الطرق الغير مباشرة أو التقديرية لحساب الاستهلاك المائي

إن الأساس العلمي للطرق الغير مباشرة أو التقديرية لحساب الاستهلاك المائي هو حساب الاستهلاك المائي الكامن أو قدرة التبخر – نتح ETP لكل شهر خلال الموسم الزراعي ومن ثم حساب قيم الاستهلاك المائي الفعلي ET لكل شهر بتطبيق المعادلة التالية:-

$$ET = ETP \times K_C$$

حيث إن K_C معامل المحصول Crop Factor والذي يحسب لكل محصول من الجدول (1) حسب الشهر ومرحلة النمو. وبجمع قيم ET يتم الحصول على الاستهلاك المائي الفعلي للمحصول خلال المرسم الزراعي.

جدول (1) قيم معامل المحصول KC لعدد من المحاصيل للمنطقة الوسطى من العراق

المحصول	عمق المنطقة الجذرية ملم	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون الاول
الحنطة	٨٠٠	١,٣	١,٣	١,٠	٠,٥	–	–	–	–	–	–	٠,٤	٠,٨
الشعير	٨٠٠	١,٣	١,٣	٠,٨	٠,٣	–	–	–	–	–	–	٠,٤	٠,٨
البنجر السكري	٨٠٠	١,٣	١,٣	١,٣	١,١	٠,٧	–	–	–	–	٠,٥	٠,٧	١,٠
القطن والحمضيات	١٢٠٠	١,٣	١,٣	١,١	٠,٧	–	–	–	–	–	٠,٥	٠,٧	١,٠
البرسيم	٨٠٠	٠,٦	٠,٧	١,٠	٠,٨	٠,٣	–	–	–	–	٠,٤	١,١	١,٣
الجت	١٢٠٠	٠,٥	٠,٨	١,٠	١,٠	١,١	١,١	١,١	١,٠	٠,٦	٠,٩	٠,٩	٠,٩
الرز	٨٠٠	–	–	١,١	١,٢	١,٣	١,٣	١,٣	٠,٩	٠,٥	–	–	–
القطن	١٠٠٠	–	–	٠,٦	١,٠	١,١	١,٣	١,٣	١,٣	١,٠	–	–	–
عباد الشمس	١٠٠٠	–	–	–	٠,٧	٠,٩	١,١	١,٢	١,٣	٠,٩	–	–	–
الذرة الصفراء	٨٠٠	–	–	–	–	–	–	١,٠	١,٠	٠,٨	٠,٥	٠,٣	–
الذرة البيضاء	٧٠٠	–	–	–	–	–	–	١,٠	٠,٩	٠,٧	٠,٤	–	–
الماش	٧٠٠	–	–	–	–	–	٠,٥	٠,٨	١,٠	٠,٦	–	–	–
الدخن	٧٠٠	–	–	–	–	–	٠,٥	٠,٨	١,١	٠,٦	–	–	–
الحشيش السوداني	٨٠٠	–	–	–	–	٠,٥	٠,٩	١,٠	١,١	١,٠	٠,٥	–	–
الخضراوات	٦٠٠	٠,٥	٠,٦	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٩	١,٠	٠,٩	٠,٧	٠,٧	٠,٥	٠,٥
البطاطين	١٥٠٠	٠,٥	٠,٦	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٩	١,٠	٠,٩	٠,٧	٠,٧	٠,٥	٠,٥

اولاً: تقدير قدرة التبخر – نتح من بيانات التبخر باستخدام أحواض التبخر Evaporation Pans

إن الأساس العلمي لهذه الطريقة هو وجود علاقة بين معدل الاستهلاك المائي الكامن للمحصول مع معدل التبخر من أحواض التبخر والذي يتناسب طردياً مع معدل الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح ودرجة الحرارة. وتتميز هذه الطريقة بسهولة الاستعمال والصيانة ورخص الثمن.

