المتغير المطري في المناطق الجافة
وأثره على البيئة:"الكفرة نموذجًا"

فاطمة الهادي النجار

أمال أحمد التونسي.

الهيئة الليبية للبحث العلمي.

على عبدالرحيم أرقيق.

المركز الوطني للأرصاد الجوية.

المستخلص.

تعرف (الكفرة) بأنها من المناطق الجغرافية ذات المناخ الجاف، والذي يتصف بندرة التساقط المطري فيها، غير أنها شهدت تكرار الهطول نتيجة مرور الرياح التجارية صيفاً أو بمرور السحب التي تتشكل على السواحل الشمالية الغربية وارتحالها باتجاه السواحل الشمالية الشرقية مما ينجم عنه تسرب لبعض السحب ووصولها إلى جنوب شرق البلاد.

بناءً على ذلك تم تحليل الهطول المطري في منطقة الدراسة لمدة تجاوزات (90) سنة ما بين (1933– 2025), تم تقسيمها إلى ثلاث فترات مناخية وتحليلها كسنوات مائية للتعرف على أنماط الهطول والجفاف، والتعرف على الفترات الزمنية المحتملة للتساقط المطري في المكان الجغرافي المحدد والمقاسة بالمليمتر، ومع بداية أول التسجيلات في محطة أرصاد الكفرة عام 1933م، وتبين توزيعها حسب فصول السنة حيث كان الأكثر تكررا هو فصل الشتاء بمعدل تجاوز ثلث الكمية المقاسة، غير أن عدد تكرارها لا يعني حجم الكمية المجمّعة، حيث نجد أن في صيف أغسطس (2023– 2024) سجل أعلى كمية أمطار في يوم واحد (56) مليمتر في يوم واحد، وازدادت الكمية

خلال السنوات من (2023–2024) لتسجل (86.3) ملم، أي ضعف الكمية الكلية، وهو ما يُعدّ مؤشرا يدل على التغيرات المناخية الحاصلة، ما انعكس على مناخ المنطقة وبالأخص الهطول المطري الذي كان له آثار بيولوجية عديدة.

أجابت هذه الدراسة على العديد من الأسئلة مستعينة بالصور والخرائط الأقمار الاصطناعيةوالرسومات البيانية للسنوات المطرية، وتتبع حركة السحب، وتحليل البيانات المطرية. وليس ثمة شك أن القراءات المطرية ربما ستتضاعف إذا وجدت محطة قياس موزعة على طول الخط الجنوبي للبلاد، مما يعطي دقة في التنبؤ المحلي، ويقلل الأخطار المتوقعة، وربما يغير خارطة التصنيف المطري للبيئات الجافة الصحراوية.

الكلمات المفتاحية: المناطق الجافة– التساقط المطري–دورات المطر والجفاف– التنوع البيولوجي.

Abstract:

Al-Kufra is classified as one of the geographical regions characterized by an arid climate, marked by extremely low rainfall. However, it has recently experienced repeated precipitation events resulting from the passage of trade winds during summer, as well as clouds forming over the northwestern coast and moving toward the northeastern coast, allowing some cloud masses to drift into the southeastern part of the country.

Based on this, rainfall in the study area was analyzed over a period exceeding 90 years (1933–2025). The data were divided into three climatic periods and examined as hydrological years to identify rainfall and drought patterns, as well as the potential temporal windows for precipitation in the specified geographic location, measured in millimeters. With the beginning of the first recorded measurements at the Al-Kufra meteorological station in 1933, the distribution of rainfall across the seasons became evident, with winter showing the highest frequency—exceeding one-third of the total recorded events. However, frequency does not necessarily reflect the total accumulated amount. For instance, in August of the summer of 2023–2024, the highest daily rainfall was recorded at 56 mm in a single day. Total rainfall during 2023–2024 increased to 86.3 mm, nearly double the long-term average, indicating clear signs of ongoing climatic changes that have affected the region's climate, particularly rainfall, which in turn has had significant biological impacts.

This study addressed numerous questions using satellite imagery, maps, rainfall charts, cloud-movement tracking, and precipitation data analysis. There is little doubt that rainfall readings could increase substantially if additional measurement stations were installed along the southern belt of the country, which would enhance the accuracy of local forecasting, reduce potential risks, and potentially alter the rainfall-based classification of arid desert environments.

Keywords: Arid regions – Rainfall – Rain and drought cycles – Biodiversity.

المقدمة:

تُعد الأمطار من أهم عناصر المُناخ وخاصة في البيئات الجافة التي تتميز بالندرة والجفاف لسنوات طويلة، وقد تحدث طفرات مناخية ينتج عنها تساقط أمطار وبكميات غزيرة كما حدث في منطقة الكفرة، تبعاً لمرور المنخفضات الجوية ومدى قوتها أو ضعفها، هذه التغيرات التي تحدث في مثل هذه البيئات الهشة من المتوقع أن تُحدث تغيرات بيئية إيجابية، مثل: نمو الغطاء النباتي، وتحسين خصوبة التربة، وزيادة الموارد المائية الطبيعية، وهو ما يُحدث تغيرات جذرية في التوازن البيئي والتنوع البيولوجي.

ويشير تقرير "الجفاف في أفريقيا جنوب الصحراء" إلى أن هناك نمط من الجفاف المستمر في جميع أنحاء إفريقيا جنوب الصحراء الكبرى منذ أواخر الستينات القرن الماضي، وكانت الثمانينيات الأكثر جفافًا: مما أدى إلى مجاعات واسعة النطاق، خاصة في إثيوبيا والسودان والنيجر، وارتبطت هذه الفترات بظواهر مناخية مثل النينيو، كما أن تناقص الهطول وارتفاع درجات الحرارة، يشير إلى أن التغير المناخي يزيد من شدة الجفاف في المنطقة والمناطق القريبة من شمال خط الاستوائية[1] وحوض الكفرة من البيئات الجافة شمال خط الاستواء، وفي أقصى الجنوب الشرقي لليبيا، ويشكل المناخ الصحراوي الجاف البيئة الطبيعة للمنطقة، غير أنه في السنوات الأخيرة أصبحت منطقة الدراسة عرضة لمرور الجبهات الهوائية القادمة من المنطقة الاستوائية مما جعلها عرضة للتغيرات المطرية الغزيرة والمفاجئة التي غيرت من طبيعة المكان.

من المؤكد أن تساقط المطر المعتدل في البيئات الجافة الصحراوية يُعد مبعث فرح لسكانها، وإحياء للطبيعية، وإعادة تنوع بيولوجي نباتي وحيواني، كما تُعدّ

1- The State of the Climate in Africa 2020.

تقرير صادر عن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) بالتعاون مع (FAO) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNE)، أكتوبر 2021.

رصيد مائي يضاف للمخزون الجوفي. أما إذا تساقط المطر الغزير وشكل سيول وفيضانات، تصبح مبعث للقلق وبث الخوف؛ لما يسببه من آثار سلبية للبُنية التحتية وانجراف التربة وفقدان البشر، كما حدث في فيضان غات سنة 2019م، وفيضان درنة في 2023م، الذي كان أكبر كارثة مرت بها ليبيا في تاريخها الحديث، والذي ترك أثرًا عميقًا لا يُمكن نسيانه، أو التغاضي عن حقيقة التغير المُناخي، أو إعادة دورة مناخية وما يمكن أن يسببه من كوراث.

وقد استوجب هذا الواقع الخوض فيه، لنعلم عن قرب خفاياه فكان العنوان الأنسب **(المتغير المطري في المناطق الجافة وأثره على البيئة: الكفرة انموذجًا)**، وليكون باب ادخل به الدراسة بشكل علمي مقنن يعتمد على العديد من المناهج العلمية منها المنهج الوصفي من خلال المصادر والمراجع والاطروحات العلمية والاحصائيات الرسمية، والدراسات السابقة والمنهج التحليلي (Excel and Spss) بالإضافة للمنهج الكارتوغرافي (Gis) لتمثيل الخرائط، والمنهج المقارن، خصصت جميعًا خدمة لمحتويات الدراسة والاجابة عن التساؤلات المطروحة والوصول إلى الخاتمة والنتائج والتوصيات.

تتألف هذه الدراسة من أربعة مباحث: المبحث الأول بعنوان (تغير نمط الأمطار في حوض الكفرة)، وخصصته لدراسة وتتبع التغيرات في السلسلة الزمنية (السنة المائية) للهطول الأمطار على منطقة الدراسة في الفترة ما بين (1933– 2025)م، وتحديد أكثر فصول السنة تكرار في عدد المرات المسجلة في التساقط المطري، وفي المبحث الثاني نستعرض (التغيرات المناخية وعلاقته بالتغيرات المطرية في حوض الكفرة)، أما المبحث الثالث بعنوان (التنوع البيولوجي في حوض الكفرة) الذي غير ملامح المكان أينما وصلت الامطار فشكلت بيئة نباتية وحيوانية، أما المبحث الرابع الذي تضمن عنوان (الاثار الإيجابية والسلبية لسقوط كميات كبيرة من الامطار في حوض الكفرة)

ويعرض اهم الاثار الإيجابية والسلبية التي خلفها سقوط امطار بكميات كبيرة غير متوقعة على المنطقة.

أن غاية الرجاء أن تكون الدراسة قد أسهمت في إلقاء الضوء على ظاهرة مناخية وبيئية تحدث في الجغرافية الليبية الصحراوية وهي(الأمطار) وكانت حدود الدراسة المكانية لها حوض (الكفرة)، أما حدودها الزمنية تتحدد بتتبع سلسلة تساقط الامطار مع أوائل التسجيلات بمحطة أرصاد الكفرة عام 1933م وحتى عام 2025م.

مشكلة الدراسة:

ستحاول هذه الورقة البحثية تسليط الضوء على العنصر المناخي المتمثل في المطر، وتحليل بيانات السنة المائية لفترة تمتد ما بين (1933–2025م)، الذي ينعكس سلبا أو إيجابا في تشكيل التنوع البيولوجي، أو مصدر قلق جرا آثاره الغير المتوقعة في ظل التغير المناخي الذي يمر به العالم.

وتتمحور مشكلة الدراسة في الإجابة عن التساؤلات التالية:

1. ما طبيعة التغير في كميات الأمطار خلال الفترة من 1933– 2025م؟

2. هل تساقط كميات غزيرة من الأمطار قد ساهم في إحداث تنوع بيولوجي في المناطق الصحراوية الجافة؟

3. إن كمية الأمطار بالمنطقة كانت تتميز بالانعدام وتغير اتجاهها نحو الزيادة أو النقصان، وهو ما يمكن ربطه بالتغير المناخي والاحترار العالمي؟

4. ماهي التأثيرات الإيجابية والسلبية تجاه تساقط كميات كبيرة من الأمطار في بيئات جافة غير مستعدة مسبقاً لتلقي كميات كبيرة؟

الأهمية: تكمن أهمية الدراسة في النقاط التالية:

1– اعطاء صورة واضحة عن السنة المائية في المناطق الجافة يمكن ان تبني عليها دراسات زراعية ومائية.

2- حصر البيانات المطرية التي تعرضت لها منطقة الدراسة بالأرقام والنسب.

3- إظهار التنوع البيولوجي الذي ترك اثاره في منطقة الدراسة.

4- إظهار الإيجابية والمشاكل التي يعاني منها سكان المنطقة عقب سقوط الامطار.

5- الوصول إلى كون ظاهرة الامطار التي تحدث في الصحراء هل تتبع دورة مناخية أم هي تتبع التغيرات المناخية الحاصلة على كوكب الأرض.

