الطاقة الشمسية فى السودان واثرها على التنمية الاقتصادية

دراسة فى جغرافية المناخ التطبيقي.

أ.م.د /محمد رشاد الدسوقى ([1]) د / ممدوح إمام عبد الحليم ([2])

ملخص: يتناول البحث موضوع الطاقة الشمسية فى السودان واثرها على التنمية الاقتصادية دراسة فى جغرافية المناخ التطبيقي.وتناول أهم العوامل المؤثرة على الطاقة الشمسية مثل الأبيدو و السحب والعواصف الرملية والترابية والرعدية الممطرة وتوزيعها الشهرى والفصلى ودرجة خطورتها على الاشعاع الشمسى ، ثم تناول التوزيع الشهرى والفصلى لعدد ساعات سطوع الشمس الحقيقية وكمية الاشعاع الشمسى ، وعرض لدرجات الحرارة كنتيجة للاشعاع الشمسى ، ثم تناول تحديد افضل الاماكن لاقامة مشروعات الطاقة الشمسية ، واستخدماتها فى المجالات الاقتصادية المختلفة كالزراعة والصناعة واستخراج المياه للشرب والزراعة فى بعض ولايات السودان . وانتهت الدراسة إلى بعض النتائج منها ان السودان يتمتع بعدد ساعات سطوع شمس حقيقية يصل إلى ٨ ساعة يوميا ، كما ان نسبة السحب والعواصف الترابية والرملية والرعدية الممطرة تقلل من كمية الاشعاع الشمسى وبالتالى الطاقة المنتجة ، وللطاقة الشمسية أهمية كبيرة وتستخدم فى التنمية الاقتصادية ولكن توجهها بعض الصعوبات، وعرض البحث لبعض التوصيات مثل دراسة الظروف المناخية جيدا قبل بدء مشروعات الطاقة الشمسية ، وتوفير دعم مادى وفنى للسكان والقطاع الخاص ، والتوسع فى مشروعات الطاقة الشمسية الرخيصة والنظيفة خاصة فى المناطق التى ليس بها مصدر للطاقة .

الكلمات الدالة: الطاقة الشمسية– السودان–المناخ– التنمية الاقتصادية.

[1] – استاذ الجغرافيا البشرية المساعد ورئيس قسم الجغرافيا كلية الاداب جامعة قناة السويس.

[2] – وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية– مصر

Abstract

The research deals with the topic of solar energy in Sudan and its impact on economic development, a study on the geography of applied climate, and deals with the most important factors affecting solar energy such as abido, clouds, sand, dust and thunderstorms, and their monthly and seasonal distribution and the degree of their danger to solar radiation, Then he dealt with the monthly and seasonal distribution of the number of hours of real sunshine and the amount of solar radiation, and a presentation of the temperatures as a result of solar radiation, and then dealt with determining the best places to set up solar energy projects. And its uses in various economic fields such as agriculture , industry, extraction of water for drinking and agriculture in some states of Sudan. The study concluded with some results, including that Sudan enjoys a number of hours of real sunshine up to ٨ hours per day, and the percentage of clouds, dust, sand and thunderstorms rain reduces the amount of solar radiation and thus the energy produced. Solar energy is of great importance and is used in economic development, but it is directed by some difficulties, and the research presented some recommendations such as studying the climatic conditions well before starting solar energy projects, providing material and technical support to the population and the private

sector, and expanding in cheap and clean solar energy projects, especially in areas where there is no source. Energy.

Key words: solar energy – Sudan – climate – economic development.

مقدمة: يعد موضوع الطاقة أحد أبرز محاور الاهتمام العالمى الراهنة، لما له من أهمية كبيرة ودور فعال فى التنمية الاقتصادية ، إذ تعد الطاقة عصب الاقتصاد والمحرك الرئيسى له والمدخل الأساسى فى العمليات الإنتاجية . ويعتبر النمو المتزايد للطلب العالمى على الطاقة وتراجع الاحتياطات العالمية منها ، عوامل أدت إلى البحث عن مصادر تلبى الاحتياجات المزايدة للطاقة وتكون طاقة نظيفة حتى لا تتسبب فى تلوث الغلاف الجوى مما يؤدى إلى التغير المناخى وارتفاع درجات الحرارة.

. وتنقسم مصادر الطاقة فى السودان إلى مصادر تقليدية مثل الكتلة الحيوية الخشبية والمنتجات البترولية ، ومصادر غير تقليدية مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية وتعتبر الطاقة قضية رئسية فى التخطيط الاستراتيجى فى مجال الطاقة بالسودان (**Omer**, ٢٠٠٩,p,١٠) وتننوع مصادر الطاقة فى السودان فهناك الكتلة الأحيائية وهى الطاقة المنتجة من الحطب والفحم النباتى بنسبة ٨٧٪ ، والكهرباء وتنقسم إلى توليد مائى ١٪وهى الطاقة التى تتولد من الخزانات (السدود) ، والتوليد الحرارى وهو مصدر طاقة ينتج من الوابورات التى تستخدم المواد البترولية البترول هو مصدر للطاقة يتم انتاجها من جميع مشتقاته بنسبة ١٢٪ (موج البحر ، ٢٠٠٧، ص ٢).). نسبة السكان الذين تصلهم خدمة الكهرباء في المناطق الحضرية ٥٥٪.وفي المناطق شبه الحضرية والريفية ١٣,٨٪ ونجد أن نسبة الكهرباء العامة للسكان ٢٧,٨٪ وكان ذلك نتيجة للجهد المقدر الذي بذلته وزارة الكهرباء بتمديد الشبكة لقرى النيل الأبيض والأزرق والجزيرة ونهر النيل وشمال كردفان، وبذلك نجد أن نسبة الكهرباء لاتزال متواضعة خاصة في المناطق الريفية لذلك كان من الضروري النظر في بدائل تسد حاجة المناطق الريفية التي يصعب توصيلها بالشبكة القومية للكهرباء مما يجعل تطبيقات الطاقة الشمسية الضوئية هي الأوفر حظاً لتوفير الطاقة للمناطق الريفية (وزارة الموارد المائية والرى،٢٠١٣) .

منطقة الدراسة: يقع السودان في الجزء الشمالي الشرقي لقارة أفريقيا شكل (١) بمساحة تبلغ ١,٨كم مربع **بين دائرتي** العرض ٤٥, ٨° شمالاً إلى ٢٢,٠° شمالاً وبين خطي طول ٢١,٤٩° إلى ٣٨,٣٤° شرقاً، وتبلغ حدوده البحرية على ساحل البحر الأحمر ٨٥٣ كلم والسودان تجاوره سبع دول هي مصر شمالاً، ومن الشرق أريتريا وأثيوبيا ومن الجنوب دولة جنوب السودان وجمهورية أفريقيا الوسطى، وفي الغرب ليباو تشاد.و تمثلت مشكلة البحث في معرفة أثر المناخ على النقل البرى في جمهورية إثيوبيا، حيث يظهر تأثير عناصر بصفة خاصة على النقل البرى بمنطقة الدراسة بصورة واضحة بصفة خاصة عنصر المطر حيث تتصف منطقة الدراسة بموسمية الامطار فأغلب الامطار تسقط خلال فصل المطر الرئيسي الممتد من يونيه إلى سبتمبر مسببة سيول وفيضانات تؤثر على النقل البرى .

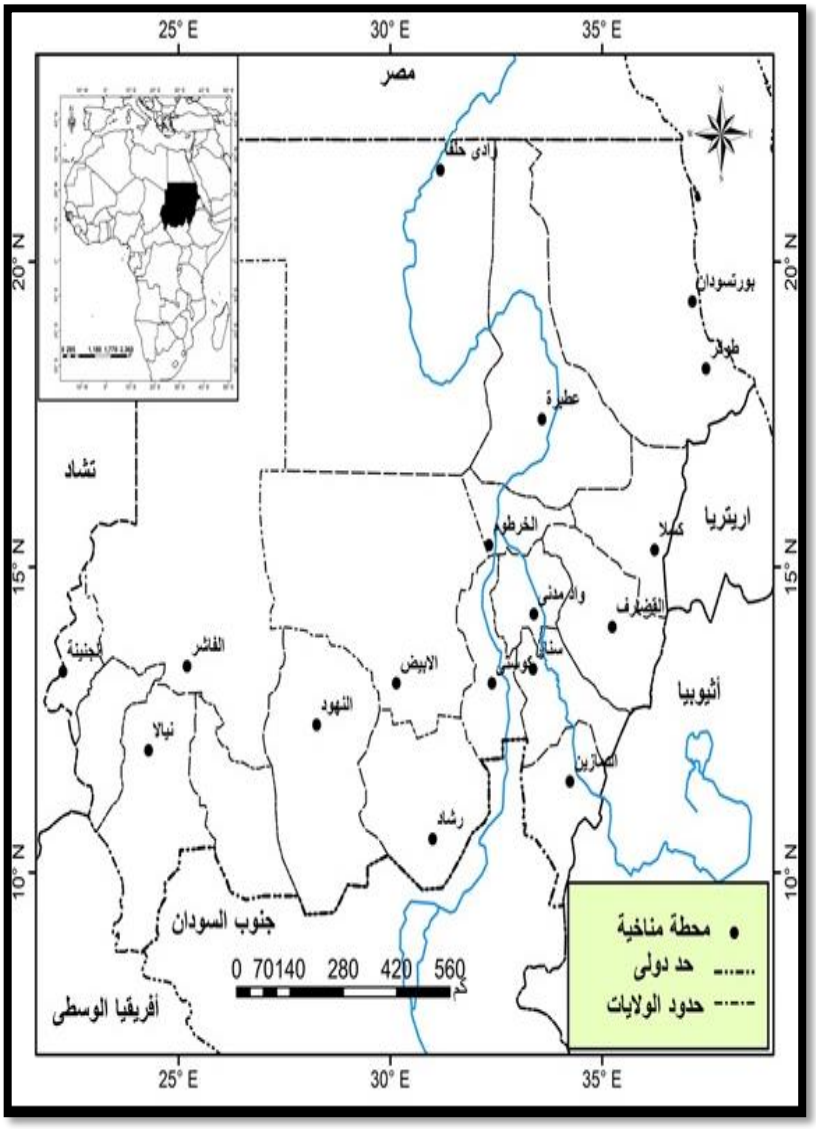
جدول (١) الموقع والارتفاع والفترة الزمنية لمحطات الأرصاد الجوية التي اعتمدت عليها الدراسة .

المحطة	خط الطول شرقاً	دائرة العرض شمالاً	الارتفاع بالمتر فوق سطح البحر	الولاية التي تقع بها المحطة	الكود الدولي	الفترة الزمنية
وادى حلفا	١٨َ ٣١°	٥٠َ ٢١°	١٦٠	الشمالية	٦٢٦٠٠	
الابيض	١٤َ ٣٠°	١٠َ ١٣°	٥٧٥	ش كردفان	٦٢٧٧١	٢٠١٧-١٩٨٥
النهود	٢٦َ ٢٨°	٤٢َ ١٢°	٥٦٥	غرب كردفان	٦٢٧٨١	٢٠١٧-١٩٨٥
رشاد	٠٠ ٣٣°	٥٥َ ١٠°	٨٥٠	جنوب كردفان	٦٥٧٥٠	٢٠١٧-١٩٨٥
الفاشر	٢٠َ ٢٥°	٣٨َ ١٣°	٧٠٠	شمال دارفور	٦٢٧٦٠	٢٠١٧-١٩٨٥
نيالا	٩٢َ ٢٤°	٠َ ١٢°	٦٧٣	جنوب دارفور	٦٢٧٩٠	٢٠١٧-١٩٨٥
الجنينة	٢٧َ ٢٢°	٢٩َ ١٣°	٩٠٠	غرب دارفور	٦٢٧٧٠	٢٠١٧-١٩٨٥
كوستى	٤٠َ ٣٢°	١٠َ ١٣°	٣٨٢	النيل الأبيض	٦٢٧٧١	٢٠١٧-١٩٨٥
عطبرة	٥٨َ ٣٣°	٤٢َ ١٧°	٣٤٨	نهر النيل	٦٢٦٨٠	٢٠١٧-١٩٨٥
بورتسودان	١٣َ ٣٧°	٣٥َ ١٩°	٠٠٣	البحر الاحمر	٦٢٦٤١	٢٠١٧-١٩٨٥
طوكر	٤٥َ ٣٧°	٢٥َ ١٨°	٠١٩	البحر الاحمر	٦٢٦٧١	٢٠١٧-١٩٨٥

كسلا	٢٤ ´ ٣٦°	٢٨ ´ ١٥°	٥٠١	كسلا	٦٢٧٣٠	١٩٨٥-٢٠١٧
الخرطوم	٣٣ ´ ٣٢°	٣٦ ´ ١٥°	٣٨٩	الخرطوم	٦٢٧٢١	١٩٨٥-٢٠١٧
واد مدنى	٣٩ ´ ٣٣°	٢٣ ´ ١٤°	٤٠٨	الجزيرة	٦٢٧٥١	١٩٨٥-٢٠١٧
سنار	٣٧ ´ ٣٣°	٣٣ ´ ١٣°	٤١٨	سنار	٦٢٧٦٢	١٩٨٥-٢٠١٧
القضارف	٢٤ ´ ٣٥°	٠٢ ´ ١٤°	٥٩٩	القضارف	٦٢٧٥٢	١٩٨٥-٢٠١٧
الدمازين	٢٤ ´ ٣٤.°	٤٩ ´ ١١.°	٤٧٤	النيل الازرق	٦٢٨٠٥	١٩٨٥-٢٠١٧

المصدر / الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية ، البيانات المناخية للفترة من ١٩٨٥-٢٠١٧.

شكل (١) التقسيم الإداري وموقع منطقة الدراسة والمحطات المناخية المستخدمة فى البحث.



المصدر/ وزارة النقل والمواصلات ، السودان ، ٢٠١٤ باستخدام برنامج ARC GIS ١٠,٩ .

٣–الدراسات السابقة: هناك بعض الدراسات عن الطاقة الشمسية لمنطقة الدراسة مثل :

١ – دراسة **Asim Osman Elzubeir** (قاسم اسامة الزبير) (٢٠١٦) عن الطاقة الشمسية فى الولاية الشمالية بالسودان دراسة للواقع وافاق المستقبل .

وهناك دراسات فى موضوع الطاقة الشمسية :

١- **دراسة مسعد سلامة مندور**(٢٠٠٢) وتناول فيها الإشعاع الشمسى فى مصر والعوامل المؤثره فيه وتأثيرهعلى بعض الجوانب الجغرافية مثل العمران والسكان والتخطيط العمرانى.

٢- دراسة شحاتة سيد أحمد طلبة (٢٠٠١) وتناول فيها إمكانيات واستخدامات الطاقة الشمسية فى المدينة المنورة وعدد ساعات سطوع الشمس وكمية الإشعاع الشمسى ، وتطور استخدامات الطاقة الشمسية ومستقبلها.

٣- دراسة هبه محمود عبد الرازق شهوان (٢٠١٧) وتناولت فيها طاقة الشمس والرياح فى شبه جزيرة سيناء والعوامل المؤثرة فيهما ومشروعات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وتطور استخدامات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ومستقبلهما.

٤- **أسباب اختيار الموضوع وأهميته:** أهمية الطاقة الشمسية للتنمية الاقتصادية بالسودان ، ووجود مناطق كثيرة بالسودان ليس بها مصدر للطاقة، وامكانية استخدام الطاقة الشمسية بها، وتدخل الدراسة ضمن المناخ التطبيقي حيث تتعرض للطاقة الشمسية فى السودان ودورها فى التنمية الاقتصادية ، ومن ثم وجب توضيح امكانيات الطاقة الشمسية واستخداماتها للتخطيط الاقتصادي الجيد في المستقبل القريب والبعيد.

٥- **أهداف الدراسة** : تهدف الدراسة إلى التعرف على العوامل التى تؤثر على الاشعاع الشمسى و عدد ساعات سطوع الشمس وكميتة فى السودان وتصنيف السودان إلى مناطق لامكانية توليد الطاقة الشمسية، و أهم مشروعات استثمار الطاقة الشمسية واستخدامها

فى التنمية والتخطيط بالسودان و الوقوف على الوضع الحالي للمشكلات التى تواجه توليد الطاقة الشمسية فى السودان ووضع بعض التوصيات لحلها.

٦- **تساؤلات الدراسة:** من خلال الاهداف تحاول الدراسة الاجابة على التساؤلات التالية:

١- ما هى العوامل الجغرافة المؤثرة على الاشعاع الشمسى فى السودان؟

٢- ماكم الإنتاج المتوقع من الطاقة الكهربائية والحرارية فى السودان؟

٣- ماهى أنسب الأماكن لاستغلال الطاقة الشمسية فى السودان؟

٤- هل هناك استخدام للطاقة الشمسية فى النشاط الاقتصادى فى السودان؟

٧- **بيانات الدراسة ومصادرها:** تعتمد الدراسة على بيانات المناخ (الإشعاع الشمسى،ودرجة الحرارة، العواصف الترابية، الامطار ، العواصف الرعدية الممطرة)الصادرة عن الهيئة العامة للأرصاد الجوية السودانية ووكالة ناسا الامريكية في سبعة عشر محطة رصد جوى متباينة ومنتشرة مكانياً لتغطى إقليم الدراسة ويبين الجدول (١) هذه المحطات ومواقعها وارتفاعها عن سطح البحر والفترة الزمنية للبيانات المناخية التي تم دراستها و بيانات الموارد المائية والرى والكهرباء .

٨-مناهج الدراسة وأساليبها: لتحقيق أهداف الدراسة تم إتباع مجموعة من المناهج، كان أهمها: **المنهج الموضوعي التحليلى** والذى تم من خلاله دراسة العوامل المؤثرة فى عنصرى الاشعاع الشمسى ودرجات الحرارة وامكانيات الطاقة الشمسية فى السودان ، **المنهج الإقليمي:** والذى تم من خلاله دراسة الطاقة الشمسية واثرها على التنمية الاقتصادية داخل إطار إقليمي- جمهورية السودان، **المنهج التاريخي:** وهو يقوم على تعقب وتتبع الظاهرة الجغرافية مناخياً من خلال تتبع معدلات الإشعاع الشمسى ودرجة الحرارة والعواصف الترابية والمطرية والسحب. **المنهج المتكامل فى العلوم التطبيقية** : للخروج بالنتائج المرجوة من البحث ببعض النتائج والتوصيات التى تفيد فى تخطيط وتنمية منطقة الدراسة . كما اعتمدت الدراسة على الاسلوبين الكمي والكارتوجرافى فى معالجة البيانات. واستخدام نظم المعلومات الجغرافية ARC GIS.

وسوف يتناول البحث بالدراسة والتحليل النقاط التالية :

اولا: أهم العوامل المؤثرة على الاشعاع الشمسى وطاقتة بمنطقة الدراسة

ثانيا: عدد ساعات سطوع الشمس وكمية الإشعاع الشمسى فى السودان ودرجة الحرارة وتصنيف أراضى منطقة الدراسة تبعا لملائمتها مناخيا لتوليد الطاقة الشمسية اعتمادا على أهم العناصر المناخية .

ثالثا:- استخدام الطاقة الشمسية فى مجالات التنمية الاقتصادية

رابعا:- المشكلات التى تواجه الطاقة الشمسية فى السودان وجهود حلها

خامسا: آفاق المستقبل للطاقة الشمسية فى السودان.

أولا: أهم العوامل المؤثرة على الاشعاع الشمسى وطاقتة بمنطقة الدراسة:

تتأثر أنظمة الطاقة بظروف الطقس والمناخ فى أى منطقة، وقبل تنفيذ مشروعات الطاقة يتم دراسة ظروف الطقس والمناخ فى المنطقة لتجنب مخاطرها على مشروعات الطاقة المختلفة(Bloomfield ٢٠٢١,p١٥٩,,)مثل:

١: **مقدار ما يمتصه الغلاف الجوى والمواد العالقة به** : يتعرض الإشعاع الشمسى أثناء مروره فى الغلاف الجوى إلى عمليات عدة تضعفة وتضيع جزءا منه، مثلا دور الغازات فى الامتصاص كغاز الأوزون يمتص الاشعة فوق البنفسجية بنسبة ٢٪ ، وبخار الماء يمتص الأشعة الحرارية غير المرئية بنسبة ٦-٨٪، المواد العالقة مثل الغبار والدخان ٢٪ (جودة،٢٠٠٤، ص ٨٣-٨٤)

٢-**تبعثر وانتشار الاشعاع الجوى**: يقوم الغلاف الجوى بمكوناته الغازية ، وما يحوية من مواد عالقة بكسر الأشعة أثناء مرورها فيه ، وتنشرها وتبعثرها وتبلغ نسبة الاشعة المنتشرة ٩٪وتختلف من مكان لآخر حسب نسبة التغيم ودرجة العرض ، كما تقوم المواد العالقة بعكس

قسم من الاشعاعالشمسى ، ورده إلى الفضاء الخارجى وأهمها سحب المزن الركامى التى تعكس عند تكاثرها نحو ٩٠٪ (جودة حسنين جودة، ٢٠٠٤، ص٩٩)

٣-الابيدو الارضى ALBEdo: قدرة جو وسطح الارضعلى عكس ورد الاشعاع الشمسى إلى الفضاء ، وهو يساوى النسبة بين مجموع الطاقة الاشعاعية التى يردها سطح وجو الأرض إلى الفضاء والطاقة الاشعاعية التى تصلهما من الشمس .(جودة، ٢٠٠٤، ص٩٩)

جدول (٢) المعدل الشهرى والسنوى لدرجة امتصاص الاجسام على سطح الأرض (الألبيدو) (من صفر إلى ١).خلال الفترة من (١٩٨٣-٢٠١٣) فى بعض محطات منطقة الدراسة.

الشهر / المحطة	الشتاء البارد					الصيف الحار			الخريف الحار الرطب					السنوى
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر		
الخرطوم	٠,٣١	٠,٣٠	٠,٢٩	٠,٢٩	٠,٣٠	٠,٣٢	٠,٣٤	٠,٣٥	٠,٣٤	٠,٣٢	٠,٣٠	٠,٣١		٠,٣١
النهود	٠,٢١	٠,٢٠	٠,١٩	٠,٢١	٠,٢١	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢١		٠,٢٢
القضارف	٠,٣٠	٠,٢٩	٠,٢٩	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٣٢	٠,٣٣	٠,٣٣	٠,٣٢	٠,٣٠	٠,٢٩	٠,٣٠		٠,٣١
رشاد	٠,١٧	٠,١٦	٠,١٥	٠,١٦	٠,١٦	٠,١٦	٠,١٦	٠,١٦	٠,١٦	٠,١٨	٠,١٩	٠,١٨		٠,١٧
كسلا	٠,٣٢	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٣١	٠,٣١	٠,٣٣	٠,٣٤	٠,٣٥	٠,٣٣	٠,٣٢	٠,٣٢	٠,٣٣		٠,٣٢
الابيض	٠,٣٣	٠,٣٢	٠,٣٠	٠,٣١	٠,٣٢	٠,٣٥	٠,٣٦	٠,٣٦	٠,٣٥	٠,٣٥	٠,٣٢	٠,٣٢		٠,٣٣
الجنينة	٠,٢٦	٠,٢٧	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٩	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٢٩	٠,٢٧	٠,٢٥	٠,٢٥		٠,٢٨
الفاشر	٠,٢٩	٠,٢٨	٠,٢٧	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٣٠	٠,٣١	٠,٣١	٠,٣٠	٠,٢٩	٠,٢٨	٠,٢٨		٠,٢٩
نيالا	٠,٢٣	٠,٢٤	٠,٢٤	٠,٢٤	٠,٢٤	٠,٢٥	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٤	٠,٢٤	٠,٢٢	٠,٢٢		٠,٢٤
وادى حلفا	٠,٣٠	٠,٢٨	٠,٢٧	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٣٠	٠,٣٢	٠,٣١	٠,٣١	٠,٣١	٠,٢٩	٠,٣٠		٠,٣٠
الدمازين	٠,١٧	٠,١٧	٠,١٦	٠,١٧	٠,١٧	٠,١٧	٠,١٦	٠,١٦	٠,١٦	٠,١٧	٠,١٩	٠,١٧		٠,١٧

كوستى	٠,٢٨	٠,٢٧	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٧	٠,٢٩	٠,٣٠	٠,٣١	٠,٢٩	٠,٢٨	٠,٢٦	٠,٢٧	٠,٢٨
عطبرة	٠,٢٦	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٢٤	٠,٢٥	٠,٢٦	٠,٢٨	٠,٢٩	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٦
بورتسودان	٠,١٠	٠,١٠	٠,١١	٠,١١	٠,١٢	٠,١٣	٠,١٢	٠,١١	٠,١١	٠,١٢	٠,١٣	٠,١١	٠,١١
طوكر	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٢٤	٠,٢٦	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٢٤	٠,٢٣	٠,٢٤
واد مدنى	٠,١٩	٠,١٩	٠,١٩	٠,١٩	٠,١٩	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,١٩	٠,١٩	٠,١٩	٠,١٩	٠,١٩
سنار	٠,١٩	٠,١٩	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٩	٠,١٩	٠,١٩	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٩	٠,١٩

solat energy location www.nasa surface metorology and dat

ترتفع نسبة الاشعة المنعكسة فى الأراضى ذات التربة الرملية عن ٣٠٪ ويتضح ذلك فى محطات الخرطوم وعطبرة وكسلا والابيض وكوستى وتقل نسبة الاشعة المنعكسة فى المناطق ذات التربة الصلصالية ويتضح ذلك فى محطات سنار واد مدنى رشاد و**خلال فصل الشتاء البارد** :ترتفع درجةالابيدو لتصل إلى ٠,٣ درجة فى محطات الخرطوم فى شهر نوفمبر وديسمبر وخلال نوفمبر وفبراير فى القضارف وطول فصل الشتاء فى محطتا الابيض وكسلا وتصل لأقل معدلات لها فى ٠,١درجة فى محطات وادى مدنى وسنار وبورتسودان ورشاد والدمازين.**أما خلال فصل الصيف** ترتفع درجةالابيدو لتصل إلى ٠,٣ درجة فى محطات الخرطوم القضارف الابيض وكسلا وتصل لأقل معدلات لها فى ٠,١درجة فى محطات رشاد والدمازين وبورتسودان وسنارووادى حلفا ، **وخلال فصل الخريف** الحار الممطر ترتفع درجةالابيدو لتصل إلى ٠,٣ درجة فى محطات الخرطوم ، القضارف ، الابيض ،وكسلا وتصل لأقل معدلات لها فى ٠,١درجة فى محطات رشاد والدمازين وبورتسودان وسناروواد مدنى.

٤- **السحب** : إن التغيم هو مقدار ما تحجبه السحب من السماء ,بغض النظر عن أنواعها ,ويختلف الباحثون في تعريف درجات السحب المختلفة , إلا انه من المتفق عليه انه إذا انخفض مقدار ما تحجبه السحب من مساحة السماء الكلية (٨/٢) – (٨/٦) أو (٢٥٪-٧٥٪) تعتبر السماء متوسطة السحب , أما إذا ما زاد مقدار ما تحجبه السحب من مساحة السماء الكلية عن ٧٥٪ فتعتبر السماء مغيمة وان السحب كثيفة (طلبة،١٩٩٠، ص٢٩)

تحدث السحب مع التيارات التصاعدية بفعل تسخين الهواء على سطح الأرض ومن ثم ارتفاعه إلى أعلى السحب المكونة في هذه العملية تعرف بالسحب الركامية وتنشأ في البداية كوحدات صغيرة تظهر في السماء وتبدو بيضاء في قمتها وجوانبها وتعكس أشعة الشمس من سطحها الجانبي فتراها بيضاء وهذه العملية تعرف بالعملية التصاعدية الضحلة والتي تأخذ الجيوب الهوائية إلى أبعاد أعلى من مستوى قاعدة السحب التي يحدث فيها ظهور السحب وبعد ذلك تأتي مرحلة العملية التصاعدية العميقة التي تنمو فيها بعض السحب إلى أعماق باتساع طبقة التروبوسفير, وتتحول السحب الركامية إلى سحب مزنية ممطرة عميقة ومتسعة أفقيا في مساحات أكبر , هذا هو النوع المألوف في السودان ويمكن مشاهدته في أيام الخريف والسحب الركامية (*[٣])المنتشرة مثل الشجيرات الصغيرة والسحب المازنية موزعة كالأشجار العالية، كما انً ارتفاع الهواء عندما تعترضه مناطق عالية ويندفع إلى أعلاها وهو ما يعرف بالسحب الجبليةorogroaphic clouds هذا النوع من السحب يحدث عندما تعترض الجبال مسار الرياح الحاملة للبخار كما يحدث في شرق السودان عند اعتراض الهضبة الإثيوبية للرياح الجنوبية الغربية وفي منطقة جبل مرة ومنطقة جبال النوبا حيث نلاحظ أن معدلات المطر السنوية في جبل مرة تصل إلى ١٠٠٠ ملم وفي منطقة رشاد تزيد عن ٨٠٠ ملم ووفي منطقة البحر الأحمر السحب تصاعدية جبلية وبذلك نلاحظ أن أمطار الوسط في الخريف أمطار رعدية أما في بورتسودان فهي أمطاراقل من ناحية الرعد والبرق والعواصف، تبدأ معظم السحب الرعدية في السودان نهارية

[٣] –*– سحب الركام المزني (تعرف باسم المعصرات) أي غيوم الأمطار , وهي عبارة عن سحب ثقيلة كثيفة تتعرض باستمرار لعمليات صعود الهواء الدفيء الرطب حتى أن القمم العليا لهذه السحب تبدو أشبه بالقمم الجبلية العالية أو الأبراج الشامخة ويتوج أعالي هذه السحب القرنبيطية الشكل أيضا سحب كثيفة تتخ شكل السندان ,وعند تكوين هذه الظاهرة الأخيرة في السحب تتكون عواصف الرعد والبرق وتسقط الأمطار والثلج والبرد (حسن سيد احمد أبو العينين , ١٩٨١ , أصول الجغرافية المناخية ,الطبعة الأولى , ص٣٦٢)

وتتعاظم في أخر النهار وأول الليل وتتطور طوال الليل إلى زوبعة تسير باتجاه الغرب في سرعة ما بين ١٢ إلى ٢٠كم في الساعة (٤).

جدول (٣) معدل النسب المئوية لكمية السحب أثناء فترة النهار (%) للفترة من ١٩٨٠-٢٠١٣ فى بعض محطات منطقة الدراسة .

