

## موارد المياه

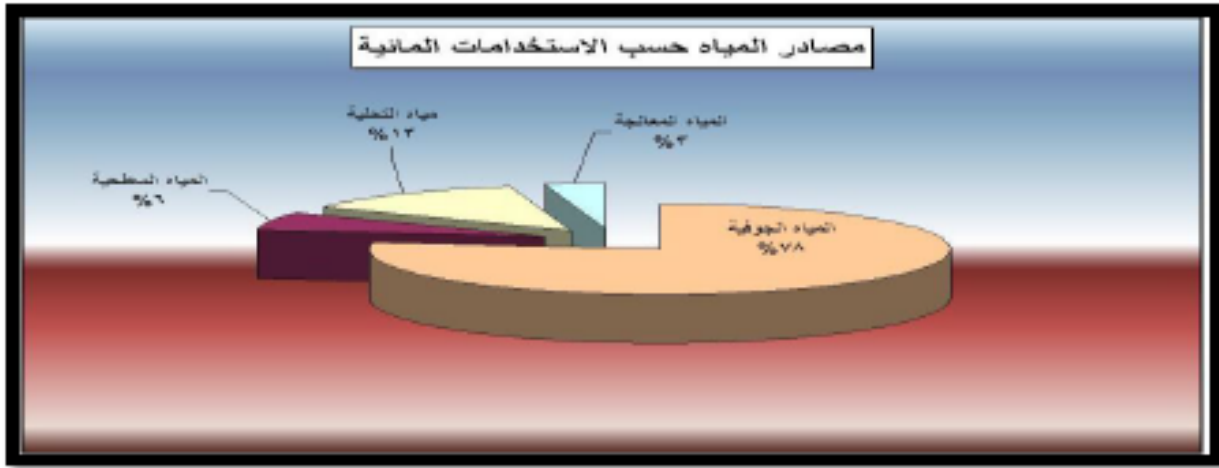


الماء عامل حيوي وأساسي لكل صور الحياة على الأرض. ولا يستطيع الإنسان البقاء على قيد الحياة لأكثر من عدة أيام دون ماء. وحتى النباتات والحيوانات الصحراوية تحتاج إلى الماء. وكمية الماء التي تحتاجها المدينة الحديثة أكبر بكثير مما تحتاجه المتطلبات البسيطة للحياة، فالماء يستخدم بكميات ضخمة في الصناعة والزراعة واحتياجات المدن.

يقوم الجيولوجيون المتخصصون في علم المياه بدراسة حركة المياه وخصائصها، سواء الموجودة على سطح الأرض أو المخزونة بداخلها. ويعتبر الماء الجاري في الأنهار، وأيضا المتجمد في جليد المتالج عامل رئيسي في التعرية التي تساعد في تشكيل صفحة الأرض على القارات. كما أن الماء عامل أساسي في التجوية، حيث يعمل كعامل إذابة ونقل للمعادن الموجودة في الصخور والتربة. كما يتسرب الماء في صخور القشرة الأرضية ويكون خزانات مائية ضخمة. ويسبب الماء أيضاً كثيراً من الانزلاقات الأرضية وغيرها من صور التحرك الكتل. وتتكون رواسب الخامات الحرماية hydrothermal ore deposits نتيجة دوران الماء الساخن فوق الأجسام النارية وفي حيود وسط المحيط mid - ocean ridges.

وقد أصبح علم المياه (الهيدرولوجيا) hydrology أكثر أهمية الآن، حيث يتزايد الطلب على الماء رغم الكميات المحودة المتاحة منه. ولكي نحمي هذه الإمدادات فلا بد أن نفهم ليس فقط أين يمكن أن يتواجد الماء؟ ولكن كيف يمكن أن نجد مصادر وإمدادات المياه. ويمكننا في ضوء هذه المعلومات ان نستخدم الماء، دون أن نعرض تلك الإمدادات المستقبلية للخطر.

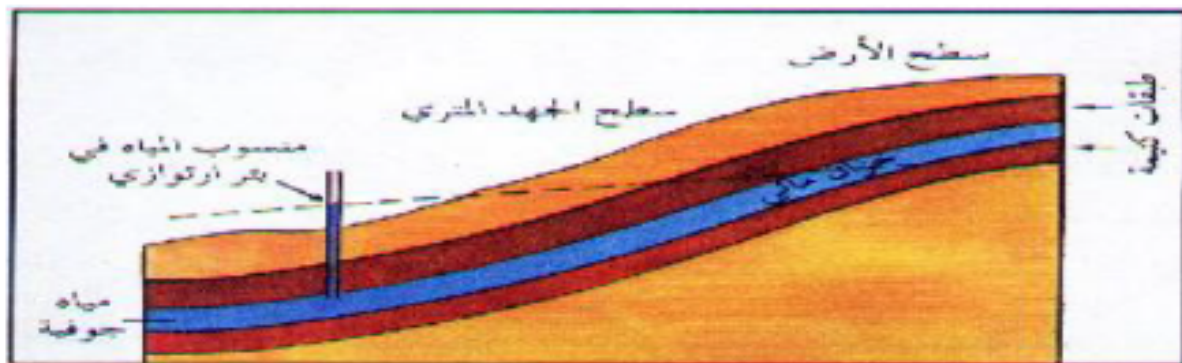




## أولاً: الانسيابات وخزانات المياه:

نشاهد الماء الجاري وهو ينتقل من مكان لآخر فوق سطح الأرض عبر الأنهار، كما يوجد مخزون من الماء على سطح الأرض في البحيرات والمحيطات. ولكن من الصعب رؤية الكميات الضخمة من المياه المخزونة في الغلاف الجوي للأرض، أو تلك التي توجد تحت الأرض. كما يصعب أيضاً مشاهدة الانسيابات داخل تلك الخزانات أو خارجها. فعندما يتبخّر الماء، فإنه يخفي عن النظر على هيئة بخار في الغلاف الجوي. وعندما يغوص ماء المطر في باطن الأرض، فإنه يصبح ماءً جوفياً *groundwater*، وهو كتلة من الماء المخزون تحت سطح الأرض، ويسمى أيضاً ماءً تحت أرضي *underground water*.