الأهداف:

تهدف هذه الدراسة إلى توضيح التالي:

1- تسليط الضوء على التغيرات المطرية بالنسبة للسنة المائية في منطقة الدراسة، لمعرفة كمياتها، وأي الشهور الأكثر توقع لسقوطها.

2- الكشف عن التغيرات والتنوع الذي يحدثه سقوط الامطار في المناطق الصحراوية الجافة.

3- إبراز دور التغيرات المناخية في احداث تغيرات مطرية في منطقة الدراسة.

4- إظهار الأثار الإيجابية والسلبية عقب سقوط الأمطار.

الدراسات السابقة:

تعزز الدراسات السابقة الورقة البحثية، لما تقدمه من جوانب هامة للحصول على المعلومات في موضوع المتغير المطري في المناطق الجافة كونه حدثًا نادرًا وما يمكن ان يشكله من تنمية مكانية أو احداث تهديًدا بيئيا، والذي يمكن الاعتداد به من خلال ما سبق من دراسات علمية مجازة ومحكمة وفي المؤتمرات الجغرافية، والندوات العلمية، وتحقق نتائج جديدة.

_ **دراسة حافظ عيسى خيرالله الزوي:** (حوض الكفرة دراسة في الجغرافيا الطبيعية)، رسالة ماجستير في الجغرافيا الطبيعية، (2000)، أشار إلى ان المنطقة تحصل في بعض السنوات على الامطار من الأنظمة التصاعدية المرتبطة ببعض الانخفاضات الجوية

الشتوية او من الأنظمة الموسمية المتمركزة على إقليم جنوب الصحراء، مشيرا الى ان الفترة ما بين 1933 وحتي 1998 سجلت كمية الأمطار الساقطة (12.5) ملم وهي أكبر تساقط مطري في تلك الفترة[2].

_ دراسة أبوبكر على الصول: **(التذبذب والتباين المناخي في معدلات الأمطار بشعبية مصراته وإمكانية استغلالها)**، (2007) تناول في دراسته الاتجاه العام والقيمة الفعلية للأمطار الهاطلة على المنطقة، من خلال تحليل معدلات الهطول ومعرفة اختلافها من سنة إلى أخرى، واستنتج أن معدلات الامطار تتجه نحو الانخفاض بحوالي 0.33 ملم/ سنويًا[3].

_ دراسة رافد صالح مهدي الخالدي: **(تحليل تأثير التغير المناخي على الخصائص الكمية للأمطار والجفاف اليومية في العراق)**، (2025) أشار إلى أن المناطق شبه الجافة في العراق كانت أكثر تأثرا بالتغيرات المناخية مقارنة بالمناطق الجافة؛ إذ أصبحت الأمطار أقل انتظامًا وأكثر غزارة وتطرفًا، مما قد يتسبب في تأثيرات بيئة واقتصادية محتملة منها تزايد الفيضانات والسيول، وتأكل التربة وتدهور الغطاء النباتي وتدمير المحاصيل الزراعية.[4]

_ دراسة امحمد عياد مقيلي: **(الاحتباس الحراري العالمي وأثره على التطرف المطري والحراري بمحطتي أرصاد ليبية)**، (2024)، أوضح مقيلي بأن التغير المناخي ظهر

2- حافظ عيسى خير الله الزوي، (حوض الكفرة دراسة في الجغرافيا الطبيعية)، رسالة ماجستير في الجغرافيا الطبيعية، (2000)، ص 101.

3- أبوبكر على الصول، التذبذب والتباين المناخي في معدلات الأمطار بشعبية مصراته وإمكانية استغلالها، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة السابع من أكتوبر، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، 2007م.

4- رافد صالح مهدي الخالدي، تحليل تأثير التغير المناخي على الخصائص الكمية للأمطار والجفاف اليومية في العراق، مجلة واسط للعلوم الإنسانية، جامعة واسط، كلية الآداب، جامعة الكوفة، العراق، مجلد21، عدد2، 2025. https://wjfh.uowasit.edu.iq/index.php/wjfh/article/view/895.

في زيادة شدة وتكرار التطرفات المطرية والحرارية في ليبيا مستخدمين اختبار الفرق بين متوسطين والتي كانت مؤيدة للتغير المناخي بنسبة 95%[5].

يتضح من خلال ما تقدم من دراسات سابقة محلية وإقليمية، أهمية الدراسة الحالية في كونها تقدم تحليل عن الاتجاهات الزمنية للبيانات المطرية زيادًة ونقصًا في محطة أرصاد الكفرة خلال فترة زمنية طويلة تمتد أكثر من 90 سنة، وهذا يقدم أرشيف مناخي تحليلي للسنة المائية في منطقة الدراسة من بداية الرصد في سجلات المحطة عام 1933م حتى أخر بيانات توفرت في 2025م، كما تعد هذه الدراسة إضافة للمراجع التي يحتاجها الباحثين وذلك لقلة وندرة هذا النوع من الدراسات في البيئات الصحراوية الجافة وان وجدت يكون العرض خلالها موجز وغير متخصص كما أشار حافظ عيسى خيرالله الزوي، في دراسته (حوض الكفرة دراسة في الجغرافيا الطبيعية).

المفاهيم:

– **المناطق الجافة:** هي تلك المناطق التي لا تتلقي أمطارًا كافية لإنتاج المحاصيل الزراعية[6].

– **التساقط:** هو تلك المياه الساقطة على الأرض سواء كانت أمطارًا أم بردًا أم ثلجًا[7].

– **دورات المطر والجفاف:** هي التغيرات أو التذبات التي تحصل على مدى زمني يطول أكثر من السنة للأمطار الفصلية والسنوية وتكون في شكل دورات واتجاهات نحو الزيادة حينا وإلى التناقص المؤدي إلى الجفاف حينا أخر[8].

5– امحمد عياد مقيلي، الاحتباس الحراري العالمي وأثره على التطرف المطري والحراري بمحطتي أرصاد ليبية، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، الجمعية الجغرافية الليبية، فرع المنطقة الوسطى المجلد الرابع، العدد الثاني، يوليو، 2024م. http://dspace-su.server.ly:8080/xmlui/handle/123456789/2017.

6– كنيت والطون 1987، الأراضي الجافة، ترجمة على عبدالوهاب شاهين، دار النهضة العربية، بيروت ص20.

7– فهمي هلا أبو العطاء، الطقس والمناخ، دار المغرفة الجامعية، 1991، ص 47.

8– امحمد عياد امقيلي، مخاطر الجفاف والتصحر والظواهر المصاحبة لهما، دار شموع الثقافة، الزاوية، 2003، ط2، 2009، ص 21.

- **التنوع البيولوجي:** هو تنوع الكائنات الحية الموجودة في مكان ما على الأرض، أو غالبًا التنوع الكلي لها. ومن المقاييس الشائعة لهذا التنوع، ما يُسمى ثراء الأنواع، وهو عدد الأنواع في منطقة ما. كما يشمل التنوع البيولوجي التنوع الجيني داخل كل نوع، وتنوع النظم البيئية التي تُنشئها هذه الأنواع[9].

منطقة الدراسة:

يقع حوض الكفرة في الجزء الجنوبي الشرقي من ليبيا، وبهذا الموقع ترتبط بالحدود الجنوبية للبلاد. حدودها كما في الخريطة (1) إذْ يحدّها شرقا: جمهورية مصر العربية، ومن جنوبها جمهورية تشاد، ومن جنوبها الشرقي تظهر مرتفعات العوينات ثم جمهورية السودان، أما حدودها الشمالية والغربية فتمثل حدود إدارية تتداخل مع معالم تضاريسية طبيعية مختلفة، ومنطقة شاسعة من الرمال الصحراوية متمثلة في سرير كلانشو تفصله شمالاً عن الواحات (جالو- أوجلة- اجخرة)، وتفصله إداريا غرباً عن مرزق (جبال تبستي- واو الناموس، وجبل بن غنيمة)، كأقرب مراكز حضارية صحراوية، فهي إذن تتألف من نطاق صحراوي من جميع الجهات.

ويشغل حوض الكفرة ثنية مقعرة تمتد بين دائرتي عرض (24˝. 30ˉ. 24°) شمالاً، لمسافة تصل إلى 55.5كم تقريباً، وبين خطي طول (23˝.35ˉ. 23°) شرقاً لمسافة تقدر بحوالي 41كم تقريباً، بمساحة جغرافية تقدر بنحو 433.611كم2، وبمتوسط ارتفاع يصل إلى 415م فوق سطح البحر[10].أما سُكّانياً بلغ عدد سكان الكفرة (55.495)[11] نسمة حسب تعداد 2020م، بكثافة سكانية قدرت بـ(0.128) نسمة لكل

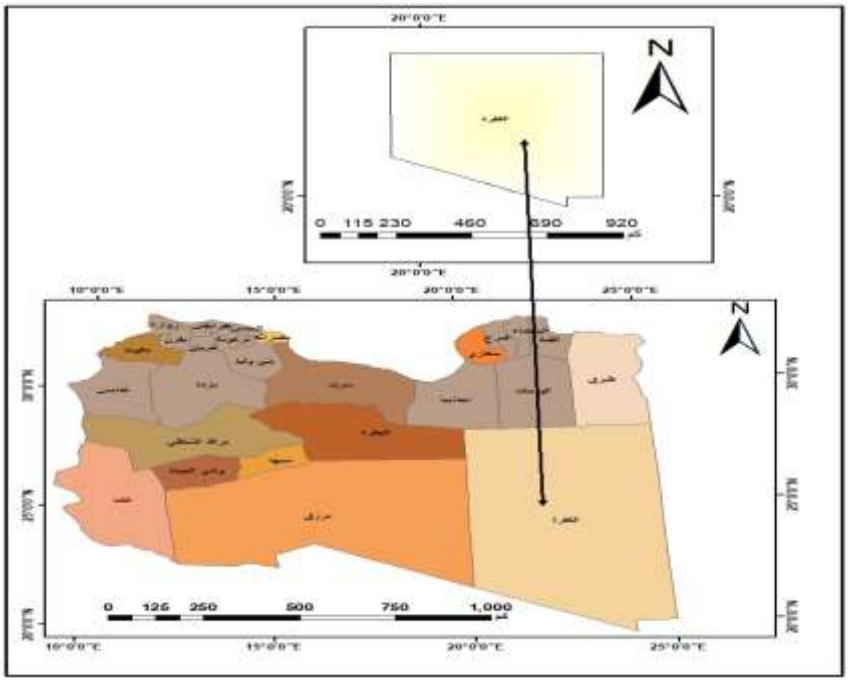
9- https://www.britannica.com/question/What-is-the-definition-ofbiodiversity.

10- أشرف عبد الرحمن الزوي، أشكال سطح الأرض وتأثيرها على النشاط البشري في منخفض الكفرة، دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، رسالة ماجستير في الجغرافيا الطبيعة، جامعة بنغازي، 2013م، ص21.

11- مصلحة الإحصاء والتعداد، تعداد سكان ليبيا حسب المدن، 2020م.

كيلومتر مربع، فهي تضم أقل من 20 ضعف سكان مدينة طرابلس، ما يدل على ان سكان المناطق الجافة هم عرضة للتغيرات الموسمية والفصلية للأمطار، وفي مواجهة خطر السيول والفيضانات، من هنا كان الواجب ان نعرج على تعدد سكان المنطقة كونها معمورة سكانيًا يتأثرون بالهطول المطري المفاجئ.

خريطة (1) منطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحثين استناداً إلى:

1- أطلس العالم، إبراهيم حلمي الغور، المؤسسة العلمية للوسائل التعليمية، الإصدار الثامن عشر، 2017م، حلب، سوريا، ص51.

