

تحليل الموازنة المائية للتربة في شمال الأردن للفترة (1970-2009)

The Analysis of the Water Balance of the Soil in the North of Jordan during (1970 - 2009)

محمد زيتون

Mohammad Zeitoun

مديرية البحث، وزارة التربية والتعليم، الأردن

E-mail: zeitoun\_mohammad@yahoo.com

Received: (2/9/2014), Accepted: (30/6/2015)

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل الموازنة المائية في شمال الأردن لمعرفة فترات الفائض المائي وفترات العجز المائي، لما فيه فائدة كبيرة للقطاع الزراعي في استغلال فترات الفائض المائي التي تكون فيها التربة مشبعة ولا تعاني من نقص الرطوبة، حيث يمكن أن يفيد ذلك في الزراعة البعلية، أما فترات العجز المائي فتفيد معرفتها في توشي الحيطه والحذر من نقص الرطوبة، مما قد يلحق الضرر بالمزروعات، وبالتالي يمكن تجنب تلك الفترة أو ري المزروعات خلالها. وشملت الدراسة منطقة شمال الأردن ممثلة بأربع محطات مناخية: رأس منيف، الباقورة، إربد، المفرق، تم اختيارها لتوفر قياسات الحرارة والأمطار فيها لفترات زمنية طويلة، وتم تطبيق أسلوب ثورنثويت المعدل عام (1955) في حساب الموازنة المائية، واستخدام المتوسطات الشهرية والسنوية لكميات الأمطار ودرجات الحرارة للفترة الممتدة بين (1970-2009). وقد أشارت النتائج إلى وجود فترتين من حيث التوزيع المكاني للرطوبة؛ فترة فائض مائي تمتد من (3-5) أشهر، وفترة عجز مائي تمتد من (7-9) أشهر. وتعد رأس منيف أعلى محطة من حيث حجم الفائض المائي، إذ بلغ نحو (418) ملم، وأطول فترات العجز المائي سجلت في المفرق حيث استمرت لتسعة أشهر. كما سجلت أعلى كمية للعجز المائي في الباقورة حيث بلغت (1046) ملم.

**الكلمات المفتاحية:** الموازنة المائية، الفائض المائي، العجز المائي، التسرب، التبخر، النتج الكامن.

**Abstract**

The study aimed to identify water balance in the north of Jordan to see the periods of water surplus and water deficit. This study is beneficial

for the agricultural sector through exploiting the periods of water surplus when the soil is saturated and does not suffer from a lack of moisture and when it can be useful in to depend on rain fed agriculture as a method of irrigation. It crucial to know the periods when there is water deficit to be cautious when there is a lack of moisture which may be harmful to crops consequently, avoiding this period or using other methods of irrigation to water the crops. Four climatic stations in the northern part of Jordan were included in the study, namely: (R'as Munif, Al-Baqura, Irbid and Mafrq) to provide measurements of temperature and rain for long periods of time. The amended Thornthwaite method of 1955 and rain data and annual temperature between the years (1970 – 2009) were used in the calculation of water balance. The water balance was calculated by using the amended Thornthwaite method to calculate the average of the potential evapotranspiration then to calculate water balance accordingly. The results indicated that there were two periods in terms of spatial distribution of moisture: water surplus which lasted for (3 – 5) months and water shortage which lasted for (7 – 9) months. R'as Munif station scored the highest water surplus which amounted to (418 mm) and the longest period of water deficient was scored in Mafrq which lasted for ninth months. The highest water deficient was scored in Al-Baqura station which reached to (1046mm).

**Key words:** water balance, water surplus, water deficit, evapotranspiration.

#### مقدمة

أظهرت الأمطار في الأردن اتجاها عاما للتناقص للفترة (1937-1976) (شحادة، 1978). كما انخفضت بمعدل (5-20%)، وارتفع معدل درجة الحرارة العظمى ما بين (0.3-1.8) م وذلك في العقود الخمسة الأخيرة (UNFCCC, 2009). وتوقعت كثير من الدراسات انخفاضاً لكميات الأمطار في شرقي البحر المتوسط، بنسبة تتراوح بين (15-25%) بسبب التغير المناخي (Pederson, 2008)، أما في الأردن فيتوقع أن يصل الارتفاع في درجة الحرارة إلى (2)م، وأن تتناقص الأمطار بنسبة (10%)، مما يسبب زيادة في العجز المائي في الأردن، وانخفاضاً في تجدد المياه الجوفية بنسبة تتراوح بين (45%-60%) (Oroud, 2008). كما توقعت نماذج الدورة العامة للغلاف الجوي تناقصاً في أمطار الشتاء في معظم مناطق حوض البحر المتوسط الواقعة جنوب خط عرض (40-45) شمالاً، وزيادة في الجفاف من حيث الشدة والتكرار (Karas). ومن المتوقع أن تتناقص الأمطار فوق مناطق شاسعة من الحوض بما

يتراوح بين (10% إلى 40%) بحلول عام 2100، فالمناخ المتوقع لحوض البحر المتوسط هو مناخ أكثر حرارة وأقل أمطاراً (Karas) (شهادة، 2012).

أن النتيجة الرئيسية المتوقعة للتغير المناخي على منطقة الشرق الأوسط هو المزيد من تناقص الأمطار، في الأردن وفلسطين والعراق وسوريا (Issar, 1996؛ Onol & Semazzi, 2009). كما يتوقع أن يقل عدد الأيام الماطرة في حوض البحر المتوسط، (Christensen, J.H, et al. 2007). وأن تزداد حالات التطرف بمعنى حدوث حالات من انجراف المطر الغزير، الذي قد يؤدي إلى حدوث فيضانات ويتسبب في معدلات عالية من انجراف التربة، إلى جانب حالات كثير أخرى يسود فيها الجفاف (شهادة، 2012). ويتسبب الجفاف في تدهور الأراضي الزراعية والمراعي والغابات، ونقص مياه الري والشرب. كما إن لتغير المناخ آثارا سوف تتجاوز الإنتاج الزراعي. إذ يتوقع أن يكون لها انعكاسات على كل الأنظمة المنتجة للعناصر البيولوجية، وسوف تؤدي إلى اختلال التوازن بين الحاجة للمياه و المتوفر منهما. ويمكن للتغير المناخي أن يزيد من تفاقم الجفاف والتصحر وتآكل التربة (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 1991).

يعد تقدير الموازنة المائية للتربة (Water Balance)، بالاعتماد على المعدلات الشهرية للأمطار والحرارة، أحد طرق تحديد إمكانات المنطقة أو المحطة التي تمثلها من الرطوبة؛ لما لها من دور في تحديد أنماط الزراعة، وخصائص المنطقة فيما إذا كانت تمتاز بفائض مائي أو تعاني من عجز مائي، بالإضافة إلى تقدير كميات المياه المرتبطة بتلك الخصائص. تعتبر عملية تقدير كمية مياه الأمطار المفقودة بسبب التبخر والنتح (Evapotranspiration) من الأمور الأساسية في الدراسات المائية، لعلاقتها المباشرة بمحتوى التربة من الرطوبة (عنانزة، 1996)، وهي مهمة أيضا في دراسات الجفاف والمتطلبات المائية (Mather, 1961)، باعتبارها محصلة للمعادلة بين الأمطار من جهة، والتبخر من التربة والنتح من النبات من جهة أخرى (شهادة، 1981).

ويسهم تحديد فترات العجز أو الفائض المائي للتربة في تقدير مدى الجهد البيئي الذي تتعرض له الحياة النباتية والحيوية، خاصة في البيئات الجافة وشبه الجافة (Mather & Yoshioka, 1968). كما تأتي أهمية التعرف على كميات التبخر والنتح الكامن في المناطق الجافة من حيث الكلفة العالية للحصول على المياه، التي ينبغي أن تستخدم بطريقة اقتصادية (WMO, 1961). فأى تغير يحدث في الموازنة المائية سوف يؤثر في مشاريع الزراعة والسدود والري. لذا لا بد من حساب الموازنة المائية باستخدام المعادلات التجريبية، وذلك للتوصل إلى الرطوبة المتاحة في التربة، لمعرفة الأوقات التي يسود فيها العجز المائي (Deficit)، والأوقات التي يسود فيها الفائض المائي (Surplus)، بهدف تقييم الوضع المائي في المنطقة المدروسة، وتحديد الضوابط المناخية والبيئية المؤثرة فيها.

