

Received on (17-04-2024) Accepted on (24-06-2024)

<https://doi.org/10.33976/IUGJHR.32.1/2024/5>

Detection of trends in annual temperature and precipitation using the Mann-Kendall test in the central and northern regions of Jordan

Youssef A. Al-Zghoul^{1*}, Ali A. Al-Ananza²

Department of Geography, Faculty of Arts, University of Jordan, Amman, Jordan^{1,2}

*Corresponding Author: zg1yusaf@gmail.com

Abstract:

The study aimed to identify the characteristics of annual temperatures and precipitation in central and northern Jordan, and to detect the trend of change in annual temperatures and precipitation for the period 1990-2020. To achieve the objectives of the study, the Mann-Kendall Test and Sen's Slope were used to detect trends in Annual temperatures and precipitation at the climatic stations used in the study. The results of the study concluded that there is a variation in the annual temperatures and a clear fluctuation in the annual precipitation around its general average of 295 (mm), and it was also revealed that there was a change in the general trend of the annual temperatures during the study period 1990-2020 tending towards an increase of 0.6 °C. And with statistical significance at the significance level of 5%, and that the highest amount of change was recorded in Ras Munif and Al-Mafraq stations by 1 and 1.1 m°, respectively, and the least amount of change was 0.1 m° at Amman Airport station. The results of the analysis of the rainfall trend showed a decreasing trend of -104.9 (mm) with statistical significance, and that the highest amount of change was recorded in the stations of Salt, Ras Munif and Irbid by -188.1, -180.2 and -161 (mm) respectively, and that the least amount of change was recorded in the two stations Queen Alia and the University of Jordan by -16.8 (mm). The study recommended the need to develop and improve policies that address biodiversity loss and climate change in an integrated manner.

Keywords: Climate change, Temperature, Rainfall, Mann-Kendall Test, Northern and central Jordan.

الكشف عن الاتجاهات في درجات الحرارة السنوية وهطول الأمطار باستخدام Mann-Kendall Test في المنطقتين الوسطى والشمالية من الأردن

يوسف أحمد الزغول¹، د. علي أحمد العنانزة²

قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن^{2,1}

المخلص:

هدفت الدراسة إلى التعرف إلى خصائص درجات الحرارة وهطول الأمطار السنوية في وسط وشمال الأردن، والكشف عن اتجاه التغير في درجات الحرارة والأمطار السنوية للفترة 1990-2020، ولتحقيق أهداف الدراسة تم استخدام اختبار مان كيندال Mann-Kendall Test ومقدر الانحدار Sen's Slope للكشف عن اتجاهات التغير في درجات الحرارة السنوية والأمطار في المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود تباين في درجات الحرارة السنوية وتذبذباً واضحاً في هطول الأمطار السنوية حول معدلها العام البالغ 295 (ملم)، كما تم الكشف عن وجود تغير في الاتجاه العام لدرجات الحرارة السنوية خلال فترة الدراسة 1990-2020 يتجه نحو التزايد بمقدار 0.6 م° وبدلالة إحصائية عند مستوى الأهمية 5 %، وأن أعلى مقدار للتغير سجل في محطتي رأس منيف والمفرق بواقع 1 و1.1 م° على التوالي، وأقل مقدار للتغير بلغ 0.1 م° في محطة مطار عمان. كما أظهرت نتائج تحليل اتجاه الأمطار اتجاهات متناقضاً بلغ -104.9 (ملم) وبدلالة إحصائية، وأن أعلى مقدار للتغير سجل في محطات السلط ورأس منيف وإربد بواقع -188.1 و-180.2 و-161 (ملم) على التوالي، وأن أقل مقدار للتغير سجل في محطتي الملكة علياء والجامعة الأردنية بواقع -16.8 (ملم). وأوصت الدراسة بضرورة العمل على وضع وتحسين السياسات التي تعالج فقدان التنوع البيولوجي وتغير المناخ بطريقة متكاملة.

كلمات مفتاحية: تغير المناخ، الحرارة، الأمطار، مان كيندال Mann-Kendall Test، شمال ووسط الأردن

المقدمة:

يعد التغير المناخي واحداً من الظواهر العالمية التي يتعرض لها كوكب الأرض فتؤثر على العديد من النظم البيئية وتؤدي إلى حدوث فيضانات وحالات جفاف وتغيرات في الهطول المطري. وتعد منطقة البحر المتوسط من أكثر المناطق تأثراً بتغير المناخ، فأبي تغيرات مناخية تحدث ستؤدي إلى آثار كارثية. إن أي تغير مهم يحدث في قياسات عناصر المناخ لمدة زمنية طويلة (حددها الأرصاد الجوية (30) سنة كحد أدنى) يعد تغيراً مناخياً⁽¹⁾. ويعد الاحتباس الحراري وهو: الزيادة التدريجية في درجة الحرارة لسطح الأرض الناتجة عن زيادة انبعاث غازات الدفيئة سبباً للتغير المناخي. وهناك عدة مؤشرات تدل على التغير المناخي مثل: ارتفاع درجة الحرارة عالمياً، إذ ازداد المعدل العالمي لدرجة حرارة سطح الأرض حوالي (0.4 - 0.8) منذ عام (1861 م)، وانخفاض كميات الأمطار. وتقدر الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) أن متوسط درجة الحرارة سيزداد (2- 4) درجات مئوية على مدى المائة عام القادمة⁽²⁾. بينت العديد من دراسات التغير المناخي أن الأمطار أظهرت اتجاهات عامة متناقصة في منطقة البحر المتوسط⁽³⁾. كما أظهرت درجات الحرارة اتجاهات متزايداً في متوسطات الحرارة السنوية العظمى والصغرى للفترة (1964- 1999)⁽⁴⁾. كما أظهرت نتائج النماذج المناخية لمعرفة التغير المناخي على اتجاهات الأمطار ودرجات الحرارة اليومية والشهرية أن الأردن وفلسطين أكثر جفافاً وخاصة في ذروة موسم الأمطار، وأن هناك انخفاضاً في معدل الهطول المطري، وأن المناطق الشمالية للأردن ستحظى بانخفاض في معدل الهطول المطري يزيد على (30 ملم). وفي المناطق الجنوبية والوسطى من المتوقع حدوث انخفاض في معدل هطول الأمطار ليصل إلى (50ملم)⁽⁵⁾. وفي العقود الخمسة الأخيرة انخفضت الأمطار في الأردن بمعدل (5-20%)، وارتفع معدل درجة الحرارة العظمى ما بين (0.3 - 0.8) درجة مئوية⁽⁶⁾.

يختلف التباين المكاني لهطول الأمطار ودرجة الحرارة في المناطق الجغرافية المختلفة في الأردن، فيتصف مناخ الأردن بأنه حار جاف صيفاً ومعتدل ماطر شتاءً، ففي المرتفعات الجبلية حيث الصيف المعتدل يبلغ معدل درجة الحرارة صيفاً في شهر آب حوالي (25) درجة مئوية، ومعدل درجة الحرارة شتاءً في شهر كانون الثاني حوالي (11) درجة مئوية، أما في منطقة غور (وادي) الأردن فيبلغ معدل درجة حرارة صيفاً (31) درجة مئوية وشتاءً في شهر كانون الثاني يبلغ حوالي (15) درجة مئوية، وفي البادية الأردنية يبلغ معدل درجة الحرارة صيفاً في شهر آب حوالي (33) درجة مئوية وفي الشتاء تصل إلى حوالي (12) درجة مئوية⁽⁷⁾. وتركز هذه الدراسة على اكتشاف اتجاهات التغير في درجات الحرارة

(1) دائرة الأرصاد الجوية الأردنية - عمان - 2021.

(2) IPCC, (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Geneva

(3) Smadi and Zghoul. (2006). A Sudden Change in Rainfall Characteristics In Amaan Jordan During The Mid1950, American Journal Of Environmental Sciences, Vol. 2, (pp10-84).

(4) Bani-Domi. (2005). Trend analysis of temperatures and precipitation in Jordan, Umm Al-Qura University, Journal of Educational ,Social Sciences And Humanities Vol. 17, No. 1, (pp16-36).

(5) Matouq et al. (2013). The climate change implication on Jordan: A case study using GIS and Artificial Neural Networks for weather forecasting, Journal of Taibah University for Science, Vol. 7, No. 2, (pp 4-55).

(6) IPCC, (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Geneva.

(7) الزغول، الخصائص المناخية لأقاليم الأردن الجغرافية ودورها في دعم صناعة السياحة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد (دراسة في الجغرافيا التطبيقية)، رسالة ماجستير، جامعة اليرموك (ص10).

وهطول الأمطار السنوية باستخدام اختبار مان كيندال Mann Kendall Test في وسط وشمال الأردن للفترة (1990-2020).