2- برنامج Arcmap10.8.

المبحث الأول: تغير نمط الأمطار في حوض الكفرة.

تتميز المناطق الصحراوية الجافة بأنها نادراً ما تتعرض لسقوط أمطار، وأحياناً تنعدم كليا، ومنطقة الدراسة جزء من هذه البيئة الجغرافية التي تتميز بالجفاف المناخي

لفترات طويلة قد تصل إلى أكثر من إحدى عشرة سنة متواصلة أو أكثر، أو على فترات قصيرة يعقبها تساقط مطري خفيف أو أثر لا يمكن قياسه. إلا أنها شهدت تساقط مطري على شكل كميات متفاوتة سجلت (188.5) مليمتر خلال قرابة قرن (92) سنة الماضية، وبناءً على ذلك تم تحديد ثلاثة فترات مناخية، كانت الأولى (31) سنة، والثانية (31)، والثالثة (30) وهو المتعارف عليه في تحليل المتغيرات المناخية على المدى الطويل في منظمة الأرصاد العالمية (WMO) تعتمد في تقسيمها إلى سنوات مائية تبدأ من(1934–1935) وإلى 2024–2025)) مما يعطي انطباع دقيق وأكثر شمولية عن اتجاه الهطول المطري في المنطقة والتغيرات الحاصلة عبر فترة مناخية طويلة. ففي السنة المائية الأولى ما بين (1934–1964) جدول (1)، التي قدرت بـ أكثر من ثلاثة عقود، سجلت فيها كمية المطر الساقطة (49.6) مليمتر.

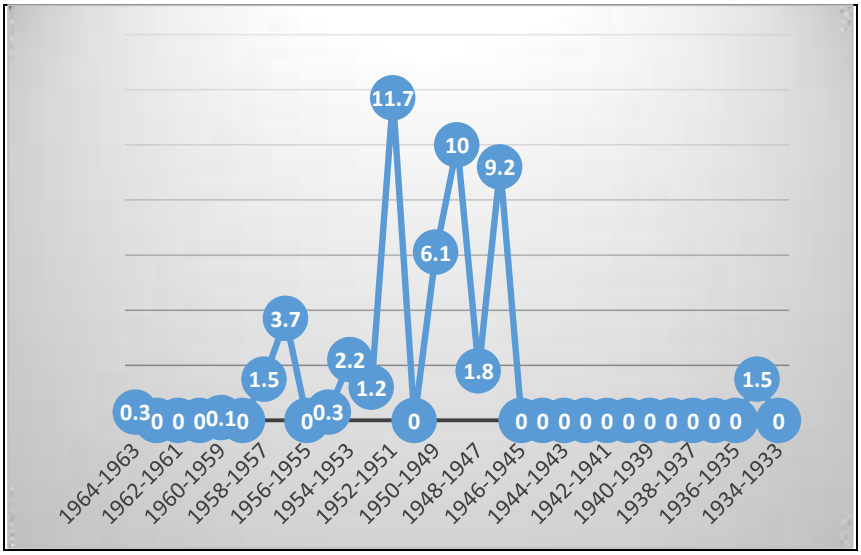
جدول (1) السنة المائية للفترة من (1934–1935) إلى (1963–1964) **.

السنة	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس
1935–1934	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0
1947–1946	7.2	2	0	TR	0	0	0	0	TR	0	0	0
1948–1947	0	0	0	0	0	1.8	0	0	TR	0	0	0
1949–1948	0	0	0	0	0	0	9	0	1	0	0	0
1950–1949	0	0	0	1.2	0	4.4	0	0	0.5	0	0	0
1951–1950	0	TR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1952–1951	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	11.2
1953–1952	0	0	0	0.7	0	0	0	0	TR	0.5	0	0
1954–1953	0	0	0	2	0	0.2	TR	0	TR	0	0	0
1955–1954	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.1	0	0	0
1957–1956	0	0	0	0	0.5	0	0	0	3.2	0	0	0
1958–1957	TR	0.3	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1960–1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0
1964–1963	0	0.3	TR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
المجموع المطري	7.2	2.6	1.7	4.1	0.5	6.4	9	0	6.4	0.5	0	11.2

المصدر: استناداً للبيانات الصادرة من محطة أرصاد الكفرة. ثم استثناء كامل السنوات التي لم تحتوي أي تساقط مطري من الجداول الفترات الثلاثة أي خلال 92 عامًا، وتم أدراجها فقط في الرسومات البيانية لإعطاء صورة أدق للبيانات.**

يتبين من محتويات الجدول (1) أنه خلال (31) سنة، كانت عدد السنوات المطرية (14) سنة، شهدت تساقط مطري تكرر (23) مرة، كانت السنة المائية الأكثر غزارة (1951-1952) حيث بلغت (11.2) مليمتر، وادناها (1959-1960) حيث بلغت (0.1) مليمتر، كما تظهر في بيانات الجدول كميات لا يمكن قياسها كونها لا تتجاوز الأثر والمتمثل في (TR)، هذه الفترة الزمنية الأكثر من ثلاثة عقود تخللتها سنوات متواصلة وأخرى متفرقة لتساقط الأمطار كما يتبين من الشكل (1).

شكل (1) السنة المائية للفترة من (1933-1964).



المصدر: من عمل الباحثين استناداً للبيانات الصادرة من محطة أرصاد الكفرة.

كما تبين من الشكل (1) أن هناك تتذبذب في كميات الأمطار بين السنوات حيث تظهر فترات جافة تصل إلى أحدى عشر سنة متواصلة كما هو الحال في الفترة الممتدة بين (1934-1946)م، وثلاثة سنوات في الفترة مابين (1960-1963)م. ثم تناقص الهطول المطري بمعدل (1.2) ملم عما كانت عليه في الفترة الأولى، ليصل إلى (48.4) مليمتر في السنة المائية من (1964-1995)م، جدول (2).

جدول (2) السنة المائية للفترة من (1964-1965) إلى (1994-1995).

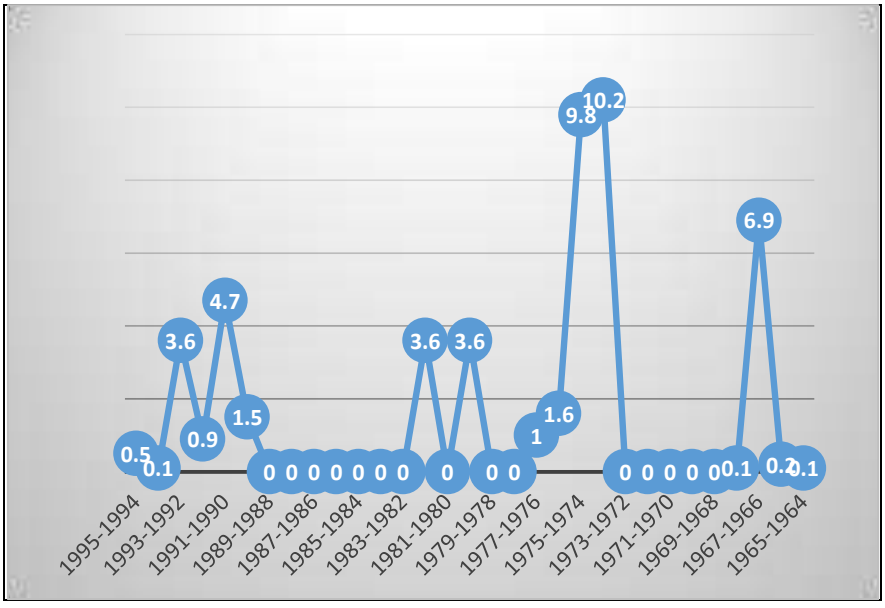
السنة	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس
1965-1964	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1966-1965	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0
1967-1966	0	0	0	0	0	6.9	0	0	0	0	0	0
1968-1967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0
1974-1973	0	0	0	0	10.2	0	0	0	0	0	0	0
1975-1974	0	0	0	0	8.4	1.4	0	0	TR	0	0	0
1976-1975	0	0	0	0	0	1.1	0	0.5	0	0	0	0
1977-1976	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1980-1979	0	0	0	0	3.2	0.4	TR	0	TR	0	0	0
1982-1981	0	0	0	0	3.2	0.4	TR	0	TR	0	0	0
1984-1983	0	0	0	0	0	TR	0	0	0	0	0	0
1989-1988	0	0	0	0	0	TR	0	0	0	0	0	0

1990-1989	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0
1991-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	4.5	0
1992-1991	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0
1993-1992	0	0	0	0	0	0	1.1	2.5	0	0	0
1994-1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995-1994	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
المجموع المطري	0	1.5	0.1	0	0	0	26.1	10.3	4.5	0.8	5	0.1	0	0

المصدر: استناداً للبيانات الصادرة من محطة أرصاد الكفرة. ثم استثناء كل السنوات التي لم تحتوي أي تساقط مطري في الفترة (1995-2025).

يتبين من محتويات الجدول (2) أنه خلال (31) سنة، كانت عدد السنوات المطرية (21) سنة، شهدت تساقط مطري تكرر (23) مرة، كانت السنة المائية الأكثر غزارة (1974–1973) (11.2) مليمتر، وادناها (1995–1994) (0.5) مليمتر، كما تظهر كميات لا يمكن قياسها كونها لا تتجاوز الأثر والمتمثل في (TR)، تخللتها فترات جافة كانت أعلاها مابين (1982–1989) سبعة سنوات متواصلة، وأخرى متفرقة، الشكل (1).

شكل (2) السنة المائية للفترة من (1964–1995).



المصدر: من عمل الباحثين استناداً للبيانات الصادرة من محطة أرصاد الكفرة.

أن ما أمكن ملاحظته بين السنة المائية الاولي والسنة المائية الثانية، على قرابة (72) عامًا الماضية إن أكثر تكررا للتساقط المطري كان في فصل الشتاء في الفترة (1935–1934) وكان فصل الربيع الأكثر تكررا للتساقط المطري في الفترة (1995–1964) بينما كان فصل الصيف في كلتا الفترتين الأقل تكرار في مرات سقوط الامطار.

كما تبين البيانات الجدولية السابقة أن عدد مرات التكرر لسقوط الامطار لا يرتبط بالكمية الفعلية المقاسة بالأمطار، بمعني قد يتكرر سقوط الامطار ولكن يكون خفيف او اثر لا يمكن قياسه، فنجد شهر مايو الأكثر تكررا في عدد المرات المطرية والاقل في كمية الامطار المقاسة والتي لم تتجاوز(6.4) ملم، في حين قد يكون التكرر في فصل الصيف هو الأقل لكنه قد يشهد كمية مطرية تكون الأعلى قياساً مثل (10.2) ملم في (1973–1974)، ثم ازدادت كميات الأمطار بمعدل (42.1) ملم عما كانت عليه في (1964–1995) لتصل في كمياتها إلى (90.5) في السنة المائية (1995–2025) الجدول (3).

الجدول (3) السنة المائية للفترة من (1995-1996) إلى (2023-2024).