يرى ثورنثويت أن الموازنة المائية المناخية هي العلاقة بين ما يدخل منطقة ما من مياه ممثلا بالتساقط، وبين ما تفقده بالتبخر والنتح من النبات، كما إن أي تغير في رطوبة التربة، والمياه الجوفية، والمساحات المائية، يحدد الجفاف في أي مكان (Thorntwaite &

(Mather, 1957). فحساب الموازنة المائية هو الخطوة الأساسية في إيجاد قيم التبخر والنتح الكامن والحقيقي، وعنصر التبخر هو العنصر المتحكم في قيم الفائض والعجز المائي، فوجود عجز مائي يعني نقص الإمكانيات المائية، أما ارتفاع قيم التبخر والنتح الكامن فهو يعني العجز المائي والمزيد من الضغط على الموارد المائية. ولذا كان لا بد من حساب الموازنة المائية لمنطقة الدراسة، لتقدير قيم الفائض والعجز المائي فيها، بالاعتماد على طريقة ثورنثويت في حساب التبخر الكامن وعناصر الموازنة المائية (الراوي والسامرائي، 1990).

وقد تم في هذه الدراسة استخدام البيانات المناخية لمحطات منطقة الدراسة التي تمثلت في المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة والتساقط، للفترة الزمنية الممتدة بين (1970-2009)، والسعة الحقلية للتربة، إضافة إلى درجات العرض لمحطات الدراسة، وهي محطات: إربد، رأس منيف، الباقورة، والمفرق. كما استخدمت معادلة ثورنثويت (Thornthwaite) المعدلة عام (1955)، لحساب التبخر والنتح الكامن بالاعتماد على المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة، على اعتبار أن عناصر المناخ الأخرى التي تؤثر في التبخر تتغير تلقائياً مع درجة الحرارة (شحادة، 1983). وقد أشار كثير من الدراسات إلى أن طريقة ثورنثويت تصلح لحساب التبخر الكامن لفترات زمنية طويلة، فاستخدامها لحساب المتغيرات المتعلقة بالموازنة المائية للتربة، تعطي صورة جيدة حول التساقط، ودرجة الحرارة، ورطوبة التربة، والجريان السطحي (Calvo, 1986).

#### موضوع الدراسة

تتلخص مشكلة الدراسة في تقدير الموازنة المائية للتربة في شمال الأردن بتحديد إمكانياتها من الفائض المائي، وما تعانيه من عجز مائي خلال أشهر السنة باختلاف محطاتها. في ظل التغير المناخي في شرق المتوسط الذي انعكس على انخفاض كميات الأمطار وارتفاع درجات الحرارة، مما أدى إلى تأخر الموسم المطري وسيادة حالات الجفاف.

#### تساؤلات الدراسة

- ترتبط خصائص المنطقة من حيث الفائض المائي بأمطار مرتفعة وحرارة منخفضة.
- تعاني منطقة الدراسة من فترات عجز مائي طويلة خلال أشهر السنة.
- يوجد فائض مائي في شمال الأردن.

#### هدف الدراسة

تهدف الدراسة إلى

- التعرف على التباين المكاني للموازنة المائية في شمال الأردن.
- التعرف على فترات الفائض والعجز المائي في شمال الأردن.
- التعرف على حجم الفائض والعجز المائي في شمال الأردن.

### الدراسات السابقة

دراسة صالح (1973)، قدر الموازنة المائية في الأردن باستخدام معادلة خوسلا (Khosla)، حيث تم تحديد مناطق العجز والفائض المائي، وتوصلت الدراسة إلى أن المرتفعات تعتبر ذات فائض مائي ورطوبة عالية، نتيجة ارتفاع معدلات الأمطار، إضافة إلى انخفاض معدل التبخر والنتح الكامن بسبب انخفاض معدل درجة الحرارة، أما البادية فهي ذات عجز مائي ويمتد أحيانا على مدار العام.

دراسة شحادة (1981)، عالجت الدراسة تقدير التوازن المائي في التربة ضمن نطاق الزراعة المطرية في الأردن، باستخدام معادلة بنمان (Penman) في تقدير كميات التبخر، وبينت مناطق العجز المائي والفائض المائي ومعامل الكفاءة المائية، وقد أوصت بضرورة زراعة القمح في المناطق التي يزيد فيها معامل الكفاءة المائية عن (35%).

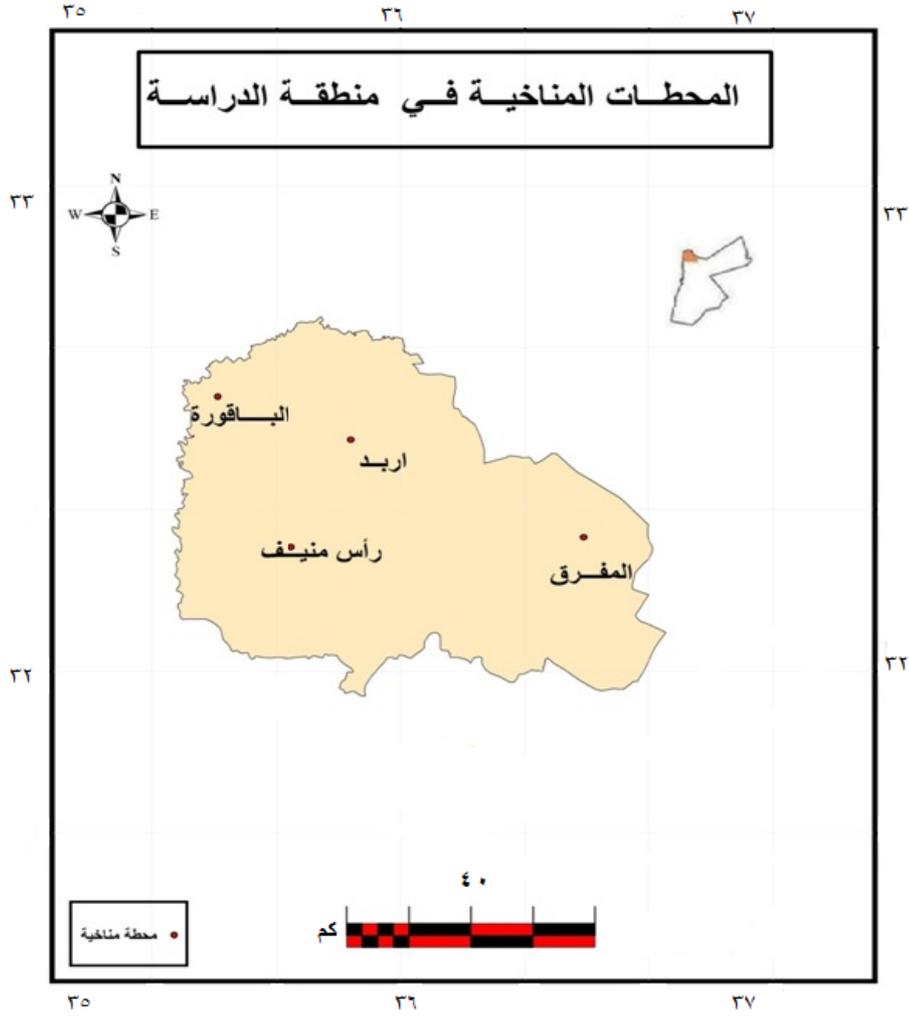
دراسة EL-Kwasma (1983)، استخدمت الدراسة معادلتين ثورنثويت (Thornthwaite) وبنمان (Penman) لحساب التبخر والنتح الكامن في الأردن، وقد توصلت إلى وجود عدة مؤشرات يرتبط بعضها بالمناخ كالأمطار والحرارة والتبخر والنتح الكامن، والبعض الآخر يرتبط بالعلاقة القائمة بين المناخ والتربة مثل مؤشر الإجهاد (Stress Index) ومؤشر رطوبة التربة (Soil Moisture Index) ومؤشر الكفاءة المائية، وقد استخدمت تلك المؤشرات لتصنيف الأردن ضمن مناطق العجز والفائض المائي.

