الماء

المقدمة

الماء هو السائل غير العضوي الوحيد الموجود في الطبيعة، ويتكون من ذرة واحدة من الأوكسجين وذرتين من هيدروجين ترتبط الذرات عادة شكل مستقيم إلا أن الذرات المكونة للماء تكون على شكل مثلث وليس خطاً مستقيماً، وتكون الزاوية بين الأواصر (104°) وهي قوية
جداً.

وتكون جزيئة الماء موجبة من جهة وسالبة من جهة أخرى نتيجة طبيعة الأصرة التي تربطها حيث تكون الالكترونات الأقرب إلى ذرة الهيدروجين مكونة القطب السالب وبعيدة عن ذرتي الهيدروجين مكونة القطب الموجب، وهذه الخاصية تعطي الماء قابلية كبيرة جداً لإذابة المواد. يذيب الماء معظم المواد حيث يدخل بين جزيئاتها، وتكون الجهة الموجبة باتجاه الأيونات السالبة وبالعكس، وبهذا يجعل الماء ذرات الأملاح متعادلة كهربائيا مما يضعف القوى الرابطة بين أيوناتها عشرات المرات.

يتحلل الماء بواسطة النباتات إلى أوكسجين وهيدروجين، يتحد والأخير مع الكربون لتكوين المواد العضوية. اتحاد الأوكسجين والهيدروجين لتكوين الماء يكون على أساس عملية الاحتراق، والهيدروجين غاز خفيف أخف من الهواء

وحرارته النوعية عالية جداً، وعندما يحترق يولد الماء على شكل بخار، وتتولد حرارة عظيمة تقدر ب (100 000) وحدة حرارية لكل كيلو غرام من الهيدروجين، وبالرغم من أن عملية اتحاد الهيدروجين والأوكسجين هي اشتعالية، فإن الناتج هو الماء الذي يعد من أهم وسائل إطفاء الحريق. عند حرق المواد الكربونية يتأكسد الكربون والهيدروجين ويتكون الماء وثاني أوكسيد الكربون (مع حرارة كبيرة، كما يلاحظ أن اتحاد الأوكسجين مع أي عنصر يولد حرارة، وهذه الحرارة هي التي تحفظ جسم الإنسان عند درجة (37°) م وكذلك الطاقة التي تحركنا تأتي كلها من عملية التأكسد البسيط لما نتناوله من طعام بواسطة الهواء الذي نتنفسه وتنتج الحرارة والماء. وينتج جسم الإنسان نصف لتر من الماء يومياً بواسطة هذه العملية، وتعتمد بعض الأحياء على الماء الناتج بهذه الطريقة للحياة، ومثال على ذلك عث السجاد.

تمتد فائدة المياه إلى دورها الأساسي في تكوين التربة التي تعتمد عليها الزراعة، حيث إنها تعمل على تفتيت الصخور سواء بالطرق الكيميائية أو فيزيائيا، فالمياه تذيب الكثير من المعادن وتعمل إلى تحويلها إلى معادن طينية، كما أن كميات المياه الهاطلة من الجو على القارات تبلغ (96000 كمٌ ^{3}) وبعدها تتجه نحو البحار، وإذا أخذنا معدل ارتفاع القارات على اعتباره بحدود (800) متر عن مستوى سطح البحر، فإن المياه الهاطلة تولد طاقة هائلة بحدود (9000) مليون كيلو واط، كلها مسخرة لجرف وتفتيت الصخور.

إضافة إلى ما تقدم، فإن جزءا من هذه المياه يتغلغل بين الشقوق والفراغات الموجودة في الصخور، وعند انخفاض درجة الحرارة يتحول إلى جليد، مما يزيد من حجمه والزيادة الحجمية تساعد في تفتيت الصخور وتحويلها تدريجيا إلى تربة، أما النباتات فهي تعتمد في تغذيتها على الخاصية الشعرية والشد السطحي والتناضح للماء، حيث يتم نقل الغذاء من التربة إلى النباتات بواسطة هذه العمليات وتغذي المياه كافة أجزاء النباتات من الجذور إلى السيقان وحتى الأوراق، وقد يتحتم على المياه الصعود خلال سيقان بعض الأشجار عشرات الأمتار.

