

تقدير التبخر - نتح الكامن (ETP) في حماه والحسكة وإدلب

الدكتور أدهم جلب *

يارا اسبر **

(تاريخ الإيداع 31 / 3 / 2009 . قبل للنشر في 26 / 5 / 2009)

□ الملخص □

أظهرت الدراسة شكلاً ناقوسياً لمسار التبخر نتح السنوي في حماه والحسكة وإدلب مع وجود قمة أعظمية في تموز ونهاية أصغرية في كانون الأول أو كانون الثاني ، كما أعطت العلاقات الست المستخدمة في حساب التبخر - نتح الأساسي ثلاث مستويات من القيم أكبرها في علاقتي إيفانوف وبنمان موننتيه (الفاو) وأقلها قيم تورنوايت وحوض التبخر (نموذج A) وفيما بينهما قيم علاقتي هارغريفس ساماني وبلاني - كرايدل المعدلة. لقد كانت قيم التبخر نتح الكامن في الربيع أكبر من قيمه في الخريف في علاقات هارغريفس ساماني وبنمان موننتيه (الفاو) وكذلك حوض التبخر (نموذج A)، أما في باقي العلاقات فكانت قيمه في الخريف هي الأكبر .

مكنت الدراسة أيضاً من استخراج علاقات تراجع خطية متعددة العوامل لتقدير التبخر - نتح الأساسي الشهري في كل من حماه والحسكة وإدلب اعتباراً من درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح ومدة سطوع الشمس.

الكلمات المفتاحية : التبخر - نتح الكامن - الظروف المينورولوجية - الارتباط - التراجع الخطي

* أستاذ - قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Estimating Potential Evapotranspiration in Hamah, AL-Hasakah, and Idleb

Dr. Adham Jalab*
Yara Esper**

(Received 31 / 3 / 2009. Accepted 26/5/2009)

□ ABSTRACT □

Annual evapotranspiration has a gaussian distribution curve notching its maximum value in July and its minimum value in December and January. As this study has shown, the six equations used to estimate potential evapotranspiration has given three levels of values, the biggest of which is demonstrated by Ivannov and FAO Penman-Monteith equations, and the smallest of which is shown by Thornthwaite and Pan Evaporation, and both of which are mediated by the values of Hargreaves and Samani, modified Blaney-Criddle equations. According to Hargreaves and Samani values, FAO Penman-Monteith and Pan Evaporation equation values, potential evapotranspiration values were bigger in spring than in autumn. But in other equations, its values in autumn were bigger. Depending on temperature, relative humidity, wind velocity, and sunshine, this study also enabled us to derive multifunctional linear regressive equations to estimate monthly potential evapotranspiration in Hamah, AL -Hasakah, and Idleb.

Keywords: potential evapotranspiration, meteorological conditions, correlation, linear regression.

*Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Postgraduate Student, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

- الماء أحد أهم الأسس التي لا يمكن الاستغناء عنها لكل أشكال الحياة على سطح الأرض . أكثر من 70% من كوكبنا مغطى بالماء، مما يعني أن هذا الاحتياط الكبير من المياه لا بد أن يجعله متوفراً للبشرية على المدى البعيد. بالمقابل فإن 97.6% من كميات المياه الموجودة على سطح الأرض هي مياه بحار ومحيطات مالحة وتشكل المياه العذبة فقط 2.4% ، منها 1.8% عبارة عن جليد موجود في المناطق القطبية ، وبالتالي يبقى فقط 0.6% من مجموع الاحتياطي المائي لسطح الأرض متوفر للاحتياجات البشرية .

يعتبر التبخر نتج Evapotranspiration مجموع عمليتين منفصلتين يفقد فيهما الماء من سطح التربة عن طريق التبخر (ظاهرة فيزيائية) ومن النبات عن طريق النتج (ظاهرة فسيولوجية).

يتطلب فقد الماء طاقةً توفرها أشعة الشمس المباشرة إضافةً إلى حرارة الهواء المحيط ، أما القوة الدافعة التي تنقل بخار الماء من السطح المبخر فتتمثل الفرق بين ضغط بخار الماء عند السطح المبخر وضغطه في الغلاف الجوي المحيط . وهذا يرتبط إلى حد كبير بسرعة الرياح [8، 10، 11] .

تحدث عمليتا التبخر -نتج Evapotranspiration في آن واحد ولا توجد طريقة سهلة للتمييز بينهما حقلياً، تعتبر الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح التربة المقياس الرئيسي لمقدار التبخر من سطح تربة مزروعة ، لكن خلال فترة نمو النباتات تتناقص كمية الأشعة الواصلة إلى سطح الأرض بسبب الزيادة التدريجية لمساحة الجزء المظلل من التربة ، حتى يصبح النتج هو المسؤول الأول عن فقد الماء [8، 10، 11] .

يمثل الفقد المائي بالتبخر نتج جزءاً هاماً في كل من نظامي الطاقة والميزان المائي لكوكب الأرض ، ويتضح ذلك من خلال كميات الماء المتبخرة سنوياً والتي تستهلك حوالي 25% من الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض .

- أكثر من ذلك يعتبر التبخر نتج عنصر الربط في منظومة الـ (تربة - نبات - غلاف جوي) ، بحيث أن كمية الحرارة والميزان المائي مرتبطين مع بعض والتأثير المتبادل بينهما يميز هذا النظام [12] .

- إن التبخر نتج كعنصر فقد في الدورة المائية يجب ألا يجعلنا نعتبره عنصراً سلبياً فقط. لأن وظيفته في النظام البيئي غاية في الأهمية، فهو عندما يكون في صورة نتج لا يمكن الاستغناء عنه للغطاء النباتي، كونه يساهم في نقل الماء من التربة عبر الجذور فالسوق والأوراق إلى الغلاف الجوي، وبذلك يتم تزويد النباتات بالعناصر الغذائية وأيونات الهيدروجين والأكسجين التي تعتبر ضرورية لعملية التمثيل الضوئي. كما تؤمن بنفس الوقت فعل التبريد ومنع التسخين الشديد للأعضاء النباتية . لذلك فإن **النتج** يعتبر بمثابة تبخر منتج في حين أن التبخر من الأسطح المائية الحرة أو من الأرض البور يعتبر تبخراً غير منتج [12].

يمكن التمييز بين الأنواع التالية من التبخر نتج:

1- التبخر - نتج الكامن (ETP) (Potential evapotranspiration): وهو أعلى تبخر - نتج يمكن أن يحصل في تربة مزروعة بنباتات خالية من الأمراض ومسمدة بشكل جيد، وتنمو تحت ظروف مثالية من التربة والماء وتصل إلى مرحلة من الإنتاج الكامل تحت الظروف المناخية، إن هذا النوع من التبخر - نتج يعتبر الأساس في تحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية لأنه يعطي السقف الأعظمي لهذه الاحتياجات المائية. كما عرفه بنمان 1956 بأنه: (التبخر من سطح ممتد قصير أخضر، ذو نمو فعال، يغطي كلياً سطح التربة، وبارتفاع واحد ودون نقص في الماء) [12].

2- التبخر نتح الحقيقي (ETR) (Evapotranspiration real): يعبر عن كمية الماء الحقيقية المنقولة إلى الغلاف الجوي من واحدة المساحة لسطح أرض مزروعة وفي واحدة الزمن لسطح أرض مزروعة وفي واحدة الزمن [12].

3- التبخر نتح الأعظمي (ETM) (Evapotranspiration maximum): هو التبخر - نتح لمحصول أو نبات معين وخلال مراحل أطواره الفينولوجية وتحت ظروف مناخية محددة عندما يكون الحقل مروياً بشكل وافٍ وبالتالي تصبح كمية التبخر - نتح الحقيقية تبلغ قيمتها الأعظمية، وقيمة التبخر - نتح الأعظمي أقل أو تساوي قيمة التبخر - نتح الكامن، بحيث يمكن وضع القاعدة التالية :

$$ETR \leq ETM \leq ETP$$

العوامل المؤثرة على التبخر نتح: وتشمل : [2,1] :

1. العوامل المناخية:

تعتبر من أهم العوامل المؤثرة على التبخر نتح وخاصة : الإشعاع الشمسي ، درجة حرارة الهواء، الرطوبة النسبية وسرعة الرياح.

