دور التغيرات المناخية في اعتماد استراتيجيات استخدامات الطاقة المتجددة للحد من اثر التغير المناخي

(اقليم كوردستان دراسة حالة)

دلير عزيز طه[1]، پێشڕەو صمد توفيق [2]

[1،2] قسم جغرافيا، كلية التربية، جامعة كويه ، كوردستان، العراق

المستخلص

تعد التغيرات المناخية احد نتاجات التطور الحضاري الذي أصاب المجتمعات البشرية منذ قيام الثورة الصناعية إلى الوقت الحاضر ، إذ كان للاستغلال الجائر لموارد البيئة الطبيعية وخصوصا فيما يتعلق بموارد الطاقة إضافة إلى التوسع الصناعي والعمراني انعكاسات خطيرة على تركيبة الغلاف الجوي من خلال زيادة تراكيز بعض الغازات التي تعرف باسم غازات الدفيئة الجوية والتي أحدثت خللاً في توازن الطاقة في النظام المناخي الأرضي والتي كان من نتائجها ارتفاع حرارة الغلاف الجوي بحدود (0.74) م بين عامي 1906 و 2005 وعرف هذا التغير باسم الاحترار العالمي أو الاحتباس الحراري ورافق هذا التغير تغيرات في نظم التساقط المطري وتوزيعها في خصائص عناصر المناخ وخصوصاً عناصر الاشعاع الشمسي ودرجات الحرارة العظمى والصغرى والجفاف .

وكان لإقليم كوردستان نصيب من هذا التغير تزامنا مع تغيرات بيئية ، مما اثر ذلك على تغير المناخ فيه إذ توصلت الى أن درجات الحرارة الاعتيادية والعظمى والصغرى (م) والجفاف تأخذ اتجاها يميل نحو الارتفاع في جميع المحطات المناخية في منطقة الدراسة وحصول تغير في تكرار الظواهر الغبارية وانعكست ملامح هذا التغير في التوزيع الجغرافي لهذه العناصر وبدأت خارطة كوردستان المناخية بالتغير تزامنا مع التغيرات المناخية العالمية لذا تهدف الدراسة إلى تحديد اثر التغيرات المناخية في تغير التوزيع الجغرافي لبعض عناصر وظواهر مناخ الاقليم باستخدام معادلة كاندال والتي مثلت هذه العناصر بجداول ولثلاث دورات مناخية صغرى وهي الدورة المناخية 1979 – 1990 والدورة المناخية 1991 – 2000 والدورة المناخية 2001 – 2017 وقد أثبت تحليل هذه الجداول جملة من النتائج الهامة والتي تعكس بدورها تغير مناخ الاقليم من خلال تغير التوزيع الجغرافي لبعض عناصره وظواهره ، والتنبؤ بالنتائج بشكل دقيق ، والتي تختلف اساسا على بناء الافتراضات المتعلقة بالسياسات والاستراتيجيات الحكومية والخطط التي نفذت بالفعل لمواجهة التحديات المتعلقة بالطاقة فضلا عن الخطط التي تم الاعلان عنها ولم يتم اتخاذ التدابير المحددة لتنفيذ هذه الالتزامات ، وجاءت الدراسة باستراتيجية مقترحة لتطوير وانتاج مصادر الطاقة من شانها النهوض بقطاع الطاقة وتقليل الفجوة من خلال استخدام التقانة الحديثة للإشعاع الشمسي والرياح ، والتي تشتمل على الطاقة المتجددة والاهداف المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة.

الكلمات المفتاحية : التغيرات المناخية ، استراتيجيات الطاقة البديلة ، مان كندال Mann-Kendall، الطاقة الشمسية ، طاقة الرياح ، الطاقة الكهربائية.

١. المقدمة

المبحث الأول: الاطار النظري للدراسة

تعد التغيرات المناخية واحدة من ابرز المشاكل التي تواجه الإنسان والبيئة، فضلاً عن انها تعتبر من اخطر التحديات الآنية والمستقبلية ، ويسهم التطور في الحياة البشرية والتقدم التقني والعلمي الى استهلاك مصادر طاقة بكميات كبيرة لتشغيل المصانع ووسائط النقل ، ونتيجة هذا الاستهلاك تكون انبعاث كميات كبيرة من الغازات التي تسبب الاحتباس الحراري ، وبالتالي حدوث تغيرات مناخية .

كۆنفرانسی نێودەوڵەتیی گۆڕانکارییەکانی ئاووهەوا و مەترسییە ژینگەییەکانی لە ڕوانگەی جوگرافییەوە
زانکۆی کۆیە شوباتی ٢٠٢٢
ئیمەیلی تویژەر:

ويتضمن هذا الموضوع دراسة مركزة لمفهوم مصادر الطاقة البديلة والنظيفة اولاً، ثم النواتج التي رافقت هذه المصادر والمعايير المعتمدة في تحديدها وظروف استخدامها ، وهل إن هذه المصادر يمكن أن تعد بأنها مصادر لا تؤثر على خصائص عناصر المناخ ومن ثم لا يرافقها مستقبلاً تغيراً مناخياً ، في حين إن الاعتماد على مصادر الطاقة المستخدمة حالياً تعد احد المسببات الرئيسية في حدوث التغيرات المناخية في العالم، وسوف تؤثر في خصائص البيئة وفي مقدمتها الإنسان ونشاطاتهُ المختلفة، ولقد برز الاهتمام بموضوع مصادر الطاقة في العقود القليلة الماضية وأتخذ طابعه الشمولي في أواخر عام (1973م) أثناء التطورات التي شهدها وضع الطاقة العالمي ، وكانت النتيجة المنطقية لتلك التطورات بان اخذ العالم يبحث عن حلول بديلة على أمل أن يعيش مدة انتقالية من الاعتماد على المصادر الأحفورية للطاقة (فحم ونفط وغاز طبيعي)،الى الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة التي يتم استثمارها وتوظيفها بأكثر الطرق فعالية واقلها تلويثا للبيئة ، وتوجه اهتمام عدد من العلماء وعلى مختلف اختصاصاتهم الى إيجاد الحلول الملائمة للحد من اثار التغيرات المناخية ، وتقلل من كمية انبعاث غازات الدفيئة التي تسهم في تسخين الغلاف الجوي وتفاقم مشكلة الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية العالمية، وتتضمن دراستنا طرح عدد من الأسئلة وفرض الفرضيات وتحديد الأهداف التي تتعلق بموضوع استعمالات مصادر الطاقة الأولية الملوثة للبيئة وتأثيراتها، إذ أسهمت في بروز مشاكل عديدة كالاحتباس الحراري والأمطار الحامضية، وتسهم الدراسة في توضيح مفهوم مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة وأهميتها، وتشير الدراسة الى ضرورة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة(كطاقة الشمس وطاقة الرياح وطاقة المياه)،لتوفير الطاقة اللازمة للتطور والنمو الاقتصادي والصناعي وسد حاجة الإنسان، فضلاً عن الحفاظ على سلامة البيئة، والحد من آثار التغير في خصائص المناخ.

اولا- أهمية الدراسة (Importance of study):

نظراً لما تشكلهُ التغيرات المناخية في العالم من أهمية كبيرة على الصعيد العالمي التي تعكس تأثيراتها المباشرة وغير المباشرة على جميع دول العالم ومنها اقليم كوردستان، الذي دفع بالجغرافيين لان تكون مثل هذه الدراسات احد أهدافهم كون الجغرافي أكثر من غيرهُ يستطيع الربط والتحليل بالأسباب والنتائج التي ترافق أية مشكلة في البيئة ومنها هذه المشكلة. لذلك يتوجه الاهتمام لإيجاد طرق ووسائل مختلفة للحد من أخطارها المستقبلية كاستخدام مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة للحد من آثار التغيرات المناخية المتوقعة. ووفق ذلك فان أهمية هذه الدراسة تنطلق من خلال تناول التغيرات المناخية في اقليم كوردستان من حيث أسبابها والتركيز على :

1- تكمن اهمية الدراسة في تحديد سمات التغير المناخي ، والتأكد على ان الحل الانسب وفق المعطيات الحالية لوضع الطاقة في الاقليم ،والاستراتيجية المتبعة استخدام ادوات تكنلوجية حديثة ومعدات متطورة .2

-تكمن أهداف دراستنا في إظهار العلاقة القائمة بين استغلال مصادر الطاقة غير النظيفة والآثار البيئية.

3-تحديد أهم مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة(الاشعاع الشمسي والرياح) للحد من تأثير التغيرات المناخية وآفاق تطبيقها.

ثانيا- أهداف الدراسة(Objectives of study):

تهدف الدراسة الى الكشف عن واقع مصادر الطاقة التقليدية في اقليم كوردستان من حيث التكلفة ، فضلاً عن البحث عن مصادر الطاقة البديلة والمستدامة والنظيفة (كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المياه...الخ)، وتسليط الضوء على السياسة الاستراتيجية المتبعة للطاقة ومدى إمكانية استثمار الدولة لمصادر الطاقة المتجددة والنظيفة ووفق الخطوات الأتية :

1- تحديد مدى التوافق بين استخدام مصادر الطاقة غير النظيفة واثرها في تفاقم مشكلة التغير المناخي.

2- تهدف الدراسة الى إظهار العلاقة بين تلك المصادر والتغير في عناصر المناخ باستعمال الأساليب الاحصائية في الدراسة.

3- تحديد مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة التي يمكن اعتمادها وتطبيقها للتقليل من المشاكل التي رافقت المصادر الأخرى.

ثالثا: مشكلة الدراسة (Problem of study):-

بدأت آثار التغير المناخي تتجلى بوضوح في السنوات الأخيرة متمثلة في ارتفاع للسطوع الشمسي والجفاف وارتفاع في درجات الحرارة ، بدأت انعكاساتها تأخذ منحاً كارثياً لا سيما في الجانب الهيدرولوجي في الاقليم مما يستوجب دق ناقوس الخطر لهذه المشكلة اذ ان المحصلة النهائية لهذا التغير سوف تنتهي بنتائج كارثية على واقع الحياة في شتى جوانبها ، لذا جاءت هذه الدراسة للوقوف على طبيعة هذا التغير وانعكاسه على بعض عناصر وظواهر مناخ اقليم كوردستان . لذا تمثلت مشكلة البحث في محاولته الإجابة عن السائلات مضمونها ما يأتي :-((هل إن ما يحدث من تغير في عناصر الطقس والمناخ في اقليم كوردستان يعد تغيراً في المناخ ؟)) وتنضوي داخل هذه المشكلة مجموعة من الأسئلة يمكن الإجابة عنها وهي:- -1

ما هي طبيعة وأسباب التغيرات المناخية التي يعاني منها اقليم كوردستان وإبعادها الزمانية والمكانية؟

2- ماهي مصادر الطاقة المسببة لمشكلة التغيرات المناخية في اقليم كوردستان ؟-3 وكيف يمكن توظيف مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة للحد من التغيرات المناخية؟

4- كيف يمكن توظيف أهم الاستراتيجيات لأفضل أنواع الطاقة للحد من التغيرات المناخية ؟

رابعا- فرضيات الدراسة (Hypothesis of study) :

تمثل الفرضيات تحديدا لمعالجة المشاكل المطروحة في الدراسة، تمكن الباحث من الوصول لحلول الى ما طرح من أسئلة لمشكلة الدراسة ، فهي حل أولي لمشكلة الدراسة، وتتمثل فرضية الدراسة بالشكل الآتي:-

(عاني العراق بشكل عام ومنها اقليم كوردستان أكثر من غيرها من الآثار المرافقة للتغيرات المناخية) حيث اعتمد البحث على فرضية مفادها يسهم استخدام الطاقة البديلة النظيفة والمتجددة في تحقيق تزايد في المردودات الاقتصادية وتحسين في المنافع الاجتماعية وخفض في مسببات الضرر البيئي. ووفق ما يمكن الوصول له فان دراستنا تتضمن عدداً من الفرضيات " تتمحور" حول الآتي:

1- تعد مشكلة التغيرات المناخية في اقليم كوردستان خطر يهدد الافاق المستقبلية .

2-الاستهلاك المتزايد والمفرط لمصادر الطاقة الأحفورية واحد الأسباب الرئيسية لمشكلة التغيرات المناخية. 3-اعتمد البحث على فرضية مفادها يسهم استخدام الطاقة البديلة (النظيفة والمتجددة) في تحقيق ت تزايد في المردودات الاقتصادية وتحسين في المنافع الاجتماعية وخفض في مسببات الضرر البيئي.

3- استراتيجية الدولة تجاه بدائل الطاقة التي يمكن استثمارها للإنتاج من خلال تحديد اتجاه الاشعاع الشمسي والرياح في انتاج الطاقة وجعلها البديل ومواكبة التطور الحاصل في طرق توليد الطاقة الكهربائية .

خامساً - حدود منطقة الدراسة (study Boundaries) :

تقع منطقة الدراسة شمالها وشرقها وغربها ضمن الحدود الدولية للعالم السياسية، وتتمثل الحدود المكانية للبحث بمحافظات اقليم كوردستان ، التي اعتمدت في تطورها الصناعي على استخدام مصادر الطاقة الاحفورية ، فضلاً عن الدول التي وقعت وتقع تحت تأثير التغيرات المناخية في العالم . وتتمثل الحدود المكانية للبحث والواقعة بين دائرتي عرض(34:30- 37:30) شمالا وبين خطي طول (42:15 – 46:30) ، ويتألف الاقليم من اربعة محافظات (اربيل ، دهوك ، السليمانية ، هلبجة) الجدول (1) والخريطة (1)يوضح ذلك . وتشغل حيزا مكانيا ضمن هذه المساحة التي تبلغ (46867.436)[1] كم٢، واختيار تسعة محطات مناخية موزعة توزيعا مناسباً على كافة أرجاء الاقليم سبعة منها داخل الاقليم ومحطتان اثنان تقع خارج المساحة المذكورة في الخريطة . وكان اختيار هذه المحطات على اساس توفر بيانات كاملة عنها قدر المستطاع خلال المدة المحددة للدراسة . وهذا التباين في الموقع يؤثر على تباين كمية الاشعاع الشمسي و درجة الحرارة فبحسب الموقع يعني ان قيم الاشعاع وطول النهار تتباين مكانيا وزمانيا في منطقة الدراسة. تأتي اهمية الموقع الفلكي في انه يشكل عاملا رئيسيا في تحديد الظروف المناخية لاي منطقة وذلك من خلال زاوية سقوط الاشعاع الشمسي وان تباين زاوية سقوط الاشعاع الشمسي من فصل لأخرما له من تأثير في تباين درجات الحرارة من منطقة الى اخر[2].

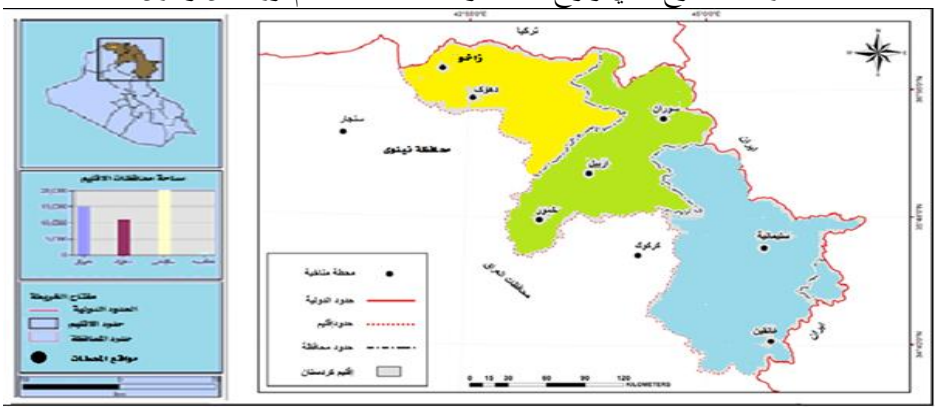
حيث يواجه اقليم كوردستان مشكلة التغير المناخي لعدة أسباب منها الموقع الجغرافي ووقوعه في العراق واحدة من اكثر مناطق العالم هشاشة و تأثرا بالتغير المناخي مؤديا الى ازدياد الجفاف وارتفاع في درجات الحرارة نتيجة قلة الامطار وانخفاض رطوبة الأرض وتقلص المسطحات المائية و اختفاء مساحات زراعية. لقد ساهم الموقع الجغرافي في تحديد الخصائص المناخية لإقليم كوردستان والتي تتلاءم بوضع استراتيجيات مستخدمة وتلك التي تتطلبها اقامة وتوطن الطاقة الشمسية والريحية. ومن الاهمية تسليط الضوء على الطلب على مصادر الطاقة المختلفة وبخاصة الطاقات المتجددة(الشمس والرياح) التي تشهد توسعا سريعا ونموا ملحوظا، ويعد هذا النمو السريع جزء من التحول الى مصادر طاقة تتسم بانخفاض الانبعاثات. فضلا عن تميز منطقة الدراسة بارتفاع المعدلات الشهرية والسنوية لكل من عدد ساعات السطوع الشمسي وارتفاع درجات الحرارة والجفاف وسرعة الرياح ، وهناك مقومات مناخية تساعد استثمارها خلال الخلايا الشمسية لغرض توليد وسد النقص من الطاقة الكهربائية.

الجدول(1) احداثيات المحطات المناخية في اقليم كوردستان

ت	المحطة	الموقع الفلكي		الارتفاع عن مستوى سطح البحر
		خط الطول	دائرة العرض	
1	سنجار	41:50	36:32	550
2	زاخو	42:20	37:18	442
3	دهوك	43:02	36:52	860
4	سوران	44:34	36:37	680
5	اربيل	44:00	36:11	420
6	مخمور	43:37	35:46	257
7	السليمانية	45:27	35:32	843
8	خانقين	45:30	34:29	202
9	كركوك	44:24	35:28	331

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على هيئة الانواء الجوية والرصد الزلالي في اربيل .

خارطة (1) الموقع الفلكي ومواقع المحطات والمساحة بالنسبة لاقليم كوردستان والعراق



المصدر من عمل الباحث اعتمادا على :1- ARC GIS ،2- على هيئة احصاء الاقليم 3- هيئة الانواء الجوية والرصد الزلزالي في اربيل.

المبحث الثاني

الاتجاه العام للعناصر المناخية ومؤشرات التغير في اقليم كوردستان العراق

الاشعاع الشمسي: فهو الطاقة الشمسية التي تنطلق الى جميع الاتجاهات ، وتصدر الاشعة الشمسية بكثافة عالية وتكون على شكل موجات كهرومغناطيسية يتراوح طول موجاتها من القصيرة جدا كأشعة كاما والاشعة السينية الى الامواج الطويلة مثل امواج الراديو[3]،وتتضمن الاشعاع المرئي وغير المرئي، اي الطاقة الضوئية والحرارية على الارض ومختلف الكواكب الاخرى، ويساهم الاشعاع الشمسي بنسبة(99.97%) من الطاقة المستلمة على سطح الارض عبر الغلاف الجوي، في حين تبلغ مساهمة مصادر الطاقة الاخرى نحو(0.03 %)فقط[4].