دراسة Shehadeh (1995)، قدرت الدراسة الاحتياجات المائية المثلى لزراعة القمح في شمال الأردن، التي تستأثر بنحو (43%) من زراعة القمح في الأردن، باستخدام معادلة بنمان (Penman). وتوصلت إلى وجود ارتفاع في معدل الاحتياجات المائية للقمح تصل إلى (748) ملم، إلى جانب انخفاض درجة رطوبة التربة، مما كان له الأثر الأكبر في انخفاض الإنتاجية والمساحة المزروعة.

دراسة العنانزة (1996)، تم تقدير الموازنة المائية في حوض وادي الكرك باستخدام المعادلات التجريبية (ثورنثويت، خوسلا، وخروفه) التي استخدمت في حساب التبخر والنتح الكامن، وتوصلت الدراسة إلى أن الحوض يعاني من عجز مائي لمدة ثمانية أشهر، وأوصت بضرورة تبني الزراعة المروية واستخدام أسلوب الحصاد المائي لتوفير المياه لاستخدامها في الري في فترات العجز المائي.

### منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من الأردن، وتمتد على مساحة تبلغ نحو (3672 كم<sup>2</sup>)، وتشكل ما نسبته (4.11%) من مساحة الأردن، أما فلكيا فتقع بين دائرتي عرض (29°، 07'، 32°) و(25°، 45'، 32°) شمالا، وخطي طول (58°، 32'، 35°) و(23°، 36'، 14) شرقا، وتشمل محافظات: إربد، جرش، عجلون، والمفرق، وتمثلها أربع محطات مناخية هي: رأس منيف، الباقورة، وإربد، والمفرق، (الشكل 1).



شكل (1): المحطات المناخية في منطقة الدراسة- إعداد الباحث باستخدام GIS.

#### منهجية الدراسة

اعتمدت الدراسة استخدام المنهج التجريبي في تطبيق المعادلات لحساب التبخر والنتح الكامن للمحطات المناخية، واستخدامها لحساب الموازنة المائية في محطات الدراسة، ثم تحليل الموازنة المائية لكل محطة بناء على المعدلات السنوية والشهرية لدرجات الحرارة، وكميات الأمطار السنوية والشهرية.

## إجراءات الدراسة

استخدمت الدراسة عددا من الإجراءات على النحو الآتي:

## 1. حساب الموازنة المائية للتربة

تم حساب الموازنة المائية للتربة لكل محطة من المحطات المناخية الممثلة لمنطقة الدراسة، وذلك باستخدام معادلة ثورنثويت المعدلة عام (1955)، أكثر المعادلات شيوعا في الدراسات المناخية، التي يمكن استخدامها في حساب الفاقد المائي بالتبخر والنتح في أي منطقة، اعتمادا على المعدلات الشهرية للحرارة والأمطار. كما تم حساب الموازنة المائية باتباع الخطوات الآتية (Mather, 1961; Thornthwaite & Mather, 1957):

– المعدل الشهري لدرجة الحرارة م ° (T)، الذي تم حسابه لأربعين سنة للفترة (1970-2009).

– المعدل الشهري للأمطار ملم (P)، الذي تم حسابه لأربعين سنة للفترة (1970-2009).

– التبخر والنتح الكامن (PET)، تم الحصول على التبخر والنتح الكامن غير المعدل باستخدام القرينة الحرارية، ودالة القرينة الحرارية السنوية، والمعدل الشهري لدرجة الحرارة، ومعاملات تعديل المعدلات الشهرية للتبخر الكامن، بما يتناسب مع عدد أيام الشهر وعدد ساعات السطوع الشمسي، بناء على درجة عرض المكان. وتكون قيمة التبخر الكامن صفرا إذا كانت درجة الحرارة صفرا أو أقل. يتم الحصول على التبخر الكامن غير المعدل باستخدام المعادلة الآتية، (WMO, 1966):

$$PET=1.6 \times La \left( 10 \times \frac{T}{I} \right)^a$$

حيث:

PET: المعدل الشهري للتبخر والنتح الكامن (ملم).

La: معاملات تعديل المعدلات الشهرية للتبخر الكامن، بما يتناسب مع عدد أيام الشهر وعدد ساعات السطوع الشمسي، بناء على درجة العرض للمحطة المناخية.

T: المعدل الشهري لدرجة حرارة الهواء (م°).

- القرينة الحرارية السنوية (I)، ويتم الحصول عليها من خلال مجموع قرائن الحرارة الشهرية وفق معادلة خاصة بها، حيث تحسب لكل شهر من أشهر السنة ثم يتم جمعها للحصول على القرينة السنوية. وتصبح هذه القرينة صفرا إذا كان المعدل الشهري لدرجة الحرارة صفرا أو أقل. ويتم الحصول عليها من خلال المعادلة الآتية (WMO, 1966):

$$I = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

I: القرينة الحرارية الشهرية.

T: المعدل الشهري لدرجة حرارة الهواء (م°).

- دالة القرينة الحرارية السنوية (a): يتم حسابها بناء على القرينة الحرارية الشهرية، وفق المعادلة الآتية:

$$a = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1.79 \times 10^{-2} I + 0.49$$

- معامل التصحيح (CF): يتم تصحيح التبخر الكامن بضرب قيمة التبخر بمعامل التصحيح لكل شهر من أشهر السنة، بحيث يؤخذ طول الشهر وطول النهار بعين الاعتبار، باستخدام جداول خاصة بناء على درجة العرض للمحطة المناخية، ثم يضرب في (10) لتحويله إلى وحدة (ملم).
- التساقط- التبخر الكامن (P-PE): طرح قيم التبخر الكامن من كميات التساقط لكل شهر من أشهر السنة.
- تراكم عجز الرطوبة (Acc Pot WL): الجمع التراكمي للفروق السالبة بين التساقط والتبخر الكامن للأشهر التي تعاني من عجز في الرطوبة. إن القيم السالبة للفروق بين التساقط والتبخر الكامن تدل على العجز المائي الكامن والذي يجمع تراكميا للأشهر ذات القيم السالبة. ويبدأ العجز المائي مع أول شهر تكون فيه قيمة الفرق سالبة.
- مخزون التربة من الرطوبة (ST): وتساوي (200) ملم عندما لا يكون هناك عجز في الرطوبة، وهي في أعلى قيمها 200 (ملم) في محطات الدراسة، ويتم الحصول عليها من جداول خاصة بناء على تراكم عجز الرطوبة في المحطة المناخية.
- التغير في رطوبة التربة ( $\Delta ST$ ): تم حساب التغير في الفروق لمخزون التربة من الرطوبة بين شهر والذي يليه، فإذا كان المخزون من الرطوبة أكبر من السعة الحقلية للتربة، فإن ذلك يعني أنه لا يوجد تغير في مخزون الرطوبة، على الرغم من وجود تغير في المخزون السطحي.
- التبخر الحقيقي (AE): يبقى التبخر الحقيقي مساويا للتبخر الكامن ما دام التساقط أعلى من التبخر الكامن، وعندما تقل كمية التساقط عن التبخر الكامن فإن التبخر الحقيقي يساوي التساقط مضافا إليه التغير في رطوبة التربة حتى لو كان سالبا. وإذا كان التساقط يساوي صفرا فإن التبخر الحقيقي يساوي التغير في رطوبة التربة. أما إذا كان التغير في رطوبة التربة يساوي صفرا فإن التبخر الحقيقي يبقى مساويا للتساقط.

- العجز المائي (MD): ويساوي الفرق بين التبخر الكامن و التبخر الحقيقي.
- الفائض المائي (MS): ويساوي الفرق بين التساقط والتبخر الكامن في الأشهر التي يزيد فيها التساقط عن التبخر الكامن، فعندما يبلغ مخزون التربة من الرطوبة مستوى السعة الحقلية للتربة، فإن أي زيادة في كمية التساقط بعد ذلك تعتبر فائضا في الرطوبة والجريان السطحي مادامت درجة الحرارة أكبر من (-1) م°.
- الجريان المائي (RO): ويساوي نصف الفائض المائي للشهر مضافا إليه نصف الفائض المائي من الشهر الذي قبله. إذ إن (50%) فقط من الفائض المائي يكون متاحا للجريان خلال الشهر، وباقى الفائض المائي يكون متاحا للجريان خلال الشهر اللاحق لذلك الشهر.