2. العوامل النباتية:

وهي تشمل نوع النبات ، ومرحلة نموه . فاختلاف نوعية النباتات واختلاف صفاتها ينتج عنه اختلاف في مقاومتها لعملية النتح وبالتالي اختلاف في قيم التبخر نتح تحت الظروف المناخية السائدة .

3. خواص التربة وسلوك الماء فيها (بناء وقوام التربة، ملوحة التربة، مستوى الماء الأرضي).

4. طريقة الري ونوعية المياه المستخدمة .

5. عوامل اقتصادية وتقنية (تكاليف الري، التقنيات الزراعية المستخدمة، التقنيات المستخدمة لتقليل التبخر - نتح).

إن القياس المباشر للتبخر - نتح يتطلب وجود أجهزة الليزيمترات المكلفة جداً والمجهدة لذلك يتم اللجوء إلى الطرق غير المباشرة التي تعتمد على الاستفادة من معطيات الأرصاد الجوية والمناخية المتوفرة لدى الدوائر الرسمية للرصد الجوي التي تستخدم علاقات رياضية سهلة نسبياً في تقدير التبخر - نتح .

تتجلى مزايا طرق التقدير هذه في أنها لا تتطلب وجود شبكة قياس خاصة من الليزيمترات ، كما أنها تمكن من تقدير التبخر نتح للفترات الزمنية الماضية ولأي منطقة . [12]

تتفاوت العلاقات الرياضية المستخدمة في حساب التبخر نتح فيما بينها ، من حيث نوع وعدد العناصر الميئيورولوجية التي تستخدمها . وبالتالي فإن ما يحدد استخدام هذه العلاقة أو تلك هو توفر المعطيات أو العناصر اللازمة لتطبيقها.

أهمية البحث وأهدافه:

يتحدد الإنتاج الزراعي واستقراره كماً ونوعاً من خلال التوفر المائي للنباتات والذي يقرره بشكل أساسي كميات المياه الواردة على شكل هطولات مطرية والمفقودة من خلال التبخر - نتح ، سيما وأن معظم زراعاتنا الشتوية في سورية هي زراعات بعلية . لذلك فإن تحديد كميات المياه المفقودة بدقة من خلال التبخر نتح وباستخدام أهم العلاقات

الرياضية المستخدمة عالمياً ثم مقارنة القيم المحسوبة بالقيم المقاسة لكل منطقة مدروسة يمكن من تحديد التوفر المائي خلال مراحل نمو النباتات ويعطي صورة واضحة عن مدى الحاجة للمياه بالري التكميلي .

يهدف البحث إلى:

- محاولة تحديد أو تقدير التبخر - نتح الكامن (ETP) في ثلاثة مناطق مختلفة مناخياً من سورية (حماء، الحسكة، ادلب).

- مقارنة القيم المحسوبة باستخدام أهم العلاقات الرياضية المستخدمة عالمياً مع قيم التبخر نتح من حوض التبخر (نموذج A).

- إيجاد علاقة رياضية خاصة لحساب التبخر نتح الكامن لكل منطقة مدروسة استناداً إلى معطياتها الميئورولوجية المتوفرة بحيث تكون الأقرب إلى نتائج علاقة بنمان المعدلة لأنها الأدق والأقرب إلى الواقع من أجل تحديد التبخر - نتح الكامن.

طرائق البحث ومواده:

1- المعطيات المناخية: اعتمدت الدراسة على معطيات ميئورولوجية شهرية شملت العناصر التالية : (درجة الحرارة الجافة، سرعة الرياح ، عدد ساعات سطوع الشمس ، الرطوبة النسبية، قيم التبخر من الحوض نموذج A ، كما تم استخراج بعض القيم لاستخدامها في باقي المعادلات المدروسة) ، غطت فترة زمنية امتدت من (1976 وحتى 2005) ، تم الحصول عليها من سجلات المديرية العامة للأرصاد الجوية بدمشق ، وشملت محطات حماة-ادلب- الحسكة . الجدول رقم (1)

الجدول (1) الموقع الجغرافي والارتفاع للمحطات الثلاث المدروسة

المحطة	خط العرض	خط الطول	الارتفاع عن سطح البحر (متر)
حماء	35° 08'	36° 45'	316
الحسكة	36° 30'	40° 45'	300
ادلب	35° 56'	36° 39'	446

2- العلاقات الرياضية المستخدمة: تم حساب التبخر - نتح الكامن باستخدام العلاقات التالية:

1. علاقة إيفانوف: تستخدم هذه العلاقة المعدل الشهري لكل من الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة الجافة وتعطى بالشكل التالي :

$$ETP = 0.0018 (25 + t)^2(100 - RH)$$

حيث : t : معدل الحرارة الجافة الشهرية مقدر بالدرجة المئوية.

RH: معدل الرطوبة النسبية % الشهرية .

2. علاقة تورنوايت: تستخدم هذه العلاقة معدل الحرارة الشهرية وعدد ساعات النهار .

$$ETP = 16 L_d [10 t / I]^a$$

حيث:

L_d: عدد ساعات النهار (طول النهار) مقسوماً على 12.

حيث تحسب (a) من المعادلة :

$$a = (6.75 \times 10^{-7} I^3) - (7.71 \times 10^5 I^2) + 0.01792 I + 0.49239$$

t: معدل درجة الحرارة الشهرية، درجة سيلسيوس (°C).

I: الدليل الحراري السنوي ويحسب من خلال المعادل الحراري الشهري (i) من العلاقة :

$$I = \sum_{i=1}^{i=12} i$$

$$i = [t / 5] 1.514$$

t: معدل درجة الحرارة الشهرية (°C).

تعطي طريقة تورنوايت قيماً صغيرة لـ (ETP) خلال الصيف في الفترة التي يكون فيها الإشعاع أعظماً. إن

تطبيق هذه المعادلة على فترة زمنية قصيرة يعطي نتائج خاطئة. [9,7]

3. علاقة بلاني - كرايدل المعدلة [3] :

تستخدم هذه العلاقة عناصر مناخية متعددة كالمعدل الشهري لدرجة الحرارة والنسبة المئوية لعدد ساعات

الإضاءة في اليوم ومعامل تصحيح C .

$$ETP = C * P * [0.46 * t + 8]$$

حيث :

ETP: متوسط التبخر - نتح الكامن الشهري ، مم/يوم.

t: المعدل الشهري لدرجة الحرارة مقدراً بالدرجة المئوية .

P : النسبة المئوية لعدد ساعات النهار في اليوم مقسومة على مجموع عدد الساعات السنوية لطول النهار،

وتؤخذ قيمها من جدول خاص.

C : معامل تصحيح، يتوقف على الرطوبة النسبية الصغرى كمتوسط، وعلى ساعات الإضاءة النسبية

(n/N) كمتوسط و على سرعة الرياح اليومية كمتوسط [م. ثا⁻¹].

4. علاقة بنمان - مونتيه الفاو [2] :

ترتكز هذه العلاقة في حسابها على العناصر التالية : الإشعاع الصافي، كثافة تدفق حرارة التربة، متوسط درجة

الحرارة اليومية للهواء، سرعة الرياح على ارتفاع مترين، ضغط بخار الماء المشبع و الضغط الفعلي لبخار الماء، البعد

عن الإشباع.

$$ETP = \frac{0.408 \Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)}$$

حيث :

ETP: التبخر نتح الكامن [مم.يوم⁻¹].

Rn : الإشعاع الصافي على السطح النباتي [ميغاجول.م⁻².يوم⁻¹].

G : كثافة تدفق حرارة التربة [ميغاجول.م⁻².يوم⁻¹].

T : متوسط درجة الحرارة اليومية للهواء على ارتفاع مترين [C°].

U₂ : سرعة الرياح على ارتفاع مترين [م. ثا⁻¹].

es : ضغط بخار الماء المشبع [كيلوباسكال].

ea : ضغط بخار الماء الفعلي [كيلوباسكال].

es - ea : البعد عن الإشباع [كيلوباسكال].