وتسمى كل البيئات التي يخزن فيها الماء **خزانات reservoirs**. ويطلق مصطلح خزان على مصدر الماء أو مكان تواجده. ومن المواضع الطبيعية الرئيسية لتخزين الماء البحار والمحيطات والمثلج *glaciers* القطبي والبحيرات والأنهار والغلاف الجوي والغلاف الحيوي. وتشمل الخزانات الأرضية البحيرات والأنهار والمياه الجوفية، بينما تعتبر المحيطات أكبر خزانات الماء على الأرض. وعلى الرغم من أن كمية الماء الكلية في الأنهار والبحيرات صغيرة نسبياً، إلا أن هذه الخزانات مهمة للإنسان، لأنها تحتوي على الماء الطبيعي الجاهز للاستخدام. وتبلغ كمية المياه الجوفية مائة ضعف كمية المياه الموجودة في الأنهار والبحيرات، إلا أن الكثير منها لا يستخدم نظراً لأن مياهها تحتوي على كميات كبيرة من المواد الذائبة.

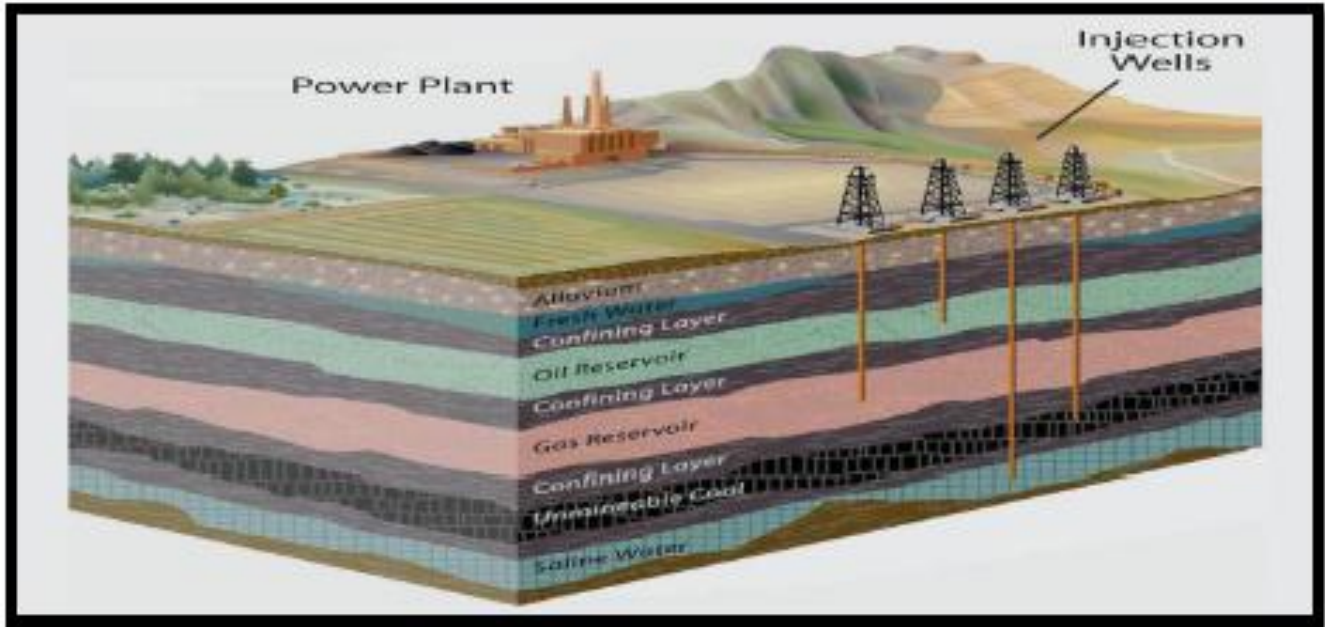


خزان مائي جوفي





خزان أرضي



خزانات جوفية

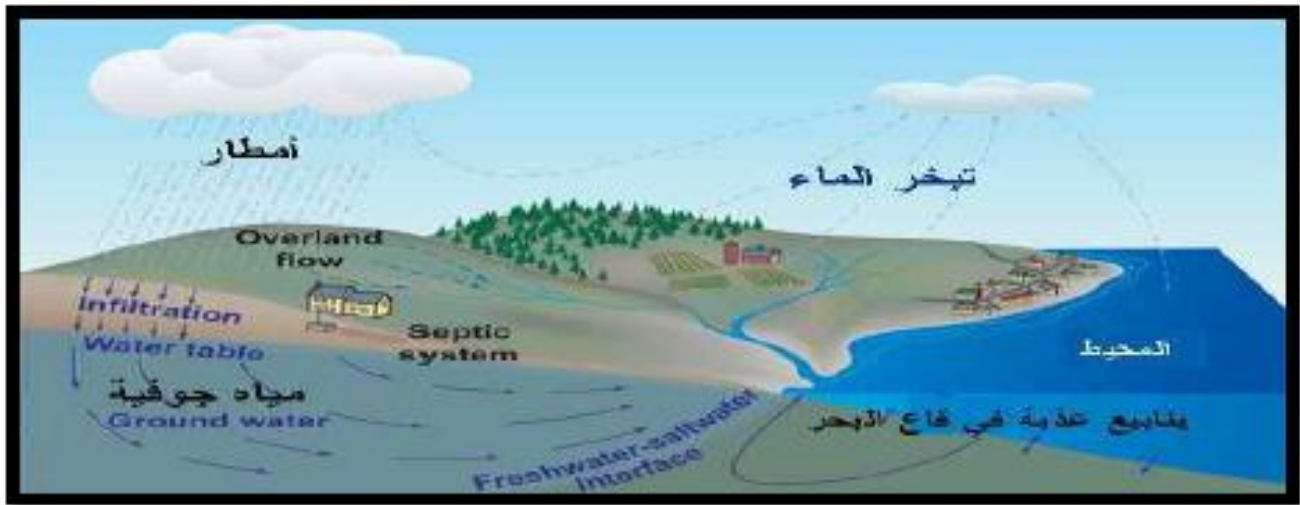
ويتدفق الماء إلى الخزانات من عدة مصادر منها الأمطار والأنهار، كما يتدفق ويفقد الماء من هذه الخزانات بطرق عديدة مثل التبخر. وحيث إن هناك حركة دائمة للمياه من وإلى الخزانات، فإذا تساوت كمية الماء المتدفق إلى الخزانات مع كمية الماء الخارج منها فإن حجم الخزان يبقى ثابتاً، على الرغم من أن الماء يدخل ويخرج باستمرار.

