التبخر وطريقة الرصد

د / محمد عبد الرحمن على داود
خبير الأرصاد الجوية
مدير عام بالتدريب بالهيئة سابقاً
مدرس منتدب بقسم الأرصاد والفلك علوم الأزهر

التبخر

تقدير التبخر هو من أهمية قصوى فى العديد من المشاكل الهيدرولوجية المرتبطة بتخطيط وتشغيل الخزانات وشبكات الرى. فى أنظمة المناطق القاحلة. فى المناطق القاحلة، هذا التقدير له أهمية خاصة للحفاظ على الموارد المائية الشحيحة. ومع ذلك، فإن القياس الدقيق للتبخر من مجموعة كبيرة من المياه هو فى الواقع واحدة من أصعب المهام. التبخر من المسطحات المائية يتم جلب الماء فى الهواء كبخار عن طريق التبخر. لها هو عملية فيزيائية عن طريق بخار الماء الذى يهرب من أى سطح الماء السائل الحر أو السطح الرطب فى درجة حرارة أقل من درجة غليان الماء. بخار الماء هو المشارك الرئيسى فى العديد من تبادل الطاقة التى تحدث فى الغلاف الجوى. هذه التبادلات للطاقة هى المسئولة عن الظواهر الجوية. التى تشكل الروابط الهامة التى تربط مختلف مراحل الدورة الهيدرولوجية. قياس التبخر هو من أهمية فى العديد من المجالات العلمية. وهو واحدة من المكونات الرئيسية لميزانية المياه. بيانات التبخر يمكن الاعتماد عليها لتخطيط وتصميم وتشغيل الخزانات والبرك والقنوات الشحن والرى وشبكات الصرف الصحى.

إن العلاقة الجيدة عادة ما توجد بين التبخر من سطح مائى والتبخر العشبى أى البخر نتح (ET) لمدة يوم لفترة أطول قد وجد. بنمان وسكوفيلد (١٩٥١) إن التبخر العشبى (ET) هو أقل من تبخر سطح المياه المفتوحة أعطى ثلاثة أسباب - الاليبدو عالى من الغطاء النباتى - إغلاق الثغور فى الليل، مقاومة انتشار الثغور.

الدورة الهيدرولوجية وتوازن الماء

إن دورة الماء تصف وجود وحركة المياه على الأرض وداخلها وفوقها. وتتحرك مياه الأرض دائما، وتتغير أشكالها باستمرار، من سائل إلى بخار، ثم إلى جليد، فالماء أساسى لحياة جميع أنواع الكائنات الحية من إنسان وحيوان ونبات وكائنات حية دقيقة. وتغطى مياه البخار والمحيطات أكثر من ٧٠٪ من المساحة الكلية للكرة الأرضية لذا يطلق على كوكب الأرض الكوكب المائى. وتتميز المياه بحركتها المستمرة فى الطبيعة بفعل الطاقة

الشمسية التى تقوم بتبخير حوالى مليار متر مكعب فى الدقيقة من المسطحات المائية حيث يتصاعد بخار الماء إلى الغلاف الغازى مكونا السحب والتى تؤدى إلى سقوط الأمطار أو الثلوج على سطح الكرة الأرضية وهذا ما نسميه بالتساقط. وبعد سقوط الأمطار يتبخر قسم منها ويعود إلى الغلاف الجوى، وفى بعض الأحيان يكون التبخر مباشرة عند سقوط الأمطار على سطح الأرض وهذا يرتبط مع الظروف الجوية السائدة فى منطقة السقوط. إما القسم المتبقى من هذه المياه فيتوزع على الشكل التالى.

يتدفق القسم الأكبر من المياه على شكل مياه سطحية مكونا جداول صغيرة تتجمع فى انهار وأودية كبيرة تذهب إلى المياه السطحية لتتبخر من جديد وتعود إلى طبقات مغلقة بتلك الدورة. وتعتمد كمية المياه الجارية على سطح الأرض على عدة عوامل من أهمها كمية وغزارة الأمطار الساقطة خلال الوحدة الزمنية ونوعية التربة والغطاء النباتى.

يتخلل قسم قليل من المياه باتجاه الجاذبية الأرضية مغذيا بذلك المياه الجوفية، وتعود هذه المياه إلى الدورة من جديد عند استعمالها فى مختلف الإغراض.