إذ تختلف كمية الاشعة الشمسية الواصلة الى سطح الارض حسب اختلاف فصول السنة ، وحسب الموقع من دوائر العرض وذلك نتيجة لاختلاف زاوية سقوط الاشعاع الشمسي وتعرف هذه الزاوية بأنها الزاوية التي تكونها اشعة الشمس مع سطح الارض وهي أما ان تكون عمودية او شبه عمودية او مائلة بسبب ميلان محور الارض ودوران الارض حول الشمس .عندما تكون الشمس فوق سمت الرأس في منطقة ما فان تلك المنطقة تتسلم اقصى طاقة من الاشعاع الشمسي ، لان الاشعة العمودية اكثر حرارة من الاشعة المائلة[5]. ولموقع اقليم كوردستان الواقعة في الجزء الجنوبي الغربي من قارة اسيا اثرا واضحا في تباين زاوية سقوط أشعة الشمس زمانياً ومكانياً في محطات المنطقة ففي شهر كانون الاول عندما تتعامد الشمس على مدار الجدي في يوم 21 من (كانون الاول)من هذا الشهر تكون اشعة الشمس اكثر ميلانا على الاقليم مما ترتب على ذلك ان تكون زاوية هذه الاشعة اقل ما يمكن في هذا الشهر في جميع محطات الدراسة ويزداد ميلان الزاوية بالاتجاه شمالا ، اذ سجلت محطة زاخو اوطأ زاوية في هذا الشهر بلغت(28:68°)درجة وفي دهوك بلغت(30:23)درجة وفي اربيل(30:44°)وفي السليمانية(31.1°) وفي خانقين (31:55°) وفي كركوك (31.3°) واعلاها سجلت في محطة سنجار بلغت(32.34°).وفي شهر حزيران عندما تتعامد الشمس على مدار السرطان في 21 من هذا الشهر تسجل اعلى معدل لزاوية سقوط اشعة الشمس في جميع محطات المنطقة ، اذ سجلت محطة خانقين اعلى المعدلات بنحو(78:22°) وفي سنجار (77.16°) درجة وفي زاخو(75:52°)وفي اربيل(76:53°)وفي السليمانية(76.2°)وفي كركوك (77.3°)، وسجلت اعلى المعدلات السنوية في محطة خانقين جنوب شرق الاقليم بمعدل (55:66°) وادناها في محطة دهوك بمعدل تبلغ(52:30°)،يترتب على تباين هذه الزاوية تباين في الطاقة والاشعة المكتسبة والواصلة الى سطح الارض مما ينتج اختلاف في درجات الحرارة يلاحظ جدول (3).لطول فترة النهار تأثير في كمية الاشعاع الشمسي الواصل الى الارض ، وبما ان الليل والنهار يتباين بين الفصول تبعا لتباين زاوية سقوط الاشعة بينها ،اذ ان طول الليل يزداد شتاء بالاتجاه نحو الشمال بينما يزداد طول النهار صيفا كلما اتجهنا شمالا، ومن خلال الجدول (4)نلاحظ ان ساعات السطوع النظري تتباين مكانيا وزمانيا ما بين محطات المنطقة حسب موقعها من دوائر العرض فنلاحظ ان اقصى المنطقة الشمالية قد سجلت ادنى ساعات سطوع نظري في فصل الشتاء لشهري كانون الاول وكانون الثاني اذ بلغ في محطة زاخو(9:49 ، 9:76) ساعة على التوالي، بينما سجلت في شهري حزيران وتموز اعلى ساعات سطوع بلغ(14:51 ، 14:35) ساعة على التوالي . وبالاتجاه جنوبا نجد ان ساعات السطوع ترتفع شتاءات حيث سجلت اعلى ساعات سطوع بين المحطات ففي محطة خانقين وكركوك بلغت (9:97) (9:89)ساعة لشهر كانون الثاني و(14:25)(14:35)ساعة لشهر حزيران و(14:04)(14:13) لشهر تموز بسبب موقعها من دوائر العرض والمهم بالنسبة للمناخ هو عدد ساعات السطوع الفعلي . لأنه يمثل حقيقة كمية الاشعاع الواصل فعلا وليس نظريا ، فالسماء الملبدة بالغيوم او فيها اتربة تقلل من ساعات السطوع الفعلي، ففي السطوع الفعلي يلاحظ تباين بين محطات المنطقة مكانيا و زمانيا على وفق طول النهار الذي يتباين هو الاخر بتباين البعد من دائرة الاستواء. فضلا عن صفاء السماء، إذ عندما تكون السماء صافية خالية من الغيوم تكون فتره السطوع الفعلية طويلة، وعلى العكس عندما تكون السماء ملبدة بالغيوم . وعلى هذا فان اطول مده للسطوع الفعلي تتمثل في اشهر الصيف بسبب طول ساعات النهار في جميع محطات المنطقة، إذ لا يقل المعدل السنوي لسطوع الشمس عن(7) ساعة في معظم المحطات.

الجدول(2) المعدل الشهري والسنوي لزاوية سقوط الشعاع الشمسي(درجة)في محطات الدراسة للمدة من(1980-2017)

الشهر / المحطة	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آ.	أيلول	ت1	ت2	كانون الاول	المعدل
سنجار	35.9	42.09	50.41	64.09	72.41	77.16	75.09	67.16	56.32	45.22	36.09	32.34	54.52
زاخو	31:52	39:72	51:52	62:85	71:52	75:52	73:32	66:72	55:18	43:68	33:52	28:68	52:80
دهوك	32:38	40:10	51:6	62:59	72:18	76:34	74:35	66:47	55:29	43:38	34:26	30:23	52:30
سوران	32:29	39:59	50:54	62:47	72:06	76:25	74:30	66:44	51:15	43:37	34:23	30:16	52:57
اربيل	32:57	40:27	51:22	63:15	72:34	76:53	74:58	67:12	51:43	44:07	34:51	30:44	53:25
مخمور	33:22	40:52	51:47	63:40	72:59	77:18	75:23	67:37	52:08	44:30	35:16	31:09	53:50
السليمانية	31.4	40.2	51.4	63.9	64.8	76.2	74.4	68.1	58	45.9	34.8	31.1	53.3
خانقين	34:39	42:59	54:39	65:72	74:39	78:22	76:19	69:59	57:89	46:55	36:39	31:55	55:66
كركوك	32.3	41.3	52.3	64.3	73.3	77.3	75.3	68.3	58.3	46.3	35.3	31.3	54.4

المصدر من عمل الباحث اعتمادا على Analemma والمعادلة التالية {d=23.45*sin{360/370(ND-80}

حيث(ND): يمثل رقم ابتداءاه من واحد كانون الثاني الى 365 في 31 كانون الاول.

Strahler, Arthur N. , Physical Geography, United states of America Fourth Edition,1975, figure: 5.7, p83 :

يوضح الجدول (3)المعدل الشهري والسنوي لسطوع الشمس الفعلي في محطات الدراسة، إذ نجد ان ادنى معدل سنوي تمثل في محطة زاخو بنحو (7:29) ساعه وذلك لتلبد السماء بالغيوم في فصل الشتاء ، ثم محطة سوران (7:33) ساعة بسبب ارتفاع معدل الظواهر الجوية الملبدة بالغيوم واعلى معدل سنوي تمثل في محطات(سنجار،خانقين،كركوك) بلغ (8:3 ، 8:2 ، 8:2) ساعة. وبشكل عام تكون المحطات الجنوبية ذات معدلات سطوع عالية فيها ماعدا محطة اربيل بسبب زيادة تكرار العواصف الغبارية وبلغ (7:53) ساعة. اما المعدل الشهري فان اشهر الصيف ذات النهار الطويل سجلت اعلى معدلات للسطوع الفعلي في الاشهر (حزيران، تموز، اب) ، اذ سجلت محطة سوران اعلى معدل شهري بلغ (11:54) ساعه في شهر حزيران بسبب طول النهار تليها محطة سنجار (11:7) ومحطتي كركوك والسليمانية (11:2) ومحطة خانقين (11:1) ساعة في حين سجلت محطتي زاخو في شهر تموز معدلا بلغ (12:1) ساعة وسجلت سوران (11:54) ساعة. أما محطة مخمور فأنها ايضا سجلت ادنى المعدلات بلغ (10:12) في فصل الصيف اذ سجلت في اشهر حزيران ، تموز، اب (10:18، 10:12، 9:54) ساعة على التوالي بسبب كثرة الظواهر الغبارية فيها . وسجلت ادنى المعدلات في جميع المحطات خلال اشهر الشتاء ، لاسيما كانون الاول وكانون الثاني بسبب قصر فترة النهار وتلبد السماء بالغيوم في بعض الايام .

جدول (3) المعدلات الشهرية والسنوية لطول ساعات النهار النظري والفعلي(ساعة / يوم)في محطات الدراسة للمدة (1980-2017)

المحطة	الشهر	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت1	ت2	كانون الاول	المعدل
سنجار	نظري	10.10	10.55	11.56	13.06	14.04	14.36	14.23	13.33	12.25	11.18	10.17	9.44	12.1
	فعلي	5.1	5.9	6.9	7.8	9.7	11.7	11.9	11.3	10.4	8.4	6.7	5.6	4.8
زاخو	نظري	9.76	10.66	11.76	12.96	13.99	14.51	14.35	13.39	12.22	11.02	10.1	9.49	12.00
	فعلي	4:06	5.5	6.6	7.8	9.3	11.5	12.1	11.1	10.3	8.1	6.2	4.5	8.45
دهوك	نظري	10:05	10:49	11:47	12:49	13:42	14:09	13:56	13:10	12:10	11:08	10:16	9:50	11:29
	فعلي	4.08	6.1	6.22	7.30	9.18	11.32	11.06	11.39	10.18	7.18	5.00	5.36	8 .08
سوران	نظري	9:48	10:38	11:45	12:56	13:57	14:27	14:13	13:21	12:12	11:01	10:01	9:32	11.59
	فعلي	3:24	4:00	5:42	5:48	9:30	11:54	11:54	11:12	10:12	6:48	5:42	4:30	7:33
اربيل	نظري	10.03	10.57	11.56	13.05	14.03	14.35	14.22	13.32	12.25	11.19	10.18	9.46	11.59
	فعلي	4:42	5:30	6:30	7:30	8:42	11:06	11:12	10:54	9:42	7:48	6:12	4:54	7:53
مخمور	نظري	9:52	10:40	11:45	12:55	13:53	14:22	14:09	13:19	12:12	11:02	10:05	9:37	11.59
	فعلي	4:36	5:24	6:54	6:54	8:36	10:18	10:12	9:54	8:48	7:48	7:24	6:24	7:46
السليمانية	نظري	9.8	10.8	11.7	12.9	13.8	14.3	14.2	13.3	12.3	11.2	10.1	9.6	12.00
	فعلي	5.3	5.1	6.8	6.5	9.1	11.2	11.4	11.5	10.2	7.2	6.8	5.7	7.94
خانقين	نظري	10.10	11.02	11.56	13.03	13.06	14.20	14.14	13.20	12.20	11.20	10.20	9.56	12.01
	فعلي	5.6	6.1	6.9	7.5	9	10.9	10.8	10.4	9.5	7.8	6.7	5.3	8.2
كركوك	نظري	9.89	10.74	11.76	12.90	13.86	14.35	14.13	13.30	12.20	11.07	10.11	9.64	11.99
	فعلي	5.2	6.3	7.1	7.8	9.3	11.2	11.2	11.0	10.1	8.1	6.7	5.4	8.2

المصدر من عمل الباحث اعتمادا على هيئة الانواء الجوية في اربيل والمحافظات الاخرى، شعبة البيانات ، بيانات غير منشورة.

تحليل اتجاهات تغير الاشعاع الشمسي في محطات الدراسة:

شهد المناخ العالمي تغيرات مناخية لأسباب طبيعية وبشرية مختلفة، ومحطات الاقليم المناخية شأنها شأن المحطات العالمية التي تعرضت لتلك التغيرات على اتجاه بعض العناصر والظواهر المناخية، مما دعا في هذا المبحث التركيز في دراسة اتجاه وتغير الإشعاع الشمسي الكلي وقوة السطوع الشمسي في محطات الدراسة للمدة (1979-2017) بالاعتماد على دراسة وتحليل بيانات الهيأة العامة للأنواء الجوية– في الاقليم والعراقية للسطوع الشمسي الفعلي والقيم المستخرجة حسابيا للإشعاع الشمسي الكلي في محطات الدراسة لمعرفة الاتجاه العام السائد ما إذا كان نحو الارتفاع أو التناقص بموجب دراسة في السلسلة الزمنية للمدة المدروسة للمحطات.

تعد الأساليب الإحصائية إحدى أهم الوسائل المستخدمة لإبراز مؤشرات التغير المناخي، لذ سوف يتم في هذا المبحث الاعتماد على استخدام أسلوب الاتجاه العام ومعدل التغير من اجل إيضاح التغيرات الحاصلة في العناصر المناخية بمنطقة الدراسة . و للكشف عن الاتجاه العام ومعدل التغير* في منطقة الدراسة (Trend Detection) تم حساب الاتجاه العام للمعدلات السنوية للسلاسل

الزمنية(لعناصر المناخ) ، وتم التعبير عن معامل الاتجاه بالنسبة المئوية لمجمل المتغيرات في عناصر المناخ . وكذلك بالنسبة لمعدلات التغير السنوي (Annuals Change) وفق المعادلة الآتية[6]:

C = (bi / y) [7]100

c = معدل التغير السنوي ، bi = معامل الاتجاه ،Y = المتوسط الحسابي

ويمكن استخراج [8](bi) من المعادلة التالية[9]:

$$\mathrm{bi} = \frac{X2 - X1}{T2 - T1}$$

$X2 - X1$=الفرق بين الوسطين

$T2 - T1$= الفرق بين الزمنين

1-الاشعاع الشمسي:- من خلال دراستنا لواقع التغيرات المناخية وأسبابها وأثارها البيئية سوف نتخذ من اقليم كوردستان العراق كنموذج لمعرفة مدى صحة حدوث التغيرات المناخية وذلك من خلال معرفة مقدار التغيرات التي طرأت على العناصر المناخية متخذين من الإشعاع الشمسي والجفاف ودرجتي الحرارة الصغرى والعظمى و سرعة الرياح كإحدى المؤشرات التي من خلالها يتم معرفة أثار مشكلة التغيرات المناخية وذلك من خلال معرفة مقدار تغير هذه العناصر السلبي أو الايجابي وسوف يكون هنالك تصورا واضحا حول طبيعة التغيرات المناخية وأثارها على البيئة في اقليم كوردستان.

ويتضح من خلال دراستنا الإحصائية للبيانات الخاصة بعدد ساعات السطوع الفعلي للمحطات وفق معدلات الدورات المناخية (1979-1990)(1991-2000)(2001-2017)ومقدار تغير ساعات الإشعاع للمدة(1979-2017)بأن مقدار التغير في ساعات السطوع الفعلي للمحطات المدروسة تتجه نحو التغير السالب وفي معظم الدورات المناخية ومن خلال معطيات الجدول(5) نوضح التغيرات التي طرأت على ساعات السطوع الفعلي :

أولا :.التغيرات في مدة السطوع الشمسي الفعلي:-

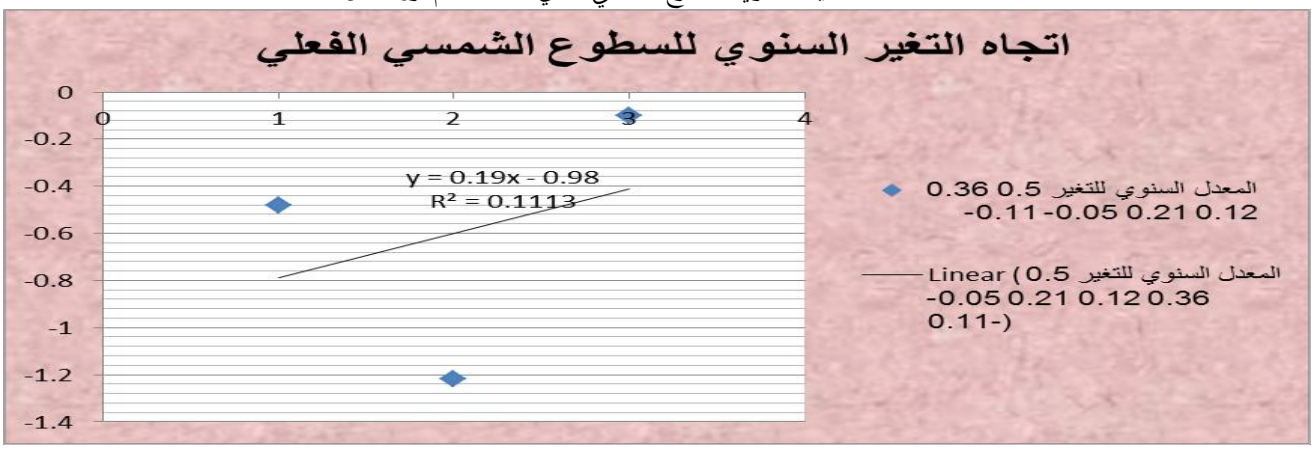
يتضح من نتائج اختبار مان كاندال Mann-Kendall لاتجاه تغير عنصر السطوع الشمسي- الفعلي لمحطات الدراسة المناخية انها تتجه نحو التناقص التدريجي مع الزمن، إذ بلغ معامل الاتجاه السنوي في المحطات(0.06) بمقدار تغير سنوي بلغ (0.35%) دقيقة بدلالة احصائية مقبولة عند مستوى الثقة (0.05) كما مبين في الجدول(4) والشكل (1). وان السطوع الشمسي- الفعلي قد اتخذ اتجاها متناقصا لبعض المحطات خلال الدراسة ، وتراوحت معدلات التناقص للسطوع الشمسي- بين (- 0.19، - 0.26، - 0.38، - 0.86، -1.3 %) للمحطات (اربيل، مخمور، كركوك ، السليمانية ، خانقين)على التوالي ، وسجل أعلى مقدار للتناقص في ساعات السطوع الشمسي- في محطة خانقين بمقدار (- 1.3 %). حيث انها تتجه نحو التناقص التدريجي مع الزمن ومن الشمال الى الجنوب اذ بلغ معامل الاتجاه السنوي في محطة سنجار(0.016) بمقدار تغير سنوي بلغ(-0.1) دقيقة بدلالة احصائية مقبولة عند مستوى الثقة (0.05) .وسجل محطة زاخو (0.042) بمقدار تغير (0.54) دقيقة /يوم ، ويعد هذا التغير ذا دلالة احصائية مقبولة عند مستوى معنوي للثقة (0.05).وسجل محطة دهوك وسوران (0.014) (0.4)بمقدار سنوي بلغ(0.18)(0.42) دقيقة /يوم ، ويعد هذا التغير ذا دلالة احصائية مقبولة عند مستوى معنوي للثقة (0.10).وسجلت محطات اربيل ومخمور وخانقين وكركوك اتجاها عاما نحو التناقص بدلالة احصائية مقبولة عند مستوى معنوي للثقة (0.01) . وهذا مؤشر على انخفاض السطوع الشمسي- الفعلي ويرجع سبب انخفاض السطوع الشمسي- هو زيادة ظاهرة الغبار في المحطات المدروسة فضلا عن ظاهرة التغييم.