الشهر- المحطة	الشتاء البارد				الصيف الحار			الصيف الحار الممطر					السنوى
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	اكتوبر	
الخرطوم	٨,٤	١٣,٧	١٦,٤	١٧,٨	٢٦,١	٢١	٣٨,٨	٣٧,٣	٥٦,٣	٥٣,٦	٤١,٥	٢١,٩	٢٩,٥
النهود	١١,٧	١٣,٢	١٧	١٩,٦	٢٩,٥	٢٩,٩	٤٥,٣	٥٢,٤	٦٢,٣	٦١	٥١	٣١	٣٥,٦
القضارف	١٣,١	١٠,٣	١٢	١٥	٢٢,٦	٢٨,٣	٤٥,٦	٤٧,١	٥٦	٥٥,٦	٤٤	٣٨,٧	٣٢,٥
رشاد	٢٣,٣	١٥,٧	١٩,٨	٢٣,٩	٣٧,١	٤٨,٣	٦٢,٥	٦٩,٨	٧٤,٥	٧٣,٩	٦٦,٨	٥٣,٩	٤٧,٦
كسلا	٨,٦	٩,٤	١٠	١١,٨	٢٠,١	٢٣,٧	٣٧,٧	٤١	٥٢,٤	٥٢,٣	٣٦,٤	٢٦,٤	٢٧,٦
الابيض	٩,٧	١٢,٣	١٥,٣	١٨	٢٨,١	٢٧	٤٤,٢	٤٩,٥	٦١,٧	٥٩,٢	٤٩,٨	٢٩,٢	٣٣,٨
الجنينة	١٢	١٥,٣	١٦,٥	١٩,٦	٢٨,٣	٢٩,٤	٤٢,٣	٤٩,٤	٦٥	٦٣,٤	٥١,١	٢٧,٧	٣٥,١
الفاشر	١٢,٦	١٦,٨	١٩,٤	٢١,٦	٣٠,٥	٣١,١	٤٢,٨	٤٩,٢	٦٥	٦٢,٧	٤٩,٦	٢٩,٢	٣٦
نيالا	١٢,٤	١٢,٥	١٣,٧	١٧,٧	٢٨	٣٣,٤	٤٩,٣	٦١	٧٠,١	٦٩,٨	٦١,٢	٣٧,١	٣٩
وادى حلفا	١١,٤	٢٠,٧	٢٢,٦	٢٣,٣	٢٩,٣	٢٤,٨	٢٦	١٣,٨	١٢,٨	١٤,٧	١٥,٨	١٤,١	١٩,١
الدمازين	١٨,٢	١١,٨	١٤,٧	١٨,٩	٣١	٤١,٣	٥٧,٧	٦٥,٣	٧٢,٦	٧٠,٩	٦٠,٥	٤٨,٢	٤٢,٧
كوستى	١٠,٧	١١,٢	١٣,٨	١٦,٥	٢٦,٣	٢٨,٤	٤٧,٤	٥٣,٥	٦٣	٥٩,٤	٥٠,١	٢٩,٣	٣٤,٣
عطبرة	١٠,٣	١٤,٩	١٦,٨	٢٠,٢	٢٤,٩	٢١,٧	٣٣,٩	٣٢,٦	٤٧,٢	٤٨,١	٣٩	٢٠,٣	٢٧,٧
بورتسودان	٦٠,١	٦١,٣	٤٧,٥	٤٣,٧	٣٧,١	٢٩,٧	٢٩,٩	٣١,٥	٤٢,٤	٤٣,٩	٣٠,٤٠	٣٣,٤	٤٠,٩
طوكر	٥١,٨	٥١,٥	٤٧,٣	٤٧,٢	٤٠,٧	٣٣,٣	٣٣,٢	٣٧,٢	٥٠,٨	٤٦,٧	٣٤,٧	٣٥,٩	٤٢,٥
واد مدنى	١٠,٩	١١,٩	١٣,٧	١٦,٣	٢٥,١	٢٧,٢	٤٦,٨	٥٠,٣	٦١,٦	٥٩,٤	٤٧	٢٨,٤	٣٣,٣
سنار	١٨,٣٠	١٦,٧٠	١٧	٢٠,١٠	٢٩,٧٠	٣٢,٩٠	٥٢,٩٠	٥٨,٤٠	٦٥,٢٠	٦٢,٢٠	٥٣,٨٠	٤٠,٢٠	٣٩,١٠

المصدر/solat energy www.nasa surface metorology and location dat

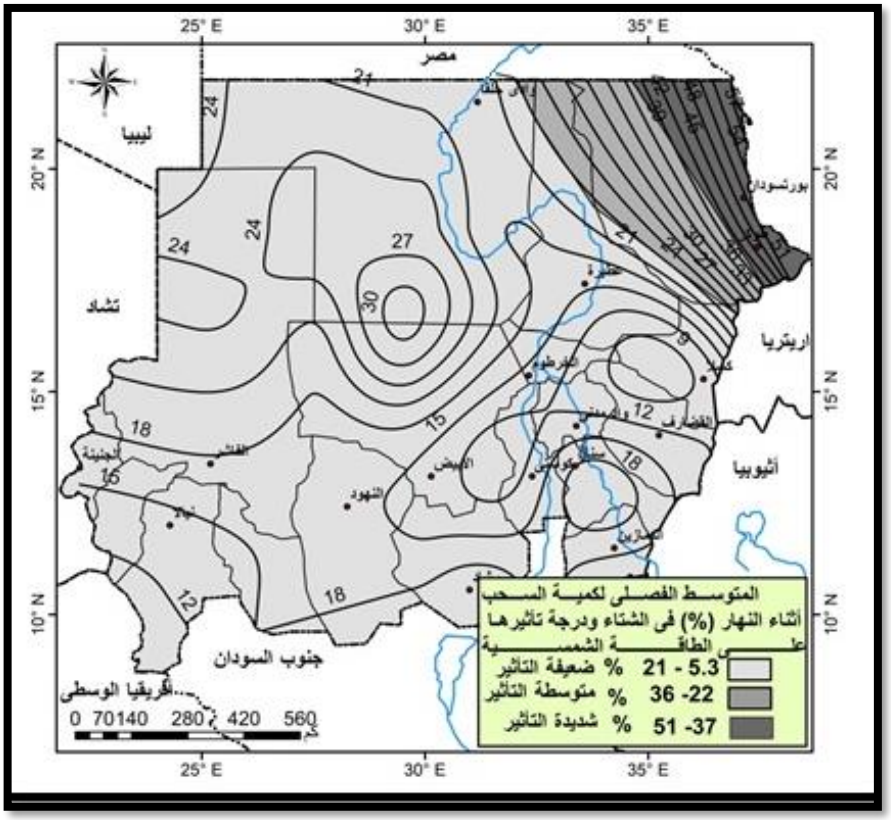
المعدل السنوى: يتضح من خلال قراءة الجدول (٣)يرتفع المتوسط السنوى لنسبة السحب فى جنوب منطقة الدراسة لتصل إلى ٧٤,٦٪ فى رشاد ،٤٢,٧٪ فى الدمازين لهبوب الرياح الجنوبية الغربية الممطرة المحملة ببخار الماء ونتيجة لدرجات الحرارة المرتفعة يتعرض للتصعيد ويتكاثف مكونا السحب، وتقل نسبة السحب كلما اتجهنا شمالاً لتصل إلى أقل معدلاتها فى شمال

٤ -فضل الله الخضر الصاوي ,٢٠٠٢ ,مرجع سابق , ص٨٣.

منطقة الدراسة حيث تكون الرياح الجنوبية الغربية قد أسقطت معظم ما تحملة من بخار الماء وتصل نسبة السحب إلى ١٩,١٪ فى وادى حلفا ، ٢٩,٥٪ فى الخرطوم .

خلال فصل الشتاء يتضح من خلال قراءة الجدول (٤)والشكل(٢) تقل نسبة السحب فى السودان وذلك لهبوب الرياح التجارية الشمالية الشرقية الجافة على معظم السودان ماعدا الجزء الشمالى الشرقى المطل على ساحل البحر الأحمر حيث تتشبع ببخار الماء أثناء مرورها على البحر الأحمر و وتصدم بتلال البحر الأحمر و يتكاثف مكوناً السحب لذلك ترتفع نسبة السحب فى بورتسودان بلغت نحو ٦٠,١٪ فى نوفمبر ، ٦١,٣٪ فى ديسمبر و٤٧,٢ % فى يناير وبمتوسط فصلى قدره ٥٣,٢٪، وكذلك فى طوكر تصل إلى ٥١,٨٪ فى نوفمبر ،٥١,٥٪ فى ديسمبر٥٣,٢٪ وبمتوسط فصلى قدره ٤٩,٥٪ ، وتصل فى الجنوب إلى ١١,٨٪ خلال ديسمبر فى الدمازين ، ١٢٪ خلال يناير فى القضارف ، وتقل نسبة السحب على باقى السودان وتصل لأقل معدل لها بنسبة ٨,٤٪ فى الخرطوم فى نوفمبر ،١٠٪ فى يناير فى كسلا.

شكل(٢) المتوسط الفصلى لكمية السحب أثناء فترة النهار (%) خلال الشتاء للفترة من ١٩٨٠-٢٠١٣ فى بعض محطات منطقة الدراسة .



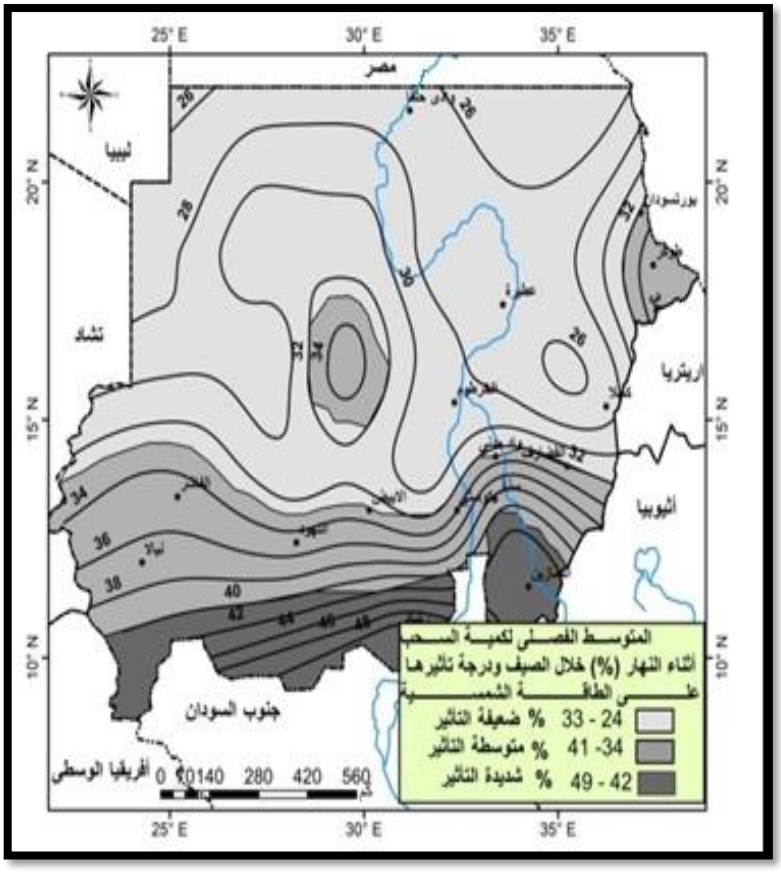
المصدر/ اعتمادا على بيانات الجدول (٤).

يلاحظ ان معظم السودان تقل بها درجة تأثي السحب على الطاقة الشمسية ما عدا الجزء الشمالى الشرقحيث يزيد تأثير السحب على الطاقة الشمسية ليكون تاثيرها متوسط وفى أقصى الشمال الشرقى يكون تاثيرها شديد.

فصل الصيف كما يوضحة شكل (٣) انتقالي بين الشتاء البارد الجاف الذي يتميز بقلة نسبة السحب والخريف الحار الممطرالذي يتميز بزيادة نسبة السحب ,ففي هذا الفصل تبدأ حركة الشمس في التحرك نحو الشمال وتنتقل جبهة الالتقاء المدارية شمالاً وتكون على جنوب منطقة الدراسة في نهاية شهر إبريل وأوائل مايو و تجذب معها الرياح الجنوبية الغربية الرطبة التي تصعد إلى أعلى نتيجة لارتفاع درجة الحرارة ونشاط التيارات التصاعدية ,وسحب هذا الفصل من

نوع الركامي المزني التي يصاحبها البرق والرعد ونزول البرد . لذلك ترتفع نسبة السحب خلال شهر مايو لتصل إلى بورتسودان قدرة٣٢,٢٪ فى رشاد ،٤٩,٣٪ فى الدمازين ، ٤٢,٣ % فى الجنينة وبمتوسط فصلى قدرة ٣٨,٥٪ ،٤٦,٥٪ فى القضارف وبمتوسط فصلى قدرة٣٢,٢٪، وتبدا نسب السحب فى الزيادة كلما توغلت الرياح الجنوبية الغربية داخل منطقة الدراسة وبالتالى فهى تزداد فى نهاية فصل الصيف وتزداد فى الجنوب عن الشمال .

شكل(٣) المتوسط الفصلى لكمية السحب أثناء فترة النهار (%) خلال الصيف الحار للفترة من ١٩٨٠-٢٠١٣ فى بعض محطات منطقة الدراسة .

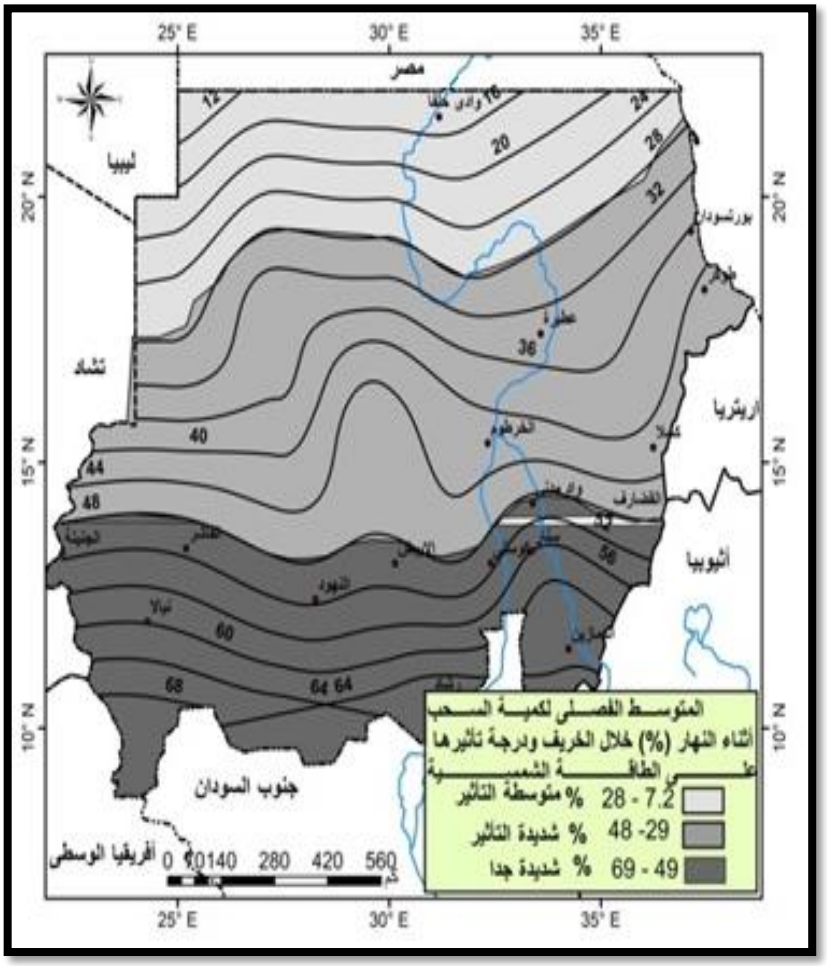


المصدر/ اعتمادا على بيانات الجدول (٤)

وتقل درجة تاثير السحب على توليد الطاقة الشمسية فى معظم السودان(الجزء الشمالى الاوسط) خلال فصل الصيف ولكنها تكون متوسطة فى الجنوب وشديدة التأثير فى الاطراف الجنوبية.

فصل الخريف الحار الممطر كما يوضحة شكل (٤)هو فصل السحب والتغيم فى كل السودان ، يتصف بزيادة الأمطار و نسبة السحب ، ويعتبر شهر يوليو هو أكثر شهور فصل الخريف والسنة فى أغلب مناطق السودان حيث بلغ نسبة السحب نحو ٦٥,٢٪ فى سنار وبمتوسط فصلى قدرة ٥٦٪ ، ٧٢,٦٪ فى الدمازين وبمتوسط فصلى قدرة ٦٣,٥٪ ، ٦٥٪ فى محطتا الجنية والفاشر وبمتوسط فصلى قدرة ٥١,٣٪،٥١,١٪% على التوالى ،٧٤,٥٪ فى رشاد ، وشهر أغسطس هو أكثر شهور السنة فى نسبة السحب فى عطبرة حيث بلغ نحو ٤٨,١٪ وبمتوسط فصلى قدرة ٣٣,٨٪ ، وخلال سبتمبر فى وادى حلفا بنسبة ١٥,٨٪ وبمتوسط فصلى قدرة ١٤,٢٪.وتقل نسبة السحب لتصل إلى أقل معدل لها فى اكتوبر بنسبة ١٤,١٪ فى وادى حلفا .وتؤثر نسبة السحب سلباً على كمية الطاقة الشمسية او الحرارية المولدة خلال فصل الخريف وخاصة فى جنوب منطقة الدراسة حيث تقلل من الكمية المنتجة.يزيد تاثير السحب على توليد الطاقة الشمسية وتكون شديدة التاثير جدا فى الجنوب وشديدة فى الوسط ومتوسطة فى الشمال .

شكل(٤) المتوسط الفصلى لكمية السحب أثناء فترة النهار (%) خلال الخريف للفترة من ١٩٨٠-٢٠١٣ فى بعض محطات منطقة الدراسة .



المصدر/ اعتمادا على بيانات الجدول (٤)

جدول (٤) المتوسط الفصلى لمعدلات النسب المئوية لكمية السحب أثناء فترة النهار (%) فى بعض محطات منطقة الدراسة للفترة من ١٩٨٠-٢٠١٣.

المحطة	الشتاء (البارد)	الصيف (الحار)	الخريف(الحار الرطب)
وادى حلفا	١٩,٥	٢٦,٧	١٤,٢
الابيض	١٣,٨	٣٣,١	٤٩,٩
النهود	١٥,٤	٣٤,٩	٥١,٥
رشاد	٢٠,٧	٤٩,٣	٦٧,٨
الفاشر	١٧,٦	٣٤,٨	٥١,١
نيالا	١٤,١	٣٦,٩	٥٩,٨
الجنينة	١٥,٩	٣٣,٣	٥١,٣
كوستى	١٣,١	٣٤,٠	٥١,١
عطبرة	١٥,٦	٢٦,٨	٣٣,٨
بورتسودان	٥٣,٢	٣٢,٢	٣٦,٣
طوكر	٤٩,٥	٣٥,٧	٤١,١
كسلا	١٠,٠	٢٧,٢	٤١,٧
الخرطوم	١٤,١	٢٨,٦	٤٢,١
واد مدنى	١٣,٢	٣٣,٠	٤٩,٣
سنار	١٨,٠	٣٨,٥	٥٦,٠
القضارف	١٢,٦	٣٢,٢	٤٨,٣
الدمازين	١٥,٩	٤٣,٣	٦٣,٥

المصدر/ اعتمادا على جدول(٣) .

٥-العواصف الرعدية الممطرة فى السودان :

تقترن بحدوث التساقط فى سحب المزن الركامى حيث التيارات الهوائية الصاعدة وتتولد بها شحنات كهربائية(جودة ،٢٠٠٤،ص ص ٢١٧-٢١٨-٢١٩.) وهى أكثر أنواع السحب فى السودان والعواصف الرعدية الممطرة يقترن بها ارتفاع سرعة الرياح التى تسبب العواصف الرملية والتربية التى تؤثر على الخلايا الشمسية وتقلل من كمية الاشعاع الشمسى الواصل إلى الخلايا الشمسية ، وتتصف بسقوط أمطار غزيرة قد تصل إلى السيول والفيضانات خلال فصل الخريف فتجرف المبانى والمناطق التى تقام بها مشروعات الطاقة الشمسية ، ويقترب بها حدوث البرق

والرعد وشحنات كهربائية قد تصل لسطح الأرض وتكون مصدر خطورة على الخلايا الشمسية ، وهي عواصف محلية لا يزيد اتساع قطر الواحدة منها عدة كيلو مترات , غير أنها قد تتابع أحياناً في شكل سلسلة على طول خط يبلغ امتداده أكثر من ١٠٠ كم وعرضه بين ٢٥-٧٥ كم, يتوافق مع خط امتداد الجبهة الباردة من المنخفض الجوي الجبهي المرافقة بغيوم رعدية (موسى,١٩٨٩،ص١٢٢.).

أنواع العواصف الرعدية فى السودان:

أ: العواصف الرعدية للكتل الهوائية :تشكل العواصف الرعدية في الكتل الهوائية عن طريق : - تيارات الحمل نتيجة لارتفاع درجات الحرارة فإذا كانت كمية الرطوبة الموجودة في الهواء كافية وكان الجو في حالة عدم استقرار فإن العاصفة الرعدية تبدأ بالتشكل ويحدث ذلك فى معظم اراضى السودان اذا ما توافرات الشروط لها ، والعواصف الرعدية نتيجة ارتفاع الهواء على المنحدرات حيث تتشكل العواصف الرعدية في المناطق الجبلية نتيجة لارتفاع الهواء إلى الأعلى بسبب اصطدامه بسطوحها المواجهة للرياح ,على شرط أن يكون الهواء غير مستقر وفيه كمية كبيرة من الرطوبة وتحدث شرق السودان وفى بورتسودان وفى جبال النوبا وجبل مرة .

ب- العواصف الرعدية للجبهات :- وتتكون هذه العواصف نتيجة ارتفاع الهواء الساخن الرطب فوق سطح الجبهة الباردة أو المنحدرة ،ويمتد اتجاه حركة العواصف الرعدية بصفة عامة من الشرق الى الغرب مع حركة الرياح العليا بين ١٠٠٠٠الى ٣٠٠٠٠ قدم ،وفي السودان جنوب جبهة الالتقاء المدارية تتكون زوابع رعدية منفردة عرضها من ١٠الى ٢٠كم والثانية في خط متسلسل من الزوابع الرعدية تغطي مسافة عرضها ٤٠الى ٧٠ كم وهذه تحدث في المنطقة حول الخرطوم في الشمال الشرقي وتتحرك نحو الجنوب الغربي تبعا للحركة العامة للرياح في طبقات الجو العليا وخاصة على ارتفاع ٣٠٠٠متر إلى ١٠٠٠٠متر وتحدث دائما في الفترة عند تقدم الفاصل المداري نحو الشمال وعند نهاية موسم الأمطار أي عند تراجع الفاصل المداري نحو الجنوب(موسى أحمد قوته,١٩٩٦, ,ص١١٣)

جدول (٥)المتوسط الشهري والفصلى لعدد الأيام ذات العواصف الرعدية الممطرة في بعض المحطات للفترة من ٢٠٠٠ -٢٠١٧.

الشهر / المحطة	الشتاء البارد الجاف					الصيف الحار الجاف					الخريف الحار الممطر					المجموع السنوي
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونية	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر				
وادي حلفا	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠,٥	٠,٣	٠,٧	٠,٧	٠,١				٢,٣
متوسط	٠				٠			٠,٥								
عطبرة	٠	٠	٠	٠	٠	٠,٦	١,٢	١,٣	٤	٢,٧	٣	٠,٤				١٣,٢
متوسط	٠				٠,٦			٢,٣								
الخرطوم	٠,١	٠	٠,١	٠,٢	٠	٠,٢	١,٩	٢,٣	٦,١	٦,٢	٥,١	١,٦				٢٣,٨
متوسط	٠,١				٠,٧			٤,٣								
كسلا	٠,٤	٠	٠	٠	٠,٢	٢	١,٤	٦	٨	١٠	١٠	٢				٤٠
متوسط	٠,١				١,٢			٧,٢								
النهود	٠,١	٠	٠	٠,٣	٠,٢	١	٣	٩,٤	١٤	١٤	١١,٨	٥,٣				٥٩,١
متوسط	٠,١				١,٤			١٠,٩								
الأبيض	٠,٢	٠	٠	٠,٣	٠,٢	٠,٤	٣	٨,٤	١٢	١٤	١٠,١	٢,٩				٥١,٥
متوسط	٠,١٢				١,٢			٩,٥								
الفاشر	٠,١	٠	٠	٠	٠	٠,٣	٢	٥,٨	١٠	١٣,٢	٧	١,٢				٣٩,٦
متوسط	٠,٠٢				٠,٧٦			٧,٤								
الجنينة	٠,٥	٠	٠	٠,٢	٠,٦	١,٢	٤,٢	٩,٥	١٩,٥	٢٠	١٤	٢,٩				٧٢,٦
متوسط	٠,١٧				٢			١٣,٢								
نيالا	٠,٣	٠	٠	٠,٣	٠,٢	١	٣	٨,٤	١٦	١٨	١٢,٨	٥,٣				٦٥,٣
متوسط	٠,١٥				١,٤			١٢,١								
بورتسودان	٤,٧	١,٩	٠,٧	٠	٠,٤	٠,٦	١,٢	٠,٤	٢,٢	٣,٤	٠,٢	١١				٢٦,٧
متوسط	١,٨				٠,٧٣			٣,٤								

القضارف	٠,٢	٠	٠,٣	٠,١	٠,٤	٤	٨,٤	١٢,٣	١٤,٩	١٠,١	٢,٩	٥٣,٦
متوسط	٠,١٢			١,٥			٩,٧					
الدمازين	٠,٥	٠	٠,٣	٠,٥	٠,٦	١,٢	٤,٢	١٠,٥	١٩,٥	٢١	١٥	٢,٩	٧٦,٢
متووسط	٠,٣٢			٢			١٣,٨					
رشاد	٠,٣	٠	٠,٣	٠,٤	٠,٦	١,٢	٣,٢	١٠,٥	١٧,٥	١٩	١٣	٢,٨	٦٨,٨
	٠,٢			١,٦			١٢,٥					

المصدر/ الهيئة العامة للارصاد الجوية السودانية ، بيانات غير منشورة .

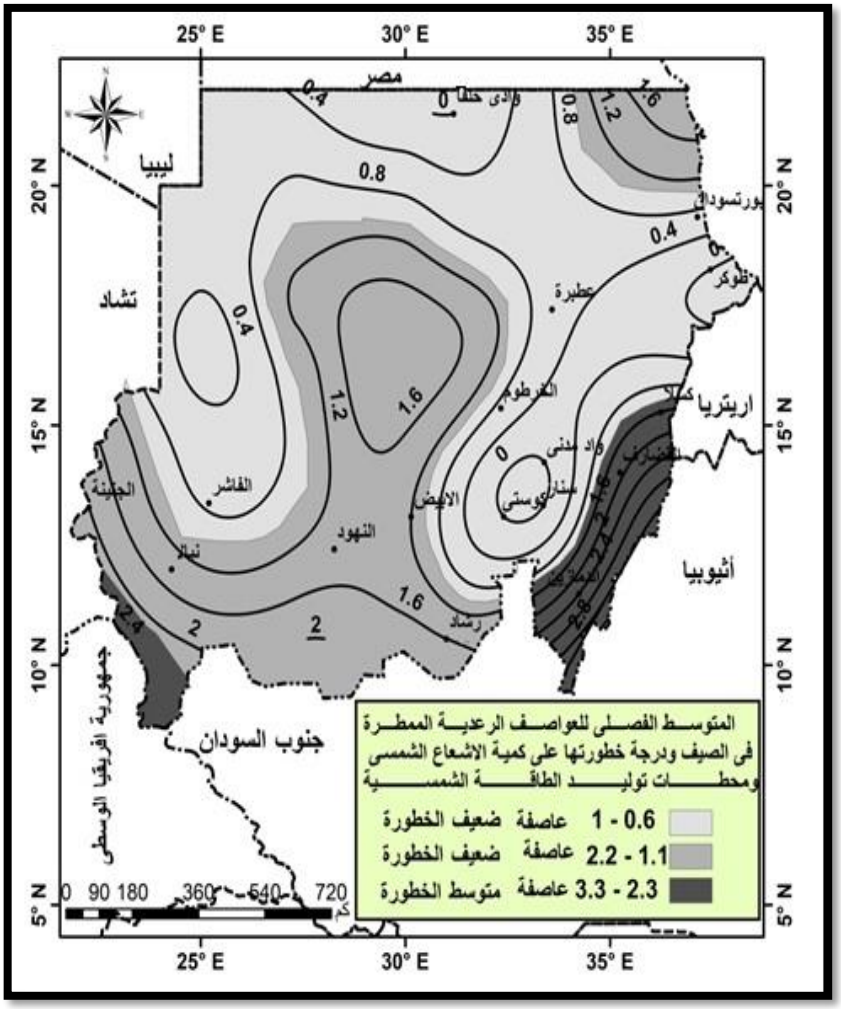
فصل الشتاء: يلاحظ من خلال الجدول (٥) :يتميز بالاستقرار وقلة حدوث عواصف رعدية إلا في الجزء الشمالي الشرقي من السودان حيث تهب الرياح التجارية الشمالية الشرقية وتعبر فوق البحر الاحمر وتتشبع ببخار الماء وتصطدم بتلال البحر الاحمر وتصعد لأعلى وتسبب عواصف رعدية ممطرة وصلت إلى ٤,٧ عاصفة فى بورتسودان خلال شهر نوفمبر ١,٩، عاصفة خلال شهر ديسمبر وبمتوسط فصلى قدرة ١,٨ عاصفة ، وتقل على شمال ووسط السودان حيث تهب الرياح التجارية الشمالية الشرقية الجافة ،ويصل معدل العواصف إلى ٠,١ في شهر يناير فى الخرطوم ,٠,٢ في شهر فبراير ، وينخفض معدل العواصف خلال شهر نوفمبر ليصل إلى ٠,٤ عاصفة فى كسلا وبمتوسط فصلى قدرة ٠,١ عاصفة, أما في الجنوب فتصل إلى ٠,٥ عاصفة رعدية فى كل من الدمازين والجنينة في شهر نوفمبر وبمتوسط فصلي قدره ٠,١ عاصفة رعدية فى الجنينة ، ٠,٣ عاصفة رعدية فى الدمازين ويرجع ارتفاع عدد العواصف الرعدية في الجنوب إلى ارتفاع درجة الحرارة ووجود حالة من عدم الاستقرار في الجو مع توافر الرطوبة ولكن بكميات قليلة .