## 2. مناخ منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن مناخ حوض البحر المتوسط الحار الجاف صيفا والبارد الماطر شتاء، إلى الجنوب من المسارات الرئيسية للمنخفضات الجوية القادمة من أوروبا والتي تتجه نحو الشرق أو الشمال الشرقي. التي تعتبر المسؤولة عن نحو (85%) من الأمطار السنوية (شحادة، 1990). تتصف الخصائص البيئية لمنطقة الدراسة بتباينها المكاني والزمني رغم صغر مساحتها، إذ يتباين فيها المناخ والتربة والنبات الطبيعي. كما تمتاز العناصر الرئيسية للمناخ فيها ممثلة بدرجات الحرارة وكميات الأمطار السنوية بتباينها المكاني والزمني، والتي تفسر بتباين المنسوب والموقع الفلكي. إضافة إلى تباين العوامل السينوبتيكية المرتبطة بالدورة العامة للغلاف الجوي فوق الحوض الشرقي للبحر المتوسط التي تؤثر في مناخ الأردن (البحيري، 1991).

## 3. المعدل السنوي لدرجة الحرارة

يتراوح المعدل السنوي لدرجة الحرارة بين (14.3) م في رأس منيف في الجنوب الغربي، و(22.4) م في الباقورة في أقصى الشمال الغربي، ويلاحظ من الجدول (1) أن أعلى المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة سجلت في الباقورة لجميع الشهور والتي تفوق المعدلات الشهرية في المحطات الأخرى، إذ تمثل الباقورة الأجزاء الشمالية لوادي الأردن. أما أدنى المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة فقد سجلت في رأس منيف التي تشكل الأجزاء الجنوبية الغربية لمنطقة الدراسة، والتي يبلغ منسوبها نحو (1150) متر فوق مستوى سطح البحر.

يؤثر عامل المنسوب في توزيع عنصر الحرارة في منطقة الدراسة، فمحطة إربد التي تقع على منسوب (616) متر فوق مستوى سطح البحر بلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة فيها نحو (17.8) م، وكان شهر آب أعلى شهور السنة حرارة إذ بلغ معدل درجة الحرارة فيه (25.6) م، بينما كان شهر كانون الثاني أدنى شهور السنة حرارة حيث بلغ معدل درجة الحرارة فيه (8.9) م، بينما الباقورة الواقعة على درجات العرض نفسها لمدينة إربد، ولكن على منسوب (170) متر تحت مستوى سطح البحر تسجل قيما متباينة لدرجة الحرارة، إذ يبلغ المعدل السنوي لدرجة

الحرارة فيها (22.4) م، أما معدل أعلى شهور السنة حرارة فقد بلغ (30.8)م، في حين بلغ معدل أقل شهور السنة حرارة (13.3)م.

**جدول (1):** المتوسطات الشهرية والسوية لدرجة الحرارة في شمال الأردن للفترة (1970-2009).

المعدل السنوي/م	كانون الأول	تشرين الأول	التشرين الثاني	أيلول الأول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون الثاني	المحطة
16.8	8.8	13.6	19.5	23.1	24.6	24.6	22.9	20.3	16.3	11.7	8.7	7.4	المفرق	
22.4	14.9	19.8	25.4	29.0	30.8	30.4	28.4	25.0	20.9	16.6	14.1	13.3	الباقورة	
14.3	7.4	12.0	17.8	20.7	21.8	21.7	20.0	17.4	13.2	8.8	6.0	5.3	منيف رأس	
17.8	10.7	15.1	21.1	24.2	25.6	25.3	23.7	20.7	16.6	12.4	11.2	8.9	إربد	

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

#### 4. المتوسط السنوي للأمطار

يلاحظ تباين المعدلات السنوية للأمطار في منطقة الدراسة؛ إذ تتراوح معدلاتها بين (153.8) ملم في المفرق و(580) ملم في رأس منيف الجدول (2)، وبالرغم من أن الفصل المطير يمتد من تشرين الأول إلى أيار إلا أن نحو (62%) من كمية الأمطار في منطقة الدراسة تتركز في أشهر الشتاء: كانون الأول، وكانون الثاني، وشباط، ويبدأ عادة موسم الأمطار مع بداية تكون المنخفضات الجوية فوق شرق البحر المتوسط وانحسار المرتفع الأوروبي نحو الجنوب وتطور الجبهة المتوسطية (شحادة، 1990). كما تقل معدلات الأمطار في المفرق التي تقع إلى الشرق من منطقة الدراسة، لبعدها عن مسار المنخفضات الجوية، بينما تزداد الأمطار في الأجزاء الشمالية والغربية في كل من رأس منيف وإربد. أما الباقورة فإن وقوعها على امتداد فتحة سهل مرج ابن عامر الذي سمح للتيارات الهوائية الرطبة بالوصول إليها، لذا تميزت بكميات أمطار بلغت 389 ملم/السنة على الرغم من وقوعها على منسوب 170 متر دون مستوى سطح البحر.

على الرغم من تماثل خطوط العرض لكل من إربد ورأس منيف والباقورة إلا أن ذلك لم يحل دون تباين كميات الأمطار في كل منها، إذ يزيد المعدل السنوي للأمطار في رأس منيف الواقعة على منسوب (1150) متر فوق مستوى سطح البحر بنحو (114) ملم عنها في إربد الواقعة على منسوب (616) متر فوق مستوى سطح البحر، ونحو (191) ملم عنها في الباقورة الواقعة على منسوب (170) متر تحت مستوى سطح البحر. يظهر أثر عامل الموقع الفلكي في الفرق بين معدل الأمطار في كل من إربد والمفرق، فرغم أنهما تقعان على نفس المنسوب تقريباً، إلا أن المعدل السنوي للأمطار في إربد يفوق المعدل السنوي للأمطار في المفرق - الواقعة إلى الشرق منها- بنحو (312) ملم، بسبب بعد المفرق عن تأثير البحر، والمسار الذي تسلكه المنخفضات الجوية شتاءً.

**جدول (2):** المتوسطات الشهرية والسنوية للأمطار في شمال الأردن للفترة (1970-2009).

المحطة	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي/ملم
المفرق	34.1	32.2	25.1	7.8	1.7	0.1	0.0	0.0	0.3	5.8	18.9	27.8	153.8
الباقورة	90.0	78.3	54.7	20.7	4.7	0.3	0.0	0.0	0.4	14.2	45.0	80.5	388.8
رأس منيف	125.3	127.2	95.9	29.9	6.3	1.2	0.1	0.0	1.0	17.8	67.5	107.8	580.0
إربد	102.8	107.2	81.9	26.2	5.5	1.0	0.0	0.0	0.6	12.9	47.5	80.6	466.2

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية

##### 5. نتائج تطبيق الموازنة المائية للتربة

طبقت المعادلات المتعلقة بحساب التبخر الكامن والموازنة المائية للتربة في شمال الأردن، وأظهرت نتائجها أن كميات التبخر والنتح المحتملة تزيد على كمية التساقط في أغلب أشهر

السنة، الأمر الذي يؤدي إلى حصول عجز مائي، بينما تزداد كمية الأمطار في الأشهر الأخرى، ويظهر من الجداول (6،7،8،9) تفاصيل حساب التبخر والنتح الكامن والموازنة المائية للتربة في المحطات المناخية لشمال الأردن، وفق أسلوب ثورنثويت المعدل عام (1955) المستخدم في تقدير الموازنة المائية، وعلى اعتبار أن الرطوبة المتاحة في التربة هي (200) ملم. ولتحديد فترات الفائض أو العجز في الرطوبة، فمن الضروري معرفة الفرق بين

**جدول (6):** الموازنة المائية للتربة في المفرق للفترة الزمنية من (1970-2009).

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	السنوي
معدل درجة الحرارة الشهري/م°	7.4	8.7	11.7	16.3	20.3	22.9	24.6	24.6	23.1	19.5	13.6	8.8	16.8
قربنة الحرارة الشهرية	1.8	2.3	3.6	6.0	8.3	10.0	11.2	11.2	10.1	7.9	4.5	2.4	79.3
التبخر الكامن	1.4	1.9	3.2	5.9	8.7	10.8	12.3	12.3	11.0	8.1	4.2	1.9	81.6
معامل التصحيح	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.20	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87	
التبخر الكامن- معدل	1.3	1.6	3.3	6.3	10.3	13.0	14.9	14.1	11.3	7.9	3.7	1.7	89
التبخر الكامن / ملم	13	16	33	63	103	130	149	141	113	79	37	17	894
التساقط / ملم	34.1	32.2	25.1	7.8	1.7	0.1	0.0	0.0	0.3	5.8	18.9	27.8	153.8

...تابع جدول رقم (6)

السنوي	كانون الأول	تشرين الثاني	تشرين الأول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
54.5	48	592.6	301										التساقط-التبخّر الكامن
5.5	11		17	196	200								تراكم عجز الرطوبة
		18.3	19	0	4	4	4	6	6	6	6	6	رطوبة التربة
		71.3	8	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	تغير رطوبة التربة
		108.6	4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	التبخّر الحقيقي
		130.2	11	-11	10	10	10	10	10	10	10	10	العجز المائي
		124.6	24	-24	21	21	21	21	21	21	21	21	الفائض المائي
		87.4	42	-42	45	45	45	45	45	45	45	45	الجريان المائي
		43.7	60	-58	87	87	87	87	87	87	87	87	
		8.4	55	-47	145	145	145	145	145	145	145	145	
		0.1	33	-8	192	192	192	192	192	192	192	192	
19	16		16	0	200	200	200	200	200	200	200	200	
11	22		13		200	200	200	200	200	200	200	200	

جدول (7): الموازنة المائية للتربة في رأس منيف للفترة الزمنية من (1978-2009).