مشكلة الدراسة:

يعد التغير المناخي من المواضيع المهمة عالمياً وشاغلاً مشتركاً للبشرية، وتعتبر درجة الحرارة وهطول الأمطار من المكونات الأساسية للمناخ وأن التغيرات في نمطها يمكن أن تؤثر على صحة الإنسان والنظم البيئية والنباتات إذ تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى إحداث موجات الحر وتسبب الوفاة وتحول في الأنواع الحيوانية والنباتية، وأن التغيرات المماثلة في أشكال هطول الأمطار يمكن أن يكون لها تأثير واسع النطاق على توافر المياه وزيادة حدوث حالات الفيضانات وبالتالي يمكن أن تؤثر على جودة المياه⁽¹⁾، ويمكن أن يؤدي انخفاض هطول الأمطار إلى زيادة حالات الجفاف⁽²⁾. تتمثل مشكلة الدراسة في الكشف عن اتجاهات التغير في درجات الحرارة السنوية وهطول الأمطار في المنطقتين الوسطى والشمالية من الأردن.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى:

- 1- التعرف إلى خصائص درجات الحرارة وهطول الأمطار السنوية في وسط وشمال الأردن للفترة (1990-2020).
- 1- الكشف عن اتجاه التغير في معدلات درجات الحرارة في وسط وشمال الأردن للفترة (1990-2020).
- 2- تحليل اتجاه ونمط الأمطار في وسط وشمال الأردن للفترة (1990-2020).

أهمية الدراسة ومبرراتها:

تأتي أهمية الدراسة من أن تغير المناخ يمثل تهديداً على البشرية، وأن ارتفاع درجة حرارة الأرض أمر مؤكد⁽³⁾. يواجه الأردن تأثيرات خطيرة محتملة على النظم البيئية الطبيعية، وعلى أحواض الأنهار ومستجمعات المياه، وموارد المياه، والبنية التحتية العامة لصحة الإنسان، والمستوطنات البشرية. كما تبين الدراسة أهمية الكشف عن التغير في كميات الأمطار ودرجات الحرارة مكانياً وزمنياً.

وتأتي أهمية الدراسة من أنها من الدراسات القليلة التي تهتم بدراسة مؤشرات التغيرات المناخية في منطقة الدراسة، من خلال الكشف عن التغير في درجات الحرارة وكميات الأمطار طيلة فترة الدراسة التي تمتد نحو (30 عام)، بالإضافة إلى إيجاد سبل لمواجهة والتكيف مع التغيرات المناخية المحدقة في الوقت الحاضر، وكيفية التعامل معها مستقبلاً لفهم تأثيرات ومخاطر تغير المناخ على الطبيعة والإنسان، وبالإضافة إلى آثارها الحالية فهي مرشحة للنفاقم إذا لم تتخذ الإجراءات اللازمة.

فرضيات الدراسة:

تقوم الدراسة على اختبار مجموعة من الفرضيات على النحو الآتي:

- 1- انخفضت كميات الأمطار في وسط وشمال الأردن خلال فترة الدراسة.
- 2- ارتفعت درجات الحرارة في وسط وشمال الأردن خلال فترة الدراسة.

⁽¹⁾ Bihrat & Bayazit. (2003). The power of statistical tests for trend detection Turkish journal of engineering and environmental sciences, 27(4), (pp 247-251).

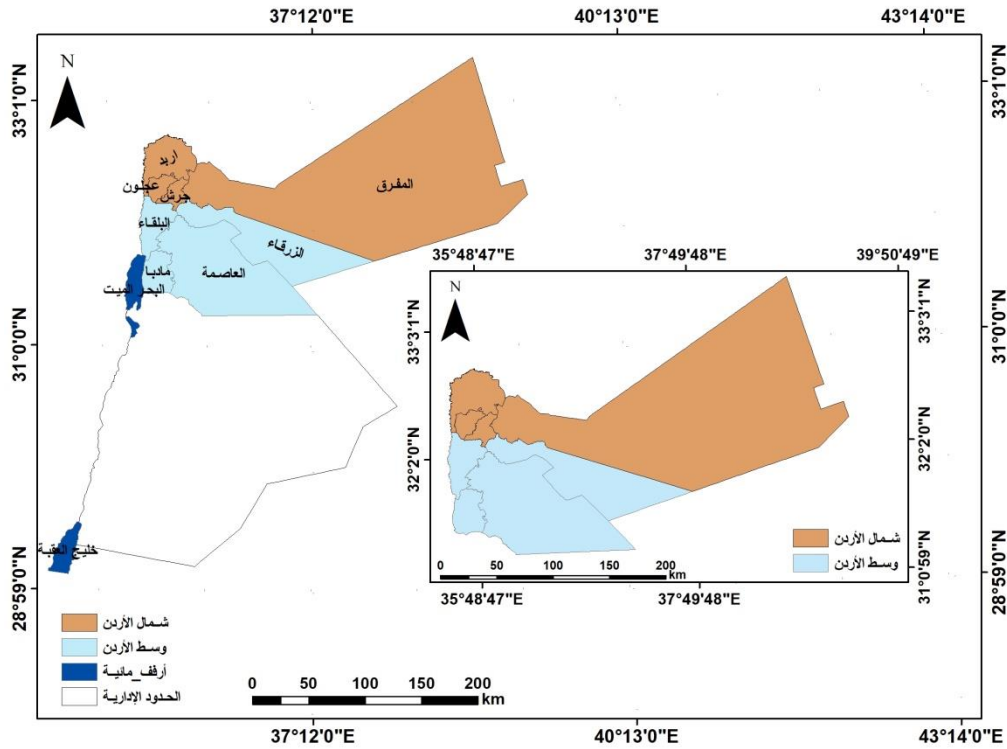
⁽²⁾ Tabari et al. (2011). Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran. *Agricultural and forest meteorology*, 151(2), 128-136.

⁽³⁾ IPCC, (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, Geneva.

منطقة الدراسة:

الموقع الجغرافي:

تتكون منطقة الدراسة من منطقتي وسط وشمال الأردن، الواقعة بين دائرتي عرض (5° - 3° - 33° ، 59° - 0° - 31°) شمالاً وخطي طول (47° - 48° - 34° ، 49° - 50° - 39°) شرقاً، وتضم ثمان مناطق إدارية أربعة مناطق في الشمال هي: (إربد، المفرق، عجلون، جرش) وأربعة في الوسط هي: (عمان، الزرقاء، مأدبا، البلقاء)، وتبلغ المساحة الكلية لمنطقة الدراسة (43.423 كم²) بما نسبته (48.6%) من مساحة الأردن ككل البالغة حوالي (89.342 كم²). وتتراوح كمية الأمطار بين (155 ملم) في المفرق إلى (599 ملم) في رأس منيف في عجلون⁽¹⁾. وتتراوح الارتفاعات في منطقة الدراسة بين (200 متر) تحت مستوى سطح البحر في منطقة وادي الريان في إربد و(1150 متر) فوق مستوى سطح البحر في منطقة رأس منيف في عجلون. حيث يسود بمنطقة الدراسة المناخ المعتدل صيفاً والبارد شتاءً، كما يسود في الجزء الشمالي الشرقي من المنطقة الشمالية المناخ الصحراوي الحار صيفاً والبارد شتاءً الشكل (1).



الشكل (1): موقع منطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على خريطة الأردن الأساس في Arc Gis 10.3

الدراسات السابقة:

هناك العديد من الدراسات التي تناولت جوانب التغيرات المناخية في مناطق عديدة من العالم، فكان منها دراسة محمد وفلاح، (Mohammed & Fallah، 2019) وتسعى إلى التعرف إلى اتجاهات التغير المناخي وتقلباته من خلال تحليل اتجاهات التغير في المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة وهطول الأمطار خلال الفترة (1960-2016) في منطقة الشيخ بدر (سورية) باستخدام التوزيع الطبيعي ومؤشر دي مارتون (DE Marton). وتوصلت الدراسة إلى أن الاتجاه العام لهطول الأمطار انخفض خطياً (-189 ملم) ، مصحوباً بزيادة في الاتجاه العام لدرجة الحرارة (+0.9 درجة مئوية) بين عامي 1960 و2016 أيضاً، كما توصلت الدراسة ومن خلال التوزيع الطبيعي إلى أن احتمالية حدوث قصور شديد زادت أحداث درجات الحرارة الأعلى من 17.5 درجة مئوية من 3.3% خلال الفترة 1960-1990 إلى 24.8% خلال الفترة 1991-2016. وأن احتمال هطول الأمطار السنوي الشديد (أكثر من 1800 ملم) ينخفض من 5.3% إلى 4.7%، ومع ذلك فإن احتمال سقوط الأمطار أقل من 800 ملم زاد، وبينت الدراسة أن مؤشر دي مارتون (DE Marton) بلغ (-10.75) أي أن هناك اتجاه معنوي للجفاف في منطقة الدراسة خلال الفترة (1960-2016). وأوصت الدراسة إلى ضرورة النظر في التغيرات الحالية والمستقبلية في الظروف المناخية من أجل اتخاذ خطوات نحو إدارة أكثر استدامة للموارد الطبيعية وكفاءة استخدام المياه والانتاجية في الزراعة.