وتبلغ كمية الماء الكلية التي يتم إمداد العالم بها حوالي 1,46 بليون كيلومتر مكعب، وهي كمية ضخمة تتوزع بين الخزانات المختلفة. وهذه الكمية من الماء ثابتة على الرغم من أن معدل انسحاب الماء من خزان لآخر قد يتغير من يوم لآخر ومن عام إلى عام ومن قرن إلى قرن. ولا

يوجد على امتداد هذه الفترات الزمنية القصيرة أي إمداد أو فقد للماء الموجود في باطن الأرض، كما لا يوجد أي فقد ملحوظة للماء من الغلاف الجوي إلى الفضاء الخارجي للأرض.

## ١ - دورة الماء :

يتحرك الماء فوق سطح الأرض أو تحتها، أو يدور بين الخزانات الرئيسية على الأرض وهي المحيطات والغلاف الجوي واليابسة. ويسمى الدوران المستمر والدائم للماء من المحيط إلى الغلاف الجوي، ومن الأمطار إلى سطح اليابسة، ومن الصرف السطحي runoff للماء والمياه الجوفية إلى المجاري المائية (الأنهار أساسا)، ثم مرة أخرى إلى المحيط بدورة الماء hydrology cycle .



ويتميز الماء بقدرته على التحول بين الحالات الثلاثة للمادة وهي السائل (الماء) والغاز (بخار الماء) والصلب (الجليد)، وذلك تحت تأثير درجات الحرارة الموجودة فوق سطح الأرض. وتؤدي هذه التحولات إلى بعض الاتسيابات الرئيسية من خزان إلى آخر في دورة الماء. وتقوم حرارة الشمس بدور القوة المحركة في دورة الماء، حيث تعمل على تبخير الماء من المحيطات، ثم تساعد في نقله كبخار ماء إلى الغلاف الجوي. وينكثف بخار الماء تحت ظروف مناسبة من الحرارة والرطوبة إلى قطرات من الماء بالغة الصغر تكون السحب، ثم تسقط في النهاية كأمتار أو جليد فوق المحيطات والقارات.

