اتجاه تغير الأمطار السنوية في المفرق خلال الفترة من 1986- 2023

د. يوسف أحمد الزغول*

تاريخ وصول البحث: 2024/3/7م تاريخ قبول البحث: 2024/7/28م

الملخص

تناول الدراسة اتجاه تغير الأمطار السنوية في المفرق من خلال تحليل البيانات المطرية لثلاث محطات مناخية تمثل منطقة الدراسة هي: (المفرق، الصفاوي، الرويشد) للفترة (1986-2023)، وقد تم تقسيم هذه الفترة إلى فترتين، الفترة الأولى (1987-2004)، والفترة الثانية (2005-2023)، بهدف الكشف عن أية فروق في كميات الأمطار بين متوسطات الفترتين. واستخدمت الدراسة بعض الأساليب الإحصائية والعلاقات الرياضية، كمعادلة خط الانحدار، وأسلوب المتوسطات النصفية، والمتوسطات المتحركة الثلاثية، واختبار (T-test) لتحديد فيما إذا كان هناك فروق ذات دلالة احصائية بين متوسطات الفترتين عند مستوى الأهمية (a≤0.05). وتوصلت الدراسة إلى أن الاتجاه العام للأمطار بمنطقة الدراسة يتجه نحو التناقص مع وجود تباين مكاني في مقدار التناقص بين محطة وأخرى، إذ انخفضت الأمطار في المحطات المناخية (المفرق، الصفاوي، الرويشد) في الفترة الثانية بواقع (29.3، 12.6، 2.9 ملم) على التوالي، وهذا الانخفاض كان بدلالة إحصائية في جميع المحطات، كما توصلت الدراسة إلى أن منطقة الدراسة تعرضت إلى أربع فترات جفاف انخفضت خلالها كميات الأمطار بشكل ملحوظ في معدلاتها عن المتوسط العام للأمطار، وأربع فترات رطوبة كانت معدلات الأمطار خلالها أعلى من المتوسط العام للأمطار. وتشير النتائج السابقة إلى أن تناقص الأمطار خلال فترة الدراسة هو مؤشر على التغير المناخي في المنطقة.

الكلمات الدالة: الأمطار، المفرق، الجفاف، الرطوبة، المناخ.

* دكتور.

Trend of Annual Rainfall Change in Mafraq During the Period 1986-2023

Abstract

The study dealt with the trend of annual rainfall change in Mafraq by analyzing rain data for three climate stations representing the study area: (Mafraq, Al-Safawi, Al-Ruwaished) for the period (1986-2023). This period was divided into two periods, the first one (1987-2004), and the second one (2005-2023), with the aim of detecting any differences in rainfall amounts between the averages of the two periods. The study used some statistical methods and mathematical relationships, such as the regression line equation, the half average method, the three-way moving average, and the T-test to determine whether there are statistically significant differences between the averages of the two periods at the level of significance ($a \leq 0.05$). The study concluded that the general trend of rainfall in the study area is decreasing, with a spatial variation in the amount of decrease between one station and another, as rainfall decreased in the climate stations (Mafraq, Al-Safawi, and Al-Ruwaished) in the second period by (29.3, 12.6, 2.9 mm), respectively. This decrease was statistically significant in all stations. The study also found that the study area was exposed to four periods of drought during which rainfall amounts were noticeably lower than the general average rainfall, and four wet periods during which rainfall rates were higher than the general average rainfall. Previous results indicate that the decrease in rainfall during the study period is an indicator of climate change in the region.

Key words: Rain, Mafraq, drought, humidity, climate.

المقدمة:

يعتبر عنصر المطر من أهم العناصر المناخية المؤثرة بمختلف جوانب الحياة، فكميات الأمطار وموسم هطولها لها تأثير مباشر على مختلف الأنشطة الحيوية، ويؤثر المطر على ظاهرة الجريان السطحي، وتعتبر المياه الجوفية من أكثر جوانب البيئة الطبيعية تأثراً بكميات الأمطار، فالتذبذب أو التغير في اتجاه معدلات هطول الأمطار تناقصاً أو تزايداً يؤثر على كمية الأمطار المزودة للخزانات الجوفية (ابراهيم، عبدالعال، 2012).

تتعرض منطقة الشرق الأوسط إلى تغير مناخي يؤدي إلى حدوث اضطرابات في أنماط الهطول إذ إن الاتجاه العام للأمطار في حوض البحر المتوسط غير واضح الاتجاه، وذلك بسبب زيادة نسبة العواصف الترابية، والتباين الكبير في التضاريس (IPCC،2021).

يحدث تغير المناخ من حيث ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض هطول الأمطار، حيث يشير التقرير الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Intergovernmental Panelon Climate Change) الذي تم اصدارة عام (2021) حول التغير المناخي بأن الانخفاض في معدل الهطول المطري والظروف المناخية الأخرى القاسية – بما في ذلك موجات الحر – هي أحداث متكررة، وأشار التقرير كذلك إلى ارتفاع غير مسبوق في درجة الحرارة بنحو (2-4) درجات مئوية خلال القرن العشرين سيشكل مرحلة حرجة بالنسبة لكوكب الأرض، وأن هذه التغيرات ستكون أشد في منطقة شرق المتوسط، نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وانخفاض كميات الأمطار (IPCC،2021).

مشكلة الدراسة:

يشكل التغير المناخي خطراً كبيراً على الموارد المائية، ومن المتوقع أن تؤثر ندرة المياه على كل جانب من جوانب الحياة في المفرق، وهي أكبر تحد أمام التنمية المستدامة. يشكل انخفاض كميات الأمطار السنوية الهاطلة بمنطقة الدراسة الناتج عن التغير المناخي وممارسة المزيد من الضغط على المياه الجوفية إلى تناقص الموارد المائية في منطقة المفرق. حيث تعتبر الأمطار المصدر المتجدد للمياه، ويؤدي تناقص الأمطار إلى مشاكل في كافة مجالات الحياة، مما سيجعل منطقة الدراسة تواجه ضغوطا متزايدة نتيجة شح المياه بسبب زيادة الطلب عليها والتذبذب في معدلات هطول الأمطار. إن الزيادة في ارتفاع درجات الحرارة ستؤدي إلى تغير طبيعة هطول الأمطار والتبخر والثلوج وتدفق ينابيع المياه والعناصر الأخرى التي تؤثر في وفرة المياه وجودتها ليس بمنطقة الدراسة فحسب، بل على مستوى العالم ككل. تتمثل مشكلة الدراسة في التعرف

على واقع اتجاه تغير معدلات الأمطار السنوية في المفرق للعمل على إيجاد حلول من شأنها الحد من انخفاض هطول الأمطار. وتسعى الدراسة إلى الإجابة على التساؤلات الآتية:

1- ما الخصائص العامة للهطول المطري في المفرق، وهل أخذت اتجاها عاما متزايدا ام متناقصا.

2- هل شهدة المنطقة فترات رطوبة وجفاف خلال فترة الدراسة (1986-2023).

أهداف الدراسة:

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1- الكشف عن اتجاهات التغير في كميات الأمطار ومعدلاتها السنوية الهاطلة في المفرق خلال الفترة (1986-2023) ومقدار الدلالة الإحصائية.