كما هدفت دراسة العرود وآخرون، (العرود، وآخرون، 2018) إلى التعرف على الاتجاه العام للأمطار السنوية ودرجة الحرارة السطحية في الحوض الشمالي لوادي عربة للفترة 1971-2016. ودمجت درجة الحرارة والأمطار الشهرية لحساب رطوبة التربة وتكرار الجفاف باستخدام قرينة شدة الجفاف الذي طوره بالمر (Palmer Drought Severity index). ولربط التأثيرات المناخية على البيئة الحيوية، فقد استخدمت الدراسة خمس مرئيات فضائية من مجموعة لاندسات (Landsat) للفترة 1987-2015 لتقييم الاتجاه العام لمساحات الغطاء النباتي في الجزء العلوي لمنطقة الدراسة. وتوصلت إلى أن درجة حرارة الهواء قد ارتفعت خلال الفترة 1971-2016 بحدود 2.7 درجة مئوية وأن الأمطار انخفضت بحدود 100 ملم خلال نفس الفترة وأن التغيرات كانت سريعة وملموسة خلال القرن العشرين. وتوصلت الدراسة من خلال تحليل المرئيات الفضائية إلى تقلص مساحة الأراضي الخضراء وازدياد كبير جداً في مساحة الأراضي الجرداء. وأوصت الدراسة إلى أن تتبنى الشركات الكبرى التي تستأثر على معظم مياه منطقة الشوبك بدعم البحث العلمي المعني بتقييم الآثار المناخية المستقبلية على الموارد المائية المتاحة لتلمس الحلول التي يمكن تبنيها ضمن هذه البيئة الهشة.

وسعت دراسة المعموري وآخرون، (المعموري، وأحمد، 2016) إلى توضيح العوامل المؤثرة في الأمطار والمعدل العام والتغير في كمية الأمطار وكمية الأمطار السنوية والتغير السنوي الشهري للأمطار عن طريق استخدام الانحراف المعياري والتذبذب السنوي. وتوصلت الدراسة إلى أن هناك تغير في كمية الأمطار في الإقليم الجاف والشبه الجاف إلا أنه في الإقليم الجاف أكثر من الإقليم الشبه جاف. وأوصت الدراسة إلى ضرورة بناء محطات لمراقبة المناخ بشكل عام وكمية الأمطار بشكل خاص وأن تغطي تلك المحطات جميع مناطق العراق بمختلف أقاليمه الجافة وشبه الجافة.

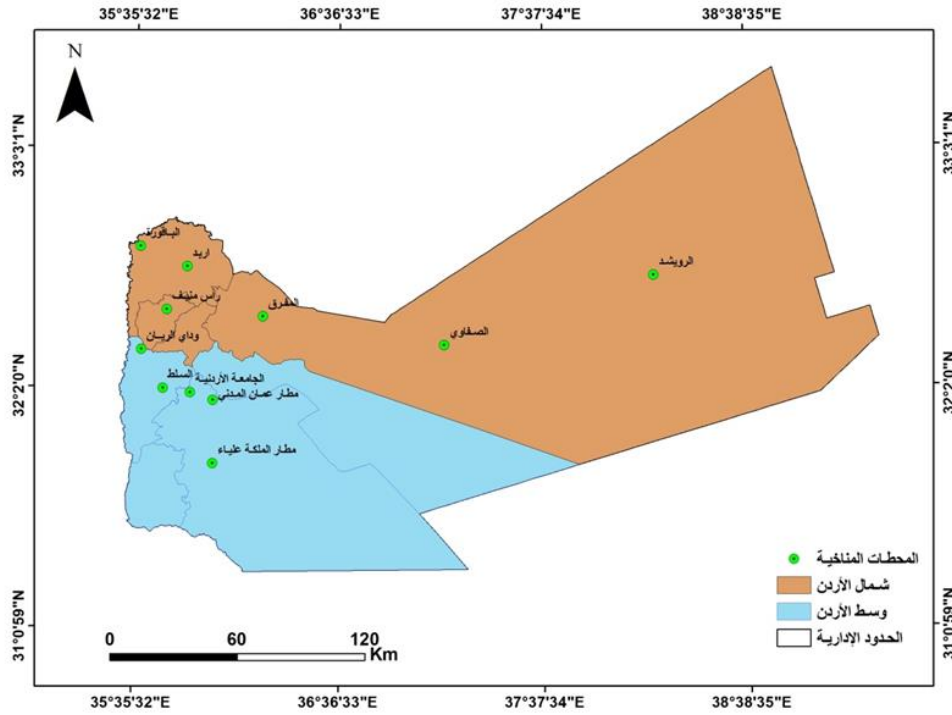
كما تناولت دراسة زيتون وشحادة، (زيتون، وشحادة، 2015) مؤشرات التغير المناخي من خلال تحليل اتجاه التغير في المتوسطات السنوية للحرارة وكميات الأمطار السنوية في شمال الأردن خلال الفترة 1970-2009. وقد استخدمت الدراسة البيانات الشهرية والسنوية للأمطار والحرارة في المحطات المناخية الممثلة لمنطقة الدراسة (رأس منيف، الباقورة، إربد، المفرق). واستخدمت الدراسة عدد من الأساليب الاحصائية لدراسة الاتجاه العام في عنصر الحرارة والأمطار، كالانحدار الخطي البسيط، واختبار (t)، والمتوسطات المتحركة الثلاثية والخماسية، إضافة إلى استخدام

الخرائط المكانية للمقارنة بين فترتين زمنييتين. توصلت الدراسة إلى أن هناك تزايد ملحوظ في الحرارة السنوية في شمال الأردن خلال الفترة 1970-2009، وخاصة في الفترة الثانية من الدراسة 1989-2009. في محطتي (رأس منيف والباقورة)، وأن هذه الزيادة لم تكن لها أي دلالة احصائية. وأوصت الدراسة بزيادة عدد المحطات المناخية في الأردن مع تسهيل الحصول على البيانات المناخية للدارسين والباحثين.

وتناولت دراسة سامويلز وآخرون، (Samuels et al., 2011) نتائج من محاكات نماذج المناخ الإقليمية Regcm3 وMM5 المتمركزة في منطقة البحر المتوسط. وركزت على تحليل التغيرات في درجات الحرارة القصوى وظواهر هطول الأمطار. توصلت الدراسة إلى أنه من المتوقع أن ترتفع درجة الحرارة اليومية القصوى في فصل الصيف بما يتراوح بين 2.5 درجة مئوية و3 درجات مئوية، مع زيادة طول الفترة الدافئة. وتوصلت إلى احتمالية تزايد حالات هطول الأمطار الشديدة مع فترات الجفاف الأطول، والفترات الرطبة الأقصر، والزيادة في هطول الأمطار الغزيرة.

تتميز عما سبقها من الدراسات في أنها تعتمد على مراجعة مؤشرات التغير المناخي درجة الحرارة وهطول الأمطار السنوية خلال فترة زمنية طويلة تمتد على مدى ثلاثين عاماً (1990-2020). كما تتميز هذه الدراسة بانفرادها عن غيرها من الدراسات السابقة باستخدام اختبار مان كيندال Mann Kendall Test الإحصائي في دراسة التغير المناخي. والتوصل إلى حلول تسهم في إيجاد سبل مناسبة للتكيف مع ظاهر التغير المناخي واقتراح حلول للحد منها. وفي حدود علم الباحثان فلا توجد دراسة تناولت المؤشرات المناخية في وسط وشمال الأردن بالمنهجية التي سنتبع في هذه الدراسة.
منهجية الدراسة:

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج التحليلي الوصفي لتحليل اتجاهات التغير في معدلات الأمطار ودرجات الحرارة السنوية خلال الفترة (1990-2020). في وسط وشمال الأردن، بالاعتماد على البيانات المناخية للمحطات المناخية الممثلة لمنطقة الدراسة للفترة (1990-2020)، والتي تم الحصول عليها من دائرة الارصاد الجوية الأردنية. يبين الشكل (2) التوزيع الجغرافي لمواقع المحطات المناخية، وتم استخدام عدد من الأساليب الإحصائية والعلاقات الرياضية لتحليل العلاقة بين متغيرات الدراسة باستخدام برنامج (Excel).



الشكل (2) التوزيع الجغرافي لمواقع المحطات المناخية

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الأرصاد الجوية

مصادر الدراسة وطرق جمع البيانات وتحليلها:

أولاً: البيانات الثانوية:

لقد تم تحديد منطقة الدراسة وسط وشمال الأردن ومن ثم إجراء مسح للمصادر والمعلومات المتوفرة عنها بموضوع الدراسة من الكتب الجغرافية في التغيرات المناخية والرسائل الجامعية والأبحاث والتقارير ذات الصلة.

ثانياً: البيانات الأولية:

تشمل الدراسة البيانات الإحصائية قياسات درجات الحرارة (مئوي) ومعدلات الأمطار (ملم) من محطات الأرصاد الجوية الأردنية للفترة (1990-2020) الواقعة ضمن منطقة الدراسة وكذلك المعادلات الرياضية. يبين الجدول (1) الخصائص المكانية للمحطات المناخية الممثلة لمنطقة الدراسة التابعة للأرصاد الجوية الأردنية والتي تم الحصول منها على العناصر المناخية (معدلات درجات الحرارة، ومعدلات الأمطار) للفترة (1990-2020) المستخدمة في الدراسة من خلالها.