علم المياه

هو العلم الذي يهتم بخواص المياه وفعالياتها وتوزيعها زماناً ومكاناً، إضافة إلى دراسة دورة المياه في الطبيعة بكل تفاصليها، كما يهتم هذا العلم بخواص المياه المستخدمة للأغراض المختلفة. فإن هذا العلم يتشعب كثيراً لما له من اهتمامات مختلفة تخص الحياة وإدامتها بكافة أشكالها على الأرض، مما يفرض علاقات متشابكة مع بقية العلوم كعلوم الأرض والكيمياء والفيزياء والأحياء والزراعة والهندسة والبيئة وغيرها من العلوم الصرفة والتطبيقية.

نتيجة هذه الأهمية الكبيرة للمياه التي أدركها الإنسان منذ بداية الحياة على الأرض ازدادت الأهمية منذ مطلع القرن العشرين بالمياه، وذلك نتيجة الزيادة المضطردة للسكان على الأرض من جهة والتطور الصناعي وزيادة الوعي والحس الإنساني بكل ما يتعلق بحياة الإنسان الصحية والاجتماعية من جهة أُخرى، حيث فرضت هذه الحقائق زيادة هائلة في الطلب على المياه.

السبب في ذلك لتحسين المستوى المعيشي والصحي، وأخذ الطلب يزداد يوماً بعد يوم على المياه، مما دعا إلى تطوير طرق استغلال المياه وإدارتها واستثمارها وصيانتها، حيث أصبحت إحدى المقاييس التي تشير إلى تطور الدول كيفية استخدامها لمصادرها المائية، كما ولدت هذه الحقيقة آثاراً سلبية لمحدودية المصادر المائية المتاحة وازدياد الطلب، مما أنعكس على العلاقات الدولية وأصبحت المشكلات المائية في الكثير من مناطق العالم أساسا للصراع بين لدول، وبهذا نجد أن الأمن المائي أصبح هاجساً من الهواجس التي تشغل الكثير من الحكومات، وعلى الرغم من الأهمية القصوى المتزايدة للمياه نجد ان الامن الماءي اصبح هاجسا من الهواجس التي تشغل الكثير من الحكومات لضرورة تامين المياه للحياة على الأرض.

دورة المياه في الطبيعة
Hydrological Cycle

تغطي المياه حوالي (75%) من سطح الكرة الأرضية، ويُعتقد أن مجموع المياه الكلي في الكرة الأرضية هو بحدود (1305013887) كيلو متراً مكعباً معظمها مياه مالحة غير صالحة للشرب (الجدول) حيث تشّكل مياه البحار ما نسبته (97.2%) وتشكل الثلوج ما نسبته (2.15%) والمياه السطحية (0.009%) ورطوبة التربة (0.005%) والمياه في الغلاف الغازي للأرض ما نسبته (0.001%)، مما تقدم نجد أن المياه العذبة لا تشكل إلا نسبة ضئيلة لا تتجاوز (0.6%) من الحجم الكلي للمياه الموجودة على الأرض، توجد هذه المياه على شكل أنهار وبحيرات ومياه جوفية موزعة على القارات.