فصل الصيف كما يوضحة شكل (٥)وجدول (٥) انتقالي بين فصل الشتاء وفصل الخريف في حدوث العواصف الرعدية الممطرة حيث تبدأ جبهة الالتقاء المدارية في التحرك نحو الشمال ويبدأ هبوب الرياح الجنوبية الغربية وتزداد نسبة الرطوبة ويصبح الجو في حالة من عدم الاستقرار مما يساعد على حدوث العواصف الرعدية . تصل العواصف الرعدية الى أعلى نسبة لها في الجنوب الشرقى ففى الدمازين ٠,٦،١,٢،٤,٢ عاصفة رعدية في مارس وابريل ومايو على التوالي وبمتوسط فصلي قدره ٢ عاصفة رعدية , وفي الجنوب الغربى الجنينة ٠,٦،١,٢،٤,٢

عاصفة رعدية في مارس وابريل ومايو على التوالي وبمتوسط فصلي قدره ٢عاصفة ،,وفى وسط السودان تصل الى . ٠,٢،١,٩ في مارس وابريل ومايو على التوالي فى الخرطوم وبمتوسط فصلي قدره ٠,٧ عاصفة رعدية حيث تكون الرياح الجنوبية الغربية قد وصلت إلى هذا الجزء من السودان في هذا الفصل من السنة، أما في الجزء الشمالي الشرقي من السودان في بورتسودان فيقل حدوث العواصف الرعدية عن الفصل السابق فوصلت إلى٤,٧، ١,٩، ٠,٧ في مارس وابريل ومايو على التوالي وبمتوسط فصلي قدره ١,٨ عاصفة رعدية أما في شمال السودان فتبدأ حدوث العواصف الرعدية في هذا الفصل حيث تكون الرياح الجنوبية الغربية قد بدأت في الوصول متأخرة الى هذا الجزء من السودان.وهى قليلة ومتباعدة وضعيفة نتيجة للموقع الجغرافى لهذه المنطقة من السودان .ولكن رغم ذلك يعتبر فصل الصيف ملائم لتوليد الطاقة الشمسية (الكهربائيةوالحرارية)

و من خلال قراءة والشكل (٥) الذى يوضح المتوسط الفصلى لنسبة العواصف الرعدية الممطرة ودرجة خطورتها على توليد الطاقة الشمسية خلال فصل الصيف الحار يلاحظ الاتى:انخفاض درجة خطورة العواصف الرعدية الممطرة (خطورتها ضعيفة) فى معظم منطقة الدراسة ما عدا الجنوب حيث تمثل درجة الخطورة متوسطة حيث تزيد معدلات العواصف الرعدية الممطرة التى ينتج عنها زيادة فى سرعة الرياح والعواصف الترابية والامطار الغزيرة والفيضانات التى تؤثر على المحطة وربما من المحتمل ان تجرفها .

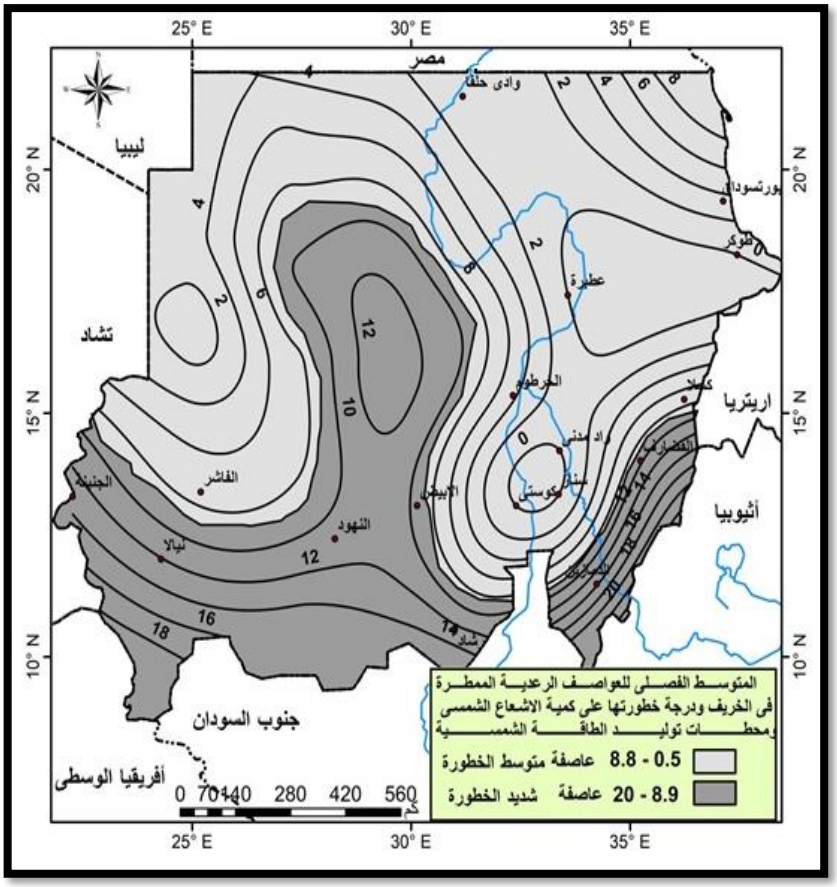
شكل (٥) المتوسط الفصلى للعواصف الرعدية الممطرة ودرجة خطورتها على كمية الاشعاع الشمسى ومحطات توليد الطاقة الشمسية خلال فصل الصيف، للفترة٢٠٠٠ -٢٠١٧.



المصدر/ اعتمادا على جدول (٥).

ج – فصل الخريف: من خلال قراءة جدول (٥) وشكل (٦)هو فصل العواصف الرعديةالممطرة في السودان وهو أكبر فصول السنة فى مجموع العواصف الرعدية الممطرة ، فالعواصف الرعدية تحدث في جميع أنحاء السودان في هذا الفصل مع الاختلاف في عدد حدوثها من مكان لأخر ,فتصل إلى أعلى معدل لها في الجنوب فوصلت إلى ٢١ عاصفة في شهرأغسطس في الدمازين وبمتوسط فصلي قدره ١٣,٨عاصفة، ٢٠ عاصفة في شهر أغسطس في الجنينة وبمتوسط فصلي قدره ١٢,١ عاصفة , ٦,٢ فى أغسطس في الخرطوم وبمتوسط فصلي قدره ٢,٣ عاصفة ، ويرجع ذلك إلى زيادة نسبة الرطوبة ووجود حالة من عدم الاستقرار في الجو وزيادة التيارات التصاعدية نتيجة ارتفاع درجة الحرارة مما يساعد على حدوث العواصف الرعدية ،وفي شمال السودان تصل العواصف الرعدية إلى أعلى معدل لها خلال السنة في فصل الخريف الحار الممطر حيث يكون الفاصل المداري فوق هذا الجزء من السودان مما يعمل على هبوب الرياح الجنوبية الغربية الرطبة وزيادة نسبة الرطوبة ووجود حالة من عدم الاستقرار فتصل إلى ٤ عواصف في شهر يولية في عطبرة وبمتوسط فصلي قدره ٢,٣عاصفة .

شكل (٦) المتوسط الفصلى للعواصف الرعدية الممطرة ودرجة خطورتها على كمية الاشعاع الشمسى ومحطات توليد الطاقة الشمسية٢٠٠٠ -٢٠١٧.



المصدر/ اعتمادا على جدول (٥).

و من خلال قراءة والشكل (٦) الذى يوضح المتوسط الفصلى لنسبة العواصف الرعدية الممطرة ودرجة خطورتها على توليد الطاقة الشمسية خلال فصل الخريف الحار الممطر يلاحظ الاتى:ترتفع درجة خطورة العواصف الرعدية الممطرة (خطورتها شديدة جدا) فى جنوب منطقة الدراسة نتيجة لزيادة عدد العواصف الرعدية الممطرة التى ينتج عنها زيادة فى سرعة الرياح والعواصف الترابية والامطار الغزيرة والفيضانات التى تؤثر على المحطة وربما من المحتمل ان تجرفها و فى الوسط فتكون درجة خطورتهامتوسطة حيث تزيد معدلات العواصف الرعدية الممطرة .

٦- العواصف الترابية وأثرها على الطاقة الشمسية:

تؤثر ظاهرة تراكم الاتربة في البيئة الصحراوية على الأداء الكلي للألواح الشمسية، فتراكم جسيمات الغبار على سطح الخلايا الشمسية يعكس كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي المتوفر وبالتالي الحد من صافي الإشعاع الشمسي،نتيجة لذلك، سيؤثر هذا التخفيض على انتاج الطاقة من النظم الكهروضوئية وكفاءتها. (جامعة الملك سعود،٢٠٢١.)، وقد برهنت البحوث الجارية حول هذا الموضوع أن أكثر من ٥٠٪ من فاعلية الطاقة الشمسية تفقد فى حالة عدم تنظيف الجهاز المستقبل لأشعة الشمس لمدة شهر . إن أفضل طريقة للتخلص من الغبار هى استخدام طرق التنظيف المستمر أى على فترات لا تتجاوز ثلاثة ايام لكل فترة وتختلف هذة الطرق من بلد إلى أخر معتمدة على طبيعة الطقس فى كل بلد . (محمد، ٢٠١٩،ص ١٦.)، تعرف العواصف الترابية في السودان(بالهبوب) وهي تؤدي الى خفض الرؤية (°)وتختلف أنواع العواصف الترابية باختلاف العوامل والأسباب المؤدية إلى حدوثها وهى ثلاثة أنواع رئيسية هي(-:(kendrew,w,j "١٩٤١":,.p.٧٠-

- **العواصف الترابية بسبب التيارات الهوائية الهابطة** : تتكون بالقرب من الزوابع الرعدية الممطرة المنفصلة والتي تتكون محليا وتغطي مساحة ضيقة ولا يتعدى مدى العواصف الترابية الناتجة مساحة ٨٠ كيلومتر لموقع الزوبعة الرعدية والاخرى تمتد على شكل شريط يمتد من الشمال والشمال الشرقي إلى الجنوب والجنوب الغربي وتتكون هذه السحب في الهضبة الإثيوبية وتتحرك من الشرق إلى الغرب مع الاتجاه العام للرياح .

- **العواصف الترابية بسبب ارتفاع الضغط الجوي في الصيف** :- عندما يبدأ موسم الأمطار في الأجزاء الجنوبية من السودان يؤدي إلى الانخفاض في درجة الحرارة وارتفاع في الضغط الجوي في جنوب مناطق الهطول ويؤدي ذلك إلى وجود فارق في الضغط والحرارة بين تلك المناطق والمناطق التي تقع شمالها وإلى نشاط الرياح الجنوبية بصورة عامة مثيرة للرمال والأتربة في أواسط وشمال السودان وكذلك الرياح المصاحبة لخط التسلسل للعواصف الرعدية المتعاقبة والمصاحبة

٣-kendrew,w,j "١٩٤١":The climates of the continents, .london.p.٧٠

للتيار القبلي النفاث الذي يظهر في مواسم الأمطار من يونيو إلى أكتوبر في المناطق الوسطى من السودان وهذا التيار يؤدي إلى نشاط الرياح الجنوبية الشرقية وهي الأعنف من ناحية السرعة (قوته ،١٩٩٦, ,ص.ص ١-٢٠.).

- **العواصف الترابية بسبب انحدار الضغط الجوي في الشتاء** :يحدث هذا النوع نتيجة لمرور المنخفضات الجوية شرق البحر الابيض المتوسط والتي تصاحبها الجبهات الهوائية الباردة في الفترة من يناير إلى ابريل ،عند هبوب العواصف الترابية المعروفة باسم (الهبوب) في السودان ينخفض معدل الرؤية لأقل من ١٠٠٠ متر, وفي حالات عديدة يقل معدل الرؤية إلى ٥٠٠متر و هذا يتوقف على جفاف التربة وسرعة الرياح و تبدو العواصف الترابية كحائط من التراب يرتفع إلى عشرة آلاف قدم وفي كثير من الأحيان توجد السحب الركامية فوق الهبوب ويحدث في أوقات كثيرة عند هبوب هذه العواصف الترابية يتحول الجو إلى ظلام دامس(مرزوق ، ٢٠٠٨، ص ٢٠٠٤)وتهب رياح "الهبوب"على خور بركة وهي عبارة عن زوبعة إعصارية تحمل مقاديرها من التراب والرمل خلال شهر يونيو حتى نهاية أغسطس وأول سبتمبر ويطلق عليها اسم "الاباتيت أو المردم "وهي تعني باللغة البدوية رياح الصيف وتهب هذه العواصف من منتصف سبتمبر إلى أواسط ديسمبر وأحيانا تستمر خلال يناير ويطلق عليها اسم "الهباباي" في هذه الفترة (احمدون،١٩٨٨،ص١٨٠) .

جدول (٦) المتوسط الشهري لعدد الأيام ذات العواصف الترابية للفترة من٢٠٠٠-٢٠١٧.

الشهر المحطة	الشتاء البارد الجاف				الصيف الحار الجاف			الخريف الحار الممطر					المجموع السنوي
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونية	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	
وادي حلفا	٠	٠,١	٠	٠,٩	٠,٦	١,١	١,٦	٠,٢	١	٢	٠,٢	٠,١	٧,٨
متوسط	٠,٣				١,١			٠,٧					
عطبرة	٠,١	٠	٠,٢	١,٢	١	١,١	٢,٨	٣	٣,٦	٤,٦	٢,٨	١,١	٢١,٥
متوسط	٠,٣				١,٦			٣,٠					
الخرطوم	٠,١	٠	٠	٠,٣	٠,٢	١,٩	٤,٣	٥,٦	٣,٦	٢,٢	٠,٩	٠,٤	١٩,٥
متوسط	٠,١				٢,١			٢,٥					
كسلا	٠	٠	٠	٠,٢	٠,٣	٢,٣	٢	٢,٩	١,٥	٠,٩	٠,٦	٠,٢	١٠,٩
متوسط	٠,١				١,٥			١,٢					
ابو حمد	٠,١	٠	٠	١,٢	٠,٣	١,٧	٠,٤	٠,٤	٠,٦	٢,٥	١	٠,٢	٨,٤
متوسط	٠,٣				٠,٨			٠,٩					
الأبيض	٠	٠	٠	٠,٢	٠,٢	٠,٧	١,٤	٢	١,٢	٠,٣	٠,٨	٠,١	٦,٩
متوسط	٠,١				٠,٨			٠,٩					
الفاشر	٠	٠	٠	٠,١	٠,٢	٠,٩	١,٦	١,٤	٠,٨	٠,٢	٠,٥	٠,١	٥,٨
متوسط	٠,٠				٠,٩			٠,٦					
الجنينة	٠	٠	٠	٠,١	٠,٨	٠,٤	١,٤	١,٦	٠,٨	١,٤	٠,٤	٠,١	٧

متوسط	٠,٠				٠,٩			٠,٩			
ود مدنى	٠	٠	٠	٠,٥	٠,٥	١,٦	٠,٨	٠,٧	٠,١	٠,٦	٠,١	٥,٥
متوسط	٠,١				١,٠			٠,٤				
بورتسودان	٠	٠	٠,٢	١,٤	٠,٤	٠,٢	٠,٤	١,٢	١,٥	٠,٢	٠,٢	٦,٩
متوسط	٠,٤				٠,٣			٠,٩				
سنار	٠	٠	٠	٠,١	٠,١	١,٦	٢,٢	١	١,٥	٠,٤	٠	٧
متوسط	٠,٠				١,٣			٠,٦				
مجموع	٠,٣	٠,١	٠,٤	٦,٢	٤,٦	١٣,٥	١٨,٩	٢٠	١٥,٩	١٦,٦	٨	٢,٧ ١٠٧٢.
متوسط	١,٧				١٢,٣			١٢,٦				

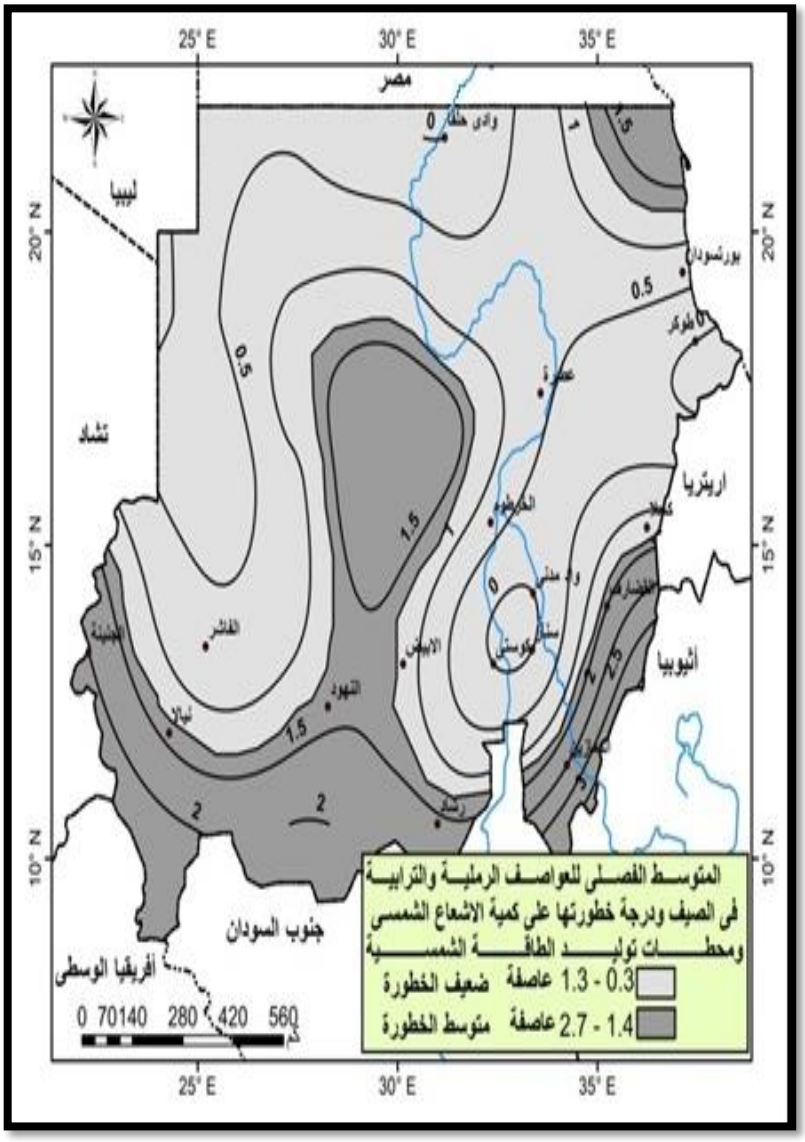
solat energy location www.nasa surface metorology and dat

فصل الشتاء: يتضح من خلال الجدول (٦) الاتى يتميز فصل الشتاء بقلة حدوث العواصف الترابية حيث يبلغ مجموع العواصف في الشتاء ٧ عواصف ترابية , يلاحظ عدم حدوث عواصف ترابية في شهر يناير إلا في بورتسودان وعطبرة ٠,٢عاصفة فى كلا منهما ، ويعتبر شهر فبراير أكبر شهور الشتاء فى حدوث العواصف ٥,٢عاصفة ، وينخفض حدوث العواصف حتى تكاد لا تحدث عواصف فى محطات سنار وود مدنى والجنينة والفاشر ، يرتفع المتوسط الفصلى إلى أكبر معدل لحدوث العواصف الترابية فى محطة عطبرة ٠,٦ عاصفة ثم أبو حمد وواد حلفا ٠,٣ عاصفة فى كل منهما, ويرجع سبب ضعف العواصف الترابية في الشتاء إلى انخفاض درجة الحرارة وارتفاع الضغط الجوي ، ففي هذا الفصل يقل وجود التيارات الهوائية الصاعدة أو الهابطة, وتعتبر بورتسودان أكثر مناطق السودان تأثرا بالعواصف الترابية الشتوية ٠,٤ عاصفة ويرجع السبب إلى مرور المنخفضات الجوية شرق البحر الأبيض المتوسط والتي تصاحبها الجبهات الهوائية الباردة ويكون فارق الضغط ودرجة الحرارة بين المناطق التي تقع خلف الجبهة الباردة والسودان كبير مما يؤدي إلى زيادة سرعة الرياح الشمالية التي تؤدي الى العواصف

الترابية على بورتسودان ، وبصفة عامة يقل تأثير العواصف الترابية على الاشعاع الشمسى الواصل لسطح الأرض مما لا يكون له تأثير سلبى كبير على كمية الطاقة الشمسية التى سيتم إنتاجها.

خلال فصل الصيف : من خلال قراءة جدول (٦) وشكل (٧)يبلغ مجموع العواصف الترابية في فصل الصيف ٣٦ عاصفة, أكبر شهور فصل الصيف والسنة شهر مايو بمجموع ١٨,٩ عاصفة ، و تصل إلى ٤.٦ عاصفة في الخرطوم بمتوسط فصلى قدرة٢,١ عاصفة , وتصل إلى ٤,٩ عاصفة في عطبرة بمتوسط فصلى قدره١,٦ عاصفة , وفى كسلا ٤,٦ عاصفة بمتوسط فصلى قدره ١,٥ عاصفة, وبورتسودان إلى عاصفة واحدة بمتوسط فصلى قدره عاصفة, ٠,٣ وفي الابيض ٢,٣ عاصفة بمتوسط فصلى قدره عاصفة ٠,٧, وفي هذا الفصل الذي يمتد من مارس إلى مايو تبدأ درجة الحرارة في الزيادة مما يؤدي إلى تكون الضغط المنخفض على السودان الذي ينتج عنه هبوب الرياح والأعاصير ووجود حالة من عدم الاستقرار وزيادة التيارات الهوائية الصاعدة التي تحمل معها ذرات الرمال والتراب مما يزيد من العواصف الترابية والرملية، مما تقلل من كمية الاشعاع الشمسى الواصل إلى سطح الأرض ، وكذلك تراكم الاتربة والغبار فوق أسطح الخلايا الشمسية مما يقلل من كمية الطاقة الشمسية المنتجة .

شكل(٧) المتوسط الفصلى للعواصف الترابية خلال فصل الصيف ودرجة خطورتها على كمية الاشعاع الشمسى ومحطات توليد الطاقة الشمسية للفترة ٢٠٠٠-٢٠١٧.

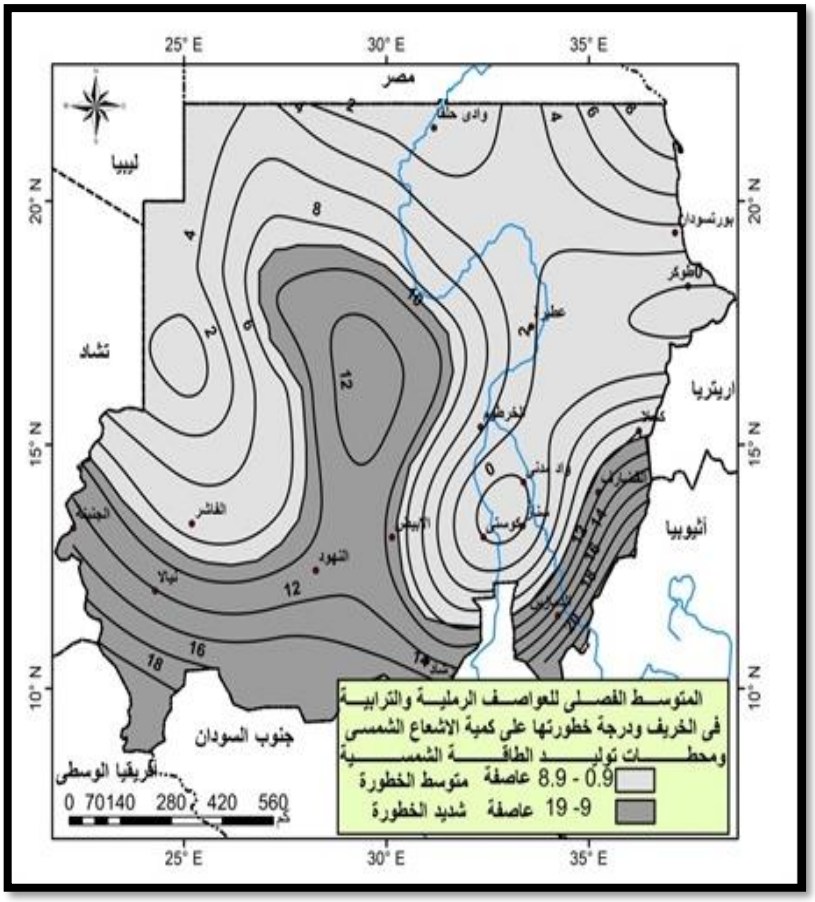


المصدر/ اعتمادا على بيانات الجدول (٦).

درجة خطورة العواصف الترابية متوسطة فى الجزء الجنوبى من منطقة الدراسة واقصى الشمال الشرقى وضعيفة الخطورة فى باقى منطقة الدراسة.

يبلغ عدد العواصف **الترابية في فصل الخريف ٦٣,٢** عاصفة كما يوضحة جدول (٦) وشكل (٨) حيث تصل إلى أعلى معدلاتها الفصلية في هذا الفصل فى بعض المحطات خاصة فى وسط منطقة الدراسة في عطبرة إلى ١٥,١ عاصفة بمتوسط فصلى قدرة ٣ عاصفة وأعلى الشهور هو شهر أغسطس ٤,٦ عاصفة، وفي الخرطوم ١٢,٧ عاصفة وأعلى الشهور هو شهر يونية ٥,٦ عاصفة بمتوسط فصلى قدره ٢,٥ عاصفة ،وتقل في ود مدنى لتصل لأقل مجموع لها خلال فصل الخريف الحار الممطر فهي ٤,٣ عاصفة ،وأعلى الشهور هو شهر يونية ٠,٧عاصفة بمتوسط فصلى قدره ٠,٤ عاصفة ، وتعتبر العواصف التربية مشكلة تواجة توليد الطاقة الشمسية بمنطقة الدراسة خلال فصل الخريف الحار الممطر حيث تقلل من كمية الاشعاع الشمسى الواصل إلى سطح الأرض ، وكذلك تراكم الاتربة والغبار فوق أسطح الخلايا الشمسية مما يقلل من كمية الطاقة المنتجة وتكون متوسطة الخطورة فى شمالى منطقة الدراسة وشديدة الخطورة فى جنوبى منطقة الدراسة..

شكل(٨) المتوسط الفصلى للعواصف الترابية خلال فصل الخريف ودرجة خطورتها على كمية الاشعاع الشمسى ومحطات توليد الطاقة الشمسية للفترة ٢٠٠٠-٢٠١٧.



المصدر/ اعتمادا على بيانات الجدول (٦).

ولمواجهة ذلك لابد من وجود الية لتنظيف الخلايا حتى ولو كل أسبوع ، فالاكتفاء بما تزيله مياه الأمطار في هذه المناطق من ملوثات عالقة على أسطح الألواح الشمسية، يُضعف من توليد الطاقة الكهربائية على مدار دورة سنوية كاملة بنسبة تتراوح بين ٣٠ إلى أكثر من ٥٠٪، خاصةً في المناطق عالية التلوث والمناطق الصحراوية. لذلك لابد من تنظيف الألواح الشمسية حتى

ولو كل بضعة أشهر- وهو ما يُسهم في زيادة توليد الكهرباء بأكثر من ٥٠٪ في دول مثل مصر، والعراق، والجزائر، وشبه الجزيرة العربية.([٦]) .

أيضا لمواجهة العواصف الترابية التى تلقى بالأتربة فوق الخلايا الشمسية يجب اختيار الألواح ذات معامل تأثير الحرارة المناسب وتتم دراسة جيدة للمكان الذى سوف يتم تركيب الخلايا به واذا كان ذات درجات حرارة عالية يتم تركيب ألواح ذات معامل حرارى قليل مثل خلايا الفلم الرقيق Tin-Film ، وتبريد الألواح حيث ينصح بتركيب الالواح على الأسطح بارتفاع ١٥٠سم عن سطح الأرض ، أو مرور شبكة أنابيب أسفل الألواح يمر فيها سائل مبرد وتكون الأنابيب تسمح بالتبادل الحرارى بين الألواح والسائل وهى من الطرق المكلفة لما تحتاجه من تجهيزات . ([٧])

ثانيا: عدد ساعات سطوع الشمس وكمية الإشعاع الشمسى فى السودان ودرجة الحرارة وتصنيف أراضى منطقة الدراسة تبعا لملائمتها مناخيا لتوليد الطاقة الشمسية اعتمادا على أهم العناصر المناخية :

(أ) **عدد ساعات سطوع الشمس:** كلما زادت عدد ساعات سطوع الشمس كلما زادت كمية الطاقة الشمسية المنتجة والعكس ، ويقصد به عدد الساعات التى يظهر فيها قرص الشمس دون ان تحجبة السحب ، والحد الأدنى لعدد ساعات سطوع الشمس هو صفر . أما الحد الأقصى فهو طول النهار ، وهو الفترة بين شروق الشمس وغروبها وفقاً لدوائر العرض المختلفة ، ويتوقف مدى استمرار سطوع الشمس فى أى مكان

[٦] – **مجلة العلم ، بنك المعرفة المصرى** ، التنظيف الفصلي يرفع كفاءة نظم الطاقة الكهروضوئية، https://www.scientificamerican.com/arabic/articles/news/seasonal-/ cleaning-increases-

[٧] – سولار ابيك تأثير الحرارة على الطاقة المنتجة من الألواح الكهروضوئية ، https://solarabic.com/learn/٢٠١٩/٠٨-/temperature-coefficient-for-solar-panel/٢٠٢١/١/٣٠.