جدول(4) اتجاه تغير السطوع الشمسي الفعلي(ساعة/يوم) في محطات اقليم كوردستان للمدة (1979-2017)[10]

المحطة	معامل الجفاف[11]	متوسط معدل السطوع الشمسي	عدد السنوات	معامل الاتجاه	معدل التغير لمدة الدراسة (%)	المعدل السنوي للتغير (%)
سنجار	0.25	8.4	35	0.016	1.90	0.5
زاخو	0.30	7.7	15	0.042	0.54	0.36
دهوك	0.28	7.8	15	0.014	0.18	0.12
سوران	0.48	9.4	20	0.04	0.42	0.21
اربيل	0.28	8.4	35	0.016-	0.19-	0.05-
مخمور	0.22	9.5	23	0.025-	0.26-	0.11-
السليمانية	0.42	7.7	18	0.066-	0.86-	0.48-
خانقين	0.18	10.0	35	0.175	1.3-	1.22-
كركوك	0.20	8.3	36	0.031-	0.38-	0.10-
المعدل السنوي	0.3	8.6	25.8	0.06	0.35	0.1-

المصدر من عمل الباحث اعتمادا على الجدول(3). والمعادلة.

شكل(1) اتجاه التغير السنوي للسطوع الشمسي الفعلي لمحطات اقليم كوردستان



المصدر من عمل الباحث اعتمادا على الجدول(4).

ثانيا: التغير في اتجاه العام للجفاف حسب معامل(D)[12] لمحطات اقليم كوردستان:

استخدام اسلوب الاتجاه العام ومعدل التغير للكشف عن الاتجاه العام للجفاف لمحطات منطقة الدراسة،ولغرض استخدام معدل التغير السنوي لمدة الدراسة لابد من ايجاد معدل التغير السنوي وفق المعادلة الاتية( )وضع دي مارتون مؤشرا للجفاف يستعمل على اساس مستوي ويعتمد فيه على بيانات درجة الحرارة والامطار معبرا عنه بالصيغةالاتية:

$$C=(BI / X) * 100$$

C = معدل التغير السنوي ، BI= معامل الاتجاه ، X= المتوسط الحسابي

وبتطبيق هذه المعادلة على محطات الدراسة والمقارنة مابين عقد الثمانينياتت والتسعينيات من القرن الماضي (1979-1990)(1991-2000)(2001-2017) بأعتبار هذا العقد ذا ظروف طبيعية اعتيادية لعنصري درجة الحرارة والامطار الساقطة سواء في اقليم كوردستان او في العالم بشكل عام ، فضلا عن ان التغيرات المناخية الواضحة بدأت بعد هذا العقد، كما تم اخذ المعطيات المناخية لهذين العنصرين للعقد الاول من القرن الحالي (2001-2017) ولقد تمت المقارنة بين العقدين لسبع محطات مناخية في الاقليم موزعة مابين الشمال الغربي والجنوب الشرقي .

يتضح من خلال الجدول(5) والشكل (2)ان الاتجاه العام للجفاف في محطات المنطقة المتموجة سنجار واربيل وخانقين وكركوك قد اتخذ اتجاها متزايدا نحو الجفاف اذ بلغ مقدار التغير لمدة الدراسة (-34.65،-23.92، -106.45، -105.12)على التوالي، اما بالنسبة لمحطات المنطقة الجبلية قد اتخذ اتجاها متناقصا في كل من محطات (زاخو، دهوك ، سوران ، السليمانية) اذ بلغ مقدار التغير لمدة الدراسة (91.56 ، 47.4 ، 159.04، 123.15) . ويتبين من خلال تحليل نتائج معامل الجفاف(D)لمحطات المنطقة الجبلية ان عام 2008 هو اكثر الاعوام جفافا لجميع المحطات الجبلية ، وان عام 2012 هو اقل الاعوام جفافا لمحطات سوران والسليمانية وزاخو.

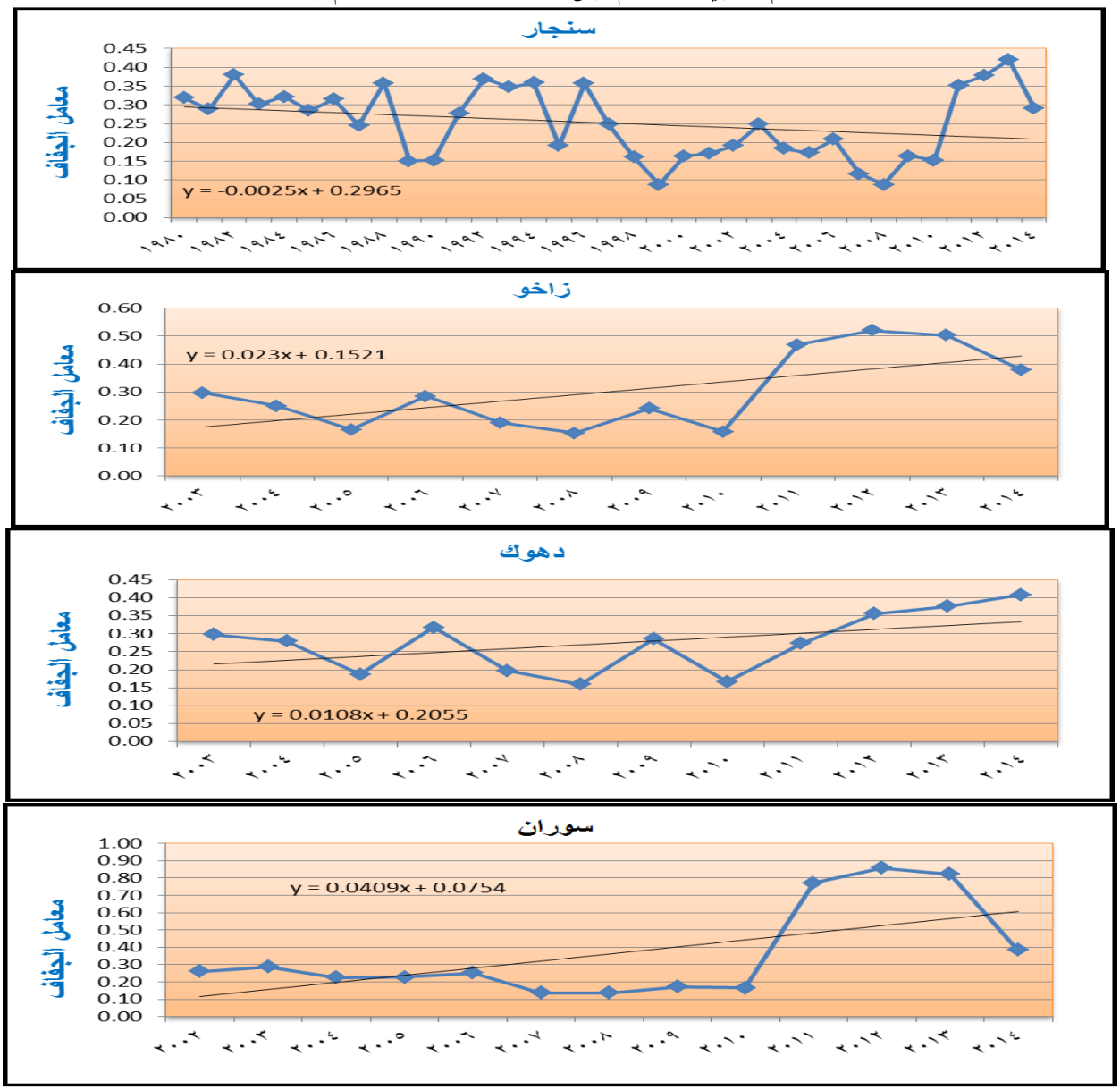
أما بالنسبة لمحطات المنطقة الجبلية نلاحظ ان الاتجاه العام للجفاف قد اتخذ اتجاها متناقصا [13]في كل من محطات(زاخو ، دهوك ، سوران ، السليمانية) اذ بلغ مقدار التغير لمدة الدراسة (91.56 ، 47.04 ، 159.04 ، 123.15 %)على التوالي اذ نلاحظ ان في محطة سوران ان اقل السنوات جفافا هو عام 2012 اذ بلغ مقدار الجفاف (0.86) اما اكثر السنوات جفافا هو ايضا عام 2008 اذ بلغ مقدار الجفاف (0.14) ، اما بالنسبة لمحطة السليمانية فان اقل السنوات جفافا هو ايضا عام 2012 اذ بلغ مقدار الجفاف (0.93 اما)اكثر السنوات جفافا هو ايضا عام 2008 اذ بلغ مقدار الحفاف (1.3)، كما نلاحظ في محطة زاخو ان اقل السنوات جفافا هو عام 2012 اذ بلغ مقدار الجفاف (0.52)اما اكثر السنوات جفافا هو عام 2008 اذ بلغ مقدار الحفاف (0.15) كما نلاحظ في دهوك ان اقل السنوات جفافا هو عام 2014 اذ بلغ مقدار الجفاف (0.41) اما اكثر السنوات جفافا هو عام 2008 اذ بلغ مقدار الجفاف (0.16).

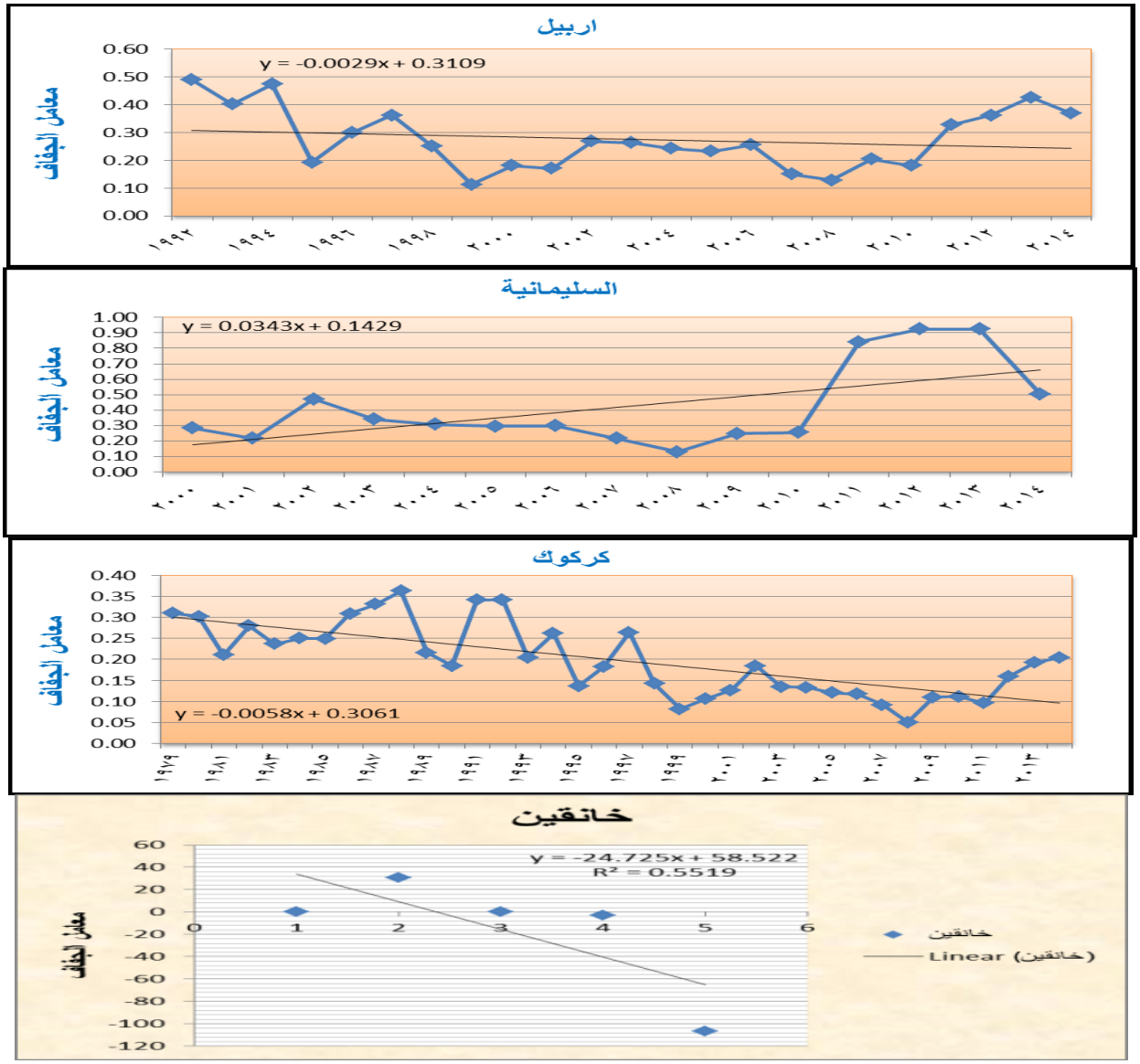
جدول(5) معدل التغير السنوي في الجفاف(ملم) لمحطات اقليم كوردستان

المحطة	متوسط معامل الجفاف(D)	عدد السنوات	معامل الاتجاه	المعدل السنوي للتغير(%)	معدل التغير لمدة الدراسة(%)
سنجار	0.25	35	0.0025-	0.99-	34.65-
زاخو	0.30	12	0.023	7.63	91.56
دهوك	0.28	12	0.0108	3.92	47.04
سوران	0.36	14	0.0409	11.36	159.04
اربيل	0.28	23	0.0029-	1.04-	23.92-
السليمانية	0.42	15	0.0343	8.21	123.15
خانقين	0.18	31	0.0061-	2.99-	106.45-
كركوك	0.20	36	0.0058-	2.92-	105.12-

المصدر من عمل الباحث اعتمادا على المعادلة الاتية D=P/ETP التي تعتمد على استخراج أكثر من عنصر- مناخي ويشمل السطوع الشمسي- الفعلي ودرجة الحرارة الصغرى والعظمى والرطوبة النسبية وسرعة الرياح.

شكل(2) الاتجاه العام السنوي للجفاف(ملم) وفق معادلة الجفاف(D) لمحطات اقليم كوردستان العراق.





المصدر من عمل الباحث اعتمادا على الجدول(5).

ثالثا :. الاتجاه العام في درجات الحرارة :

تعد الحرارة عنصرا من عناصر المناخ تعكس تأثيراتها على عناصر المناخ الأخرى فهي تتحكم بتباين قيم الضغط الجوي واختلاف حركة واتجاه الرياح والكتل الهوائية والمنخفضات الجوية وما يرافقها من خصائص التساقط والجفاف والظواهر الطقسية الأخرى[1]. تختلف الحرارة Heat عن درجة الحرارةTemperature إذ تعني الحرارة شكلاً من أشكال الطاقة التي بإمكانها جعل الأشياء أكثر حرارة أما درجة الحرارة فإنها تبين لنا حالة تسخين المادة وشدتها ويؤدي فقدان أو إضافة الحرارة إلى رفع أو خفض درجة الحرارة[2]. وسنوضح التغيرات في:- من خلال عمل Trend للجدول(6)الخاص بدرجة حرارة الهواء الاعتيادية للمحطات المناخية المشمولة بالدراسة يتضح الاتي:-

يبلغ المعدل السنوي العام لدرجة الحرارة العظمى في اقليم كوردستان بنحو(27.3)م وسجل ادنى المعدلات في شهر كانون الثاني وبمقدار(12.3)م وبعده تاخذ درجات الحرارة بالارتفاع تدريجيا ، ويسجل اعلى المعدلات في شهرى تموز واب بمقدار(35.8 ، 41.6) م لكل منهما على التوالي. كما يلاحظ انه هناك تباينا مكانيا لمعدلات درجات الحرارة العظمى المسجلة في محطات الدراسة فضلا عن التباين الزمانى الشهري والسنوي ، ويتفق التباين المناخي مع دوائر العرض في الاقليم وارتفاع المحطة بالنسبة لمستوى سطح البحر اذ تسجل ادنى المعدلات لدرجات الحرارة العظمى في الاقليم في المناطق الشمالية اي المناطق الجبلية، ويظهر ان ادنى المعدلات السنوية في

[1] علي صاحب طالب الموسوي، العلاقات المكانية بين الخصائص المناخية في العراق واختيار أسلوب وطريقة الري المناسب،أطروحة دكتوراه ،غير منشورة،كلية الآداب،جامعة بغداد، 1996ص 114.

[2]- علي عبد الزهرة الوائلي،أسس ومبادئ في علم الطقس والمناخ،جامعة بغداد،كلية التربية ابن رشد،2005 ص42 .

درجات الحرارة العظمى تسجل في محطة سوران الواقعة على ارتفاع (680) م وبواقع (24.5)م ، في حين سجلت اعلى المعدلات السنوية في محطتي خانقين وكركوك وبواقع(31.6 ، 29.5)م على التوالي، كما يظهر ان ادنى درجة حرارة عظمى قد سجلت خلال مدة الدراسة في شهر كانون الثاني في محطة سوران(8.7)م، في حين سجلت اعلاها (45.5)م في شهر تموز في محطة خانقين.

جدول(6) المعدل السنوي والشهري للحرارة العظمى والصغرى في محطات اقليم كوردستان للمدة(1979-2017)

المحطة		كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت1	ت2	كانون الاول	المعدل
سنجار	الصغرى	3.6	5	8.5	13.4	19.3	25.3	28.9	28.5	24.6	18.3	10.7	5.6	15.9
	العظمى	10.1	12.1	16.1	22.1	29.3	35.3	39.1	38.3	34.3	25,8	18,2	12,9	26.3
زاخو	الصغرى	2.3	3.3	6.4	10.8	15.9	20.9	24.1	23.6	18.9	12.9	7.9	4.6	12.6
	العظمى	12.0	14.1	17.2	21.6	30.6	35.5	38.9	39.6	33.9	29.8	20.1	15.4	25.7
دهوك	الصغرى	3.4	4.8	8.4	12.6	17.7	23.1	26.1	26.0	21.3	16.6	9.3	5.5	14.6
	العظمى	11.7	13.7	18.0	23.2	30.4	37.2	40.8	40.6	35.5	28.7	19.4	14.0	26.1
سوران	الصغرى	-0.1	2.0	6.2	10.6	15.4	21.2	24.5	24.1	19.3	13.3	6.8	1.5	12.1
	العظمى	8.7	11.0	16.5	21.6	27.9	36.5	39.1	39.3	36.5	27.3	17.8	11.3	24.5
اربيل	الصغرى	4.2	5.1	8.2	12.7	18.5	23.8	27.7	27.3	22.1	17.4	10.3	5.5	15.2
	العظمى	12.6	14.4	18.9	24.5	33.9	37.8	42.9	42.8	36.5	29.8	20.6	14.7	27.5
مخمور	الصغرى	4.7	6.0	9.0	14.5	20.5	25.3	28.0	27.7	22.9	19.0	10.7	6.0	16.2
	العظمى	13.7	16.1	20.7	27.1	34.6	40.8	44.2	43.9	38.3	32.0	22.3	16.1	29.2
السليمانية	الصغرى	2.7	4.1	8	12.8	18.2	24.1	26.9	26.9	21.7	16.5	9	4.7	14.7
	العظمى	10.9	12.8	18	23.5	29.7	36.5	39.9	40	35.2	28.2	19.1	14.1	25.7
خانقين	الصغرى	5.1	6.2	9.5	14.9	21.3	24.6	26.7	26.2	22.1	17.7	10.6	6.5	16.0
	العظمى	16.6	18.7	23.3	29.8	37.1	42.9	45.5	45.4	41.2	34.5	24.8	18.8	31.6
كركوك	الصغرى	4.9	6.9	10.4	15.3	22.1	27.1	30	29.7	25	20.1	11.3	6.5	17.4
	العظمى	14.4	17.2	21.6	27.8	34.9	40.9	44.2	44.1	38	30.7	23	17.2	29.5
المعدل الاقليم	الصغرى	3.4	4.8	8.2	13.0	18.7	24.4	24.3	26.6	21.9	16.8	9.6	5.1	14.7
	العظمى	12.3	14.5	18.9	24.6	32.0	36.0	35.8	41.6	36.6	30.1	20.9	15.2	27.3

المصدر من عمل الباحث.اعتمادا على هيئة الانواء الجوية في اقليم كوردستان وكركوك والموصل، قسم المناخ بيانات غير منشورة

أ- اتجاهات درجة الحرارة العظمى :- يتضح من الجدول (7) أن معدلات درجات الحرارة العظمى السنوية قد اتخذت اتجاها متزايدا في جميع محطات الدراسة ، وتراوحت معدلات التزايد بين (0.061 - 1.4), ولتوضيح التغيرات الزمنية لدرجات الحرارة العظمى ، فقد تم حساب الاتجاه العام ، للسلسلة الزمنية الشكل (3) الذي يدل على وجود اتجاه نحو الارتفاع بمقدار (+ 0.061, + 0.124, 0.198 + 1.186, + 1.477 %) لمحطات (سنجار ،اربيل ،كركوك) بنفس المعدل، السليمانية ، دهوك، خانقين ، زاخو على التوالي وسجل أعلى مقدار تغير بالارتفاع في محطة زاخو بمقدار (+ 1.477%) .