الجدول (1) الخصائص المكانية للمحطات المناخية الممثلة لمنطقة الدراسة

المحطة	درجة الطول	درجة العرض	الارتفاع عن سطح البحر (متر)
راس منيف	35 °.75 -	32 °.36 -	1150
اربد	35 °.85 -	32 °.55 -	616
السلط	35 °.44 -	32 °.2 -	796
الجامعة الأردنية	35 °.53 -	32 °.1 -	980
مطار عمان المدني	35 °.59 -	31 °.59 -	781
مطار الملكة علياء	35 °.59 -	31 °.43 -	722
المفرق	36 °.15 -	32 °.22 -	686
الصفواي / المفرق	38 °.08 -	32 °.12 -	674.2

683	32 °.30 ⁻	38 °.12 ⁻	الرويشد / المفرق
-170	32 °.38 ⁻	35 °.37 ⁻	الباقورة
-200	32 °.24 ⁻	35 °.35 ⁻	وادي الريان

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية - عمان

طرق معالجة البيانات:

البرامج الحاسوبية المستخدمة في الدراسة:

تم استخدام عدد من البرامج الحاسوبية في الدراسة لمعالجة البيانات وهي:

1- برنامج Excel وتم استخدامه لتحليل البيانات المناخية لمعرفة المتوسطات والمعدلات الحسابية السنوية لدرجات الحرارة (م °) والأمطار (ملم) كما تم استخدام الانحراف المعياري (ملم) ومعامل الاختلاف (%) للأمطار ودرجات الحرارة في المحطات المناخية ورسم خطوط الاتجاه الخطي لمحطات الدراسة ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من اختبار (Mann Kendall Tau Test) بمطقة الدراسة خلال فترة الدراسة (1990-2020).

2- وظيفة XLSTAT لإجراء اختبار إجراء اختبار (Mann Kendall Tau Test) الإحصائي في تقدير اتجاه التغير لكل من بيانات درجة الحرارة وهطول الأمطار والسنوية للمحطات الإحدى عشر خلال فترة الدراسة ومعرفة دلالاتها الإحصائية.

الطرق الإحصائية:

اعتمدت الدراسة على استخدام اختبار مان كيندال Mann Kendall Test وسين المنحدر (SS) Sens's Slope في تحليل اتجاهات التغير في درجات الحرارة هطول الأمطار السنوية في منطقة الدراسة. وهو اختبار إحصائي يستخدم على نطاق واسع لتحليل الاتجاه في السلاسل الزمنية المناخية والهيدرولوجية (1) (2)، وهناك ميزتان لاستخدام هذا الاختبار، أولاً: أنه اختبار غير حدودي ولا يتطلب توزيع البيانات بشكل طبيعي، وثانياً: انخفاض التأثير بالانقطاع المفاجئ في السلاسل الزمنية غير المتجانسة، ويتم إعطاؤها قيمة مشتركة أصغر من أصغر قيمة مقاسة في مجموعة البيانات (3). يعتمد اختبار مان كندال (MK) على فرضيتين: الفرضية الصفرية (H0) والتي تشير إلى عدم وجود اتجاه "البيانات مستقلة ومرتبطة عشوائياً" ويتم اختبار ذلك مقابل الفرضية البديلة (Ha) التي تفترض وجود اتجاه حقيقي (التغير لكل وحدة زمن) (4)، حيث يتم تقديره باستخدام مقدر سين المنحدر (SS) Sen's Slope (5).

يأخذ الاجراء الحسابي لاختبار مان كيندال Mann Kendall Test في الاعتبار السلاسل الزمنية لنقاط البيانات n و T_i و T_j كمجموعتين فرعيتين من البيانات حيث، $n-1, 2, 1, \dots, i = i+1, j = i+2, i+3, \dots, n$ ، إذ يتم تقييم قيم البيانات كسلسلة زمنية مرتبة. ويتم مقارنة كل قيمة بيانات مع جميع قيم البيانات اللاحقة، بحيث إذا كانت قيمة البيانات

(1) Mann, H. (1945). Non-parametric tests against trend. *Econometria*.

(2) Kendall, M. G. (1970). *Rank Correlation Methods*. Griffin, London.

(3) Tabari et al. (2011). Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran. *Agricultural and forest meteorology*, 151(2), (pp128-136).

(4) Koudahe et al. (2018). Impact of climate variability on crop yields in southern Togo. *Environment Pollution and Climate Change*, 2(1), (pp 1-9).

(5) Sen. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63, (pp 1379-1389).

من فترة زمنية لاحقة أعلى من قيمة البيانات من فترة زمنية سابقة تتم زيادة إحصاء S بمقدار 1. وإذا كانت قيمة البيانات من فترة لاحقة الفترة الزمنية أقل من قيمة البيانات التي تم أخذ عينات منها في وقت سابق يتم انقاصها بمقدار 1. وعليه تكون النتيجة النهائية ل S هي صافي الزيادات والتناقصات ويمكن التعبير عنه في الصيغة التالية المعادلة (1) (1).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(T_j - T_i) \quad (1)$$

$$\text{Sign}(T_j - T_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } T_j - T_i > 0 \\ 0 & \text{if } T_j - T_i = 0 \\ -1 & \text{if } T_j - T_i < 0 \end{cases}$$

حيث إن: T_j و T_i تمثل المقدار السنوي أو الشهري للسنوات Z و $Z < i$ على التوالي (2).

إذا كانت $n < 10$ فإن قيمة S تتم مقارنتها مباشرة بالتوزيع النظري لمقدار S المشتق من (MK)، ويتم استخدام الاختبار الثنائي الذيل عن مستوى الأهمية $\alpha = 0.05$ ، حيث يتم رفض الفرضية الصفرية (H_0) التي تشير إلى أنه لا يوجد اتجاه لصالح الفرضية البديلة (H_a) والتي تشير إلى أنه يوجد اتجاه، إذا كانت القيمة المطلقة ل S تساوي أو تتجاوز قيمة محددة $S_{\alpha/2}$ ، حيث أن $S_{\alpha/2}$ هو S الذي يكون احتمالية ظهوره أقل من $\alpha/2$ في حالة عدم وجود اتجاه، وتشير القيم الموجبة والسالبة ل S إلى اتجاه متزايد ومتناقص (3)، وإذا كانت $n \geq 10$ يتم توزيع الإحصاء S بشكل طبيعي تقريباً مع المتوسط والتباين على النحو التالي المعادلة (2).

$$E(S) = 0$$

ويتم تحديد التباين (σ^2) لإحصاء S من خلال:

$$(3)$$

$$\sigma^2 = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum t_i(i-1)(2i+5)}{18}$$

حيث تشير t_i إلى عدد الروابط

إلى المدى i . ويتم استخدام الجمع في

البسط فقد في حال كانت سلسلة البيانات تحتوي على قيم مرتبطة. ويتم حساب إحصاء الاختبار القياسي ZS على النحو التالي المعادلة (4).

$$Z_S = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma} & \text{for } S > 0 \\ 0 & \text{for } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma} & \text{for } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Drápela & Drápelová . (2011). Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend (1) detection in deposition data from Bílý Kříž (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997-2010. Beskydy, 4(2), 133-146.

Motiee & McBean . (2009). An assessment of long-term trends in hydrologic components and implications (2) for water levels in Lake Superior. Hydrology Research, 40(6), (pp 564-579).

Drápela & Drápelová. (2011). Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend (3) detection in deposition data from Bílý Kříž (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997-2010. Beskydy, 4(2), 133-146.

يتم استخدام إحصاء الاختبار ZS مقياساً لأهمية الاتجاه، من خلال اختبار الفرضية الصفرية (H0). بحيث إذا كان ZS أكبر من $Z_{\alpha/2}$ فيتم رفض الفرضية الصفرية (H0) وقبول الفرضية البديلة (Ha) مما يعني أن الاتجاه مهم (1).
تم الحصول على Kendall's Tau عند إجراء اختبار Mann Kendall Test وهو مقياس للارتباط، حيث يقيس قوة العلاقة بين المتغيرين مثل ارتباط رتبة سبيرمان Spearman's Rank، إذ يتم تنفيذه على صفوف البيانات أي لكل متغير على حدة يتم ترتيب القيم وترقيمها بحيث تأخذ القيمة الأدنى رقم 1 ثم تأخذ القيمة الأعلى منها رقم 2 وما إلى ذلك، بشكل مشترك مع المقاييس الأخرى للارتباط ويأخذ إحصاء Kendall's Tau القيم ما بين $1 \pm$ و $1+$ ويشير إلى ارتباط ايجابي وأن كلا المتغيرين يزدادان معاً، بينما يشير الارتباط السلبي إلى أنه كلما زادت رتبة أحد المتغيرات ينخفض الآخر (2).

في تحليل السلاسل الزمنية من الضروري النظر في الارتباط التلقائي المحدد على أنه ارتباط متغير مع نفسه على فترات زمنية متتالية قبل اختبار الاتجاهات بحيث يزيد الارتباط التلقائي من فرص اكتشاف الاتجاهات المهمة. ويشير الارتباط التلقائي إلى اختبار مان كيندال Mann Kendall Test المعدل إذ يعمل على حساب صفوف البيانات بعد إزالة الاتجاه الظاهري (3)، ويعبر عنه بالصيغة التالية المعادلة (5).
المعادلة (5)

$$Var [S] = \frac{1}{18} [N(N-1)(2N+5)] - \frac{N}{NS^*}$$

$$\text{Where } \frac{N}{NS^*} = 1 + \frac{2}{N(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^p (N-i)(N-i-1)(N-i-2)p_s(i)$$

حيث إن:

N = عدد المشاهدات في العينة.