يمكن تعريف حوض التبخر بأنه عبارة عن وعاء من الحديد المغلون مستدير الشكل بقطر 120 سنتمتر وعمق 25 سنتمتر. يوضع على مشبك خشبي للسماح للهواء بالحركة ويملاء بالماء إلى عمق 25 سنتمتر ويتم قياس مستوى الماء بواسطة مقياس موضوع في بئر تهدئة مرتبط بالحوض. ويعتبر الحوض من الصنف us.wb المستخدم من قبل دائرة الأنواء الجوية الأمريكية المبين في الشكل (1) هو النوع الأكثر شيوعاً. ويتم حساب التبخر من خلال حساب الفرق بين مناسيب الماء داخل الحوض بعد اخذ كمية الأمطار الساقطة بنظر الاعتبار.

شكل (1) حوض تبخر من الصنف us.wb المستخدم من قبل دائرة الأنواء الجوية الأمريكية

إن كمية الماء المستهلكة من قبل النبات اقل من كمية الماء المتبخرة من حوض التبخر. أو بمعنى آخر إن القراءة المأخوذة من حوض التبخر لا تمثل القيمة الحقيقية لقدرة التبخر – نتح أو الاستهلاك المائي الكامن. وعلى هذا الأساس يتم حساب قدرة التبخر – نتح بدلالة كمية الماء المتبخرة من حوض التبخر باستعمال معامل خاص بكل نوع من أنواع أحواض التبخر KP وحسب المعادلة التالية:-

$$ETP = E_{pan} \times K_P$$

E_{pan} كمية الماء المتبخرة من حوض التبخر بوحدة الملم.يوم$^{-1}$

K_P معامل خاص بحوض التبخر وهو يختلف حسب نوع الحوض والغطاء النباتي المحيط به وطبيعة سطح التربة.

ETP قدرة التبخر – نتح أو الاستهلاك المائي الكامن بوحدة الملم.يوم$^{-1}$

وبعد حساب قيمة ETP يتم حساب الاستهلاك المائي الفعلي ET حسب المعادلة التالي:-

$$ET = ETP \times K_C$$

ثانياً: تقدير قدرة التبخر – نتح أو الاستهلاك المائي الكامن من البيانات المناخية

1- معادلة بلاني – كريدل Blany – Criddle Formula

هي معادلة تجريبية لحساب قيم الاستهلاك المائي الكامن الشهرية اعتماداً على المعدل الشهري لدرجة الحرارة (TC) والنسبة المئوية لعدد ساعات النهار خلال الشهر من عدد ساعات النهار خلال السنة المشار إليها في الجدول (2). وقد تم اشتقاق هذه المعادلة في ظروف المناطق الجافة في الولايات المتحدة الأمريكية مما شجع انتشارها في أنحاء كثيرة من العالم التي تتصف بكونها جافة وشبه جافة ومنها العراق. وتكتب المعادلة حسب الصيغة التالية:-

$$ETP = P(0.46T_C+8.13)$$

ETP قدرة التبخر – نتح أو الاستهلاك المائي الكامن بوحدة الملم.شهر$^{-1}$

P النسبة المئوية لعدد ساعات النهار خلال الشهر من عددها خلال السنة ويمكن حسابها من الجدول (2) لكل موقع اعتماداً على خطوط العرض

TC المعدل الشهري لدرجة الحرارة بوحدة الدرجة المئوية ℃

وقد تم تعديل معادلة بلاني – كريدل بما يتلائم مع الظروف العراقية إلى الصيغة التالية :-

$$ETP = CP \times T_C{}^{1.3}$$

حيث إن C معامل محلي يتم حسابه لكل موقع من معدلات البيانات المناخية ذات العلاقة بفترة السطوع الشمسي الفعلية والنظرية وسرعة الرياح والرطوبة النسبية للأشهر حزيران وتموز وآب. وهو يساوي 0.34 لوسط العراق أي بغداد وما يجاورها ومنطقة الفرات الأوسط ويحسب من المعادلة التالية:-

$$C = 0.22\left(1-\frac{n}{N}\right)\left(0.9+\frac{W}{100}\right)(1-0.5Rh)\left(0.97+\frac{E}{10}\right)$$

n فترة السطوع الشمسي الفعلية بالساعة

N فترة السطوع الشمسي النظرية بالساعة

W سرعة الرياح بالكلم.ساعة$^{-1}$

Rh الرطوبة النسبية %

E ارتفاع الموقع عن مستوى سطح البحر بالمتر

عند استخدام الوحدات الانكليزية فان معادلة بلاني كريدل تكتب الصيغة التالية:-

$$ETP = \frac{P \times T_f}{100}$$

ETP قدرة التبخر – نتح أو الاستهلاك المائي الكامن بوحدة الانج.شهر$^{-1}$

T_f المعدل الشهري لدرجة الحرارة بوحدة الدرجة الفهرنهايتية °F

وبعد حساب قيم ETP لكل شهر من أشهر الموسم يتم حساب الاستهلاك المائي الفعلي ET من العلاقة :-

$$ET = ETP \times K_C$$

جدول (2) قيم النسبة المئوية لعدد ساعات النهار خلال الشهر من عددها خلال السنة (P) اعتماداً على خطوط العرض