Δ : ميل منحنى ضغط بخار الماء [كيلوباسكال.درجة مئوية⁻¹].

γ : ثابت البسيكروميتر [كيلوباسكال.درجة مئوية⁻¹].

5. علاقة هارغريفس - ساماني [5-6]:

تستخدم هذه العلاقة الإشعاع الشمسي، الفرق بين درجات الحرارة اليومية الصغرى والعظمى وتأخذ الشكل التالي

$$ETP = K_{rs} * RA * (T_x - T_n)^{0.50}$$

T_x : المعدل الشهري لدرجة الحرارة العظمى ، درجة مئوية (°C).

T_n : المعدل الشهري لدرجة الحرارة الصغرى ، درجة مئوية (°C).

RA: الإشعاع الخارجي (كالوري/سم²/يوم).

K_{rs} : ثابت تصحيح .

6. حساب التبخر نتح الكامن اعتباراً من القيم المقاسة من حوض التبخر (النموذج A):

إن حوض التبخر نموذج (A) أداة واسعة الاستخدام لقياس التبخر وثبت أنه يعطي تقديرات دقيقة لـ ETP لكنه

يتطلب خدمة جيدة وعمليات صيانة.

وتأخذ المعادلة التي تحسب التبخر نتح الكامن اعتباراً من قيم تبخر الحوض الشكل التالي :

$$ETP = K_p \cdot E_{pan}$$

ETP: التبخر نتح الكامن [مم/يوم].

K_p : معامل الحوض.

E_{pan} : التبخر من حوض [مم/يوم]. [4]

النتائج والمناقشة:

تم حساب قيم التبخر نتح الكامن ETP باستخدام (6) علاقات رياضية تتضمن عناصر مناخية مختلفة وهي علاقات كل من : (إيفانوف ، تورنوايت ، بنمان مونتيه الفاو ، بلاني - كرايدل المعدلة ، هارغريفس ساماني ، وحوض التبخر (نموذج A)) وامتدت فترة الدراسة من (1976-2005) وفي ثلاث مناطق هي حماه ، الحسكة ، وإدلب . بنتيجة ذلك حصلنا على كم كبير من قيم التبخر نتح الكامن ETP بالنسبة لكل علاقة وفي كل منطقة من المناطق الثلاث المدروسة وحسبت قيم معامل الاختلاف CV% الذي يعبر عن الانحراف عن المتوسط كنسبة مئوية وبذلك تم الحصول على النتائج المدونة في الجداول (2،3،4) والأشكال البيانية (1،2،3).

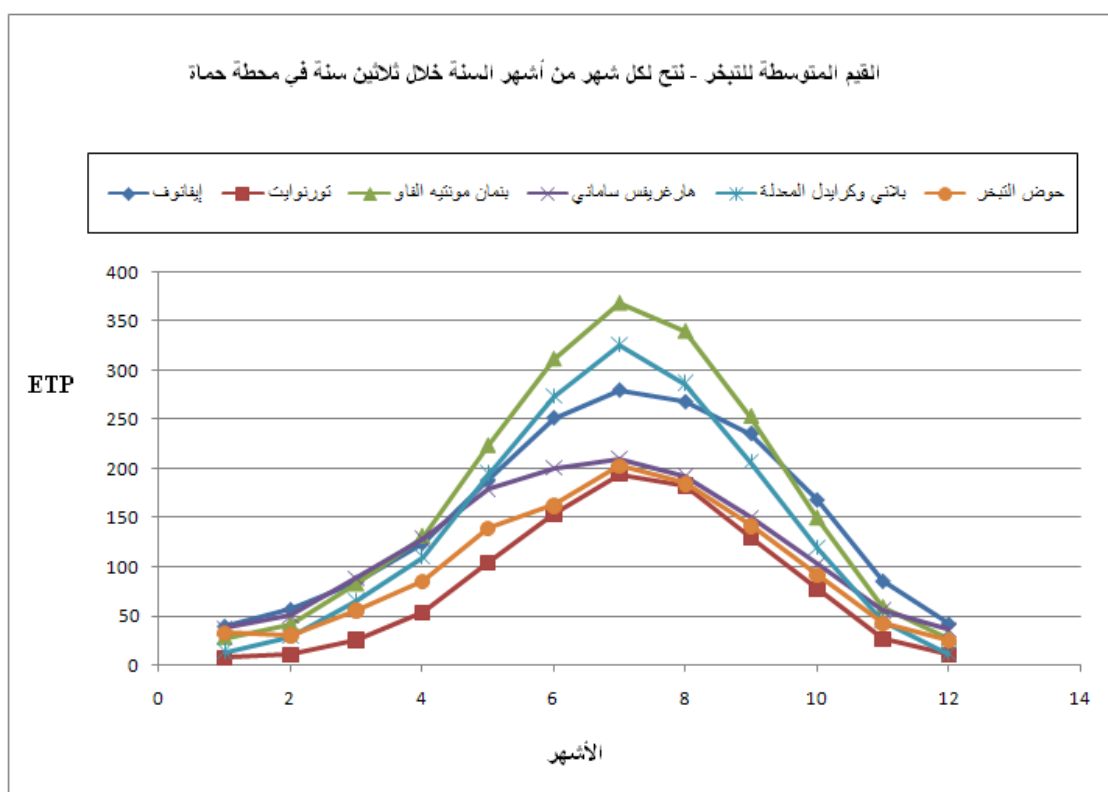
1-دراسة ETP باستخدام طرق الحساب الست في حماه :

يلاحظ من النتائج المدونة في الجدول (2) أنّ قيم ETP المحسوبة بطريقة إيفانوف تأخذ شكلاً ناقوسياً تتزايد فيه اعتباراً من شهر كانون ثاني (39.98) لتصل إلى قيمتها العظمى في شهر تموز (280.40) ثم تتراجع اعتباراً من آب وحتى كانون ثاني وذلك وفقاً لتغير ظروف الحرارة والرطوبة السائدة. أما طريقة تورنوايت فقد أعطت قيمة أقل من إيفانوف بلغت أدنى قيمة لها في شهر كانون ثاني (7.87 مم) ثم تزايدت في أشهر الربيع والصيف لتصل في تموز إلى قيمتها العظمى (194.71 مم) ثم تراجعت في أشهر الخريف وصولاً إلى شهر كانون أول (10.34 مم) وذلك وفقاً لتغيرات الحرارة الشهرية وطول ساعات النهار خلال الأشهر المختلفة . أما طريقة بنمان

مونتيه (الفاو) فأعطت قيمةً مرتفعةً في شهر تموز كانت الأعلى بين كلّ العلاقات المستخدمة وبلغت (368.8 مم) كونها تعتمد على بعد الهواء الجوي عن الإشباع وشدة الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح ، في حين أعطت أشهر الشتاء قيمةً في حدود (28 مم)، كما يلاحظ أنّ قيم معامل الاختلاف CV % تقلُّ بشكل كبير في الأشهر الحارة وترتفع في الأشهر الممطرة وذلك تبعاً لتغير مدة سطوع الشمس وبالتالي شدة الإشعاع الشمسي . أما **طريقة بلاني - كرايدل المعدلة** فقد أعطت قيمةً صغيرةً في أشهر كانون أول وكانون ثاني تقارب قيم طريقة تورنوايت نظراً لقصر ساعات النهار وانخفاض درجات الحرارة لكنها أعطت قيمةً كبيرةً في تموز بلغت (326.25 مم) وهي ثاني أكبر قيمة لشهر تموز بعد طريقة بنمان مونتيه . أما **طريقة هارغريفس ساماني** فأعطت قيمةً قريبةً من طريقة إيفانوف لأشهر كانون أول وكانون ثاني وشباط لكن قيمها كانت أقلّ وبوضوح في أشهر الصيف حيث لم تزد قيمتها العظمى في تموز عن (209.97 مم) وهذه الطريقة تكاد تكون الأقرب لطريقة حوض التبخر (نموذج A) في أشهر تموز وأشهر الخريف وكانون ثاني وازدادت الفروق في أشهر الربيع وبداية الصيف.