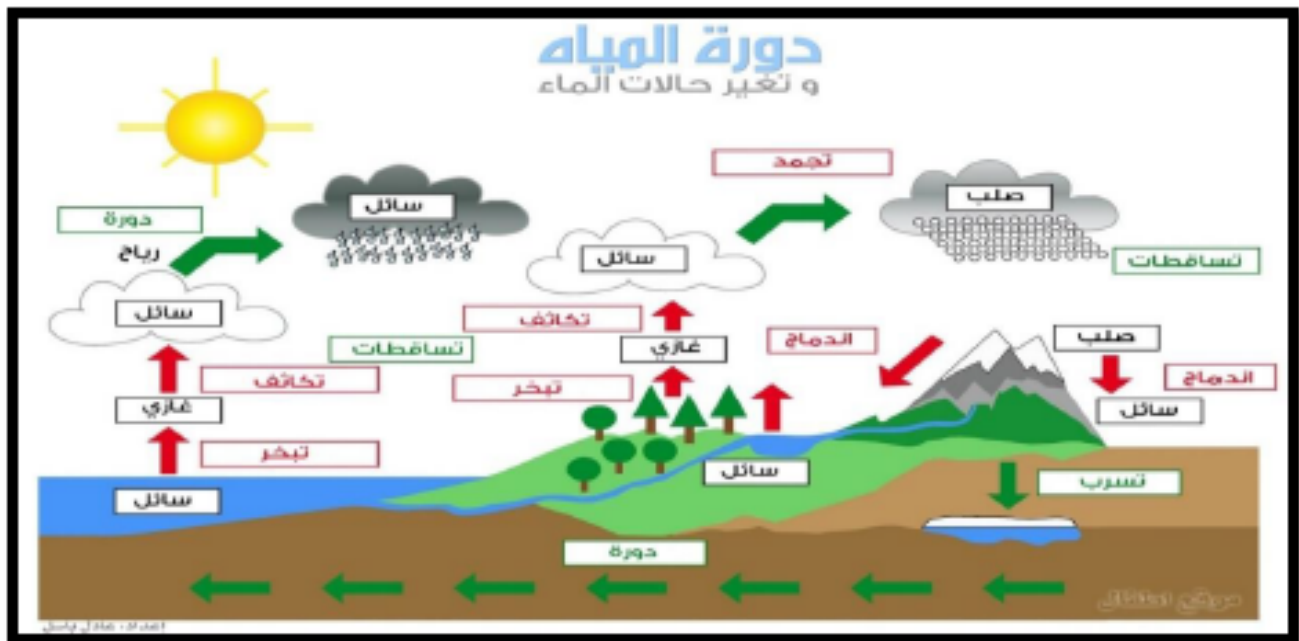




ويتخلل بعض الماء الذي يسقط على اليابسة إلى الأرض بالتسرب **infiltration**، وهي العملية التي يدخل فيها الماء إلى الصخر أو التربة عبر الشقوق أو بعض المسام الصغيرة الموجودة بين الحبيبات. ويتبخر بعض الماء الجوفي من سطح التربة، بينما تمتص جذور النباتات جزءاً آخر وتحمله إلى الأوراق لتعود إلى الغلاف الجوي أثناء عملية النتح (عرق النبات) **transpiration** وهو خروج بخار الماء من النبات. وقد يعود بعض الماء الجوفي إلى السطح من خلال الينابيع.

ويجري ماء المطر الذي لا يتسرب في الأرض فوق سطح الأرض ليتجمع تدريجياً في المجاري المائية والأنهار. وتسمى كمية ماء المطر التي تجري وتتساب فوق سطح الأرض بالجريان السطحي **runoff**. وقد يتسرب بعض ماء الصرف السطحي في الأرض أو يتبخر من الأنهار والبحيرات، ولكن يتساب معظم ماء الصرف السطحي إلى البحار والمحيطات.

وقد يتحول الثلج المتساقط إلى جليد في المتاح، والتي تعيد بدورها الماء إلى المحيطات بالانصهار والجريان السطحي، أو إلى الغلاف الجوي بالتسامي **sublimation** وهو التحول من الحالة الصلبة (جليد) مباشرة إلى الحالة الغازية (بخار الماء). ويعود جزء كبير من الماء الذي يتبخر من المحيطات إليها كماء مطر أو ثلج أو جليد. وتتساقط بقية الماء فوق اليابسة حيث يتبخر أو يعود إلى المحيطات كجريان سطحي. وتعرف عملية سقوط الماء على الأرض (محيطات ويابسة) من الغلاف الجوي في صورة أمطار أو ثلج بالتساقط **precipitation**، وتقاس بما يقابلها من ماء سائل دون اعتبار لصورته سقوطه.



كيف تتوازن الخزانات مع بعضها البعض نتيجة الاضطرابات الكلية في النظام الأرضي الحالي والذي يتأثر بالنشاط الإنساني؟

فمثلاً، يحصل سطح اليابسة على الماء نتيجة التساقط وتفقده كمية الماء نفسها نتيجة التبخر والصرف السطحي. ويحصل المحيط على الماء من الصرف السطحي والتساقط، وبينما يفقد

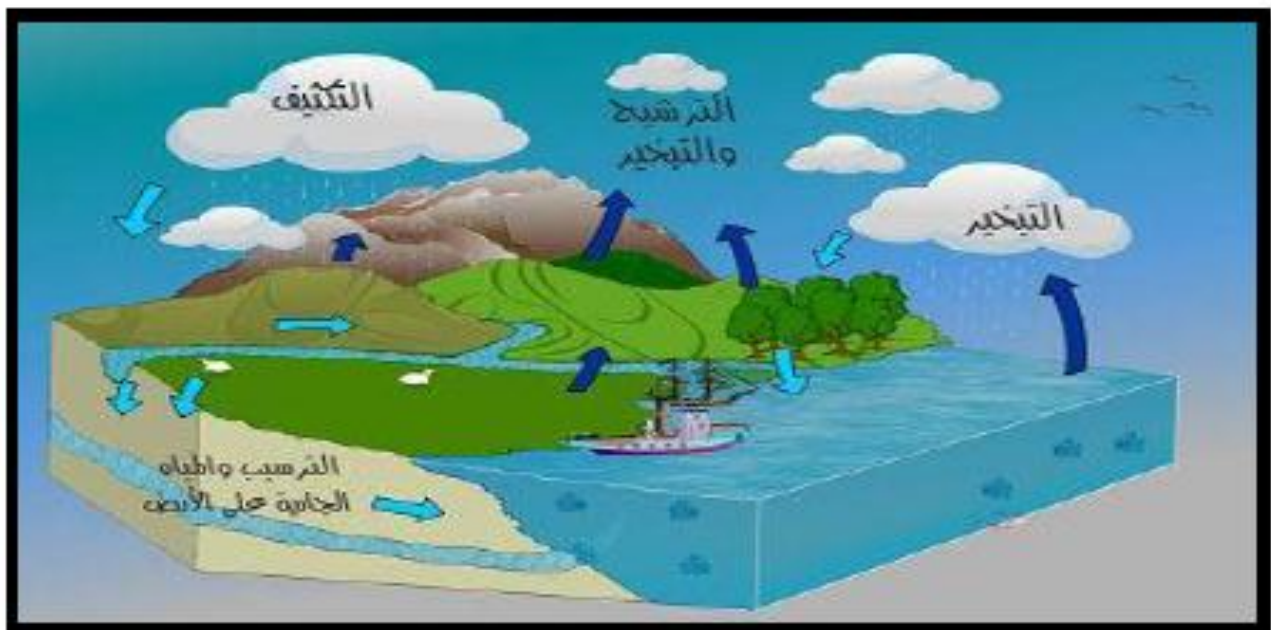
الكمية نفسها بالبخر. وبالتالي تبقى كمية الماء في كل خزان ثابتة تقريبا. أن الماء المتبخر من المحيطات أكبر من الماء المتساقط عليها كأمطار. ويتم موازنة هذا الفقد من الماء الذي يعود إلى المحيطات نتيجة الصرف السطحي من القارات. ويأتي حوالي ثلث الماء الكلي المتساقط على اليابسة (٣كم<sup>١٠٧</sup>,٠٠٠) نتيجة البخر الزائد عن كمية الماء المتساقط على المحيطات (٤٣٤,٠٠٠ - ٣٩٨,٠٠٠ = ٣٦,٠٠٠ كم<sup>٣</sup>)، ويعود هذا الثلث بدوره إلى المحيطات كصرف سطحي.