يتم الاستفادة من قسم من هذه المياه من قبل الكائنات الحية فى بناء الكتلة الحية، وتعود إلى الدورة بعد تحلل المواد العضوية الموجودة داخل أجسام الكائنات الحية. وحسب الموازنة المائية فأنه لا يوجد أى فقدان للمياه فى الميزان المائى ويعبر عن ذلك المعادلتين التاليتين:

١- معادلة البحار والمحيطات

المعدل السنوى للمياه المتبخرة - المعدل السنوى للمياه الساقطة فى البحار والمحيطات + المعدل السنوى لصب الأنهار فى البحار والمحيطات. أى أن: معدل التبخر = معدل السقوط + معدل صبيب الأنهار فى المحيطات.

٢- معادلة اليابسة

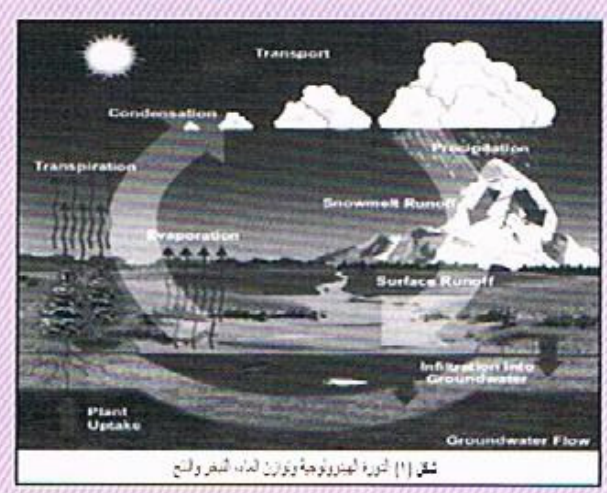
الكمية الوسطى المتبخرة = الكمية الوسطى للتساقط على اليابسة + الكمية الوسطى لصب الأنهار فى البحار والمحيطات أى أن: الكمية المتبخرة = الكمية المتساقطة + كمية الصبيب وبسبب دورة الماء هذه فإن كمية الماء الموجودة على الأرض حاليا هى نفسها التى كانت على الأرض سابقا وهى التى ستبقى على الدوام بإذن الله. فقط يتغير الماء من حالة إلى حالة أخرى، ويتحرك من مكان إلى آخر. والماء الذى استعملته فى الاستحمام الليلة الماضية يمكن أن يكون قد جرى فى نهر النيل فى الشهر الماضى، أو ربما شربه لإسكندر الأكبر قبل ما يزيد على ألفى عام. وعموما أن تفاعل كل من العناصر التالية يشكل سلسلة من الحوادث تسمى الدورة الطبيعية للماء:

أ- حركة الماء ضمن القشرة الأرضية.

ب- استعمال الماء خلال حياة النبات.

جـ- إعادة توزيعه عبر النشاط المركب من الغلاف المائى والغلاف الجوى.

تعريف التبخر من سطح الماء

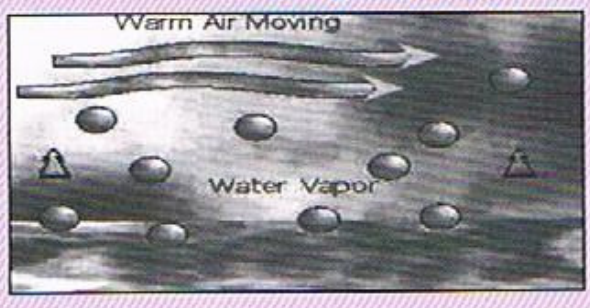


شكل (١) الدورة الهيدرولوجية وتوازن الماء الثلج والبخ

التبخر هو عملية تحويل الماء من الحالة السائلة إلى بخار (حالة غازية)، ونقل هذا البخار بعيداً عن سطح التبخر. وتتم عملية التبخر من أنواع عديدة من السطوح، مثل: البحيرات، والأنهار، والتربة، والنباتات. وتقدر كمية الماء، التى تدخل الغلاف الغازى، على شكل بخار، بنحو ٣٨٠ ألف كيلومتر مربع من الماء؛ منها ٣٢٠ ألفا من المحيطات والبحار، و٦٠ ألفاً من القارات. ولكى يتم التبخر، لابد من توافر الطاقة، اللازمة لتغير حالة جزيئات الماء من السائل إلى البخار. ويتم استمداد هذه الطاقة اللازمة من الأشعة الشمسية، بشكل أساسى، ومن حرارة الهواء، بشكل ثانوى. ويعد الاختلاف فى تركيز بخار الماء، هو القوة الدافعة لنقل بخار الماء من سطح التبخر إلى الهواء المجاور. ومع استمرار عملية التبخر، يبدأ الهواء المجاور بالتشبع، ما يجعل عملية التبخر تبدأ بالتباطؤ، وأحيانا التوقف؛ إذا لم يتم نقل هذا الهواء المشبع ببخار الماء. ويعتمد معدل نقل هذا الهواء المشبع من مكانه، واستبدال هواء غير مشبع به، على سرعة الرياح، بشكل كبير. لذلك، يمكن القول إن العوامل، التى تتحكم فى معدل عملية التبخر، هى الإشعاع الشمسى، وحرارة الهواء، ورطوبة الهواء، وسرعة الرياح. انظر شكل (٢)