الجدول (2) قيم التبخر نتح الكامن ETP المحسوبة بالعلاقات الست في محطة حماة خلال الفترة 1976-2005

الأشهر												المؤشر	الطريقة
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
42.4	86.1	168.7	236.3	268.5	280.4	252.2	188.9	124.6	84.9	57.1	39.9	X	إيفانوف
22.1	20.4	12.2	4.4	6.7	9.5	7.7	14.4	16.3	17.4	18.1	17.4	CV%	
10.3	26.8	77.5	130.8	183.2	194.7	154.2	104.6	53.8	25.9	10.7	7.8	X	تورنوايت
35.1	24.6	12.4	7.2	8.7	9.5	7.4	13.2	16.9	24.8	30.9	36.7	CV%	
27.9	59.2	150.1	352.7	340.1	368.8	311.8	223.7	131.6	82.7	42.1	28.4	X	بنمان - مونتيه الفاو
15	17.8	12.8	4.7	6.3	9.6	7.6	14.1	16.9	15.6	14.6	17.7	CV%	
12	45.4	120.1	207.2	287.3	326.2	274.4	195.2	110.8	65.2	28.7	13.9	X	بلاني - كرايدل المعدلة
52.1	24.7	10.9	4	4.7	7.5	7.1	13.1	17.2	20.7	28.4	56.8	CV%	
36.6	56.3	102.6	150.5	192	209.9	201.1	179.4	128.7	88.6	50.9	37.5	X	هارغريفس ساماني
10.8	9.9	5.7	3.6	5.1	5.1	3	5.8	8.1	9.1	10.9	8.7	CV%	
24.7	42.3	91.7	141.4	184.2	202.8	162.9	140.4	86	55.7	30.6	32.6	X	حوض التبخر (نموذج A)
0.8	0.8	0.4	0.3	0.2	0.3	0.7	0.4	0.7	0.6	0.6	3.4	CV%	



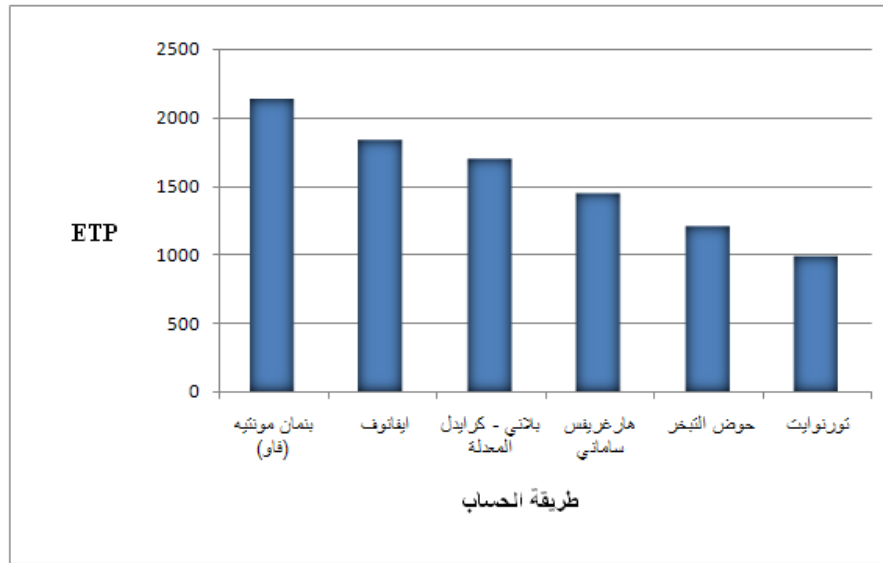
مخطط (1) مسارات التبخر نتح الكامن المحسوبة بالعلاقات الست في محطة حماه خلال الفترة 1976-2005

تشير النتائج المدونة في الجدول رقم (3) والمخطط البياني رقم (2) إلى المعدلات السنوية للتبخر نتح في حماه، حيث يتضح أنّ المعدل السنوي المحسوب بطريقة بنمان مونثيه هو الأكبر حيث بلغ (2119.43 مم)، وأقل قيمة أعطتها طريقة تورنوايت وبلغت (980.77 مم) وكانت الأقرب إلى طريقة حوض التبخر (نموذج A) البالغة (1195.79 مم).

الجدول رقم (3) قيم التبخر نتح الكامن ETP الفصلية والسنوية المحسوبة بالعلاقات الست في حماه

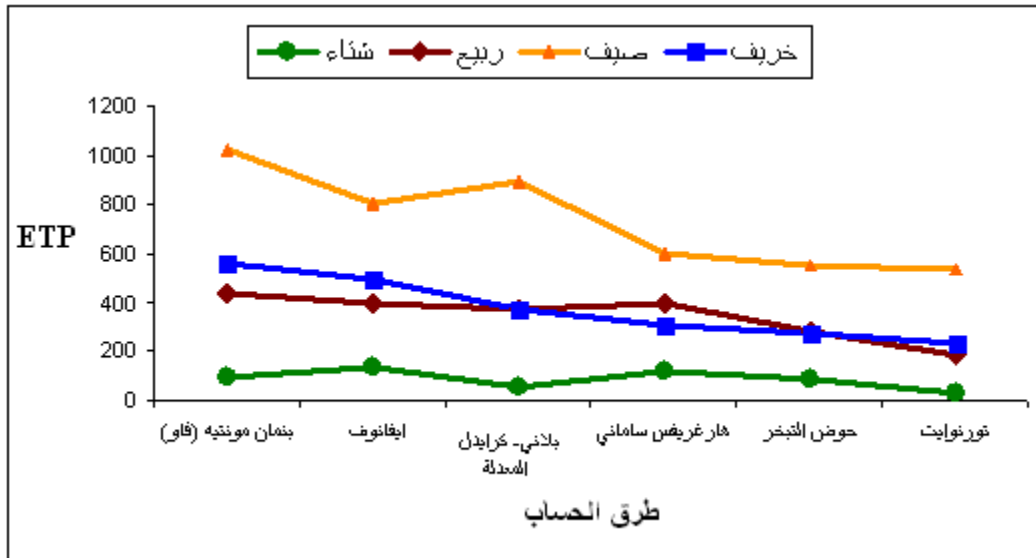
خلال الفترة 1976-2005

طريقة الحساب	شتاء	ربيع	صيف	خريف	سنوي
تورنوايت	29	184.41	532.15	235.21	980.77
حوض التبخر (نموذج A)	88.02	282.13	550.05	275.59	1195.79
هارغريفس ساماني	125.1	396.84	603.14	309.6	1434.68
بلاني - كرايدل المعدلة	54.71	371.35	888.03	372.91	1687
إيفانوف	139.58	398.58	801.28	491.1	1830.54
بنمان مونثيه (فاو)	98.43	438.13	1020.82	562.05	2119.43



مخطط (2) المعدل السنوي للتبخر نتح الكامن في حماه بالطرق الست خلال الفترة 1976 - 2005

بالنسبة للمعدلات الفصلية الموضحة في الجدول رقم (3) والمخطط رقم (3) تظهر تداخل المعدلات الفصلية لكل من الربيع والخريف، فبينما تعطي علاقة هارغريفس ساماني قيمة أعلى لفصل الربيع من فصل الخريف، تتساوى تقريباً قيم الفصلين في علاقة بلاتي - كرايدل وفي حوض التبخر (نموذج A)، أما علاقات تورنوايت وإيقانوف وبنمان موننتيه (فاو)، فقد أعطت قيمة أقل وبوضوح .



