31	22.98	20.39	17.65	12.17	11.48	2018
115.37	131.22	183.27	242.58	289.47	300.63	271.53	251.50	224.84	187.45	152.95	120.55	المجموع السنوي

المصدر : الباحثة بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة للأرصاد الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، 2018.

الملحق (4) المعدلات الشهرية لصفاء الجو (kt) في محطة الدراسة (2018_2008)

الأشهر السنة	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
2008	0.48	0.53	0.55	0.52	0.59	0.60	0.64	0.65	0.60	0.58	0.61	0.55
2009	0.58	0.50	0.54	0.53	0.55	0.56	0.62	0.70	0.70	0.63	0.56	0.52
2010	0.59	0.54	0.53	0.54	0.56	0.59	0.66	0.69	0.65	0.67	0.67	0.55
2011	0.51	0.57	0.59	0.53	0.57	0.62	0.69	0.71	0.71	0.65	0.61	0.60
2012	0.58	0.54	0.52	0.54	0.48	0.61	0.67	0.70	0.70	0.59	0.54	0.55
2013	0.54	0.58	0.54	0.58	0.51	0.63	0.69	0.72	0.64	0.75	0.48	0.56
2014	0.47	0.61	0.54	0.59	0.60	0.58	0.68	0.68	0.72	0.61	0.60	0.53
2015	0.54	0.57	0.60	0.63	0.59	0.60	0.67	0.69	0.63	0.58	0.55	0.57
2016	0.59	0.61	0.57	0.59	0.61	0.55	0.68	0.68	0.69	0.64	0.60	0.51
2017	0.55	0.63	0.53	0.53	0.62	0.59	0.66	0.70	0.68	0.66	0.55	0.65
2018	0.57	0.49	0.57	0.56	0.57	0.58	0.70	0.72	0.70	0.55	0.47	0.65

المصدر : الباحثة بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة للأرصاد الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، 2018.

الملحق (5) المعدلات الشهرية والسنوية للإشعاع الشمسي المنتشر (Hd) (ميكا جول/م²/يوم) في محطة الدراسة
(2018_2008)

الأشهر السنة	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
2008	4.67	5.76	7.06	8.56	8.98	9.18	8.55	7.84	7.27	6.02	4.58	4.28
2009	4.49	5.84	7.06	8.49	9.14	9.50	8.79	7.13	6.15	5.65	4.82	4.29
2010	4.49	5.68	7.16	8.48	9.13	9.37	8.37	7.35	6.76	5.30	4.23	4.24
2011	4.70	5.60	6.92	8.49	9.15	9.05	7.88	6.99	6.08	5.48	4.58	4.08
2012	4.53	5.73	7.16	8.54	9.46	9.15	8.20	7.17	6.19	5.92	4.88	4.24
2013	4.65	5.59	7.06	8.19	9.35	8.84	7.92	6.85	6.87	4.42	4.89	4.21
2014	4.71	5.44	7.16	8.14	8.91	9.38	8.07	7.47	5.89	5.84	4.62	4.27
2015	4.61	5.64	6.83	7.77	8.98	9.23	8.25	7.53	7.03	5.97	4.81	4.22
2016	4.49	5.41	6.98	8.24	8.83	9.54	8.11	7.52	6.30	5.71	4.66	4.34
2017	4.59	5.26	7.16	8.49	8.69	9.37	7.73	7.13	6.39	5.41	4.85	3.82
2018	4.57	5.80	7.02	8.32	9.15	9.44	7.69	6.88	6.15	6.05	4.94	3.82
المجموع السنوي	50.5	61.75	77.58	91.71	99.72	102.05	89.56	79.86	71.09	61.78	51.86	45.81

المصدر : الباحثة بالأعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة للأتواء والأرصاد الجوية، قسم المناخ، بيانات
غير منشورة، 2018.