### - كمية الماء المستخدم :

تتحكم دورة الماء بشكل أساسي في إمدادات الماء في العالم. وتأتي إمدادات الماء العذب الطبيعي فقط عن طريق الأمطار والأنهار والبحيرات وبعض المياه الجوفية والماء المنصهر عن الثلج أو الجليد على اليابسة. وتأتي كل هذه المياه أساسا نتيجة تساقطها. كما تنتج كميات صغيرة من الماء العذب في بعض المناطق القاحلة في الشرق الأوسط وخاصة في الخليج العربي، من تحلية الماء المالح desalination (أي إزالة الملوحة منه). لذلك فإن الحد العملي لكمية الماء العذب الذي يمكن أن نستخدمه هو الكمية التي تسقط على القارات. ويعني ذلك أيضا، أن الماء العذب هو مصدر متجدد. وعلى الرغم من أننا قد نستنزف هذه المصادر من الماء مؤقتا، إلا أن التساقط سوف يعوض هذا الاستنزاف خلال عدة آلاف أو مئات من السنين.

### وينقسم الماء المتساقط على الأرض إلى ثلاثة أجزاء:

جزء منها يشملها الجريان السطحي، بينما يتبخر جزء آخر ويتسرب الجزء الثالث. ويستطيع الإنسان أن يستخدم الجزء من الماء الذي يتسرب في الأرض ليكون المياه الجوفية، بحفر الآبار. أما الجريان السطحي فيشمل الجزء من الماء الذي يمكن للإنسان أن يستخدمه بسهولة ويسر من الأنهار والمجاري المائية. وتؤثر أنشطة الإنسان وتتداخل في عمليات دورة الماء الطبيعية.





## وسنذكر فيما يلي بعض تدخلات الإنسان في هذه الدورة:

- يزيد التبخر نتيجة استخدام مياه الري في الأراضي الجافة.
- يؤثر تمهيد الطرق وتثبيتها على سطح الأرض وخاصة في الطرق الطويلة السريعة، والمباني في تقليل الماء المتسرب.
- يمكن أن تؤدي أنشطة الإنسان في التدفئة عالمياً وكذلك محلياً إلى انصهار جليد المتالج، مما يؤثر في اتزان الماء في الخزانات الأخرى.

## ثانياً: الأنهار والنقل إلى المحيطات:

### الأنهار:

النهر هو مسطح مائي ينساب على اليابسة في مجرى طويل وعريض. حيث يغذيه نبع أو عدة ينابيع، ولا تنقطع مياهه عن الجريان طيلة العام.



وتبدأ معظم الأنهار من اعالي الجبال او التلال، وقد يكون منبع النهر متلجا، او نهرا جليديا ينصر، او ينبوعا، او بحيرة تفيض مياهها. ويتلقى النهر - اثناء جريانه في مجراه - المزيد من المياه من الجداول والأنهار الأخرى، ومياه الأمطار. ويقع مصب في نهايته، حيث تصب مياهه في نهر أكبر أو بحيرة أو في احد المحيطات. وتختلف الأنهار فيما بينها اختلافا كبيرا من حيث الحجم، فبعضها صغير جدا حتى انها تجف خلال ايام القحط.

### اقسام النهر:

- ١- وادي النهر: ويتألف من الضفتين تخطيطهما تربة، قد وضعها النهر.
- ٢- سرير النهر: وهو مجرى المياه، وادنى مستوى للماء فيه يدعى (سرير السطح) واعلى مستوى فيه لها يدعى (سرير الفيضان).
- ٣- حوض النهر: ويشمل جميع الاراضي التي تنحدر مياهها باتجاه النهر.

## منبع النهر:

يتكون ماء النهر من مياه الامطار والبحيرات والينابيع، والتلج والجليد الذائبن. وتسمى المجاري المائية التي تنساب من المنبع بـ " منابع النهر ". وهناك يبلغ النهر اقصى ارتفاع له. وفي البداية تنساب منابع النهر هذه في مجاري ضيقة بالغة الصغر تسمى الجداول. وتمتلئ هذه المجاري بالماء أثناء العواصف الممطرة فقط ، وتلتقي هذه الجداول أثناء انحدارها من فوق التلال، مكونة مجري مائية اوسع واعمق، يسمى كل منها غديرا، وتتحد هذه الغدران بدورها لتكون مجاري اوسع يسمى كل منها نهيرا ، وتتحد هذه الانهار الصغيرة بدورها لتكون الانهار الكبيرة. وتسمى جميع الانهار والغدران التي تحمل المياه الى النهر بالروافد. ويشكل النهر وروافده ما يسمى: النظام النهري ، وتشمل بعض النظم النهريّة عدة انهار صغيرة تتجمع في نهر كبير واحد.

تشكل مياه الامطار معظم مياه الانهار ، اذ تنساب مياه بعض الامطار على اليابسة الى مياه النظام النهري ، حيث تصل في النهاية الى اكبر نهر في ذلك النظام عن طريق الجداول والغدران والانهار ، والانهار الصخرى. اما بقية مياه البحر فترتوي بها الارض، وتتجمع على هيئة مياه جوفية. وتتسرب بعض هذه المياه الجوفية الى النظام النهري ، فتظل المياه تجري في معظم الانهار حتى خلال فترات الجفاف ، وقد تجف بعض الانهار من حين لآخر بفعل الجفاف ولذلك تدعى هذه الانهار بالانهار المتقطعة ، وقد يتلاشى بعض هذه الانهار في الصحارى الرملية او البحيرات المالحة في قلب القارة.