مخطط (3) المعدل الفصلي للتبخر نتح الكامن في حماه بالطرق الست خلال الفترة 1976 - 2005

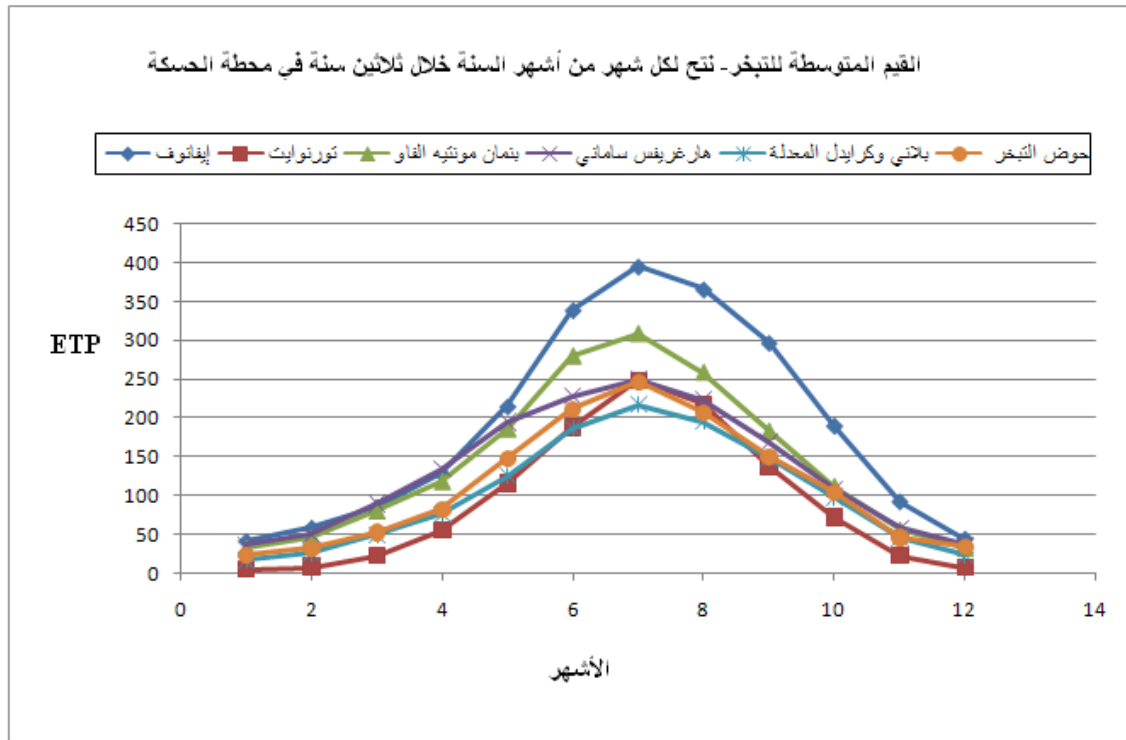
2- دراسة ETP باستخدام طرق الحساب الست في الحسكة :

لاشك أن قيم العناصر المناخية تتغير بتغير الموقع الجغرافي ، مما يترتب عليه تغير في مقدار قيم التبخر نتح الكامن التي يمكن الحصول عليها حسابياً باستخدام العلاقات الست . إن المعدلات الشهرية المحسوبة بالطرق الست في الحسكة للفترة المدروسة مدرجة في الجدول رقم (4) والمخطط رقم (4) .

يلاحظ من الجدول رقم (4) أن قيم ETP المحسوبة بطريقة تورنوايت في الحسكة قد أعطت أقل القيم في شهر كانون ثاني تلتها علاقة بلاني وكرايدل وقيم بلغت على التوالي (5.50، 17.51 مم) أما أعلى القيم لنفس الشهر فسجلتها علاقتا إيفانوف و هارغريفس ساماني ثم علاقة بنمان مونتيه (الفاو) وقيم بلغت على التوالي (42.21، 37.88، 33.27 مم) ، أما في الفترة الحارة من العام فقد أعطى شهر تموز أعلى قيم للتبخر نتح الأساسي المحسوبة في كافة العلاقات ، وكانت أعلى القيم وبشكل واضح هي في علاقتي إيفانوف وبنمان مونتيه الفاو وبلغت على التوالي (394.81 و 309.29 مم) في حين تساوت تقريباً في علاقتي تورنوايت وهارغريفس ساماني مع قيم حوض التبخر (نموذج A) وقيم بلغت على التوالي (248.68، 249.42، 246.49 مم) .

الجدول (4) قيم التبخر نتح الكامن ETP الشهرية المحسوبة بالعلاقات الست في محطة الحسكة خلال الفترة 1976-2005

الاشهر												المؤشر	الطريقة
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
45.3	93.3	190.5	296.7	365.5	394.8	338.8	215.3	128.1	86.2	59.4	42.2	X	إيفانوف
25.3	26.29	12.98	7.62	7.31	8.29	8.98	18.20	21.26	19.89	24.10	20.34	CV%	
7.9	23.3	71.9	137.8	218.9	248.6	188.4	116.1	55.7	23.3	8.4	5.5	X	تورنوايت
38.8	29.1	12.9	7.4	7.9	9.1	7.7	11.7	18.9	27.1	46	46.5	CV%	
33.4	56.8	112.9	183.9	259.5	309.2	280.5	186.8	119.2	81.2	46.7	33.2	X	بنمان مونتيه الفاو
19.9	18.7	11.7	13.3	9.5	8.2	14.1	14.4	13.1	14.2	17.1	15.1	CV%	
23.1	46.5	98.7	148.3	195.2	217.3	186.8	126.1	76.3	49.8	27	17.5	X	بلاني- كرايدل المعدلة
74.1	31.99	19.6	14.5	13.8	14.9	16.2	18.4	21.5	29.23	39.5	46.8	CV%	
37.6	58.5	109.3	168.2	223.4	249.4	227.9	194.3	134.3	90.44	50.8	37.8	X	هارغريفس ساماني
11.8	11.47	6.1	3.6	4.1	4.8	4.4	7.4	8.2	9.17	12.5	9.7	CV%	
35.1	46.6	104.9	150.2	208.1	246.4	211.6	148.6	83.1	53.31	32.3	24.1	X	حوض التبخر (نموذج A)
96.7	23.4	15.3	9.4	9.1	9.7	10.7	21.2	26.8	22.7	23.5	27.9	CV%	

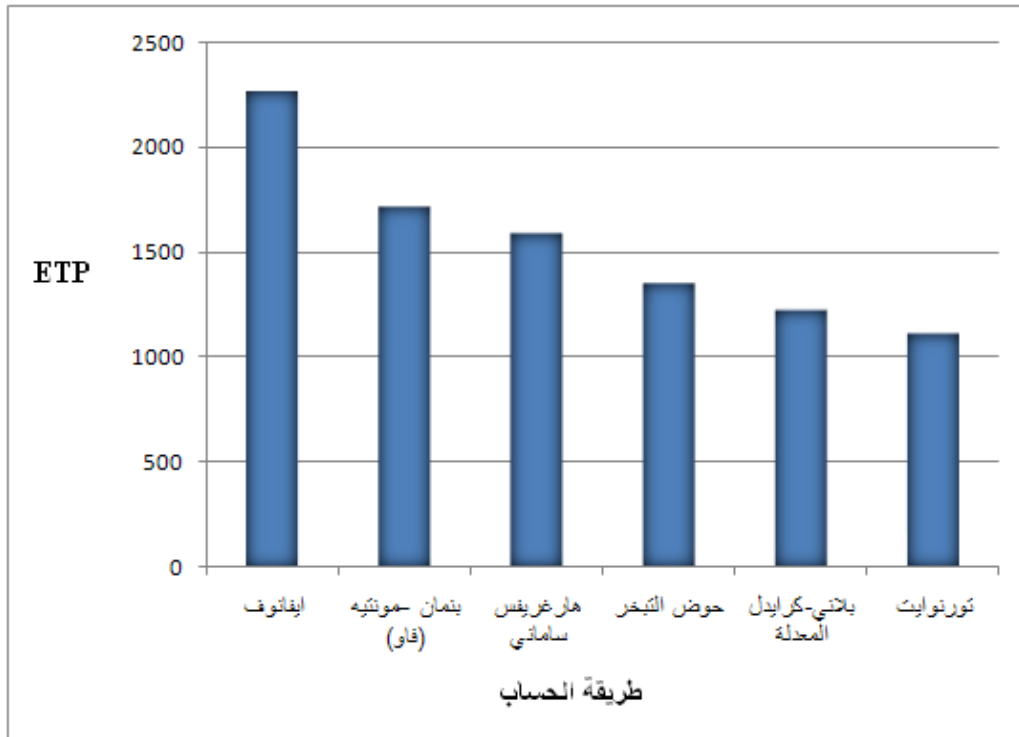


مخطط بياني (4) مسارات التبخر نتح الكامن المحسوبة بالعلاقات الست في الحسكة خلال الفترة 1976 - 2005

تشير النتائج المدونة في الجدول رقم (5) والمخطط البياني رقم (5) إلى المعدلات السنوية للتبخر نتح في الحسكة ، حيث يتضح أن المعدل السنوي المحسوب بطريقة إيفانوف هو الأكبر وقد بلغ (2256.63 مم) وأقل قيمة أعطتها طريقة بلاتي - كرايدل المعدلة وبلغت (1213.05 مم) وكانت الأقرب إلى طريقة حوض التبخر (نموذج A) البالغة (1344.56 مم) .