ب: اتجاهات درجة الحرارة الصغرى:- يتضح من الجدول (7) معدلات درجات الحرارة الصغرى السنوية قد اتخذ اتجاها متزايدا في جميع محطات الدراسة ، وتراوحت معدلات التزايد بين (+ 0.23 %و + 3.33%). ولتوضيح التغيرات الزمنية لدرجات الحرارة العظمى ، فقد تم حساب الاتجاه العام للسلسلة الزمنية الشكل (3) الذي يتضح فيه وجود اتجاه نحو الارتفاع في درجات الحرارة بمقدار (+ 0.23 + 0.032 ، + 0.049 ، +0.55 ،1.35 ،3.33 %) لمحطات (دهوك،كركوك،اربيل ، سنجار، خانقين ، زاخو) على التوالي وسجل أعلى مقدار تغير بالارتفاع في محطة زاخو وخانقين بمقدار (+ 1.34 ،+ 3.33 %).

جدول(7) معدل التغير السنوي في درجات الحرارة العظمى والصغرى لمحطات منطقة الدراسة(*)

المحطة	متوسط درجات الحرارة العظمى	متوسط درجات الحرارة الصغرى	عدد السنوات	معامل الاتجاه		المعدل السنوي للتغير(%)		معدل التغير لمدة الدراسة(%)	
				العظمى	الصغرى	العظمى	الصغرى	العظمى	الصغرى
سنجار	26.3	13.4	35	0.55	0.022	0.214	0.172	0.061	0.049
زاخو	25.7	12.6	15	0.487	0.542	2.215	0.570	1.477	0.380
دهوك	26.1	14.6	15	0.075	0.006	0.297	0.048	0.198	0.032
اربيل	27.5	15.2	35	0.055	0.022	0.214	0.172	0.061	0.049
السليمانية	25.7	14.7	18	0.055	0.111	0.224	1.001	0.124	0.556
خانقين	31.6	16.0	31	0.666	0.861	0.514	0.46	1.186	1.35
كركوك	29.5	17.4	36	0.0625	0.0125	0.220	0.085	0.061	0.023
معدل الاقليم	27.5	14.8	-	0.3	0.2	0.6	1.0	0.5	0.8

المصدر : من عمل الباحث

تظهر لنا نتائج المقارنة كما موضح في الجدول(8) والشكل(3)بين تغير معدلات درجات الحرارة السنوية العظمى في محطات اقليم كوردستان خلال المدد(1979-1990)و(1991-2000) والدورة الكبرى(2001-2017) مقارنة مع المعدل العام لمجمل تلك الدوريات بان هناك اتجاها نحو الارتفاع لدرجات الحرارة كلما تقدم الزمن في جميع المحطات المناخية ، فازدادت درجة الحرارة المدة الثانية عن الاولى بنحو(0.7)م والاخيرة عن المعدل العام(0.9)م ، في حين بلغ معدل تزايد درجات الحرارة العظمى خلال الدورة الكبرى(26.7)م بمقدار(1.1)م. وبلغ اعلى معدل لتزايد درجات الحرارة العظمى في الاقليم (2.0)م والمسجل في محطة اربيل وباعلى نسبة تغير سنوي (7.8%) تليها محطة خانقين (1.4)م وبنسبة تغير سنوي (4.7%)، في حين ادنى المعدلات لتزايد درجات الحرارة العظمى سجلت في محطات دهوك وسوران والسليمانية (0.3- 0.8)وبنسبة تغير(1.2 – 3.1 -33%)، ان الاقليم ينقسم الى قسمين في معدلات زيادة درجات الحرارة العظمى تمتد بشكل اشرطة متداخلة شغل الاقليم الاقل تزايدا في هذا العنصر الجزء الشمالي من الاقليم (0.3-1.0) اما اقليم الاكثر زيادة فقد شغل المنطقة الجنوبية والجنوبية الشرقية تمثلها اربيل وكركوك وخانقين ويبلغ الزيادة(1.2 – 2.0)م .

تبين النتائج الى ان جميع محطات الاقليم تشهد ارتفاعا بل اتجاها واضحا نحو الارتفاع في درجات الحرارة العظمى المسجلة (1979-2017) ، ويعطي كل ذلك مؤشرا واضحا ان درجات الحرارة العظمى تتجه نحو الارتفاع ، مما يؤثر في بقية العناصر المناخية وانعكاساتها على الطاقة الكهربائية في الاقليم .

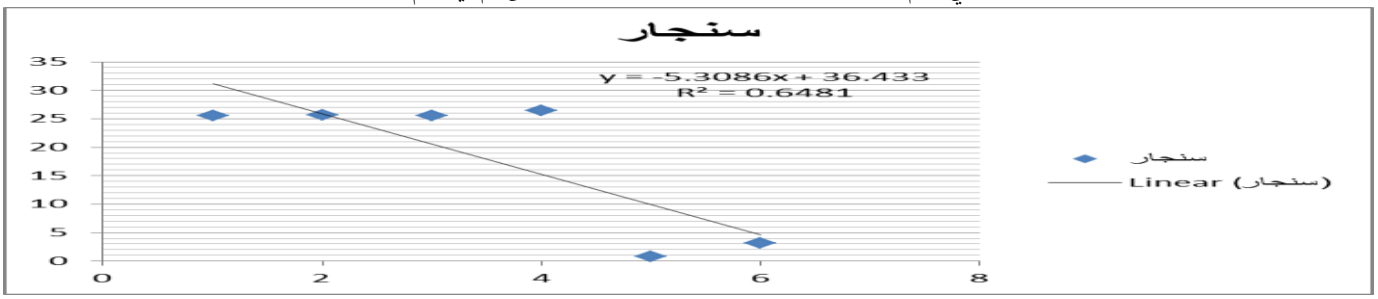
جدول(8) التغيرات الحاصلة في درجات الحرارة العظمى (م) في اقليم كوردستان

المدد	سنجار	زاخو	دهوك	سوران	اربيل	السليمانية	خانقين	كركوك	المعدل	سنجار
المدة الاولى	1990-1979	25.5	24.7	-	21.0	24.8	23.8	29.9	28.3	25.4
المدة الثانية	2000-1991	25.7	25.9	24.9	21.8	26.4	24.8	30.6	28.8	26.11
المعدل العام	2000-1979	25.6	25.3	25.5	21.3	25.6	24.5	30.0	28.4	25.8
معدل اخر دورة	2017-2001	26.4	26.3	25.2	22.1	27.6	25.3	31.4	29.2	26.7
مقدار التغير لاخر الدورة		0.8	1.0	0.3	0.8	2.0	0.8	1.4	1.2	1.11
نسبة التغير		3.12	4	1.2	3.1	7.8	3.3	4.7	4.2	-

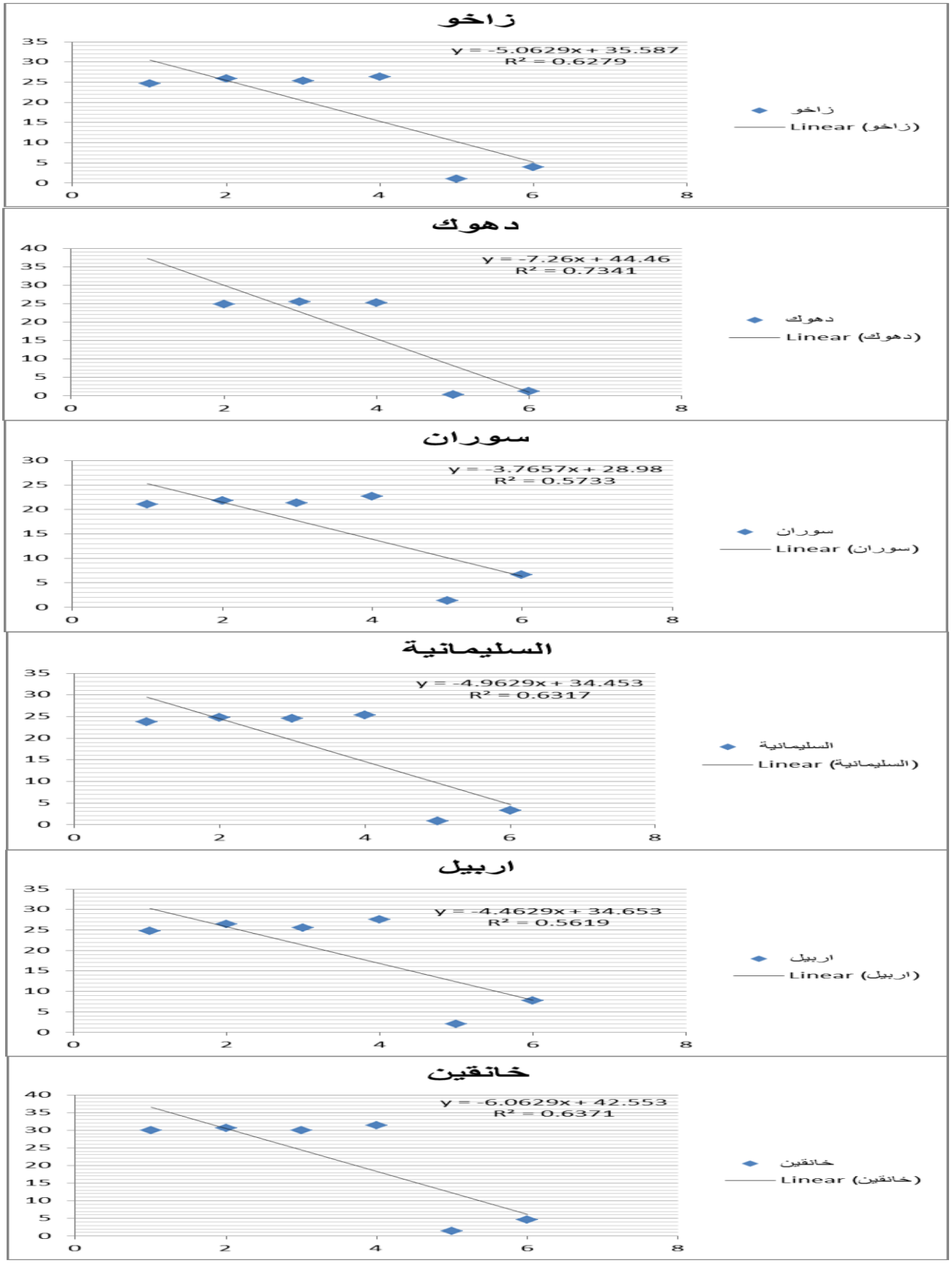
المصدر من عمل الباحث اعتمادا على الجدول(6 - 7).

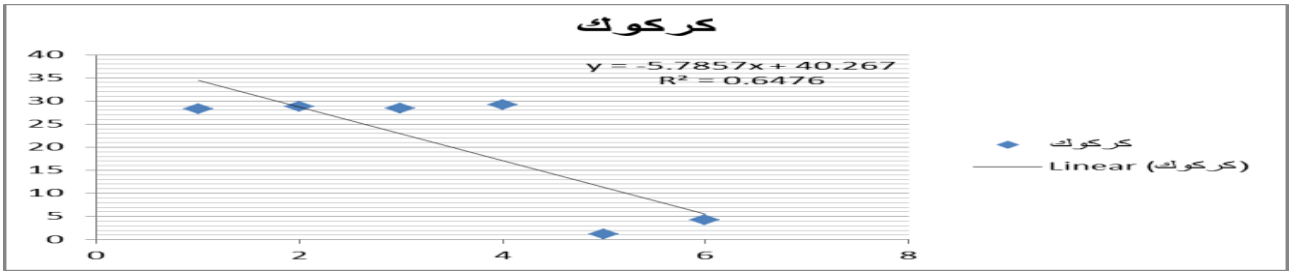
شكل(3)

الاتجاه الخطي العام للسلاسل الزمنية السنوية لدرجات الحرارة العظمى (م)في اقليم كوردستان



(*) بمعنى لايفي بالغرض المطلوب لبحوث التغيرات K –تم استبعاد محطة (محمور)لعدم تمكن الباحث الحصول على كافة البيانات المطلوبة للعناصر المناخية وقصر المدة الزمنية (لفترة الرصد) ان وجد المناخية التي تعتمد على اطول فترة رصد ممكنة .


زاخو
y = -5.0629x + 35.587
R² = 0.6279
زاخو
Linear (زاخو)
دهوك
y = -7.26x + 44.46
R² = 0.7341
دهوك
Linear (دهوك)
سوران
y = -3.7657x + 28.98
R² = 0.5733
سوران
Linear (سوران)
السليمانية
y = -4.9629x + 34.453
R² = 0.6317
السليمانية
Linear (السليمانية)
اربيل
y = -4.4629x + 34.653
R² = 0.5619
اربيل
Linear (اربيل)
خانقين
y = -6.0629x + 42.553
R² = 0.6371
خانقين
Linear (خانقين)



المصدر من عمل الباحث اعتمادا على الجدول(8).

ج- الاتجاه الخطي العام للسلاسل الزمنية في التغيرات الحاصلة لدرجة الحرارة الصغرى:-

تشير النتائج الاحصائية ومنها تحليل السلاسل الزمنية للمحطات موضوع الدراسة في اقليم كوردستان العراق الى عدد من الحقائق توضح عموما بان هناك اتجاها عاما نحو الزيادة في معدلات درجات الحرارة الصغرى في اغلبها ، ويمكن توضيح ذلك على النحو الاتي:

تشير الجدول(9) الى ان اتجاه معدلات درجات الحرارة الصغرى في الاقليم تتجه عموما نحو الارتفاع ولجميع محطات بما فيها محطة سوران التي تشير الى سلاسلها الزمنية نحو الانخفاض البسيط . وكما يظهر ان الاتجاه يكون كبيرا جدا الارتفاع الحراري بالنسبة لمحطات (اربيل ، مخمور ، خانقين ، كركوك) ومن خلال المقارنة للمعدل العام لاتجاه السلاسل الزمنية مع المعدل للمدة من (1979-1990) تظهر جميع المحطات تشهد اتجاها نحو الارتفاع الحراري الذي تراوحت بين (1.2)م في زاخو وبين (0.6)م في السليمانية .

ان معدلات درجات الحرارة الصغرى السنوية قد اتخذ اتجاها متزايدا في جميع محطات الدراسة، وتراوحت معدلات التزايد بين (+ 0.023 %و + 3.333%). ولتوضيح التغيرات الزمنية لدرجات الحرارة الصغرى، فقد تم حساب الاتجاه العام للسلسلة الزمنية الشكل (4) الذي يتضح فيه وجود اتجاه نحو الارتفاع في درجات الحرارة بمقدار (+ 0.023 ، + 0.032 ، + 0.049 ، +0.55 ، 1.35 ، 3.333%) لمحطات كركوك ، دهوك ، اربيل وسنجار خانقين ، زاخو على التوالي وسجل أعلى مقدار تغير بالارتفاع في محطة زاخو بمقدار (+ 3.33 %).