على عاملين الأول : الساعات الممكنة لسطوع الشمس أى طول النهار ، وهذا يرتبط بدوائر العرض والحركة السنوية الظاهرية للشمس الثانى: العوامل المختلفة التى تؤدى إلى خفض الساعات الممكنة لسطوع الشمس وهى التغيم ، والضباب ، الزوابع والعواصف الترابية. (طلبة،٢٠٠١، ص ٣٩٤)

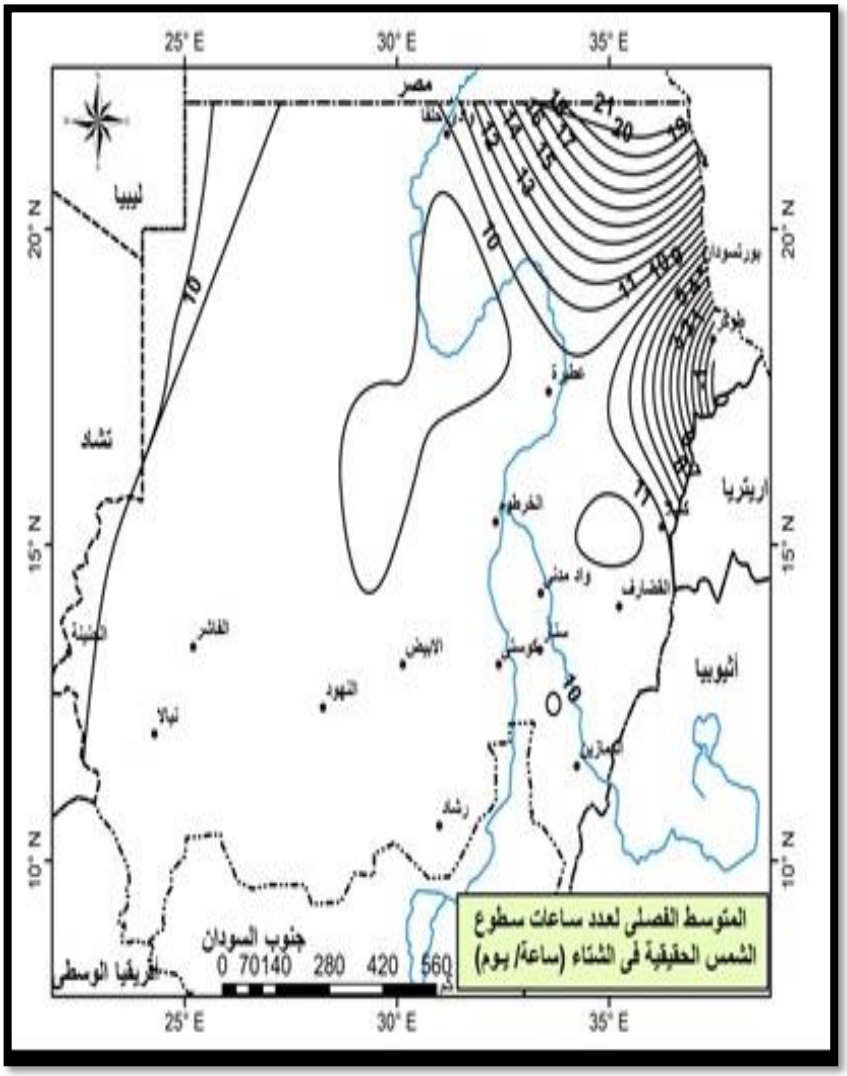
١- **المتوسط السنوى:** نتيجة لوقوع منطقة الدراسة بين دائرتى ٤٥, ٨° إلى ٢٢ ° شمالاً فإن درجة سطوع الشمس فيها كبيرة على مدار السنة وخاصة خلال فصل الصيف وفى شمال منطقة الدراسة ، كما تتأثر درجات سطوع الشمس بحركة الشمس الظاهرية نحو الشمال والجنوب إضافة إلى مقدار السحب ونسبة السحب و العواصف الترابية،إذ يلاحظ الارتفاع فى قيم فترات السطوع الفعلى للشمس من الجنوب إلى الشمال خلال جميع شهور السنة ، ويرجع ذلك إلى زيادة نسبة الأيام الغائمة فى الجنوب والجنوب الغربى وقلتها كلما أتجهنا نحو الشمال والشمال الشرقى بسبب هبوب الرياح الجنوبية الغربية التى تأتى من المحيط الاطلنطى، والرياح الجنوبية الشرقية من المحيط الهندى جنوب خط الاستواء وعندما تعبر خط الاستواء تصبح جنوبية غربية (حسب قانون فيرل) .هذه الرياح تكون محملة ببخار الماء وتتعرض للرفع التصاعدى والتضاريسى وتتكون السحب التى تقل كلما اتجهنا شمالا لأنها تكون قد أسقطت معظم ماتحملة الرياح من أمطار أثناء حركتها نحو الشمال، وبالتالى تقل نسبة السحب ويزداد الإشعاع الشمسى كلما اتجهنا شمالا، وكثرة النباتات والاشجار كلما أتجهنا جنوبا التى تعكس جزأًكبيراً من الاشعاع الشمسى الواصل إلى سطح الأرض.

ومن خلال الجدول(٧) بلغ المتوسط السنوى نحو ٨,٦ ساعة / يوم فى الجنينة فى الجنوب الغربى ، ٨,٦ فى الدمازين فى الجنوب الشرقى بسبب هضبة اثيوبيا وتكون السحب وسقوط الامطار ، ٩,٢ ساعة / يوم فى رشاد فى الجنوب ، وترتفع لتصل إلى إلى ١٠,٦ ساعة / يوم فى وادى حلفا فى الشمال .

٢-خلال فصل الشتاء البارد: يتضح من خلال قراءة الجدول (٨) ، والشكل (٩)ان فترات سطوع الشمس الفعلية تبلغ أقصى قيمها الفصلية فى أغلب منطقة الدراسة بلغ المتوسط الفصلى لمنطقة الدراسة ١٠,٢ ساعة / يوم ، ويرجع ذلك إلى صفاء الجو خلال هذا الفصل لعدم

هبوب الرياح الجنوبية الغربية المحملة ببخار الماء ، مما يقلل من فرصة تكون السحب، وهدوء الرياح مما لايساعد على حمل الاتربة والعواصف الرملية وبالتالى زيادة عدد ساعات الاشعاع الشمسى ، يلاحظ ان شهر نوفمبر أعلى شهور فصل الشتاء فى عطبرة ١٠,٩ ساعة/يوم فى واد مدنى ووادى حلفا، والفاشر والخرطوم ١٠,٨ ساعة/يوم ، ويصل إلى أقل فترات سطوع له فى بورتسودان خلال شهر يناير لتبلغ نحو ٧,١ ساعة/يوم بسبب الرياح الشمالية الشرقية وتمر على البحر الأحمر وتحمل بخار الماء وتتكون السحب . بلغ متوسط فصل الشتاء البارد نحو ١٠,٨ ساعة/يوم فى محطتى عطبرة والخرطوم ،وإلى ١٠,٧ ساعة/يوم فى محطتى واد مدنى و الفاشر، وتقل لتصل إلى ٩,٧ ساعة/ يوم فى الجنينية ،ويبلغ أقل معدل لها فى السودان فى بورتسودان بسبب هبوب الرياح الشمالية الشرقية من فوق ساحل البحر الاحمر وتتكون السحب التى تقلل من ساعات الاشعاع الشمسى لتبلغ إلى٧,٧ساعة/يوم خلال فصل الشتاء البارد. تنحصرمنطقة الدراسة بين خطي تساوى لعدد ساعات سطوع الشمس ٧,٧ ساعة/يوم في بورتسودان و١٠,٨ ساعة / يوم في الخرطوم ووادى حلفا .**ولكن رغم زيادة عدد ساعات سطوع الشمس الفعلية الا ان درجات الحرارة تصل إلى أقل معدل لها خلال السنة خلال هذا الفصل – كما سيتضح بعد– بسبب تعامد الشمس على مدار الجدى فى نصف القارة الجنوبى وبالتالى تقل درجات الحرارة وكمية الطاقة الحرارية المولدة التى يمكن توليدها ثم الطاقة الكهربائية .**

شكل (٩)المتوسط الفصلى لعدد ساعات سطوع الشمس الحقيقية (ساعة /يوم) خلال الشتاء ١٩٨٥-٢٠١٧ م.



المصدر/ اعتمادا على بيانات الجدول (٨)

جدول(٧)المتوسط الشهرى لعدد ساعات سطوع الشمس الحقيقية (ساعة /يوم) ١٩٨٥-٢٠١٧ م.

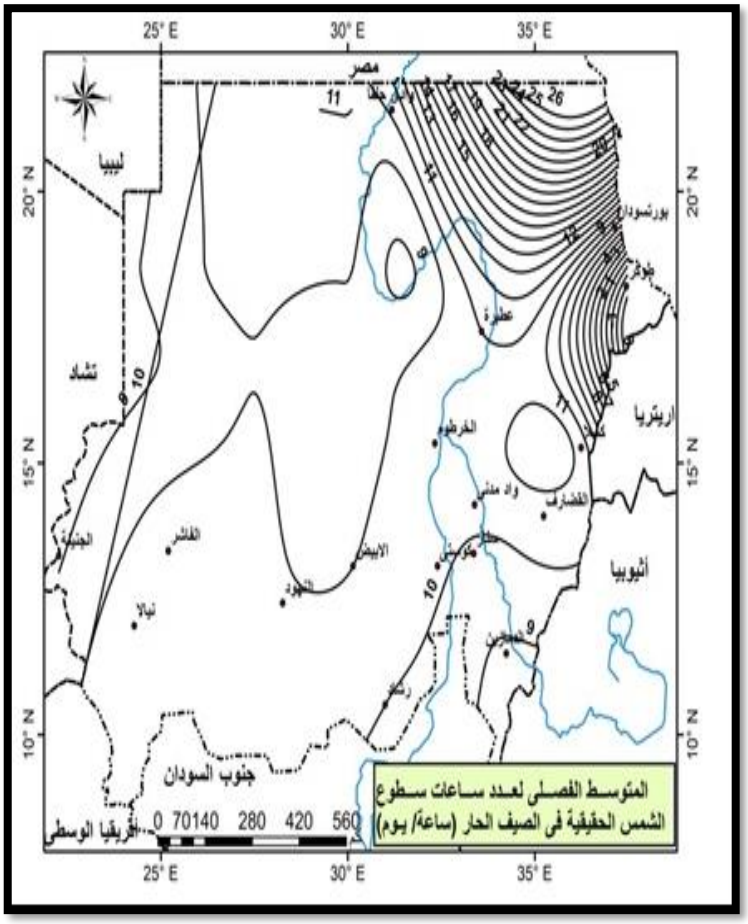
الشهر / المحطة	الشتاء (البارد)				الصيف (الحار)			الخريف(الحار الرطب)					السنوى
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونية	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	
وادى حلفا	١٠ ٩.	١٠ ٩.	١٠ ٨.	١٠ ٦.	١٠ ٧.	١١ ٥.	١١ ٥.	١٠ ٨.	٩, ٨	٩, ٤	١٠ ٤.	١٠ ٩.	١٠, ٦
بورتسودان	٨, ٦	٦, ٥	٧, ١	٨, ٤	٨, ٥	١٠ ٣.	١٠ ٨.	١٠ ٢.	٩, ٨	٩, ٦	١٠	٩, ٨	٩,١
كسلا	١٠ ٤.	١٠ ١.	١٠ ١.	١٠ ٣.	١٠	١٠ ٩.	١٠ ٥.	١٠ ٢.	٨, ١	٧, ٩	٩, ٩	١٠ ٦.	٩,٩
واد مدنى	١٠ ٩.	١٠ ٧.	١٠ ٦.	١٠ ٦.	١٠ ٧.	١٠ ٧.	٩, ٩	٩, ٩	٧, ٩	٧, ٧	٩, ١	١٠	٩,٩
الخرطوم	١٠ ٨.	١٠ ٩.	١٠ ٨.	١٠ ٦.	١٠ ٧.	١٠ ٧.	١٠	٩, ٩	٨, ٤	٨, ٩	٩, ٦	١٠ ٦.	١٠, ٢
عطبرة	١٠ ٧.	١٠ ٥.	١٠ ٥.	١٠ ٥.	١٠ ٣.	١١ ٥.	١١ ١.	٩, ٨	٨, ٨	٩, ١	١٠ ١.	١٠ ٧.	١٠, ٣
كوستى	١٠ ٢.	١٠ ٥.	١٠ ٥.	١٠ ٤.	١٠ ٢.	١٠ ٥.	١٠	٨, ٨	٧, ٩	٦, ٩	٨, ٥	٩, ٨	٩,٥
القضارف	١٠ ٢.	١٠ ٣.	١٠ ٩.	١٠ ٩.	١٠ ٩.	١٠ ٩.	١٠ ١.	٩, ٩	٦, ٩	٧, ٦	٨, ٩	٩, ٦	٩,٨
سنار	١٠ ٧.	١٠ ٣.	١٠	٩, ٩	٩, ٩	٩, ٩	٩, ٥	٩, ٤	٦, ٩	٦, ٩	٨, ٦	٩, ٦	٩,٣
الدمازين	٩, ٦	٩, ٨	١٠ ٢.	١٠ ٥.	٩, ٦	٨, ٤	٨, ٦	٨, ٤	٦, ٩	٦, ٩	٧, ٤	٨, ٩	٨,٨
الابيض	١٠ ٢.	١٠ ٢.	١٠ ٢.	١٠ ١.	١٠ ٣.	١٠ ١.	٩, ٥	٩, ٢	٧, ٩	٧, ٥	٨, ٢	١٠ ١.	٩,٥
النهود	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	٩,	٨,	٨,	٩,	١٠	٩,٧

	٢٠.	٢	٢	٢	٢		٢٠.	٢٠.	٣٠.	١٠.	١٠.	٤٠.	
رشاد	٩,٤	٨,٣	٦,٩	٦,٩	٩,٣	٩,٥	١٠١.	١٠٤٠.	١٠٢٠.	١٠٢٠.	١٠١٠.	١٠١٠.	٩,٢
الفاشر	١٠١٠.	٨,٢	٧,٥	٧,٩	٩,٢	١٠	١٠٧٠.	١٠٥٠.	١٠٦٠.	١٠٧٠.	١٠٦٠.	١٠٨٠.	٩,٧
الجنينة	٨,٥	٨,٣	٦,٩	٦,٩	٨,٤	٨,٦	٨,٤	٩,٦	٩,٣	٩,٩	٩,٩	٩,٥	٨,٦
نيالا	٩,٦	٨,٤	٦,٩	٦,٩	٩,٧	٩,٩	١٠٩٠.	١٠٧٠.	١٠٩٠.	١٠٩٠.	١٠٢٠.	١٠٢٠.	٩,٦
متوسط	٩,٩	٨,٩	٧,٨	٧,٩	٩,٥	١٠	١٠,٤	١٠,٢	١٠,٣	١٠,٢	١٠,١	١٠,٣	٩,٦

المصدر/الهيئة العامة للإرصاد الجوية السودانية ،بيانات غير منشورة .

أما خلال فصل الصيف الحار : تتقارب فترات سطوع الشمس الحقيقية مع فصل الشتاء حيث يصل المتوسط الفصلى لفترات سطوع الشمس الفعلية فى منطقة الدراسة إلى ١٠,١ ساعة/يوم، مما يساعد على زيادة معدلات الإشعاع الشمسى وتزيد من كمية الطاقة الشمسية التى يتم يمكن توليدها من المحطات، **ولكن رغم انخفاض عدد ساعات سطوع الشمس فى جنوب منطقة الدراسة ألا ان درجة الحرارة ترتفع خلال هذا الفصل مما يزيد من امكانية الطاقة التى يمكن توليدها عن فصل الشتاء السابق رغم انخفاض عدد ساعات سطوع الشمس فالقيمة فى معدلات درجات الحرارة وليس فى عدد ساعات سطوع الشمس** ، و يلاحظ من خلال الجدول (٨) وشكل (١٠)أن المتوسط الشهرى لمنطقة الدراسة خلال إبريل أعلى شهور وطول العام ١٠,٤،ساعة / يوم ، وتبلغ نحو ١١,٥ساعة / يوم فى محطتى عطبرة ووادى حلفا فى شهر أبريل ،ويصل المتوسط الفصلى لمعدلات سطوع الشمس الحقيقية إلى أعلى معدلات لها خلال فصل الصيف فى وادى حلفا ١١,٢ساعة/ يوم ، ١١ ساعة/ يوم فى عطبرة ، ١٠,٦ ساعة/ يوم فى القضارف ،١٠,٥ ساعة/ يوم فى محطات كسلا والخرطوم ونيالا .

شكل (١٠) المتوسط الفصلى خلال الصيف لعدد ساعات سطوع الشمس الحقيقية (ساعة /يوم) ١٩٨٥-٢٠١٧ م.



وتقل ساعات سطوع الشمس الحقيقية فى جنوب منطقة الدراسة خلال فصل الصيف عن فصل الشتاء السابق وذلك بسبب حركة الشمس الظاهرية نحو الشمال أذ تتعامد الشمس على الجزء الجنوبى من منطقة الدراسة خلال شهر مايو وتبدأ هبوب الرياح الجنوبية الغربية المحملة ببخار الماء مما يساعد على تكون السحب ، إضافة إلى بداية هبوب العواصف الترابية لتصل إلى ٨,٤ ساعة فى اليوم فى محطتى الجنينة والدمازين ،١٠,١ فى محطتى رشاد والابيض خلال شهر أبريل ، ويصل المتوسط الفصلى إلى ٨,٦ ساعة/ يوم فى محطتى الجنينة والدمازين ،

تنحصرمنطقة الدراسة بين خطي تساوى لعدد ساعات سطوع الشمس ٨,٩ ساعة/يوم في الدمازين و١١,٢ ساعة / يوم في وادى حلفا .

جدول(٨) المتوسط الفصلى لعدد ساعات سطوع الشمس الحقيقية (ساعة /يوم) بمنطقة الدراسة خلال الفترة من ١٩٨٥-٢٠١٧ م.

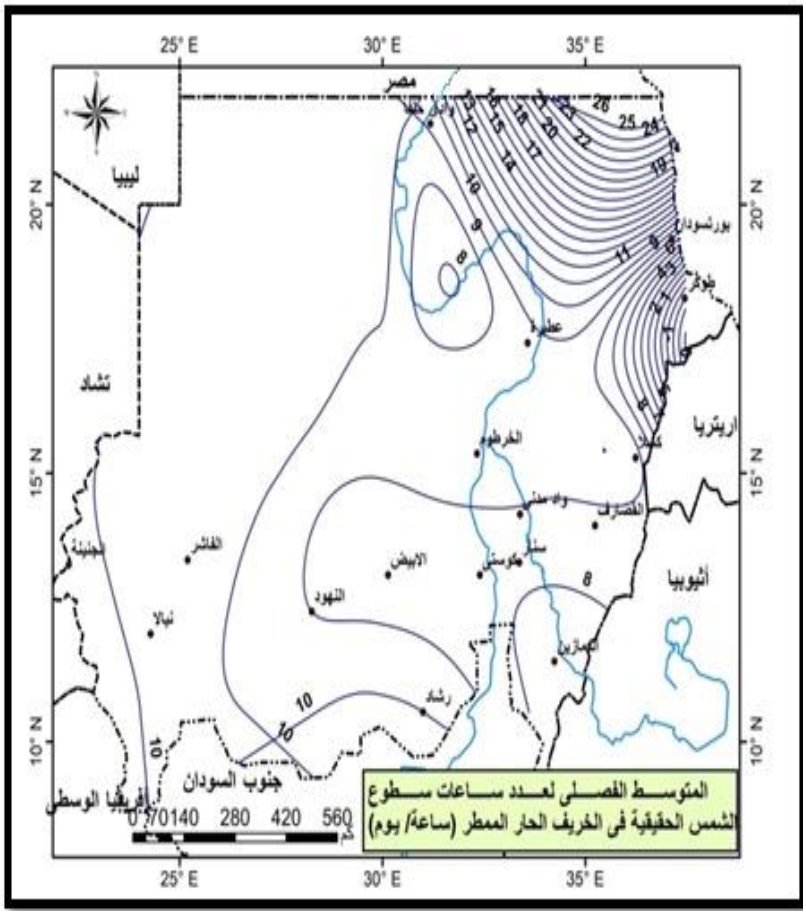
المحطة	الشتاء (البارد)	الصيف (الحار)	الخريف(الحار الرطب)
وادى حلفا	١٠,٨	١١,٢	١٠,٢
الابيض	١٠,٢	١٠,٠	٨,٦
النهود	١٠,٢	١٠,١	٩,٠
رشاد	**١٠,٢**	**١٠**	١٠
الفاشر	**١٠,٧**	**١٠,٤**	١٠,٥
نيالا	**١٠,٦**	**١٠,٥**	١٠,٢
الجنينة	**٩,٧**	**٨,٩**	٩,٥
كوستى	١٠,٤	١٠,٢	٨,٤
عطبرة	١٠,٦	١١	٩,٧
بورتسودان	٧,٧	٩,٩	٩,٩

كسلا	١٠,٢	١٠,٥	٩,٣
الخرطوم	١٠,٨	١٠,٥	٩,٥
واد مدنى	١٠,٧	١٠,٤	٨,٩
سنار	١٠,٢	٩,٨	٨,٣
القضارف	١٠,٦	١٠,٦	٨,٦
الدمازين	١٠	٨,٩	٧,٧
متوسط	**١٠,٢**	**١٠,١**	٩,٢

المصدر/ اعتمادا على جدول(٣) .

فصل الخريف أقل فصول السنة فى لعدد ساعات سطوع الشمس الحقيقية حيث يبلغ ٩,٢ ساعة /يوم ، ويرجع ذلك إلى توغل الرياح الجنوبية الغربية المحملة ببخار الماء على معظم منطقة الدراسة وتصل السحب إلى أعلى معدل لها وكذلك العواصف الترابية مما يقلل من فترات سطوع الشمس. ويكون الانخفاض فى مدة سطوع الشمس الحقيقية فى جنوب منطقة الدراسة أكثر من الجزء الشمالى منه بسبب زيادة نسبة السحب عن الشمال ، فيصل المتوسط الفصلى فالجنينة جنوبا الى ٧,٧ ساعة /يوم وهو أقل معدل فصلى خلال فصول السنة، فى حين تسجل كسلا والخرطوم معدل فصلى ٩,٠٨ ساعة/يوم ، ١٠,٢ ساعة /يوم لكليهما على التوالى . ومن خلال الشكل (١١)يلاحظ أن متوسط شهر أغسطس أقل شهور فصل الخريف ٧,٨ ساعة / يوم بسبب زيادة هبوب الرياح الجنوبية الغربية وتكون السحب ، ومتوسط شهر اكتوبر أعلى شهور فصل الخريف لمنطقة الدراسة ٩,٩ ساعة/ يوم حيث تبدأ الرياح الجنوبية الغربية فى التراجع نحو الجنوب وتقل السحب فى السماء أقل عدد ساعدت سجلت خلال شهرى يوليو وأغسطس ٦,٩ ساعة/ يوم بمحطات رشاد ونيالا والجنينة والدمازين وسنار .

شكل(١١) المتوسط الفصلى خلال الخريف لعدد ساعات سطوع الشمس الحقيقية (ساعة /يوم) ١٩٨٥-٢٠١٧ م.



المصدر / اعتمادا على الجدول (٨).

ويبلغ متوسط فصل الخريف الحار الممطر إلى نحو ١٠,٥ ساعة/يوم فى الفاشر ، وادى حلفا ونيالا ١٠,٢ ساعة/يوم لكل منهما على التوالى ،وتصل لأقل معدل ها خلال فصل

الخريف فى الدمازين ٧,٧ ساعة/ يوم ، تنحصرمنطقة الدراسة بين خطي تساوى لعدد ساعات سطوع الشمس ٧,٧ ساعة/يوم في الدمازين و١٠,٥ ساعة / يوم في الفاشر .

(ب) توزيع طاقة الإشعاع الشمسى المباشر فى منطقة الدراسة.

يختلف مقدار ما يصل إلى سطح الأرض من الأشعة الشمسية فى منطقة الدراسة من مكان لأخر ومن فصل إلى أخر حسب دائرة العرض ومدة سطوع الشمس إضافة إلى مقدار كمية السحب والعواصف الترابية والرعدية الممطرة كما سبق القول ومن خلال الجدول (٩) الخاص بالمعدلات الشهرية والسنوية لكمية الإشعاع الشمسى فى بعض المحطات المختارة للفترة من ١٩٨٠ – ٢٠١٣ يتضح الآتى :

جدول (٩) المعدل الشهرى للإشعاع الشمسى المباشر (كيلوات. الساعةم٢ فى اليوم) فى بعض محطات منطقة الدراسة خلال الفترة (١٩٨٠-٢٠١٣) .

الشهر / المحطة	الشتاء (البارد)				الصيف (الحار)			الخريف(الحار الرطب)					السنوى
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونية	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	
وادى حلفا	٤,٨	٤,٣	٤,٤	٥,٦	٦,٤	٧,٢	٧,٤	٧,٧	٧,٤	٧,١	٦,٦	٥,٦	٦,٢
بورتسودان	٤,١	٣,٦	٤,١	٥,١	٦,٢	٧	٧,١	٧	٦,٦	٦,٥	**٦,٥**	٥,٥	٥,٤
كسلا	٥,٤	٥,٣	٥,٤	٦,١	٦,٣	٦,٩	٦,٧	٦,٧	٦,٥	٦,٣	**٦,٣**	٥,٩	٥,٧
واد مدنى	٥,٧	٥,٥	٥,٦	٦,٢	٦,٦	٦,٨	٦,٥	٦,٦	٥,٩	٥,٨	**٦,٣**	٥,٩	٥,٧
الخرطوم	٥,٦	٥,١	٥,٣	٦	٦,٨	٧,٢	٦,٩	٦,٩	٦,٩	٦,٤	٦,٤	٦	٥,٩
عطبرة	٤,٨	٤,٣	٤,٣	٥,٣	٦,٣	٧,٢	٧,٤	٧,٤	٧,٣	٧,١	٦,٤	٥,٦	٦,١
كوستى	٥,٥	٥,٢	٥,٤	٦,١	٦,٦	٦,٩	٦,٥	٦,٥	٥,٨	٥,٨	**٥,٩**	٥,٨	٥,٦
القضارف	٥,٤	٥,٥	٥,٦	٦,٣	٦,٦	٦,٨	٦,٥	٦,٥	٥,٩	٥,٩	**٦,٢**	٥,٩	٥,٦
سنار	٥,٤	٥,٢	٥,٤	٦	٦,٦	٦,٨	٦,٥	٦,٤	٥,٧	٥,٧	**٥,٩**	٥,٧	٥,٥
الدمازين	٥,٩	٥,٨	٥,٩	٦,٣	٦,٦	٦,٦	٥,٩	٥,٢	٤,٨	٤,٨	٥,٣	٥,٤	٥,٧

ن													
الابيض	٥,٧	٥,٥	٥,٦	٦,٣	٦,٨	٧,٢	٦,٩	٦,٩	٦,٢	٥,٩	٦,٣	٦,٢	٥,٨
النهود	٥,٦	٥,٤	٥,٦	٦,٢	٦,٨	٧,٢	٦,٩	٦,٧	٦	٥,٩	٦,٢	٦,١	٥,٨
رشاد	٥,٧	٥,٤	٥,٥	٦,١	٦,٧	٦,٩	٦,٥	٦,٢	٥,٦	٥,٥	٥,٦	٥,٧	٦,٠
الفاشر	٥,٦	٥,٢	٥,٥	٦,٢	٦,٨	٧,٢	٧,١	٦,٦	٥,٩	٦,١	٦,١	٥,٩	٦,٢
الجنينة	٥,٥	٥,٣	٥,٤	٦,٣	٦,٩	٧,١	٦,٨	٦,٦	٦,٢	٥,٨	٦	٥,٩	٦,٢
نيالا	٥,٧	٥,٤	٥,٥	٦,١	٦,٧	٦,٩	٦,٥	٦,١	٥,٥	٥,٤	٥,٦	٥,٧	٥,٩
متوسط	٥,٤	٥,١	٢,٣	٦,٠	٦,٦	٧,٠	٦,٨	٦,٦	٦,١	٦,٠	٦,١	٥,٨	٥,٨

www.Nasa surface metorology and solt Energy location date١٩٨٠-٣٠١٣

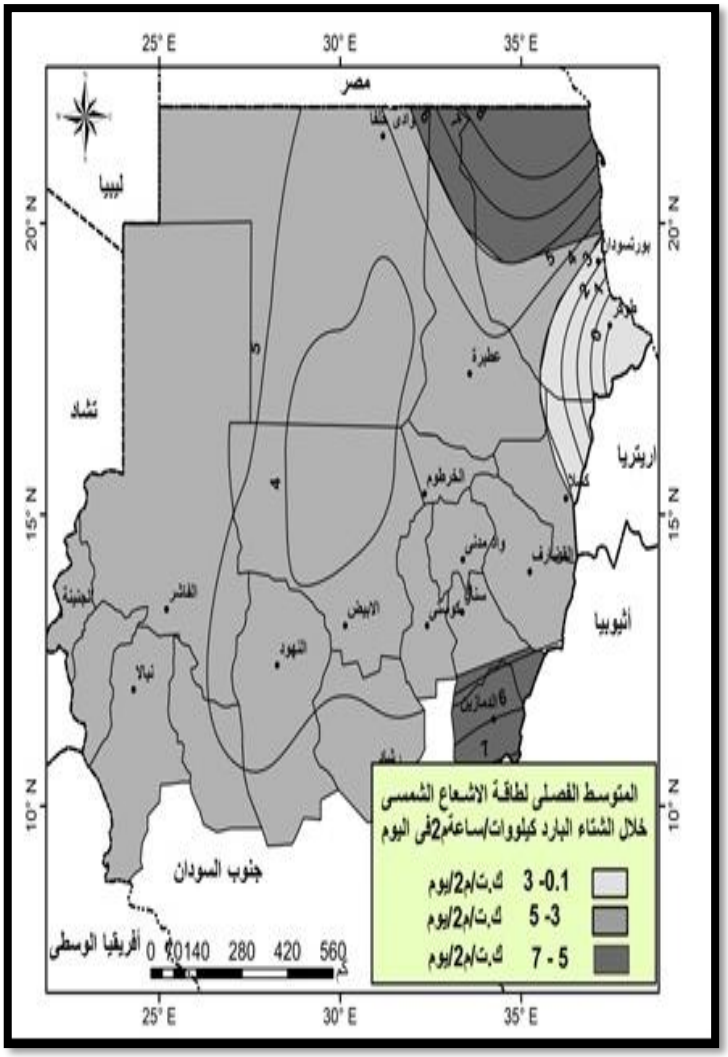
على الرغم من أن متوسط سطوع الشمس الحقيقية فى السودان يصل إلى ٩ ساعات يومية فإن استخدامات الطاقة الشمسية يعتبر قليل جدا مقارنة بالامكانات المتاحة ومعظم منشات تكنولوجيا الطاقة الشمسية فى السودان هى الخلايا الكهروضوئية باجمالى قدرة ٢ ميجاوات PV عام ٢٠١٦(El Zein,٢٠١٧,p١٠.)، وبالتالى فان حوافز تنفيذ مشروعات الطاقة الشمسية فى السودان جيدة والحكومة تعمل على تشجيع المستثمرين من أجل اقامة مشروعات الطاقة الشمسية النظيفة والرخيصة للمناطق الريفية البعيدة المحرومة من مصادر الطاقة (Abdeen, , ٢٠٠١,p١٥.) ويتميز التيار الكهربائى فى السودان بالانقطاع المتكرر حتى فى الخرطوم العاصمة بسبب الالات القديمة ونقص قطع الغيار وزيادة تكاليف المعدات التى تأتى من الخارج وهناك ما يقرب من٣٠٪ من السكان ليس لديهم شبكة كهرباء ([٨])

المتوسطات الفصلية:- خلال فصل الشتاء: يتضح من خلال الجدول (١٠) ان قيم الاشعاع الشمسى تصل إلى أدنى معدلاتها خلال السنة فى منطقة الدراسة لأن الشمس فى خلال هذا الفصل تكون متعامدة على النصف الجنوبى من الأرض مما يقلل من كمية طاقة الاشعاع

[٨]- POSSIBILITIES OF NEW LIGHT SOURCES AND SUSTAINABLE ENERGY PRODUCTION IN SUDAN - https://www.researchgate.net/publication.٢٩/١/٢٠٢١

الشمسى فى منطقة الدراسة ،إضافة إلى انخفاض ساعات طول اليوم خاصة فى الشمال ، وقصر النهار، حيث يسجل شهر يناير أقل شهور فصل الشتاء – بل والعام كله- فوصلت معدلات الإشعاع الشمسى التى تستقبلها ٢,٣ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم ، يلية شهر ديسمبر ٢,٣ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم ، ثم نوفمبر ٥,٤ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم ، وأخيرا فبراير ٦ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم. و يتضح من خلال الجدول (١٠) وشكل (١٢)الآتى: يبلغ المتوسط الفصلى لمعدلات الإشعاع الشمسى فى منطقة الدراسة إلى٤,٧ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم وهو أقل المعدلات الفصلية نظرا للإسباب السابقة ، ويرتفع المتوسط الفصلى فى الجنوب ليصل إلى ٦ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم فى الدمازين ، ٥,٧ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم فى كل من رشاد ونيالا على التوالى ، الفاشر والجنينة ٥,٦ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم فى كل منهما على التوالى ، ويقل كلما اتجهنا شمالا بسبب البعد عن الشمس حيث بلغت ٤,٢ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم. فى الخرطوم وكوستى وسنار فى كل منهما على التوالى وإلى أقل معدل له فى بورتسودان ٣,٢ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم بسبب تكون السحب

شكل (١٢) المتوسط الفصلى لمعدلات للإشعاع الشمسى الكلى خلال الشتاء البارد (كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم) فى بعض محطات منطقة الدراسة خلال الفترة (١٩٨٠-٢٠١٣) .