خط العرض شمالاً	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
0	7.66	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	7.57	7.57	8.47	8.29	8.65	8.41	8.67	8.60	8.23	8.42	8.07	8.30
10	7.47	7.47	8.45	8.37	8.81	8.60	8.86	8.71	8.25	8.34	7.91	8.10
15	7.36	7.36	8.43	8.44	8.98	8.80	9.05	8.83	8.28	8.26	7.75	7.88
20	7.25	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
25	7.14	7.14	8.39	8.61	9.33	9.23	9.45	9.09	8.32	8.09	7.40	7.42
30	7.03	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.33	7.99	7.19	7.15
32	6.97	6.97	8.37	8.76	9.62	9.59	9.77	9.27	8.34	7.95	7.11	7.05
34	6.91	6.91	8.36	8.80	9.72	9.70	9.88	9.33	8.36	7.90	7.02	6.92
36	6.85	6.85	8.35	8.85	9.82	9.82	9.99	9.40	8.37	7.85	6.92	6.79
38	6.79	6.79	8.34	8.90	9.92	9.95	10.10	9.47	8.38	7.80	6.82	6.66
40	6.72	6.72	8.33	8.95	10.02	10.08	10.22	9.54	8.39	7.75	6.72	6.52
42	6.65	6.65	8.31	9.00	10.14	10.22	10.35	9.62	8.40	7.69	6.62	6.37
44	6.58	6.58	8.30	9.06	10.26	10.38	10.49	9.70	8.41	7.63	6.49	6.21
46	6.50	6.50	8.29	9.12	10.39	10.54	10.64	9.79	8.42	7.57	6.36	6.01
48	6.41	6.41	8.27	9.18	10.53	10.71	10.80	9.89	8.44	7.51	6.23	5.86
50	6.30	6.30	8.24	9.24	10.68	10.91	10.98	10.00	8.46	7.45	6.10	5.65
52	6.19	6.19	8.21	9.29	10.85	11.13	11.20	10.12	8.49	7.39	5.93	5.43
54	6.08	6.08	8.18	9.36	11.03	11.38	11.43	10.26	8.51	7.30	5.74	5.18
56	5.95	5.95	8.15	9.45	11.22	11.67	11.69	10.40	8.53	7.21	5.54	4.89
58	5.81	5.81	8.12	9.55	11.46	12.00	11.98	10.55	8.55	7.10	4.31	4.56
60	5.65	5.65	8.08	9.65	11.74	12.39	12.31	10.70	8.57	6.98	5.04	4.22
0	7.66	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	7.76	7.76	8.51	8.15	8.34	8.05	8.33	8.38	8.19	8.56	8.37	8.68
10	7.87	7.87	8.53	8.09	8.18	7.86	8.14	8.27	8.17	8.62	8.53	8.88
15	7.98	7.98	8.55	8.02	8.02	7.65	7.95	8.15	8.15	8.68	8.70	9.10
20	8.09	8.09	8.57	7.94	7.85	7.43	7.76	8.03	8.13	8.76	8.87	9.33
25	8.21	8.21	8.60	7.84	7.66	7.20	7.54	7.90	8.11	8.86	9.04	9.58
30	8.33	8.33	8.62	7.73	7.45	6.96	7.31	7.76	8.07	8.97	9.24	9.85
32	8.39	8.39	8.63	7.69	7.36	6.85	7.21	7.70	8.06	9.01	9.33	9.96
34	8.45	8.45	8.64	7.64	7.27	6.74	7.10	7.63	8.05	9.06	9.42	10.08
36	8.51	8.51	8.65	7.59	7.18	6.62	6.99	7.56	8.04	9.11	9.51	10.21
38	8.57	8.57	8.66	7.54	7.08	6.50	6.87	7.49	8.03	9.16	9.61	10.34
40	8.63	8.63	8.67	7.49	6.97	6.37	6.76	7.41	8.02	9.21	9.71	10.49
42	8.70	8.70	8.68	7.44	6.85	6.23	6.64	7.33	8.01	9.26	9.82	10.64
44	8.78	8.78	8.69	7.38	6.73	6.08	6.51	7.25	7.99	9.31	9.94	10.80
46	8.86	8.86	8.70	7.32	6.61	5.92	6.37	7.16	7.96	9.37	10.07	10.97