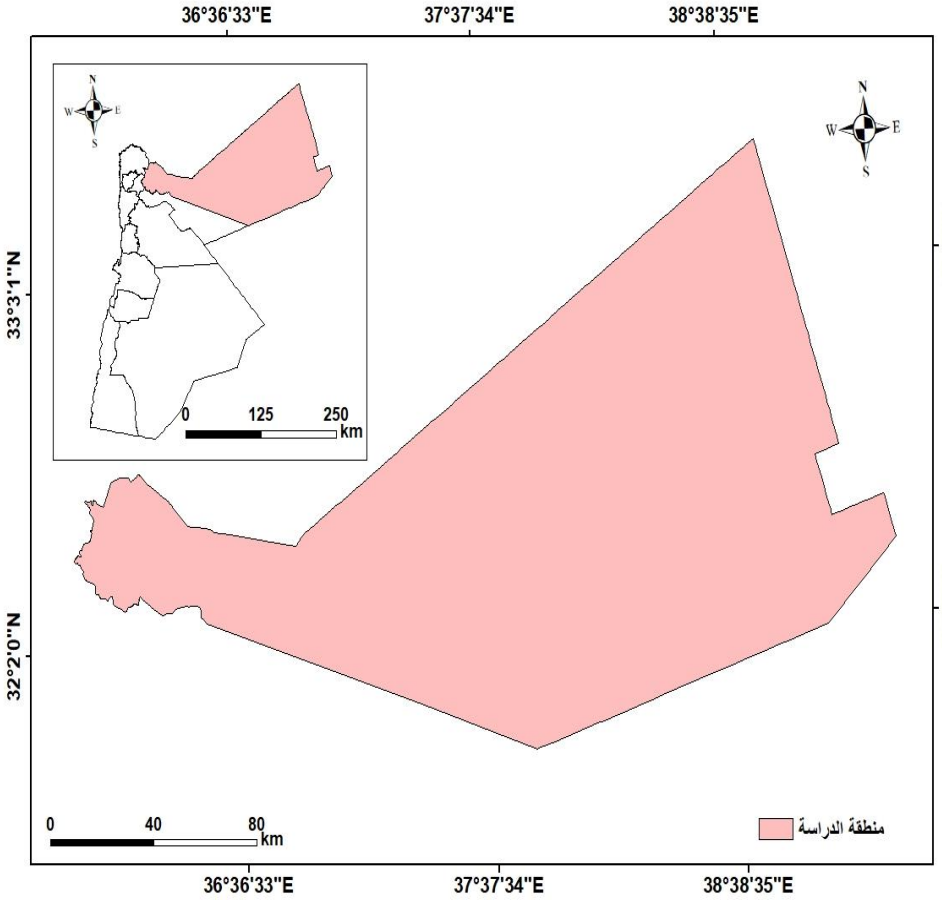
2- تحديد فترات الرطوبة والجفاف التي تعرضت لها منطقة الدراسة والتأثيرات المناخية على الهطول المطري، والتغير في شدتها.

أهمية الدراسة:

تسعى الدراسة إلى توفير معلومات تفصيلية عن خصائص الأمطار العامة واتجاهاتها في المفرق، التي تعد في هذا الوقت من ضروريات اتخاذ القرار بالنسبة للكثير من النشاطات التنموية على المستوى الإقليمي والمحلي. وتأتي أهمية الدراسة من أنها من الدراسات القليلة التي تهتم بدراسة التغير المناخي في منطقة الدراسة من خلال الكشف عن التغير في اتجاهات الأمطار طيلة فترة الدراسة التي تمتد نحو 37 عاما، وتسهم في تسهيل الطريق للباحثين في مجال التغير المناخي في منطقة الدراسة وذلك بدراسة عناصر مناخية أخرى مستقبلاً، كدرجات الحرارة والرطوبة الجوية ومعدلات التبخر.

منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة بين خطي طول (36^{O}-39^{O}) شرقا، وبين دائرتي عرض (32^{O}-33^{O}) شمالا. وتشمل منطقة الدراسة مناطق البادية الشمالية، والشمالية الشرقية، والشمالية الغربية. ويوضح الشكل (1) منطقة الدراسة.



الشكل (1): منطقة الدراسة

الدراسات السابقة:

هناك العديد من الدراسات التي تناولت جوانب التغير المناخي وأثره على الأمطار في مناطق عدة من العالم، فكان منها دراسة (شحادة، 1985) وكشفت عن تناقص ملحوظ في معدل الأمطار السنوي حتى منتصف الستينيات، فُسر تزحزح الضغط المداري المرتفع الذي يقع الأردن على حافته الشمالية نحو الشمال، مما ترتب عليه زحزحه مماثلة لمسارات المنخفضات الجوية التي تعبر البحر المتوسط، كما أن المكونات القارية للرياح الجنوبية الغربية التي ترافق هذه المنخفضات تصبح أكثر قوة، مما يقلل من الرطوبة النسبية لهذه الرياح، ويؤدي إلى تناقص الأمطار.

وهدفت دراسة صمادي وآخرين (2006،et،smadi) إلى معرفة أثر التغيرات المناخية على الأمطار، وتحليل التغيرات التي طرأت على الاتجاه العام للأمطار في منطقة شرق البحر المتوسط، وقد أخذت محطة مطار عمان كحالة دراسية. وأظهرت النتائج أن التغيرات المناخية المحتملة قد أدت إلى تغيرات في الاتجاه العام للأمطار وفي عدد الأيام الماطرة في مطار عمان. كذلك وجود تغير في متوسط هطول الأمطار السنوية وعدد الأيام الماطرة. وقد بين النتائج وجود انخفاض في مجموع الأمطار السنوية خلال فترة الدراسة (1922-2003) وأيضا شهدت انخفاضا في عدد الأيام الماطرة.

كما تناولت دراسة (حمدي، 2009). تحليل بيانات درجة الحرارة والأمطار والرطوبة النسبية لست محطات مناخية في وسط وشمال الأردن، مستخدمة أساليب احصائية عدة كالانحدار الخطي واختبار t، وتوصلت الدراسة إلى عدم وجود اتجاه واضح يدل على زيادة أو نقصان معدلات الأمطار السنوية، كما بينت أن هناك اتجاهاً واضحاً في زيادة معدل الحرارة الصغرى، مع انخفاض المدى السنوي لدرجة الحرارة.

وسعت دراسة (عنانبه، 2011) إلى تحليل تأثير التغير المناخي على أمطار فصل الشتاء (كانون أول، كانون ثاني، وشباط) خلال الفترة (1990-2010)، وأظهرت النتائج اتجاها عاما متناقصا في جميع المحطات المدروسة وقد ظهر التناقص واضحا في عدد الأيام الماطرة مع وجود دلالة احصائية للتناقص في الأمطار وعدد الأيام الماطرة بنسب متفاوتة لما بعد سنة (2000) لعينة المحطات.

تتميز هذه الدراسة عن الدراسات السابقة في أنها تناولت معدلات الأمطار السنوية على مدى (38) عام (1986-2023) لثلاث محطات مناخية مشكلة لمنطقة الدراسة (الصفاوي والرويشد والمفرق)، واستخدمت العديد من الأساليب الاحصائية مثل: معادلة خط الانحدار، والمتوسطات الثلاثية المتحركة، وأسلوب المتوسطات النصفية، واختبار (T-Test) للعينات المستقلة للكشف عن الفروق في كميات الأمطار خلال فترة الدراسة، وكذلك استخدمت مقاييس النزعة المركزية مثل (المتوسطات الحسابية، والانحراف المعياري، ومعامل التغير) للوصول للنتائج المحققة.