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	السنوي
معدل درجة الحرارة الشهري / م°	5.3	6.0	8.8	13.2	17.4	20.0	21.7	21.8	20.7	17.8	12.0	7.4	14.3
قربنة الحرارة الشهرية	1.1	1.3	2.4	4.3	6.6	8.2	9.2	9.3	8.6	6.8	3.8	1.8	63.4
التبخّر الكامن	1.2	1.5	2.6	4.9	7.4	9.2	10.4	10.5	9.7	7.7	4.2	2.0	1.52
معامل التصحيح	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.20	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87	71.2
التبخّر الكامن- معدل	1.1	1.3	2.7	5.3	8.8	11.0	12.6	12.0	10.0	7.5	3.7	1.8	78
التبخّر الكامن / ملم	11	13	27	53	88	110	126	120	100	75	37	18	777
التساقط /ملم	125.3	127.2	95.9	29.9	6.3	1.2	0.1	0.0	1.0	17.8	67.5	107.8	580.0
التساقط-التبخّر الكامن	114.5	114.5	68.8	-22.8	-82.0	-108.9	-125.5	-120.2	-98.5	-57.5	30.4	90.2	-197.2
تراكم عجز الرطوبة													

...تابع جدول رقم (7)

السنوي	كانون الأول	تشرين الثاني	تشرين الأول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
430	60	15								92	114	57	الجريان المائي
418	90	30								69	114	114	الفائض المائي
424.5			54.5	90.5	104.2	93.5	59.9	20.0	1.8				العجز المائي
353	18	37	21	9	16	32	50	68	51	27	13	11	التبخّر الحقيقي
		191	-3	-8	-16	-32	-49	-62	-21				تغير رطوبة التربة
	200	200	9	12	20	36	68	117	179	200	200	200	رطوبة التربة

جدول (8): الموازنة المائية للتربة في إربد للفترة الزمنية من (1970-2009).

السنوي	كانون الأول	تشرين الثاني	تشرين الأول	أيلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون ثاني	الشهر
86.8	3.2	5.3	8.8	10.9	11.9	11.6	10.5	8.6	6.2	4.0	3.4	2.4	قربنة الحرارة الشهرية
18.0	10.7	15.1	21.1	24.2	25.6	25.3	23.7	20.7	16.6	12.4	11.2	8.9	معدل درجة الحرارة الشهري / م°

...تابع جدول رقم (8)

السنوي	1.99	90.5		99	987	466.2	-521.2			الشهر
كانون الأول	0.55	2.4	0.87	2.1	21	80.6	59.5			دالة القرينة الحرارية
تشرين الثاني	0.59	4.8	0.88	4.2	42	47.5	5.1			التبخّر الكامن
تشرين الأول	0.65	9.4	0.98	9.2	92	12.9	-79.0			معامل التصحيح
أيلول	0.68	12.3	1.03	12.7	127	0.6	-126.3			التبخّر الكامن- معدل
آب	0.70	13.8	1.15	15.8	158	0.0	-158.5			التبخّر الكامن / ملم
تموز	1.95	13.5	1.21	16.3	163	0.0	-162.9			التساقط / ملم
حزيران	0.67	11.8	1.20	14.2	142	1.0	-140.9			التساقط-التبخّر الكامن
أيار	0.64	9.0	1.19	10.7	107	5.5	-102.0			تراكم عجز الرطوبة
نيسان	1.95	5.8	1.08	6.3	63	26.2	-36.7			رطوبة التربة
آذار	1.95	3.3	1.03	3.4	34	81.9	48.4			
شباط	1.95	2.7	0.86	2.3	23	107.2	84.3			
كانون ثاني	1.95	1.7	0.89	1.5	15	102.8	87.8			

...تابع جدول رقم (8)

الشهر	تغير رطوبة التربة	التبخر الحقيقي	العجز المائي	الفائض المائي	الجريان المائي
السنوي		377	610	285	298
كانون الأول		21		59.5	32
تشرين الثاني	196	42		6	3
تشرين الأول	-2	15	77		
أيلول	-4	5	122		
آب	-12	12	146		
تموز	-27	27	136		
حزيران	-54	55	87		
أيار	-63	69	39		
نيسان	-34	60	3		
آذار		34		48	66
شباط		23		84	86
كانون ثاني		15		88	44

جدول (9): الموازنة المائية للتربة في الباقورة للفترة الزمنية من (1970-2009).

الشهر	معدل درجة الحرارة الشهري / م°	قرينة الحرارة الشهرية
السنوي	22.4	119.7
كانون الأول	14.9	5.2
تشرين الثاني	19.8	8.0
تشرين الأول	25.4	11.7
أيلول	29.0	14.3
آب	30.8	15.7
تموز	30.4	15.4
حزيران	28.4	13.9
أيار	25.0	11.4
نيسان	20.9	8.7
آذار	16.6	6.2
شباط	14.1	4.8
كانون ثاني	13.3	4.4

...تابع جدول رقم (9)

الشهر	التبخّر الكامن	معامل التصحيح	التبخّر الكامن- معدل	التبخّر الكامن ملم	التساقط ملم	التساقط-التبخّر الكامن	تراكم عجز الرطوبة	رطوبة التربة
السنوي	2.78	130.8	143.7	1437	388.8	-1048.5		
كانون الأول	2.9	0.87	2.6	26	80.5	54.9		200
تشرين الثاني	6.5	0.88	5.7	57	45.0	-12.0	-1244.7	1
تشرين الأول	12.9	0.98	12.7	127	14.2	-112.7	-1232.7	1
أيلول	18.7	1.03	19.3	193	0.4	-192.4	-1120.0	1
آب	22.1	1.15	25.4	254	0.0	-254.5	-927.7	2
تموز	21.3	1.21	25.8	258	0.0	-258.2	-673.2	6
حزيران	17.7	1.20	21.2	212	0.3	-211.6	-415.0	24
أيار	12.4	1.19	14.7	147	4.7	-142.7	-203.4	72
نيسان	7.5	1.08	8.1	81	20.7	-60.6	-60.6	148
آذار	4.0	1.03	4.1	41	54.7	13.8		200
شباط	2.5	0.86	2.2	22	78.3	56.6		200
كانون ثاني	2.1	0.89	1.9	19	90.0	70.9		200

...تابع جدول رقم (9)

الشهر	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	السنوي
تغير رطوبة التربة		0	0	-52	-76	-48	-18	-4	-1	0	0	199	
التبخّر الحقيقي	19	22	41	73	81	48	18	4	1	14	45	26	392
العجز المائي				9	67	164	240	250	191	113	12		1046
الفائض المائي	71	57	14									55	196
الجريان المائي	35	64	35									28	198

التساقط والتبخّر الكامن، فالقيم السالبة لتلك الفروق تعد مؤشرا على أن كمية التساقط غير قادرة على توفير المتطلبات المائية المحتملة للغطاء النباتي في تلك المنطقة. بينما القيم الموجبة للفارق بين التساقط والتبخّر الكامن تعد مؤشرا على الزيادة في الرطوبة المتاحة للتربة والجريان السطحي خلال أوقات محددة من السنة (Thornthwaite & Mather, 1957).