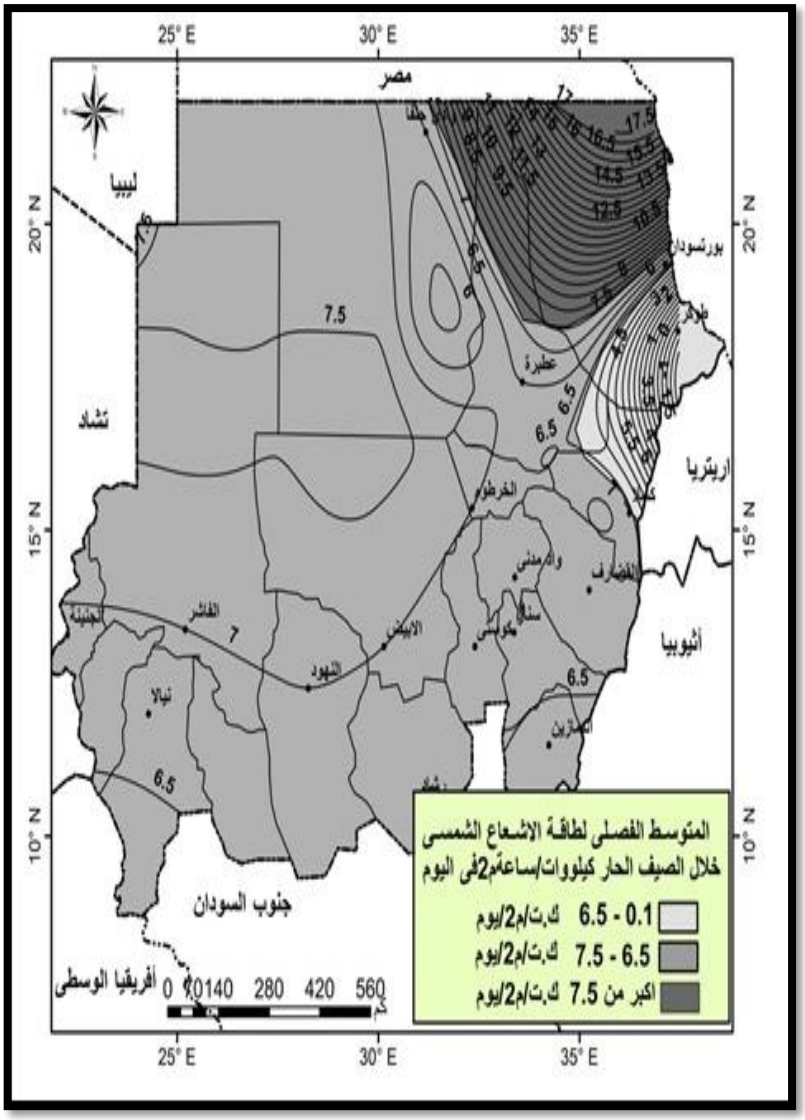
المصدر/

المصدر/ اعتمادا على بيانات الجدول (١٠).

– **خلال فصل الصيف**: تأخذ معدلات طاقة الإشعاع الشمسى فى الارتفاع عن فصل الشتاء السابق لتصل إلى أعلى المعدلات لها خلال فصول وشهور السنة فى معظم منطقة الدراسة ، حيث يسجل شهر ابريل أكبر شهور فصل الصيف – بل والعام كله- فوصلت معدلات

الإشعاع الشمسى التى تستقبلها ٧ك.وات/ساعة ، يلية شهر مايو ٦,٨ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم ، ثم مارس٦,٦ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم و يتضح من خلال الجدول (١٠) وشكل (١٣)الآتى: يبلغ المتوسط الفصلى لمعدلات الإشعاع الشمسى فى منطقة الدراسة إلى٦,٨ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم بارتفاع قدرة ٢,١ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم عن فصل الشتاء السابق ، وهو أكبر المعدلات الفصلية نظرا للإسباب السابقة ،و تتعامد الشمس على الجزء الجنوبى من منطقة الدراسة وتكون السحب قليلة مما يساعد على زيادة معدلات الإشعاع الشمسى ويزيد طول النهار ، إيضا العواصف الترابية تكون قليلة عكس فصل الخريف . وتصل معدلات الاشعاع الشمسى إلى أعلى قيم لها ٧ ك.وات/ساعة م٢ فى محطات وادى حلفا الخرطوم وعطبرة و الابيض والنهود والفاشر لكل منهما فى وسط وشمال السودان .

شكل (١٣) المتوسط الفصلى لمعدلات للإشعاع الشمسى الكلى خلال الصيف الحار (كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم) فى بعض محطات منطقة الدراسة خلال الفترة (١٩٨٠-٢٠١٣) .



المصدر/ اعتمادا على بيانات الجدول (١٠).

جدول (١٠) المتوسط الفصلى لمعدلات للإشعاع الشمسى الكلى (كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم) فى بعض محطات منطقة الدراسة خلال الفترة (١٩٨٠-٢٠١٣) .

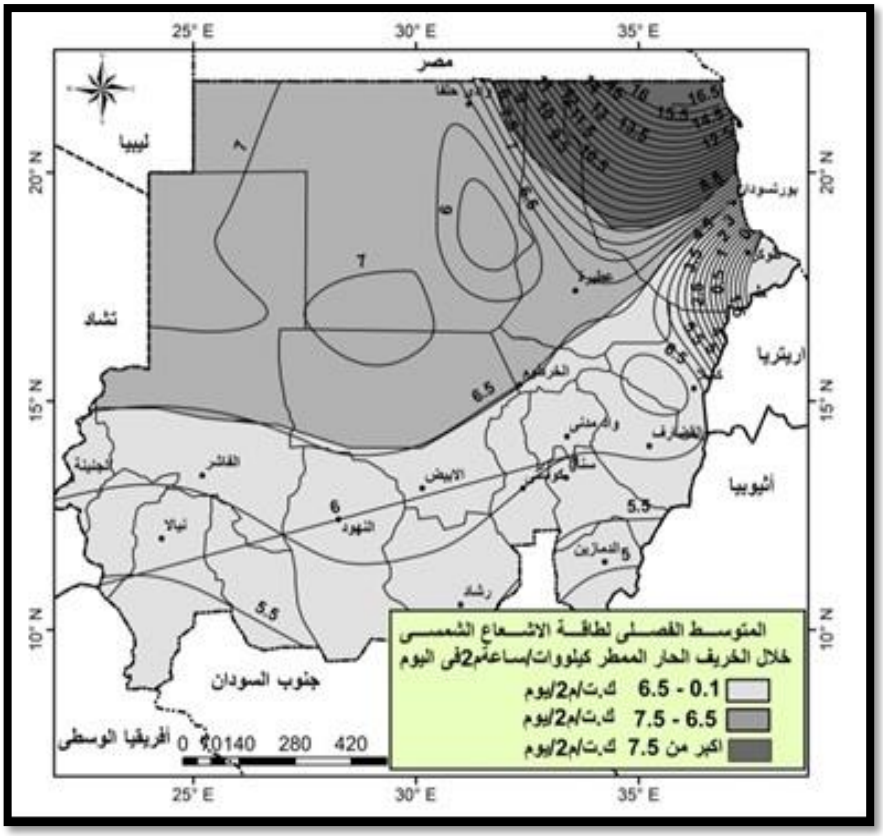
المحطة	الشتاء (البارد)	الصيف (الحار)	الخريف(الحار الرطب)
وادى حلفا	٤,٨	٧,٠	٦,٩
الابيض	٤,٤	٧,٠	٦,٣
النهود	٤,٣	٧,٠	٦,٢
رشاد	٥,٧	٦,٧	٥,٧
الفاشر	٥,٦	٧,٠	٦,١
نيالا	٥,٧	٦,٧	٥,٧
الجنينة	٥,٦	٦,٩	٦,١
كوستى	٤,٢	٦,٧	٦,٠
عطبرة	٤,٧	٧,٠	٦,٨
بورتسودان	٣,٢	٦,٨	٦,٤
كسلا	٤,٢	٦,٦	٦,٣
الخرطوم	٤,٢	٧,٠	٦,٥
واد مدنى	٤,٤	٦,٦	٦,١
سنار	٤,٢	٦,٦	٥,٩
القضارف	٤,٣	٦,٦	٦,١
الدمازين	٦,٠	٦,٤	٥,١
متوسط	٤,٧	٦,٨	٦,١

المصدر/ اعتمادا على جدول(١٠) .

٣- خلال فصل الخريف : يتضح من قراءة جدول (١٠) وشكل (١٤) تأخذ معدلات الإشعاع الشمسى فى الانخفاض عن فصل الصيف السابق ويصل المتوسط الفصلى لمنطقة الدراسة إلى ٦,١ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم بسبب زيادة كميات السحب فى الجو التى تعكس كمية كبيرة معدلات الإشعاع الشمسى الساقط ، وترتفع معدلات الاشعاع الشمى فى الشمال يبلغ أكبر معدل فى وادى حلفا ٦,٩ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم فى الشمال وفى كل السودان حيث تكون كمية السحب قليلة ، ٦,٨ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم فى عطبرة، ٦,٥

كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم فى الخرطوم ، ثم تقل المعدلات كلما أتجهنا جنوبا لتصل إلى ٦,١ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم فى ود مدنى لزيادة السحب والعواصف الترابية ، ويصل أقل معدل لها فى جنوب منطقة الدراسة ٥,١ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم فى الدمازين بسبب زيادة السحب فى الجو

شكل (١٤) المتوسط الفصلى لمعدلات للإشعاع الشمسى الكلى خلال الخريف الحار الممطر (كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم) فى بعض محطات منطقة الدراسة خلال الفترة (١٩٨٠-٢٠١٣) .



المصدر/ اعتمادا على جدول(١٠) .

(ج): **درجة الحرارة:** تعد الحرارة أحد نواتج الإشعاع الشمسى التى يمكن استغلالها إلى جانب استغلال الاشعاع الشمسى فى توليد الكهرباء (شهوان ، ٢٠١٧، ص ٤٩.).

ينقسم استخدام الطاقة الشمسية إلى ثلاث انواع وتختلف مع اختلاف كيفية استخراج الطاقة وكيفية التعامل معها وهم كالتالي الطاقة الشمسية الحرارية Thermal Solar Energy، الطاقة الشمسية الكهربية Electricity Solar Energy، الطاقة الشمسية الضوئية .Daylight Solar Energy ( ) وسوف يتم التركيز على الطاقة الشمسية الكهربية ([٩]).

وتتمثل فوائد الطاقة الشمسية الاقتصادية الحالية والمستقبلية فى الاتى:

١- **تستخدم الطاقة الشمسية لتعويض النقص فى مصادر الطاقة التقليدية** وتقليل انبعاثات الغازات الضارة بالبيئة ومعالجة ظاهرة الانبعاث الحرارى فهى طاقة نظيفة متجددة وتستخدم في انظمتها مواد صديقة للبيئة. (خطاب، ص٦٢) رغم التكامل بين التنمية والبيئة، فالعلاقة الحقيقية تبقى علاقة عكسية، فكلما زادت معدلات النمو والتنمية كلما كان ذلك عبئا على البيئة ومواردها، وهذه العلاقة تبدأ طبعا عند الحد الذي لا تستطيع فيه البيئة امتصاص التلوث، والذي يؤدي إلى تفاقم المشاكل البيئية، والتي تؤثر سلبيا على التنمية لذلك يجب استخدام مصادر الطاقة المتجددة التى تحافظ على البيئة(بو علي بالشلف ٢٠١٢، ص ١٢٨.) ، فالاعتماد على الطاقة الشمسية سيصبح السبيل الوحيد لتحقيق أهداف حماية المناخ خاصة بعد استنزاف مصادر الطاقة الطبيعية التقليدية في العالم .ويتوقع الخبراء أن تنخفض تكاليف استخدام الطاقة الشمسية اعتبارا من عام ٢٠٢٠ وان تعتمد المانيا على شمال افريقيا فى تغطية ١٥٪ من احتياجاتها من هذه الطاقة فى عام ٢٠١٠٠.(محمد ،٢٠١١، ص ١٢٨.)

٢- **مصدر للطاقة الحرارية والضوئية (الطاقة الشمسية السالبة) Passive solar energy**. وهي تعني استخدام الطاقة الشمسية على صورتها الأولى(ضوء – حرارة) في

[٩] – ماجد أبو النجا الشرقاوي ، مرجع سابق ، ٢٠١١، ص ص ٩٦-٩٧-٩٨.

عملية الإضاءة والتسخين والتبريد والتجفيف بدون أي تمويل أو استخدام أي أجهزة وسيطة ومن هذه الصور تسخين الماء وتحلية المياه(حسين ،١٩٩٢ ، ص ١٣٦.) والتدفئة والتبريد ومعالجة الصرف الصحي وطهو الطعام واستخدامها فى الزراعة عن طريق استخراج المياه الجوفية وايضا تدفئة الصوبات الزراعية خلال الشتاء عن طريق امتصاص الطاقة الشمسية خلال الصيف وتخزينها للاستفادة منها خلال الشتاء حيث يقل الاشعاع الشمسي (قرضاب ،١٩٨٦،ص ٥٩٣).وتستخدم الطاقة السلبية سلبياً في تدفئة وتبريد المباني أي خفض درجة حرارة الجو الداخلي لها ، وهذا يعتمد على دراسة المسار الطبيعي لأشعة الشمس (الطاقة) حول المبنى وخلاله بهدف الوصول إلى توفير الراحة الفسيولوجية للإنسان (سراج ،١٩٨٩، ص ١١٢ .).وهى أيضا مصدر للطاقة الكهربائية والميكانيكية(الطاقة الشمسية الموجبة)Negative solar energy عن طريق تحويل ضوء الشمس المباشر إلى طاقة كهربية تستخدم فى انارة المناطق المحرومة من مصاادر الطاقة خاصة المناطق الريفية لارتفاع تكلفة نقلها .

جدول (١١) المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة العامة(°م) فى منطقة الدراسة خلال الفترة١٩٨٠- ٢٠١٧ م.

الشهر	الشتاء البارد				الصيف الحار			الخريف الحار الرطب					السنوى
المحطة	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	اكتوبر	
الخرطوم	٢٧,٢	٢٤,٩	٢٣,٥	٢٥,١	٢٨,٩	٣١,٨	٣٤,٩	٣٤,٩	٣٢,٩	٣١,٧	٣٢,٤	٣٢,٩	٣٠,١
النهود	٢٦,٩	٢٣,٢	٢٢,٣	٢٤,٥	٢٩,٩	٣٠,٦	٣٢,٨	٣١,٢	٢٨,٩	٢٨,٣	٢٨,٧	٢٩,٥	٢٨,١
القضارف	٢٧,٩	٢٦,٩	٢٥,٩	٢٧,٨	٣٠,١	٣٢,٣	٣١,٧	٢٩,٢	٢٦,٩	٢٦,٣	٢٦,٨	٢٨,٥	٢٨,٤
رشاد	٢٦,٤	٢٣,٢	٢٢,٩	٢٤,٩	٢٩,٦	٣١,٥	٣٢,٦	٣١,٤	٢٨,٩	٢٨,٥	٢٩,٢	٢٩,٥	٢٨,٢
كسلا	٢٩,٣	٢٦,٢	٢٥,٣	٢٦,٦	٢٩,٢	٣٢,٥	٣٣,٨	٣٢,٩	٣٠,٢	٢٩,٢	٣٠,٧	٣١,٩	٢٩,٨
الابيض	٢٦,٩	١٥,٩	٢٢,٢	٢٤,٦	٢٧,٩	٣٠,٦	٣٢,٣	٣١,٦	٢٨,٦	٢٧,٩	٢٨,٥	٢٩,٤	٢٧,٢

الجنينة	٢٤,٢	٢١,٣	٢١,٦	٢٣,٩	٢٦,٧	٢٩,٢	٣٠,١	٢٩,٦	٢٦,٩	٢٥,٩	٢٦,٨	٢٦,٧	٢٦,١
الفاشر	٢٣,٦	٢٠,٦	٢١,٩	٢٣,٩	٢٧,٩	٣٠,٦	٣٠,٦	٣٢,٩	٢٩,٩	٢٩,٩	٢٩,٩	٣٠,٩	٢٧,٧
نيالا	٢٦,٩	٢٣,٩	٢٣,١	٢٥,٦	٢٨,٦	٢٩,٨	٣١,٣	٢٩,٥	٢٧,٩	٢٧,٣	٢٦,٩	٢٧,٩	٢٧,٤
وادى حلفا	٢٧,٤	٢٣,٦	٢٢,٣	٢٣,٨	٢٧,٧	٣٠,٨	٣٤	٣٥,٥	٣٤,٢	٣٣,٦	٣٤,٤	٣٢,٢	٣٠
الدمازين	٢٧,٥	٢٦,٤	٢٦,٢	٢٧,٧	٣٠,١	٢٣	٣١,٢	٢٩,٢	٢٦,٩	٢٦,١	٢٦,٩	٢٨,٦	٢٧,٥
كوستى	٢٧,٨	٢٤,٩	٢٤,٦	٢٦,٤	٣٠,١	٣٢,١	٣٣	٣١,٩	٢٨,٨	٢٨,٦	٢٧,٥	٢٩,٤	٢٨,٨
عطبرة	٢٧,٤	٢٣,٦	٢٢,٢	٢٣,٨	٢٧,٥	٣٠,٨	٣٤	٣٥,٢	٣٤	٣٣,٦	٣٤,٤	٣٢,٢	٢٩,٩
بورتسودان	٢٧,٢	٢٤,٩	٢٣,٤	٢٣,٢	٢٤,٦	٢٦,٥	٢٩,٤	٢٣,٣	٣٤,٢	٣٤,٤	٣٢,٤	٢٩,٤	٢٧,٧
طوكر	٢٨,٤	٢٥,٤	٢٤,٣	٢٧,٣	٢٥,٩	٢٩,١	٣٠,٢	٣٣,٨	٣٥,٦	٣٥,٤	٣٤,٨	٣٢,٢	٣٠,٢
واد مدنى	٢٧,٥	٢٤,٥	٢٣,٧	٢٥,٦	٢٨,٧	٣١,٤	٣٣,٦	٣٢,٣	٣٠,٣	٢٨,٩	٢٩,٥	٣٠,٣	٢٨,٩
سنار	٢٧,٨	٢٨,٩	٢٣,٩	٢٥,٩	٢٨,٩	٣١,٥	٣٢,٩	٣١,٨	٢٨,٩	٢٨,٣	٢٨,٩	٣٠,١	٢٩,٠
متوسط	٢٧,١	٢٤,٠	٢٣,٥	٢٥,٣	٢٨,٤	٣٠,٢	٣٢,٣	٣١,٥	٣٠,٢	٢٩,٦	٢٩,٩	٣٠,١	٢٨,٥

المصدر/ الهيئة العامة للارصاد الجوية السودانية ، بيانات غير منشورة .

-الاختلاف الزمانى والمكانى لدرجة حرارة العامة والمتوسطات السنوية والفصلية وامكانية توليد الطاقة الحرارية بمنطقة الدراسة : يتضح من خلال الجدول ()الآتى :

١- **يبلغ المتوسط السنوى** لدرجة الحرارة فى منطقة الدراسة ٢٨,٥ ° م كما يوضحة جدول (١١) وترتفع درجة الحرارة فى الشمال وتم تسجيل أعلى متوسط سنوى لدرجة الحرارة فى وادى حلفا(٣٠,١° م) بسبب سيادة الظروف الصحراوية.وتقل درجة الحرارة فى الجنوب بسبب زيادة كمية السحب والأمطار و العواصف الترابية ووجود الحشائش والنباتات بكثرة مما يقلل من

كمية الإشعاع الشمسى الواصلة إلى سطح الارض وبالتالى تقلل من درجة الحرارة وسجلت الجنينة أقل متوسط سنوى لدرجات الحرارة ٢٦,١° م .

خلال **فصل الشتاء البارد:-** يسجل أقل المتوسطات الفصلية لدرجة الحرارة فى منطقة الدراسة ككل بلغ ٢٥ ° م بانخفاض قدرة ٥,٣ ° م عن فصلى الصيف الحار والخريف الحار الممطر كما يوضحة جدول (١٢) ويرجع ذلك إلى أن الشمس فى ذلك الوقت تكون متعامدة على جنوب خط الاستواء مما يقلل من زاوية ارتفاع الشمس فوق منطقة الدراسة. يلاحظ ارتفاع درجة الحرارة فى جنوب منطقة الدراسة نسبيا عن شمالة وهذا أمر طبيعى لزيادة زاوية ارتفاع الشمس فتسجل الدمازين ٢٧ ° م، القضارف ٢٧,١ ° م فى الجنوب وتقل نسبياً فى الشمال ٢٤,٣° م فى عطبرة ، أما بورتسودان ٢٤,٧° م حيث تنخفض درجة الحرارة بسبب تكون السحب على المدينة وهبوب الرياح الباردة القادمة من الشمال .ويسجل شهر يناير أقل المتوسطات الشهرية خلال الفصل الشتاء حيث يبلغ ٢٣,٥ ° م بمنطقة ، الدراسة وبلغت درجة الحرارة أقل معدل لها فى محطة الابيض خلال شهر ديسمبر ١٥,٩ ° م وأعلى معدل لها فى محطة كسلا خلال شهر نوفمبر ٢٩,٣ ° م.ولكن رغم انخفاض درجة الحرارة فانه يمكن توليد طاقة حرارية فى كل منطقة الدراسة نتيجة لانخفاض معدلات هبوب العواصف الرعدية الممطرة أو العواصف الترابية والرملية وتقل نسبة السحب فى الجو.

أثناء فصل الصيف الحار : تبدأ درجات الحرارة مع بداية الفصل فى الزيادة لقرب تعامد الشمس فوق الجزء الجنوبى من منطقة الدراسة ، ويعتبر فصل الصيف فصل الحرارة فى كل السودان بلا استثناء بسبب حركة الشمس الظاهرية نحو الشمال وقلة السحب نسبياً وخاصة فى الوسط والشمال و بلغ المتوسط الفصلى ٣٠,٣° م بزيادة قدرها ٤,٧° م عن متوسط فصل الشتاء السابق كما يوضحة جدول (١٢)،و فصل الصيف فصلاً انتقالياً بين ظروف الشتاء السابق له والخريف اللاحق له ، تبلغ درجات الحرارة أقصى معدلاتها فى جنوب منطقة الدراسة خلال هذا الفصل ، فيبلغ المتوسط الفصلى فى رشاد ٣١,٢° م بفارق ٦,٨ ° م عن الشتاء وعن الخريف بمقدار ١,٧° م ، والجنينة ٢٨,٧ ° م بفارق ٥,٩ ° م عن فصل الشتاء ،ويعتبر فصل الصيف ملائم بدرجة كبيرة لتوليد الطاقة الحرارية بمنطقة الدراسة .

خلال فصل الخريف الحار الممطر: ومن خلال قراءة الجدول (١٢) تبدأ درجة الحرارة فى الانخفاض نسبياً عن فصل الصيف السابق خاصة فى وسط وجنوب منطقة الدراسة بسبب زيادة نسبة السحب فى الجو التى تقلل من الاشعاع الشمسى وتنخفض درجة الحرارة ، بلغ المتوسط الفصلى لدرجة الحرارة فى الدمازين ٢٧,٥ ° م فى الجنوب الشرقى ، ٢٧,١° م فى الجنينة فى الجنوب الغربى ، ٣٠,٩° م فى كسلا ، ٢٩,٢° م فى الابيض وكوستى لكل منهما على التوالى فى الوسط ، وترتفع درجة الحرارة فى الشمال حيث تتعامد الشمس على هذه المنطقة كما ان نسبة السحب تكون أقل من الجنوب وبلغ المتوسط الفصلى ٣٢,٩ ° م بارتفاع قدرة ١ ° م درجة عن فصل الصيف السابق فى الخرطوم ، ٣٣,٩° م بارتفاع قدرة ٣,١ ° م عن فصل الصيف فى وادى حلفا ، ٣٣,٨ ° م فى عطبرة بارتفاع قدرة ٣ ° م عن فصل الصيف . ويعتبر فصل الصيف ملائم لتوليد الطاقة الحرارية فى كل منطقة الدراسة ،وهو أفضل فصول السنة فى جنوب ووسط منطقة الدراسة .

جدول (١٢) المتوسطات الفصلية لدرجات الحرارة العامة(°م) فى منطقة الدراسة خلال الفترة١٩٨٠- ٢٠١٧ م.

المحطة- الفصل	الشتاء البارد الجاف	الصيف الحار الجاف	الخريف الحار الممطر
الخرطوم	**٢٥,٢**	**٣١,٩**	٣٢,٩
النهود	**٢٤,٢**	**٣١,١**	٢٩,٣
القضارف	**٢٧,١**	**٣١,٤**	٢٧,٥
رشاد	**٢٤,٤**	**٣١,٢**	٢٩,٥
كسلا	**٢٦,٩**	**٣١,٨**	٣٠,٩
الابيض	**٢٢,٤**	**٣٠,٣**	٢٩,٢
الجنينة	**٢٢,٨**	**٢٨,٧**	٢٧,١
الفاشر	**٢٢,٥**	**٢٩,٧**	٣٠,٧
نيالا	**٢٤,٩**	**٢٩,٩**	٢٧,٩
وادى حلفا	**٢٤,٣**	**٣٠,٨**	٣٣,٩
الدمازين	**٢٧,٠**	**٢٨,١**	٢٧,٥
كوستى	**٢٥,٩**	**٣١,٧**	٢٩,٢
عطبرة	**٢٤,٣**	**٣٠,٨**	٣٣,٨

بورتسودان	**٢٤,٧**	**٢٦,٨**	٣٠,٧
طوكر	**٢٦,٤**	**٢٨,٤**	٣٤,٣
واد مدنى	**٢٥,٣**	**٣١,٢**	٣٠,٢
سنار	**٢٦,٦**	**٣١,١**	٢٩,٦
متوسط	**٢٥**	**٣٠,٣**	٣٠,٣

المصدر/ الهيئة العامة للارصاد الجوية السودانية ، الخرطوم.

متوسط درجة الحرارة العظمى والصغرى والمدى الحرارى بمنطقة الدراسة:

يتراوح المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى فى السودان بين (٢٣,٧°م ،٤٢,٩°م) ، وسجلت شهور فصل الصيف أعلى الشهور فى درجة الحرارة وسجلت شهور فصل الشتاء أقل الشهور فى درجة الحرارة الصغرى . وبتحليل الجدول رقم (١٣) يلاحظ الاتى:

فى الخرطوم بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٤١,٨ °م فى شهر مايو بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٦,٢ °م فى شهر يناير، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ١٢ °م فى شهر أغسطس ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٥,٨ °م فى شهر أبريل،و فى النهود بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٣٩,٥ °م فى شهر أبريل بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٣,٥ °م فى شهر ديسمبر، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ١٠,٥ °م فى شهر يوليو ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ٢٠,٥ °م فى شهر مارس.

فى القضارف بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٤١,٢ °م فى شهر أبريل بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٧,٢ °م فى شهر يناير، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ١٧,٢ °م فى شهر يناير ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٨,٤ °م فى شهر مارس، و فى رشاد بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٣٨,٥°م فى شهر مايو بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٢,٣ °م فى شهر ديسمبر، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ١٠ °م فى شهر أغسطس ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٩,٢ °م خلال شهور ديسمبر وفبراير مارس.

وفى كسلا بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٤١,٣ °م فى شهر مايو ، بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٧,١ °م فى شهر فبراير، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ٩,٨ °م فى شهر اغسطس، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٨,٢ °م فى شهر مارس، وفى الابيض بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٣٩,٥ °م فى شهرمايو، بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٤ °م فى شهر يناير، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ١٠,٢ °م فى شهر اغسطس، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٧°م فى شهر فبراير، وفى الجنينة بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٣٨,٥ °م فى شهر مايو بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٧ °م فى شهر مارس، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ١٠,٢ °م فى شهر أغسطس ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٩,٣ °م فى شهر فبراير، وفى الفاشر بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٣٨,٩ °م فى شهر مايو بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ٩,٥ °م فى شهر يناير، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ١٢,٣ °م فى شهر اغسطس ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ٢٠,٥ °م فى شهر فبراير .

جدول (١٣)المتوسط الشهرى والسنوى لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمدى الحرارى للفترة ١٩٨٠-٢٠١٧.