## مجرى النهر:

يتألف مجرى النهر من الاراضي الواقعة على جانبي المياه التي تنساب في ذلك النهر ، ويسمى السطح السفلي لمجرى النهر بالقاع. وتسمى كل حافة حافتي المجرى بـ " سط النهر " ويميل مجرى النهر الى الانحدار الشديد قرب المنبع ، والى الانبساط تقريبا قرب المصب، ولذلك يتدفق الماء في معظم الانهار باقصى سرعة له في اعالي المجرى.

وفي كثير من الانهار تقع المساقط المائية والشلالات في اعلي المجرى. وتتكون هذه المساقط المائية حيث تعترض النهر طبقة قوية من الصخر المقاوم. اما الصخور الرخوة في مهبط النهر فتتجرى بفعل جريان المياه، وينجم عن ذلك هبوط شديد الانحدار في مجرى النهر.

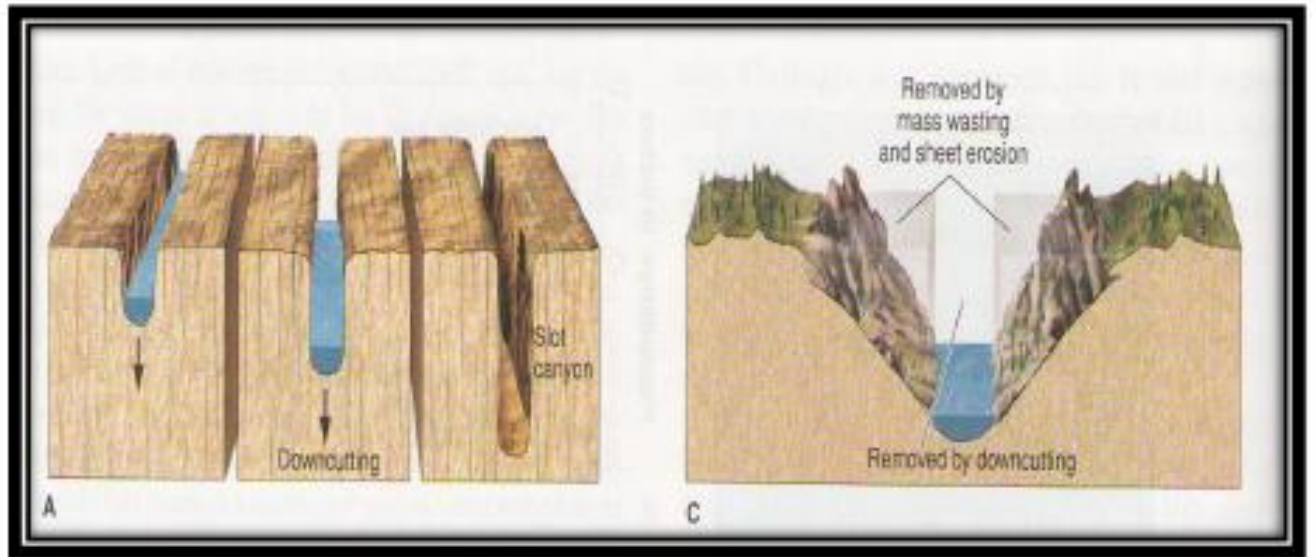
## ويمكن تقسيم مجرى النهر الى ثلاثة اقسام:

**المجرى الأعلى:** وهو بين المنبع والمنطقة التي تخف عندها سرعة المياه.

**المجرى الأوسط:** وهو القسم الذي تكون فيه حركة المياه خفيفة.

**المجرى الأدنى:** وهو القسم الكثير الالتفافات والتي تكون فيه حركة المياه بطيئة.





## القطع الاسفل لمجري النهر



## مصب النهر:

تنخفض سرعة جريان ماء النهر فجأة عند مصبه، وقد يؤدي ذلك الى تكون مسطح من الارض يعرف باسم الدلتا ، التي تتكون عند مصب النهر وتمتد حتى البحيرة او المحيط الذي يصب فيه النهر. وتتكون الدلتا لان النهر يحمل الى مصبه مخلفات ما تحته من الصخور جراء عملية التعرية ، وهو ما يطلق عليه اسم " حمولة النهر " التي تكون ذائبة في المياه ولا يمكن رؤيتها. وتختلط هذه الحمولة غير المرئية بمياه البحيرة او المحيط عند مصب النهر. ويحمل النهر كذلك حمولة مرئية تتألف من مواد عديدة كالجلاميد والطين. واحيانا ما تحدد الجسيمات الدقيقة في الحمولة المرئية لون مياه النهر التي قد ترى باللون الاحمر او الاصفر او البني ، وتتكون الدلتا عندما يرسب النهر حمولته المرئية بسرعة عند المصب.

## المياه الجوفية

### ما هي المياه الجوفية؟

هي عبارة عن مياه موجودة في مسام الصخور الرسوبية تكونت عبر أزمنة مختلفة قد تكون حديثة أو قديمة جدا لملايين السنين. مصدر هذه المياه غالبا الأمطار أو الأنهار الدائمة أو الموسمية أو الجليد الذائب وتتسرب المياه من سطح الأرض إلى داخلها فيما يعرف بالتغذية recharge. وهي المياه التي تتواجد تحت سطح الأرض وقد تظهر على سطح الأرض في الأماكن المنخفضة.