NS* = العدد الفعال للملاحظات لحساب الارتباط التلقائي في البيانات.

PS (i) = الارتباط التلقائي بين صفوف الملاحظات للتأخر i.

P = الحد الأقصى للتأخر الزمني قيد الدراسة.

التحليل والمناقشة:

خصائص درجات الحرارة وهطول الأمطار:

المعدلات السنوية لدرجة الحرارة:

يتراوح المعدل السنوي لدرجات الحرارة بين 17.7°م و 20.4°م ، ويلاحظ من الجدول (2) و الشكل (3) أن أعلى المعدلات السنوية لدرجة الحرارة سجلت في سنة 2014 والتي تفوق المعدلات في السنوات الأخرى، إذ تمثل هذه السنة الأعلى حرارة خلال فترة الدراسة، بينما سجلت أدنى المعدلات لدرجة الحرارة في سنة 1996 خلال فترة الدراسة، ويمكن تفسير الفروق الحرارية بين سنوات الدراسة، إلى ظاهرة اختلاف الخصائص الطبيعية للغلاف الجوي إذ تختلف معدلات

(1) Motiee & McBean. (2009). An assessment of long-term trends in hydrologic components and implications for water levels in Lake Superior. *Hydrology Research*, 40(6), 564-579.

(2) Stuart. (1977). Spearman-like computation of Kendall's tau. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 30(1), 104-112.

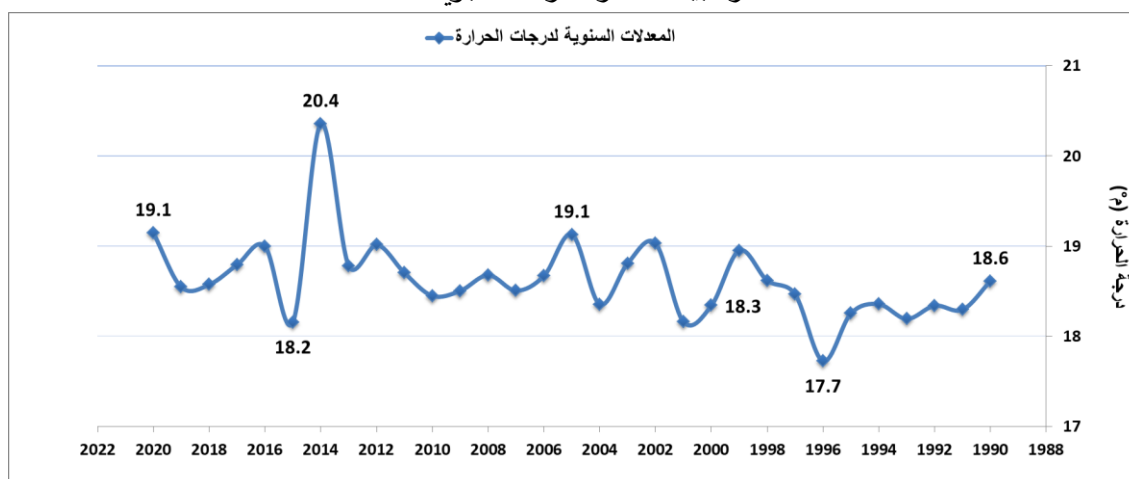
(3) Hamed & Rao. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of hydrology*, 204(1-4), (pp 182-196).

درجة الحرارة لسنة واحدة، أو لعدة سنوات وتعد هذه ظاهرة مؤقتة، أما في حال حدوث زيادة مطردة واستمرارها لفترة زمنية طويلة إذ يشكل ارتفاعها اتجاهًا مستمرًا لتغيير المناخ الناتج عن تلوث الغلاف الجوي⁽¹⁾.

الجدول (2) معدلات درجة الحرارة السنوية _ درجة مئوية

السنة	المعدل السنوي	السنة	المعدل السنوي
1990	18.6	2006	18.7
1991	18.3	2007	18.5
1992	18.3	2008	18.7
1993	18.2	2009	18.5
1994	18.4	2010	18.4
1995	18.3	2011	18.7
1996	17.7	2012	19.0
1997	18.5	2013	18.8
1998	18.6	2014	20.4
1999	19.0	2015	18.2
2000	18.3	2016	19.0
2001	18.2	2017	18.8
2002	19.0	2018	18.6
2003	18.8	2019	18.5
2004	18.4	2020	19.1
2005	19.1	----	---

المصدر: بيانات دائرة الأرصاد الجوية 2020.



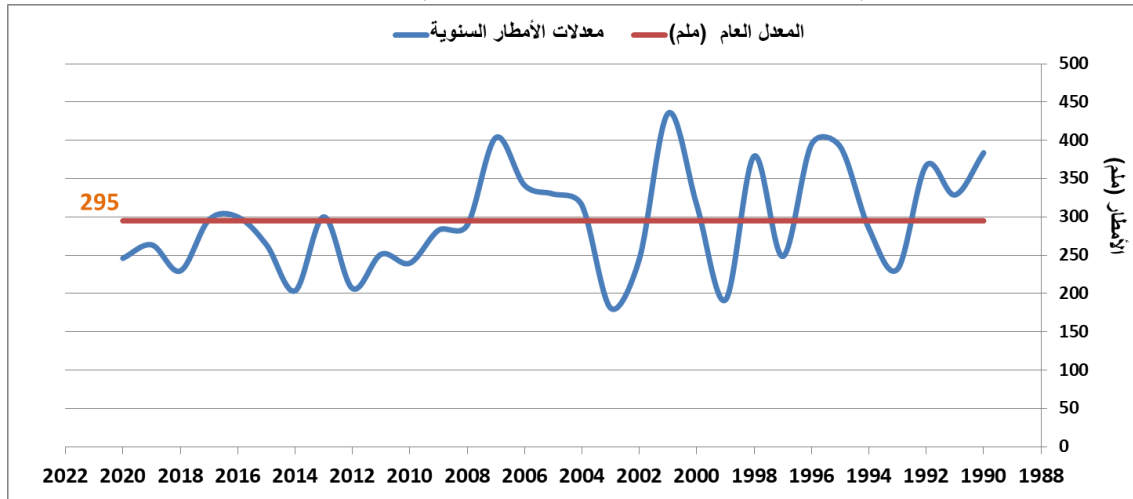
الشكل (3) الرسم البياني لمعدلات درجة الحرارة السنوية بمنطقة الدراسة للفترة (1990-2020)

المصدر: بيانات دائرة الأرصاد الجوية الأردنية 2020.

المعدلات السنوية لهطول الأمطار:

(1) المبارك والحاجي. (2019)، تحليل أثر ارتفاع درجة الحرارة على التوسعات العمرانية الأفقية في محافظة الإحساء دراسة تطبيقية باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة العربية للدراسات الجغرافية، عدد2، (ص73-110).

يلاحظ من خلال معدلات الأمطار السنوية في منطقة الدراسة التفاوت في الكميات السنوية للأمطار بين السنوات سواء بالزيادة أو النقصان خلال فترة الدراسة 1990-2020، في حين كانت سنة 2001 الأعلى بين سنوات الدراسة بمعدل بلغ 435 ملم، فقد بلغ المعدل السنوي للأمطار في سنة 2003 نحو 181 ملم ويمثل أدنى المعدلات السنوية خلال فترة الدراسة. بشكل عام كانت معدلات الأمطار السنوية في بداية فترة الدراسة ترتفع في بعض السنوات لأكثر من المعدل العام للأمطار البالغ 295 ملم وتتناقص في سنوات أخرى أقل من المعدل العام حتى سنة 2007، وبعد ذلك استمرت معدلات الأمطار السنوية بالتناقص بأقل من المعدل العام للأمطار ومساوية له في بعض السنوات إلى نهاية فترة الدراسة. الشكل (4) يوضح الرسم البياني لمعدلات الأمطار السنوية ومعدلها العام في منطقة الدراسة.



الشكل (4) الرسم البياني لمعدلات الأمطار السنوية ومعدلها العام في منطقة الدراسة للفترة (1990-2020) المصدر: بيانات دائرة الأرصاد الجوية الأردنية 2020.

اتجاهات التغير في درجة الحرارة وهطول الأمطار بمنطقة الدراسة: تغير درجة الحرارة السنوية واتجاهها العام:

تعد درجة الحرارة من أهم مؤشرات التغير المناخي، وعليه لا بد من التعرف على التغيرات السنوية التي طرأت على هذا المؤشر المناخي للفترة 1990-2020، ويكون ذلك من خلال التطرق إلى توزيعاتها الزمانية والمكانية وبهدف معرفة التغير الزمني الذي طرأ على هذا المؤشر المناخي المهم من خلال الاعتماد على البيانات المناخية المسجلة لهذا المؤشر في المحطات المناخية ومعرفة اتجاهات التغير له، ومن خلال استخدام اختبار Mann-Kendall Trend Test (MK) الذي من خلاله تم التعرف إلى الاتجاه الذي اتخذته البيانات المناخية سواء كانت متزايدة أم متناقصة وذلك لما له من دور كبير في التغير المناخي.