الشهر		الشتاء البارد				الصيف الحار				الخريف الحار الرطب			
المحطة		نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	اكتوبر
الخرطوم	العظمى	**٣٥,١**	**٣١,٧**	**٣٠,٥**	**٣٣,١**	**٣٦,٦**	**٤٠**	**٤١,٨**	**٤١,٤**	**٣٨,٣**	**٣٧,١**	**٣٩,٢**	**٣٩,٤**
	الصغرى	**٢١,١**	**١٨**	**١٦,٢**	**١٧,١**	**٢١,١**	**٢٤,٢**	**٢٧,١**	**٢٧**	**٢٦,١**	**٢٥,١**	**٢٦,١**	**٢٥**
	المدى	١٤	١٣,٧	١٤,٣	١٦	١٥,٥	١٥,٨	١٤,٧	١٤,٤	١٢,٢	١٢	١٣,١	١٤,٤
النهود	العظمى	**٣٤,٣**	**٣١,٤**	**٣١,١**	**٣٣,٥**	**٣٩,١**	**٣٩,٥**	**٣٩,٢**	**٣٧,٥**	**٣٣,٧**	**٣٢,٩**	**٣٤,٥**	**٣٦,٦**
	الصغرى	**١٧,٢**	**١٣,٥**	**١٣,٢**	**١٤,٩**	**١٨,٦**	**٢١,١**	**٢٣,٦**	**٢٤**	**٢٣,٢**	**٢٢,٦**	**٢٢,٥**	**٢٢**
	المدى	١٧,١	١٧,٩	١٧,٩	١٨,٦	٢٠,٥	١٨,٤	١٥,٦	١٣,٥	١٠,٥	١٠,٣	١٢	١٤,٦
القضارف	العظمى	**٣٧,١**	**٣٥,٣**	**٣٤,٦**	**٣٦,٥**	**٣٩,٥**	**٤١,٢**	**٤٠,٥**	**٣٧,٥**	**٣٣,٥**	**٣٢,١**	**٣٤,٣**	**٣٦,٧**
	الصغرى	**٢٠,١**	**١٨,٣**	**١٧,٢**	**١٨,٣**	**٢١,١**	**٢٤,٢**	**٢٥,٢**	**٢٣,٢**	**٢٢**	**٢١,٢**	**٢١,٥**	**٢٢,٢**
	المدى	١٧	١٧	١٧,٤	١٨,٢	١٨,٤	١٧	١٥,٣	١٤,٣	١١,٥	١٠,٩	١٢,٨	١٤,٥
رشاد	العظمى	**٣٣,٣**	**٣١,٥**	**٣١,١**	**٣٣,٥**	**٣٦,٢**	**٣٧,٩**	**٣٨,٥**	**٣٦,٤**	**٣٢,٦**	**٣٠,٩**	**٣٣,٦**	**٣٥,٣**
	الصغرى	**١٤,٩**	**١٢,٣**	**١٢,١**	**١٤,٣**	**١٧**	**٢٠**	**٢١,٧**	**٢١,٤**	**٢١,١**	**٢٠,٩**	**١٩,٨**	**١٨,١**
	المدى	١٨,٤	١٩,٢	١٩	١٩,٢	١٩,٢	١٧,٩	١٦,٨	١٥	١١,٥	١٠	١٣,٨	١٧,٢
كسلا	العظمى	**٣٧,١**	**٣٤,٥**	**٣٣,٩**	**٣٥,٢**	**٣٨,٢**	**٤٠,٥**	**٤١,٣**	**٣٩,٨**	**٣٦,٧**	**٣٥,١**	**٣٦,٧**	**٣٨,٦**
	الصغرى	**٢١,٤**	**١٧,٩**	**١٧,٥**	**١٧,١**	**٢٠**	**٢٣,١**	**٢٥,٨**	**٢٦**	**٢٤,١**	**٢٥,٣**	**٢٤,٢**	**٢٤,١**
	المدى	١٥,٧	١٦,٦	١٦,٤	١٨,١	١٨,٢	١٧,٤	١٥,٥	١٣,٨	١٢,٦	٩,٨	١٢,٥	١٤,٥
الابيض	العظمى	**٣٤,٧**	**٣٠,٦**	**٢٩,٩**	**٣٢,٤**	**٣٥,٧**	**٣٨,٥**	**٣٩,٥**	**٣٧,٥**	**٣٣,٨**	**٣٢,٧**	**٣٤,٩**	**٣٦,٧**
	الصغرى	**١٨,٣**	**١٤,٥**	**١٤**	**١٥,٤**	**١٩,٣**	**٢٢**	**٢٤,٥**	**٢٥**	**٢٣,٢**	**٢٢,٥**	**٢١,٨**	**٢٢,١**
	المدى	١٦,٤	١٦,١	١٥,٩	١٧	١٦,٤	١٦,٥	١٥	١٢,٥	١٠,٦	١٠,٢	١٣,١	١٤,٦
الجنينة	العظمى	**٣٣,١**	**٣١,٣**	**٣١,١**	**٣٣,٥**	**٣٦,١**	**٣٧,٩**	**٣٨,٥**	**٣٦,٥**	**٣٢,٧**	**٣٠,٩**	**٣٣,٧**	**٣٥,٣**
	الصغرى	**١٤,٩**	**١٢,٥**	**١٢,١**	**١٤,٢**	**١٧**	**٢٠,٢**	**٢١,٨**	**٢٢,١**	**٢١,١**	**٢٠,٧**	**١٩,٧**	**١٨**
	المدى	١٨,٢	١٨,٨	١٩	١٩,٣	١٩,١	١٧,٧	١٦,٧	١٤,٤	١١,٦	١٠,٢	١٤	١٧,٣
الفاشر	العظمى	**٣٢,٦**	**٣٠,١**	**٢٩,٧**	**٣١,٩**	**٣٥,٥**	**٣٧,٦**	**٣٨,٩**	**٣٨,٦**	**٣٥,٧**	**٣٣,٩**	**٣٥,٧**	**٣٦,١**
	الصغرى	**١٣,٦**	**١٠,٥**	**٩,٥**	**١١,٤**	**١٦,٢**	**١٨,٢**	**٢١,٣**	**٢٣,١**	**٢٣,١**	**٢١,٦**	**٢١,٢**	**١٩,٢**
	المدى	١٩	١٩,٦	٢٠,٢	٢٠,٥	١٩,٣	١٩,٤	١٧,٦	١٥,٥	١٢,٦	١٢,٣	١٤,٥	١٦,٩
نيالا	العظمى	**٣٣,٥**	**٣١,٣**	**٣٠,٧**	**٣٢,٨**	**٣٦,٤**	**٣٧,٣**	**٣٨,٧**	**٣٥,٩**	**٣٣,٢**	**٣٢,٣**	**٣٢,٩**	**٣٤,٥**
	الصغرى	**١٩,٩**	**١٦,٥**	**١٥,٥**	**١٧,٣**	**٢١,٢**	**٢٢,٢**	**٢٣,٩**	**٢٣,٣**	**٢٢,٣**	**٢١,٩**	**٢١,٢**	**٢١,٢**
	المدى	١٣,٦	١٤,٨	١٥,٢	١٥,٥	١٥,٢	١٥,١	١٤,٨	١٢,٦	١٠,٩	١٠,٤	١١,٧	١٣,٣
وادى حلفا	العظمى	**٢٩,٣**	**٢٤,٦**	**٢٣,٧**	**٢٥,٧**	**٣٠,٧**	**٣٦,٢**	**٣٩,٦**	**٤١,٦**	**٤٠,٧**	**٤٠,٣**	**٣٩,٣**	**٣٦,٢**

	الصغرى	**١٥,٣**	**١٩,٢**	**٩,٤**	**١٠,٧**	**١٥,٢**	**١٩,٢**	**٢٣,٥**	**٢٥,٣**	**٢٥,٢**	**٢٤,٩**	**٢٤,٦**	**٢٢,٢**
	المدى	١٤	٥,٤	١٤,٣	١٥	١٥,٥	١٧	١٦,١	١٦,٣	١٥,٥	١٥,٤	١٤,٧	١٤
الدمازين	العظمى	**٣٧,١**	**٣٥,٢**	**٣٤,٧**	**٣٦,٤**	**٣٩,٢**	**٤١,١**	**٤٠,٦**	**٣٧,٥**	**٣٣,٦**	**٣٢,٤**	**٣٤,٢**	**٣٦,٨**
	الصغرى	**١٤,٩**	**١٢,٥**	**١٢,١**	**١٤,٢**	**١٧**	**٢٠,٢**	**٢١,٨**	**٢٢,١**	**٢١,١**	**٢٠,٧**	**١٩,٧**	**١٨**
	المدى	٢٢,٢	٢٢,٧	٢٢,٦	٢٢,٢	٢٢,٢	٢٠,٩	١٨,٨	١٥,٤	١٢,٥	١١,٧	١٤,٥	١٨,٨
كوستى	العظمى	**٣٤,٧**	**٣٢,٢**	**٣١,٦**	**٣٤,٨**	**٣٨,٦**	**٤١,٣**	**٤١,٤**	**٣٨,٦**	**٣٣,٩**	**٣٣,٧**	**٣٢,٨**	**٣٥,٣**
	الصغرى	**٢٠,٥**	**١٧,٢**	**١٦,١**	**١٧,٢**	**٢٠**	**٢٣,٣**	**٢٥,٥**	**٢٥,٢**	**٢٤,٢**	**٢٢,٩**	**٢٣,٣**	**٢٣,١**
	المدى	١٤,٢	١٥	١٥,٥	١٧,٦	١٨,٦	١٨	١٥,٩	١٣,٤	٩,٧	١٠,٨	٩,٥	١٢,٢
عطبرة	العظمى	**٣٤,٩**	**٣٠,٨**	**٢٩,٩**	**٣١,٩**	**٣٥,٩**	**٣٩,٦**	**٤٢,٢**	**٤٢,٨**	**٤٠,٩**	**٤٠,٣**	**٤١,٣**	**٣٩,٦**
	الصغرى	**٢٠,٢**	**١٦**	**١٤**	**١٥,٤**	**١٩,١**	**٢٢,١**	**٢٦,٢**	**٢٨,١**	**٢٧,١**	**٢٦,٩**	**٢٧,٣**	**٢٥**
	المدى	١٤,٧	١٤,٨	١٥,٩	١٦,٥	١٦,٨	١٧,٥	١٦	١٤,٧	١٣,٨	١٣,٤	١٤	١٤,٦
بورتسودان	العظمى	**٣٠,٩**	**٢٨,٩**	**٢٦,٩**	**٢٧,١**	**٢٨,٨**	**٣١,٦**	**٣٥**	**٣٨,٦**	**٤٠,١**	**٤٠,٣**	**٣٧,٤**	**٣٣,٥**
	الصغرى	**٢٣,٨**	**٢٧,٣**	**٢٠,١**	**١٩,١**	**٢٠,١**	**٢٢,١**	**٢٣,٧**	**٢٦,٦**	**٢٨,١**	**٢٨,٩**	**٢٦,٨**	**٢٥,١**
	المدى	٧,١	١,٦	٦,٨	٨	٨,٧	٩,٥	١١,٣	١٢	١٢	١١,٤	١٠,٦	٨,٤
طوكر	العظمى	**٣٣,٢**	**٢٩,٨**	**٢٨,٣**	**٢٨,٧**	**٣٠,٩**	**٣٣,١**	**٣٧,٧**	**٤٢,٥**	**٤٢,٩**	**٤٢,٥**	**٤١,٥**	**٣٦,٩**
	الصغرى	**٢٣,٦**	**٢١,٢**	**٢٠**	**١٩,٧**	**٢١,٢**	**٢٢,٢**	**٢٣,١**	**٢٦,١**	**٢٢,١**	**٢٨,٣**	**٢٦,٣**	**٢٥,١**
	المدى	٩,٦	٨,٦	٨,٣	٩	٩,٧	١٠,٩	١٤,٦	١٦,٤	٢٠,٨	١٤,٢	١٥,٢	١١,٨
واد مدنى	العظمى	**٣٦,٣**	**٣٣,٦**	**٣٢,٩**	**٣٤,٨**	**٣٨,٣**	**٤١,٩**	**٤٢,٦**	**٣٩,٨**	**٣٦,٣**	**٣٤,٩**	**٣٥,٦**	**٣٨,١**
	الصغرى	**١٨,٣**	**١٥,٣**	**١٤,١**	**١٦,٧**	**١٩**	**٢٢,١**	**٢٤,٧**	**٢٥,١**	**٢٣,١**	**٢٢,٣**	**٢٢,٢**	**٢٢,٢**
	المدى	١٨	١٨,٣	١٨,٨	١٨,١	١٩,٣	١٩,٨	١٧,٩	١٤,٧	١٣,٢	١٢,٦	١٣,٤	١٥,٩
سنار	العظمى	٣٣,٢	٣٥,٣	٣٧,٧	٣٩,٩	٣٨,٥	٣٦,٣	٣٢,٣	٣١,١	٣٢,٣	٣٥,٨	٣٦,٥	٣٣,٨
	الصغرى	**١٨,٦**	**١٥,٢**	**١٤,٢**	**١٥,٤**	**١٩,٢**	**٢١,١**	**٢١,٥**	**٢٤,١**	**٢٣,٢**	**٢٢,٢**	**٢١,٩**	**٢٢,١**
	المدى	١٤,٦	٢٠,١	٢٣,٥	٢٤,٥	١٩,٣	١٥,٢	١٠,٨	٧	٩,١	١٣,٦	١٤,٦	١١,٧

المصدر/ **www.Nasa surface metorology and solt Energy location date**

فى وادى حلفا: بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٤١,٦ °م فى شهر يونيو بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ٩,٤ °م فى شهر يناير، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ٥,٤°م فى شهر ديسمبر ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٧ °م فى شهر ابريل ،وفى نيالا بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٣٨,٧ °م فى شهر مايو بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٥,٥ °م فى شهر يناير، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ١٠,٤°م فى شهر اغسطس ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٥,٥ °م فى شهر فبراير.

وفى الدمازين بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٤١,١ °م فى شهر ابريل بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٢,١ °م فى شهر يناير، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ١١,٧°م فى شهر اغسطس ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ٢٢,٦ °م فى شهر يناير، وفى كوستى بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٤١,٤ °م فى شهرمايو بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٦,١ °م فى شهر يناير، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ٩,٥°م فى شهر سبتمبر ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٨,٦ °م فى شهر مارس، وفى عطبرة بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٤٢,٨ °م فى شهر يونيو بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٢,١ °م فى شهر يناير، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ١٣,٤°م فى شهر اغسطس ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٧,٥ °م فى شهر ابريل.

وفى بورتسودان بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٤٠,٣ °م فى شهر أغسطس بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٩,١ °م فى شهر فبراير، كما سجل أقل مدى حرارى شهرى ١,٦°م فى شهر ديسمبر ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٢ °م فى شهرى يونيو ويوليو،وفى طوكر: بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٤٢,٩ °م فى شهر يوليو بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٩,٧ °م فى شهر فبراير، كما سجل أقل مدى حرارى شهر ٨,٣°م فى شهر يناير ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ١٥,٢ °م فى شهر اكتوبر،وفى سنار بلغ المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى أقصاه ٣٩,٩ °م فى شهر فبراير بينما سجلت المحطة أدنى قيم لدرجة الحرارة الصغرى ١٢,٤ °م فى شهر يناير، كما سجل أقل مدى حرارى شهر ٧°م فى شهر يونيو ، بينما سجل أقصى قيم للمدى الحرارى ٢٤,٥ °م فى شهر فبراير.

ولمواجهة ارتفاع درجة الحرارة وخاصة درجات الحرارة العظمى أو يتم وضع الخلية على بلاط فاتح لعكس الشمس ، أو زراعة الأرض أسفل الخلية فالرطوبة المستخرجة تلطف الجو أسفل الخلايا ، ووضع الخلايا فى مكان مفتوح لهبوب الرياح (يتيم تثبيت الخلايا جيدا لحمايتها من سرعة الرياح) .لكى تلطف من درجة الحرارة .

(ج) تصنيف أراضى منطقة الدراسة تبعا لملائمتها مناخيا لتوليد الطاقة الشمسية اعتمادا على أهم العناصر المناخية .

من خلال قراءة الشكل (١٥-أ) والشكل (١٥-ب) يمكن تقسيم منطقة الدراسة تبعا لملائمتها مناخيا لتوليد الطاقة الشمسية اعتمادا على أهم العناصر المناخية كالتالى:

أ- النطاق الأنسب مناخيا لتوليد الطاقة الشمسية.

يشمل هذا النطاق كل ولايات الخرطوم ونهر النيل والشمالية والجزء الأكبر الشمالى من ولايات البحر الأحمر وشمال دارفور والجزء الشمالى من ولايات كسلا والقضارف والجزيرة والنيل الأبيض والنصف الشمالى من ولاية شمال كردفان حيث لا توجد عواصف رعدية ممطرة خلال فصلى الشتاء والصيف فى وادى حلفا وتقل فى عطبرة ٠,٦ عاصفة ، ٠,٧ عاصفة فى الخرطوم ،وبلغت نحو ٢,٣ عاصفة خلال فصل الخريف الحار الممطر فى عطبرة و إلى ٤,٣ عاصفة فى الخريف فى الخرطوم ،٠,٥عاصفة فى وادى حلفا . ويبلغ المتوسط الفصلى للعواصف الترابية ٠,٣ ، عاصفة فى محطتا وادى حلفا وعطبرة ،٠,١ فى الخرطوم خلال فصل الشتاء البارد ، وبلغت نسبة السحب خلال النهار١٤,٢٪ ، ٣٣,٨٪، ٤٢,١٪ فى محطات وادى حلفا وعطبرة والخرطوم على التوالى خلال فصل الخريف الحار الممطر، ويبلغ المتوسط الفصلى لعدد ساعات سطوع الشمس خلال فصل الصيف الحار ١١,٢ ، ١١، ١٠,٥ ساعة/يوم فى كل من وادى حلفا وعطبرة والخرطوم على التوالى، ويبلغ المتوسط الفصلى لمعدلات الاشعاع الشمسى الكلى ٧ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم فى كل من وادى حلفا وعطبرة والخرطوم على التوالى. ويبلغ المتوسط الفصلى لدرجة الحرارة ٣٠,٨ °م ، ٣٠,٨ °م ، ٣١,٩°م فى كل من كسلا و الابيض و النهود والقضارف على التوالى خلال فصل الصيف الحار.

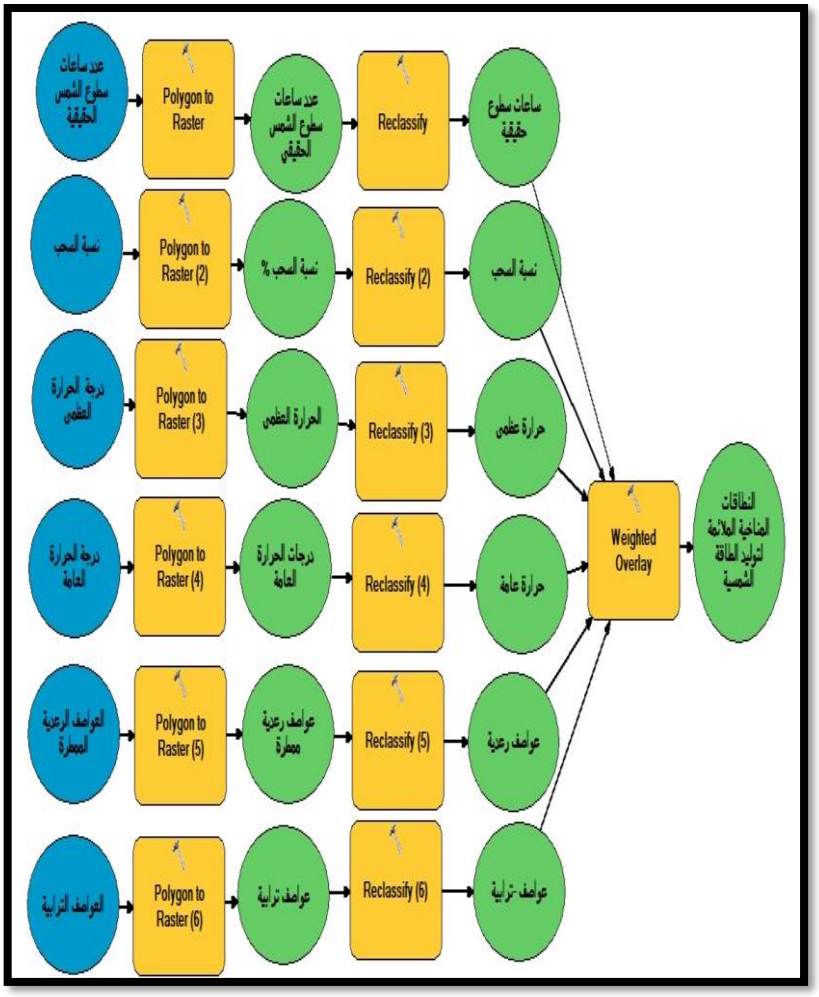
ب-نطاق الخصائص المناخية المتوسطة لتوليد الطاقة الشمسية:

يشمل الجزء الجنوبى من ولاية البحر الأحمر ومعظم ولاية كسلا والقضارف والجزيرة وسنار والنيل الأبيض والنصف الجنوبى من ولاية جنوب كردفان وغرب كردفان ، والجزء الجنوبى من ولاية شمال دارفوروشمال ولايتى شرق دارفور وجنوب دارفوروكل ولاياتى وسط وغرب دارفور واجزاء قليلة

من شمال ولاية جنوب كردفان. حيث بلغ المتوسط الفصلى للعواصف الرعدية الممطرة إلى نحو٧,٢ ، ٩,٥ ،١٠,٩،٩,٧ عاصفة خلال فصل الخريف فى كل من كسلا و الابيض و النهود والقضارف على التوالى، ١,٢ ، ٠,٩ ، عاصفة ترابية فى كسلا والابيض على التوالى خلال فصل الخريف الحار الممطر، وبلغت نسبة السحب خلال النهار ٤١,٧٪، ٤٩,٩٪، ٥١,٥٪، ٤٨,٣٪ فى كل من كسلا و الابيض و النهود والقضارف على التوالى خلال فصل الخريف الحار الممطر، ويبلغ المتوسط الفصلى لعدد ساعات سطوع الشمس خلال فصل الصيف الحار١٠,٥، ١٠، ١٠,١ ، ١٠,٦ ساعة/ يوم فى كل من كسلا و الابيض و النهود والقضارف على التوالى ، ويبلغ المتوسط الفصلى لمعدلات الاشعاع الشمسى الكلى ٦,٦، ٧، ٧، ٦,٦ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم فى كل من كسلا و الابيض و النهود والقضارف على التوالى خلال فصل الصيف الحار . ويبلغ المتوسط الفصلى لدرجة الحرارة ٣١,٨ °م ، ٣٠,٣ °م ، ٣١,١°م ، ٣١,٤ °م فى كل من كسلا و الابيض و النهود والقضارف على التوالى خلال فصل الصيف الحار.

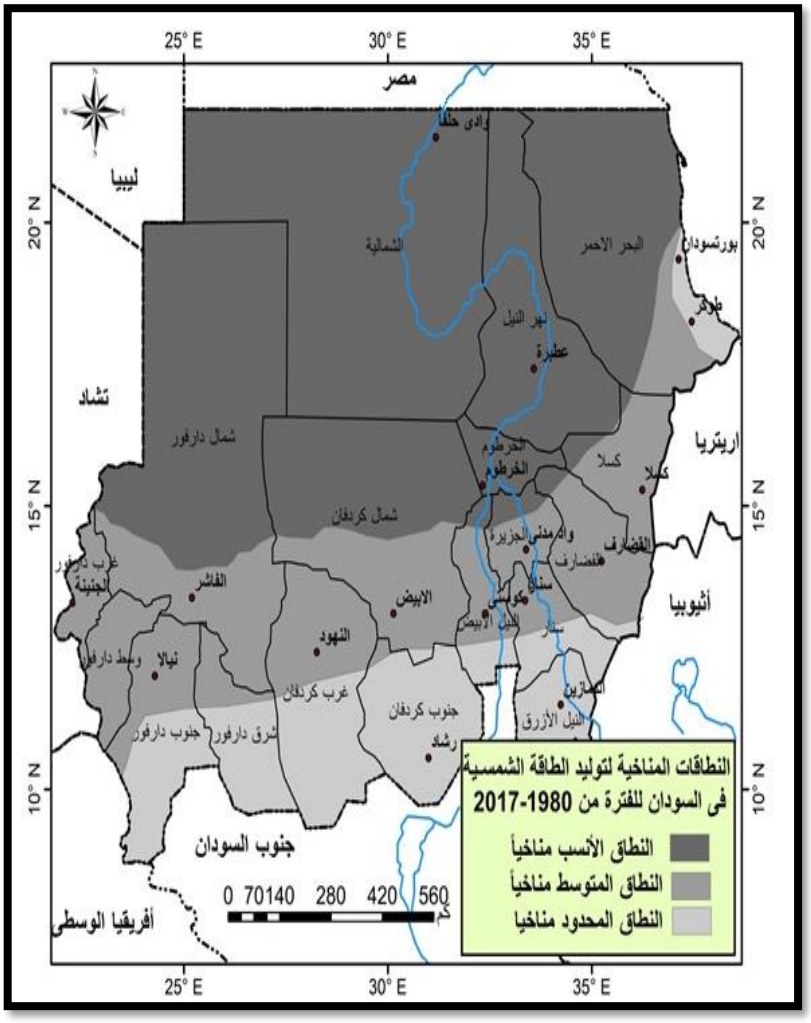
ت– نطاق الخصائص المناخية المحدود لتوليد الطاقة الشمسية : يضم هذا النطاق الجزء الجنوبى الشرقى من ولاية البحر الأحمر وجنوب ولايات سنار والنيل الأبيض ومعظم ولاية جنوب كردفان والنصف الجنوبى من ولاية غرب كردفان وشرق دارفور وجنوب دارفور . حيث بلغ المتوسط الفصلى للعواصف الرعدية الممطرة إلى نحو١٢,٥، ١٣,٨ عاصفة خلال فصل الخريف فى كل من رشاد والدمازين على التوالى، ٠,٩ عاصفة ترابية فى برتسودان خلال فصل الخريف الحار الممطر ، تصل نسبة السحب خلال النهار إلى ٥٣,٢٪ فى بورتسودان خلال فصل الشتاء البارد ، ٦٣,٥ % ، ٦٧,٨٪ خلال الخريف الحار الممطر فى كلا من محطتا الدمازين و رشاد. ويبلغ المتوسط الفصلى لعدد ساعات سطوع الشمس خلال فصل الصيف الحار٨,٩ ساعة/يوم فى الدمازين ، ٩,٩ ساعة/ يوم فى بورتسودان . ويبلغ المتوسط الفصلى لعدد ساعات سطوع الشمس خلال فصل الصيف الحار٥,٧، ٦ كيلووات.الساعة م٢ فى اليوم فى كل من رشاد والدمازين على التوالى .ويبلغ المتوسط الفصلى لدرجة الحرارة ٣١,٢ °م ، ٢٨,١ °م فى كل من رشاد والدمازين على التوالى خلال فصل الصيف الحار.

شكل (١٥-أ) نموذج يوضح الخطوات الخاصة بتحديد النطاقات المناخية الملائمة لتوليد الطاقة الشمسية اعتمادا على أهم العناصر المناخية المؤثرة فى منطقة الدراسة(باستخدام برنامج GIS) للفترة من ١٩٨٠-٢٠١٧ م.



المصدر/ اعتمادا على بيانات الهيئة العامة للارصاد الجوية السودانية وبيانات وكالة ناسا الامريكية للفضاء .

شكل (١٥-ب) النطاقات المناخية الملائمة لتوليد الطاقة الشمسية اعتمادا على أهم العناصر المناخية المؤثرة فى منطقة الدراسة(باستخدام برنامج GIS) للفترة من ١٩٨٠-٢٠١٧ م.



المصدر/ اعتمادا على بيانات الهيئة العامة للارصاد الجوية السودانية ووكالة ناسا الامريكية للفضاء .

ثالثا: الطاقة الشمسية وأثرها على التنمية الاقتصادية فى السودان :

تعد الطاقة الشمسية الاساس الذى تقوم عليه جميع أشكال الحياة على كوكب الأرض ، ويقود كل دورات كل من الغلاف الجوي ، والغلاف المائي واليابس ، فجميع العمليات المناخية المؤثرة فى سطح الأرض هي محصلة الانتقالات في الطاقة الشمسية من الشمس نحو الأرض على مدار السنة ، والمرتدة من الأرض نحو الغلاف الجوي. (شرف ،٢٠٠٥، ص٢١.). وتتعدد فوائد الطاقة الشمسية فى السودان(وزارة الموارد المائية والرى والكهرباء ، ٢٠١٤.) :

- هى طاقة نظيفة لا ينتج عن إنتاجها واستهلاكها تلوث للبيئة وهى تعتبر مصدر غير قابل للنضوب حيث تتوافر الطاقة الشمسية المتوفرة بكثرة فى كل أنحاء السودان، وعدم خضوع الطاقة الشمسية لسيطرة النظم السياسية الدولية والمحلية التى قد تحد من التوسع فى أي كمية منها فهى متواجدة فى كل مكان بنسب وبساطة التقنية المعتمدة وتوافر عامل الامان (أحمد ،٢٠٠٨، ص٩٧.) .

- يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربية بطريقة مباشرة عن طريق الخلايا الفوتوفولطية(أحمد ،٢٠٠٨، ص٤٦.) وتعتبر الخلايا الفوتوفولطية وسيلة جيدة لإنتاج الكهرباء فى الموقع مباشرة من الشمس(عبد الحافظ ، ، ٢٠٠٦، ص٥٤)عن طريق استخدام الطاقة الضوئية للشمس وتحويلها إلى طاقة كهربائية باستخدام الخلايا الكهروضوئية (الحامدي،٢٠٠٧،ص ٦١.) ،وقد بدأت نظم الخلايا الضوئية تنتشر تدريجيا فى تطبيقات الإنارة والاتصالات وضخ المياه وغيرها وترتبط صناعة الخلايا الشمسية الفوتوفولطية ، ارتباطا وثيقا بالصناعات الالكترونية ورغم ان اقتصادا مكلفا فلا تزال اقتصادها مشجعا للأحمال الصغيرة بالأماكن النائية البعيدة عن الشبكة الكهربية الموحدة(مجاهد ،٢٠٠٢، ص ٥٦.) و**تستخدم الخلايا الفوتوفولطية فى التطبيقات الصحية والطبية** من خلال تزويد الاماكن الريفية للإضاءة مع المعدات والوازم الطبية وتكييف الهواء وما إلى ذلك وتستخدم هذه النظم فى تزويد مستوصفات القرى الريفية والمواقع النائية بالطاقة الكهربائية اللازمة للإنارة ولأجهزة فحص المرضى والتعقيم وتكييف الهواء والاتصالات الخاصة بهذه المستوصفات بالإضافة إلى ثلاجات حفظ الادوية واللقاحات وانتاج الثلج اللازم.

وقد فكر العلماء فى البحث عن طرق لتخزين حرارة الشمس حتى يمكن الاستفادة منها فى المساء أو عند تكاثف السحب فوجدوا فى بعض المواد الكيميائية القدرة على الاحتفاظ بدرجات الحرارة المكتسبة مدد طويلة من ذلك كبريتات الصوديوم المتبلور المعروف باسم جلوبير والسيلكون ، وقد نجح العلماء فى تحويل الحرارة الشمسية إلى طاقة كهربائية يمكن الاستفادة منها فى الإضاءة وتشغيل أجهزة الراديو والتليفزيون والآلات الحاسبة والكمبيوتر (العروسي ، ٢٠٠٢، ص ص ٩١-٩٢.).