شكل (٢): رسم يوضح عملية التبخر وتركيز بخار الماء فى الجو وتأثير سرعة الرياح فى نقل بخار الماء من سطح الماء فى الهواء المجاور

البخر من سطح تربة



وعندما يتم التبخر من سطح التربة، فإن معدل التبخر، يتوقف كذلك على درجة تغطية سطح التربة بالنباتات، ومقدار رطوبة التربة المتاحة عند السطح. فعندما يتوقف إمداد الماء إلى سطح التربة، من طريق المطر، أو الرى، أو الماء الجوفى القريب من السطح، ينخفض معدل التبخر بسرعة، وقد يتوقف تماما، فى غضون بضعة أيام.

طريقة رصد التبخر من سطح الماء

يتم قياس التبخر من سطح الماء عن طريق جهاز الوعاء القياسى وهو له مواصفات عالمية تبع لتعليمات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وهو جهاز بسيط ويتم صناعة بهيئة العامة للأرصاد الجوية.

يتكون من

١- وعاء معدنى اسطوانى الشكل مصنوع من مادة الصلب المجلفن قطره ١,٢١ متر وارتفاعها ٢٥,٥سم تسمى وعاء قياسى ومحفور من الداخل دائرتين على بعد ٧,٥سم من الحافة العلوية للوعاء يركز على قاعدة خشبية ارتفاعها عن سطح الأرض يراوح ما بين ١٠-١٥سم.

٢- المقياس ذو الخطاف يستخدم فى حساب الاختلاف فى ارتفاع مستوى سطح الماء فى الوعاء إلى أقرب ١/١٠٠ من المليمتر والمقياس ذو الخطاف عبارة عن ساق محواه مدرج إلى سنتيمتر ومليمتر وينهى من أسفل إلى بخطاف ذو رأس مدبب ملتو ومتجه إلى أعلى ويتحرك حول المجرى الحلزونى من هذا الساق قرص دائرى (ورنيه) ويشمل السطح العلوى لهذا القرص مائة تدرج ولأخذ قراءة الارتفاع مستوى سطح الماء فى الوعاء يلزم إن يكون سطح الماء حول الخطاف فى الوعاء ساكنا ولتوفير ذلك الشرط يوضع البئر الساكن المرتكز على قاعدة الوعاء.

٣- البئر الساكن وهو عبارة عن أسطوانة مجوفة مصنوعة من البرنز وارتفاعها حوالى ٢٠سم وطول قطرها الخارجى ٨,٧٥سم وقاعدة هذا البئر مثلثة الشكل وكل رأس من رؤوس المثلث مسمار محورى ويمكن بواسطة هذ المسامير الثلاثة تعديل مستوى الأفقى للحافة العليا للبئر شكل (٤)

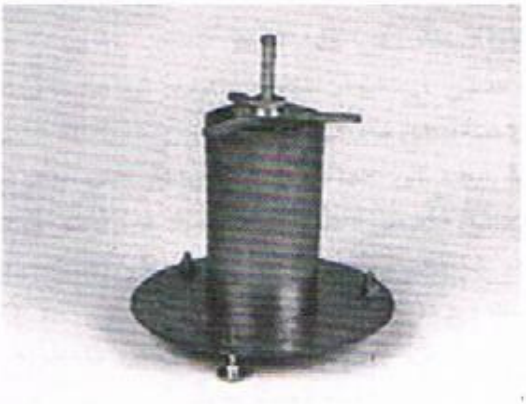
٤- قاعدة خشبية توضع تحت الوعاء لعزل الوعاء من تأثيرات التربة

٥- ميزان مائى لضبط مستوى سطح الماء الأفقى بالوعاء شكل (٣)