منهجية الدراسة:

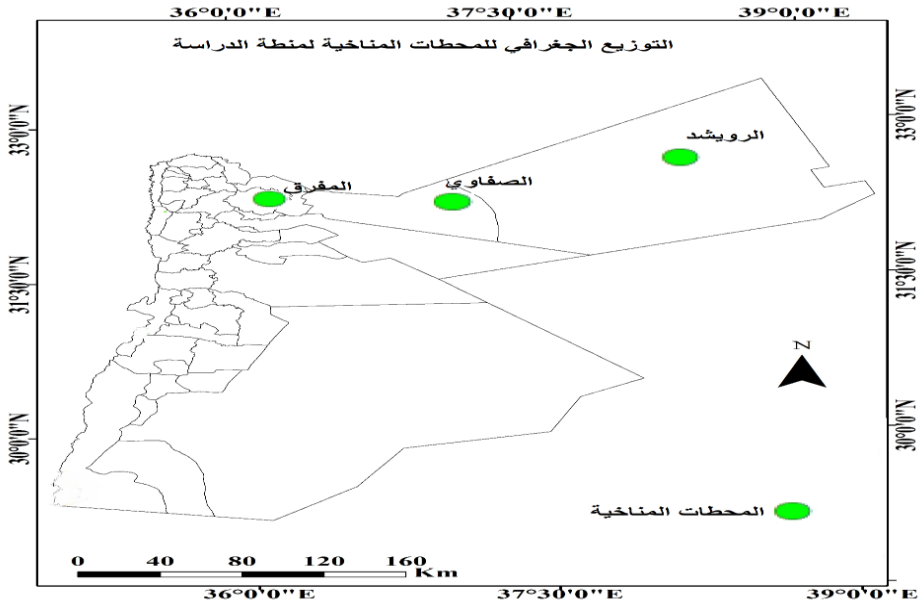
اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لتحليل خصائص الأمطار والتغيرات التي طرأت عليها نتيجة التغير المناخي للفترة (1986-2023)، باستخدام عدد من الأساليب الإحصائية والعلاقات الرياضية لتحليل العلاقة بين متغيرات الدراسة باستخدام Spss وبرنامج Excel.

مصادر الدراسة وطرق جمع البيانات:

1- لقد تم تحديد منطقة الدراسة ومن ثم تم إجراء مسح للمصادر والمعلومات المتوفرة عنها والمتعلقة بموضوع الدراسة من الكتب الجغرافية في المناخ والرسائل الجامعية والأبحاث والتقارير ذات الصلة.

2 - خريطة لمنطقة الدراسة، موضح عليها مواقع المحطات المناخية في منطقة الدراسة شمال الأردن.

3 - البيانات المطرية لثلاث محطات مناخية تمثل منطقة الدراسة (المفرق، الصفاوي، الرويشد) من المحطات التابعة لدائرة الأرصاد الجوية للفترة (1987-2023) الشكل (2)، وتمثل هذه البيانات المناخية كميات الأمطار السنوية، ويبين الجدول (1) الموقع الفلكي لمحطات الدراسة وارتفاع كل منها عن سطح البحر.



الشكل (2): التوزيع الجغرافي للمحطات المناخية لمنطقة الدراسة

الجدول (1): الخصائص المكانية للمحطات المناخية المستخدمة في الدراسة

المحطة	درجة الطول	درجة العرض	الارتفاع عن سطح البحر(متر)
المفرق	36 O.15 '	32 O.22 '	686
الصفاوي / المفرق	38 O.08 '	32 O.12 '	674.2
الرويشد / المفرق	38 O.12 '	32 O.30 '	683

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية – عمان.

الطرق الإحصائية:

أ- تحليل شكل الاتجاه العام للأمطار خلال فترة الدراسة. تم الاعتماد على طريقة المربعات الصغرى (Least Square Method) للتوصل إلى معادلة الاتجاه العام للسلسلة الزمنية (شحادة، 2002).

معادلة خط الانحدار

$Y = a + bx$

y: قيم الاتجاهات للأمطار

x : تمثل الزمن

a: نقطة تقاطع خط الانحدار التي تمثل الأمطار السنوية

b: معدل الانحدار وهو يمثل مقدار التغير في الأمطار السنوية مع مرور كل عام.

وتحسب قيمة كل من b وa باستخدام طريقة المربعات الصغرى حسب المعادلات التالية:

$$b = n \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n \Sigma x2 - (\Sigma x)2$$

$$a = \Sigma x2 \Sigma y - \Sigma x \Sigma xy / / n \Sigma x2 - (\Sigma x)$$

ب – استخدام أسلوب المتوسطات النصفية واختبار (t-test) للعينات المستقلة للكشف عن الفروق في كميات الأمطار خلال فترة الدراسة، من خلال تحديد معنوية الفروق في المتوسطات الحسابية لكميات الأمطار خلال فترة الدراسة، حيث سيتم تقسيم فترة الدراسة الكلية إلى فترتين متساويتين: الأولى تمثل الفترة (1985-2000) والفترة الثانية (2001-2016) (شحادة، 1978).

معادلة T-Test

$$t = (x_1 - x_2) / \sqrt{(s^2_1/n_1) + (s^2_2/n)}$$

2006)،(kanji

حيث إن:

$\bar{X}1$ = الوسط الحسابي للأمطار في الفترة الأولى.

$\bar{x}2$ = الوسط الحسابي للأمطار في الفترة الثانية.

S21 = التباين للأمطار في الفترة الأولى.

S22 = التباين للأمطار في الفترة الثانية.

n1 = عدد السنوات في الفترة الأولى.

n2 = عدد السنوات في الفترة الثانية.

ج – استخدام مقاييس النزعة المركزية، مثل: (المتوسطات الحسابية والانحراف المعياري ومعامل التغير) للتعرف إلى مدى تغير أو تباين الأمطار في المحطات المناخية المختارة في منطقة الدراسة، يمكن من خلال حساب الانحراف المعياري ومعامل التغير للأمطار معرفة مدى التباين في كميات الأمطار السنوية، ويتم الحصول عليه بتربيع انحراف الأمطار عن المعدل العام لها خلال فترة الدراسة، وقسمتها على عدد السنوات خلال فترة الدراسة، ثم إيجاد الجذر التربيعي للتباين (شحادة، 2002). وللتعرف إلى مدى التغير الذي تتعرض له الأمطار في منطقة الدراسة واختلاف ذلك حسب المحطات المناخية، وتم حساب معامل التغير الذي تم الحصول علية على النحو الآتي:

$$C.V.\ (\%) = (S/\overline{X}) * 100$$

حيث إن:

c.v. = معامل التغير.

S = الانحراف المعياري.

X = الوسط الحسابي للأمطار خلال فترة الدراسة.

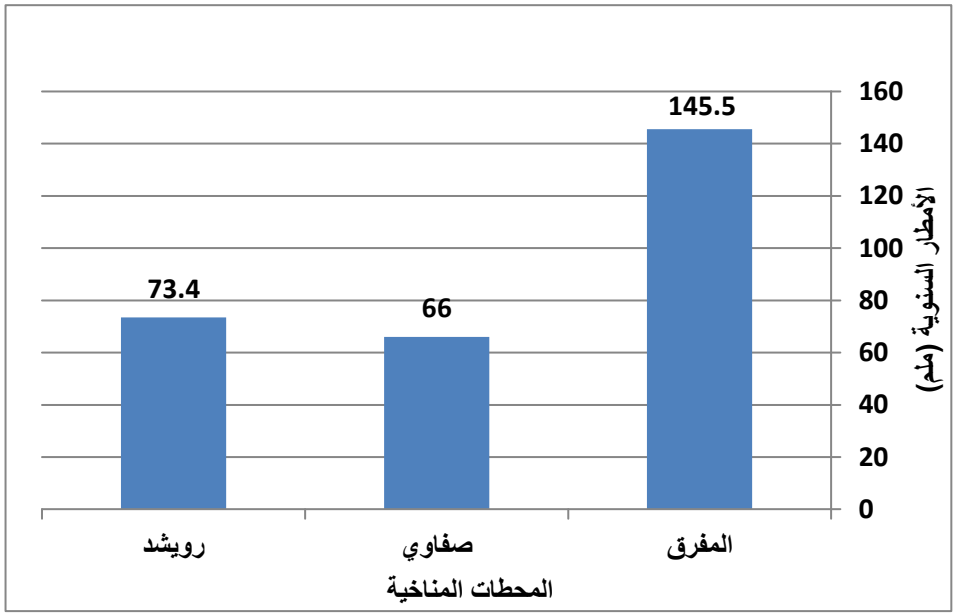
د– استخدام اسلوب المتوسطات المتحركة الثلاثية في دراسة اتجاهات التغير في كميات الأمطار، وذلك للتعرف على انحراف كميات الأمطار عن خط المتوسط العام، ويتم إيجاد المتوسطات

المتحركة بجمع قيم كل ثلاث سنوات متعاقبة ومتداخلة، وقسمتها على عددها وتثبيتها أمام السنوات الوسطى (الصالح والسرياني، 1979).