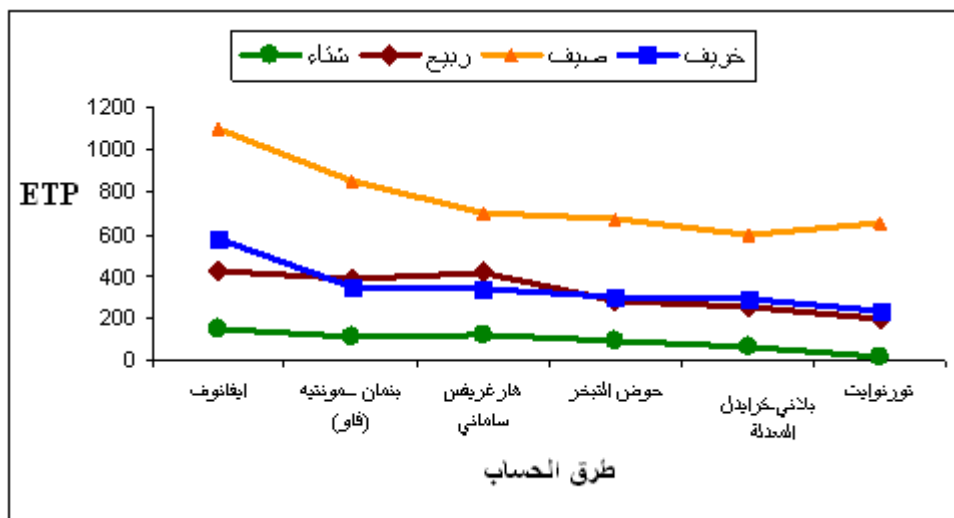
الجدول رقم (5) المعدلات السنوية والفصلية للتبخر نتح الكامن المحسوبة بالعلاقات الست في الحسكة خلال الفترة 1976 - 2005

طريقة الحساب	شتاء	ربيع	صيف	خريف	سنوي
إيفانوف	146.99	429.73	1099.23	580.68	2256.63
بنمان - مونتية (فاو)	113.39	387.35	849.43	353.7	1703.87
هارغريفيس ساماني	126.33	419.19	700.8	336.11	1582.43
حوض التبخر (نموذج A)	91.45	285	666.27	301.84	1344.56
بلاتي - كرايدل المعدلة	67.69	252.22	599.49	293.65	1213.05
تورنوايت	21.9	195.19	656.02	233.16	1106.27



مخطط (5) المعدل السنوي للتبخر نتح الكامن في الحسكة بالطرق الست خلال الفترة 1976-2005

بالنسبة للمعدلات الفصلية الموضحة في الجدول رقم (5) والمخطط رقم (6) فقد أظهرت أن قيم فصل الصيف هي الأعلى في كل العلاقات وهي الأقل أيضاً في الشتاء ، أما التداخل في قيم المعدلات الفصلية فقد ظهر في كل من فصلي الربيع والخريف، فبينما تعطي علاقة هارغريفس قيماً أعلى لفصل الربيع بلغت (419.19 مم) وتكون قيم فصل الخريف البالغة (336.11 مم) ، بالمقابل تتقارب قيم الفصلين في حوض التبخر (نموذج A) ، أما في باقي العلاقات فقد أعطت قيماً أقل وبوضوح .



مخطط (6) المعدل الفصلي للتبخر نتح الكامن في الحسكة بالطرق الست خلال الفترة 1976-2005

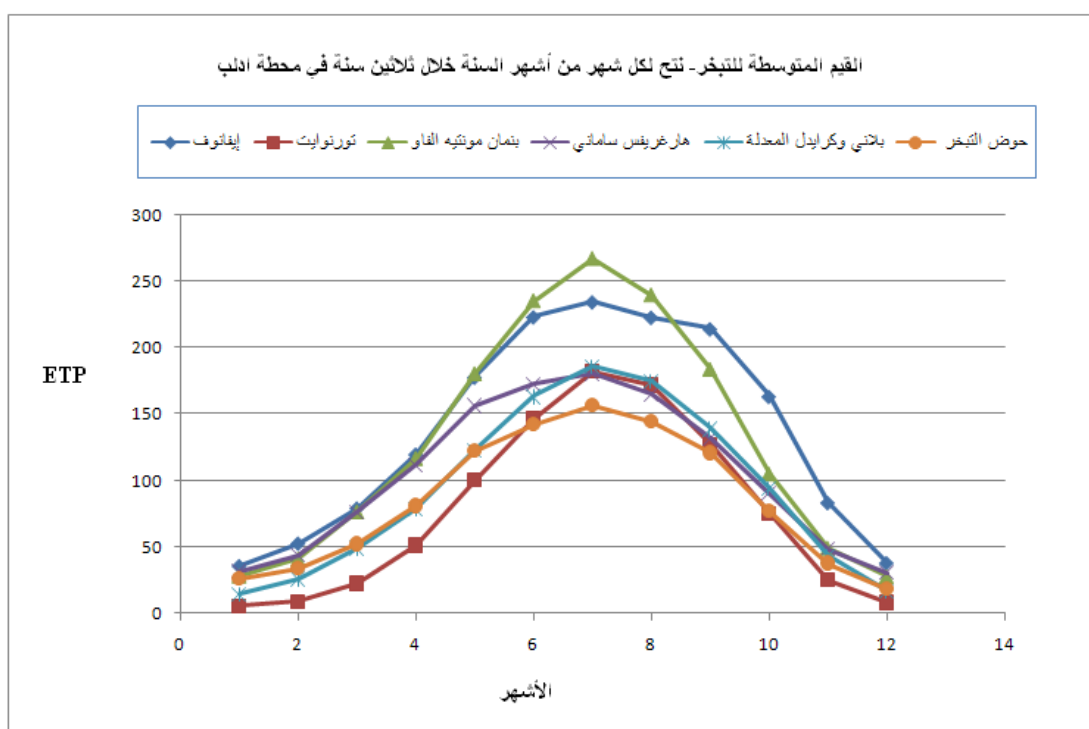
3 - دراسة ETP باستخدام طرق الحساب الست في إدلب :

تعتبر إدلب منطقةً انتقاليةً تقع بين المنطقة الجافة والمنطقة نصف الرطبة حيث تقل فيها معدلات الحرارة وتزداد فيها كميات الهطل المطري والرطوبة مقارنةً بحماه والحسكة اللتان تقعان في منطقة جافة وحارة .

المعدلات الشهرية المحسوبة بالطرق الست في إدلب للفترة المدروسة مدرجة في الجدول رقم (6) والمخطط رقم (7) . يلاحظ من الجدول رقم (6) أنّ قيم ETP المحسوبة بطريقة تورنوايت في إدلب قد أعطت أقلّ القيم في شهر كانون ثاني تلتها علاقة بلاني وكرايدل وبقيم بلغت على التوالي (5.89 ، 14.21 مم) أما أعلى القيم لنفس الشهر فسجلتها علاقة إيفانوف و هارغريفس ساماني ثمّ علاقة بنمان مونتيه وبقيم بلغت على التوالي (35.24، 31.58، 28.49 مم) وبمستويات أقلّ منها في الحسكة لهذه الفترة للعلاقات الثلاث الأخيرة ، أما في الفترة الحارة من العام فقد أعطى شهر تموز أعلى قيم للتبخر نتح الكامن المحسوبة في كافة العلاقات ، وكانت أعلى القيم وبشكل واضح هي في علاقتي بنمان مونتيه (فاو) و إيفانوف وبلغت على التوالي (266.711 و 234.26 مم) وهي أقل بشكل واضح عنها في الحسكة ، في حين تقاربت القيم في علاقات تورنوايت و هارغريفس وبلاني وكرايدل (الموسعة) وبقيم بلغت على التوالي (181.53، 180.13، 185.76 مم) ، أما معدل قيمة حوض التبخر (نموذج A) لشهر تموز فقد بلغ (156.22 مم) .