وبشكل عام حدد ثورنثويت فصلين؛ الأول جاف والثاني رطب. فالفصل الجاف يعاني من العجز المائي وذلك لعدم كفاية التساقط لوصول التربة إلى السعة الحقلية، وهنا يحدث العجز المائي في نهاية فصل الأمطار، وتكون تغذية رطوبة التربة منخفضة أو قريبة من صفر. أما في الفصل الرطب فإنه يمتاز بالفائض المائي؛ إذ يكون حجم الزيادة في الرطوبة المتاحة للتربة أكبر من الفاقد المائي، وفي المحطات أو المناطق التي يكون فيها مجموع الفارق بين التساقط والتبخّر الكامن موجبا فإن العجز المائي في نهاية الفصل المطير يكون صفرا (Thornthwaite & Mather, 1957).

لقد تباينت الموازنة المائية للتربة في شمال الأردن من محطة لأخرى، نتيجة لتباين مدخلاتها، وتباين مواقع المحطات من حيث الموقع الفلكي أو من حيث المنسوب. وقد أمكن تقسيم السنة في شمال الأردن إلى فترتين مائيتين:

#### أولاً: الفائض المائي

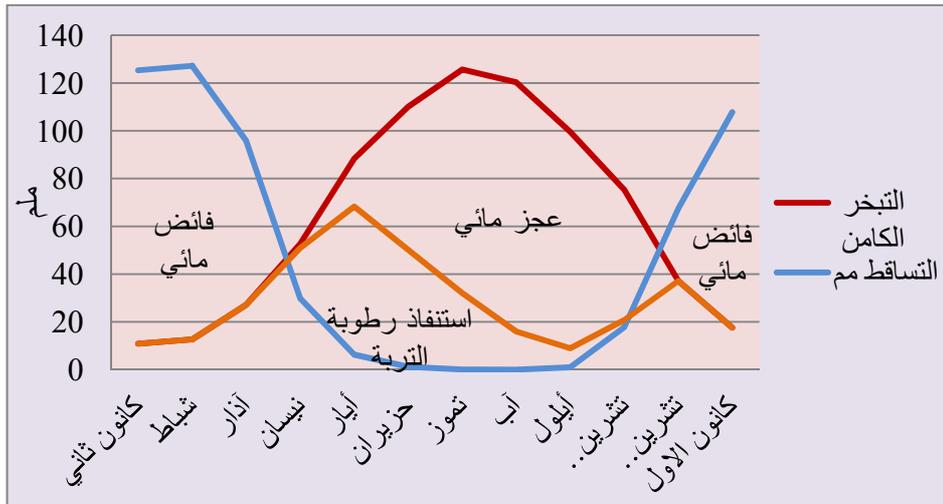
يبدأ الفائض المائي في إربد و رأس منيف في شهر تشرين الأول ويمتد حتى شهر آذار، حيث تفوق كمية التساقط طاقة التبخر والنتح المحتمل على مدى خمسة أشهر. بينما يبدأ الفائض المائي في الباقورة في شهر كانون الأول حتى شهر آذار، ليصل طول فترة الفائض المائي إلى أربعة أشهر، أما المفرق فإن الفائض المائي فيها لا يستمر لأكثر من ثلاثة أشهر، فيبدأ في كانون الأول ويستمر حتى شهر شباط. ويفسر الفائض المائي خلال تلك الأشهر بانخفاض معدل درجة الحرارة الشهرية التي تتراوح في أقصاها بين (5.5) م° في رأس منيف و (16.6) م° في الباقورة، إضافة إلى قصر طول النهار وارتفاع نسبة الأيام الماطرة وزيادة عدد الأيام الغائمة. وتتراوح كمية الفائض المائي خلال هذه الفترة بين (48.5) ملم في المفرق و (418.3) ملم في رأس منيف (الجدول 3)، فالمخزون المائي يكون وفيراً، لأن كميات التساقط تفوق كميات التبخر والنتح الكامن، ليصل أقصاها إلى نحو خمسة أضعاف قيم التبخر والنتح الكامن في رأس منيف، ونحو ثلاثة أضعاف في الباقورة وإربد، ونحو ضعف التبخر الكامن في المفرق، مما يؤكد وجود فائض مائي يعطي فرصة كبيرة لنجاح الزراعة البعلية في المنطقة في السنوات الرطبة.

**جدول (3):** معدل عدد الأيام الماطرة في فترة الفائض المائي للمحطات المناخية للفترة (1970-2009).

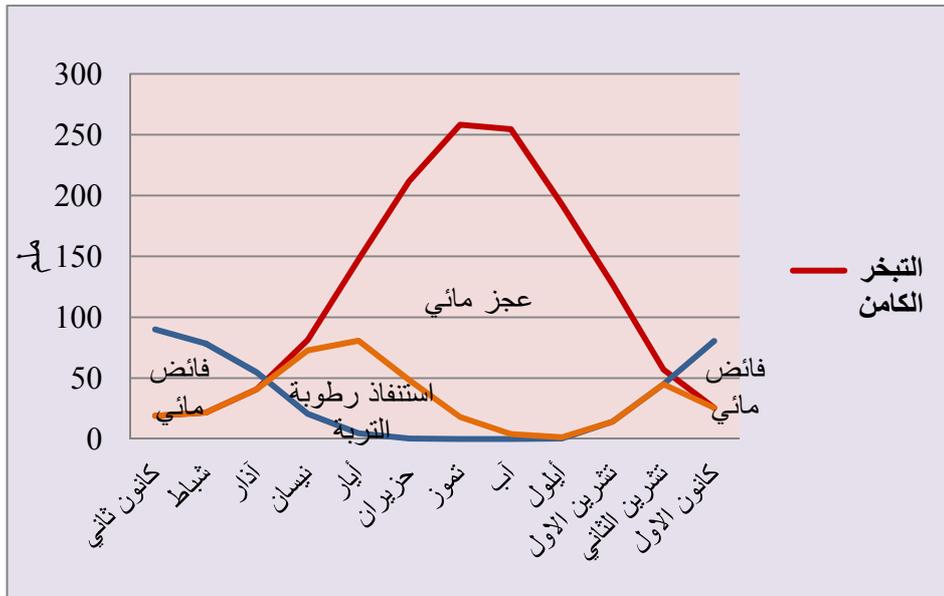
المحطة	الفائض المائي/ ملم	معدل عدد الأيام الماطرة	النسبة المئوية لعدد الأيام الماطرة %
المفرق	48.5	29	75
رأس منيف	418.3	49	86
إربد	284.4	49	89
الباقورة	196.3	48	85

**المصدر:** دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

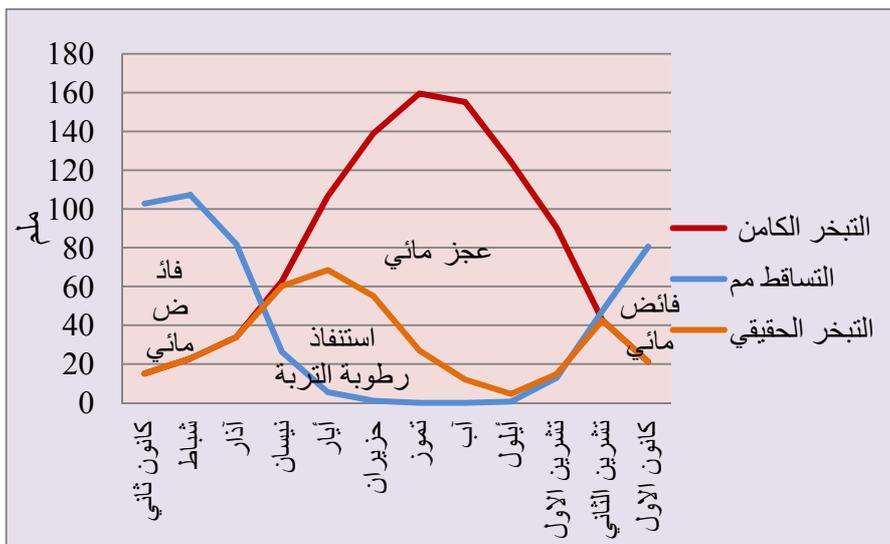
تمتاز فترة الفائض المائي بارتفاع كميات التساقط التي تفوق قيم التبخر والنتح الكامن وتعادل قيم التبخر الحقيقي، إضافة إلى وجود جريان مائي يشكل نصف الفائض المائي في الشهر مضافاً إليه نصف الفائض المائي من الشهر الذي قبله، كما أن التغير في رطوبة التربة المشبعة خلال هذا الفصل يساوي صفراً، ويلاحظ من الأشكال (2،3،4،5) ارتفاع قيم التبخر والنتح الكامن؛ حيث يمثل العجز المائي المنطقة الفاصلة بين التبخر الحقيقي من جهة والتبخر والنتح الكامن من جهة أخرى، أما المنطقة الفاصلة بين التساقط والتبخر الحقيقي فتمثل استنفاد رطوبة التربة.