التحليل والمناقشة:

المتوسطات السنوية للأمطار

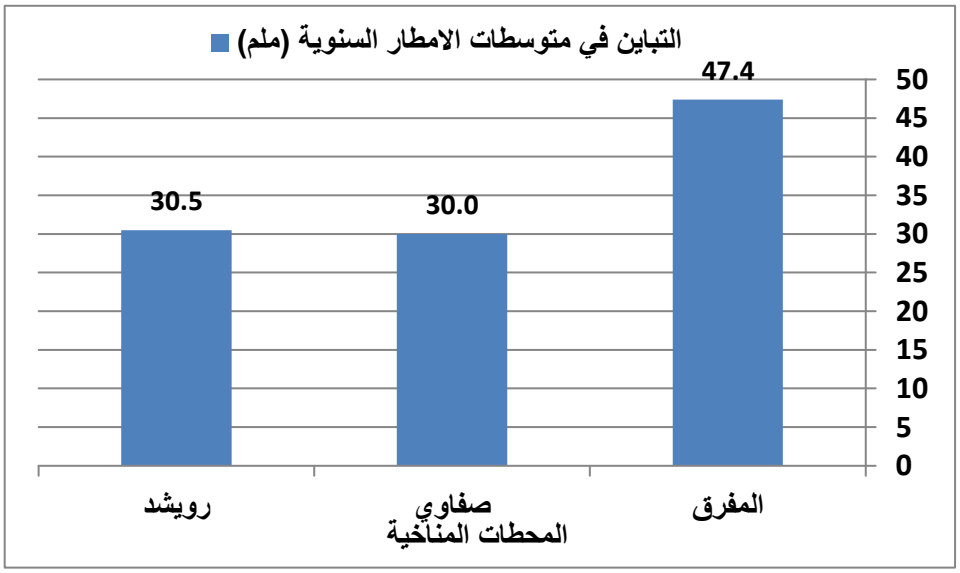
تعد المتوسطات السنوية للأمطار من الوسائل الهامة في توضيح كمياتها لفترة محددة، وفي هذا الجزء من الدراسة تم حساب المتوسطات السنوية للأمطار لفترة 38 عام - فترة الدراسة (1986-2023) ويوضح الشكل (3) قيم المتوسطات السنوية للأمطار في المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة.



الشكل (3): المتوسطات السنوية للأمطار في المحطات المناخية لمنطقة الدراسة

يشير الشكل (3) إلى أن المتوسط العام للأمطار في منطقة الدراسة يبلغ نحو(95 ملم)، وهذا يدل على أن منطقة الدراسة تصنف ضمن المناطق الجافة وشبة الجافة وفقا لتصنيف كوبن، ويظهر أيضاً أن هناك تباين بين محطات الدراسة، ويظهر من خلال المتوسطات السنوية للأمطار في المحطات المناخية في منطقة الدراسة التفاوت في الكميات السنوية للأمطار بين هذه المحطات، في حين أن محطة المفرق سجلت أعلى المتوسطات من بين محطات الدراسة بقيمة بلغت (145.5

ملم)، ويبلغ المتوسط السنوي للأمطار في محطة الرويشد نحو (73.4 ملم) وفي محطة الصفاوي بلغ المتوسط نحو (66 ملم) الشكل (4) الذي يبين التباين في المتوسطات السنوية للأمطار.



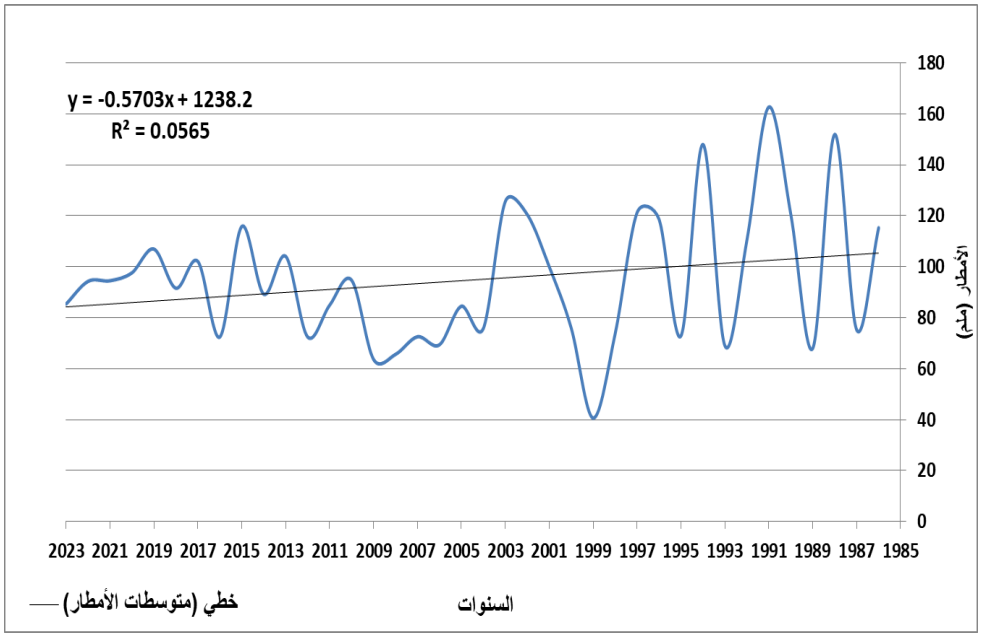
الشكل (4): التباين في متوسطات الأمطار السنوية (ملم) في محطات الدراسة للفترة (1986-2023)

وبشكل عام، فإن يتضح من خلال المتوسطات السنوية للأمطار في محطات الدراسة أن هناك اختلافات مطلقة في كميات الأمطار، الأمر الذي ينعكس على البيئة سلباً. وبمقارنة هذه المتوسطات مع المتوسطات السنوية السابقة للأمطار نلاحظ وفي منطقة الرويشد بلغ مقدار التباين نحو 30.5، نجد أنها تعاني من تناقص في كميات الأمطار، وكذلك بالنسبة لمحطات المفرق والصفاوي التي بلغ مقدار التباين نحو 47.4 و30 على التوالي.

اتجاه التغير العام للأمطار في منطقة الدراسة:

للتعرف إلى اتجاه التغير العام في الأمطار بمنطقة الدراسة، تم اجراء تحليل الانحدار الخطي، وإيجاد ثابت علاقة الانحدار (a: نقطة أساس الانحدار، وتمثل نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور الصادي)، ومعامل (b: معامل انحدار الخط المستقيم) ومعامل الارتباط (r) ومعامل التفسير(r2)، وقيمة الخطأ المعياري للتقدير. والدلالة الإحصائية لمعنوية قيم معامل الارتباط عند مستوى الأهمية (a≤0.05) باستخدام اختبار (T-test). ويلاحظ بأنه عندما تكون قيمة (r) و

(b) موجبة (+) يكون اتجاه الأمطار متزايداً خلال فترة الدراسة، وعندما تكون قيمة (r) و(b) سالبة (-) يكون اتجاه الأمطار متناقصاً خلال فترة الدراسة، يوضح الشكل (5) اتجاه تغير الأمطار ومعادلة الانحدار الخطي في منطقة الدراسة.