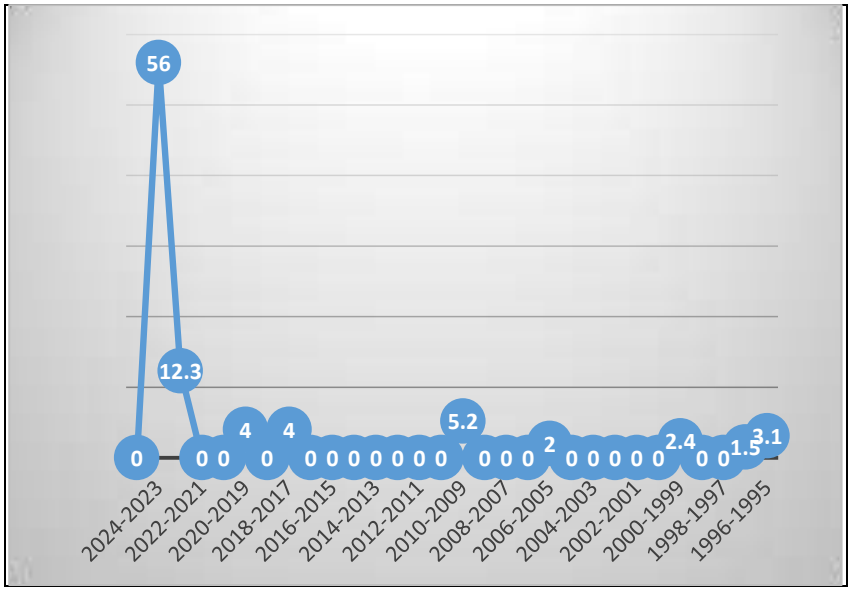
السنة	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس
1996-1995	0	0	0	0	0	0	3.1	0	0	0	0	0
1997-1996	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0
2000-1999	0	0	1.2	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0
2006-2005	0	0	0	0	0	0	0	TR	2	0	0	0
2010-2009	0	0	0	0	0	0	0	5.2	0	0	0	0
2018-2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
2020-2019	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
2023-2022	0	0	0	0	0	0	0	0	4.3	8	0	0
2024-2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
المجموع المطري	0	0	1.2	1.2	0	0	8.6	5.2	6.3	12	0	56

المصدر: من عمل الباحثين استناداً للبيانات الصادرة من محطة أرصاد الكفرة.

ثم استثناء كل السنوات التي لم تحتوي أي تساقط مطري في الفترة(1995-2025).

يتبين من محتويات الجدول (3) أنه خلال (30) سنة، كانت عدد السنوات المطرية (9) سنوات، شهدت تساقط مطري تكرر (10) مرة، كانت السنة المائية الأكثر غزارة (2023–2024) حيث بلغت (56) مليمتر، وادناها (1996–1997) حيث بلغت (1.5) مليمتر، وتظهر كميات لا يمكن قياسها والمتمثلة في (TR)، تخللتها فترات جافة امتدت سبعة سنوات متواصلة (2010–2017) وأخرى متفرقة، الشكل(1).

شكل (2) السنة المائية للفترة من(1964–1995).



المصدر: من عمل الباحثين استناداً للبيانات الصادرة من محطة أرصاد الكفرة.

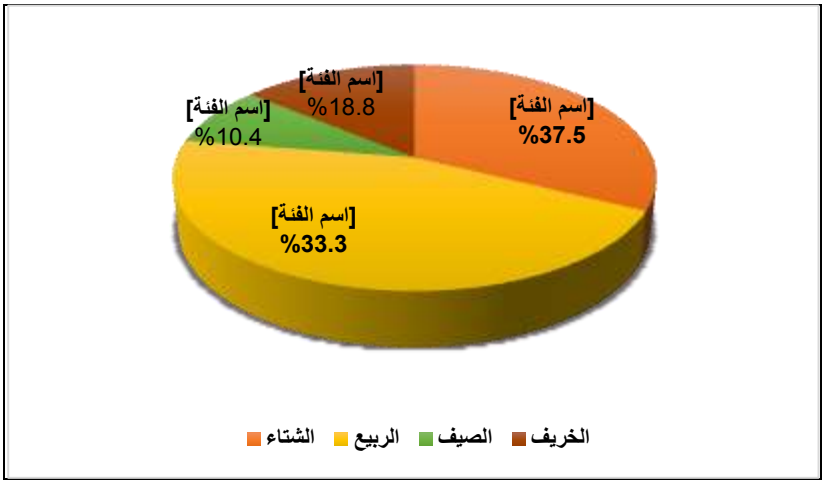
وهذا يؤكد أن سقوط الأمطار في المنطقة كان عرضة للتبدلات خلال ثلاثة عقود من الزمن ما يدل على تعاقب فترات جفاف طويلة في الفترة الأول مقارنة بالفترة الثانية والفترة الثالثة، كما ان الفترة الأولى والثانية على التوالي شهدت أكثر تنوعا في التوزيع المطري مقارنة بالعقد الثالث، وان السنوات الممطرة لا تتحدد بموسم معين لسقوطها.

إن التغير في كميات الهطول المطري خلال (30) سنة الاخيرة أعطى بيانات مغايرة تماما عن الواقع المتعارف عليه من ندرة الأمطار في البيئات الجافة، والدليل

على ذلك بيانات الشكل (3) التي شهدت كميات قياسية غزيرة خلال يوم واحد واستثنائي يعد نادرًا، كما نجد أن هذه الفترة التي سبقتها أكثر تذبذبًا واقل انتظاما مما قد يشير لظروف متعددة منها: التغيرات المناخية, والاحتباس الحراري، وتغير درجة حرارة المسطحات المائية، كما تتميز المنطقة بطول تكرر سنوات الجفاف في السجل المناخي المذكور خلال تلك الفترات.

وبناءً على البيانات الجدولية للسنة المائية (1934–2024) عامًا الماضية يتبين ان توزع التساقط المطري حسب مواسم السنة الأكثر تكررا في المنطقة، كان أكثر من ثُلث تكرر سقوطها في فصل الشتاء (18)، والثُلث كان من نصيب فصل الربيع (16)، وأقل توزيع شهري مطري كان في لفصلي الخريف (9) ثم الصيف (5).

شكل (4) الشهور الأكثر تكررا في التساقط المطري حسب فصول السنة ما بين (1934–2024).**



المصدر: من عمل الباحثين استناداً للبيانات الصادرة من محطة أرصاد الكفرة.

ثم حساب الشهور الأكثر تكررا في التساقط المطري حسب فصول السنة ما بين (1934–2024) بالاعتماد على البيانات الجدولية (1)،(2)،(3).

وإذا دخلنا للتفاصيل فيما يخص هذه الجزئية وتركنا التعميم فيما يتعلق بالشكل (4) في كل فصل من فصول السنة وخلال (92) سنة، والتي شهدت أكثر تكرراً في عدد التساقط المطري خلالها، فمثلا: كان فصل الشتاء الأكثر تكررا في عدد مرات هطول الأمطار (37.5%) توزعت الأمطار فيه بين شهر: (ديسمبر– يناير– فبراير)، ونجد فصل الربيع احتل المرتبة الثانية في عدد تكرار التساقط المطري بنسبة (33.3%) خلال شهر (مارس– أبريل– مايو)، أما الخريف فقد احتل المرتبة الثالثة (9%) توزعت الكميات في شهر (سبتمبر– أكتوبر– نوفمبر)، في حين فصل الصيف سجل المرتبة الدُنيا في عدد تكرار الفترات المطرية خلال شهري (يونيو– أغسطس) مما يُعطي انطباع واضح ربما على أكثر الشهور توقعاً لسقوط الأمطار في البيئات الجافة جنوب شرق ليبيا.

غير أنه لا يمكن تعميم القول إن هذا التكرار الشهري يعكس كميات المطر، فهي متفاوتة ترتبط بشكل دقيق بكميات الهطول والزمن المستغرق، فنجد فصل الصيف الذي سجل (5) مرات حدث فيها أعلى تساقط مطري في شهر أغسطس (11.2) ثم (56) مليمتر في يوم واحد، هذا الكميات المسجلة تعكس التشتت والتباين الكبير عن المعدل في كمياتها على المدى الطويل، ويعد مؤشر دقيق لتعرض المنطقة لفترات مطرية غزيرة سريعة تارَة و جافة وخفيفة طويلة تارَة أخرى، الجدول (4).

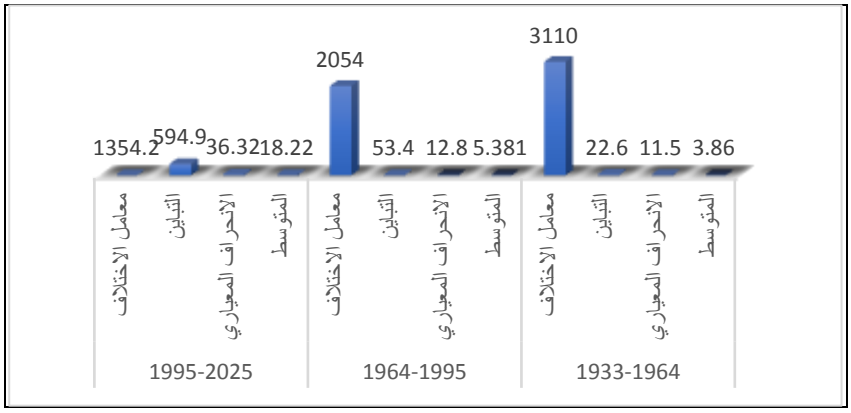
الشهور	1934-1964				1995-1964				2024-1995			
	المتوسط	الانحراف المعياري	التباين	معامل الاختلاف	المتوسط	الانحراف المعياري	التباين	معامل الاختلاف	المتوسط	الانحراف المعياري	التباين	معامل الاختلاف
سبتمبر	0.554	1.9969	3.988	360.5	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00
أكتوبر	0.200	0.5523	0.305	376.2	0.158	0.4100	0.168	259.5	0.00	0.000	0.000	0.00
نوفمبر	0.131	0.3497	0.122	266.9	0.011	0.0315	0.001	286.4	0.240	0.5060	0.256	210.8
ديسمبر	0.315	0.6243	0.390	198.2	0.00	0.000	0.000	0.00	0.240	0.5060	0.256	210.8
يناير	0.036	0.1336	0.018	371.1	2.747	6.3861	40.783	232.4	0.00	0.000	0.000	0.00
فبراير	0.457	1.2315	1.516	269.5	1.21	2.875	8.265	237.4	0.00	0.000	0.000	0.00
مارس	0.692	2.4962	6.231	360.7	0.53	1.494	2.233	281.9	1.720	2.8331	8.026	164.7
ابريل	0.000	0.0000	0.000	0.00	0.084	0.2115	0.045	251.8	1.16	2.293	5.258	197.7
مايو	0.640	1.0362	1.074	161.3	0.63	1.368	1.871	217.8	1.260	2.2682	5.145	180.2
يونيو	0.036	0.1336	0.018	371.1	0.011	0.0315	0.001	286.4	2.40	4.300	18.489	179.2
يوليو	0.000	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00
أغسطس	0.800	2.9933	8.960	374.2	0.00	0.000	0.000	0.00	11.20	23.612	557.51	210.8

جدول (4) تحليل مقارنة الانماط المناخية المطرية الشهرية خلال الفترة (1934-2024).

المصدر: تم حساب الأرقام بناءً على البيانات المطرية الشهرية من محطة أرصاد الكفرة الواردة خلال الفترة من 1933-2025، باستخدام برنامج (spss).

نلاحظ من بيانات الجدول (4) للسنة المائية أن المجموع المطري خلال (92) عام لم يتجاوز (188.5) مليمتر، كانت المتوسطات المطرية الشهرية في الفترة (1934–1964) منخفضة وسجلات أعلاها في أغسطس، كما ظهرت المتوسطات المطرية الشهرية في الفترة (1964–1995) منخفضة وسجلات أعلاها في يناير، كما تبين من محتويات الجدول أعلاه أن هناك تشتت كبير في معامل التباين (Variance) مما يدل على أن هناك سنوات جافة طويلة، كما ظهر الانحراف المعياري (Std Deviation) بقيم متفاوتة وهي قيم متباينة وبعيدة عن المتوسط العام وهو ما أكده معامل الاختلاف (CV) مقارنة بالمتوسط (Mean) ما يؤكد أن التساقط المطري في المنطقة يتسم بالعشوائي الغير منتظم واهم سماته التذبذب وعدم الاستقرار شكل (4).