من خلال الجدول (3) الذي يبين نتائج اختبار (MK) لبيانات درجة الحرارة السنوية، بحيث يلاحظ أنه إذا كانت قيمة P-Value أقل من مستوى الأهمية $\alpha = 0.05$ فسيتم رفض الفرضية الصفرية (H0) التي تنص على أنه لا يوجد اتجاه في السلسلة الزمنية وقبول الفرضية البديلة (Ha) التي تنص على أنه هناك اتجاه في السلسلة وأنها ذات دلالة احصائية.

الجدول (3) نتائج اختبار Mann-Kendall trend Test (MK) لبيانات درجة الحرارة السنوية (م) في محطات

الدراسة

Mann-Kendall Test	المحطة
-------------------	--------

تفسير الاختبار	alpha	p-value (two tailed test)	Var (S)	Kendall's Tau	Mann-Kendall Statistic (S)	
رفض H0	0.05	* 0.010	3459.667	0.330	153	الباقورة
رفض H0	0.05	* 0.026	3460.667	0.284	132	إربد
رفض H0	0.05	* 0.003	3461.667	0.381	177	رأس منيف
رفض H0	0.05	* 0.038	3459.667	0.265	123	وادي الريان
قبول H0	0.05	0.308	3459.667	0.131	61	السلط
قبول H0	0.05	* 0.050	3458.667	0.246	114	الجامعة الأردنية
قبول H0	0.05	0.622	3458.667	0.065	30	مطار عمان
رفض H0	0.05	* 0.001	3457.667	0.408	189	مطار الملكة علياء
رفض H0	0.05	* 0.001	3459.667	0.433	201	المفرق
رفض H0	0.05	* 0.022	3460.667	0.293	136	الصفواوي
قبول H0	0.05	0.358	3457.667	0.119	55	الرويشد
رفض H0	0.05	* 0.003	3461.667	0.372	173	منطقة الدراسة

* ذات دلالة احصائية عند مستوى الأهمية $\alpha = 0.05$

تبين من الجدول السابق أن هناك تغير في الاتجاه العام لدرجة الحرارة السنوية للفترة 1990-2020 بمنطقة الدراسة يتجه نحو التزايد بدلالة احصائية في أغلب محطات الدراسة باستثناء محطات السلط ومطار عمان والرويشد بدون دلالة احصائية عند مستوى الأهمية $\alpha = 0.05$ وفي منطقة الدراسة أشارت النتائج إلى أن هناك اتجاه عام للتزايد في درجة الحرارة السنوية وبدلالة احصائية.

اتجاه ومعدل التغير السنوي:

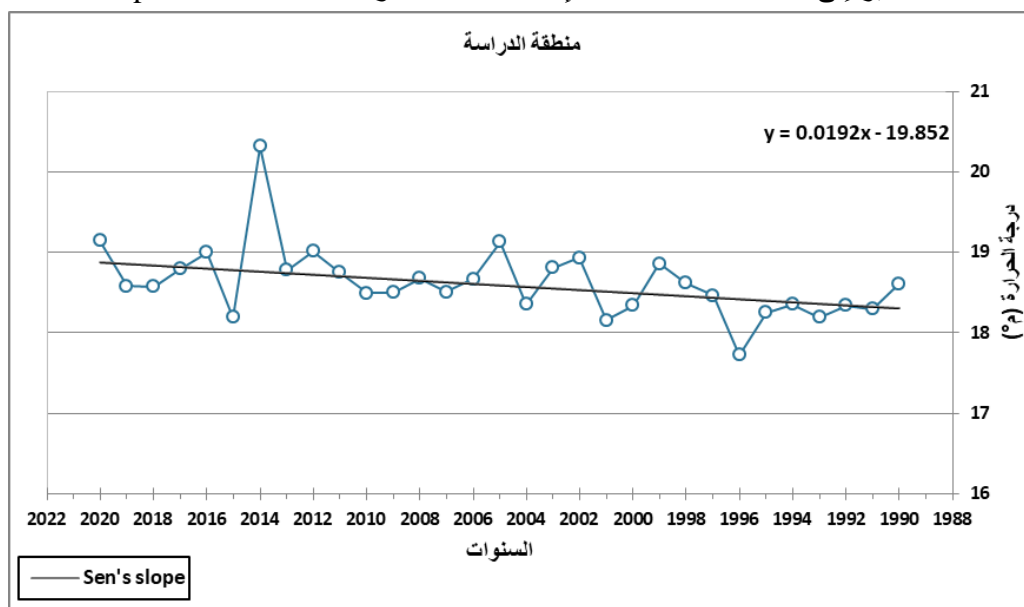
للكشف عن اتجاه ومعدل التغير في المعدلات السنوية لدرجة الحرارة تم استخدام منحدر سين Sen's Slope لتحليل الاتجاه العام ومقدار الميل في بيانات درجة الحرارة السنوية للفترة 1990-2020. يتضح من الجدول (4) والشكل (5) أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة السنوية يتجه نحو التزايد في جميع محطات الدراسة وبدلالة إحصائية، باستثناء محطات مطار عمان والرويشد والسلط بدون دلالة إحصائية، إذ سجل أعلى مقدار للتغير خلال فترة الدراسة في محطتي رأس منيف والمفرق فقد بلغ 1 و 1.1 م° على التوالي، وأقل مقدار للتغير بلغ 0.1 م° في محطة مطار عمان، فيما كان الاتجاه العام في منطقة الدراسة ككل يتجه نحو التزايد وبدلالة إحصائية بواقع 0.6 م°.

الجدول (4) مقدار التغير في اتجاه السلاسل الزمنية لدرجة الحرارة السنوية (م°) في محطات الدراسة للفترة 1990-2020.

مقدار التغير	Mann-Kendall Test			المحطات
	alpha	p-value	sen's slope (الاتجاه)	
0.8	0.05	* 0.010	0.028	الباقورة
0.9	0.05	* 0.026	0.030	إربد
1	0.05	* 0.003	0.033	رأس منيف
0.5	0.05	* 0.038	0.0186	وادي الريان

0.3	0.05	0.308	0.009	السلط
0.6	0.05	* 0.050	0.0187	الجامعة الأردنية
0.1	0.05	0.622	0.003	مطار عمان
0.9	0.05	* 0.001	0.0303	مطار الملكة علياء
1.1	0.05	* 0.001	0.0365	المفرق
0.8	0.05	* 0.022	0.0292	الصفواوي
0.2	0.05	0.358	0.0066	الرويشد
0.6	0.05	* 0.003	0.0192	منطقة الدراسة

* تشير إلى المحطات ذات الدلالة الإحصائية عند مستوى الأهمية $\alpha = 0.05$



الشكل (5) الرسم البياني لخط الاتجاه لبيانات درجة الحرارة السنوية (م°) بمنطقة الدراسة للفترة 1990-2020 يتضح مما سبق ان الاتجاه العام لدرجات الحرارة السنوية (م°) اتخذ اتجاهًا عاماً نحو الارتفاع في منطقة الدراسة إذ بلغ معدل التغير 0.6 م° خلال فترة الدراسة 1990-2020. كما يتضح التباين في معدلات التغير العامة المحققة لدرجات الحرارة مكانياً وزمانياً، حيث بلغ أعلى مقدار للتغير في درجات الحرارة السنوية في محطة رأس منيف بقيمة بلغت 1 م°، وأما أقل مقدار للتغير خلال فترة الدراسة 1990-2020، فقد سجل في محطة مطار عمان إذ بلغ 0.1 م°، تشير هذه النتائج إلى أن منطقة الدراسة تشهد ارتفاعاً في درجات الحرارة ويعد هذا مؤشراً واضحاً على حدوث التغير المناخي.