الجدول رقم (6) قيم التبخر نتح الكامن ETP المحسوبة بالعلاقات الست في محطة ادلب خلال الفترة 1976-2005

الأشهر												المؤشر	الطريقة
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
37.5	82.9	162.9	213.8	222.6	234.2	222.9	177.4	119.3	78.7	52.2	35.2	X	إيفانوف
30.6	24.2	17	10.5	10.3	12.9	8.7	16.6	24.1	21.4	24.1	25.7	CV%	
8.5	25.1	75.1	126.9	171.3	181.5	146.4	100.1	51.1	22.7	8.9	5.8	X	تورنوايت
36.9	27.6	14.1	8.1	9.4	9.6	6.6	13.1	21.8	28.6	46.9	38.8	CV%	
28.1	49.4	105.1	183.5	239.3	266.7	234.9	180.2	116.7	76.6	41.2	28.4	X	بنمان - مونتيه الفاو
19.9	15.5	13.6	9.7	8.9	9	9.8	11.8	14.5	13.6	17.3	18.7	CV%	
16.3	42.8	94	138.7	174.8	185.7	163.2	123.1	78.4	48.8	25.5	14.2	X	بلاني- كرايدل المعدلة
98.3	47.2	27.1	14.9	16.7	14.6	13	18.1	32.8	37.3	57.6	107.9	CV%	
30.5	48.1	90.3	131.3	164.5	180.1	172.2	156.4	111.5	76.2	43.4	31.5	X	هارغريفس ساماني
10.4	10.7	7.5	4.3	6.1	5.9	4.8	7.5	9	9.5	11.9	8.1	CV%	
18.5	37.5	76.5	120.5	144	156.2	141.9	122.4	80.9	52.1	34	26.3	X	حوض التبخر (نموذج A)
35.4	31	22.4	18.7	17.2	17.8	16.1	20.7	23.3	23.4	31.4	34.5	CV%	

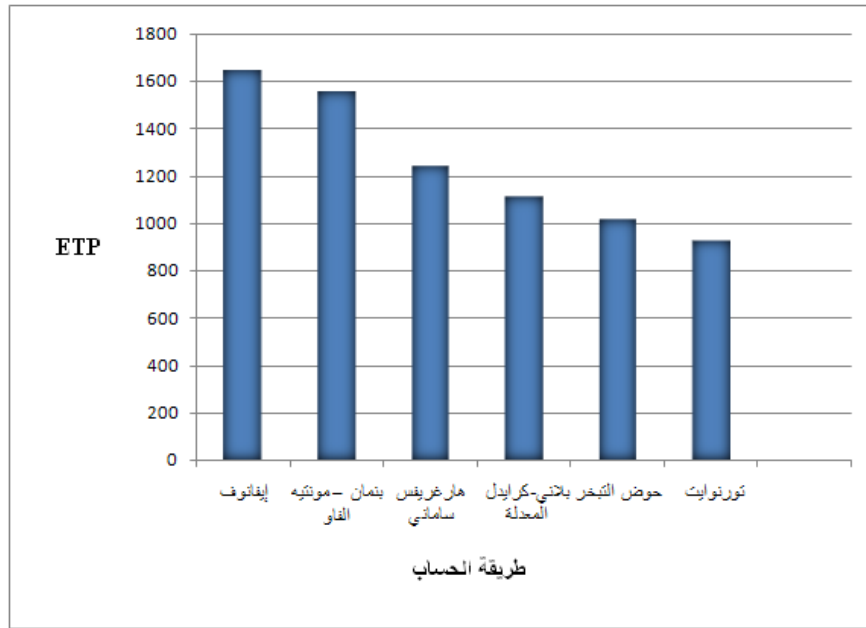


مخطط بياني (7) مسارات التبخر نتج الكامن المحسوبة بالعلاقات الست في ادلب خلال الفترة 1976 - 2005

- النتائج المدونة في الجدول رقم (7) والمخطط البياني رقم (8) تشير إلى المعدلات السنوية للتبخّر نتج في ادلب ، حيث يتضح أن المعدل السنوي المحسوب بطريقة إيفانوف هو الأكبر وقد بلغ (1640.26مم) تليها قيم علاقة بنمان مونتيه وبلغت (1550.47مم) ، لكنه أقل بوضوح منها في حماه والحسكة ، وأقل قيمة سنوية أعطاهها حوض التبخر (نموذج A) وبلغت (1011.28 مم) ، أما طريقة بلاني - كرايدل المعدلة فكانت قيمها المحسوبة هي الأقرب إلى قيمة حوض التبخر (نموذج A) وبلغت (1106.04 مم) .

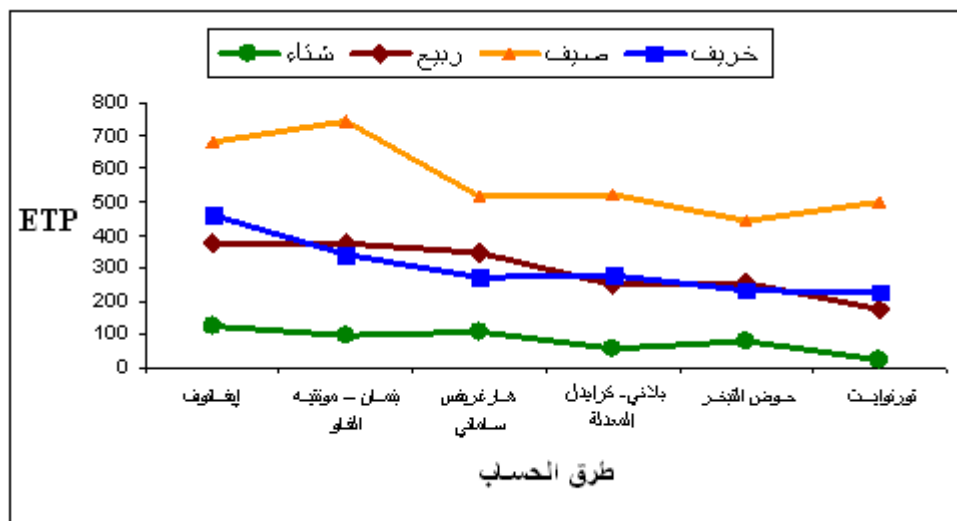
الجدول رقم (7) المعدلات السنوية والفصلية للتبخّر نتج الكامن المحسوبة بالعلاقات الست في ادلب خلال الفترة 1976 - 2005

طريقة الحساب	شتاء	ربيع	صيف	خريف	سنوي
إيفانوف	125.02	375.64	679.82	459.78	1640.26
بنمان - مونتيه الفاو	97.78	373.6	741.03	338.06	1550.47
هاغرغريس ساماني	105.53	344.27	516.95	269.82	1236.57
بلاني-كرايدل المعدلة	56.12	250.4	523.82	275.7	1106.04
حوض التبخر (نموذج A)	78.9	255.56	442.19	234.63	1011.28
تورنوايت	23.42	174.02	499.29	227.19	923.92



مخطط (8) المعدل السنوي للتبخر نتح الكامن في ادلب بالطرق الست خلال الفترة 1976 - 2005

بالنسبة للمعدلات الفصلية الموضحة في الجدول رقم (7) والمخطط رقم (9) فقد أظهرت أن قيم فصل الصيف هي الأعلى في كل العلاقات وهي الأقل أيضاً في الشتاء ، وأن هناك تداخلاً في قيم المعدلات الفصلية لكل من فصلي الربيع والخريف ، فبينما تعطي علاقة بنمان مونتية و هارغريس ساماني وكذلك حوض التبخر (نموذج A) قيماً أعلى لفصل الربيع بلغ على التوالي (344.27، 373.60، 255.56 مم) في مقابل (338.08 ، 269.82 ، 234.63 مم) لفصل الخريف ، بالمقابل أعطت علاقات إيفانوف و هارغريس ساماني وبلاني - كرايدل المعدلة قيماً أقل للربيع وإن كانت الأخيرة هي الأقرب في قيمها لحوض التبخر (نموذج A).