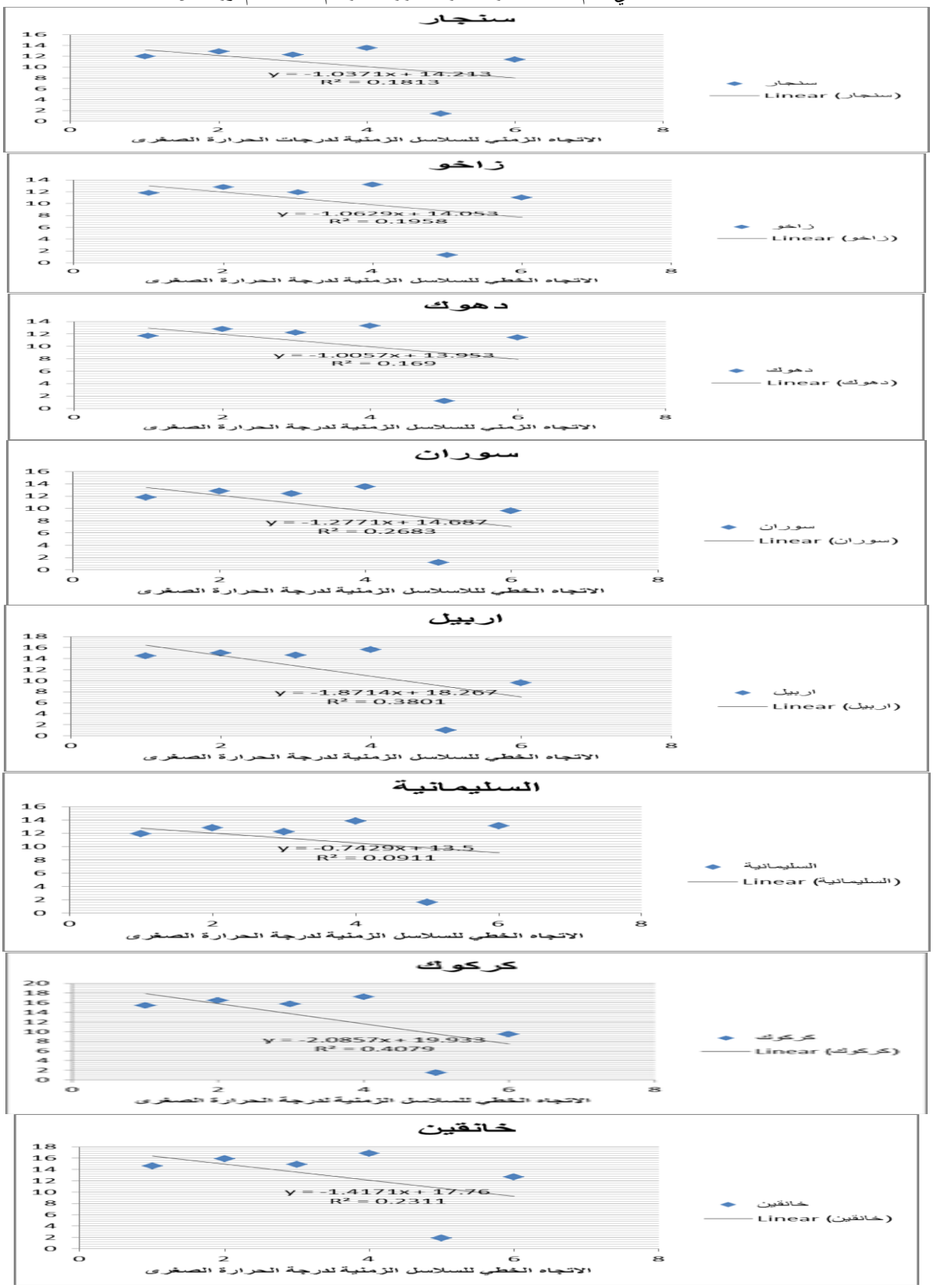
حدد الباحث ثلاث مدد للتغيرات الحاصلة في معدلات درجات الحرارة الصغرى في اقليم كوردستان بوصفها متكاملة لجميع المحطات كما اعتمد الباحث على دورتين مقارنة مع المعدل ، تبين النتائج ان هذه المعدلات في اتجاه نحو الزيادة في جميع المحطات فارتفعت درجات الحرارة بمقدار (1.0)م خلال الدورة(1979-1990) مقارنة مع الدورة السابقة لها كما ان هذه الدورة تزيد عن المعدل العام بمقدار(0.3)م ، في حين شهدت اخر دورة ارتفاعا مقداره (1.4)م فوق المعدل العام (1.7)م عن معدل الدورة الاولى ، كما موضح في الجدول(10) ووصل اعلى معدل للتغير في محطة خانقين (1.9)وبنسبة تغير سنوي كبير(12.7)م مما يعني ان المحطة يوجد فيها تباين حراري كبير، في حين سجل ادنى معدل لتغير درجات الحرارة الصغرى في محطة اربيل (1.0)م وبنسبة تغير بلغت (9.6 %). ان الزيادة في هذا العنصر قد شغلت في اقليم شغل اقلها(1.0-1.1 - 1.2)ليشمل محطات اربيل ،دهوك ، سوران المنطقة الشمالية من الاقليم ، في حين شغل الزيادة الحرارية الاكبر (1.9- 1.5) م شريطا جنوبيا ويستمر الى جنوب شرق للإقليم ، وبذلك تتجه جميع المحطات نحو ارتفاع كبير وملحوظ في درجات الحرارة الضرى من دون استثناء ، في حين شهدت انحدارا كبيرا نحو الارتفاع في محطتي زاخو والسليمانية انظر الى الشكل(4).

جدول(9) التغيرات الحاصلة في درجات الحرارة الصغرى (م) في اقليم كوردستان

المدد		سنجار	زاخو	دهوك	سوران	اربيل	السليمانية	خانقين	كركوك	المعدل
المدة الاولى	1990-1979	12	11.8	0	11.8	14.5	11.9	14.6	15.4	11.5
المدة الثانية	2000-1991	12.9	12.7	12.8	12.6	15	12.8	15.9	16.5	13.9
المعدل العام	2017-1979	12.3	11.9	11.7	12.4	14.6	12.2	14.9	15.7	13.2
معدل اخر دورة	2017-2001	13.5	13.2	12.8	13.5	15.6	13.8	16.8	17.2	14.6
مقدار التغير لاخر الدورة		1.4	1.3	1.1	1.2	1	1.6	1.9	1.5	1.4
نسبة التغير		11.4	11	9.4	9.6	9.6	13.1	12.7	9.5	-

المصدر من عمل الباحث اعتمادا على هيئة الانواء الجوية في اقليم كوردستان،مديرية الانواء الجوية في اربيل.

شكل(4) الاتجاه الخطي العام للسلاسل الزمنية لدرجة الحرارة الصغرى م لمحطات اقليم كوردستان



المصدر من عمل الباحث اعتمادا على الجدول (9).

رابعا : التغيرات في سرع الرياح :.

تعد الرياح من أكثر عناصر المناخ عرضة للتذبذب وعدم الانتظام وبسبب موقع اقليم كوردستان في الحزام شبه المدارى تنعدم الاضطرابات الجوية الى درجة كبيرة ويشمل الاستقرار الضغطي طوال موسم الجفاف من شهر مايس ولغاية شهر تشرين الاول[3]. تتباين المعدلات الشهرية لسرعة الرياح الجدول(10)والشكل (5)في اقليم كوردستان زمانيا ومكانيا ويصل معدلها العام (2.0)م/ثا وسجل اعلى معدل لسرعة الرياح في محطة مخمور (3.6)م/ثا ومن بعدها اربيل(2.8)م/ثا ومن بعدها محطة سنجار(2.7)م/ثا ، وانخفضت بقية المعدلات عن ذلك بكثير ويصل ادنى معدل لسرعة الرياح في محطة زاخو(0.9)م/ثا ومحطة دهوك(1.1)م/ثا وكركوك(1.7)م/ث والسليمانية (1.8)م/ثا ، كما يظهر اعلى المعدلات الشهرية قد سجلت خلال الاشهر الحارة من السنة لاسيما شهر حزيران الذي سجل فيه اعلى معدل لسرعة الرياح في الاقليم وبواقع (2.6)م/ثا وانحصرت المعدلات في هذا الشهر بين (1.02)م/ثا في محطة زاخو – (4.5)م/ثا في محطة مخمور، وتتجه سرع الرياح نحو الانخفاض تدريجيا خلال الاشهر البارد من السنة ليصل الى ادنى معدلاتها خلال شهري تشرين الثاني وكانون الاول وبنحو(1.6- 1.5)م/ثا وجاء ذلك خلال المدة(1980-2017) ، ولو اعتبرنا ان سنة (1980)هي الاساس للمقارنة مع سنة (2017) نجد ان جميع المحطات المناخية قد تناقصت فيها سرع الرياح بمعدلات تراوحت بين(-0.2 – (-1.2)م/ثا)

جدول(10) المعدلات الشهرية لسرعة الرياح في اقليم كوردستان(م/ثا) للمدة (1979-2017)

	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت1	ت2	كانون الاول	المعدل
سنجار	2.0	2.5	2.8	3.1	3.6	4.1	4.1	3.6	3.2	2.5	1.9	2.0	2.9
زاخو	0.85	0.8	0.9	1.08	1.02	1.02	1.01	0.92	0.81	0.84	0.67	0.77	0.9
دهوك	1.2	1.1	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	1.0	1.1
سوران	1.3	1.4	2.3	2.4	2.5	2.8	2.6	2.6	2.4	1.6	1.4	1.2	2.0
اربيل	3.2	2.9	3	3	3.3	3.1	2.5	2.7	2.5	2.4	2.3	2.1	2.8
مخمور	2.9	3.3	3.4	3.8	4.2	4.5	4.3	4.0	3.7	3.2	2.7	2.7	3.6
السليمانية	1.3	1.6	1.9	1.6	1.8	2.3	2.3	2.1	1.5	1.9	1.6	1.3	1.8
خانقين	1.7	2.2	2.3	2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.7	1.8	1.6	1.5	2.0
كركوك	1.3	1.6	1.7	1.9	2.1	2.0	1.9	1.8	1.5	1.5	1.3	1.2	1.7
معدل الاقليم	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.6	2.4	2.2	2.0	1.9	1.6	1.5	2.1

المصدر : من عمل الباحث اعتمادا على مديرية الانواء الجوية والرصد الزلزالي في اقليم كوردستان والعراق.

يشيرالجدول(11)والشكل(5)اختلاف التغيرات في سرعة الرياح في محطات اقليم كوردستان عن بقية التغيرات الحاصلة في عناصر المناخ الاخرى، وبعد اجراء احتساب المعدلات للمقارنة بين التغيرات الحاصلة في الدورات المذكورة مقارنة مع اخردورة (2001-2017) وانحرافاتها عن المعدل العام تبين ان هناك اتجاها نحو تناقص سرعة الرياح في اقليم كوردستان في اغلب المحطات.اذ بلغ معدل سرعة الرياح في الاقليم خلال الدورة(1980-1990)(2.3)م/ثا وانخفضت الى نحو(2.0)م/ثا خلال الدورة (1991-2000)وهي اقل من المعدل العام البالغ(2.1)م/ثا ، في حين كانت الدورة الاولى اعلى سرعة من المعدل العام بمقدار(0.2)م/ثا ، اما الدورة(2001-2017) فقد سجلت انخفاضا ملحوضا في معدلات سرع الرياح واقل من جميع الدورات وبفارق عن المعدل العام بمقدار(0.3)م/ثا ونسجل جميع المحطات الاقليم تدنيا واضحا في اتجاه سرعة الرياح بلغ اعلى تناقص لها في الدورة الاخيرة عن المعدل العام في محطة خانقين (1.2)م/ثا تليها محطة اربيل(0.5)م/ثا ثم محطات كركوك وسوران ودهوك بمقدار(0.4-0.3 -0.2 م/ثا)

جدول(11)التغيرات الحاصلة في المعدلات السنوية لسرعة الرياح(م/ثا) في اقليم كوردستان

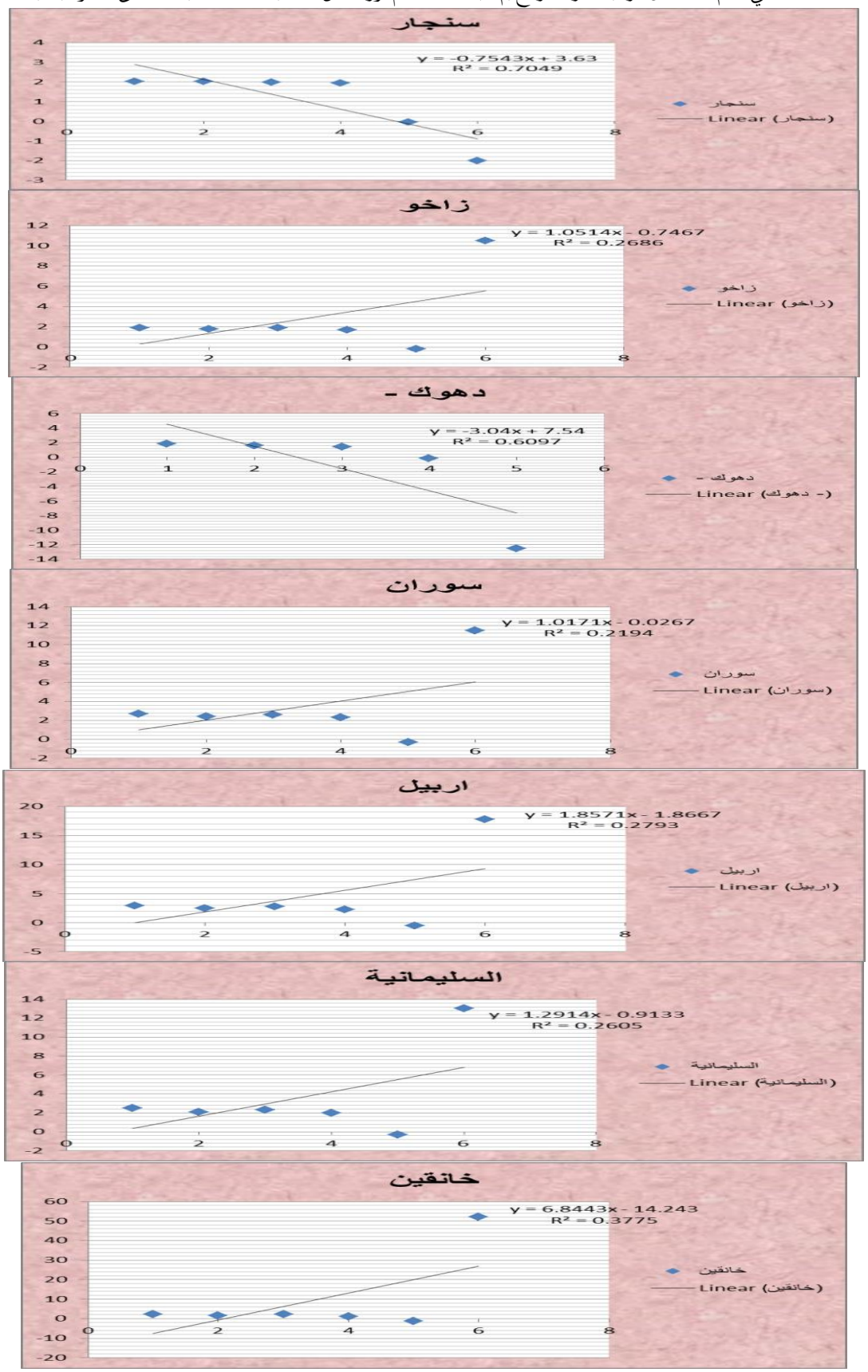
المدد		سنجار	زاخو	دهوك	سوران	اربيل	السليمانية	خانقين	كركوك	المعدل
المدة الاولى	1990-1980	2.02	1.9	-	2.7	2.9	2.5	2.4	1.5	2.3
المدة الثانية	2000-1991	2.03	1.8	1.8	2.4	2.5	2.1	1.5	1.7	2.0
المعدل العام	2017-1980	1.99	1.9	1.6	2.6	2.8	2.3	2.3	1.5	2.1
معدل اخر دورة	2017-2001	1.95	1.7	1.4	2.3	2.3	2	1.1	1.9	1.8
مقدار التغير لاخر الدورة		0.04-	0.2-	0.2-	0.3-	0.5-	0.3-	1.2-	0.4	0.3-
نسبة التغير		2.01-	10.5	12.5-	11.5-	17.8-	13.04-	52.17-	26.6	5.6-

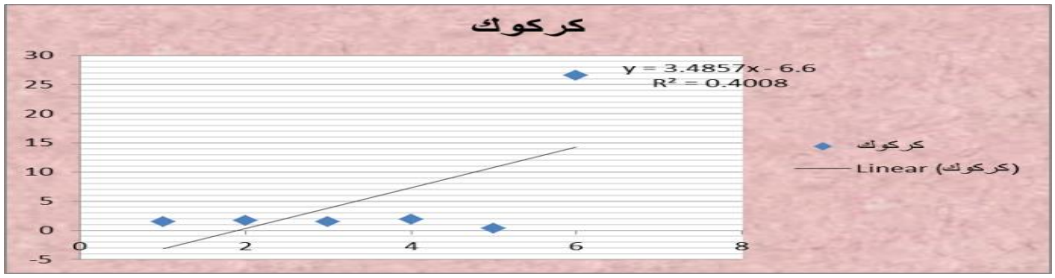
المصدر من عمل الباحث اعتمادا على الجدول (10).

[3] - باسل احسان القشطيني ،الوجيز في مناخ العراق المعاصر للمدة(1941 -2000)مجلة كلية الاداب، جامعة بغداد، العدد(96)، 2010.

شكل(5)

الاتجاه الخطي العام للسلاسل الزمنية لسرعة الرياح(م/ثا) لمحطات اقليم كوردستان للمدة(1980-2017)اعتمادا على الجدول(11)





المصدر من عمل الباحث اعتمادا على الجدول(11).

يلاحظ ان معدل سرعة الرياح كما موضح في الجدول(12) قد اتخذت اتجاها متناقصا في جميع المحطات باستثناء محطة دهوك وتراوحت معدلات التناقص بين(-0.031 الى 2.08) ولتوضيح التغيرات الزمنية لسرعة الرياح , فقد تم حساب الاتجاه العام للسلسلة الزمنية في الشكل (5) الذي يدل على وجود اتجاه نحو الانخفاض في سرعة الرياح بمقدار(- 0.031 , - 0.176, - 0.211 , - 0.308 , -0.490 ، 2.08 %) لمحطات (سنجار،اربيل)، كركوك، خانقين،السليمانية ، زاخو ، دهوك على التوالي وسجل أعلى مقدار سلبي في محطة زاخو بمقدار(-0.490 %).

جدول(12) معدل التغير السنوي في سرعة الرياح لمحطات منطقة الدراسة

المحطة	متوسط سرعةالرياح	عدد السنوات	معامل الاتجاه	المعدل السنوي للتغير(%)	معدل التغير لمدة الدراسة(%)
سنجار	1.99	35	0.002-	0.11-	0.031-
زاخو	1.7	15	0.125-	7.352-	0.490-
دهوك	1.6	15	0.05-	3.125	2.08
اربيل	2.0	35	0.0022-	0.111	0.031-
السليمانية	1.8	18	0.1-	5.55-	0.308-
خانقين	2.0	20	0.0221-	1.312-	0.211-
كركوك	2.1	36	0.0133-	0.634-	0.176-

المصدر : من عمل الباحث اعتمادا على الجدول (10 – 11).

المبحث الثالث: مصادر الطاقة المتجددة واستراتيجية إستخداماته في اقليم كوردستان

الاستراتيجية هي فن استخدام الوسائل لتحقيق الغايات ،اي بمعنى مزاوجة القدرات والموارد لتحقيق الاهداف ، بتطويع عوامل القوة والتاثير لتحقيق الغايات المنشودة . والتغيرات المناخية يؤدي الى تصدع وانهيار في مختلف جوانب الحياة ، على الرغم من توفر الموارد العديدة والمتنوعة والامكانيات المتاحة فيه وان عملية تحديد فلسفة واستراتيجية الدولة وتوجهاته وتحديد ادارة السياسات للطاقة امر في غاية الاهمية في اقليم كوردستان.[4] لذا فان اعتماد استراتيجيات ملائمة وفعالة لحالة الطاقة وقطاعاته الاساسية مع توفير البيئة المناسبة لذلك يتطلب مهام واهداف لسياسة الطاقية في اقليم كوردستان . في مقدمتها تنويع مصادر الطاقة من اجل تخفيف احادية القطاع النفطي وزيادة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة (الاشعاع الشمسي- والرياح) واستراتيجية القناة الجافة لتنشيط وتحسين كفاءة الطاقة . كل ذلك من شانه ان يؤدي الى تحقيق التنمية قطاع الطاقة وصولا الى التنمية المستدامة في اقليم كوردستان .