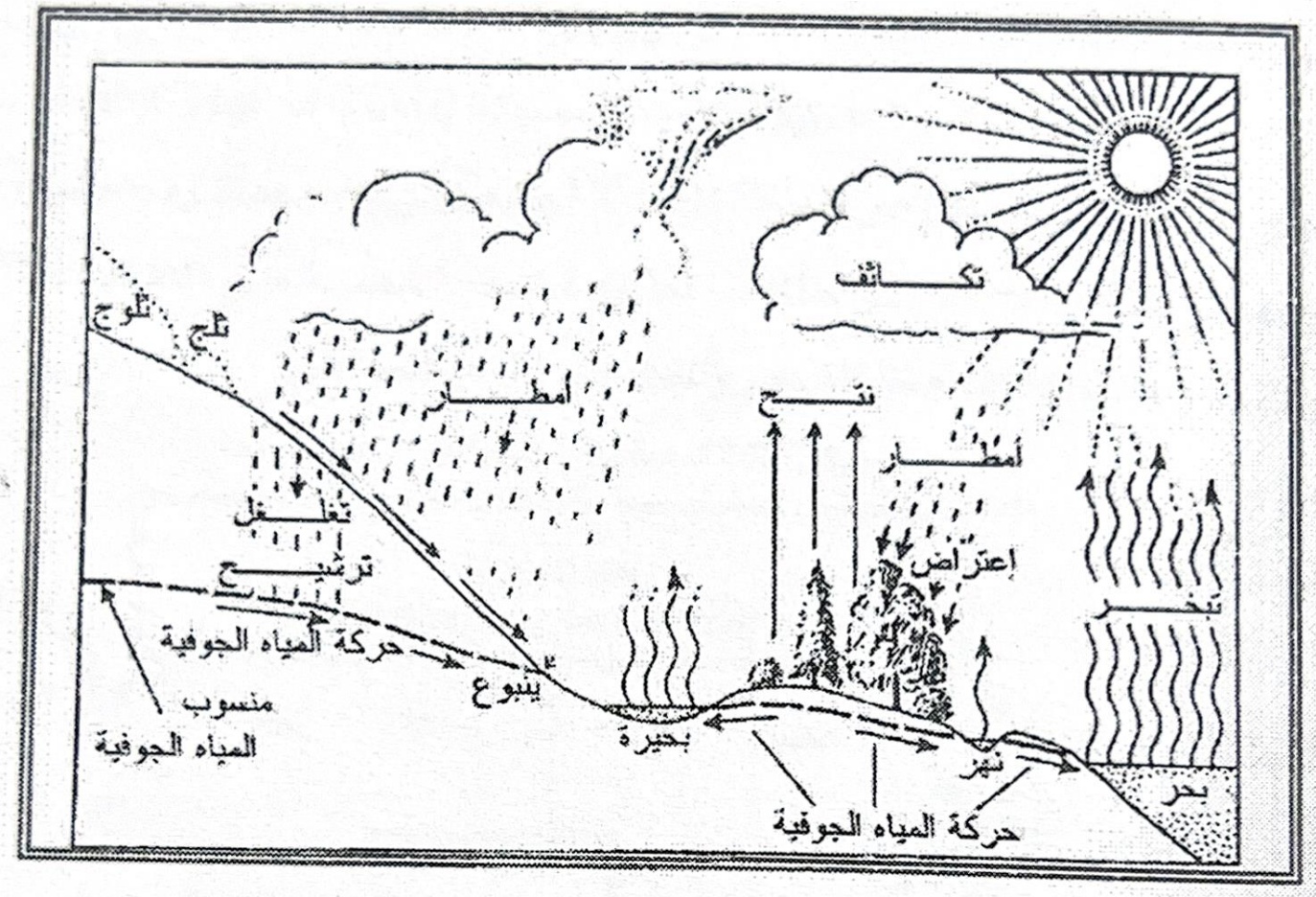
الكمية البسيطة من المياه العذبة (حوالي 8.36 مليون متر مكعب)
أصبحت لا تلبي احتياجات الإنسان مما يستدعي ضرورة التخطيط العلمي السليم لاستخدامها وإداراتها حسب مصادرها وأماكن وجودها في الطبيعة ومنع تلوثها. ولإلقاء نظرة مفصّلة عن وجود المياه العذبة نجد أن معظمها ثلوج دائمة في القطبين الشمالي والجنوبي (75%) أما الجزء الآخر فأغلبه (24%) يشكل المياه الجوفية، والمتبقي يتوزع بين بحيرات عذبة (0.3%) وأنهار (0.03%) ورطوبة جوية (0.03%) ورطوبة ترية (0.06%) (الجدول 2-2). على الرغم من الكمية البسيطة جداً للمياه العذبة إلا أنها تلعب دوراً كبيراً في العمل الجيولوجي على سطح الأرض، حيث تقوم مياه الأمطار والأنهار بتفتيت المعادن والصخور ونقلها وهي أحد العوامل المهمة لتكوين التربة أساس الزراعة.

نوع المياه	النسبة المئوية %
المياه السطحية	0.0171
• بحيرات عذبة	0.009
• بحيرات مالحة	0.008
• أنهار	0.0001
المياه الجوفية	0.625
• رطوبة التربة	0.005
• مياه جوفية	0.62
الثلوج	2.15
رطوبة جوية	0.001
محيطات وبحار	97.0

نوع المياه	النسبة المئوية %
• ثلوج دائمة (Polar ice and Glaciers)	75
• مياه جوفية (Ground Water)	24
• بحيرات عذبة (Fresh Lakes)	0.3
• رطوبة التربة (Soil Moisture)	0.06
• رطوبة جوية (Atmospheric Moisture)	0.03
• أنهار (Rivers)	0.03