تغير هطول الأمطار السنوي واتجاهها العام:

يشير الجدول (5) إلى نتائج اختبار (MK) لبيانات الأمطار السنوية (ملم)، للكشف عن اتجاه ونمط الأمطار السنوية في محطات الدراسة للفترة 1990-2020. بحيث يلاحظ أنه إذا كانت قيمة P-Value أقل من مستوى الأهمية $\alpha = 0.05$ فسيتم رفض الفرضية الصفرية (H_0) التي تنص على أنه لا يوجد اتجاه في السلسلة الزمنية وقبول الفرضية البديلة (H_a) التي تنص على أنه هناك اتجاه في السلسلة وأنها ذات دلالة إحصائية. الجدول (5) نتائج اختبار Mann-Kendall trend Test (MK) لبيانات الأمطار السنوية (ملم) في محطات الدراسة

Mann-Kendall Test						المحطة
تفسير الاختبار	alpha	p-value (two tailed test)	Var (S)	Kendall's Tau	Mann-Kendall Statistic (S)	
قبول H0	0.05	0.324	3461.667	0.127 -	59 -	الباقورة
قبول H0	0.05	0.163	3461.667	0.178 -	83 -	إربد
قبول H0	0.05	0.262	3461.667	0.144 -	67 -	رأس منيف
قبول H0	0.05	0.367	3452.000	0.117 -	54 -	وادي الريان
رفض H0	0.05	* 0.004	3461.667	0.368 -	171 -	السلط
قبول H0	0.05	0.786	3461.667	0.037 -	17 -	الجامعة الأردنية
قبول H0	0.05	0.541	3461.667	0.080 -	13 -	مطار عمان
قبول H0	0.05	0.518	3461.667	0.084 -	39 -	مطار الملكة علياء
قبول H0	0.05	0.053	3461.667	0.247 -	115 -	المفرق
قبول H0	0.05	0.118	3461.667	0.200 -	93 -	الصفواوي
قبول H0	0.05	0.455	3461.667	0.097-	45 -	الرويشد
رفض H0	0.05	* 0.032	3461.667	0.273 -	127 -	منطقة الدراسة

* ذات دلالة احصائية عند مستوى الأهمية $\alpha = 0.05$

تبين من الجدول السابق أن هناك تغير في اتجاه ونمط الأمطار السنوية خلال فترة الدراسة يتجه نحو التناقص فقد جاء بدون دلالة احصائية عند مستوى الأهمية $\alpha=0.05$ في جميع محطات الدراسة باستثناء محطة السلط بدلالة احصائية، أما منطقة الدراسة ككل جاء اتجاه تناقص الأمطار بدلالة احصائية.

اتجاه ومعدل التغير السنوي لهطول الأمطار:

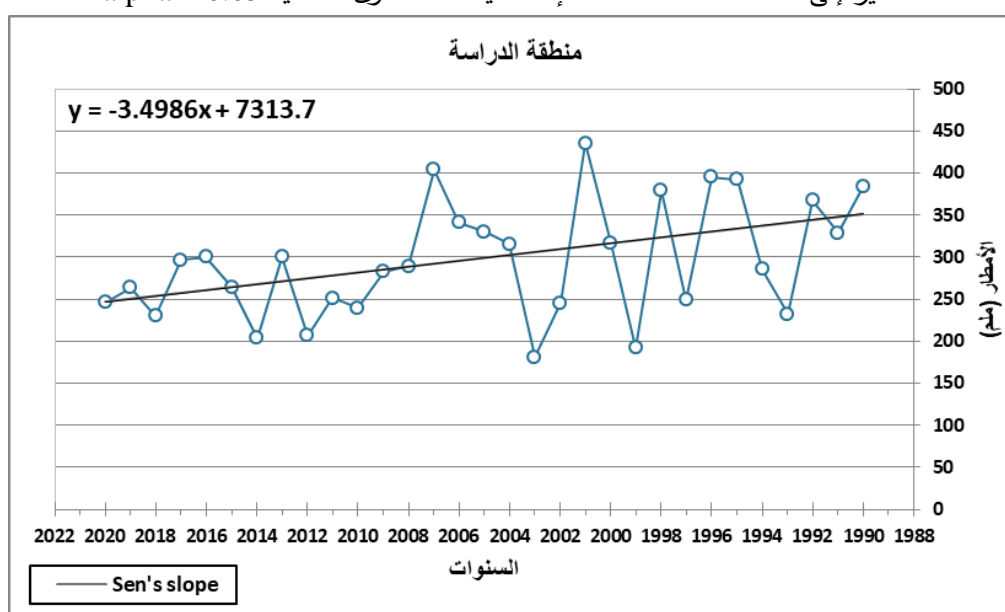
للكشف عن اتجاه ومعدل التغير في معدلات الأمطار السنوية (ملم) تم استخدام منحدر سين Sen's Slope لتحليل الاتجاه العام ومقدار الميل في بيانات الأمطار السنوية (ملم) للفترة 1990-2020. يتضح من الجدول (6) والشكل (6) أن الاتجاه العام للأمطار السنوية يتجه نحو التناقص في جميع محطات الدراسة بدون دلالة إحصائية، باستثناء محطة السلط إذ كان الاتجاه العام متناقص وبدلالة إحصائية، سجل أعلى مقدار للتغير خلال فترة الدراسة في محطات السلط ورأس منيف وإربد فقد بلغ - 188.1 و - 180.2 و - 161 ملم على التوالي، وأقل مقدار للتغير بلغ - 16.8 ملم في محطتي مطار الملكة علياء والجامعة الأردنية، فيما كان الاتجاه العام لمنطقة الدراسة ككل يتجه نحو التناقص وبدلالة إحصائية فقد بلغ - 104.9 ملم.

الجدول (6) مقدار التغير في اتجاه السلاسل الزمنية للأمطار السنوية (ملم) في محطات الدراسة للفترة 1990-2020.

مقدار التغير (ملم)	Mann-Kendall Test			المحطات
	alpha	p-value	sen's slope (الاتجاه)	
71.6 -	0.05	0.324	2.384 -	الباقورة
161 -	0.05	0.163	5.367 -	إربد
180.2 -	0.05	0.262	6.005 -	رأس منيف
42.4 -	0.05	0.367	1.415 -	وادي الريان

188.1 -	0.05	* 0.004	6.271 -	السلط
16.8 -	0.05	0.786	0.558 -	الجامعة الأردنية
80 -	0.05	0.103	2.668 -	مطار عمان
				مطار الملكة علياء
16.8 -	0.05	0.518	0.559 -	المفرق
65 -	0.05	0.053	2.167 -	الصفواوي
41 -	0.05	0.118	0.967 -	الرويشد
18 -	0.05	0.455	0.600 -	منطقة الدراسة
104.9 -	0.05	* 0.032	3.499 -	

* تشير إلى المحطات ذات الدلالة الإحصائية عند مستوى الأهمية $\alpha = 0.05$



الشكل (6) الرسم البياني لخط الاتجاه العام المقابل لبيانات الأمطار السنوية (ملم) بمنطقة الدراسة للفترة 1990-2020 يتبع التغيير في درجات الحرارة (م°) وهطول الأمطار (ملم) التغيير المناخي، وتختلف شدة التغيير بمقدار تغيير هذه العناصر، وبصفة عامة عند حدوث زيادة في درجات الحرارة فإنه يقابلها انخفاض في كميات الأمطار وتباينها مكانياً وزمانياً. أما مكانياً فتختلف شدة التغيير باختلاف الموقع الجغرافي والفلكي بحيث ترتفع درجات الحرارة في أماكن وتنخفض في أماكن أخرى يتبعها انخفاضاً في كميات الأمطار الهائلة. أما زمانياً فيتبع الارتفاع في درجات الحرارة في فترة معينة انخفاضاً في كميات الأمطار في نفس الفترة وتغير نمطها⁽¹⁾.

شهدت منطقة الدراسة انخفاضاً في معدلات الأمطار السنوية بمقدار - 104.9 ملم خلال فترة الدراسة 1990-2020 في الوقت الذي ارتفعت فيه درجات الحرارة بمقدار 0.6 م°، وتباين هذا الانخفاض مكانياً بحسب المواقع الجغرافية للمحطات المناخية بمنطقة الدراسة، في حين سجل أعلى مقدار للتغيير في درجة الحرارة نحو التزايد في محطة رأس منيف 1 م°، سجل أعلى مقدار للتغيير في هطول الأمطار نحو التناقص في نفس المحطة فقد بلغ - 180.2 ملم،

Zhang et al., (2019). Tracking climate change in Central Asia through temperature and precipitation extremes. *Journal of Geographical Sciences*, 29, (pp 3-28).

وسجل أقل مقدار للتغير نحو التناقص في محطتي الجامعة الأردنية ومطار الملكة علياء بمقدار - 16.8 ملم، وبينما كان اتجاه درجات الحرارة السنوية يتجه نحو التزايد فقد تناقصت معدلات الأمطار السنوية نسبياً مع مقدار التزايد في درجة الحرارة، تعد هذه مؤشرات مؤكدة على التغير المناخي في منطقة الدراسة. هذا يتفق مع ما توصلت إليه دراسات التغير المناخي محلياً وإقليمياً منها دراسة صمادي وآخرون (Smadi el at، 2006) حيث أشارت إلى اتجاه متناقص في الأمطار في منطقة البحر المتوسط، ودراسة بني دومي (Bani-Domi، 2005) التي بينت أن درجات الحرارة أظهرت اتجاهها متزايداً في متوسطات الحرارة السنوية العظمى والصغرى للفترة 1964-1999، ودراسة معتوق وآخرون (Matouq et al، 2013) التي توقعت انخفاض معدل هطول الأمطار في المناطق الشمالية (30 ملم) والجنوبية والوسطى (50 ملم)، ودراسة محمد وفلاح (Mohammed & Fallah، 2019) التي توصلت إلى أن الاتجاه العام لهطول الأمطار انخفض بمقدار - 189 ملم، رافق ذلك زيادة في الاتجاه العام لدرجة الحرارة بمقدار 0.9 م° في منطقة الشيخ بدر (سوريا).