يحصل الإنسان على احتياجاته المائية من مصدرين أساسيين وهما:

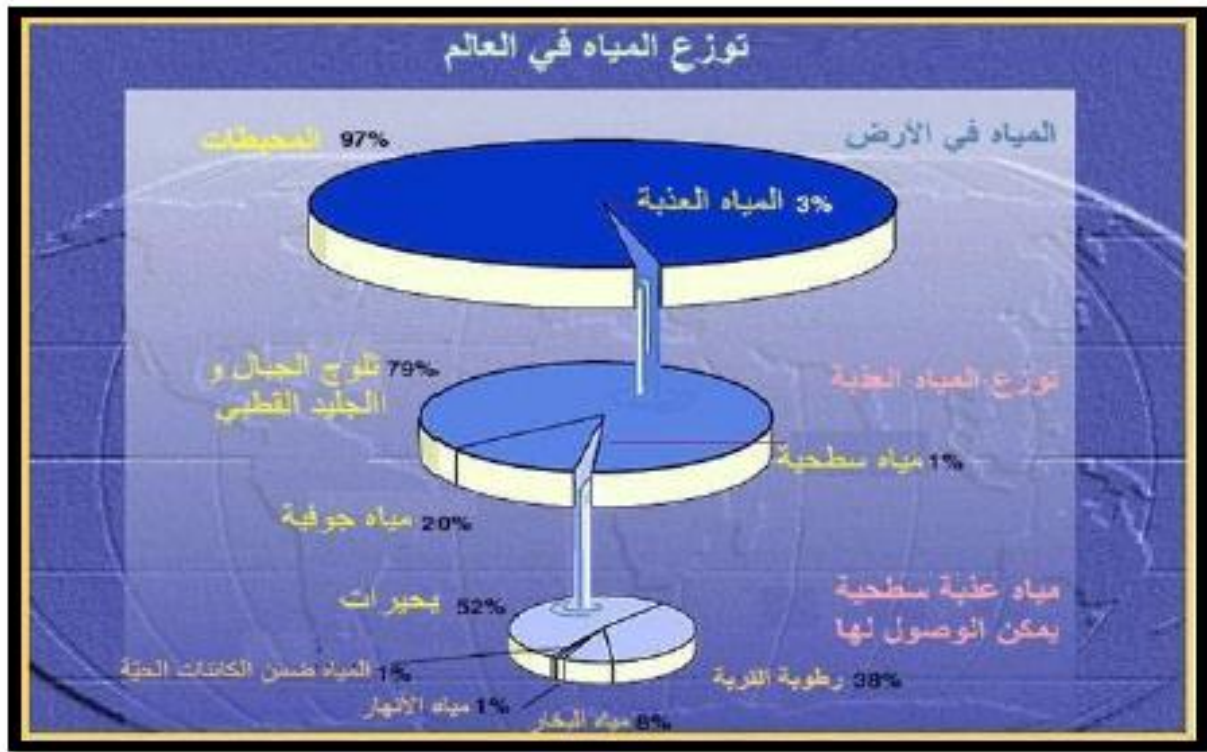
- مصادر المياه السطحية: وتشمل مياه الأنهار والبحيرات ومجري الوديان .
- ومصادر المياه الأرضية: وتشمل الآبار والينابيع والكهوف والدحول.



وإذا جاز التعبير عن المياه السطحية بأنها في حالة سريان وعبور فإن المصادر الجوفية تمثل المياه في حالة التخزين وقد تجمعت خلال قرون عديدة مع إضافات طفيفة من الأمطار الساقطة سنوياً وبذلك يتضح لنا أهمية المياه الجوفية كمصدر رئيسي يمكن أن يعتمد عليه إذا ما أحسن استغلاله لسد حاجة الإنسان والحيوان والنبات.

ولكن لعدم فهم كيفية تواجد المياه وحركتها في باطن الأرض ظل استخدامها محدوداً بل ويكاد يكون محصوراً في بعض المناطق الصحراوية القاحلة والتي لا تتوفر فيها مصادر مياه سطحية.

و في مطلع القرن الحالي ومع التطور الكبير في أدوات الحفر فقد تضاعفت عدة جهود لدراسة المياه الجوفية ومنذ ذلك الحين فقد بدأ الاعتماد على المياه الجوفية بشكل ملحوظ خاصة مع تزايد السكان في جميع أنحاء العالم وعدم كفاية المصادر السطحية لتغطية الاحتياجات المائية.