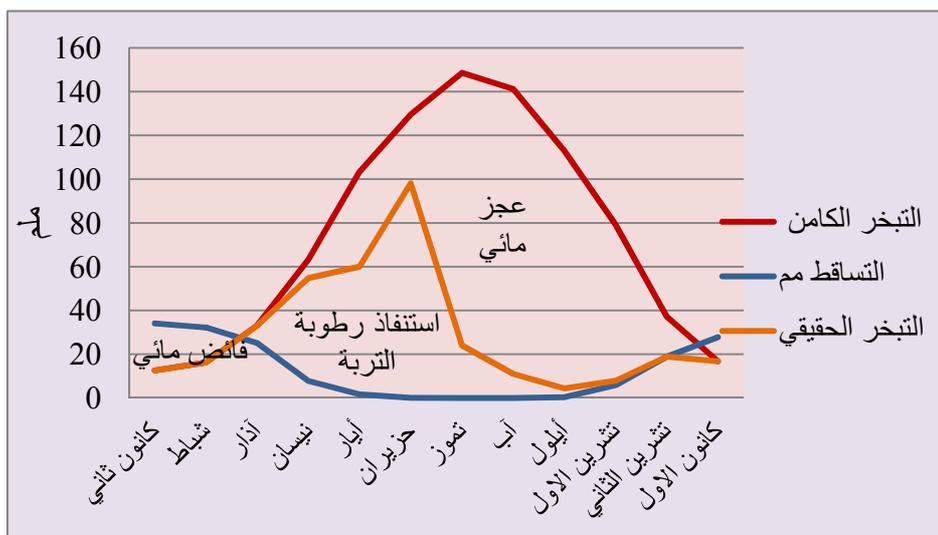
شكل (2): الموازنة المائية للتربة في رأس منيف.



شكل (3): الموازنة المائية للتربة في الباقورة.



شكل (4): الموازنة المائية للتربة في إربد.



شكل (5): الموازنة المائية للتربة في المفرق.

يصل الفائض المائي أعلى مستوياته في المنطقة في كل من رأس منيف (418.3) ملم، وإربد (284.4) ملم، بينما يصل الفائض المائي إلى أدنى مستوياته في المفرق (48.5). كما إن العجز المقدر في رطوبة التربة خلال شهر آذار لجميع المحطات هو صفر، فالترية في نهاية الفصل المطير تكون مشبعة ولا تشكو من أي عجز، رغم أن مجموع الفرق بين التساقط والتبخر الكامن في الأشهر التي يقل فيها التساقط عن التبخر الكامن أكبر من الفرق في الشهور المطيرة، وذلك لأن كميات الأمطار في الشهور المطيرة (كانون الأول، كانون الثاني، شباط، آذار) تكون كافية لإشباع التربة، ولحدوث الجريان السطحي. وعلى الرغم من تناقص رطوبة التربة المتاحة في نهاية الفترة الجافة إلى أقل من (9) ملم في كافة محطات الدراسة، إلا أن مجموع الفروق بين التساقط والتبخر الكامن في الشهور التي يفوق فيها التساقط معدل التبخر يزيد عن درجة إشباع التربة.

#### ثانياً: العجز المائي

يبدأ العجز المائي في منطقة الدراسة في شهر نيسان ويستمر حتى نهاية شهر تشرين الأول، في كل من رأس منيف وإربد لفترة سبعة أشهر، بينما يمتد إلى نهاية تشرين الأول في الباقورة لفترة ثمانية أشهر، أما المفرق فإن العجز المائي فيها يمتد لتسعة أشهر من شهر آذار حتى شهر تشرين الثاني. ويمتاز هذا الفصل بتفوق طاقة التبخر والنتح الكامن على كمية التساقط، وارتفاع العجز المائي (الجدول 4)، ويفسر ذلك بانخفاض أو انعدام كميات التساقط التي تصل في حدها الأعلى إلى (45) ملم في الباقورة في شهر تشرين الثاني، وارتفاع معدل درجة الحرارة التي تتراوح بين (11.7) م° في شهر آذار في المفرق و (30.8) م° في شهر آب في الباقورة. إضافة إلى طول ساعات النهار، وشفاء السماء، وقلة عدد الأيام الغائمة والمطرة (الجدول 6)، إذ يفوق معدل التبخر والنتح الكامن كمية التساقط في كافة المحطات خلال هذه الفترة.

**جدول (4): تراكم عجز الرطوبة والتساقط في فترة العجز المائي في محطات الدراسة لفترة (1970-2009).**

المحطة	تراكم عجز الرطوبة / ملم	العجز المائي / ملم	التساقط خلال فترة العجز المائي / ملم
المفرق	788.6-	592.6	60
رأس منيف	615.5-	424.5	46.2
إربد	791.7-	596	85.3
الباقورة	1244.7-	1046	48.9

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

إن كمية العجز المائي المقدرة في رطوبة التربة تبلغ ذروتها في شهري تموز وآب لجميع المحطات، إذ ينضب ما في التربة من مخزون مائي، حيث يكاد يندم التساقط خلال هذا الفصل،

فضلا عن ارتفاع درجات الحرارة وطول ساعات النهار، إضافة إلى انخفاض قيم التبخر الحقيقي لعدم توفر رطوبة التربة لذلك التبخر، وهنا تزداد حاجة المزروعات للمياه، ولا تقوم إلا على الري الذي يصبح ضرورياً وتتحصّر المساحات المزروعة على المناطق التي تتوفر فيها مياه الري من الآبار والأودية والسدود. فالترربة في نهاية فترة العجز المائي تكون جافة وتشكو من عجز الرطوبة، إذ إن مجموع الفروق بين التساقط والتبخر والنتج الكامن في الأشهر التي يقل فيها التساقط عن التبخر والنتج الكامن أكبر من الفروق في الأشهر المطيرة، وذلك لأن الأمطار خلال فترة العجز المائي تكون قليلة أو معدومة، وغير كافية لإشباع التربة أو حتى تعويضها عن الرطوبة المفقودة. وفي نهاية فترة العجز المائي تتناقص الرطوبة المتاحة للتربة إلى أقل من (9) ملم في جميع محطات الدراسة، لذا لا تكفي لتعويض رطوبة التربة أو لقيام زراعة بعلية.

**جدول (5):** معدل عدد الأيام الماطرة ونسبها المئوية في فترة العجز المائي.

النسبة المئوية لعدد الأيام الماطرة %	معدل عدد الأيام الماطرة في فصل العجز المائي	المحطة
25	10	المفرق
14	8	رأس منيف
11	7	إربد
15	8	الباقورة

**المصدر:** دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

إذا ترتفع كميات العجز المائي لجميع المحطات المناخية في منطقة الدراسة، ويتراوح العجز المائي في أدنى قيمه من (424.5) ملم في رأس منيف إلى أعلى قيمه البالغة (1046) ملم في الباقورة، وهذا ما يؤكد تراكم عجز الرطوبة في كافة المحطات، في حين إن التساقط خلال الأشهر التي تعاني من العجز المائي تراوحت بين (46.2) ملم في إربد و(85.3) ملم في الباقورة، وهي غير كافية لتلبية احتياجات التربة والنبات من المياه. ويتراوح الفرق بين التبخر الحقيقي والتبخر والنتج الكامن بين (1) و(9) ملم التي تأخذ بالتزايد خلال الأشهر اللاحقة، كما تفوق قيم التبخر الكامن كميات التساقط والتبخر الحقيقي، إذ يمكن اعتبار الشهر الذي يبدأ فيه التبخر الكامن بالزيادة عن معدل التساقط أنه بداية الفترة التي تشكو التربة فيها من العجز المائي وتراكم عجز الرطوبة.