يعاني قطاع الطاقة التقليدية في اقليم كوردستان العديد من المشاكل والاختلالات البنيوية التي تعيق نموه وتطوره لاسباب واشكاليات عديدة في مقدمتها انه مصدر ريعي يعتمد بالدرجة الاساس على النفط كمصدر لتوفيره ، وبما ان الاقليم يمتلك مقومات انتاج الطاقة الكهربائية من الاشعاع الشمسي- والرياح من توفر عدد ساعات السطوع الشمسي- وسرعة الرياح جيدة مع امكانية استثمار الطاقة المتجددة في انتاج الطاقة الكهربائية في منطقة الدراسة . سوف يخلق فرصا للاستثمار والتشغيل ويمكن تلخيص هذه البدائل فيما يلي:-

اولا: تطور إنتاج الطاقة الكهربائية في اقليم كوردستان:-

يشهد إنتاج الطاقة الكهربائية تطوراً مستمراً على المستوى المحلي والإقليمي والعالمي على حد سواء. يرجع السبب في ذلك لزيادة الطلب المستمر على الكهرباء نتيجة للزيادة السكانية (كون السكان المستهلك الأكبر للكهرباء في القطاع المنزلي) [(*)] و 75% منهم عبارة عن دور سكنية والبقية عبارة عن محلات تجارية ومنشآت صناعية وزراعية وحكومية. وللإرتفاع المستمر في مستوى الدخل والمعيشة والتطور العلمي وكذلك لنمو ألأنشطة البشرية الإنتاجية والخدمية. على مستوى إقليم كوردستان فقد شهد العام 1918 بداية تأسيس مشاريع محطات توليد وإنتاج الكهرباء بمحطة تعمل بالديزل في محافظة كركوك لم يتم الإشارة إلى مقدار سعتها

[4] -سناء حم عيد، إستراتيجية الطّاقة المتجددة في الجزائر ودورها في تحقيق التنمية المستدامة،رسالة ماجستير ، غير منشورة،مقدمة الى كلية العلوم الاقتصادية ، الجزائر 2013ص112.

[(*)] -يصل عدد المشتركين إلى مليون و750 ألف شخص في عموم كوردستان،بحسب مديرية الكهرباء لوزارة الكهرباء في اقليم كوردستان.

التوليدية [5]. أما أول ظهور لها في محافظة أربيل وفي مركزها تحديداً كان منذ العقد الثاني من القرن العشرين[6]إلى أنّ تم إنشاء محطة كهرباء فيها لأول مرة وبطاقة إنتاجية بلغت 500 كيلوواط عام 1937 لكي يتم إستخدامها للإنارة والإستخدام المنزلي لعدد من المشتركين [7].بينما عرفت محافظة السليمانية إستخدامها للمرة الأولى سنة 1928 بمركزها وفي محلة كويزة ، بلغت قدرة الماكنة المولدة للكهرباء فيها 50 كيلووات فقط ، فضلاً عن ذلك كانت الكهرباء المولدة من نوع ألـ D.C، وزعت الطاقة الكهربائية في المدينة لتلك الفترة بواسطة أعمدة كهربائية مصنوعة من الخشب [8]. بينما أُنشأت أول محطة كهربائية في السليمانية سنة 1930 وبطاقة تصل إلى 575 كيلوواط [9]. أما محافظة حلبجة فقد نالت نصيبها من ظهور للكهرباء لإول مرة سنة 1936 [10]. تبين من خلال ذلك بأن كل من محافظات كركوك وأربيل والسليمانية قد سبقت محافظة دهوك زمنياً في استخدام وتوزيع الطاقة الكهربائية وما يرافقها من عملية إستهلاك للكهرباء والتي استخدمت فيها لاول مرة عام 1936. لذلك عاصرتها محافظة حلبجة في الفترة الزمنية، كما سنلاحظ ذلك من خلال دراسة التطور التأريخي لتوليدها وإنتاجها في منطقة الدراسة. لاسيما بناء سدي (دوكان ودربنديخان) الكهرومائية لإنتاج وتوليد الكهرباء ، وكذلك استخراج النفط وإنتاجه وتصديره منذ عقدي من الزمن ،وتزايد الشركات الأجنبية المستثمرة مع تزايد الإنتاج النفطي وما صاحبه من إرتفاع للعوائد النفطية وتحسن المستوى الاقتصادي و تزايد أعداد السكان ، لذا تميز الإقليم منذ بدأية الالفية الثانية من القرن الحالي في أنتشار لمحطات الديزل والغاز والبخارفي مدنه ومحافظاته . وتوفر الوقود الذي تتطلبه محطات الإنتاج وبكميات كبيرة وبأسعار رخيصة ثانيًا ووفرة المصادر المالية نتيجة زيادة كميات النفط المصدرة والعوائد النفطية ثالثا. تشير خطة التنمية الاستراتيجية أنّ عدد سكان إقليم كوردستان إرتفع بشكل كبير ، ففي الوقت الذي بلغ عدد سكانه (3910329) مليون نسمة في عام 2003 ارتفع إلى(4382167) مليون نسمة في عام 2008 أي بنسبة زيادة (12.07%) ، ثم إلى (4909884) مليون نسمة عام (2012) ، وبحسب الاحصاءات السكانية بلغ سكان الإقليم عام 2018 حوالي (6.314505) مليون نسمة ، كما يوجد تفأوت كبير في توزيع السكان مكانيا في محافظات الاقليم .

يوضح من الجدول(13) ان السعة التصميمية لمحطات توليد الطاقة الكهربائية العاملة في اقليم كوردستان والتي تغطي الحاجة الفعلية للاستهلاك المحلي اذا عملت بكامل سعتها التصميمية ، اما اذا خرجت بعض المحطات عن العمل بسبب الاعطال التي تصيبها وتقادم عمر المحطات او بسبب عدم دعم الحكومة للمشتقات النفطية والغازية للمحطات أو نقص منسوب المياه سوف يقلل من انتاج الطاقة الكهربائية . ورغم الزيادة المتنامية في حجم الطاقة المنتجة في الاقليم لكنها لاتكفي سد الحاجة الفعلية والمتزايدة لاستهلاك هذه الطاقة . وتوجد في إقليم كوردستان 15 محطة لانتاج الطاقة الكهربائية، أغلبها تعمل على الغاز الطبيعي وبعضها يعمل على النفط، وهذه المحطات هي محطتي جمجال وبازيان في السليمانية، محطتي كومباين سايكل وخورملة في أربيل، وكذلك محطتي كوارشي وباعدري في دهوك وهما يعملان على النفط الأسود، ومحطة خبات وتعتمد على النفط الأسود أيضاً.

جدول(13) المحطات القائمة للطاقة الكهربائية في محافظات اقليم كوردستان -القدرة المركبة(MW)2017

محطات توليد الكهرباء	نوع المحطة	عدد الوحدات	قدرة الوحدة	القدرة التصميمية
دوكان	خزن الطاقة المائية	5	80	400
دربنديخان	خزن الطاقة المائية	3	83	249
السليمانية الغازية IPP	غاز وديزل	8	125	1000
سليمانية 29 MW	ديزل وزيت الوقود الثقيل	4	7.25	29
طاسلوجة 51 MW	زيت الوقود الثقيل	30	1.7	51
محطة كهرباء(جمجال) الغازية SGPS	غازوديزل	8	125	1000
	بخار من نوع (GE-C7)	2	250	500
محطات المولدات الصغيرة	ديزل	58	3- 1	81
مجموع قدرة التوليد للمحطات الكهربائية المركبة في السليمانية		118	674	3310
محطة كويسنجق ديزل وزيت الوقود الثقيل		17		17
29 MW داخل المدينة اربيل		29		29
محطة اربيل ديزل وزيت الوقود الثقيل		10		10
محطة خبات 500 MW		4	125	500
محطة اربيل الغازي MW 125 Combined Cycle		8	125	1000
محطة خورمالة الغازية في شامك 160 MW		4	150	300
مجموع قدرة التوليد للمحطات الكهربائية المركبة في محافظة اربيل				1839
دهوك ديزل 29 MW		8		29
ماس كلوبال (كواشي) ديزل 1000 MW		4	250	1000
باعدرى نفط اسود 150 MW		13		150
ئاكرى ديزل وزيت وقود الثقيل10MW		10		10
مجموع قدرة التوليد للمحطات الكهربائية المركبة في محافظة دهوك				1189
المجموع الكلي للاقليم MW				6355

[5] عبدالعزيز محمد حبيب، الطاقة الكهربائية والتنمية في العراق دراسة في الجغرافية الاقتصادية، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة بغداد ، 1980 ص16 .

[6] ماريه حمه عزيز،توانا فاضل صالح، دور السياسات الإقتصادية المتبعة في ترشيد إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة أربيل،گۆڤاری زانستی مرۆڤایەتی، زانكوی سەلاحەدین، ژمارة 56،2013. ص 187.

[7] المصدر نفسه ، ص16.

[8] حكومةتي هةريَمي كوردستان، سةروكاتي ئةنجومةني وةزيران، وزارةتي ناوخوَ، ثاريَزطاي سليَماني، سالَنامةي سليَماني، 1999، ص281.

[9] عبدالعزيز محمد حبيب ، مصدر سابق ، ص16.

[10] حكومةتي هةريَمي كوردستان، سةروكاتي ئةنجومةني وةزيران، وزارةتي ناوخوَ، ثاريَزطاي سليَماني، سالَنامةي سليَماني، مصدر سابق، ص281.

المصدر/ تم أعداد الجدول اعتمادا على: - المديرية العامة للكهرباءفي السليمانية ، اربيل، دهوك ، مديرية توليد السليمانية، بيانات غير منشورة،2021.

تشـــغيل معظم محطات توليد الكهرباء في الاقليم يعتمد على الوقود الاحفوري من النفط والغاز عدا محطات(دوكان، دربنديخان) الكهرومائية من مجموع 15 محطة بطاقة توليد للمحطات بحسب الجدول(13) يبلغ (6355)ميكاواط/ساعة ، حيث يســـبب الوقود الاحفوري من خلال الغازات المنبعثة من احتراق النفط غازات دفيئة تلوث البيئة وتزيد من حالات الاحتباس الحراري وكذلك تلوث مياه الانهار والتربة من عملية تبريد المحركات البخارية العاملة في توليد الطاقة الكهربائية. من هنا اصبح من الضروري التفكير في استخدام الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في توليد الطاقة الكهربائية لســـد حاجة محافظات الاقليم من الطاقة الكهربائية والحفاض على بيئة خالية من التلوث.

الواقع الحالي للطاقة الكهربائية في اقليم كوردستان: يعاني قطاع الكهرباء في اقليم كوردســـتان من التدهور في انتاج الطاقة الكهربائية ،اذ يتعرض التيار الكهربائي للشـبكة الوطنية ومنذ عام 1995 الى الانقطاع المستمر، ومن ملاحظة الجدول (13) ظهر ان الطاقة الكهربائية المنتجة في منطقة الدراســـة لعام 2017 بلغت 2158.271 ميغاواط/ساعة واتضح ان عامل الانتاجية لمحطات توليد الطاقة الكهربائية في اقليم كوردســـتان بلغ (20.67%) اي انه ينتج اقل من ربع الســـعة التصميمية لمحطات التوليد في الاقليم ، ويعود ذلك الى توقف عدد من المحطات عن العمل بسبب ارتفاع اسعار الديزل هذا من جانب ، وعدم تشغيل جميع الوحدات الانتاجية بسبب استهلاكها الكبير للغاز والديزل من جانب اخر ، هذا فضلا عن توقف هذه المحطات بشكل دوري لصيانة وحداتها الانتاجية .

عند التكلم عن كلفة انتاج الطاقة الكهروضـــوئية ومقارنتها مع كلفة انتاج الطاقة الكهربائية المعتمدة على مصـــادر الطاقة التقليدية نحو الديزل والغاز الطبيعي والنفط الاســـود في منطقة الدراســـة ، نجد ان كلفة انتاج الطاقة الكهربائية بالاعتماد على الوقود الاحفوري الكيلو واط/ساعة من الكهرباء تتباين في منطقة الدراسة حسب نوع القطاع الصناعي ، سواء اكان القطاع حكوميا ام استثماريا وحسب نوع الوقود المســـتعمل في توليد الكهرباء ، فالمحطات التي تســـتخدم وقود الديزل في توليد الكهرباء في القطاع الحكومي تبلغ كلفة انتاج الكيلو واط/ســـاعة من الطاقة الكهربائية (150) دينارا(1.23 دولار امريكي) للكيلو واط/ســـاعة اذا تم توليدها من قبل المســـتثمر في حين تقدر كلف انتاج الكيلو واط/ســـاعة من الطاقة من الانظمة الكهروضوئية المتصلة بالشبكة On-Gride PV systems بـــ(0.03) دولاراقل بثلاث امثال كلفة انتاج الطاقة الكهربائية من الوقود الاحفوري [11].

فقد شهد ت هذه الأنظمة مؤخرا انخفاضًا في تكاليف الإنتاج بشكل يؤهلها لمنافسة النفط والغاز، فضلاً عن ان هذه الطاقة تعد مصدرا آمناً بيئياً، كما أ نها طاقة صديقة للبيئة فلا تحدث أي شكل من أشكال تلوث الجو، وذلك يجعل منها محافظة على البيئة والحياة البيئية بشكل عام، كما وتعد أيضا مصدرا دائما للطاقة، فلا تفنى إلا عند فناء العا لم ولا يلزم لإنتاج هذه الطاقة استخدام أي نوع من الوقود مما يجعلها مصدر قليل التكلفة، كما لا تحتاج في الغالب هذه الطاقة إلى الكثير من القطع المتحركة لإنتاجها وان الحصول على الطاقة الشمسية لن يتطلب لاحقاً الكثير من أعمال الصيانة، فضلاً عن ان الطاقة الشمسية منتج صامت للطاقة، فبالتأكيد لا تتسبب ألواح الخلايا الشمسية بأية ضوضاء عندما تقوم بتحويل ضوء الشمس إلى طاقة قابلة للاستخدام.

ثانيا: مصـــادرالطاقة البديلة (Renewable Energy) في اقليم كوردستان:

تعرف مصـــادر الطاقة المتجددة بأنها الطاقة المســـتمدة من الظواهر الطبيعية التي تتجدد باســـتمرار ولا يمكن أن تنفذ ولها علاقة قوية بالمناخ ، وتشـــمل عناصر الغلاف الطبيعية مثل الإشعاع الشمسي- والرياح وحرارة الأرض الباطنية وحركة المياه في الأنهار والمد والجزر والأمواج ، فضـــلا عن طاقة الكتلة الحيوية التي تعد من أنواع الطاقة المتجددة لان الكائنات الحية مثل الأشجار والنباتات تتجدد وتنمو باستمرار ويعتمد نموها على المناخ [12]. وتنقسم مصادر الطاقة المتجددة وتشتمل على أنواع عديدة وهي :

أ-الطاقة الشمسية (Solar energy).

ب-طاقة الرياح (Wind energy).

ج-الطاقة المائية (Water energy).

د-طاقة باطن الأرض (الطاقة الحرارية الجوفية) (Geothermal energy).

هـ-الطاقة الحيوية (Biomass energy).

و-الطاقة الشمسية (Solar energy):

تعد الشمس المصدر الأساسي لإنتاج الطاقة التي تقدر بحوالي (99.9%) يصل الى الأرض منها حوالي (1 كيلو واط/ م^2) وهي كمية كافية لســـد احتياجات الإنســـان، وتســـخن الأرض والجو والمحيطات، وتولد الرياح وتكون الدورة المائية وتنمي النبات[13].

تعرف الطاقة الشـمسـية Solar Energy بأنها الطاقة التي ينتجها ضـوء وحرارة الشـمس، يتم إنتاج الطاقة الشـمسـية عندما يتم تحويل هذه الطاقة إلى كهرباء. ويمكن تحويل اشـعة الشـمس إلى صـور أخرى للطاقة بواسـطة عمليات تحويل متعددة ، حيث يعتمد التحويل الحراري على امتصاص الطاقة الشمسية لتسخين سـطح بارد ، ويعتمد التحويل الحيوي للطاقة الشـمسـية على التحليل الضـوئي ، ويولد التحويل الفولتوضـوئي طاقة كهربائية، وان تقنيات الطاقة الشـمسـية الفعالة تعني تصـميم وبناء الانظمة التي تجمع وتحول الطاقة الشـمسـية إلى صـور اخرى للطاقة يمكن أن تستخدم لأغراض سكنية وحتى تجارية [14].

1- اسـتخدام الطاقة الشـمسـية: تعد عملية تسـخير طاقة الشـمس من أفضـل التقنيات الواعدة، أذ تعد عملية التحويل المباشر للإشـعاعات الشـمسـية إلى طاقة كهربائية عن طريق(الخلايا الشـمسـية) تقنية جديدة ومتطورة وذوات فائدة كبيرة،

) -خضر رشيد عبدالرحمن محمد،التوزيع الجغرافي لمنظومات خلايا الإشعاع الشمسي [11] واستثماراتها في سفوح الجبال الجنوبية من محافظة دهوك، رسالة ماجستير،غير منشورة 2020ص205.

([12])-علي احمد غانم، المناخ التطبيقي،دار المسيرة للنشر والتوزيع ،عمان ، الاردن ،الطبعة 2009. ص210.

([13])- علي أحمد غانم، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص212.

([14]) -الجبارة ، حيدر ناصر شداد ، استخدام الطاقة المتجددة)الشمسية والرياح(في محافظات جنوب الع ا رق ،رسالة ماجستير ، جامعة البصرة غير منشورة، 2012

وتعرف الخلايا الشمسية (بأنها عبارة عن محولات فولتوضوئية تقوم بامتصاص ضوء الشمس المباشر إلى كهرباء، فضلاً عن انها شبه موصلة وحساسة ضوئياً ومحاطة بغلاف أمامي وخلفي موصل للكهرباء)[15]. وتطورت تقنيات كثيرة لإنتاج الخلايا الشمسية عبر عمليات متصلة من المعالجات الكيميائية والفيزيائية والكهربائية، فضلاً عن تطوير مواد مختلفة من الموصلات لتصنيع هذه الخلايا الشمسية وتكون على هيئة عناصر ومنها (السليكون)، أو على هيئة مركبات (مثل كبريتيد الكادميوم) و (فوسفيد الانديوم) و (كبريتيد النحاس) وغيرها من المواد المساعدة لصناعة الفولتضوئيات.

ويعد استخدام الألواح الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية النظيفة والمتجددة من أهم الطرق لتوليد الطاقة من إنتاج منزلي بشكل منعزل عن الشبكة المحلية، ويتوفر شكلين أساسيين للخلية الشمسية وهما (الخلايا الشمسية لتوليد الكهرباء والألواح الشمسية لتسخين الماء)، وكلا التقنيتين يسمح بتوليد الطاقة الكهربائية أو تسخين المياه عن طريق استغلال الطاقة الشمسية.

2- تكلفة التوليد من مصادر الطاقات المتجددة مقارنة بتكلفة التوليد الحراري: تعتمد تكلفة التوليد من محطات التوليد من مصادر الطاقات المتجددة على عدة عوامل ، منها حجم المشروع،وطبيعة المنطقة ، ونوع التمويل، والتسهيلات المقدمة من الدولة لتشجيع الاستثمار في تلك المحطات . تتراوح تكلفة التوليد الهوائي مابين (5-7 سنت/ك.و.س) ، الا انها يمكن أن تنخفض الى حوالي(3 سنت/ك.و.س). عندما يتجاوز معامل السعة حوالي (50%)[16]، يذكر أن معامل السعة هو نسبة الطاقة الفعلية المولدة من محطة التوليد خلال عام مقارنة بالطاقة التي سيتم توليدها لو عملت المحطة بكامل طاقتها خلال العام .أما بالنسبة لتوليد الطاقة الشمسية (الفوتوفولتي)، تتراوح تكلفة مابين (5 سنت/ك.و.س)و(9 سنت/ك.و.س) اعتمادا على حجم المحطة .تكون تكلفة التوليد في حدود(9 سنت/ك.و.س)لمحطات توليد صغيرة ، ذات قدرات (10- 20)ميجاوات، وتنخفض الى حوالي(2 سنت/ك.و.س) بالنسبة لمحطات عملاقة ،اجمالي قدراتها في حدود(800)ميجاوات والجدول(14) والشكل(6) يبين متوسط تكلفة التوليد من محطات التوليد المختلفة[17].