النتائج والتوصيات:

بناءً على التحليل السابق، يمكن تلخيص أهم نتائج الدراسة بما يلي:

- 1- بينت النتائج أن المعدل السنوي لدرجات الحرارة (م°) تراوحت بين 17.7 م° و 20.4 م°، وأن أعلى المعدلات السنوية خال فترة الدراسة سجلت في سنة 2014، وسجلت أدنى المعدلات السنوية لدرجات الحرارة في سنة 1996، ويشير هذا إلى ظاهرة اختلاف الخصائص الطبيعية للغلاف الجوي.
- 2- شهدت منطقة الدراسة للفترة 1990-2020 تنذباً واضحاً في كميات الأمطار السنوية، حيث ارتفعت في بعض السنوات لأكثر من المعدل العام البالغ 295 (ملم) وتناقصها في سنوات أخرى إلى أقل من المعدل العام.
- 3- بينت نتائج اختبار مان كيندال Mann Kendall Test ومقدر الانحدار سين Sen's Slope لبيانات درجة الحرارة السنوية وجود تغير في الاتجاه العام لدرجات الحرارة السنوية للفترة 1990-2020 في منطقة الدراسة يتجه نحو التزايد بمقدار 0.6 م° وبدلالة إحصائية عند مستوى الأهمية $\alpha = 0.05$ ، إذ سجل أعلى مقدار للتغير في محطتي رأس منيف والمفرق بواقع 1 و 1.1 م° على التوالي، وأقل مقدار للتغير بلغ 0.1 م° سجل في محطة مطار عمان، ويشير هذا إلى أن منطقة الدراسة تشهد تغير مناخي واضح.
- 4- أظهرت نتائج اختبار مان كيندال Mann Kendall Test ومقدر الانحدار سين Sen's Slope لاتجاه الأمطار السنوية (ملم) خلال فترة الدراسة 1990-2020 وجود تناقص في اتجاه هطول الأمطار بلغ - 104.9 (ملم) وبدلالة إحصائية عند مستوى الأهمية $\alpha = 0.05$. كما أشارت النتائج إلى أن أعلى مقدار للتغير خلال فترة الدراسة 1990-2020 سجل في محطات السلط ورأس منيف وإربد بواقع - 188.1 و - 180.2 و - 161 (ملم) على التوالي، وأن أقل مقدار للتغير سجل في محطتي مطار الملكة علياء والجامعة الأردنية بقيمة بلغت - 16.8 (ملم) وبدون دلالة إحصائية عند مستوى الأهمية $\alpha = 0.05$.

التوصيات:

بناءً على نتائج التي توصلت لها الدراسة توصي بما يلي:

- 1- ضرورة العمل على إيجاد طرق للحد من التغير المناخي للتقليل من ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الأمطار لتجنب الآثار السلبية الناتجة عن التغير المناخي مستقبلاً.
- 2- وضع خطط لحماية وإدارة الموارد الطبيعية والعمل على الحد من التلوث.

- 3- الحاجة إلى وضع وتحسين سياسات تعالج فقدان التنوع البيولوجي وتغير المناخ بطريقة متكاملة.
- 4- التأقلم البيئي واستخدام رأس المال الطبيعي للتكيف مع آثار تغير المناخ.
- 5- ضرورة العمل على وضع وتحسين سياسات تعالج عملية استنزاف المياه الجوفية، وتغير المناخ بطرق متكاملة.
- 6- العمل على إنشاء سد في منطقة غور (وادي) الأردن لتجميع مياه نهر يرموك والأردن والتي تمثل الباقورة نقطة الالتقاءهما للاستفادة منها للاستعمالات المختلفة.

المراجع:

أولاً: المراجع العربية

- المعموري، بدر، والألوسي، أحمد، (2016)، تحديد مؤشرات التغير المناخي من خلال تحليل كمية الأمطار في العراق، مجلة كلية التربية للبنات، مج27، ع1، 1-12.
- المبارك، حصه، والحاجي، زكية، (2019)، تحليل أثر ارتفاع درجة الحرارة على التوسعات العمرانية الأفقية في محافظة الإحساء دراسة تطبيقية باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة العربية للدراسات الجغرافية، عدد2، ص73-110.
- العرو، ابراهيم، البلبيسي، حسام، الغنيم، طارق، (2018)، التغيرات المناخية الحديثة وأثرها على الغطاء النباتي في حوض وادي عربة الشمالي، بحوث ومقالات، المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية، مج11، ع5، 347-362.
- زيتون، محمد، وشحادة، نعمان، (2015)، مؤشرات التغير المناخي في شمال الأردن، بحوث ومقالات، المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية، مج42، ملحق 2.
- الزغول، يوسف. (2019). الخصائص المناخية لأقاليم الأردن الجغرافية ودورها في دعم صناعة السياحة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد (دراسة في الجغرافيا التطبيقية)، رسالة ماجستير، جامعة اليرموك (ص10).

دائرة الأرصاد الجوية الأردنية - عمان - 2021.

ثانياً: قائمة المراجع الأجنبية والمرومنة:

- قائمة المراجع المرومنة:

Al-Aroud, Ibrahim, Al-Bilbisi, Hussam, Al-Ghunaimeen, Tariq (2018), recent climate changes and their impact on the vegetation cover in the northern Wadi Araba basin, research and articles, Jordanian Journal of Social Sciences, Vol. 11, p. 5, 362-347.

Al-Mamouri, Badr, and Al-Alusi, Ahmed, (2016), identifying indicators of climate change through analyzing the amount of rain in Iraq, Journal of the College of Education for Girls, Vol. 27, p. 1, 1-12.

Al-Mubarak, Hessa, and Al-Hajji, Zakia, (2019), Analysis of the effect of high temperature on horizontal urban expansions in Al-Ahsa Governorate, an applied study using remote sensing technology and geographic information systems, Arab Journal of Geographical Studies, No. 2, pp. 73-110.

Al-Zaghou, Youssef (2019). The climatic characteristics of Jordan's geographical regions and their role in supporting the tourism industry using geographic information systems and remote sensing (a study in applied geography), Master's thesis, Yarmouk University (p. 10).

Jordan Meteorological Department - Amman - 2021.

Zaitoun, Muhammad, and Shehadeh, Noman, (2015), Climate Change Indicators in Northern Jordan, Research and Articles, Jordanian Journal of Social Sciences, Volume 42, Appendix 2.

– قائمة المراجع الأجنبية:

Bani-Domi. (2005). Trend analysis of temperatures and precipitation in Jordan, Umm Al-Qura University, Journal of Educational ,Social Sciences And Humanities Vol. 17, No. 1, (pp16-36).

Bihrat, Ö. N. Ö. Z., & Bayazit, M. (2003). The power of statistical tests for trend detection. Turkish journal of engineering and environmental sciences, 27(4), 247-251.

Drápela, K., & Drápelová, I. (2011). Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bílý Kříž (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997-2010. Beskydy, 4(2), 133-146.

Drápela, K., & Drápelová, I. (2011). Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bílý Kříž (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997-2010. Beskydy, 4(2), 133-146.

Hamed, K. H., & Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of hydrology*, 204(1-4), 182-196.

Kendall, M. G. (1970). Rank Correlation Methods." Griffin, London.

Koudahe, K., Koffi, D., Kayode, J., Awokola, S., & Adebola, A. (2018). Impact of climate variability on crop yields in southern Togo. Environment Pollution and Climate Change, 2(1), (pp 1-9).

Mann, H. B. (1945). Non-parametric tests against trend: Econo-metrica v. 13.

Matouq, M., El-Hasan, T., Al-Bilbisi, H., Abdelhadi, M., Hindiyeh, M., Eslamian, S., & Duheisat, S. (2013). The climate change implication on Jordan: A case study using GIS and Artificial Neural Networks for weather forecasting. Journal of Taibah University for Science, 7(2), 44-55.

Mohammed, S. A., & Fallah, R. Q. (2019). Climate change indicators in AlSheikh-Badr basin (Syria). Geography, Environment, Sustainability, 12(2), 87-96.

Motiee, H., & McBean, E. (2009). An assessment of long-term trends in hydrologic components and implications for water levels in Lake Superior. Hydrology Research, 40(6),(pp 564-579).

Motiee, H., & McBean, E. (2009). An assessment of long-term trends in hydrologic components and implications for water levels in Lake Superior. Hydrology Research, 40(6), 564-579.

Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association, 63, (pp 1379–1389).

Smadi, M. M., & Zghoul, A. (2006). A sudden change in rainfall characteristics in Amman, Jordan during the mid 1950s. *American Journal of Environmental Sciences*, 2(3), 84-91.

Stuart, A. (1977). Spearman-like computation of Kendall's tau. British Journal of Mathematical and Statistical Psychology, 30(1), 104-112.

Tabari, H., Marofi, S., Aeini, A., Talaei, P. H., & Mohammadi, K. (2011). Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran. Agricultural and forest meteorology, 151(2), 128-136.

Tabari, H., Marofi, S., Aeini, A., Talaei, P. H., & Mohammadi, K. (2011). Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran. Agricultural and forest meteorology, 151(2), (pp128-136).

Wei, X., Walia, V., Lin, J. C., Teer, J. K., Prickett, T. D., Gartner, J., ... & Samuels, Y. (2011). Exome sequencing identifies GRIN2A as frequently mutated in melanoma. *Nature genetics*, 43(5), 442-446.

IPCC, (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Geneva. -