شكل (4) تحليل مقارنة الانماط المناخية المطرية السنوية خلال 92 عامًا.



المصدر: تم حساب المجاميع بناء على بيانات الجدول (4) تحليل مقارنة الانماط المناخية المطرية الشهرية خلال الفترة(1934–2024).

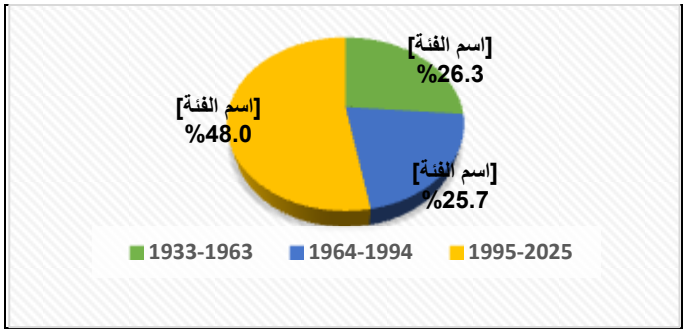
باستخدام برنامج (EXCEL).

وبمقارنة السنة المائية الأولى والثانية بالثالثة (1995–2025) تعد البيانات أكثر اتزانًا نسبيًا، ومعاملات الاختلاف فيه أقل، والأقرب من المتوسط وأكثر تجانسًا. أي الأقل

تشتت وتدبدب في الامطار الذي يرتبط بزيادة الكمية المقاسة خلال نهاية الفترة. أن ما أمكن ملاحظته ان أعلى قمة مطرية خلال شهر أغسطس في السنة المائية الاولى، تكررت بعد مرور أكثر من 90 عامًا في نفس الشهر، في السنة المائية الثالثة، مما يشير إلى احتمال وجود نمط دوري مناخي طويل الأمد، كما سجلت أعلى قمة مطرية خلال شهر يناير في السنة المائية الثانية مما يشير الى تغير في نمط الهطول.

يتبين مما سبق أن المعدلات الشهرية للتساقط المطري في محطة أرصاد الكفرة، والتي تتصف بندرة سقوط الأمطار أغلب مواسم شهور السنة، باستثناء بعض السنوات التي سجلت أمطار على فترات متباعدة كما هو الحال في ربيع وخريف عامي (2022، 2023) لتسجل (12.3) مليمتر، ثم تجددت الأمطار في صيف عامي 2023 و2024م لتسجل (56) مليمتر. مما يعني ان قرابة نصف التساقط المطري في منطقة الدراسة كان في السنة المائية (1995–2025)م، وقرابة ربع التساقط المطري في الفترة (1964–1995)م، وتجاوزت الربع في (1933–1964)م، والذي قد يشير إلى تغيرات مناخية أو دورة مناخية تستحق قياسها ودراستها كما يبين الشكل (5).

شكل (6) نسبة المجموع المطري في منطقة الكفرة خلال ثلاثة مراحل زمنية (1933–2025).



المصدر: من عمل الباحثين استناداً للبيانات الصادرة من محطة أرصاد الكفرة.

لكن لا يمكن تعميم هذه القاعدة وبأن موسم الامطار يرتبط بشهور معينة او فصول محددة فقد يؤدي تقابل الكتل الهوائية المختلفة فوق البحر المتوسط إلى تكوين جبهات

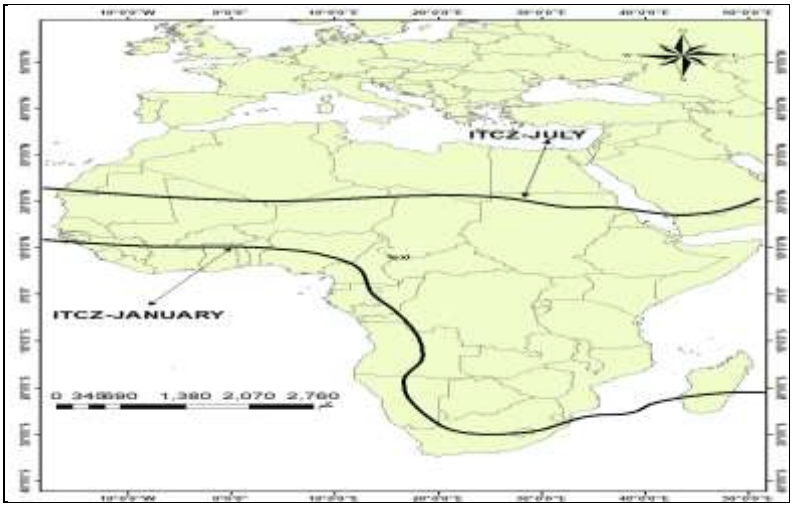
تتصارع عندها تلك الكتل، وينشأ عنها توالد حوالي 70 انخفاضاً جوياً أو نحو 90% من الانخفاضات الإعصارية التي تتأثر بها ليبيا في فصل الشتاء وفي الفصليين الانتقاليين[12]. مما يتسبب في حالة عدم استقرار وسقوط أمطار على الشريط الساحلي للبلاد، غير أن بعض هذه الانخفاضات قد تتعمق وتتسرب منها خلايا من السحب الممطرة إلى المناطق الجافة وينشأ عنها هطول أمطار في شكل رخات بين الخفيفة والمتوسط إلى المناطق الجافة وشبه الجافة، غير أن تساقطها قد يكون على مدى شهور وسنوات متباعدة؛ لذلك فهي تتصف بالتذبذب وعدم الانتظام.

وترتبط الأمطار صيفاً في المناطق الجافة بالأنظمة التصاعدية التي تصاحب الانخفاضات الجوية وتحرك منطقة التقارب المدارية (ITCZ) الخريطة (2). وبما أن الكتل الهوائية فوق الصحراء دائما تنشأ جافة وتكتسب الحرارة العالية التي تصل إلى أواخر الأربعينات ونتيجة طول فترة الدفء التي تكتسبه الأرض يعرض المنطقة إلى تسخين فيتمدد الهواء الدافئ ويرتفع ويشكل منطقة منخفض جوي، وفي الوقت نفسه يكون الهواء على المحيطات أبرد ومشبع بالرطوبة ومكون منطقة ضغط مرتفع، فتتدفق الرياح من المسطحات المائية باتجاه اليابس واتجاه منطقة التقارب المدارية (ITCZ) التي تتحرك شمال خط الاستواء صيفاً (Intertropical Convergence Zone) الذي عادتاً ما تلتقي فيها الرياح (التجارية) الجنوبية الرطبة مع الرياح الصحراوية الشمالية الشرقية الجافة نتيجة مرورها على مساحات كبيرة من اليابس فتكتسب حرارته. ومنطقة الدراسة شهدت أمطار صيفية غزيرة في تلك الفترة نتيجة تأثرها برياح جنوبية غربية قادمة من غرب القارة الإفريقية محملة برطوبة، والتقاءها برياح شمالية شرقية ذات منشأ صحراوي جاف استمر تأثيرها قرابة الأسبوع، وتكونت معه السحب الرعدية

12- محمد عياد مقيلي، المناخ في الجماهيرية دراسة في الجغرافيا، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، الطبعة 1، 1995م، ص 156.

المتوسطة مصحوبة بتساقط الهطول المطري توزع في المنطقة، والعديد من المناطق الحدودية مع السودان وتشاد، خريطة (2).

خريطة (2) منطقة التقارب المدارية (ITCZ) شمال خط الاستواء (ITCZ).



موقع منطقة التقاء الرياح التجارية (ITCZ) يتغير على مدار السنة. تتحرك موقع منطقة التقاء الرياح التجارية (ITCZ) يتغير على مدار السنة. تتحرك منطقة الـ ITCZ فوق اليابسة شمالاً أو جنوباً

المصدر: من عمل الباحثين استناداً إلى: أطلس العالم، إبراهيم حلمي الغوري، مرجع سابق، وبرامج Arcmap10.8.

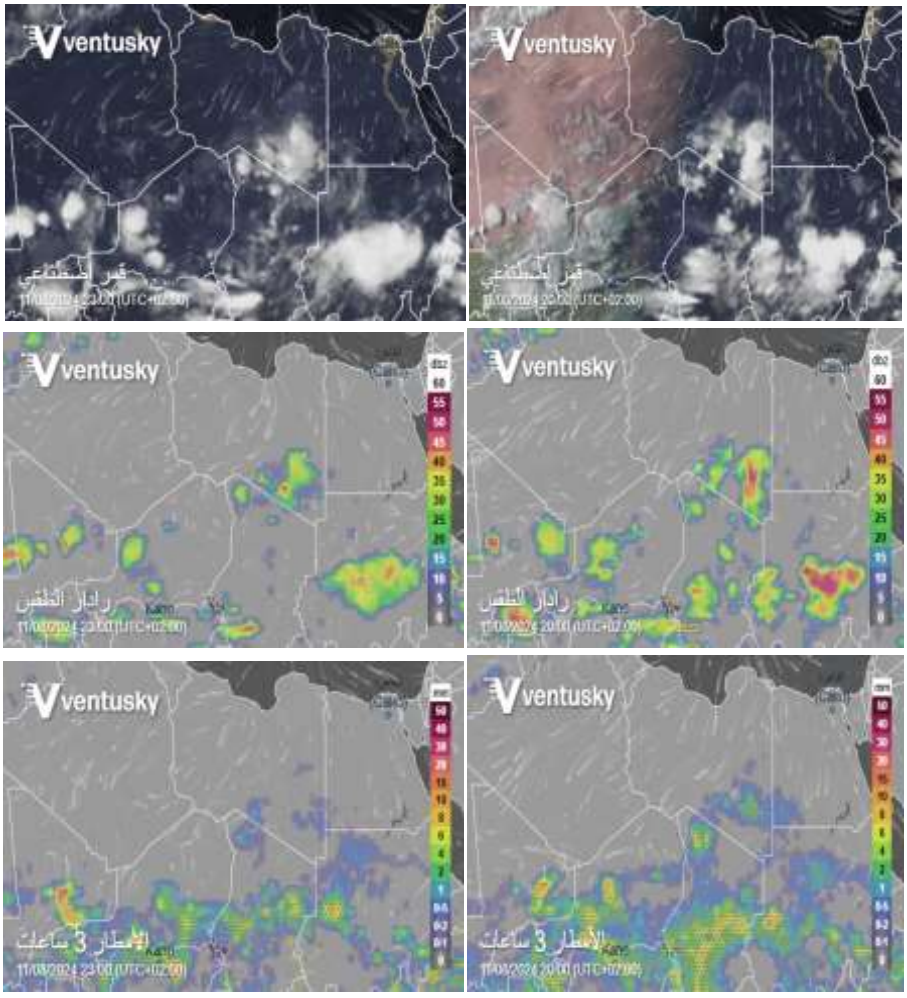
إن ارتفاع الرطوبة في مستويات الضغط عند 850،700.500 هيكتوبسكال، وتزامن اتجاه الرياح مع مؤشر (CAPE)[13] وكان الهواء الصاعد راسياً أدفأ من محيطه، وسجل 2800 جول/ كجم، ونتيجة استمراره في الصعود، نتج عنه منطقة من عدم الاستقرار

13- المقصود Convective Available Potential Energy الطاقة الكامنة المتاحة للحمل الحراري (CAPE) وهو المقدار الذي تكتسبه كتلة هوائية بالارتفاع راسيا في الغلاف الجوي، (صعود الهواء) عند توفر الظروف المناسبة، و CAPE هو مقياس ديناميكي في علم الأرصاد الجوي يُعبّر عن كمية الطاقة الكامنة في كتلة هوائية رطبة ودافئة يمكن أن تتحرر عندما ترتفع هذه الكتلة بفعل الحمل الحراري، لتتحول إلى طاقة حركية.