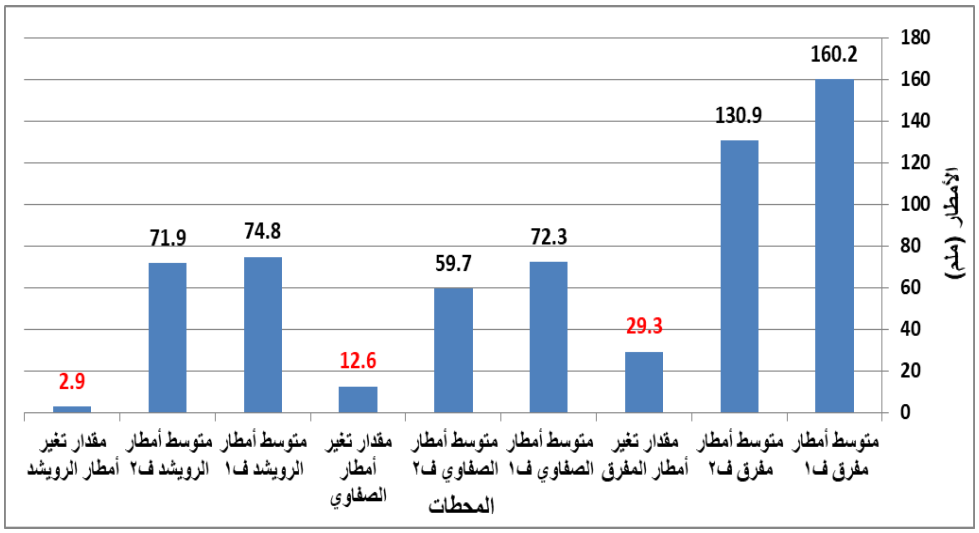


الشكل (5): اتجاه تغير الأمطار ومعادلة الانحدار الخطي في منطقة الدراسة للفترة (1986-2023)

يوضح الشكل (5) أن قيمة معامل الارتباط (r) موجبة وقيمة الانحدار(b) سالبة (-) حيث بلغت قيمة الارتباط (**R**) - 0.5703 يشير هذا إلى أن اتجاه الأمطار في منطقة الدراسة اتخذ اتجاهاً متناقصاً خلال فترة الدراسة، أي أنه يوجد ارتباط خطي عكسي بين الأمطار والزمن، ويؤكد ذلك قيمة معامل التفسير (R^2) البالغة 0.0565، وتدل على أن حوالي 6% من التغيرات الحاصلة في هطول الأمطار يتم تفسيرها من خلال الزمن. وقد تبين من اختبار الأهمية الإحصائية لقيمة معامل الارتباط عند مستوى الأهمية $a \leq 0.05$ وجود دلالة إحصائية، ويؤكد ذلك القيمة الصغيرة للخطأ المعياري للتقدير والبالغة (26.7 ملم) والتي تدل على ارتباط التغير في الأمطار بالتغير عبر الزمن.

تغير اتجاه الأمطار العام خلال فترة الدراسة:

للكشف عن التغير في المتوسطات السنوية للأمطار في منطقة الدراسة خلال الفترة (1986-2023) تم استخدام طريقة المتوسطات النصفية، وتعتمد هذه الطريقة على تقسيم البيانات المطرية إلى فترتين متساويتين خلال فترة الدراسة، يتم ايجاد المتوسط الحسابي للأمطار السنوية لكل فترة، وإيجاد معدل التغير السنوي بالزيادة والنقصان، وذلك بقسمة الفرق بين المتوسطين على عدد السنوات خلال الفترة الممتدة من نصف الفترة الأولى (1986-2004) إلى نصف الفترة الثانية (2005-2023) (شحادة، 1978) الشكل (6) الذي يبين الأوساط الحسابية لكل فترة ومقدار التغير لكل محطة.



الشكل (6): الأوساط الحسابية لكل فترة ومقدار التغير لكل محطة خلال فترتي القياس

يظهر في الشكل (6) أن الاتجاه العام للأمطار السنوية في منطقة الدراسة يتجه نحو التناقص في محطات الدراسة الثلاث مع وجود تباين مكاني في مقدار هذا التناقص ما بين محطة وأخرى، فيلاحظ بأن أكبر كمية للأمطار خلال الفترتين كانت في محطة المفرق التي بلغ متوسط الأمطار السنوية فيها خلال الفترة الأولى (1986-2004) (160.2 ملم) وانخفض في الفترة الثانية (2005-2023) ليصل إلى (130.9 ملم) بفارق مقداره (29.3 ملم) وبمعدل تغير سنوي (2.1 ملم)، أما في محطة الصفاوي فبلغ متوسط الأمطار السنوية فيها خلال الفترة الأولى (1986-2004) (72.3 ملم) وانخفض في الفترة الثانية (2005-2023) ليصل إلى (59.7 ملم) بفارق (12.6 ملم) وبمعدل تغير (0.9 ملم)، أما في محطة الرويشد فبلغ متوسط أمطارها السنوي خلال الفترة الأولى (1986-

2004) (74.8 ملم) وانخفض في الفترة الثانية (2005- 2023) ليصل (71.9 ملم) بفارق مقداره (2.9 ملم) وبمعدل تغير سنوي (0.21 ملم). أما في منطقة الدراسة ككل فبلغ متوسط الأمطار السنوية خلال الفترة الأولى (102.4 ملم) وانخفض في الفترة الثانية ليصل إلى (87.5 ملم)، وتؤكد هذه النتائج انخفاض المتوسطات السنوية للأمطار في منطقة الدراسة، وقد يعود إلى تناقص عدد المنخفضات الجوية التي يتعرض لها الحوض الشرقي للبحر المتوسط.

وللكشف عن معنوية الاختلاف أو الفروق في المتوسطات السنوية للأمطار في الفترتين تم استخدام اختبار (T-test) للعينات المستقلة، كما تم أجرأ ليفيني Levene Test لاختبار تجانس التباين بين المجموعتين، ويعد شرطًا ضروريًا للتأكد من تحقق شرط التوزيع الطبيعي للبيانات، وتم أجرأ تحويلات على البيانات لضمان تجانس التباين في حال عدم تجانسها، واعتماد قيمة t المحسوبة في حال عدم تجانس التباين، كما هو الحال في البيانات المطرية في محطات (الصفاوي والرويشد والمفرق)، يبين الجدول (2) نتائج اختبار (T-test).

الجدول (2): نتائج اختبار(T-test)

للكشف عن الفروق الاحصائية في متوسط الأمطار خلال فترتي القياس

المحطة	الفرق بين متوسط الفترتين	الانحراف المعياري للفترة الأولى (ملم)	الانحراف المعياري للفترة الثانية (ملم)	الخطأ المعياري (S.E)	درجات الحرية (df)	قيمة اختبار Levene لتجانس البيانات (f)	قيمة (T-test)	الدلالة الاحصائية
الصفاوي	12.6	28.3	24.8	27.7	36	4.11 *	2.021	0.02
الرويشد	2.9	26	24.3	25.5	36	4.11 *	2.021	0.04
المفرق	29.3	57.1	21.7	46.2	36	4.11 *	2.021	0.001
منطقة الدراسة	15	32.6	14.6	26.7	36	4.11 *	2.021	0.000

* ذات دلالة احصائية عند مستوى دلالة (a≤0.05).

يتضح من النتائج في الجدول (2) ما يلي:

1 – وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كميات الأمطار في منطقة الدراسة خلال الفترة الأولى (1986-2004) وبين متوسط الأمطار في منطقة الدراسة في الفترة الثانية (2005-2023) فقد بلغت قيمة (t) المحسوبة (2.021)، وهي قيمة ذات دلالة إحصائية عند مستوى

دلالة (a≤0.05)، وقد كانت الفروق لصالح الفترة الأولى التي كان متوسط أمطارها يزيد بمقدار (15 ملم) عن متوسط الأمطار في الفترة الثانية.