مخطط (9) المعدل الفصلي للتبخر نتح الكامن في إدلب بالطرق الست خلال الفترة 1976 - 2005

نظراً للتباين الواضح في قيم التبخر نتح الكامن ETP المحسوبة بالطرق الست المستخدمة مقارنةً بقيم حوض التبخر (نموذج A) ، وتباين مدخلات كل علاقة وتعذر توفرها في مناطق كثيرة ، كان من الواجب إيجاد علاقة لتقدير التبخر نتح الكامن خاصة بكل منطقة يتم فيها إدخال القيم الشهرية لأهم العناصر المناخية المقاسة والمتوفرة المؤثرة على التبخر نتح في كل منطقة.

شكل المعادلة	الخطأ المعياري Standard Error	معامل الارتباط R ²	المكررات	المنطقة
$y = 43.55 + 5.94x_1 + 6.21x_2 + 0.08x_3 - 1.08x_4$	22.87	0.96	360	الحسكة
$y = 69.76 + 3.25x_1 + 8.24x_2 - 0.03x_3 - 1.11x_4$	15.97	0.95	360	ادلب
$y = -32.97 + 0.49x_1 + 30.73x_2 + 0.20x_3 + 0.36x_4$	7.21	0.99	360	حماة

حيث يمثل (X1) المعدل الشهري لدرجة الحرارة الجافة، (X2) المعدل الشهري لسرعة الرياح على ارتفاع مترين، (X3) المعدل الشهري لعدد ساعات الإضاءة الفعلية، (X4) المعدل الشهري للرطوبة النسبية.

الاستنتاجات والتوصيات:

1. أظهر المسار السنوي للتبخر - نتح الكامن في المناطق الثلاث المدروسة شكلاً ناقوسياً قيمته الصغرى في شهري كانون أول وكانون ثاني وقيمته العظمى في شهر تموز .
2. أمكن تقسيم القيم الناتجة عن العلاقات الست المستخدمة في تقدير التبخر نتح إلى ثلاث مستويات (قيم عالية تجلت في علاقتي إيفانوف وبنمان مونتيه (الفاو) وقيم صغيرة ظهرت في علاقتي تورنوايت وحوض التبخر (نموذج A)، وفيما بينهما قيم وسطية في علاقتي هارغريفس ساماني وبلاني -كرايدل المعدلة .
3. أعطت كل من علاقتي هارغريفس ساماني وبنمان مونتيه (الفاو) إضافةً لحوض التبخر (نموذج A) قيمةً أكبر للتبخر نتح في الربيع منها في الخريف، في حين أعطت باقي العلاقات المستخدمة قيمةً أعلى للخريف.
4. كانت قيم التبخر - نتح في الشتاء هي الأكبر في علاقات إيفانوف وهارغريفس ساماني وبنمان مونتيه (الفاو) ، أما أقل القيم فكانت في علاقة تورنوايت التي تعتمد بشكل أساسي على درجة الحرارة المنخفضة شتاءً.
5. كانت قيم التبخر - نتح الكامن لفصل الصيف هي الأكبر في علاقتي بنمان مونتيه (الفاو) وإيفانوف والأصغر في قيم تورنوايت وحوض التبخر (نموذج A) مع انخفاض القيم الناتجة عن معادلة بلاني -كرايدل المعدلة في الحسكة وارتفاعها في حماة .
6. بمقارنة قيم العلاقات المستخدمة مع علاقة بنمان مونتيه الفاو كونها الصيغة المرجع في تقدير الاحتياجات المائية تبين :

أ. في حماة : إن الفروق مع قيم علاقتي إيفانوف وهارغريفس ساماني لأشهر كانون الثاني وشباط وآذار ونيسان هي الأقل وتراوحت بين 2 و 11 مم في حين أظهرت بلاني وكرايدل المعدلة أقل فرق في أشهر أيار وحزيران وتموز وآب وتراوحت بين 28 و 52 مم أما خلال شهري تشرين الثاني وكانون الأول فكانت قيم علاقتي هارغريفس ساماني وحوض التبخر هي الأقرب وتراوحت الفروق بين 3 و 15 مم .

ب. **في الحسكة** : كانت الفروق خلال الأشهر من كانون الثاني وحتى نهاية نيسان هي الأقل مع علاقتي إيفانوف وهارغريفس ساماني وتراوحت بين 4 و 12 مم وخلال الفترة بين تشرين الأول ونهاية كانون الأول وكذلك للفترة الممتدة من حزيران وحتى نهاية أيلول كانت أقل الفروق مع هارغريفس ساماني وحوض التبخر وتراوحت بين 1.5 و 10 مم و 15 و 68 مم على التوالي .

ت. **في إدلب** : أظهرت تقارباً جيداً مع علاقة إيفانوف في كل الأشهر عدا تشرين الأول وتراوحت بين 2.5 و 33 مم والتقارب الأكبر كان خلال الفترة من كانون الأول وحتى نهاية حزيران وفي باقي الأشهر تراوحت بين 16 و 33 مم ، كذلك كانت علاقة هارغريفس ساماني مناسبة جداً في ادلب في الفترة من بداية تشرين أول وحتى نهاية نيسان وتراوحت الفروق بين 0.5 و 14 مم وفي بقية الأشهر تراوحت بين 23 و 86 مم وهي العلاقة الأقرب لقيم بنمان مونتيه في ادلب .

7. مكنت الدراسة من استخراج علاقات خطية لتقدير التبخر - نتح الكامن الشهري في كل من حماه والحسكة وإدلب باستخدام أهم عناصر الرصد الجوي المؤثرة والمتوفرة .

المراجع:

1. عبد الجواد ، الجيلاني -ارسلان ، أوديس - غيبة ، عبد الرحمن _الشيخ ، فاتن: *جدولة الري باستخدام المعلومات المناخية مع إدخال تأثير ملوحة التربة واحتياجات الغسيل* . مجلة الزراعة والمياه بالمناطق الجافة في الوطن العربي - العدد الثالث والعشرون، 2003، 51-77 .
2. ALLAN, R.G., PEREIRA L.S., RAES D., and SMITH M.: *Crop Evapotranspiration, guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage paper 56. 1998 , 300
3. DOORENBOS, J. and W. O. PRUITT., *Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Division of ASCE. Paper 24, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 1977, 1-156.
4. BRYANT, J.A., BENDIXEN, T. W. and C. W. SIATER. *Measurement of water stability of soils*. Soil Sci, 1984, 65, 341.
5. HARGREAVES, G. H., *Estimation of potential and crop evapotranspiration*. Trans. ASAE 17, 1974, 701- 704.
6. HARGREAVES, G. H. and S. A. SAMANI. *Reference crop evapotranspiration from temperature*. Applied Eng. in Agric. ASAE, 1, 2, 1985, 96- 99.
7. JENSEN, M. E.,. *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. ASAE Monograph #3, American Society of Agricultural Engineers, Chapter 6, 1980, 189- 225.
8. KROLL, A., *Water at the Third Earth Summit (Rio+10.2002)* Institute For Prospective Technological Studies. Seville., 2000.
9. PENMAN, H. L.,. *The dependence of transpiring on climate and soil conditions*. J. Soil Sci., 1, 1949, 74 – 89.
10. POSTEL, S.L., *Water for food production: will there be enough in 2025?*. Bioscience 48, 1998, 629-637.
11. POSTEL, S.L., *Securing water for people, crops and ecosystems: New mindset and new priorities*. Natural Resources Forum 27 ,2, 2003, 89-98.
12. SCHRÖDTER, H: *Verdunstung: Anwendungsorientierte Meßverfahren und Bestimmungsmethoden* .Springer Verlag , Berlin, 1985.