- إذا كانت قيمة CAPE مرتفعة ← يزيد احتمال تكوّن سحب ركامية قوية وعواصف رعدية.
- إذا كانت منخفضة أو صفرية ← يصبح الجو أكثر استقرارًا ولا يتطور إلى حمل حراري ملحوظ.
- إذن CAPE يصف "قوة العاصفة المحتملة" في الغلاف الجوي.

جوي وعواصف وأمطار غزيرة على شكل رخات متسارعة وبكميات كبيرة، وهو ما شهدته المنطقة كأعلى متوسط سقوط مطري سنوي في عام 2024م، مصحوبة برياح وصلت في قوتها 100كم/ ساعة، وربما كانت المعدلات أعلى على المناطق الحدودية والمرتفعات الجبلية، كما أتضح في خريطة المنطقة من خلال مرئيات القمر الصناعي (3).

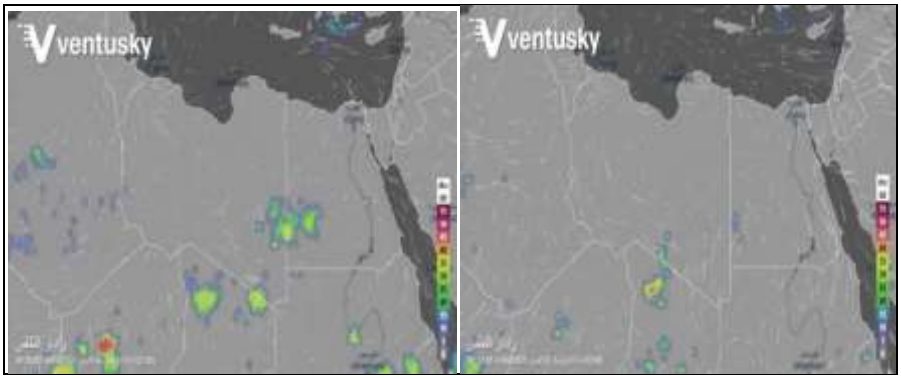
خريطة (3) صور القمر الصناعي يوضح تكون السحب الممطرة على جنوب شرق ليبيا عام 2024م.



المصدر: من تجميع الباحثين استناداً إلي 2024م https:www.ventusky.com

والجدير بالذكر أن المنطقة تشهد الآن أنماطًا مناخية أكثر تقلبًا؛ ربما ترجع للتغيرات المناخية العالمية، وارتفاع درجة حرارة المسطحات المائية المحيطة بالقارة الإفريقية. وربما هطول كميات من الأمطار في أعوام متتالية من 2023م وحتى 2025م، قد تندر بهذا التغير المناخي مقارنة ببقي الكمية خلال الفترة 1995–2022م التي لم تتجاوز (22.2)ملم، توزعت على مناطق متفرقة وشملت الأطراف الحدودية الشرقية والجنوبية لمحيط مدينة الكفرة والبعيدة عن محطة الرصد المعتمدة.

الخريطة (4) صور الرادار توضح تساقط الأمطار على الأطراف الشرقية والجنوبية لمدينة الكفرة أغسطس2025م.



المصدر: من تجميع الباحثين استناداً على 2024مhttps://www.ventusky.com

ويتضح أثر التساقط المطري الذي لم يسبق تسجيله في تاريخ المنطقة، خلال ثلاثة أعوام متتالية في المناطق الجافة، وبهذه الكميات عما سبق فهو يتسم بعدم الانتظام، كما يصعب التنبؤ بكمياتها إلاَّ بشكل تقديري. أما باقي شهور السنة تشهد رتابة وتشابهاً مملا في أحوال التساقط المطري لفترات طويلة، مما يعني أنه لا يوجد موعد محدد لسقوط الأمطار بالصحراء، وأن سقوطها في أيّ وقت من السنة، وخلال يوم أو اثنين، كما أن أمطارها تتوزع بين الخفيفة، والمتوسطة، والغزيرة، وأحيانا تكوِّن أثراً لا يمكن قياسه، جدول (5).

الجدول (5) التصنيف المطري للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية (wmo).

نوع الأمطار	معدل الهطول المطري (ملم/ساعة)	التأثيرات المحتملة
خفيفة	1- 4 ملم/ ساعة	ترطيب التربة لا تسبب سيول
متوسط	**5**- 9 ملم/ ساعة	تشبع التربة واحتمال تشكل بِرَك
غزيرة	10- 50 ملم/ ساعة وأكثر	سيول وفيضانات

المصدر: تصنيف المنظمة العالمية للأرصاد الجوية.

ومن هنا يمكن تصنيف نوعية الأمطار في منطقة الدراسة إلى كونها خفيفة في مجملها وان كانت هناك فترات تتسم بالغزارة بناءً على التصنيفات العالمية للرصد الجوي والتي تتراوح في كمياتها كما سبق بيانها من واقع هذه الورقة ما بين (1-50) ملم/ ساعة وأكثر.

المبحث الثاني: التغيرات المناخية وعلاقته بالتغيرات المطرية في حوض الكفرة.

إن الإشادة بدور التغيرات المناخية الحاصلة أصبح ضروريا، حيث أظهرت الظواهر الجوية في جميع أنحاء العالم تغير، وما نجم عنه من أضرار لحقت بالإنسان، والتغيرات التي حدثت في المنطقة، ترجع إلى نشاط الأعاصير المدارية وتكوُّن السحب المشبعة بالرطوبة، ونتيجة لذلك فإنه من المتوقع أن تسقط الأمطار بغزارة، محدثة فيضانات محلية خطيرة في أجزاء كثيرة من المناطق. وتعد السيول والفيضانات من أخطر الظواهر التي تهدد المناطق الجافة ولاسيمّا ان كانت مأهولة بالسكان، مما يشكل تهديدا كبيرا على الإنسان وأنشطته المختلفة، بحسب ما تتصف به الأمطار من تركز سقوطها في منطقة دون غيرها، أو نتيجة سقوطها في شكل فجائي دون سابق إنذار، فعلى الرغم من اقتصار كمياتها الكبيرة في أشهر معلومة: شهور: (ديسمبر- يناير- فبراير- مايو- أكتوبر- نوفمبر) بمنطقة الدراسة إلاَّ أنّ التحديد

الدقيق لوقوعها زمنيا ومكانيا صعب، السبب الذي يرجع إلى ديناميكية العواصف المسببة لهذه الظاهرة.

فرضت هذه البديهيات الملموسة للتساقط المطري في منطقة الدراسة الحقيقة التي تتعلق بالتغير المناخي الذي أثر على الأرض وغير خصائصها المناخية وبدأت تشهد مناخًا مختلفًا، حيث يعتقد العلماء أن مستوى سطح البحر قد ارتفع خلال القرن الماضي بحدود (1.7–0.3 ملم/ كل سنة) وكانت نسبة الارتفاع من عام 1993– 2010م هي الأعلى حتى بلغت بحدود (3.2–0.4 ملم/ كل سنة)، مما سيؤثر في حدوث كوارث، وظواهر مدمرة كالمد المرتفع، والفيضانات، وتكرار سنوات الجفاف، والأمطار الجارفة.[14]

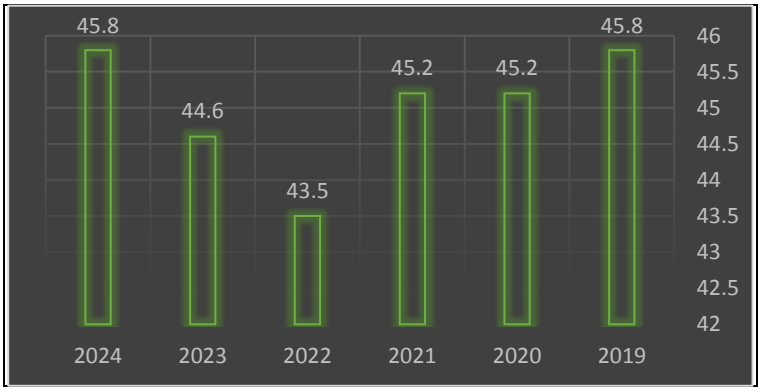
كما تشير التوقعات الصادرة عن الأمم المتحدة في مايو/ 2023م بأنّ درجة حرارة المحيط الأطلسي شهدت مستويات قياسية. مما قد يتسبب في تحويل أمطار الرياح الموسمية إلى شمال أفريقيا في المستقبل، ويتسبب في تزايد وتيرة الأمطار على البيئات الأكثر جفافا، حيث لا ترتبط التغيرات المناخية بالكوارث الطبيعية فحسب، بل يمكنها كذلك أن تعيد الحياة لأكثر المناطق جفافًا، كما حدث في الجنوب الشرقي للمغرب، وجنوب غرب ليبيا، حيث أعادت الفيضانات والسيول التي تحركت من الجزائر باتجاه غات ووديانها وبحيراتها، وفي الجنوب الشرقي تشكلت البحيرات في المناطق المنخفضة في جبل العوينات ووادي الغزال والذي استمرت مظاهره البيئية شهوراً طويلة مكونة بيئة خصبة وتنوع ايكولوجي بيئي غيَّر معالم الإقليم في تلك الفترة.

ويتصف مناخ المنطقة بالجفاف وارتفاع درجات الحرارة، وبدفئه في فصل الشتاء، وقد يكون الفارق الحراري بين شهور السنة غير كبير، وارتفاع درجات الحرارة

14 – حسن عماد صاحب المطر، على جبار كريدي القاضي، ظاهرة التغير المناخي، ماهيتها، وأسباب نشوئها، والآثار المترتبة عليها، مجلة دراسات البصرة، العدد50، سنة الثامنة عشر، كانون الأول، 2023. ص113.

إلى ما فوق 40م°، الشكل (7). حيث تبدأ درجات الحرارة في الارتفاع منذ بداية الربيع وحتى أواخر فصل الخريف وأحيانا تتجاوز حتى بداية فصل الشتاء، ففي صيف يونيو عام (2020م) سجلت الحرارة العظمي حوالي (45.2م°)، وفي مايو عام (2021) سجلت (45.2م°)، وفي إبريل (2022) سجلت (43.5م°)، وفي يونيو (2023) سجلت (45م°)، وفي مايو (2024) سجلت (46م°)، وبمتوسطات سنوية تراوحت ما بين (37–40م°)، و تبقي درجات الحرارة مرتفعة شهور طويلة مما يزيد من اكتساب الأرض للحرارة بنسب كبيرة من الإشعاع الشمسي[15]. وتعمل أنظمة الضغط الجوي دوراً واضحاً في منع صعود الهواء وتَكَوُّن السحب وقلّة الأمطار إلاّ في ظروف استثنائية سبق ذكرها، أو يتسبب في زيادة التبخر من التربة والمياه وتعرضها للجفاف، وتصبح عرضة للتفكك والانجراف بسرعة إذا ما صادفت سقوط أمطار غزيرة.

الشكل (7) درجات الحرارة العظمي المسجلة في الفترة ما بين 2020–2024.



المصدر: البيانات المناخية لمحطة إرصاد الكفرة عن السنوات المذكورة.