وهناك طرق كثيرة للتخزين مثل: **التخزين بالبرك** الشمسية تستخدم فى التدفئة والتبريد ، **التخزين الميكانيكي** وهى تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة ميكانيكية يمكن الاستفادة منها لاحقا سواء على صورتها الميكانيكية بواسطة تحويلها إلى شكل من إشكال الطاقة ومن أهم إشكال طرق التخزين الميكانيكي التخزين الهوائي المضغوط ، **التخزين المغناطيسي** باستخدام ملفات مغناطيسية فائقة التوصيل مصنوعة من مواد مقاومة صغيرة عند درجات حرارة منخفضة جدا ، وفى هذه الطريقة يمر تيار كهربائي على ملف فائق التوصيل يعمل على حفظ الطاقة بشكل مغناطيسي ، ثم يحولها عند اللزوم إلى طاقة كهربائية (عبد الحميد ، ٢٠١٧، ص ٦٨٨.) وهناك **وحدات الشحن Charge controller** وهى المسئولة عن شحن البطاريات طول فترة إشعاع الشمس وأثناء فترات الاستهلاك الضعيف .

التأثير الكهروضوئي The photovoltaic (PV) هو أساس تحويل الضوء إلى كهرباء في الخلايا الضوئية أو الشمسية الخلية الشمسية ، أو الخلية الضوئية ، هي جهاز كهربائي يحول طاقة الضوء مباشرة إلى كهرباء عن طريق التأثير الكهروضوئي ، الذي يعد ظاهرة فيزيائية وكيميائية. (وراق ، ٢٠٠٥، ص ٤٣.)

١- **التطور التاريخى لاستخدام الطاقة الشمسية فى السودان:** بدأ معهد أبحاث الطاقة الشمسية منذ عام ١٩٨٢ فى استخدام الطاقة الشمسية فى السودان وكانت البداية فى الولاية الشمالية حيث تم تركيب عدد كبير من الثلاجات الشمسية لحفظ الأمصال بالتعاون مع وزارة الصحة ومنظمة اليونسيف عبر منظمة الصحة العالمية حيث تم تركيب ٩ لمبات لاستخراج المياه الجوفية لأغراض الشرب ومحطات كهربائية فى المدارس

والمستشفيات والاندية الرياضية ، وفى عام ١٩٩٢ قام معهد أبحاث الطاقة بتنفيذ مشروع الطاقة الشمسية للريف واستمر المشروع حتى عام ٢٠٠١ وقام بتركيب عدد كبير من أنظمة الطاقة الشمسية بولاية شمال كردفان ((وراق ، ٢٠٠٥، ص ٤٣.) ، ادخلت تقنية الطواحين الهوائية(طاقة الرياح) فى السودان لأول مرة فى الخمسينات ، وقد توقف استعمالها بسبب الشح فى قطع الغيار ، ودخول ماكينة الديزل فى الرى فى ذلك الوقت .((وراق ، ٢٠٠٥، ص ٦٢) وتعتبر الطاقة الشمسية فى السودان من أفضل وأرخص وأهم البدائل لتوفير الطاقة فى المستقبل ([١٠]).

تعتبر الطاقة الشمسية هى مستقبل الطاقة فى السودان وخاصة مع زيادة السكان والتوسع الاقتصادى حيث تمثل الطاقة عصب الحياة فى كل مجتمع ، بل هي كثير من الاحيان السبب الرئيسي للصراعات القائمة بين الدول ولقد ظل العالم لقرون طويلة يعتمد على مصادر الطاقة التقليدية (الحفرية)النادرة والتي لا تتوفر لكل الدول. (الشرقاوي ، ٢٠١١، ص ٨٨.). وتعتبر الطاقة الشمسية هى الخيار الواعد والرئيسى في المستقبل من بين خيارات الطاقات المتجددة ولكن عند تركيب الخلايا الشمسية فى المناطق الحضرية يجب الاخذ في الاعتبار عدم تعرض الخلايا لظلال المباني والاشجار .(Michal Fogl ٢٠١٦, Pages ٧٣-٨ .

مصدر لطاقة المستقبل قى السودان : تعتبر قضية الطاقة من أهم القضايا المطروحة في العالم في القرن الواحد والعشرين ، بسبب مرور العالم بأزمة طاقة حقيقية . وتعد أزمة الطاقة الأحفورية الحالية من أهم الأسباب التي أدت إلى استغلال الطاقات المتجددة ، والتي تأتى في مقدمتها الطاقة الشمسية (Boxwell,m. ,٢٠١٢) وزاد في الآونة الأخيرة نطاق استهلاك الطاقة الكهربائية ، فمثلا زيادة في استهلاك الفرد للطاقة في قطاع المباني وخصوصا المباني الحكومية ، بسبب زيادة عدد الافراد وتنوع الأجهزة وتعددها . وتعقيد التجهيزات اللازمة داخل المباني المختلفة سواء الحكومية أو التجارية أو التعليمية أو غيرها ، بسبب الاعتماد على الالة في

[١٠] - Khayal,O,M., The Availbil of Usinge Soler Energy In Sudan https://www.researchgate.net/publication/٣٣٦٦٤٢٤٦٠_THE_AVAILABILITY_OF_USING_SOLAR_ENERGY_IN_SUDAN-٢٩/١/٢٠٢١

كافة أنشطة المبنى (فاضل ، ٢٠١٦، ص ١.). ويقدر استهلاك الطاقة في المباني نصف الاستهلاك من إجمالي القطاعات مثل القطاع الزراعي والصناعي والنقل وغيرها ... (قاسم ، ٢٠١٤. ص ٦٥.) والطاقة الشمسية طاقة متجددة وهى طاقة المستقبل حيث أن الشمس مصدر لا ينضب من الطاقة ، كما أنها طاقة نظيفة لا ينتج عنها عادم (Lynn,p. p١(٢٠١٠) .) فمولد الطاقة الشمسية الذى ينتج ١ ك وات يحمى المجتمع من ١٠٠٠كجم من غاز ثاني اكسيد الكربون co٢ سنويا (فاضل ، ، ٢٠١٦، ص ١٠.) يعد تحقيق بنية سكنية مستدامة وصديقة للبيئة أحد الأهداف الرئيسية التي يسعى اليها السكان لخلق بيئة أفضل ويعتبر الانتقال نحو الهندسة الخضراء الهدف الرئيسي للعمارة المعاصرة فى عصرنا الحالي.(٢٤٦–٢٣٥ ,٣ (٢٠١٤) Mahdavinejad ,M and others).

٢–المشروعات الاقتصادية للطاقة الشمسية فى السودان :

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في السودان ومشروعات الطاقة الشمسية : يعيش ٦٥ % من سكان السودان البالغ عددهم ٤١,٨ مليون نسمة في المناطق الريفية، ويعتمد دخلهم على الزراعة والثروة الحيوانية. ولكن أكثر من مليون مزرعة تعتمد على الوقود الأحفوري الملوث – والمكلف وغير المتاح في كثير من الأحيان، لتشغيل التقنيات كثيفة الإستهلاك للطاقة، مثل مضخات المياه للرى ومع ارتفاع اسعار الوقود واتجاه الحكومة لرفع الدعم عنه يعتبر الحاجة لمصدر طاقة أخر رخيص وغير ملوث للبيئة مهم جدا للسكان مثل الطاقة الشمسية ، في الوقت نفسه، أنفق السودان مليار دولار من موارده المحدودة من النقد الأجنبي لاستيراد الديزل في عام ٢٠١٩ على مدار السنوات الخمس الماضية، ركز برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في السودان على تكنولوجيا الطاقة الشمسية كأداة لتخفيف حدة الفقر وتحقيق التنمية و إدخال الكهرباء بالطاقة الشمسية إلى ٧٠ قرية في إقليم دارفور وتشغيل ٤٦٤مركزا للخدمات المجتمعية بما في ذلك المدارس والمراكز الصحية والمستشفيات الريفية إلى جانب جهود أخري لمساعدة مئات الآلاف من المواطنين.([١١])وتتعدد استخدامات الطاقة الشمسية فى النواحى الاقتصادية بالعديد من الولايات مثل:

[١١] - برنامج الامم المتحدة الانمائى للدول العربية ، السودان، اهداف التنمية المستدامة ، ٢٠٢٠.

١- **الطاقة الشمسية فى الولاية الشمالية نموذجاً:** وتعتبر الولاية الشمالية أهم مناطق السودان الصالحة لتوليد الطاقة الشمسية شكل (١٦) اذا نادراً ما تحجب السحب الاشعاع الشمسى خلال السنة وتقل الكثافة السكانية بالولاية ٢ شخص فى الكيلو متر مربع الواحد بسبب نقص امدادات الطاقة التى تؤثر بالسلب على التنمية ككل بالولاية وتم استخدام الطاقة الشمسية فى ضخ المياه الجوفية للشرب وللرى الزراعى وانارة الشوارع. (**Elzubeir,A,o and Prospects**, ٢٠١٦, pp.٣٣..)

شكل (١٦) طلمبة طاقة شمسية تم تركيبها وتشغيلها فى الولاية الشمالية .

المصدر/ برنامج الامم المتحدة للتنمية ، السودان ،٢٠١٧.

استخدام الطاقة الشمسية فى ضخ المياه للشرب والزراعة:ويتم استخدام تكنولوجيا الطاقة الشمسية في ضخ المياه للشرب والزراعة بواسطة طلمبات من آبار جوفيه ومن ميزات استخدامها أن التكلفة التشغيلية للطلمبات رخيصة جداً من ناحية المدخلات، والطلمبات الشمسية يعد خيارا نظيفا للبيئة مقارنة بالوابورات التي تعمل على حرق الوقود، ولايوجد أجزاء متحركة في الألواح الشمسية مما يقلل من تكلفة صياناتها ولاتعتمد الطلمبات الشمسية على

تقلبات أسعار الوقود محلياً وعالمياً .فكانت الولاية الشمالية المحطة الاولى بعد الدراسات الكاملة لانطلاقة مشروع كهربة المشاريع الزراعية باستخدام الطاقة الشمسية بالتعاون مع برنامج الامم المتحدة الانمائي وعدد من الجهات الحكومية والبنوك واطلق على اسم المشروع مشروع تعزيز استخدام المضخات الكهربائية فى الري بالسودان بتبديل مضخات الديزل وتركيب مايقارب ١,٥٠٠ مضخة تعمل بالطاقة الشمسية فى الفترة من (٢٠١٦-٢٠٢١)م.

يهدف المشروع إلى دعم اعتماد تكنولوجيا الطاقة الشمسية الكهروضوئية فى ضخ المياه لأغراض الري بالسودان والاعتماد على الطاقة المتجددة باعتبارها اولوية فى البلاد للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة وتقليل استخدام الوقود الاحفوري بجانب مساعدة المزارعين فى خفض تكلفة الانتاج وضمان استمرارية المياه، وتم استبدال مضخات المياه التي تعمل بالديزل بمضخات تعمل بالطاقة الشمسية لعدد ٢٩ مزرعة كحقول اضافية في المحليات السبع بالولاية الشمالية، مع التركيب والصيانة التي تقوم بها الشركات المحلية لبناء القدرات الوطنية.

.وقد حققت مشروعات الطاقة الشمسية فى المجال الزراعى نجاحا كبيراً فى الولاية الشمالية مثل:

- **ووفرت الكثير من الاموال** التى كانت تنفق على شراء الوقود اللازم لتشغيل ماكينات الديزل سنويا ومصاريف صيانتها وقطع الغيار وازدات الإنتاجية وزادت المساحات المنزرعة وتم ادخال محصولات مثل القطن والبطيخ وارتفاع مستوى الدخل لدى الأسروتم استطلاع اراء عدد من المزارعين ٢٩ مزارع ان الانتاجية زادت بعد الاعتماد على الطاقة الشمسية من ١٦١ طن إلى ٢٣٧ طن بنسبة ٤٧٪ مما ادى إلى زيادة الدخل لدى المزارعين .

- **زيادة رقعة المحاصيل الزراعية التى تزرع صيفاً:** خلال فصل الصيف الحار يحتاج المزارعون إلى مزيد من الوقود لضخ المزيد من مياه الرى ، ويعانون من قلة الدخول لقلة الأراضى المزروعة صيفا ، أما فى ظل توافر الطاقة الشمسية فقد زادت رقعة الأرض الزراعية بنسبة ٨٧٪ وانخفضت التكاليف من وفورات الوقود.(برنامج الامم المتحدة الانمائى للدول العربية ، السودان، ٢٠٢٠.)

- **وفى المجال الطبى** : تم تركيب عدد كبير من الثلاجات الشمسية لحفظ الأمصال بالتعاون مع وزارة الصحة – قسم كذلك تم تركيب WHO . التحصين و منظمة اليونسيف عبر منظمة الصحة العالمية عدد تسع طلبمات بالولاية الشمالية لأغراض الشرب وكذلك محطات كهربائية٢-VA ٢٢٠ في المدارس – المستشفيات – الأندية (دنقلا – حفير مشو) مستشفى مروي –كريمة وغيرها.(وراق ، ٢٠٠٥، ص ٦٢.).

وهناك بعض المعوقات أمام توليد الطاقة الشمسية بالولاية الشمالية على سبيل المثال

مثل زيادة هبوب الرياح العاصفة التى تحمل معها الاتربة والغبار وتلقى به فوق الالواح الشمسية ، عدم التوعية لدى السكان بأهمية الطاقة الشمسية ، قلة الدعم المالى والفنى(الايدى العاملة المدربة) للتعامل مع المشروع وعدم وجود قطع غيار وعدم وجود رقابة وعدم وجود محفزات للقيام بالمشروع . عدم وجود دراست متخصصة لأهمية ودور الطاقة الشمسية فى تنمية المنطقة (**Rabah**, , ٢٠١٦,p.٧.)، وفى عام ٢٠٠٠ اصدر مرفق البيئة العالمى مشروعا لتوليد الطاقة الشمسية الكهروضوئية المستدامة تلبية للحاجة الماسة للطاقة فى المناطق شبة الحضرية بالسودان ومساعدة للحكومة السودانية فى هذا المجال بدلا من الاعتماد على الطاقة الاحفورية ومساعدة صغار المزارعين لرفع المياه من النيل لرى الأراضى الزراعية خاصة فى الولاية الشمالية (Global Environment Facility , Sudan promoting **٢٠٠٥**)

ب– استخدام الطاقة الشمسية بولاية الخرطوم:

.تستخدم حرارة الشمس بطريقة مباشرة لأغراض مختلفة فى الولاية مثل: تسخين الماء ب – تقطير الماء ج –تجفيف الطعام د –طبخ الطعام. استخدام الأفران الشمسية:ولاية الخرطوم يمكن أن توفر ٥٠ % من الطاقة المستخدمة لأغراض الطبخ في المنزل فبذلك تكون تكلفة طبخ الطعام أقل ولا مجال فيه للحوادث مثل الاشتعال وإنفجار الغاز أو صعقة كهربائية فهو مأمون فلا خطر يخشى منه كما أنه ليس له دخان. (وراق ،٢٠٠٥، ص ٦٣.)

- **ضخ المياه** بواسطة الطلبمات التي تعمل بالطاقة الشمسية استخدمت في كل من أحياء – مايو –السلمة لتوفير مياه الشرب وري المساحات الصغيرة كالأحزمة الوقائية والجروف والمزارع ٥فدان – .الصغيرة(وراق ،٢٠٠٥، ص ٦٣.)

- **في مجالات الاتصالات:** (عبر الشركة السودانية للاتصالات) سوداتل (فقد وصل عدد الخطوط حوالي ٨٠٠٠ خط عام ١٩٩٩ ايضا تم توسعة الخطوط عام) ٢٠٠٢ المصدر الشركة السودانية للاتصالات.

ج– استخدامات الطاقة الشمسية فى ولاية الجزيرة:

توفير الطاقة طول اليوم : بعد ان كان هناك انقطاع للكهرباء ساعد مشروع توليد الطاقة الشمسية فى الولاية على توليد كميات من الطاقة الكهربائية وتخزينها لفترة المساء يعمل على استمرارية التيار الكهربائي وينتج عنها عمل الأجهزة الموصلة مع التيار بكفاءة عالية (تلفونات – طلبمات).

فوائد متعددة فى الكثير من المجالات: ومن الفوائد التي جناها مشروع الجزيرة من إنشاء شبكة التلفونات، توزيع مياه الري بصورة فعالة واقتصادية ،مساعدة مفتش الغيط في عملهم الروتيني، تقليل صرف الوقود في سكة حديد الجزيرة نسبة لتشغيلها بصورة فعالة، مساعدة المحالج والورش للعمل بصورة جادة، المساعدة في إدارة المشروع بصورة فعالة وغير مرهقة وغير مكلفة، رفع كفاءة عمل الخدمات الصحية والخدمية بالمنطقة(وراق ،٢٠٠٥، ص ٦٧.)

د– الطاقة الشمسية وتوطين البدو ومياه الشرب فى كسلا ([١٢]) :

نفذت دولة الامارات العربية المتحدة مشروعات تنموية فى محلية كسلا شرق السودان ، بانشاء اربعة محطات للمياه تعمل بالطاقة الشمسية وهى محطات بركات وأبو طلخة والعالمية ودريهيش فى محلية ريفى غرب مدينة كسلا لتوفير مياه الشرب لما يقرب من ١٥٠ الف نسمة من السكان وللثروة الحيوانية خاصة ان المنطقة تتميز بالجفاف و من أجل توطين الرحل من فبيلة

[١٢] https://www.alittihad.ae/article/٢٠٢١/١/٢٩

الرشايدة وذلك ضمن برنامج زيرو عطش بالسودان ، وتم توقيع تنفيذ عدد ١٠ آبار للمياه الصالحة .وهناك ٢٨ موقع محدد لحفر آبار فى الولاية سوف يتم تنفيذها مستقبلا فى حال توفير التمويل المادى اللازم من تنفيذ برامج التنمية المستدامة فى الولاية .

هـ – استخدامات الطاقة الشمسية فى ولاية شمال كردفان:

يلاحظ ان ولاية شمال كردفان وبعض أريافها في الأونة الأخيرة لجأت إلى استخدام الطاقة الشمسية حيث يوجد بالولاية فروع الطاقة الشمسية. وهذا الاعتماد على الطاقة الشمسية خاصة في أرياف الولاية كان له آثار إيجابية كبيرة خاصة وأنه قلل من استخدام طاقة الكتلة الحية (الفحم والحطب)مما أدى إلى المحافظة على الغطاء النباتي قامت (UNDP) بتمويل أجنبي في مشروع الأمم المتحدة الإنمائي (RSED) بتركيب عدد كبير من أنظمة الطاقة الشمسية بولاية شمال كردفان بالمحافظات الأربعة) بارا – أم روابة – شيكان – سودري فى مجال الكهرباء والتبريد وضح المياه الجوفية ومشروع القاعة لإنتاج الملح (وراق ،٢٠٠٥، ص ٦٧.)

ووقعت الحكومة السودانية عقد مع احدى الشركات الالمانية(بريزما) لتصدير الرمال فى الولاية الى المانيا لاستخدامها فى العديد من الصناعات مثل الواح الطاقة الشمسية، الالكترونيات ، الحاسبات ...ألخ من الصناعات القائمة على هذه الرمال مقابل قيام الشركة بتركيب محطات توليد الطاقة الشمسية فى الولاية . (وزارة الموارد المائية والرى ، ٢٠١٨.)

و – استخدامات الطاقة الشمسية فى ولاية النيل الازرق ([١٣]):

١- توفير مضخات الطاقة الشمسية كنظام مستدام لإمدادات المياه فى المجتمعات الريفية :دعمت اليونسيف فريق المياه والصرف الصحى والنظافة بولاية النيل الازرق على تسهيل حصول السكان على إمدادات المياه ، وذلك من خلال تصميم نظام يعتمد على الطاقة الشمسية وهى قليلة التكلفة ومستدامة وتحاج لقدر قليل من الصيانة وتم بناء اربع محطات فى منطقة الروصيرص وخاصة فى المناطق التى ينتشر بها مرض الكوليرا

[١٣] https://www.unicef.org/sudan/١٤/٢/٢٠٢١.

وهذة الانظمة تعمل بنجاح كبير وتواصل منظمة اليونسيف مراقبة أداء هذه المشروعات واعرب السكان عن سعادتهم نتيجة لتوفير الوقت والجهد والاهم توفير المياه.

مشروع كهربة الريف بالولايات السودانية بالطاقة الشمسية:

مشروعات الطاقة الشمسية تستهدف المناطق البعيدة عن محور الشبكة القومية على مستوى الريف والجزر مشيرا الى ان الفترة الحالية تستهدف توصيل الكهرباء عبر الطاقة الشمسية لأكثر من مليون منزل(١,١٠٠,٠٠٠ منزل) في ولايات نهر النيل والقضارف وكسلا وشمال كردفان كاشفا عن تحديد كافة المناطق التى ستنفذ عبرها مشروعات الرياح تميهدا لتوصيلها بالكهرباء في مقدمتها دنقلا ،نيالا ،البحر الأحمر وذلك لانتاج ٣٠٠ ميقاواط من الكهرباء.

وخطة التنفيذ كالتالى:

مدرج في الخطة الخمسية الاولي ٢٠١٩ -٢٠٢٤(٥٠٠٠منزل ثم ١٠,٠٠٠ منزل ثم ٢٥,٠٠٠ ثم ٤٠,٠٠٠ ثم ٧٠,٠٠٠ منزل) باجمالى ١٥٠,٠٠٠ منزل، و الخطة الخمسية الثانية بمجمل ٢٥٠,٠٠٠ منزل و الخطة الخمسية الثالثة بمجمل ٣٠٠,٠٠٠ منزل و الخطة الخمسية الرابعة بمجمل ٤٠٠,٠٠٠ منزل للوصول لتغطية نسبة ٢٤,٩ بالطاقة الشمسية من سكان الريف بنهاية الخطة العشرينية([١٤])

النتائج المتوقعة من كهربة الريف بالطاقة الشمسية فى بعض المشروعات بالولايات السودانية ([١٥])

١. رفع مستوي حياة سكان الريف اقتصاديا واجتماعيا وثقافيا.

٢. تحسين نمط الحياة في المناطق الريفية .

---

[١٤] – الشركة السودانية لتوزيع الكهرباء المحدودة ، وزارة الكهرباء ، الطاقة الشمسية ، كهربة الريف ،٢٠١٩.

[١٥] - الشركة السودانية لتوزيع الكهرباء المحدودة ، وزارة الكهرباء ، الطاقة الشمسية ، كهربة الريف ،٢٠١٩.

٣. زيادة التحصيل الأكاديمي لطلاب المدارس بإنارة سليمة وصحية تحفظ ابصارهم واجسامهم من الأضرار التي يسببها الكيروسين وغيره من انواع الإنارة التقليدية .

٤. إتاحة فرص تحسين الدخل للأسر الريفية المنتجة.

٥. إنارة المساجد ومراكز تنمية المجتمع لتقوم بدورها في التثقيف والتعليم والترفيه .

٦. مد المراكز الصحية والمستشفيات الريفية بالطاقة لتؤدي دورها الحيوي بصورة مستمرة خاصة في مجال حفظ الأمصال والأدوية واجهزة التشخيص وغرف العمليات.

٧. زيادة فرص العمل بدخول انماط جديدة (خدمات مابعد التركيب والصيانة للطاقة الشمسية ،مراكز الإتصالات ، خدمات شحن الموبايل ، اندية مشاهدة)

٨. خفض مستوي الجريمة في المجتمع من خلال توفير البرامج الهادفة التي تساهم في تنمية وتطوير المجتمع.

مجالات استخدام الطاقة الشمسية في المجالات الاخرى بالولايات المختلفة :

قامت الدولة بتنفيذ عدد (٦) محطات كبرى لتوفير مياه الشرب تجاوزت نسبة تنفيذها ال ٨٠٪ من بينها محطات التنقية الكبرى في مدني وأم مغد بشمال الجزيرة والدويم وشندي وأبوحمد ، منوها الى تنفيذ ١٠٠ بئر في شرق دارفور و٢٠٠ بئر موزعة على ولايات البلاد كافة. ، وتم تنفيذ أكثر من ٣٠٠ محطة مياه مزودة بالطاقة الشمسية في عامي ٢٠١٧ و٢٠١٨م ، و ١٠٧ محطة في عام ٢٠١٩م من بينها ٥٠ محطة في ولايات دارفور.([١٦]) وهناك تعاون لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي مع عدد الجهات الحكومية السودانية ، بمشروع الطاقة الشمسية في الولاية الشمالية، يستخدم تبديل مضخات الديزل وتركيب مايقارب ١,٥٠٠ مضخة تعمل بالطاقة الشمسية فى الفترة من (٢٠١٦-٢٠٢١)م.

مشروعات الطاقة الشمسية تستهدف المناطق البعيدة عن محور الشبكة القومية على مستوى الريف والجزر مشيرا الى ان الفترة الحالية تستهدف توصيل الكهرباء عبر الطاقة الشمسية

[١٦] - وزارة الموارد المائية والرى ، ٢٠٢٠.

لمليون منزل في ولايات نهر النيل والقضارف وكسلا وشمال كردفان كاشفا عن تحديد كافة المناطق التى ستنفذ عبرها مشروعات الرياح تمهيدا لتوصيلها بالكهرباء في مقدمتها دنقلا ،نيالا ،البحر الأحمر وذلك لانتاج ٣٠٠ ميقاواط من الكهرباء.

من التطبيقات المهمة لأنظمة الطاقة الشمسية ضخ المياه لأعمال الري والشرب عليه تم الإعداد لتنفيذ مشروع تجريبي في هذا المجالفي ولايات الخرطوم، الجزيرة، غرب دارفور ووسط دارفور تم إختيار عدد (٣٨)مزرعة في تلك الولايات لتنفيذ المشروع التجريبي. وعلي ضوء نتائج المشروع التجريبي يمكن البدء في تعميم ضخ المياه للري والشرب بالطاقة الشمسية في جميع المناطق التي يصعب الوصول اليها بشبكات الكهرباء في الغريب العاجل وذلك من خلالالتعرف علي المقاسات المناسبة لضخ المياه والأنظمة والمصنعين وكسبالخبرات في المجال.

١. إنارة الشوارع بالطاقة الشمسية :

تعد إنارة الشوارع من اكثر الهوادرللطاقة الكهربائية و تستهلك جزء مقدر من الطاقة المنتجة و من هنا كان إتجاه أستخدام الطاقة الشمسية كمشروع إدارة جانب الطلب في إستخدام الطاقة الشمسية لإنارة الشوارع وخاصة مع أستخدام لمبات ال LED بولايات الخرطوم ، الشمالية ونهر النيل ، شكال كردفان ، جنوب كردفان ، عطبرة ، شمال دارفور وتتميز إنارة الشوارع بالطاقة الشمسية بالآتي :

١. سهلة التركيب والتشغيل حيث لاتتطلب أزالة معوقات مثل تكسير الشوارع عند مد شبكات لتوصيلات الكهرباء وصيانة الكابيلات.

٢. لا تتأثر إنارة الشوارع بقطوعات الكهرباء العامة مما يجعلها مفيدة جدا من الناحية الأمنية في مثل هذة الحالات.

٣. عند استخدام لمبات LED تكون لها كفاءة إستضاءة عالية.

٤. العمر الإفتراضي لتشغيل اللمبات كبير جدا يصل حتي ٥٠,٠٠٠ ساعة أي ما يعادل ١٢ سنه بمتوسط تشغيل ١٢ ساعة يوميا.

– أستخدام الطاقة الشمسية بأسقف المنازل والمبانى الحكومية لتغذيتها وتصدير الفائض للشبكة([١٧]):

مع زيادة عدد السكان وزيادة المبانى السكنية التى تحتاج إلى مصدر للطاقة تهدف هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة إلى زيادة مشروعات ووعى السكان بتوليد الطاقة الشمسية فوق اسطح المبانى ، يشهد العالم حاليا طفرة كبيرة فى البناء لم يسبق لها مثيل ، وخاصة المباني السكنية والتجارية وهى تحتاج إلى كمية كبيرة من الطاقة تصل إلى ثلث الطاقة المستهلكة ويفضل ان تكون الطاقة المستهلكة صديقة للبيئة (Hong ,W and others, , ,٢٠٠٧,p١٧ [١] – [١٨])، وفى نهاية العقد الاول من القرن الحادي والعشرون اصبحت فكرة الانتقال الكامل من الطاقة الأحفورية إلى الطاقة المتجددة فى كثير من مناطق العالم وخاصة الجزر والمناطق النائية حيث تكلفة الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح أقل .(Ciriminna ,٢٠١٦,p ١٣٢–١٤٠.) وفى السنوات الأخيرة زاد الوعى بأهمية الاعتماد على الطاقة الشمسية فى كثير من مناطق العالم (AL qurashi, ,٢٠١٢,p ,٤.). تركز العمارة الخضراء على تصميم المبنى مستغلا البيئة الطبيعية واتجاه الرياح وزراعة الأشجار ، بحيث يقوم المبنى ذاتيا بتوفير الإضاءة الكاملة معظم ساعات النهار مع استغلال الفتحات لتوفير انسياب الهواء الذى يحافظ على درجة حرارة جيدة ويشيد بصفة عامة بأسلوب يتم فيه تقليل الاحتياج للوقود الحفرى والاعتماد بصورة أكبر على الطاقات الطبيعية ومنها استخدام الخلايا الشمسية الكهروضوئية PV Cells . (عباس ،٢٠١١، ص٨٤.) .

إن العمارة الخضراء والمباني المستدامة ليست ترادفاً أكاديمياً ، ولا توجهاً أو أماني وأحلام لا مكان لها من الواقع ، بل أنها تمثل توجها تطبيقياً عالمياً وممارسة مهنية واعية بدأت تتشكل ملامحها وأبعادها بشكل كبير فى أواسط المعماريين والمهندسين المعنيين بقطاعات البناء فى الوقت الحالي (لبيب ،٢٠١٥، ص ٣٤.) ، ومن مبادئ العمارة الخضراء الحفاظ على الطاقة

[١٧] – ادارة الطاقات المتجددة ، وزارة الموارد المائية والرى ، ٢٠١٤.

[١٨]– Hong ,W and others, Margarethe P. Laurenz Editor, Building Energy Efficiency, Why Green Buildings Are Key to Asia's Future, the Asia Business Council, Hong Kong,٢٠٠٧,p١٧ [١٨] –

Conserving Energy عن طريق الترشيد فى الاستهلاك مع الاعتماد على مصادر الطبيعة المتجددة كالطاقة الشمسية – طاقة الرياح وغيرها ، ويدخل فى هذه العملية مواد البناء ذات الاستهلاك الضئيل ، ومواد البناء المتاحة فى الموقع بدلا من نقل المواد ، واختيار المواد ذات المقاومة طويلة الاجل لزيادة عمرها الافتراضي فى عملية الانشاء .(عبد المعطى ، ٢٠١٧، ص٧١.) ، ان التصميم المستدام للمباني يجب ان يراعى الجودة البيئية والحد من الاضرار السلبية للمباني على البيئة بسبب زيادة استهلاك المباني للطاقة وامتصاصها للإشعاع الشمسي ويتسبب ذلك فى زيادة ارتفاع درجة الحرارة والتغيرات المناخية الضارة للبيئة لذلك يجب الاخذ فى الاعتبار ان تكون المباني صديقة للبيئة(Iwaro&Mwasha,A;٢٠١٣,p١٥٣-١٧١).