يتم حساب الاستهلاك المائي لموسم زراعي كامل من خلال جمع قيم الاستهلاك المائي الفعلي الشهرية. ويتم تحديد قيم (P) لكل موقع من الجدول (2) اعتماداً على خطوط العرض وهذا يعني إن هذه المعادلة تستخدم في المناطق الجافة وشبه الجافة الواقعة بين خط العرض 23.5 شمالاً وخط العرض 55 شمالاً والتي يعتبر العراق من ضمنها.

2- معادلة جانسن – هيس Jensen – Haise Formula

تستخدم هذه المعادلة الاستهلاك المائي الكامن أو قدرة التبخر – نتح اليومية وتكتب المعادلة حسب الصيغة التالية:-

أ- عندما تكون درجة الحرارة مقاسة بوحدة الدرجة المئوية °C تكتب المعادلة حسب الصيغة أدناه :-

$$ETP = (0.025T_C + 0.08)R_S$$

ب- عندما تكون درجة الحرارة مقاسة بوحدة الدرجة الفهرنهايتية °F تكتب المعادلة حسب الصيغة أدناه:-

$$ETP = (0.014T_f + 0.37)R_S$$

T_C, T_f درجة الحرارة الفهرنهايتية والمئوية على التوالي

ETP قدرة التبخر – نتح بوحدة الملم.شهر$^{-1}$ أو الانج.شهر$^{-1}$

RS هو معدل الأشعة الشمسية الساقطة بوحدة السعرة.سم$^{-2}$.يوم$^{-1}$ مقسوماً على الحرارة الكامنة للتبخر HV بوحدة السعرة.غرام$^{-1}$ وقد تم اشتقاق وحدة RS كمل يلي :-

$$HV = \frac{Solar\ Radiation\ Potantion}{Latent\ heat\ of\ Vaporization} = \frac{cal}{cm^2 \times day} \times \frac{g}{cal} = \frac{cal}{cm^2 \times day} \times \frac{cm^3}{cal} = cm.day^{-1}$$

3- معادلة ثورن وايت Thornthwait Formula

تم اشتقاق هذه المعادلة على أساس إن هناك علاقة آسية بين معدل الحرارة الشهري وقدرة التبخر – نتح الشهرية وتكتب المعادلة حسب الصيغة التالية:-

$$ETP = 1.6(\frac{10 \times T_C}{I})^a$$

ETP قدرة التبخر – نتح بوحدة الملم.شهر-1 على افتراض إن عدد أيام الشهر 30 يوم ومعدل عدد ساعات النهار خلال اليوم الواحد 12 ساعة.

T_C معدل الحرارة الشهري بوحدة الدرجة المئوية ℃

I معامل الحرارة الموسمي وهو يساوي مجموع معاملات الحرارة الشهرية $(\sum i)$ والذي يحسب من المعادلة التالية :-

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

a معامل تجريبي يحسب من المعادلة التالية بعد حساب قيمة I

$$a = 0.000000675I^3 - 0.0000771I^2 + 0.01792I + 0.49239$$

إن قيم ETP المحسوبة وفقاً للمعادلة أعلاه تعتبر قيم غير معدلة لأنها محسوبة على افتراض إن عدد أيام الشهر 30 يوم ومعدل عدد ساعات النهار خلال اليوم الواحد 12 ساعة. لذلك يجب تعديل قيم ETP بضربها في معامل تصحيح يتم حسابه من الجدول (3) حسب الشهر وموقع المنطقة المراد حساب الاستهلاك المائي لها تبعاً لخطوط العرض.

جدول (3) معاملات التصحيح تبعا لخطوط العرض لمعادلة ثورن وايت