#### ملخص النتائج

توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج يمكن عرضها على النحو الآتي:

1. تشير الموازنة المائية لشمال الأردن حسب معادلة ثورنثويت التجريبية إلى أن المنطقة تعاني من عجز مائي واضح يمتد من (7- 9) أشهر، إذ يفوق معدل التبخر الكامن كمية

- التساقط في كافة المحطات خلال هذه الفترة، الذي يتميز مناخها ما بين الجاف في المفرق إلى الرطب في رأس منيف.
2. تبدأ فترة العجز المائي في منطقة الدراسة في شهر نيسان وتستمر حتى نهاية شهر تشرين الثاني في كل من رأس منيف وإربد. بينما تمتد إلى نهاية تشرين الأول في الباقورة، أما المفرق فإن العجز المائي فيها يمتد من شهر آذار حتى شهر تشرين الثاني.
  3. تراوح العجز المائي في أدنى قيمة له من (424.5) ملم في رأس منيف، إلى أعلى قيمة بلغت (1046) ملم في الباقورة.
  4. تبدأ فترة الفائض المائي في رأس منيف وإربد في شهر تشرين الأول وتمتد حتى شهر آذار، حيث تفوق كمية التساقط طاقة التبخر والنتح المحتمل على مدى خمسة أشهر. بينما يبدأ الفائض المائي في الباقورة في شهر كانون الأول حتى شهر آذار، ليصل طول فترة الفائض المائي إلى أربعة أشهر، أما المفرق فإن الفائض المائي فيها لا يستمر لأكثر من ثلاثة أشهر، فيبدأ في كانون الأول ويستمر حتى شهر شباط.
  5. يصل الفائض المائي إلى أعلى مستوياته في رأس منيف (418.3) ملم، بينما ينخفض إلى أدنى مستوياته في المفرق فيبلغ (48.5) ملم.

#### ثانياً: التوصيات

تقترح الدراسة وتوصي بما يأتي:

1. تبني برامج للتوعية بأهمية ترشيد المياه في كافة القطاعات (المنزلية، الزراعية، الصناعية) و استخدام المياه بكفاءة وفاعلية في الأغراض المختلفة، وحول المحاصيل الزراعية المناسبة لفترات الفائض والعجز المائي، في ظل التغير المناخي في حوض البحر المتوسط وما ينتج عنه من تناقص كميات الأمطار وتأخر الموسم المطري وزيادة درجات الحرارة.
2. توجيه الدراسات والأبحاث الجغرافية والمناخية نحو المواضيع البيئية والمناخية المعنية بتغير المناخ، والعجز المائي والموارد المائية، والجفاف والتصحر، مع تسهيل الحصول على البيانات المناخية للدارسين والباحثين، وتوفير البيانات الدقيقة، كالبيانات المناخية، وبيانات التربة، والنباتات، والمياه، بحيث تكون متاحة للدارسين والباحثين والمهتمين وأصحاب العلاقة.
3. تكامل الدراسات المائية والمناخية للتركيز على المشكلات المتعلقة بالمياه، والأمطار، والجفاف، والبيئة، والتغير المناخي، وتركيز الدراسات والأبحاث على كيفية وضع نظام إنذار مبكر للجفاف، واقتراح الحلول الناجعة لمواجهتها بما يتفق وخصائص المناطق التي تتعرض لها.

4. استغلال الموارد المائية المتاحة في المنطقة استغلالاً أمثل وخاصة الأمطار، من خلال إنشاء المشاريع المائية الصغيرة ومشاريع الحصاد المائي، كالبرك والسدود الترابية والآبار، وذلك للاستفادة أكثر ما يمكن من مياه الأمطار، مع ضرورة التعاون والتنسيق بين الجهات المختصة في هذا المجال (كوزارة الزراعة، وزارة المياه والري، وزارة البيئة، دائرة الأرصاد الجوية، سلطة المصادر الطبيعية، والجامعات الأردنية)، وتعاون تلك المؤسسات والهيئات ذات العلاقة في تبني سياسة مائية تعمل على تنظيم الموارد المائية وإدارتها بكفاءة، بما يتناسب مع المتطلبات المائية في المملكة.

#### References (English & Arabic)

- Annanzh, Ali. (1996). *Water budget based on the amount of rainfall stations and potential evapotranspiration in the basin of Karak valley*. Muta for Research and Studies. 11(5).
- Buheiry, Salah Al-Din. (1991). *Geography of Jordan*. 2nd edition. Amman. Jordan.
- Calvo, J.C. (1986). *An evaluation of Thornthwaite's water balance technique in predicting stream runoff in Costa Rica*. Hydrological Sciences Journal, 31(1) 51-60.
- Christensen, J.H. Hewitson. B. Busuioc. A. Chen. A. Gao. X. Held. I. Jones. R. Kolli. R.K. Kwon. W-T. Laprise. R. Rueda.V.M. Mearns. L. Menéndez. C.G. Räisänen. J. Rinke. A. Sarr. A. & Whetton. P. (2007). *Regional Climate Projections in Climate Change*. The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University. United Kingdom and New York, USA.
- Department of Meteorology. *Annual Bulletin of climate information in Jordan, numbers (2000-2009)* Amman, Jordan.
- Department of Meteorology. (2000). *Time series of monthly rates for some elements of the weather in Jordan*. Amman, Jordan.
- Issar, A. (1996). *Climate Change: Is It a Positive or Negative Process*, A Presentation made at the UNU Headquarters on July 15<sup>th</sup>, 1996. 13 pages.

- Karas, J. *Climatic Change and the Mediterranean*, 29 pages.
- Al-Kawasma, Y. (1983). *Climatic Water Balance in Jordan*. Ph.D. Thesis State University of Ghent. U.K.
- Mather, J.R. (1961). *The Climate Water Balance, Thornthwaite Associates Laboratory of Climatology*. Publication in Climatology. Volume xiv, Number 3.
- Mather, John. & Yoshioka, Gary. (1968). *The Role of Climate in the Distribution of Vegetation*. Annals of the Association of American Geographers, 58( 1) 29–41.
- O'nol, B. & Semazzi, F. (2009). *Regionalization of Climate Change Simulations over the Eastern Mediterranean*. Journal of Climate. Volume 22. American Meteorological Society.
- Oroud, IM. (2008). *The impacts of climate change on water resources in Jordan*. In: Zereini F, Hotzl H (eds) *Climate changes and water resources in the Middle East and North Africa*. Springer. Environmental Science and Engineering, Berlin.
- Pederson, D. (2008). *Will climate change reduce or Increase Middle East Rainfall*. Green Report. H.44.
- Al-Rawi, Adel. & Al-Samerai, Qusai. (1990). *Practical Climate*, Baghdad. Iraq.
- Saleh, Hassan. (1971). *An Estimation of the Water Balance in Jordan*. Faculty of Arts Journal, University of Jordan, 3(2).
- Shehadeh, Numan. (1995). *Simulation of Water Requirement and Moisture Consumption in Northern Jordan*. Bulletin of Arab Research and Studies, Vol.24.
- Shehadeh, Nuaman. (1981). *Water balance in Jordan*, Iraqi Geographic Journal, Volume 12. Baghdad. Iraq.
- Shehadeh, Nuaman. (1983). *Practical Climate*. 2<sup>nd</sup> edition, Al-Noor Press. Amman. Jordan.

- Shehadeh, Nuaman. (1990). *Climate of Jordan*. 1st edition. Dar Al-Bashir. Amman, Jordan.
- Shehadeh, Numan. (2012). *The climate in Jordan in the twentieth century*. The book to be printed.
- Thornthwaite, C.W. & Mather, J.R. (1957). *Instruction and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance*. Drexel Institute of Technology. Laboratory of Climatology. New Jersey., USA.
- United Nations Environment Programme. *Climate Change*. (1991). with cooperation with the Arab League Educational, Cultural and Scientific Organization. Tunisia.
- United Nations. (2009). Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). *Jordan’s Second National Communication (SNC)*. Jordan, Amman.
- World Meteorological Organization. (1961). *Measurement and Estimation of Evaporation and Evapotranspiration*. Report of Working Group on Methods of Observation, No.201.TP.105. Geneva. Switzerland.
- United Nations. Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2009). *Jordan’s Second National Communication (SNC)*. Jordan, Amman.