2 – وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كميات الأمطار في محطات (الصفاوي ، والرويشد، والمفرق) في الفترة الأولى (1986-2004) وبين كميات الأمطار في الفترة الثانية (2005-2023)، حيث بلغت قيمة (t) المحسوبة (2.021، 2.021، 2.021) على التوالي، وهي دالة إحصائياً عند مستوى الدلالة (a≤0.05)، وقد كانت الفروق لصالح كميات الأمطار السنوية الهاطلة خلال الفترة الأولى والتي تراوح متوسط أمطارها ما يزيد بمقدار (29.3) عن متوسط الأمطار في الفترة الثانية في محطة المفرق، أما في محطتي الصفاوي والرويشد فقد كانت الفروق بين متوسط كميات الأمطار لصالح الفترة الأولى بقيمة بلغت (12.6، 2.9) وهي ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (a≤0.05) حيث بلغت قيمة (t) المحسوبة (2.021) لكلا المحطتين.

تذبذب معدلات الأمطار السنوية:

تصنف منطقة الدراسة بأنها من البيئات الجافة وشبه الجافة حيث تتميز أمطارها بأنها ذات تقلبات مستمرة من سنة إلى أخرى، بحث من الممكن أن تتعرض في إحدى السنوات إلى هطول أمطار يزيد عن المتوسط السنوي العام البالغ (95 ملم)، وفي سنوات أخرى إلى هطول مطري أقل من المتوسط السنوي العام للأمطار، مما قد يلحق أثاراً سلبية على البيئة والانسان، لذا من الضروري حساب معاملات الاختلاف والانحراف المعياري للأمطار في منطقة الدراسة. حيث يفيد الانحراف المعياري في معرفة التباين بين كميات الأمطار الهاطلة خلال فترة الدراسة. كما يفيد حساب معامل الاختلاف بالتعرف إلى مدى التغير الذي تتعرض له الأمطار السنوية في محطات الدراسة وفي منطقة الدراسة ككل. ويبين الجدول (3) قيم الانحراف المعياري، ومعامل اختلاف الأمطار السنوي في محطات الدراسة بعد تطبيق المعادلات اللازمة لذلك.

الجدول (3): الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية

ومعامل التغير لكميات الأمطار السنوية في محطات منطقة الدراسة للفترة (1986-2023)

	المحطات		
	الصفاوي	الرويشد	المفرق
الوسط الحسابي	66	73.4	145.5
الانحراف المعياري	27.3	25.2	45.6
معامل الاختلاف (%)	%41	%34	%31

يلاحظ من الجدول (3) الذي يبين قيم الانحراف المعياري ومعامل اختلاف كميات الأمطار السنوية في محطات الدراسة ما يلي:

1- سجلت محطة المفرق أعلى قيمة للانحراف المعياري لكمية الأمطار السنوية في منطقة الدراسة حيث بلغت (45.65 ملم).

2- سجلت محطة الرويشد أقل قيمة للانحراف المعياري لكمية الأمطار السنوية حيث بلغت (25.2ملم).

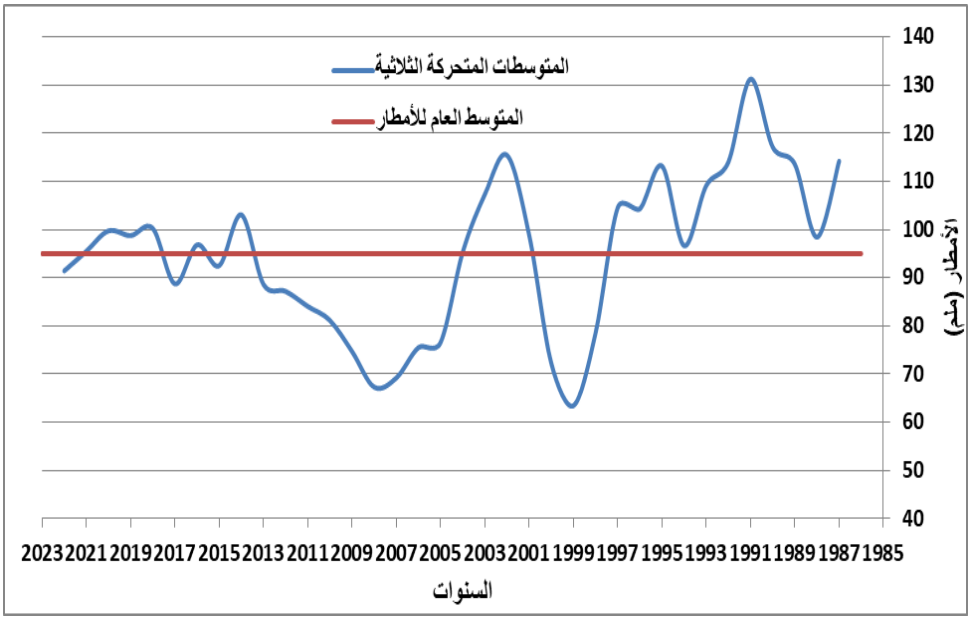
أما بالنسبة لقيم معامل الاختلاف، فتشير بيانات الجدول إلى ما يلي:

1- تتراوح قيم معامل الاختلاف ببين (41 %) إلى (31 %) وهي قيم مرتفعة نسبياً، حيث يشير إلى تباين معدلات الأمطار مكانياً في منطقة الدراسة، ويشير (صدقة، 2005) إلى أن تجاوز قيم معامل التذبذب عن (35 %) يعد مؤشراً على التباين الشديد في كميات الأمطار.

2- إن أعلى قيم لمعامل الاختلاف سجلت في محطة الصفاوي بنسبة (41 %)، وأقل قيمة سجلت كانت في محطة المفرق بنسبة (31 %).

3- نظراً لارتباط الكميات المطلقة للأمطار في منطقة الدراسة بمدى التباين فيها، فإن أقل معدلات التباين للأمطار سجلت في محطة الصفاوي وذلك لانخفاض أمطارها السنوية، الأمر الذي انعكس على قيمة معامل الاختلاف بقيمة بلغت (41 %).

ولتمثيل مدى الاختلاف أو التباين الذي تعرضت له الأمطار السنوية في محطات الدراسة بشكل أوضح تم تمثيل كميات الأمطار السنوية بيانياً خلال فترة الدراسة (1986-2023) في الشكل (7) ومقارنتها مع المتوسط العام السنوي للأمطار.



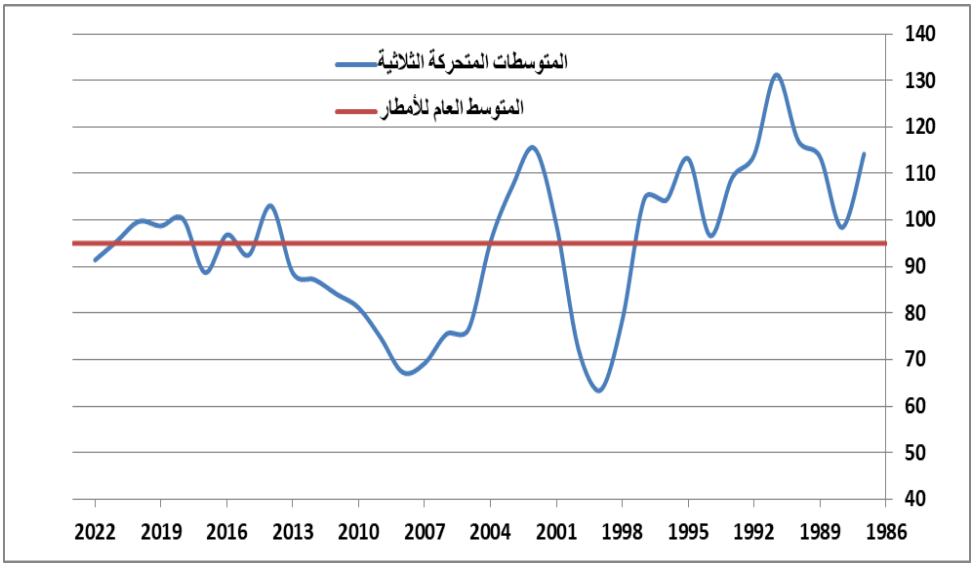
الشكل (7): المتوسطات السنوية والمتوسط العام للأمطار السنوية في منطقة الدراسة للفترة (2023-1986)