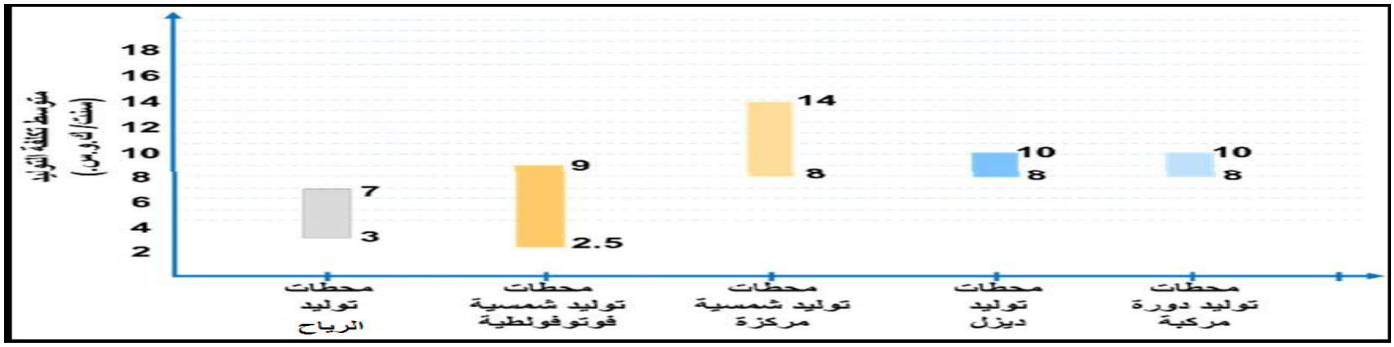
جدول(14) اسعار مصادرالطاقة المتجددة والتقليدية(الوقود الاحفوري)

التسلسل	مصادر الطاقة	الموقع	السعر(cent/kWh)
1	طاقة الرياح Wind Energy	في اليابسة (الارض)	12.5 – 4.6
		البحار	13.7 – 7.3
2	طاقة المياه BHydro Energy	بورتيشنال(المخزون) حركة المياه للانهار	24.0- 8.5
		طاقة موج البحر(*Wave Energy*)	36.1- 10.1
3	طاقة الكتلة الحيوية Biomass	جميع المناطق	12.7 – 5.9
4	الطاقة الاشعاع الشمسي*Solar Energy*	جميع المناطق	12.7- 5.9
5	طاقة الوقود الاحفوري(فوسيل)	جميعها	13- 3.6

المصدر من عمل الباحث اعتمادا على :انس يحيى اسماعيل الصالحي، موارد الطاقة المتجددة وتطبيقاتها وامكانية تطويرها في العراق، بحث في الجغرافيا الاقتصادية ،مجلة ، Route Educational & Social Science Journal Volume 5(13),December 2018

الا ان اسعار المجمعات الطاقة الشمسية تختلف من دولة إلى أخرى وفقاً للعوامل المؤثرة من تكلفة العمل والتركيب والمواد الأولية الداخلة في عملية تصنيعها، فيبلغ سعر المجمع الذي يكفي لإستهلاك أسرة واحدة ويتكون (2.4م^2) و(150 لتر) بنحو (700 يورو) في اليابان و(200 يورو) في الصين، ومن الشركات العالمية المصنعة للخلايا الشمسية (شركة سولار الألمانية، وشركة الفواتوات الفرنسية وشركة اتيار سولار في ايطاليا وشركة كرونار في يوغسلافيا وشركة استروبور في كندا وشركة هيليود نيايكا في البرازيل) .

شكل(6) متوسط تكلفة التوليد من محطات توليد مختلفة



المصدر : التقرير الاقتصادي العربي الموحد 2018 الفصل العاشر(فصل المحور).

(15) أسامة إبراهيم الزعلوك، الطاقة الشمسية، بحث منشور على الموقع الالكتروني: http://www.MMsec.com

(16) -سعد حسين واخرون ، تكلفة الكهرباء من تكنولوجيات الطاقة المتجددة في مصر ، معهد فراونهوفر لانظمة الطاقة الشمسية-2016ص5.

(17) –دلير عزيزطه، خصائص الإشعاع الشمسي والرياح وإمكانية إستثمارها لإنتاج الطاقة الكهربائية في محافظة السليمانية،اطروحة دكتورا مقدمة الى فاكلتي التربية، غير منشورة ،2020ص324.

ويتوقع ان ينخفض متوسط تكلفة التوليد من المحطات الفوتوفولتية ،بقدرة تتراوح ما بين(50 و100) ميجاوات من حوالي(5 - 10)سنت/ك.و.س. عام (2020) الى حوالي (3.5 -5)سنت/ك.و.س. في عام (2035) حيث يتوقع ان يكون متوسط تكلفة التوليد من عام 2035 اقل من متوسط تكلفة من مزارع الرياح ، بقدرات مشابهة والذي من المتوقع أن يبق عند المستوى حوالي(4 - 5)سنت/ك.و.س. وتكلفة التوليد من محطات الشمسية المركزة الذي سوف يتراوح ما بين(11-15)سنت/ك.و.س. ومحطات التوليد التي تعمل بنظام الدورة المركبة، حيث ان اعلب تكلفة الوقود وخاصة النفط الذي لايتوقع ألا تنخفض اسعاره عن مستوياتها الحالية في المديين القصير والمتوسط، عليه ستكون المحطات التوليد بطاقة الرياح والشمس مميزة نسبية من ناحية التكلفة . مقارنة بمحطات التوليد الحرارية [18].

تطبيقات واستخدام الطاقة الشمسية في اقليم كوردستان:

يمكن استخدام الطاقة الشمسية في منطقة الدراسة والاستفادة منها في العديد من النشاطات والمجالات الأخرى، لكن مازال إلاهتمام بالطاقة الشمسية والريحية دون المستوى المطلوب في الكثير من دول العالم لاسيما الدول النامية منها، وشهد العراق بشكل عام ومنطقة الدراسة بشكل خاص تقدما وتوسعا في تطبيقات الطاقة الشمسية في مجالات عدة منها (تحليه وتسخين المياه ، منظومات الري ، وتوليد الطاقة الكهربائية ، وانارة الشوارع ، وكاميرات المراقبة ، أشارات المرور، اوللوحات إلارشادية ، والاستخدامات إلاخرى في الزراعة والصناعة والمناطق النائية وغيرها).الا وان تطبيقات الطاقة الشمسية الحالية والاوسع استعمالا هي في مجال تسخين المياه ، بينما يتزايد استخدامها في توليد الطاقة الكهربائية في محافظات العراق والاقليم .

1-استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياة:
2- استخدام الطاقة الشمسية في ضخ المياه من إلابار:
3- استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياة:
4- استخدام الطاقة الشمسية في منظومات الري:
5- استخدام الطاقة الشمسية في كاميرات المراقبة:
6-استخدام الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية:
7- استخدام الخلايا الشمسية في اشارات المرور واللوحات إلارشادية:
8- استخدام الطاقة الشمسية في المنازل:[19]

اقليم كوردستان وخارطة الطريق للطاقة المتجددة(الاشعاع الشمسي):

يرى الباحث إمكانية توفير الطاقة الكهربائية عن طريق مشاريع الطاقة الشمسية لكون منطقة الدراسة تتمتع بظروف طبيعية ممتازة من الإمكانيات التي تؤهلها لأنّ تكون مناطق الإقليم ذات إمكانية جيدة في إنتاج الطاقة الشمسية.

كيفية احتساب طاقة الإشعاع الشمسي:- وذلك بتطبيق المعادلة التالية:-

إجمالي الطاقة المطلوب توليدها = إجمالي الطاقة المستهلكة في اليوم * 1.3.

مثلا(شهر اب) في محافظة السليمانية [20] = 15032 * 1.3

إجمالي الطاقة المطلوب توليدها = 19541.6 كيلو واط يوم .

معرفة طاقة الألواح الشمسية وذلك عن طريق قسمة الطاقة المراد توليدها على معدل الإشعاع الشمسي- في اليوم للمنطقة التي سيتم تركيب الألواح فيها ، علما أنّ الباحث قام بحساب معدل الإشعاع الشمسي- في المحافظة وقد بلغ (5) كيلو واط/ م2/ يوم.

إذ إنّ طاقة الألواح اللازمة = إجمالي الطاقة المراد توليدها / معدل سطوع الإشعاع الشمسي

أيجاد عدد الألواح حسب المعادلة التالية:

عدد الألواح = طاقة الألواح اللازمة / قدرة اللوح الذي نريد شراءه .

الجدول (16 - 15) يوضح قدرة الألواح للشركات التي تصنع الواح الطاقة الشمسية ، ويوجد نوعأنّ واسعا الإنتشار هما (أحادي البلورة) و (متعدد البلورات)، نوع اللوح (أحادي البلوره) ذات القدره 340-365 واط ، ويحتوي على 72 خلية ، ومقاسها 25mm × 992 ×1982. والنوع الإخر(متعدد البلورة) الألواح ذات القدرة 260- 280 واط ، و تحتوي على 60 خلية ومقاسها 25 mm × 992 × 1662. فإذا اردنا شراء ألواح ذات قدرة 340-365 واط ، فإنّ عدد الألواح الشمسية المطلوب شرائها = 3908.3 / 340 = 11.50 لوح تقريبا .

وبتطبيق نوع أحادي البلورية (FSM 340-375W Transparent)) للخلية الشمسية نطاق القدرة (340-375 Wp)، وبحسب الجدول(15) يظهر مايلي:

جدول(15) مواصفات خلية شمسية أحادي البلورة

اقصى قدرة (Pmax)	Wp340	Wp345	Wp350	Wp355	Wp360	Wp365
الجهد عن أقصى قدرة (Vmpp)	38.1V	38.4V	38.8V	39.1V	39.2V	39.5V
التيار عند أقصى قدرة (Impp)	8.93A	8.99A	9.03A	9.08A	9.18A	9.25A
جهد الدائرة المفتوحة (Voc)	46.3V	46.4V	46.6V	46.7V	46.9V	47.1V
تيار الدائرة القصيرة (Isc)	9.41A	9.44A	9.48A	9.52A	9.57A	9.61A
كفاءة اللوحة	% 17.3	% 17.6	% 17.8	% 18.1	% 18.3	% 18.6
تحمل الطاقة (موجب)	% 1.5 +	% 1.5 +	% 1.5 +	% 1.5 +	% 1.5 +	% 1.5 +
ضمأن المنتج	10سنوات					
ضمأن الطاقة	12سنة 90% طاقة منتجة 25 سنة من 80% طاقة منتجة					

([18]) –عباس علي النقي ،واقع وآفاق الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة العالمي والانعكاسات المحتملة على الصناعة النفطية،كظمة الاقطار العربية للنفط(اوبك)نيسان،2019ص104.

([19])–علاء شلال فرحان حسين الفهداوي، إمكانات محافظة الانبار من الإشعاع الشمسي ودورها في تطوير الطاقة البديلة(دراسة في المناخ التطبيقي) ، رسالة ماجستير، مقدمة إلى مجلس كلية التربية للعلوم الإنسانية في جامعة الأنبار ،2009 ص 182-183.

([20]) - محمد عويضة، التحليل المكاني للإشعاع الشمسي وإمكانيات توليد الطاقة في محافظة الوادي الجديد. مجلة جامعة حلوان: بحث منشورسنة 2017ص53.

ابعاد اللوحة(H/W/D)	1982× 992 × 25mm
الوزن	kg 26
حجم الخلية	mm 156.75×156.75
عدد الخلايا	72

المصدر: www.FutureSolarPV.com .ظروف الإختبار القياسية : كتلة الهواء AM 1.5 ، الإشعاع 1000 وات/م^2، درجة حرارة الخليل 25 درجة مئوية,

جدول(16) مواصفات خلية شمسية متعدد البلورة

اقصى قدرة (Pmax)	260Wp	265Wp	270Wp	275Wp	Wp 280
الجهد عن أقصى قدرة (Vmpp)	30.5V	30.8V	31.1V	31.3V	31.6V
التيار عند أقصى قدرة (Impp)	8.52A	8.6A	8.69A	8.78A	8.87A
جهد الدائرة المفتوحة (Voc)	37.6V	37.6V	37.6V	37.7V	37.7V
تيار الدائرة القصيرة (Isc)	9.1A	9.2A	9.26A	9.34A	9.42A
كفاءة اللوحة	% 15.8	% 16.1	% 16.4	% 16.7	% 17
تحمل الطاقة (موجب)	% 2 +	% 2 +	% 2 +	% 2 +	% 2 +
ضمان المنتج	12				
ضمان الطاقة	10 سنة من 90% طاقة منتجة ،20 سنة من 80% طاقة منتجة				
ابعاد اللوحة(H/W/D)	1662x992x25 mm				
الوزن	22.8				
حجم الخلية	156.75×156.75mm				
عدد الخلايا	60				

المصدر من عمل الباحث اعتمادا على www.FutureSolarPV.com

- أيجاد المساحة المطلوبة حسب الألواح

المساحة المطلوبة = عدد الألواح الشمسية * مساحة كل لوح

تبلغ أبعاد الألواح الشمسية 25mm × 992 ×1982 ، ومع اضافة المسافات بين كل لوح وآخر تكون المساحة اللازمة لكل لوح حوالي 2 متر مربع، أما عدد الألواح المطلوبة فهو 11.50 لوح.

2 × 11.50 = 23 متر مربع.

وبناء عليه يتبين أنّ منطقة الدراسة تتمتع بتوفر طاقة شمسية كبيرة وموزعة على جميع اشهر السنة ، وهذا يكفي لإستثمار هذه الطاقة خاصة بعد عجز المصادر الأخرى على الإيفاء بمتطلبات منطقة الدراسة من الطاقة ، وتعد مناطق جنوب اقليم كوردستان المتمثلة(بإقليم السهول) هي الأفضل لإستثمار هذه الطاقة بسبب إرتفاع كمية الطاقة الشمسية الواردة اليها وكونها مناطق سهلية لذا فإنّ إستثمار هذه الطاقة فيها سيسهم وبشكل كبير في تنمية هذه المناطق .

اقليم كوردستان وخارطة الطريق للطاقة المتجددة (طاقة الرياح):- يتناول مفهوم الطاقة المتجددة(طاقة الرياح) في الاقليم في محورين اساسيين :-

-المحور الاول: مفهوم الطاقة يجب ان يسند لدى السياسيين لكي يدعم بالدعم المادي والمعنوي حتى تتولد عند سياسي الدولة الارادة واستراتيجية لدعم الطاقة المتجدده . سيما ان الإفادة من هذا النظام لم تتحول بعد إلى ستراتيجية والحكومة لا تخطط لدعم المواطنين في نصب هذا النظام عن طريق البنوك، لأن سعرها مرتفع وليس بمقدور كل شخص شراءها".

-المحور الثاني: تعد دراسة الطاقة المتجددة واحدة من اتجاهات الجغرافية المعاصرة نحو دراسة الظواهر ذات الصلة بحياة الشعوب وتكريسا لنهجها التطبيقي الذي يتطلب دراسة كل ماهو حديث ومستجد من تلك الظواهر شانها في ذلك شان العلوم التطبيقية الاخرى.

ولعل أوضح حالات القلق هي ما شعرت به بعض الجامعات والمعاهد والمراكز التخصصية في ألمانيا وذلك من خلال تبنيها لجهود البحث العلمي في مجال الطاقة المتجددة . إذ تضم مؤسسات التعليم العالي الألمانية حالي (144) تخصصاً حول طاقة الرياح وتقنيات الطاقة الشمسية والطاقة الحيوية .

يلاحظ الحراك الاكاديمي بدرجة كبيرة ليرقى الى درجة الاحساس بالقلق بجلل الموقف والخطر الذي يحيط بالطبيعية ويبرز ملامح الرعب المتنامي من جراء السياسات المتهورة للانسان الذي يهدد الاستقرار . هذا ما دفع الحكومة بالاستعدادات العلمية والاستثمارات الخاصة بتقنيات الطاقة البديلة ويتجلى ذلك بالمجهودات العلمية المترجمة عبر الجامعات فضلا عن مراكز البحث العلمي بالتعاقد حول مشروع الطاقة البديلة وهي: مديرية الطاقة المتجددة والكهرومائية لوزارة الكهرباء في اقليم كوردستان حيث تعاقدت مع شركة زاكوس و ENERGI) (TEAM AG الالمانية لنصب(15) ابراج رياح في الاقليم وبارتفاع(50)م في شهر شباط لسنة(2010) شريطة توصيل الابراج بالقمر الاصطناعي (IRIDIUM 9522B). والشروط الواجب توفرها في اجهزة القياس:

الدقة في القياس ، سهولة الصيانة ،سهولة الاستعمال ،التوافق مع طبيعة الموقع ، القياس لمدة عام(8760 ساعة) ، اختيار Data Loggerمناسب ، اختبار اداة تخزين مناسبة.

كيفية احتساب طاقة الرياح :

أ-سبب سرعة الرياح:- تختلف سرعة الرياح من منطقة إلى أخرى في منطقة الدراسة ، بسبب العوامل المؤثرة فيها من التضاريس و العوارض المدنية و الإرتفاع عن سطح الأرض ، و تختلف سرعة الرياح من وقت إلى أخر ، ويمكن أنْ نوضح تأثير سرعة الرياح في إنتاج الطاقة الكهربائية عن طريق زيادة سرعة الرياح مع الإرتفاع عن سطح الأرض. وقد تم الإعتماد على معدلات سرعة الرياح الشهرية والسنوية في هذه الدراسة.

إذ تكون سرعة الرياح على سطح الأرض صفرا نتيجة للاحتكاك بين الهواء وسطح الأرض ، وتزداد سرعة الرياح مع الإرتفاع ، ويكون هذا الإزدياد سريعا بالقرب من سطح الأرض ، وتقل هذه الزيادة عند الإرتفاعات ، فمثلا ، عند إرتفاع (2) كم

فوق مستوى سطح الأرض يصبح التغير في سرعة الرياح صفرا.[21] وكذلك تقل سرعة الرياح كلما اقتربنا من سطح الأرض ، لزيادة قوة الإحتكاك وزيادة كثافة الهواء ورطوبته . ونظرا لمعدلات سرعة الرياح تسجل على إرتفاع(10)م وأنّ المولدات الرياحية عادة تثبت على إرتفاعات عالية قد تصل إلى(1000)م ، لذلك من الضروري معرفة سرعة الرياح على إرتفاعات مختلفة. وذلك بالإعتماد على المعادلة الإتية لمعرفة سرعة الرياح مع زيادة الإرتفاع عن سطح الأرض.

$$V = V_i \left(\frac{Z}{Z_i}\right)^{\frac{1}{7}}$$

إذ إنّ:

V= سرعة الرياح على إرتفاع توربينة الرياح.

Vi= سرعة الرياح عند إرتفاع 10م.

Z= إرتفاع طوربينة الرياح.

Zi= الإرتفاع الذي سجلت فيه سرعة الرياح وهي 10م.