مما سبق يتضح أن طبيعة المناخ الحار في الأراضي الجافة الصحراوية لابد أن يكون للتغيرات المناخية دورًا فيها، حيث تغيرت مؤشرات التساقط المطري فيها، فقد سجلت المعدلات في منطقة الدراسة زيادة بفارق (43.7) مليمتر عام

15 – البيانات المناخية الصادرة عن محطة أرصاد الكفرة، 2024م.

2024م عما كانت عليه عام 2023م والمقدر بـ (12.3) مليمتر، ليجعل شهر أغسطس هو قمة المطر الصيفي المتوقع في هذا الإقليم، والمسجل على الرغم كونه أقل الفصول في عدد تكرار مرات التساقط المطري. إذْ تعد هذه الكمية الأعلى تسجيلا على هذه المنطقة منذ تاريخ إنشاء محطة رصد جوي فيها سنة 1933م، وربما سيدرج نهاية فصل الشتاء والربيع باعتبارهم اكثر الشهور تكررا في احتمال تكون السحب الممطرة مقارنة بفصل الخريف ثم الصيف، وبداية تأثرهما بالرياح الموسمية المرتحلة من المحيطات مما يعطي للبيئات الجافة ظروفاً جوية رطبة مغايرة لباقي الشهور، كما أن سقوط معدل (12.3–56) ملم على التوالي في أقل من ساعة يعني كل متر مربع يكون ارتفاع المطر فيه بمعدل(12.3–56) سم.

المبحث الثالث: التنوع البيولوجي في حوض الكفرة.

إن تشكل المنخفضات له دور واضح في تباين التوزيع النباتي عقب سقوط الأمطار داخل الإقليم الواحد. ففي المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة تصبح المنخفضات (كالأحواض والأودية وقيعانها) مناطق تجميع لأكبر قدر من الرطوبة قياساً بالمناطق المجاورة أو المرتفعة[16]. وتبعاً لذلك تتزايد كثافة الغطاء النباتي المحيطة وتستمر في التأقلم والعيش لفترات طويلة في هذه البيئة الرطبة، الصورة (1).

الصورة (1) الغطاء النباتي الكثيف على المنخفضات في منطقة بوزرَّيق (شمال منطقة الكفرة)

16– إبريك عبدالعزيز بوخشيم، الغلاف الحيوي الجماهيرية، دراسة في الجغرافيا، مرجع سبق ذكره، 1995م، ص281.

المصدر من تصوير علي عبد الرحيم أرقيق، مدير محطة أرصاد الكفرة 2025/9/10م.

ومن المؤكد أن سقوط الأمطار الموسمية على المناطق الجافة لها تأثير في النظام البيئي، فمتي كانت هناك أمطار تظهر النباتات الطبيعية، والتي تنمو من دون تدخل الإنسان في إنباتها، أي: تنبت من تلقاء نفسها[17]. وتتغير تلك البيئة الجافة وتبرز بوادر الحياة من جديد عقب سقوط الأمطار، فنجد أماكن اكتست لونا أخضر وانتشرت فيه النباتات الحولية التي تبدأ بالظهور في موسم الأمطار وتختفي بحلول الجفاف وارتفاع درجات الحرارة، وتبقي على هيئة بذور منتشرة، إلى أن تحصل على رطوبة مجدداً لتحفز نموها. ويبدأ هناك تنوع بيولوجي غير معهود في المكان، وتظهر كائنات لها القدرة على التكيف مع الأنظمة البيئية الصحراوية. هذا يدل على أن التنوع البيولوجي الذي طرأ على جنوب شرق ليبيا، والذي كان موجوداً حتى تاريخ أخذ هذه الصور في شهر نوفمبر، جاء نتيجة توزيع الأمطار عام 2024م الأمر الذي شكل شخصية الإقليم في تلك الفترة واتضحت مظاهره في:

1- ظهور النباتات مختلفة في (وادي كركور بوحليقة) داخل جبل العوينات، وآخر في شمال جبل العوينات من الجهة الشرقية المحاذية للحدود المصرية، وجبل أركنو، فأينما وصل تأثير الأمطار نمت نباتات صحراوية متعددة الأشكال في أماكن تَجَمّع المياه وفي الأودية، بعضها لها القدرة على الاحتفاظ بالماء، الأمر الذي أحدث طفرة استمرت أشهراً في بقاء هذه النبات على قيد الحياة، وربما كان نتيجة تحايلها على الجفاف وحصولها على الرطوبة من المخزون المائي الذي غطى المنطقة في تلك الفترة، وهو بدوره يساعد في تثبيت التربة الصحراوية ومكافحة التصحر.

عبدالعباس فصيح الغريري، وآخرون، جغرافية المناخ والغطاء النباتي، دار صفاء للنشر، عمان، ط1، سنة 2001م، ص 226.

2- الصورة (2) التنوع النباتي بعد سقوط أمطار 2024

المصدر من تصوير علي عبد الرحيم أرقيق، مدير محطة أرصاد الكفرة، بتاريخ 2024./11/15م.

3- ظهور النباتات مختلفة في (وادي كركور بوحليقة) داخل جبل العوينات، وآخر في شمال جبل العوينات من الجهة الشرقية المحاذية للحدود المصرية، وجبل أركنو، فأينما وصل تأثير الأمطار نمت نباتات صحراوية متعددة الأشكال في أماكن تَجَمّع المياه وفي الأودية، بعضها لها القدرة على الاحتفاظ بالماء، الأمر الذي أحدث طفرة استمرت أشهراً في بقاء هذه النبات على قيد الحياة، وربما كان نتيجة تحايلها على الجفاف وحصولها على الرطوبة من المخزون المائي الذي غطى المنطقة في تلك الفترة، وهو بدوره يساعد في تثبيت التربة الصحراوية ومكافحة التصحر.

4- من المؤشرات الناتجة عن تساقط الأمطار في هذه الفترة ظهور البرمائيات وبعض الحشرات الصغيرة والكائنات المائية التي استطاعت الاستمرار والتكيف مع البيئة الموجودة فيها رغم قسوة مناخها، مستعينة بوجود الغطاء النباتي الذي وفر لها الملاذ الآمن للحصول على الغذاء والماء والتكاثر.

الصورة (3) توضح ظهور البرمائيات في وادي الغزال عقب سقوط الأمطار في جنوب شرق ليبيا.

المصدر من تصوير علي عبد الرحيم أرقيق، محطة أرصاد الكفرة، بتاريخ 2024./11/15م.

5- شكلت الأحواض المائية المتجمعة في المنخفضة داخل جبل العوينات وجبل أركنو بيئة طبيعية خصبة كانت السبب في تكاثر حيوان الودان وهو ما يبشر بزيادة أعدادها مستقبليًا.

المبحث الرابع: الآثار الإيجابية والسلبية لسقوط كميات كبيرة من الامطار في حوض الكفرة.

لا شك أن سقوط الأمطار كانت مبعث فرح وسرور لسكان المنطقة، لاسيما أنها مرت بسلام ولم تخلّف أضراراً بشرية ومادية، بل قد تنعش الأرض وتعطيها مظهراً جمالياً يغير واقعها المعتاد، وتجدد المخزون المائي الجوفي وتجري الأودية وتمتلئ البحيرات المحلية التي تكوِّن مورداً للكائنات، ما قد يحقق توازناً وتنوعاً بيئياً. في ظل التحولات المناخية الكبيرة التي يشهدها العالم اليوم، والأحداث المناخية غير المتوقعة بما في ذلك الأمطار الغزيرة في المناطق الصحراوية الجافة، كصحراء جنوب شرق ليبيا بالرغم من أن هذه المناطق تُعرف بجفافها وقلة هطول الأمطار فيها، إلا أنَّ مظاهرها المكانية كانت واضحة تمثلت في:

الصورة (4) تجمع الأمطار في صحراء جنوب شرق ليبيا.

المصدر: من تصوير الباحثين 2025/9/1.

1- توفر التغذية المائية عقب سقوط الأمطار التي تنساب إلى باطن الأرض عابرة الشقوق أو عن طريق الرشح إلى المياه الجوفية، مما يزيد الرصيد المائي الجوفي في المنطقة.

2- إن وجود بيئة طبيعية خصبة بالنباتات والأعشاب وفرت المرعي للحيوانات من الأغنام والإبل للمنطقة والمناطق المجاورة.

3- تكون تجمعات لمياه الأمطار في المنخفضات الجبلية التي تحيط بالمدينة، وبقائها فترات طويلة من الزمن تجاوزت ثلاثة أشهر حتى تاريخ أخذ الصورة وربما تجاوزه.

4- خلّف تساقط الأمطار تنوعاً بيئياً ارتبط بوجود النباتات التي استمر وجودها ونموها نتيجة للتفاعل مع الماء الوفير وطبيعة البنية التضاريسية.

5- من المؤكد أن تساقط الأمطار الموسمية في المدن الجافة الصحراوية لها المقدرة على تعديل المؤثرات المناخية الحادة فيها.

لقد كان واضحاً للعيان الآثار الإيجابية التي ظهرت في البيئة الصحراوية الجافة جنوب شرق ليبيا عقب هطول الأمطار ولاسيما في السنوات الأخيرة التي شهدت تزيداً في كمياتها، مما تسبب في إيجاد تنوع بيولوجي وتغيير طبيعة المكان نباتياً وحيوانياً، بينما خلّفت الأمطار آثاراً سلبية سيئة أثرت في المكان، وعرضت الممتلكات للهلاك، وزادت معاناة السكان، فأغرقت الشوارع نتيجة البنية التحتية المتهالكة الغير مهيّأة لتلقي

كميات كبيرة من الأمطار. وحينما حدث الهطول المطري في عام 2024م والذي كان مصحوب برياح قوية بلغت 100كم/ ساعة كان الوضع السائد آنذاك على النحو التالي:

1- تعرض المنطقة للأمطار الموسمية المصحوبة بعواصف شديدة تسبب في حدوث فيضانات وسيول مدمرة للبنية التحتية نتج عنها: تضرر العديد من المناطق السكنية وانهيار عدداً من المنازل في منطقة (قَدرفَي) و(حي الشورى)، وانقطاع الكهرباء لعدة أيام مما أثر على الأراضي الزراعية، وسقوط عدداً من الأشجار والحوائط، وخروج مستشفى (الشهيد عطية الكاسح) الرئيسي عن تقديم خدماته وإجلاء المرضي منه، وإغلاق الطرق وتعطل حركة سير المركبات الآلية.

2- الصورة (5) امتلاء الشوارع بمياه الأمطار وتعطل حركة المرور.

المصدر: من تجميع الباحثين 2024م، استناداً إلى www.googli.

3- ظهور الحشرات الضارة "العقارب" عقب سقوط الأمطار وانجراف التربة ما ينذر بزيادة نشاطها، معرضة الأرواح البشرية للمخاطر، حيث بلغ عدد المصابين بلدغ العقارب في فترة تساقط أمطار 2024م 72 إصابة كما اشارت وسائل الاعلام المحلية، مما يتطلب إجراءات احترازية لتوفير المزيد من اللقاحات.

4- انقطاع التيار الكهربائي عن المنطقة كان سببا وراء تعرض الأراضي الزراعية للعديد من الأضرار.

5- سقوط الأشجار الكبيرة مسببة في تعطل الحركة نتيجة الرياح القوية التي وصلت 100كم/ ساعة مع هطول الأمطار.