فترات الجفاف والرطوبة:

تتعرض الأمطار السنوية في منطقة الدراسة للتذبذب على شكل فترات زمنية تتجه فيها الأمطار نحو الزيادة عن خط المتوسط العام في بعض السنوات التي تعرف في هذه الحالة بفترات الرطوبة، وتتعرض في سنوات اخرى إلى التناقص عن خط المتوسط العام والتي تعرف تلك الفترات بفترات الجفاف، ولتحديد فترات الجفاف والرطوبة ومعرفة مدى انتظامها من عدمه، استخدمت الدراسة أسلوب المتوسطات المتحركة الثلاثية لحساب كميات الأمطار السنوية في محطات الدراسة، حيث يمكن من خلال هذه الطريقة تحديد فترات الرطوبة والجفاف بشكل أوضح (الصالح والسرياني، 1979).

فترات الجفاف والرطوبة في منطقة الدراسة:

يوضح الشكل (8) فترات الجفاف والرطوبة التي تعرضت لها منطقة الدراسة باستخدام أسلوب المتوسطات المتحركة الثلاثية وخط المتوسط العام للأمطار السنوية الجدول (4).



الشكل (8): فترات الجفاف والرطوبة التي تعرضت لها منطقة الدراسة

الجدول (4): كميات الأمطار السنوية والمتوسطات المتحركة الثلاثية في منطقة الدراسة خلال الفترة (1985-2015)

السنة	كمية الأمطار السنوية	المتوسطات المتحركة الثلاثية	السنة	كمية الأمطار السنوية	المتوسطات المتحركة الثلاثية
1986	115.3	-------	**2005**	84.5	76.6
1987	75.3	114.2	**2006**	69.4	75.5
1988	151.9	98.4	**2007**	72.6	69.2
1989	68.0	113.5	**2008**	65.6	67.3
1990	120.7	117.1	**2009**	63.7	74.7
1991	162.7	131.2	**2010**	94.8	81.1
1992	110.3	114	**2011**	84.9	84.1
1993	69.0	109.1	**2012**	72.5	87.2
1994	148.0	96.6	**2013**	104.1	88.6
1995	72.9	113.2	**2014**	89.3	103.1
1996	118.7	104.3	**2015**	115.8	92.5
1997	121.3	104.5	**2016**	72.5	96.8
1998	73.6	78.5	**2017**	102.1	88.7
1999	40.6	63.4	**2018**	91.6	100.2
2000	76.0	72.2	**2019**	107.0	98.7

2001	100.1	98.9	**2020**	97.7	99.7
2002	120.5	115.4	**2021**	94.5	95.5
2003	125.6	107.3	**2022**	94.3	91.4
2004	75.8	95.3	**2023**	85.4	---------

يظهر من الشكل (8) والجدول (4) أن منطقة الدراسة تعرضت لتذبذب واضح في كميات الأمطار السنوية حول معدلها العام خلال فترة الدراسة، حيث تعرضت لأربع فترات من الجفاف استمرت الفترة الأولى من عام (1998) إلى عام (2000)، حيث انخفضت كميات الأمطار بشكل واضح عن خط المتوسط العام وبلغت قيم الأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية خلال هذه الفترة (78.5 ملم، 63.4 ملم، 72.2 ملم) على التوالي، أما الفترة الثانية وهي الأطول من بين فترات الجفاف فاستمرت من عام (2005-2013) وبلغت قيمة الأوساط المتحركة (76.6، 75.5، 69.2، 67.3، 74.7، 81.1، 84.1، 87.2، 88.6 ملم)على التوالي، أما الفترة الثالثة للجفاف فاستمرت من عام (2015) إلى عام (2017) حيث انخفضت كميات الأمطار السنوية عن خط المتوسط العام وتراوحت قيم الأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية خلال هذه الفترة لتصل إلى (92.5-88.7 ملم)، أما الفترة الجافة الرابعة فاستمرت لفترة قصيرة فتمثلت في عام (2022)، حيث انخفضت كميات الأمطار السنوية عن خط المتوسط العام وبلغت قيم الأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية خلال هذه الفترة (91.4 ملم). أما فيما يتعلق بفترات الرطوبة التي تعرضت لها منطقة الدراسة فيظهر من الشكل (8) والجدول (4) تعرض منطقة الدراسة إلى أربع فترات من الرطوبة يفصلها فترات طويلة نسبياً من سنوات الجفاف، وقد استمرت فترة الرطوبة الأولى من عام (1987) إلى عام (1997)، وقد حظيت خلالها بأعلى قيمة للأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية التي بلغت نحو (131.2ملم) إذ تمثل أطول فترات الرطوبة خلال فترة الدراسة، أما الفترة الثانية فكانت قصيرة نسبياً واستمرت من عام (2001) إلى عام (2004) وتراوحت القيم بين (95.3-115.4 ملم) وفيما يخص الفترة الرطبة الثالثة فإنها امتدت من عام (2014-2016) بقيمة تراوحت بين (96.6-103.1 ملم)، واستمرت الفترة الرابعة من عام (2018) إلى عام (2021) بقيم تراوحت بين (98.7-100.2 ملم).

النتائج:

1- بينت النتائج أن المتوسط السنوي العام للأمطار السنوية في منطقة الدراسة يبلغ نحو (95 ملم)، وأن هناك تبايناً في متوسطات الأمطار السنوية على محطات منطقة الدراسة، حيث يبلغ المتوسط السنوي للأمطار في محطة الصفاوي نحو (66 ملم)، وفي محطة الرويشد نحو (73.4 ملم)، أما في محطة المفرق فيبلغ نحو (145.5

ملم). هذا يشير إلى أن منطقة الدراسة تشهد انخفاضاً ملحوظاً في المعدلات السنوية للأمطار خلال فترة الدراسة (1986-2023). إلا أن هذا التناقص ليس بصورة مضطردة بحيث تقل كميات الأمطار السنوية بشكل دوري عن كل سنة عن السنوات السابقة لها، فقد أظهرت النتائج أن هناك تذبذب بين السنوات في كميات الأمطار السنوية حول المتوسط العام، بحيث ترتفع في سنوات وتقل في سنوات أخرى عن هذا المتوسط بشكل كبير، ومن ثم فإن الاتجاه العام يوضح الصورة الاجمالية للتغير في الأمطار خلال فترة الدراسة، وتشير هذه النتائج بوضوح إلى أن هناك تغيراً مناخيا في المنطقة ويعود إلى تناقص عدد المنخفضات الجوية فوق البحر المتوسط والقادمة من الغرب، كما أنه يوجد علاقة وثيقة بين التغير في درجات الحرارة وكميات الأمطار الهاطلة، حيث إن التغير العالمي في درجات الحرارة يؤثر في الضغط الجوي والرياح والرطوبة والتكاثف، ومن ثم الأمطار (العرود، 2001). وتأكيداً لهذه النتائج فقد أشارت التقارير الصادرة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPPC) إلى أن التغير المناخي للكرة الأرضية وما يصاحبه من تسارع غير مسبوق في ارتفاع درجات الحرارة قد رفع من درجة الحرارة في المتوسط بمقدار 0.76°م خلال القرن العشرين، كما ارتفع مستوى سطح البحر بمقدار 17 سم خلال الفترة نفسها، وأن ارتفاع درجة الحرارة بمقدار 2.0°م يشكل مرحلة حرجة لكوكب الأرض، وأن التغيرات المناخية ستكون أشد في منطقة شرق المتوسط، نتيجة ارتفاع درجات الحرارة التي ستؤدي إلى تناقص كميات في الأمطار السنوية بنسبة 10% إلى 20% في سوريا ولبنان والأردن وليبيا والمغرب، بينما ستزداد كميات الأمطار السنوية في المناطق المدارية الموسمية جنوب غرب السعودية، وسلطنة عمان، والسودان ما بين 10% إلى 30%، وبين التقرير أن متوسط تكلفة تغير المناخ في المناطق التي تتناقص فيها الأمطار في أدنى مستوياته سيحقق خسارة بحدود (1.9%-2.5%) من الناتج الإجمالي لدول الشرق الأوسط (IPPC، 2021).