تأخذ قطرات الماء الهاطلة من الجو إلى الأرض مسارات مختلفة ضمن المسارات المعروفة في دورة المياه في الطبيعة حيث يُخزّن قسم منها بصورة مؤقتة على شكل ثلوج أو جليد، وتُعرف بخزين المنخفضات (Depression Storage) وجزء آخر من مياه الأمطار والثلوج يسيح على سطح الأرض متجهاً إلى الأنهار، ويُعرف هذا بالجريان السطحي أو الأرضي (Overland Flow)، وهناك جزء آخر يمكن أن يتغلغل في مسامات التربة إذا سمحت الظروف بذلك، وتُعرف هذه العملية بالترشيح (Infiltration). المياه المترشحة داخل التربة تحتل الفراغات أو المسامات التي تمتلئ عادة بالهواء والماء، ويُعرف هذا الجزء من التربة بالمنطقة الهوائية (Zone of Aeration or Vadose Zone) والمياه المخزونة ضمن هذه المنطقة تُعرف بمياه رطوبة التربة(Soil Moisture or Vadose Water)، أما المياه الفائضة عن رطوبة التربة فتتجه إلى داخل الأرض بتأثير قوى الجذب الأرضي، وتُعرف هذه العملية بالتصريف الجذبي (Gravity drainage) مما يؤدي إلى تشبع المسامات والفراغات بالمياه في الصخور أو التربة التي تصلها، وعندئذ تُعرف هذه المنطقة بالمشبعة (Zone of saturation) ويُعرف السطح الأعلى لهذه المنطقة بمنسوب المياه الجوفية (Water table) أما المياه في المنطقة فتعرف بالمياه الجوفية (Ground water)، وتسير

هذه المياه خلال الفراغات والمسامات والشقوق الموجودة في الطبقات الصخرية إلى أن تصل إلى البحيرات أو مجاري الأنهار أو البحار، وفي بعض الأحيان قد تصرف مياهها إلى سطح الأرض على شكل ينابيع أو عيون (Springs)



تمثل دورة المياه في الطبيعة نظاماً مفتوحاً حيث تمثل أشعة الشمس مصدراً ثابتاً للطاقة، ويتضح ذلك جلياً من خلال عمليات تبخير المياه وحركتها في الجو، فالمياه الجارية في الأنهار مصدرها بخار الماء الموجود في الجو الذي يتكثف ويعود إلى الأرض. إن تغير الماء من حالة البخار إلى السائلة أو الصلبة يصاحبه تغيرات في الطاقة الحرارية للماء(Heat Energy) و تتمثل بالطاقة الحرارية التي تحفظها المادة، ويعبر عنها بالكالوري (Cal) Calorie والمعروفة على أساس أنها كمية الطاقة المطلوبة لرفع حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة، ولحساب الحرارة التي يحتاجها الماء لتحويله من سائل إلى بخار في الظروف الحرارية البيئية المعروفة التي تتراوح فيها الحرارة بين صفر إلى (40°) مئوية تستعمل العلاقة الآتية:

$$H_v = 597.3 - 0.564\,T \qquad (1\text{-}2)$$

حيث إن: (T) هي درجة الحرارة المئوية.

وتُعرّف هذه الطاقة بالطاقة الكامنة للتبخر(Latent heat of evaporation).

في حالة تكثيف بخار الماء وتحوله إلى الحالة السائلة يفقد الماء طاقة نتيجة هذه العملية تعرف الطاقة الكامنة للتكثيف (Latent heat of condensation) ويمكن حسابها باستخدام المعادلة (2-1) أعلاه. أما في حالة تحويل المياه من الحالة الصلبة (جليد) في درجة الصفر المئوي إلى الحالة السائلة فنحتاج إلى (79.7) سعرة حرارية، وتُعرف بالحرارة الكامنة للسيولة (Latent heat of fusion)، كما يمكن للمياه أن تتحول من الحالة الصلبة (جليد) إلى بخار مباشرة بعملية تُعرف بالتسامي (Sublimation) والطاقة المطلوبة لهذه العملية هي الطاقة الكامنة للسيولة والطاقة الكامنة للتبخر وتصل إلى (677) سعر/غم.

المعادلة المائية The Hydrological Equation

المعادلة المائية هي التمثيل الكمي لدورة المياه في الطبيعة وتعتمد على قانون حفظ الكتلة وتكتب بشكلها البسيط

المياه الواردة = المياه الخارجة ± التغير في مخزون المياه

يمكن تطبيق المعادلة أعلاه على أي منطقة بغض النظر عن مساحتها مع ملاحظة اعتمادها على الزمن مما يتوجب تسجيل كافة المتغيرات في المعادلة في نفس الفترة الزمنية، وإلا كانت النتائج غير صحيحة.