الخاتمة:

إن موقع منطقة الدراسة (الكفرة) المميز في جنوب شرق ليبيا جعلها عرضة لتأثير الرياح الموسمية الجنوبية الرطبة العابرة من المحيطات وتلاقيها بالرياح الشمالية الشرقية الجافة التي تشكل السحب الماطرة على أماكن متفرقة وبكميات كبيرة مقارنة بالسحب العابرة المتسربة من الانخفاضات التي تصل شمال ليبيا في فصل الشتاء أو من المنطقة الاستوائية في فصلي الصيف والربيع.

ولا شك أن التغيرات في نظام التساقط المطري في جنوب شرق ليبيا وفي منطقة الدراسة يستدعى رصد وتتبع حركة السحب وحركة الرياح القادمة من المناطق الاستوائية الرطبة، غير أن هذه الكميات تضاعفت حديثاً فأصبحت مبعث قلق وتوجس لدي قاطنين المكان، الأمر الذي يؤكد دور التغيرات المناخية كونها من الظواهر النادرة ولم تتكرر سابقا ولم تسجل هطول غزير خلال سنوات متتالية مما يشير إلى تحول مناخي قد يكون مرتبطاً بعوامل مختلفة، وليست دورة مناخية تكررت على فترات وإن كانت نادرة، وربما هذا يغير حقيقة التصنيفات المناخية التي تصف المنطقة بندرة التساقط التي لا يتجاوز فيها المعدل المطري 2ملم/ سنويًا.

والجدير بالذكر أن هناك تنوع طبيعي ترك آثاره الحميدة في المنطقة بعد سقوط الأمطار، فكانت ملاذاً للحيوانات والطيور المهاجرة والحشرات، وتنوعت فيها النباتات التي حافظت على استمرارها لفترة طويلة، بينما تتصف آثاره كونها غير حميدة حينما يصعب التنبؤ بكمياتها مما يشكل هاجسَ خوفٍ لدي سكان المكان، خاصة أن هذه المدن تشهد وجود سكاني، الأمر الذي يزيد من حدة الوضع القائم جراء الفيضانات

المتوقعة التي تهدد قدرة المدن الصحراوية الهشة على الصمود أمامها وقلة إمكانياتها الاقتصادية.

لقد أظهر تساقط الأمطار بكميات كبيرة في أغسطس عام (2024–2025) الذي غمر الشوارع والبيوت وتسبب في تعطيل الخدمات وانعدام مقدرة المنطقة على مواجهتها، في ظل نقص الإمكانيات المادية والبشرية المدربة على تفادي أخطارها، أضف إلى ذلك التوسع العمراني العشوائي الغير مخطط في المناطق الجافة الذي وقف عائقاً امام التحكم في حركة السيول مما يجعل تركزها في أماكن دون أخرى، وبالتالي زيادة أضرارها في المكان، وخروج الحشرات الضارة الفتاكة بالإنسان، ما أوجد تحديات كبيرة في إدارة التساقط المطري الغزيز الغير المتوقع.

إن الآثار السلبية كثيرة وهذا ما تم حصره بشكل عام نتيجة البنية التحتية الغير مهيأة بشكل كاف لاستيعاب مثل هذا التساقط المطري، لكن المميزة الثابتة والواضحة وإن كانت ليست دائمة، تتمثل في نمط التغيرات في الغطاء النباتي الكثيف الذي غطي المكان وهو أمر غير معتاد عليه في المناطق الجافة خاصة وأنه استمر شهورًا طويلة بعد تساقط الأمطار، وما يشكله هذه الغطاء من بيئة خصبة كغذاء للحيوانات والحشرات، وهي أدلة وشواهد ثبت صحتها.

وسيعا لتفادي أخطار التغيرات المناخية وزيادة وتيرة الأمطار في البيئات الجافة التي لم تستوعب هذه الزيادة، الأمر الذي يتطلب إعادة النظر في المخططات القائمة، وتطوير البنية التحتية، وبناء السدود لتجميع المياه لغرض الاستفادة منها وتخفيف الضغط على المخزون المائي الجوفي الأكثر استخداما في المنطقة، وهو ما يتطلب استثمارات وتخطيط استراتيجي طويل الأجل وفق دراسات دقيقة؛ لضمان قدرة المنطقة على تحمل أعباء التغيرات المناخية، وحماية السكان من آثار الأمطار الغزيرة.

النتائج:

1- إن (188.5) ملميتر من التساقط المطري في منطقة الدراسة سجل في الفترة من (1933-2025م)، قرابة نصف الكمية (90.5%) مليمتر هطلت في الفترة من (1995-2025م)، مقارن بالفترتين (98%)، حيث سجلت الفترة الأولى (26.3%) من مجموع الهطول المطري، وسجلت الثانية (25.7%) من مجموع الهطول المطري، في حين قدرت الكميات المتساقطة خلال الفترة (2023م) وحتى (2025م) بـ(86.3) مليمتر، بنسبة (75.5%)، مقارنة (24.5%) للفترة من(1995-2025م) وبمجموع قيمة كلية عن كل الفترة (90.5) ملم وما تعادل ما نسبته (48.0%) كما سبق الإشارة اليه أعلاه في مثنى النتيجة. مما يعني أن قرابة نصف الكمية التي هطلت على مدى أكثر من (92) عاماً الماضية سجلاتها السنوات الأخيرة، ما يؤكد تغير كميات وزمن التساقط المطري في النطاق الجنوبي الشرقي بصفة عامة ومنطقة الدراسة (الكفرة) بصفة خاصة.

2- إن الموقع الجغرافي لمدينة الكفرة في أقصى جنوب شرق البلاد أتاح لها فرصة تعرضها للسحب الماطرة الموسمية الرطبة القادمة من المناطق الاستوائية والذي يبشر بزيادة كمياتها مقارنة بتعرضها للسحب القادمة من شمال البلاد.

3- ان تباعد محطات الرصد يجعل من الصعب التكهن بكمية وزمن سقوط الأمطار إلاّ باكتشاف آثارها المتبقية، خاصة أن عدد محطات الرصد في البلاد في مجملها لم تتجاوز (28) محطة مقارنة بمساحة البلاد الجغرافية (1.775.500كم^2)، مما يعني أن قرابة محطة واحدة تغطي مساحة (36.410كم^2).

4- تتصف المدن الصحراوية وبالأخص مدينة الكفرة بضعف البنية التحتية الغير قادرة على مواجهة الأمطار الغزيرة وبكميات كبيرة، الأمر الذي يجب أن توليه الدولة

اهتماماً خاصاً؛ لتفادي خطر الأمطار المفاجئة في المناطق الجافة وبالأخص المدن الصحراوية المأهولة.

5- إن سقوط الأمطار بشكل غزير مسببا في جريان السيول له مشاكل جمة كتعطل المؤسسات عن تقديم خدمتها في تلك الفترات الحرجة.

التوصيات:

1- ضرورة إنشاء محطات أو مقاييس مطرية متعددة على الأطراف الحدودية ترتبط بالأقمار الاصطناعية على غرار المحطات السطحية التي تعد قليلة والمعتمد عليها عالميا ولا تتجاوز ما نسبته (0.0016%) موزعة على مساحة الدولة، ما يعني عدم قدرة هذه المحطات على تغطية البيانات المطرية على كامل البلاد وبالأخص النطاق الجنوبي، مما يحسن دقة التنبؤ المحلي، ويقلل الأخطار والأضرار المتوقعة.

2- ضرورة التنمية المكانية للمدن الصحراوية وخاصة مدينة الكفرة من خلال الاهتمام بالبنية التحية بشكل دوري فيها حتى تكون قادرة على مجابهة أخطار السيول والفيضانات.

3- إنشاء السدود والخزنات لتجميع مياه الأمطار والاستفادة منها في الأنشطة الحياتية بالمنطقة.

4- دراسة ورصد وتوزيع الأنواع النباتية لتوثيقها وتحديد أوجه الاستفادة منها.

5- إنشاء محمية طبيعية نباتية عند تجمع الأحواض المائية بعد المطر للحفاظ على التنوع البيولوجي حولها، وما يصاحبها من تنوع مختلف في الصور الحياتية.

6- إن الاهتمام بالبيئات الجافة الصحراوية عقب سقوط الأمطار يشجع على إقامة سياحية بيئية مزدهرة لفترات طويلة، وهو ما يحقق تنمية اقتصادية للمنطقة.

مصادر البحث ومراجعه:

أولا: الكتب:

1. إبريك عبدالعزيز بوخشيم، الغلاف الحيوي، الجماهيرية دراسة في الجغرافيا، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، ليبيا، الطبعة 1، 1995.

2. امحمد عياد مقيلي، المناخ، الجماهيرية دراسة في الجغرافيا، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، الطبعة 1، 1995.

3. عبد العباس فصيح الغريري، وآخرون، جغرافية المناخ والغطاء النباتي، دار صفاء للنشر، عمان، الطبعة 1، سنة 2001.

4. فهمي هلا أبو العطاء، الطقس والمناخ، دار المغرفة الجامعية، 1991.

5. كنيت والطون 1987، الأراضي الجافة، ترجمة على عبد الوهاب شاهين، دار النهضة العربية، بيروت.

ثانياً: المجالات العلمية:

1. امحمد عياد امقيلي، مخاطر الجفاف والتصحر والظواهر المصاحبة لهما، دار شموع الثقافة، الزاوية، 2003، ط2، 2009.

2. امحمد عياد مقيلي، الاحتباس الحراري العالمي وأثره على التطرف المطري والحراري بمحطتي أرصاد ليبية، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، الجمعية الجغرافية الليبية، فرع المنطقة الوسطى المجلد الرابع، العدد الثاني، يوليو، 2024م.

3. حسن عماد صاحب المطر، على جبار كريدي القاضي، ظاهرة التغير المناخي، ماهيتها، وأسباب نشوئها، والآثار المترتبة عليها، مجلة دراسات البصرة، العدد 50، السنة الثامنة عشر، كانون الأول، 2023.

4. رافد صالح مهدي الخالدي، تحليل تأثير التغير المناخي على الخصائص الكمية للأمطار والجفاف اليومية في العراق، مجلة واسط للعلوم الإنسانية، جامعة واسط، كلية الآداب، جامعة الكوفة، العراق، مجلد 21، عدد 2، 2025.

ثالثاً: الرسائل العلمية:

1. أبوبكر على الصول، التذبذب والتباين المناخي في معدلات الأمطار بشعبية مصراته وإمكانية استغلالها، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة السابع من أكتوبر، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، 2007م.

2. شرف عبدالرحمن الزوي، أشكال سطح الأرض وتأثيرها على النشاط البشري في منخفض الكفرة دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، رسالة ماجستير في الجغرافيا الطبيعة، جامعة بنغازي، 2013.

3. حافظ عيسى خير الله الزوي، (حوض الكفرة دراسة في الجغرافيا الطبيعية)، رسالة ماجستير في الجغرافيا الطبيعية، (2000).

رابعاً: الدوريات والتقارير:

1. أطلس العالم، إبراهيم حلمي الغور، المؤسسة العلمية للوسائل التعليمية، الإصدار الثامن عشر، حلب، سوريا، 2017.

2. البيانات المناخية الصادرة عن محطة أرصاد الكفرة، 1933–2025.

3. مصلحة الإحصاء والتعداد، تعداد سكان ليبيا حسب المدن، 2020.

خامساً: موقع الانترنت:

1. "The State of the Climate in Africa 2020"

تقرير صادر عن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) بالتعاون مع (FAO) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNE)، أكتوبر 2021.

2. https://www.ventusky.com.

3. https://wjfh.uowasit.edu.iq/index.php/wjfh/article/view/895.

4. http://dspace-su.server.ly:8080/xmlui/handle/123456789/2017.

5. https://www.britannica.com/question/What-is-the-definition-of-biodiversity.