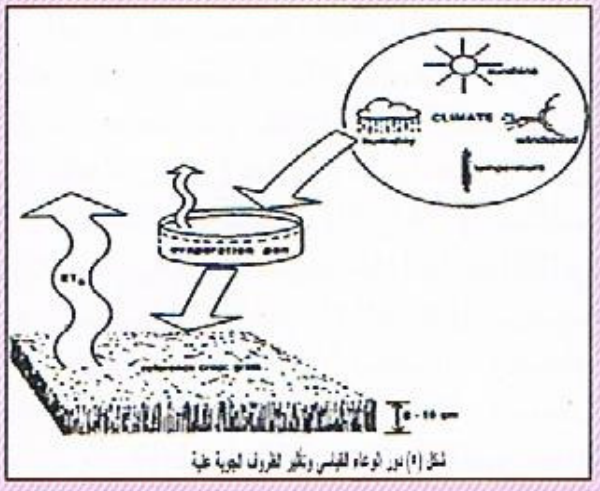
٦- مصدر مياه مستمر بالمحطة

٧- عامل حقل لتنظيف الوعاء وتغيير المياه كل ثلاثة أيام ومنع الطيور والحيوانات من الاقتراب من الوعاء للشرب.

شكل (٣) الوعاء القياسى وأجهزته



شكل (٤) أنبوب الساكن



شكل (٥) دور الوعاء القياسى وتأثير العوامل الجوية عليه

أمثلة لتعليم طرق للرصد التبخر

تقاس كمية التبخر من جهاز الوعاء القياسى مرة يوميا وذلك فى الساعة ٦٠٠ ولذلك يجب إتباع الخطوات التالية

١- يوضع القياس ذو الخطاف فى البئر الساكن

٢- تحرك الورنية ببطىء فى اتجاه عكس عقارب الساعة حتي تنغمس الرأس المدببة للخطاف تماما تحت سطح ماء البئر

٣- تحرك الورنية ببطء فى اتجاه عقارب الساعة حتى يمس السن الرأس المدببة للخطاف تماما سطح ماء من أسفل دون أن يبرز هذا السن من سطح الماء.

٤- يرفع المقياس ذو الخطاف وتأخذ القراءة إلى أقرب ١/١٠٠ من وتدون هذه القراءة فى السجل المعد لذلك ويرمز له بالقراءة (أ)

٥- يضاف كمية مناسبة من الماء إلى الوعاء القياسى ويعدل مستوى سطح الماء فيه بحيث يصل مستوى سطح المياه بحيث يصل إلى ارتفاع اقرب ما يمكن من الدائرة العلوية المحفورة على جدار الداخلى للوعاء حوالى ٥سم.

٦- تأخذ قراءة بواسطة المقياس ذو

الخطاف بنفس الطريقة السابقة إيضاحها وذلك بعد تعديل مستوى سطح الماء فى الوعاء كما سبق إيضاحها فى الفقرة السابقة ودون هذه القراءة فى السجل المعد لذلك ويرمز لهذه القراءة (ب)

٧- لحساب كمية التبخر بواسطة جهاز الوعاء القياسى لمدة ٢٤ ساعة وهى الفرق بين قراءة المقياس ذو الخطاف بالرمز (ب) المأخوذة فى نفس اليوم وقراءة المقياس ذو الخطاف بالرمز (أ) المأخوذة فى اليوم التالى.

مثال (١)

إذا كانت قراءة المقياس ذو الخطاف فى يومى ٥/١٤ و٥/١٥ هى

من كمية التبخر المحسوبة من القراءات (أ)، (ب) وكمية الإمطار إلى سقطت كما سبق إيضاحه

مثال (٢)

إذا كانت قراءة المقياس ذو الخطاف فى يومى ١١/٧ و١١/٨ وكمية المطر التى رصدت يوم ١١/٨ وكمية المياه المزاح يوم ١١/٧ هى

يوم	قراءة (أ)	قراءة (ب)
١١/٧	٩,١٢٨سم	١٠,٢٥٧سم
١١/٨	٩,٨١٦سم	١٠,٢٥٧سم

ملاحظة (١) فى يوم ١١/٧ سقط أمطار غزيرة بعد الساعة ١٠٠٠ صباحا وتطلب الأمر إزاحة بعض الماء من الوعاء وارتفاع الماء الذى أزيح هو ٣,٤٢١سم

ملاحظة (٢) فى يوم ١١/٨ كمية المطر التى رصدت فى هذا اليوم هى ٣٢,٤مم (كمية المطر إلى سقطت بين ٦٠٠ تع يوم ١١/٧، ٦٠٠ تع يوم ١١/٨)