2- بينت النتائج أن الاتجاه العام لكميات الأمطار الهاطلة في منطقة الدراسة بشكل عام وعلى جميع المحطات المناخية يتجه نحو التناقص خلال فترة الدراسة، أي أنه يوجد ارتباط خطي عكسي بين الأمطار والزمن، وأن حوالي 6% من التغيرات الحاصلة في الأمطار يتم تفسيرها عبر الزمن، وقد تبين من اختبار الأهمية الاحصائية لقيمة معامل الارتباط بأنها ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($a\leq0.05$)، ويؤكد ذلك القيم الصغيرة للخطأ المعياري للتقدير بالنسبة لكميات الأمطار التي تدل على ارتباط الأمطار بالتغيرات الزمنية في محطات منطقة الدراسة.

4- بينت النتائج المتعلقة بالتغير في الاتجاه العام لكميات الأمطار الهاطلة على محطات منطقة الدراسة وباستخدام أسلوب المتوسطات النصفية واختبار (T-test) للعينات المستقلة بأن أعلى معدل تناقص سنوي للأمطار كان في محطة المفرق بنحو (2.1) ملم /سنة، تلاها محطة الصفاوي (0.9) ملم /سنة، ثم في محطة الرويشد (0.21 ملم) /سنة، أما على مستوى منطقة الدراسة ككل فبلغ معدل التغير السنوي (1.1) ملم /سنة، وبينت الدراسة وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كميات الأمطار في محطات الدراسة (المفرق، الصفاوي، الرويشد) في الفترة الأولى (19986-2004) وبين كميات الأمطار في الفترة الثانية (2005-2023)، وأنها ذات دلالة إحصائية عند مستوى الأهمية $a\leq0.05$، وكانت الفروق لصالح الفترة الأولى التي يزيد مقدار أمطارها

عن (29.3، 12.6، 2.9 ملم)، أما في منطقة الدراسة فقد بينت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الأهمية a≤0.05 بين متوسط كميات الأمطار في الفترة الأولى والفترة الثانية جاء لصالح الفترة الأولى التي يزيد مقدار أمطارها عن (15 ملم) عن متوسط الأمطار في الفترة الثانية. وتشير هذه النتائج بوضوح إلى أن هناك اتجاهاً عاماً لتناقص كميات الأمطار في منطقة الدراسة والذي قد يعود إلى تناقص عدد المنخفضات الجوية وطبيعة هذه المنخفضات نفسها، مثل طبيعة المنخفض وفيما إذا كان متوسطياً أو خماسينياً ومدى عمق المنخفض، ومدى تركزه في الحوض الشرقي للبحر المتوسط ومساره بالنسبة لمنطقة الدراسة ورطوبة الكتل الهوائية المرافقة للمنخفض، وإلى الارتفاع المضطرد في درجات الحرارة في الأردن.

5- أظهرت النتائج المتعلقة بتحديد الفترات الجافة والرطبة التي تعرضت لها منطقة الدراسة خلال الفترة (1986-2023) وباستخدام أسلوب المتوسطات المتحركة الثلاثية وخط المتوسط العام للأمطار السنوية، أن منطقة الدراسة تعرضت لأربع فترات من الجفاف استمرت الفترة الأولى من عام (1998) إلى عام (2000)، أما الفترة الثانية للجفاف فاستمرت لفترة طويلة من عام (2005) إلى عام (2013)، أما الفترة الجافة الرابعة فاستمرت من عام (2015) إلى عام (2017). أما فيما يتعلق بفترات الرطوبة فقد تعرض منطقة الدراسة إلى أربع فترات من الرطوبة يفصلها فترات طويلة نسبياً من سنوات الجفاف، وقد استمرت فترة الرطوبة الأولى الأطول من بين الفترات الرطبة من عام (1987) إلى عام (1997) وقد حظيت خلالها بأعلى قيمة للأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية التي بلغت نحو (131.2 ملم)، أما الفترة الثانية فقد امتدت من عام (2001-2004)، أما الفترة الثالثة فكانت قصيرة نسبياً واستمرت من عام (2014) إلى عام (2016) واستمرت الفترة الرابعة من عام (2018) إلى عام (2021). وبالإشارة إلى هذه النتائج فقد أشارت بعض الدراسات إلى قلة الأمطار "فترات الجفاف" جاءت نتيجة لابتعاد المنخفضات الجوية عن شرق البحر المتوسط وتوجهها نحو وسط أوروبا وشرقها.

التوصيات:

1- الاستفادة من نتائج الدراسة كنقطة مرجعية للعديد من الدراسات والمؤسسات التي تحتاج هذا النوع من الدراسات.

2- زيادة الاهتمام بظاهرة التغير المناخي من خلال المزيد من الدراسات (الندوات والمؤتمرات العلمية) حول أسبابها ونتائجها.

3- إجراء التدابير اللازمة للاستفادة القصوى من مياه الأمطار وتجميعها عن طريق تطوير الحصاد المائي والبحث عن مصادر بديلة للمياه الجوفية.

المراجع العربية:

- شحادة، نعمان، (1978). الاتجاهات العامة للأمطار في الأردن، مجلة البحوث والدراسات العربية، المجلد 5، العدد 1، ص34-155.

- دائرة الأرصاد الجوية الأردنية – عمان – بيانات مناخية غير منشورة.

- الصالح، ناصر، السرياني، عبد الله، ومحمد، محمود، (1979). الجغرافيا الكمية والاحصائية أسس وتطبيقات، جده دار الفنون للطباعة والنشر.

- شحادة، نعمان، (1985). فصلية الأمطار في حوض البحر الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية، المجلد12، العدد7.
- العرود، ابراهيم، (2001). التغير المناخي في الميزان، منشورات وزارة الثقافة، عمان، الأردن، (ط1).
- شحادة، نعمان، (2002). الأساليب الكمية في الجغرافيا باستخدام الحاسوب، (ط2)، عمان، دار الصفاء.
- أبو زيد، محمد صدقة، (2005). خصائص الأمطار في الجزء الأوسط في المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة الملك عبد العزيز، الآداب والعلوم الانسانية، العدد 14، ص175-233.
- ابراهيم، محمد عبدالعال، (2010). خصائص الأمطار بمنطقة نجران جنوبي المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة أم القرى للعلوم الاجتماعية. 2(1)، ص127-151.
- عنانبه، صباح، (2011). التأثير المحتمل للتغير المناخي على أمطار الشتاء في الأردن، رسالة ماجستير غير منشورة الجامعة الأردنية.

المراجع الأجنبية:

- Smadi، M.، and Zghoul، A.، (2006)، A Sudden Change In Rainfall Characteristics In Amaan Jordan During The Mid 1950، American Journal Of Environmental Sciences، Vo1. 2، pp 10-84.
- IPCC، (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis، Geneva.
- Hamdi M.، Abu-Allalban M.، Al-shayeb A.، Jaber M.، and Momani N(2009). Climatic Change in Jordan: A Comprehensive Examination Approach، American Journal of Environmental Science، 5(1): 58-68.
- Kanji، G، K، (2006). 100 statistical tests. Sage.

.