المياه الواردة يمكن أن تكون مياه الأمطار أو المياه السطحية الواردة إلى المنطقة المدروسة، بما في ذلك المياه الجارية في الأنهار أو الجريان السطحي، وقد تكون المياه الجوفية الواردة من مناطق أُخرى أو المياه المنقولة اصطناعياً عن طريق الأنابيب أو القنوات الاصطناعية، أما المياه الخارجة فيقصد بها المياه المتبخرة من المسطحات المائية أو بواسطة عمليات التبخر والنتح أو تصريف الأنهار الخارجة أو المياه الجوفية الخارجة من المنطقة أو المياه المنقولة اصطناعياً بواسطة الأنابيب أو القنوات خارج المنطقة، والتغير في مخزون المياه المطلوب لتحقيق التوازن في المعادلة قد يكون المياه في المسطحات المائية (الأنهار والبحيرات والبرك) أو مياه رطوبة التربة أو الجليد أو المياه التي تعترضها النباتات أو المياه الجوفية.

كما يمكن استخدام المعادلة الآتية كذلك للتعبير عن الموازنة المائية:

$$I = R + E \pm \Delta s$$

حيث إن:

I: معدل أو شدة الهطول (ملم).

E: معدل التبخر (ملم).

R: معدل الجريان السطحي (ملم).

Δs: الزيادة أو النقصان (ملم) في سمك غطاء الثلج و/أو منسوب المياه الجوفية و/أو تصريف النهر في المنطقة.

ومثال على استخدام المعادلة نأخذ بحيرة معينة، فنسجد أن المياه الواردة هي بواسطة الأمطار الهاطلة على سطح البحيرة ومياه الجداول التي تصب فيها وما يترشح من مياه جوفية إليها ومن جريان سطحي من الأراضي المحيطة بها، أما المياه الخارجة من البحيرة فتتمثل بمياه التبخر والنتح والجداول الخارجة

منها وما يترشح من مياه من قعر البحيرة إلى خزانات المياه الجوفية، وعلى هذا الأساس نلاحظ أن مياه البحيرة ستزداد إذ كانت كمية المياه الواردة أكبر كمية من المياه الخارجة وسينخفض حجم المياه بالبحيرة إذا كانت الحالة معكوسة، وعليه فإن أي تغيير في كميات المياه الواردة أو الخارجة في النظام المائي سينتج عنها كمية من المياه تخزّن داخل النظام.

في حالة حساب الموازنة المائية لفترات زمنية طويلة بحيث يكون حجم المياه المتبادلة للسنوات الغنية بالأمطار (السنوات الرطبة) والسنوات الجافة متساوياً تقريباً فيمكن اختصار المعادلة (2-3) إلى:

$$I = R + E$$

مثـــال:

مساحة حوض أحد الأنهار تساوي (500) كيلو متر مربع، وكان معدل تصريفه في إحدى السنوات (5) متر مكعب في الثانية، وكانت الزيادة في المخزون الجوفي للحوض تساوي ($60 * 10^6$) متر مكعب، فإذا كان مقدار الهطول السنوي على الحوض يساوي (800) ملليمتر، فما قيمة التبخر الفعلي من هذا الحوض في تلك السنة.

$$i = R + E \pm \Delta S$$

حيث إن:

i: كمية الهطول فوق الحوض مقدرة بالملميتر (mm) بزمن معين.

E: كمية المياه المتبخرة من الحوض مقدرة كذلك بالملميتر (mm) بزمن معين.

R: كمية الجريان السطحي مقدرة بالملميتر بوحدة الزمن.

Δs: الزيادة أو النقص في المصادر المائية المتوفرة بهذا الحوض (الزيادة أو النقص في منسوب الماء في مجرى النهر أو في منسوب الماء الجوفي تحت الحوض أو في سمك الغطاء الثلجي إذا توفر).

الخطوة الأولـــى: نوجد جميع الوحدات لأطراف المعادلة لوحدة زمن واحدة وهي سنة واحدة (mm/year).

$$i = 800\,mm/year$$

$$r = 5\,m^3/sec.$$

$$= \frac{5*60*60*24*365}{500*10^6}*1000$$

$$= 315.4 \qquad mm/year$$

$$\Delta s = 60 \times 10^6\,m^3/year$$

$$= \frac{60*10^6}{500*10^6}*1000$$

$$= 120 \qquad mm/year$$

الخطوة الثانيـــة: نقوم بتعويض هذه القيم في المعادلة (معادلة الموازنة المائية).

$$800 - E - 315.4 + 0.0 = 120$$

$$E = 364.6\ mm/year$$

وهو مقدار التبخر الفعلي في تلك السنة.