فأن كمية التبخر ليوم ١١/٧ هى

(١٠,٢٥٧ + ٣,٢٤٠) - (٩,٨١٦ + ٣,٤٢١) = ٠,٢٦٠ سم

التعليمات الفنية لجهاز الوعاء القياسى

١- يراعى أن يكون الوعاء والماء الذى يحتويه نظيفا

٢- ينظف بئر الماء الساكن كلما تطلب الأمر

٣- العناية التامة بالقياس ذو الخطاف وذلك بتنظيفه جيدا يوميا

٤- التأكد دائما من إن مستوى سطح الماء فى الوعاء القياسى محصور بين الدائرتين المبينتين على الجدار الداخلى للوعاء وفى حالة هبوط المياه به إلى ما دون الدائرة السفلى بمقدار محسوس يجب إضافة كمية من الماء حتى يصبح مستوى سطح الماء فى الوعاء قريب من الدائرة العلوية المبينة على جدار الوعاء وفى هذه الحالة يجب اخذ قراءتين للقياس قبل وبعد إضافة الماء وتدوينها فى خانة الملاحظات بكشف أرصاد عمليات التبخر إمام اليوم الذى تم فيه ذلك ومراعاة ارتفاع الماء الذى أضيف إلى الوعاء عند حساب كمية التبخر فأن كمية التبخر لهذا اليوم هى حاصل جمع ارتفاع الماء الذى أضيف إلى الوعاء والفرق بين قراءة المقياس المرموز لها بالحرف (أ) فى اليوم التالى.

مثال (٣)

إذا كانت قراءة المقياس ذو الخطاف فى يومى ٨/٣ وكمية الماء التى أضيفت يوم ٨/٢ هى

يوم	قراءة (أ)	قراءة (ب)
٨/٢	٩,٣٢٥سم	١٠,٣١٥سم
٨/٣	١٠,١سم	١٠,٥سم

ملاحظة (١) فى يوم ٨/٢ لوحظ الساعة ١٧٠٠ إن مستوى سطح الماء فى الوعاء قد

هبط إلى ما دون الدائرة السفلى وقد أضيف بعض الماء وكانت قراءات المقياس ذو الخطاف قبل إضافة الماء هى ٧,٩١٥سم وبعد إضافة الماء ١٠,٣سم

فأن كمية التبخر ليوم ٨/٢ هى

(١٠,٣١٥ - ١٠,١) + (١٠,٣ - ٧,٩١٥) = ٢,٦سم

٥- التأكد دائما من إن البئر الساكن مستقر تماما على قاع الوعاء القياسى

٦- واختبار أفقية الحافة العلوية للوعاء القياسى بواسطة ميزان المائى وتحريق القاعدة الخشبية حتى يستوى سطح الماء بالوعاء أفقيا تماما كل يوم وقبل اخذ الراصدة

٧- إذا لوحظ وجود أى رواسب أو رغاوى أو زيوت طافية على سطح الماء بالوعاء القياسى فيجب إزالتها عقب اخذ الراصدة الروتينية وتنظيف الوعاء

شكل (٦) تنظيف الوعاء واتباع التعليمات الفنية لاستخدامه

شكل (٦) تنظيف الوعاء واتباع التعليمات الفنية لاستخدامه

مميزات الوعاء القياسى

١- سهل الاستخدام والتصنيع
٢- طول مدة الاستخدام بدون تغيير
٣- معبر عن البخر من الظروف الجوية
٤- قد حاولت بعض الشركات تصنيع أو عمل رصد عن طريق المحطات الأوتوماتيكية

عيوب الوعاء القياسى

١- يحتاج إلى مصدر مائى قريب من الوعاء للمحطة وهو لا يتوافر فى معظم المحطات

٢- يحتاج إلى عامل حقل مسئول عن التعليمات الفنية له

٣- استخدم الطيور له بالشرب ولذلك يوضع فى الحقل بوجود أسوار سلكية لحمايته من الحيوانات وتركيب عداد الرياح ١,٥ و٠,٥ متر ووجود عامل الحقل باستمرار بالحقل يتم عمل خيال الماءته بجانبه أما عمل غطاء للوعاء يتسبب فى فقد قيمة البخر الحقيقية بسبب الآتى:

▹ الغطاء يعمل على حجب الرياح أو جزء منها المؤثرة
▹ الغطاء يعمل على حجب أشعة الشمس أو جزء منها المؤثرة على البخر
▹ عدم تغير المياه بعد كل ثلاثة أيام أو الاهتمام بنظافة الوعاء يجعل الرواسب تطفو على السطح وتعمل غطاء يحجب الرياح والشمس من التأثير على كمية التبخر.