ب-احتساب الطاقة الكلية حسب كثافة الرياح :-

إنّ حساب كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها من الهواء ليس يعّد السهل أو اليسير ، فهذه ليست سوى جزء بسيط من مجمل الطاقة المتوفرة ، وتعتمد كمية الطاقة التي يمكن الإستفادة منها على عدة عوامل منها مساحة عجلة المولد الرياحي ، كثافة الهواء ، وسرعة الرياح . ويتضح أنّ القدرة تتناسب طرديا مع كثافة الهواء ومساحة عجلة المولد وسرعة الهواء ، وبالتالي فإنّ زيادة أي من هذه العوامل ينتج عنه زيادة في الطاقة المتوقعة للرياح[22] . من أجل تقدير طاقة الرياح الكامنة في محطات محافظة السليمانية وتقدير الطاقة الكهربائية المتولدة منها أثناء السنة ، ومن أجل قياس الطاقة المتاحة في وحدة مساحة عمودية في فترة زمنية معينة اعتمدنا على المعادلة الإتية:- [23]

$$w = \frac{1}{2} PSV^3$$

إذ إنّ:

w = القدرة "وات/ثانية"

P= كثافة الهواء كغم/م^3

S= المساحة 1م^2

V= سرعة الرياح م/ث

وبما أنّ كثافة الهواء عند مستوى سطح البحر تساوى(1.225)كغم ، وتنخفض كلما ارتفعنا عن مستوى سطح الأرض ، نتيجة لإنخفاض الضغط الجوي، فمثلا بما ان محافظة السليمانية تتباين في إرتفاعاتها من(200)م في خانقين إلى (1302)م في بنجوين،. فمن البديهي أنّ تتغير كثافة الهواء في تلك المحطات، نتيجة لتباين إرتفاعها عن مستوى سطح البحر، وبعد ذلك تتغير القدرة الناتجة عن سرعة الرياح . ومن أجل معرفة كثافة الهواء في المحطات اعتمدنا على المعادلة الإتية لحساب تغير كثافة الهواء مع تغير الإرتفاع عن مستوى سطح البحر.

$$P=1.225-(1.194\times10^{-4})Z$$

إذ إنّ:-Z =إرتفاع المحطة عن مستوى سطح البحر.

المواقع المفضلة لإنتاج طاقة الرياح في محافظات اقليم كوردستان:

تختلف الطاقة الكهربائية الناتجة عن الرياح حسب سرعتها ، ولأجل تقدير الطاقة الناتجة عن الرياح في محطات اقليم كوردستان يجب احتساب سرعة الرياح ، و لتحويل سرعة الهواء إلى الطاقة الكهربائية اعتمدنا على معادلة سرعة الرياح المذكور سابقا .

وبعد تطبيق المعادلة و احتساب سرعة الرياح في إرتفاع(50)م لإنتاج الطاقة الكهربائية في الطوربينة التي تصل نصف قطر مروحتها نحو(25)م ، وتنظيم النتائج في الجدول، نلاحظ ملائمة (محافظات اقليم كوردستان)كما موضح في الجدول (17)والخريطة (3) تبين إمكانية إنتاج الطاقة الكهربائية في كل أشهر السنة مع وجود فرق في كمية الطاقة الكهربائية المنتجة حسب أشهر السنة . وهذه النتائج تعطينا نتائجا جيدة ، فتقديرات طاقة الرياح تحتاج إلى بيانات مناخية أكثر دقة ولمدة طويلة ، وذلك لتجنب الضرر الحاصل لعدم كفأية سرعة الرياح لإنتاج الطاقة الكهربائية بعد إنشاء مزارع الرياح في بعض قرى ونواحي واقضية المحافظات. بحسب النتائج يمكن تصنيف المواقع إلى ثلاثة مجاميع لابراج الرياح (الجدول 17 والخريطة(3) يوضح ذلك) .

جدول(17) المواقع الجغرافية المقترحة لنصب المراوح لتوليد الطاقة الكهربابية في اقليم كوردستان

تسلسل رقم البرج	المحافظة	الموقع الفلكي		محافظة اربيل		معدل اتجاه الرياح	اتجاه البرج	تاريخ نصب الابراج
		العرض	الطول	ارتفاع البرج/م	المنطقة			
-1	اربيل	36:07:33	43:44:07	276	تارذان/ خةبات	North285	North 90	2010-2-12
-2	اربيل	36:21:23	43:57:20	430	جةذنيكان/ بحركة	North 75	North 255	2010-2-15
-3	اربيل	36:15:21	44:16:12	891	كانى كاوان/هةنارة-صلاح الدين	North 75	North300	2010-2-17
-4	اربيل	36:34:17	44:18:00	605	بةرزان/هةرير	North 75	North 290	2010-2-21
-5	اربيل	36:43:06	44:28:53	677	مةزنى / سوران	North 75	North 255	2010-2-24
-6	دهوك	37:11:18	42:41:42	509	بةرزور /زاخو	North 60	North 40	2010-3-3
7	دهوك	37:03:37	42:26:07	509	ئينجكاسور/باتيل	North 60	North 320	2010-3-4

[21]-Al-Mohamad.H.Karmeh, Wind energy potential in Syria, Renewable Energy, June 2003p1041

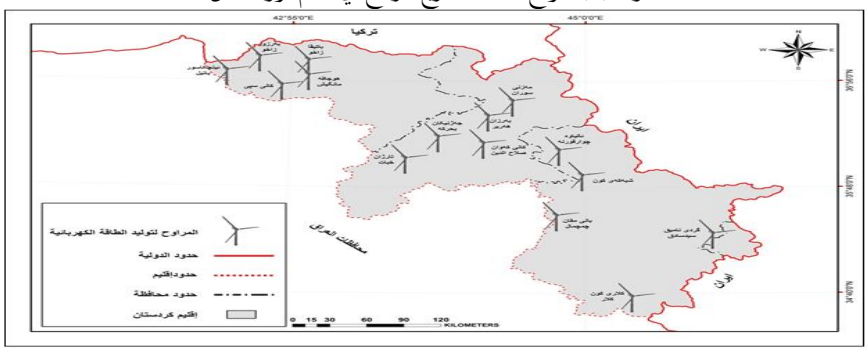
[22] - د.نايف العبادي،مسح مصادر طاقة الرياح،مجلة العلوم والتقنية ،مدينة الملك عبدالعزيزللعلوم والتقنية،العدد(49)،سنة1999ص94.

[23] .- R. Poore and T. Lettnmaier, Wind PACT advanced wind Turbine Drive Train Designs Study. Global Energy Concepts, LLC, Kirkland, Washington, 2002.

8	دهوك	37:10:35	43:01:25	947	باتيفا / زاخو	North 60	North 230	2010-3-6
9	دهوك	37:00:27	43:02:13	933	هوجاظة / مانطيش	North 60	North 250	2010-3-8
10	دهوك	36:53:20	42:50:54	304	كاني / سثي	North 60	North 225	2010-3-10
11	السليمانية	35:31:11	44:47:25	887	باني مةقان/ضةمضال	North 90	North 270	2010-3-14
12	السليمانية	35:57:13	44:56:32	602	شةبةكةى كون/ دوكان	North 90	North 270	2010-3-16
13	السليمانية	36:11:36	44:48:27	535	ئالياوة /ضوارقورنة	North 270	North 90	2010-3-18
14	السليمانية	34:39:17	45:18:07	254	كةلارى كون/ كةلار	North 270	North 90	2010-3-20
15	السليمانية	35:19:46	45:51:43	509	طردى ناميق/سيدسادق	North 270	North 90	2010-3-22

الجدول من عمل الباحث اعتمادا على حكومة اقليم كوردستان ، وزارة الكهرباء ، قسم الطاقة المتجددة ، بيانات غير منشورة.

خارطة(2) المواقع المفضلة لابرج الرياح في اقليم كوردستان



المصدر : من عمل الباحث اعتمادا على الجدول(17).

الاستنتاجات:

تبين للباحث من خلال الدراسة إن التغيرات المناخية في اقليم كوردستان أثرت سلبا على قطاع الطاقة فتغير خصائص العناصر المناخية أثرت سلبا على الطاقة الكهربائية بنسب متفاوتة في التأثير وعلى النحو الأتي:-

1-تاتي دراسة تباين مؤشرات التغيرالمناخي في عناصر مناخ اقليم كوردستان وظواهره لتبين توضيح مدى تاثير التغيرات العالمية التي حدثت وانعكست على تغيرالعناصروالظواهرالمناخية في الاقليم لذلك اعتمدت على معامل الاتجاه العام ومعامل التغير السنوي والتغير(%) لهذه العناصروالظواهر المناخية ، توصلت الدراسة الى أن الاشعاع الشمسي- والسطوع الفعلي والنظري والجفاف ودرجات الحرارة الاعتيادية العظمى والصغرى (م) تأخذ اتجاها يميل نحو الارتفاع في جميع المحطات المناخية في منطقة الدراسة. وكذلك الحال ينطبق على الدورات المناخية لهذه العناصر والظواهر المناخية .

2-اظهرت دراسة تحليل الاتجاه العام لدرجات الحرارة بانها تتجه نحو الارتفاع في جميع محطات المنطقة باستثناء محطة دهوك ، حيث ارتفعت المعدل السنوي لدرجات الحرارة العظمى مابين(24.5 – 31.6) مْ في محطات (سوران،خانقين) خلال مدة الدراسة ، والحرارة الصغرى مابين(12.1 -17.4) مْ في محطات(سوران ، كركوك) وارتفعت درجات الحرارة للعقدين الاخيرين من الدراسة بشكل غير مسبوق ، ففي (زاخو)انحرف الاتجاه نحو الارتفاع بمقدار (1.0)مْ للمعدل السنوي ، و(1.3) مْ لدرجة الحرارة الصغرى ، بينما الاتجاه نحو الانخفاض النسبي لدرجة الحرارة العظمى في محطة دهوك (0.3)م والحرارة الصغرى بمقدار(1.1)م . وفي محطة اربيل انحرف الاتجاه فيها نحو الارتفاع بمقدار (2.0)مْ للمعدل السنوي بينما ارتفعت درجة الحرارة العظمى بمقدار 0.061مْ وسجلت درجة الحرارة الصغرى ارتفاعا بلغ 0.049 مْ.

3- تبين أنّ منطقة الدراسة تتمتع بتوفر طاقة شمسية كبيرة وموزعة على جميع اشهر السنة ، وهذا يكفي لإستثمار هذه الطاقة خاصة بعد عجز المصادر الأخرى على الإيفاء بمتطلبات منطقة الدراسة من الطاقة ، وتعد مناطق جنوب اقليم كوردستان المتمثلة (بإقليم السهول)هي الأفضل لإستثمار هذه الطاقة بسبب إرتفاع كمية الطاقة الشمسية الواردة اليها وكونها مناطق سهلية لذا فإنّ إستثمار هذه الطاقة فيها سيسهم وبشكل كبير في تنمية هذه المناطق . واتضح بعد تحليل البيانات الاحصائية التي جمعت من مصادر مختلفة ان اقليم كوردستان يمتلك مقومات انتاج الطاقة الكهربائية من الاشعاع الشمسي- والرياح من توفر عدد ساعات السطوع الشمسي- وكثافة سرعة الرياح جيدة مع امكانية استثمار الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في انتاج الطاقة الكهربائية وبكميات تكفي لانتاج الطاقة الكهربائية من حيث عدد ساعات السطوع الشمسي- وسرعة الرياح من خلال توفر مقوماتها في منطقة الدراسة.

4- توصلت الدراسة وبعد تطبيق المعادلة و احتساب سرعة الرياح في إرتفاع(50)م لإنتاج الطاقة الكهربائية في الطوربينة التي تصل نصف قطر مروحتها نحو(25)م ، نلاحظ ملائمة بعض مناطق التابعة للمحافظات (اربيل والسليمانية ودهوك) وإمكانية إنتاج الطاقة الكهربائية في كل أشهر السنة مع وجود فرق في كمية الطاقة الكهربائية المنتجة حسب أشهر السنة وهذه النتائج تعطينا نتائجا جيدة .

5- توصلت الدراسة بعد تطبيق المعادلة و احتساب سرعة الرياح على إرتفاع(50)م لإنتاج الطاقة الكهربائية في الطوربينة التي تصل نصف قطر مروحتها نحو(25)م ، نلاحظ ملائمة(المحافظات الثلاث) في الاقليم وإمكانية إنتاج الطاقة الكهربائية في كل أشهر السنة مع وجود فرق في كمية الطاقة الكهربائية المنتجة حسب أشهر السنة .

٦- إمكانية توفير الطاقة الكهربائية عن طريق مشاريع الطاقة الشمسية لكون منطقة الدراسة تتمتع بظروف طبيعية ممتازة من الإمكانيات التي تؤهلها لأنّ تكون مناطق الإقليم ذات إمكانية جيدة في إنتاج الطاقة الشمسية. بحسب المعادلة الاتية : المساحة المطلوبة = عدد الألواح الشمسية * مساحة كل لوح

المصادر:

الموسوي ، علي صاحب طالب ،جغرافية الطقس والمناخ ، الطبعة الاولى،جامعة الكوفة ،2009 .

إبراهيم ،عيسى علي ، الأساليب الإحصائية والجغرافية ، الطبعة الثانية ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ، 1999

الوائلي ، علي عبد الزهرة ،أسس ومبادئ في علم الطقس والمناخ،جامعة بغداد،كلية التربية ابن رشد،2005 .

النقي ،عباس علي ،واقع وآفاق الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة العالمي والانعكاسات المحتملة على الصناعة النفطية،كمظمة الاقطار العربية للنفط(اوبك)نيسان،2019.

غانم ،علي احمد ، المناخ التطبيقي،دار المسيرة للنشر والتوزيع ،عمان ، الاردن ،الطبعة 2009.

موسى ،علي حسن , أساسيات علم المناخ ، الطبعة الأولى ، دار الفكر ، سوريا ، دمشق ، 1994 .

الموسوي ، علي صاحب طالب ، العلاقات المكانية بين الخصائص المناخية في العراق واختيار أسلوب وطريقة الري المناسب ، أطروحة دكتوراه في الجغرافية ،(غير منشورة)،كلية الآداب،جامعة بغداد ، 1996.

دلير عزيزطه،خصائص الاشعاع الشمسي والرياح وامكانية استثمارها في توليد الطاقة الكهربائية في محافظة السليمانية، اطروحة دكتورا ، مقدمة الى جامعة كوية،2020.

حبيب ،عبدالعزيز محمد ، الطاقة الكهربائية والتنمية في العراق دراسة في الجغرافية الاقتصادية، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة بغداد ، 1980 .

القشطيني ، باسل احسان ،الوجيز في مناخ العراق المعاصر للمدة(1941 -2000)مجلة كلية الاداب، جامعة بغداد، العدد(96)، 2010.

پەراوێزەکان

[1]. https://krso.gov.krd/ar/map/kurdistan-region

[2] . علي حسين شلش، مناخ العراق، ترجمة ماجد السيد ولي وعبدالاله رزوقي كربل ، جامعة البصرة،1988 ص11.

[3] . صالحة مصطفى عيسى، الجغرافية المناخية ، مكتبة المجتمع العربي ، ط1، عمان ، الاردن 2010ص41.

[4] . نعمان شحادة ، علم المناخ ،دار الصفاء للنشر، الطبعة الاولى،عمان ، الاردن2009، ص61.

[5] . المصدر نفسه نص126.

[6] . محمد صدقه أبو زيد، التغيرات الحالية للأمطار السنوية في جنوب محافظة الطائف بالمملكة العربية السعودية، مجلة علوم الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة، جامعة الملك عبد العزيز، مجلد(21)،عدد(2) 2010 , ص 311.

أبو زيد ،محمد صدقه، التغيرات الحالية للأمطار السنوية في جنوب محافظة الطائف بالمملكة العربية السعودية ، مجلة علوم الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة ، جامعة الملك عبد العزيز ، مجلد (21), عدد (2) 2010

صيام ، نادر محمد,دراسة إحصائية تحليلية لاتجاهات الأمطار في بعض المواقع في سوريا,مجلة دمشق,مجلد(14)العدد الثاني 2019.

الزعلوك ، أسامة إبراهيم ، الطاقة الشمسية، بحث منشور على الموقع الالكتروني: http://www.MMsec.com

نايف العبادي،مسح مصادر طاقة الرياح،مجلة العلوم والتقنية ،مدينة الملك عبدالعزيزللعلوم والتقنية،العدد(49)،سنة1999.

محمد عويضة، التحليل المكاني للإشعاع الشمسي وإمكانيات توليد الطاقة في محافظة الوادي الجديد. مجلة جامعة حلوان: بحث منشورسنة 2017 .

مارية حمة عزيز، توانا فاضل صالح، دور السياسات الإقتصادية المتبعة في ترشيد إستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة أربيل ، طؤظارى زانستى مرؤظايةتي، زانكوي سةلاحةدين، ذمارة 56،2013.

الدوائر الحكومية

حكومة اقليم كوردستان ، مجلس رئاسة الوزراء،وزارة الداخلية،محافظة السليمانية،سنوات السليمانية 1999.

حكومةتي هةريَمي كوردستان، سةروكاتي ئةنجومةني وةزيران، وزارةتي ناوخوَ، ثاريَزطاي سليَماني، سالَنامةي سليَماني، 1999.

وزارة النقل والمواصلات ، مديرية العامة للانواء الجوية والرصد الزلزالي في اربيل، شعبة المناخ ،بيانات غير منشورة 2021.

وةزارةتى طواستنةوةو طةياند،بةريوةبةرايةتى كةش ناسى لةثاريزطاى هةولير، سليمانى،هوبةى كةش ناسي،داتاى بلاونةكراوة،2021.

الهيئة العامة للانواء الجوية والرصد الزلزالي , قسم المناخ ، اربيل , 2017, (بيانات غير منشورة) .

Al-Mohamad.H.Karmeh, Wind energy potential in Syria, Renewable Energy, June 2003p1041

R. Poore and T. Lettnmaier, Wind PACT advanced wind Turbine Drive Train Designs Study. Global Energy Concepts, LLC, Kirkland, Washington, 2022.

7 . تم استخراج معدل التغير لمدة الدراسة بضرب معدل التغير السنوي في عدد السنوات .

8 . ببرنامج EXCEL, وبالإمكان قسم السلسلة الزمنية إلى نصفين وطرح الوسط الثاني – الوسط الأول ، والزمن الثاني – الزمن الأول (السنوات)

9 . نادر محمد صيام, دراسة إحصائية تحليلية لاتجاهات الأمطار في بعض المواقع في سوريا, مجلة دمشق, مجلد(14)العدد الثاني, 2019 ,ص17

10 . –لم يتوفر البيانات المطلوبة في كل المحطات المناخية لذا اتخذ الباحث بيانات للمدة مابين (1979-2017)

11 . تم تصنيف مناخ منطقة الدراسة بحسب موازنة بنان مونتيث باستخدام معامل الجفاف (D)، D=P/ETP

12 . –لم يذكر الباحث البيانات المناخية الخاصة بجداول (المطر) لمحدودية الاوراق المطلوبة للبحث

13 . تم استخراج الجفاف في منطقة الدراسة بحسب برنامج (Gropwat 8)، وتصنيفها بحسب موازنة بنان مونتيث باستخدام معامل الجفاف (D) الذي اختير من قبل منظمة F.A.O . بحسب المعادلة الاتية D=P/ETP