ضرورة الاهتمام بالزراعة الحضرية (زراعة أسطح المباني) هي مسعى عالمي ومتزايد يمكن أن يسهم في التنمية الاقتصادية وخلق فرص العمل والأمن الغذائي وبناء المجتمع، إن استخدام تكنولوجيا الأسطح الخضراء في الزراعة الحضرية لديه القدرة على تخفيف مشكلات الفقر والجوع والبطالة. بعض هذه المشاكل ، دون التأثير سلبًا على الفوائد التي توفرها الزراعة الحضرية. لن يمكّن ذلك فقط من استخدام الأراضي لأغراض التنمية والزراعة.([١٩]).

رابعا: المشكلات التى تواجه الطاقة الشمسية فى السودان وجهود حلها:

أ- المشكلات التى تواجه توليد الطاقة الشمسية فى السودان :

يعد توفير الطاقة فى الوقت الحالى قضية رئسية فى التخطيط الاسترتيجى للدولة لكل المشروعات التى سوف يتم تنفيذها وخاصة فى المجال الاقتصادى خاصة مع ارتفاع تكلفة الوقود الأحفورى وعدم قدرة الدولة على نقلة للمناطق الريفية فى كثير من مناطق السودان لذلك يجب

[١٩] - Leigh Whittinghill, Bradley Rowe;The role of green roof technology in urban agriculture.· December.٢٠١٢/https://www.researchgate.net/publication/٢٣١٧٥٧٣٢٥_The_role_of_green_roof_technology_in_urban_agriculture,

الاعتماد على الطاقات المتجددة والرخيصة والنظيفة مثل الطاقة الشمسية . (Omer ,٢٠٠٩ ,p, ١٠)

ومن العقبات التى تواجه مشروعات توليد الطاقة الشمسية فى السودان :

١- محدودية وضعف السياسات الجاذبة للاستثمار والتى تهدف إلى إيجاد شراكات في مجال استخدام الطاقة الشمسية .

٢- ارتفاع تكلفة إنشاء المحطات الشمسية ونقص التمويل المادى اللازم .

٣- انخفاض عامل التقنية والخبرات العلمية للصيانة وادارة محطات الطاقة الشمسية.

٤- نقص التوعية لدى المواطنين بأهمية الطاقة المتجددة عامة والطاقة الشمسية خاصة .

٥- انخفاض السكان المتعلمين .

خامسا: جهود الدولة للحد المشكلات التى تواجه توليد الطاقة الشمسية فى السودان :

الاعتماد على الخلايا الشمسية التى تتحمل ارتفاع درجات الحرارة والعواصف الترابية: تم اطلاق البرنامج المشترك بين الهيئة السودانية للمواصفات والمقاييس وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائى فى السودان ومرفق البيئة العالمى ووزارة الطاقة والتعدين لتقديم خدمات فحص وإعتماد النظم الشمسية المستوردة ودعم التحول للطاقة المتجددة فى السودان وسيقوم البرنامج بالتأكيد من مطابقة الأنظمة المستوردة للمواصفات الفنية والبيئة المتوافق عليها عالمياً ومحلياً. اطلقت وزارة الموارد المائية والرى والكهرباء برنامج لتوفير مضخات كهربائية متصلة بالشبكة لتحل محل الديزل بالتعاون مع حكومة الولايات الشمالية للسودان لتعزيز الضخ الكهربائى للمزارع

الكبيرة بمساحة ١٠٠ هكتار أو أكثر والهدف الرئيسى تحول أنظمة الضح لتعمل بالطاقة الشمسية بدلاً من الديزل الملوث للبيئة والمكلف اقتصادياً (٢٠)

آفاق المستقبل للحماية من الامطار و العواصف المطرية والاستفادة منها فى توليد الطاقة :

ظهر حلٌّ جديد في الأفق يتجلى في توليد الطاقة من قطرات المطر. العنصر الرئيسي في هذه العملية الجديدة هو الغرافين، وهو مادة 'مدهشة' بما أنّ قطرات المطر ليست مكوّنة فقط من الماء النقي وإنما تحتوي أملاحًا عديدة تنقسم إلى شوارد موجبة وأخرى سالبة، فإن فريقًا من جامعة The Ocean University Of China في 'تشينغداو Qingdao 'يعتقد بإمكانية استخلاص الطّاقة من تفاعل كيميائي بسيط. ويريدون . على وجه الخصوص . استخدام صفائح الغرافين لعزل الشوارد الموجبة في قطرات المطر (بما فيها شوارد الصوديوم والكالسيوم والأمونيوم) لتولّد بدورها الكهرباء. أُجريت التجارب الأولى باستخدام مياه قليلة الملوحة لمحاكاة المطر وقد كانت النتائج مشجّعة، إذ تمكن الباحثون من توليد مئات الميكرفولتات وتحقيق نسبة مُرضية تُقدّر ب ٦,٥٣ % فيما يخص نجاعة تحويل الطاقة الشمسية إلى كهربائية باستعمال الألواح الشمسية المعدّلة. وبالنسبة للتجربة العملية، فقد استخدم الفريق خليةً شمسيةً بغشاء رقيق كلفتها منخفضة تدعى 'الخلية الشمسية الصبغية .Dye-sensitized solar cell 'وبعد إضافة طبقة رقيقة من الغرافين إلى الخلية، توضع على صفيحة داعمة شفافة من البلاستيك وأوكسيد الإنديوم. إن فكرة الخلية الشمسية الصالحة لكل حالات الطقس، تم تحضيرها لإنتاج الطاقة من أشعة الشمس ومن المطر كبديل. الذي يحدث هنا هو أنَّ الشوارد الموجبة الشحنة تندمج مع طبقة الغرافين بالغة الرقة لتشكّل طبقة مزدوجة (يتم وصفها تقنيًا بشبيهة المكثّف) وذلك بالتحامها مع الإلكترونات الموجودة مسبقًا. حيث يُعدّ فرق الجهد الطاقي بين الطبقتين قويًا بما يكفي ليولّد تيارًا كهربائيًا. ماتزال هذه التجربة في مرحلة 'إثبات صحتها' لذلك يحتاجون إلى المزيد من العمل. فيما يأمل العلماء أن تكون هذه التجربة بمثابة طرف الخيط للوصول الى خلايا شمسية 'صالحة لكافة

٢٠African development Bank Group,Proposed solar Powerd pumping Systems for Irrigation,Sudan,march,٢٠١٩ .

الظروف المناخية' للمساهمة في تعزيز فعالية الطاقات المتجددة. يعمل العلماء الآن على ضبط هذه التقنية لتتعامل مع مختلف الشوارد الموجودة في قطرات المطر الحقيقية، إلى جانب الكشف عن كيفية توليد كهرباء كافية من التركيزات المنخفضة للأملاح بالأمطار الهاطلة. ([٢١])

خامسا : آفاق المستقبل للطاقة الشمسية فى السودان:

تعتبر الطاقة الشمسية هى أمل السودان بالنسبة لمجابهة نقص الطاقة ولتنفيذ مشروعات التنمية المستدامة فى المستقبل ويجرى الان تركيب محطتى للطاقة الشمسية فى مدينتى الابيض والفاشر بالتعاون مع شركة اماراتية وشركة ديناماركيةلتنفيذ محطات مياه الرى بالطاقة الشمسية بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائى وبرنامج الطاقة الشمسي المنزلى الممول من بنك الادخار السودانى([٢٢]).

وعن تطبيقات الطاقة الشمسية في السودان كخيار أمثل ومستقبل واعد أوضحت إدارة التخطيط والمشروعات بوزارة الموارد المائية والكهربائية بالتعاون مع الشركة السودانية لتوزيع الكهرباء(وزارة الموارد المائية والرى والكهرباء بالسودان ،٢٠١٣.) في تقرير لها فى ورشة تدشين كهرباء الريف باستخدام الطاقة الشمسية حيث اشار التقرير إلى موقع السودان الذي يحظى بإشعاع شمسي يقدر بـ ٦٤٩ واط ساعة في المتر المربع وإشراق شمسي يزيد عن عشرة ساعات يوميا وعلى مدار العام .

ومن الواضح ان الطاقة الشمسية سوف تكون من أفضل الخيارات لتوليد الطاقة المتجددة فى كثير من مناطق العالم ، ولكن لابد من الاختيار الجيد لمواقع أقامة محطات الطاقة الشمسية حيث ان كفاءتها تعتمد على التعرض للطاقة الشمسية والبعد عن الظلال (Fogi, & **Moudrý**,V.,. -,٢٠١٦, P,٧٣)، وبحلول العام ٢٠٢٢ يعتزم برنامج الأمم المتحدة الإنمائي

[٢١] – : https://nasainarabic.net/main/articles/view/how-graphene-could-help-solar-panels-produce-energy-when-it-s-raining توليد الطاقة من الأمطار بألواح الغرافين . الشمسية!.٢٠٢١/٢/١١/

[٢٢] – مجلة كهرباء العرب ، توصيات المؤتمر العام السادس للاتحاد العربى للكهرباء ،٢٠١٨.

ومرفق البيئة العالمي تركيب ١٤٤٠ مضخة مياه إضافية تعمل بالطاقة الشمسية في المزارع بالولاية الشمالية، بالاضافة الي ٤٥٠ مضخة إضافية في ولاية نهر النيل بدعم من الوكالة الكورية للتعاون الدولي. فضلا عن ذلك قدم شركاء آخرون دعما تقنيا مكثفا بما في ذلك وزارات الري وموارد المياه والزراعة والموارد الطبيعية والطاقة والتعدين والمجلس الأعلى للبيئة والموارد الطبيعية والمركز القومي للأبحاث الطاقة وهيئة المواصفات والمقاييس السودانية ([٢٣])

مشروعات مستقبيلة للطاقة الشمسية: وقعت وزارة الطاقة والتعدين اتفاقية مشروع ضخ المياه بالطاقة الشمسية لولايتي شمال وغرب كردفان بتمويل من بنك التنمية الافريقي ويشمل المشروع تركيب (١١٧٠) مضخة شمسية كهروضوئية ،وإنشاء ورش صيانة المضخات التي تعمل بالطاقة الشمسية في شمال كردفان واخرى في غرب كردفان ، بجانب التدريب وبناء القدرات وتوفير معدات اختبار إضافية لمختبر المضخات الشمسية الكهروضوئية لضمان معايير وضمان الجودة والاختبار وإصدار الشهادات المعتمدة ، ويأتي المشروع ضمن اهداف الدولة في قطاع الطاقة في زيادة حصة المصادر المتجددة ، لتقليل اعتماد السودان على الوقود الأحفوري، وضمان ضخ المياه بالطاقة الشمسية الكهروضوئية للري في قطاع الزراعةالتي تعتبر هي المكون الرئيسي للاقتصاد في السودان ، ويعتبر المشروع مساهمة من مجموعة بنك التنمية الأفريقي في دعم الدولة لتطوير الطاقة المتجددة لتلعب دورًا في مكافحة تغير المناخ العالمي ، وتقليل التلوث البيئي والعمل علي إستدامة التنمية. ([٢٤])

[٢٣] – وزارة الموارد المائية والرى والكهرباء ، مشروع كهربة الريف ، ٢٠١٩.

[٢٤] – وزارة الموارد المائية والرى والكهرباء، ٢٠٢٠/١٠/٨

الخاتمة.

أولا: النتائج :

١-ترتفع نسبة العواصف الترابية خلال فصلى الصيف والخريف بسبب هبوب الرياح التجارية الجنوبية الغربية المشبعة ببخار الماء وتتعرض للصعود نتيجة لارتفاع درجات الحرارة المرتفعة مما تحمل الرمال والاتربة وتلقى بها فوق الخلايا الشمسية ويكون لها تأثير سلبى حيث تقلل من كمية الاشعاع الشمسى الواصل للآرض وكمية الطاقة المنتجة.

١. تزيد نسبة السحب خلال فصل الخريف الحار الممطر على شمال ووسط وجنوب السودان وعلى الشمال الشرقى خلال فصل الشتاء مما تقل من ساعات سطوع الشمس الحقيقة وكمية الاشعاع الشمسى الواصل وبالتالى تقل كمية الطاقة الشمسية المنتجة.

٢. ترتفع نسبة العواصف الرعدية الممطرة خلال فصلى الصيف والخريف بسبب هبوب الرياح التجارية الجنوبية الغربية المشبعة ببخار الماء وتتعرض للصعود نتيجة لارتفاع درجات الحرارة المرتفعة مما تحمل الرمال والاتربة معها وتسبب عواصف مطرية ورعدية تصل الامطار بها إلى حد السيول والفيضانات التى يمكن ان تجرف المشروع وتعرض الخلايا للتشقق لسقوط الامطار بعد فترة جفاف.

٣. تزيد عدد ساعات سطوع الشمس الحقيقية على جنوبى السودان خلال فصل الشتاء وعلى كل السودان خلال فصل الصيف وعلى شمالى السودان خلال فصل الخريف .

٤. قيم الاشعاع الشمسى تصل إلى أدنى معدلاتها خلال فصل الشتاءلأن الشمس خلال هذا الفصل تكون متعامدة على النصف الجنوبى من الأرض ثم تاخذ فى الزيادة خلال فصل الصيف لتصل إلى أعلى المعدلات الفصلية بسبب تعامد الشمس على منطقة الدراسة ثم تقل خلال فصل الخريف بسبب كثرة السحب والعواصف الترابية .

٥. تقل درجة الحرارة العامة خلال فصل الشتاء وتزيد خلال فصل الصيف ويعتبر فصل الخريف الحار الممطر فصل انتقالى.

٦. **النطاق الأنسب مناخيا لتوليد الطاقة الشمسية:** يشمل هذا النطاق كل ولايات الخرطوم ونهر النيل والشمالية والجزء الأكبر الشمالى من ولايات البحر الأحمر وشمال دارفور والجزء الشمالى من ولايات كسلا والقضارف والجزيرة والنيل الأبيض والنصف الشمالى من ولاية شمال كردفان .

٧. **نطاق الخصائص المناخية المتوسطة لتوليد الطاقة الشمسية:** يشمل الجزء الجنوبى من ولاية البحر الأحمر ومعظم ولاية كسلا والقضارف والجزيرة وسنار والنيل الأبيض والنصف الجنوبى من ولاية جنوب كردفان وغرب كردفان ، والجزء الجنوبى من ولاية شمال دارفوروشمال ولايتى شرق دارفور وجنوب دارفوروكل ولاياتى وسط وغرب دارفور واجزاء قليلة من شمال ولاية جنوب كردفان.

٨. **نطاق الخصائص المناخية المحدود لتوليد الطاقة الشمسية** : يضم هذا النطاق الجزء الجنوبى الشرقى من ولاية البحر الأحمر وجنوب ولايات سنار والنيل الأبيض ومعظم ولاية جنوب كردفان والنصف الجنوبى من ولاية غرب كردفان وشرق دارفور وجنوب دارفور.

٩. **تعتبر الطاقة الشمسية هى مستقبل الطاقة فى السودان وخاصة مع زيادة السكان والتوسع الاقتصادى حيث** تمثل الطاقة عصب الحياة فى كل مجتمع وتستخدم فى كافة الانشطة الاقتصادية مثل الزراعة والصناعة والتجارة.

ثانيا: التوصيات.

١. ضرورة دراسة العوامل المناخية قبل البدء فى أنشاء مشروعات توليد الطاقة الشمسية .

٢. تشجيع المنتجات المحلية وتوفير الظروف الملائمة، وخاصة الجبائية للمستثمرين الراغبين في الاستثمارفي جميع فروع الطاقات المتجددة.

٣. التوسع فى استخدام الطاقة الشمسية المتوفرة في كل منطقة الدراسة والذى يجعل منها بديل قوى للطاقات الأحفورية وخاصة فى المناطق المحرومة وتقليل تكلفة الوقود .

٤. التوسع فى مشروعات الطاقة الشمسية يمكن ان يساهم في زيادة المساحات الزراعية والرعوية والصناعة بمنطقة الدراسة.

٥. ضرورة ان تقوم الدولة بعمل قروض ميسرة ومنخفضة الفوائد لتدعيم مشروعات الخلايا الشمسية وعمل دراسات جدوى دقيقة .

٦. ايجاد فرص للعمالة المحلية في مجالات تصنيع وصيانة معدات إنتاج الطاقة الشمسية خاصة والطاقات المتجددة عامة .

٧. المساهمة في مجابهة ظاهرة النزوح الريفى عن طريق توفير الطاقة الشمسية التى تساعد على التنمية الاقتصادية والاجتماعية بالمنطقة.

٨. تشجيع البحث العلمى فى مجال توليد الطاقة الشمسية بالتعاون مع المنظمات الدولية لإدخال آلية تنظيف تساعد على تقليل تراكم الغبار والأتربةعلى الألواح الشمسية وتوليد الطاقة الكهربائية من المطر.

٩. تشجيع القطاع الخاص بالسودان على الاستثمار فى مشروع توليد الطاقة الشمسية ومنح امتيازات مشجعة بهم.

١٠. ضرورة توسيع ونشر ثقافة توليد الطاقة الشمسية فوق أسطح المباني وذلك عن طريق عمل الندوات والمحاضرات على مستوى السودان وخاصة فى المناطق التى ليس بها مصدر للطاقة للتعريف بالطاقة الشمسية وأهميتها وطرق استغلالها.

١١-إعداد وتنفيذ برامج إعلامية (مسموعة ، مقروءة ، مرئية) هادفة إلى رفع مستوى الوعي الاجتماعي والاقتصادي والثقافي لتوليد الطاقة الشمسية .

١٢-استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لعمل قاعدة بيانات عن عناصر المناخ للاستفادة منها عند إقامة أى مشروعات للطاقة الشمسية وللانذار المبكر بالمخاطر المناخية التى سوف تؤثر عليها .

المراجع والمصادر:

أولا: المصادر:

١- الشركة السودانية لتوزيع الكهرباء المحدودة ، وزارة الكهرباء ، الطاقة الشمسية ، كهربة الريف ،٢٠١٩.

٢- وزارة الموارد المائية والرى والكهرباء بالسودان ، ادارة التخطيط المشروعات و الشركة السودانية لتوزيع الكهرباء وكهربة الريف ،تطبيقات الطاقة الشمسية في السودان كخيار امثل ومستقبل ،٢٠١٣.

٣- ادارة الطاقات المتجددة ، وزارة الموارد المائية والرى ، ٢٠١٤.

ثانيا: المراجع

ا- المراجع العربية:

١- أحمد جابة وسليمان كعوان ، تجربة الجزائر في استخدام الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ، مجلة اقتصاديات شمال أفريقيا ، جامعة حسيبة بن بو علي بالشلف ، العدد١٠،الجزائر، ٢٠١٢.

٢- أحمد محمد سعيد لبيب ، فى تصميم وتنفيذ المباني المدرسية مدخل للتناول من منظور العمارة الخضراء والتطور التقنى ، رسالة دكتوراه ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، ٢٠١٥.

٣- أحمد ممدوح محمود عبد المعطى ، التصميم العمراني للمناطق الصناعية فى اطار الاستدامة والعمارة الخضراء ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، ٢٠١٧.

٤- أسماء مجدى محمد فاضل ، استخدام تقنيات الخلايا الشمسية الحديثة فى تطوير أداء الغلاف الخارجي للمبنى وتأثيرها على التشكيل المعماري للمبنى ، دراسة تطبيقية على

المباني الحكومية القائمة بالمدن الجديدة " دراسة حالة مبنى هيئة تنمية المجتمعات العمرانية الجديدة " رسالة دكتوراه ،كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، ٢٠١٦.

٥- أقبال محمد أحمد وراق ، الآثار البيئية لاستخدامات الطاقة الشمسية بولاية شمال كردفان ،رسالة ماجستير ، معهد الدراست البيئية ، جامعة الخرطوم ،٢٠٠٥.

٦- برنامج الامم المتحدة الانمائى للدول العربية ، السودان، الطاقة الشمسية من أجل الزراعة " تمكين المزارعين بشمال السودان ، ٢٠٢٠.

٧- برنامج الامم المتحدة الانمائى للدول العربية ، السودان، اهداف التنمية المستدامة ، ٢٠٢٠.

٨- جودة حسنين جودة ، الجغرافيا المناخية والحيوية مع التطبيق على مناخ ونبات اسيا وافريقيا واوربا ومناخ ونبات العالم العربى ،الطبعة الثالثة،٢٠٠٤.

٩- حسن سيد احمد أبو العينين، أصول الجغرافية المناخية ,الطبعة الأولى ، ١٩٨١.

١٠- حسين العروسي ، الشمس أم الطاقات وأنظفها ، مكتبة المعارف ، الإسكندرية، ٢٠٠٢.

١١- خالد عبد الحميد محمد ، التجربة الألمانية الرائدة فى مجال الطاقة الشمسية ،المجلة العلمية للاقتصاد والتجارة ، العدد ٣، كلية التجارة ، جامعة عين شمس ،٢٠١١.

١٢- شحاته سيد أحمد ، المطر في مصر , رسالة ماجستير ,غير منشورة , كلية الآداب ,جامعة القاهرة ، ١٩٩٠.

١٣- شحاتة سيد أحمد طلبة ،الطاقة الشمسية فى المدينة المنورة إمكانياتها واستخداماتها، دراسة فى المناخ التطبيقى ، مجلة الملك عبد العزيز ، العلوم والتربية م ١٣، ٢٠٠١.

١٤- عبد الله حسين اقتصاديات الطاقة في مصر، وزارة البحث العلمي، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، مجلس بحوث العلوم الاقتصادية، القاهرة،١٩٩٢ .

١٥- على حسن موسى ،العواصف والأعاصير ,دار الفكر ,دمشق, سوريا,١٩٨٩.

١٦- ماجد أبو النجا الشرقاوي ، الإبعاد الاقتصادية لاستخدامات الطاقة الشمسية فى مصر ، مجلة مصر المعاصرة ،الجمعية المصرية للاقتصاد السياسي والإحصاء والتشريع، مجلد ١٠٣، العدد ١٠٠٤، ٢٠١١.

١٧- مجدى محمد قاسم مؤتمر استخدام التقنيات المتقدمة ، كمدخل لرفع كفاءة أداء المباني التقليدية لدعم اقتصاديات الدولة ، كلية الهندسة ، جامعة الأزهر ، ٢٠١٤.

١٨- مجلة العلم ، بنك المعرفة المصرى ، التنظيف الفصلي يرفع كفاءة نظم الطاقة الكهروضوئية،

١٩- مجلة كهرباء العرب ، توصيات المؤتمر العام السادس للاتحاد العربى للكهرباء ،٢٠١٨.

٢٠- محمد إبراهيم شرف ، خرائط الطقس والمناخ ، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية ، ٢٠٠٥.

٢١- محمد حسن محمد احمدون ، خور بركة دراسة في الجغرافية الاقتصادية ,رسالة ماجستير, غير منشورة ,كلية الآداب ,جامعة القاهرة،١٩٧٧.

٢٢- محمد حسين محمد، استخدام الطاقة الشمسية للحصول على وقود الهيدروجين لإنتاج الكهرباء للاستخدامات المنزلية بمنطقة مصراته ، ماجستير ، كلية العلوم الهندسية ، جامعة ام درمان الآسلامية ، السودان ،٢٠١٩.

٢٣- محمد عبد الله أحمد سراج ، المناخ وعمارة المناطق الحارة ، ط٣، عالم الكتب للطباعة والنشر، القاهرة، ١٩٨٩.

٢٤- محمد على أحمد ، الطاقة النظيفة الصديقة للبيئة ، الطاقة الشمسية ، دار الرشاد للطبع والنشر، القاهرة،٢٠٠٨.

٢٥- محمد على محمد عبد الحميد ، تطبيقات الطاقة الشمسية في محافظة الوادى الجديد من منظور جغرافى ، مجلة البحث العلمي في الآداب ، كلية البنات للآداب والعلوم والتربية ، العدد ١٨ ، الجزء الخامس ، ٢٠١٧.

٢٦- محمد قرضاب ، استخدام الطاقة الشمسية فى البيوت الزراعية ، ابحاث ندوة الطاقة المتجددة ، سوريا ،١٩٨٦.

٢٧- محمد منير مجاهد، مصادر الطاقة في مصر وآفاق تنميتها ، منتدى العالم الثالث ،مصر ٢٠٢٠، المكتبة الاكاديمية ، القاهرة ،٢٠٠٢.

٢٨- محى الدين عبد الكريم موج البحر ، الطاقة الشمسية وأثرها على التنمية الاقتصادية فى السودان ، رسالة ماجستير ، كلية الدراسات العليا ، جامعة أم درمان الاسلامية ، ٢٠٠٧.

٢٩- مروة محمد عباس ، جدلية العمارة الخضراء والارتقاء بالمناطق العشوائية دراسة فى واقع التجربة المصرية " جزيرة دار السلام " ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، ٢٠١١.

٣٠- ممدوح إمام عبد الحليم ،المناخ واثره على النقل فى جمهورية السودان ، رسالة ماجستير ، كلية الدراسات الأفريقية العليا ، جامعة القاهرة ٢٠٠٨.

٣١- موسى أحمد قوته,العواصف الرملية و الترابية في السودان ,ندوة العواصف الترابية في الوطن العربي ١٣-١٤ مارس , اللجنة الفنية الدائمة للأرصاد الجوية ,جامعة الدول العربية ،١٩٩٦.

٣٢- نبيل غالب عبد الكريم الحامدي، الاتجاهات الحديثة للتصميم البيئي ، نموذج التصميم البيئي وترشيد استهلاك الطاقة ، رسالة ماجستير ، قسم الهندسة المعمارية ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة،٢٠٠٧.

٣٣- نجوى محمد خطاب ، الطاقة الشمسية من أجل بيئة نظيفة للتنمية المستدامة ، مجلة المدير العربى ، العدد ١٦٣، القاهرة ، بدون تاريخ.

٣٤- نشوى يوسف عبد الحافظ ، العلاقة التكاملية بين المباني والخلايا الفوتوفولتية ، ماجستير، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة، ٢٠٠٦.

٣٥- هبة محمود شهوان ، طاقة الشمس والرياح فى شبة جزيرة سيناء دراسة فى المناخ التطبيقى باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ، رسالة ماجستير ، كلية الآداب ، جامعة القاهرة،٢٠١٧.

ب-المراجع الانجليزية

١. Abdeen, M, O& Elfadil ,B., Renewable energy potential in Sudan, International Energy Journal,vol ٢,No١, ٢٠٠١

٢. African development Bank Group,Proposed solar Powerd pumping Systems for Irrigation,Sudan,march,٢٠١٩ .

Bloomfield ,H.C., The Importance of Weather and Climate to Energy Systems: A Workshop on Next Generation Challenges in Energy–Climate Modeling, Bulletin of the American Meteorological Society , Volume ١٠٢: Issue ١,٢٠٢١.

٣. Boxwell,m. "Solar Electricity Handbook : A simple, practical Guide to Solar Energy " Green stream publishing ,United Kingdom,٢٠١٢.

٤. Ciriminna, R and others ; Solar energy for Sicily's remote islands: On the route from fossil to renewable energy, International Journal of Sustainable Built Environment., AL qurashi,R: manufacturing and testing anew solar cell, Faculty of science ,university of Sheffield, London,٢٠١٢.

٥. El Zein,M., Solar Energy potential in The Sudan, Master thesis in Sustainable Development , Uppsala University,٢٠١٧.

٦. Elzubeir,A,o.,: Solar Energy in Northern State (Sudan): Current State and Prospects, American Journal of Modern Energy, Current State and ProspectsVol. ٢, No. ٥, ٢٠١٦.

٧. Energy Research Institute; Basic photovoltaic principles and methods, United States of America,١٩٨٢.

٨. Influence of ,M& Moudrý,V.,- Fogl vegetation canopies on solar potential in urban environments, Applied Geography, Volume ٦٦, January ,٢٠١٦, P,٧٣.

٩. Global Environment Facility , Sudan promoting solar Photovoltaic Systems, November ٢٠٠٥

١٠. Hong ,W and others, Margarethe P. Laurenz Editor, Building Energy Efficiency, Why Green Buildings Are Key to Asia's Future, the Asia Business Council, Hong Kong,٢٠٠٧.

١١. Iwaro,J& Mwasha,A; The impact of sustainable building envelope design on building sustainability using Integrated Performance Model, International Journal of Sustainable Built Environment (٢٠١٣) .

١٢. Kendrew,w,j.,The climates of the continents, .London.
The Availbil of Usinge Soler Khayal,O,M., Energy In Sudan,١٩٤١.

١٣. Leigh Whittinghill, Bradley Rowe;The role of green roof technology in urban.agriculture.· December.٢٠١٢.

١٤. Lynn,p ., Electricity From sunlight : An Introduction to photoltaics " wily press, United states of America .,٢٠١٠

١٥. Mahdavinejad ,M and others ; Dilemma of green and pseudo green architecture based on LEED norms in case of developing countries, International Journal of Sustainable Built Environment ,٢٠١٤.

١٦. Michal Fogl& Vítězslav Moudrý., Influence of vegetation canopies on solar potential in urban environments, Applied Geography, Volume ٦٦, January ٢٠١٦.

١٧. Omer ,A,M., Sustainable energy: Challenges of implementing renewable technologies .Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, Vol., October, ٢٠٠٩.

١٨. Omer,A,M., Sustainable energy: Challenges of implementingrenewable technologies, Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development Vol. ١, ٢٠٠٩.

١٩. POSSIBILITIES OF NEW LIGHT SOURCES AND SUSTAINABLE ENERGY PRODUCTION IN SUDAN.

٢٠. Rabah, Ali A., Modelling of Sudan's Energy Supply, Transformation ,and Demand,Journal of Energy, ٢٠١٦.

المواقع الالكترونية:

٢١. https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell

٢٢. https://nasainarabic.net/main/articles/view/how-graphene-could-help-solar-panels-produce-energy-when-it-s-raining/!. ٢٠٢١/٢/١١.

٢٣. https://solarabic.com/learn/٢٠١٩/٠٨/temperature-coefficient-for-solar-panel/٢٠٢١/١/٣٠/.

٢٤. https://solarabic.com/learn/٢٠١٩/٠٨/temperature-coefficient-for-solar-panel٢٠٢١/١/٣٠

٢٥. https://www.alittihad.ae/article/٢٠٢١/١/٢٩

٢٦. https://www.researchgate.net/publication.٢٩/١/٢٠٢١

٢٧. https://www.researchgate.net/publication/٣٣٦٦٤٢٤٦٠_THE_AVAILABILITY_OF_USING_SOLAR_ENERGY_IN_SUDAN-٢٩/١/٢٠٢١

٢٨.. https://www.unicef.org/sudan/١٤/٢/٢٠٢١

٢٩. https://www.researchgate.net/publication/٢٣١٧٥٧٣٢٥_The_role_of_green_roof_technology_in_urban_agriculture