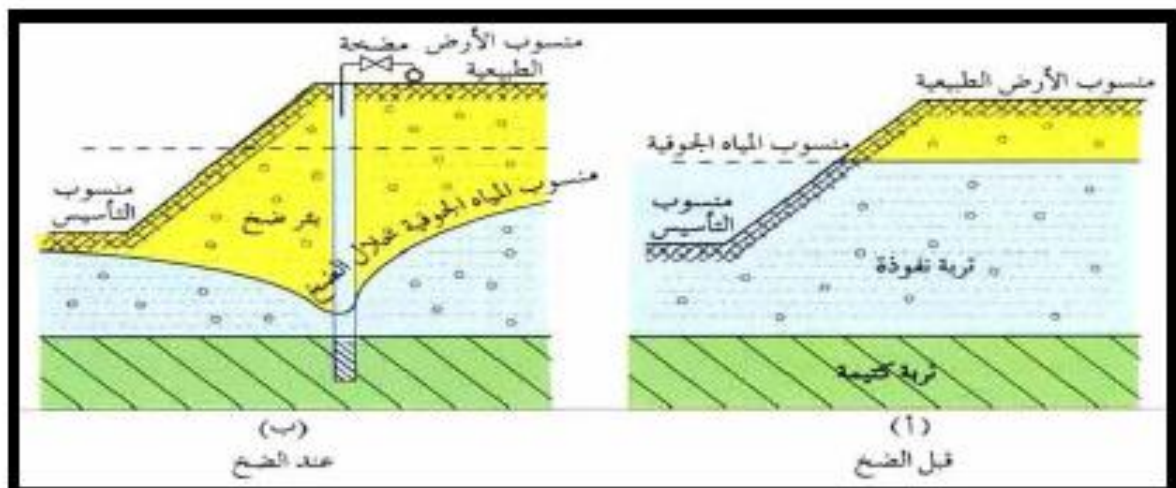
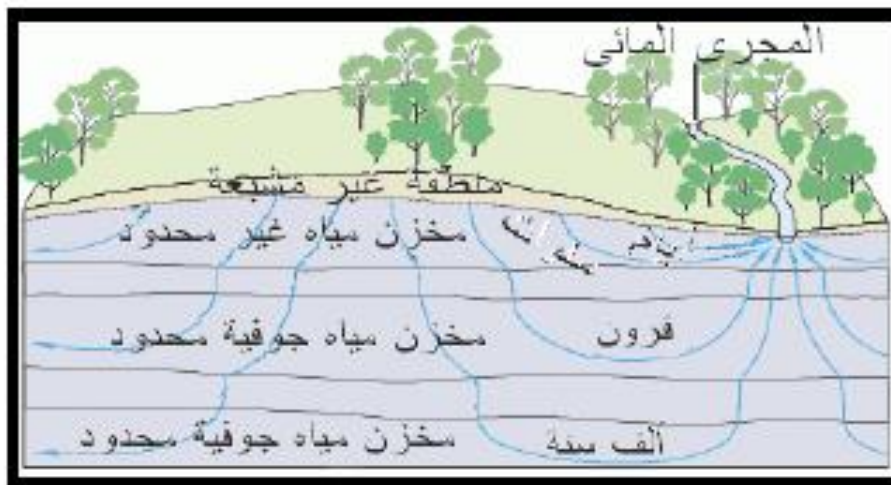
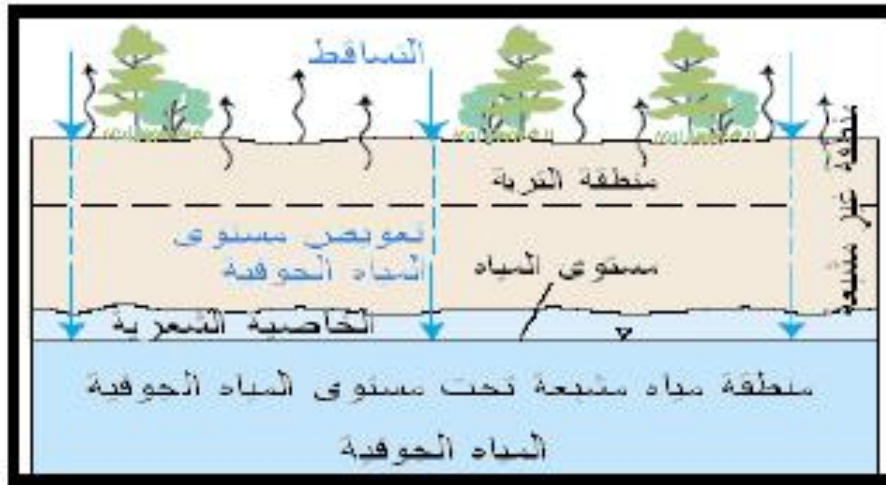
**(مصدر التغذية)** فكما كانت التربة مفككة وذات فراغات كبيرة ومسامية عالية ساعدت على التسرب الأفضل للمياه وبالتالي الحصول على مخزون مياه جوفية جيد بمرور الزمن. وتتم الاستفادة من المياه الجوفية بعدة طرق منها حفر الآبار الجوفية أو عبر الينابيع أو تغذية الأنهار.

وتقع المياه الجوفية في منطقتين مختلفتين وهما المنطقة المشبعة بالماء والمنطقة غير المشبعة بالماء:

**المنطقة غير المشبعة بالماء:** تقع مباشرة تحت سطح الأرض في معظم المناطق وتحتوي على المياه والهواء ويكون الضغط بها أقل من الضغط الجوي مما يمنع المياه بتلك المنطقة من

الخروج منها إلى أي بئر محفور بها، وهي طبقة مختلفة السمك ويقع تحتها مباشرة المنطقة المشبعة.

**المنطقة المشبعة** هي طبقة تحتوي على مواد حاملة للمياه وتكون كل الفراغات المتصلة ببعضها مملوءة بالماء ن ويكون الضغط بها أكبر من الضغط الجوي مما يسمح للمياه بالخروج منها إلى البئر أو العيون، تغذية المنطقة المشبعة يتم عبر ترشح المياه من سطح الأرض إلى هذه الطبقة عبر مرورها بالمنطقة غير المشبعة.





## طرق تكوين المياه في الطبيعة :

### ١- وهج الشمس (حرارة الشمس) :

إن أشعة الشمس الساقطة على أسطح البحار والمحيطات والبحيرات والأنهار تقوم بعملية تبخير المياه فيتصاعد إلى أعلى الغلاف الجوي فيتكثف على هيئة سحب وعندما يقابل منطقة باردة فتسقط الأمطار. يقول عز وجل: (وَجَعَلْنَا سِرَاجًا وَهَاجًا \* وَأَنْزَلْنَا مِنَ الْمُعْصِرَاتِ مَاءً تَجَاجًا) (سورة النبأ) .

### ٢- الرياح :

وللرياح دور فعال في عملية تليقح السحب حيث إنها تكون محملة بالغبار وذرات الملح الناعمة والتي تتكثف حولها قطرات الماء وبالتالي تتكون شحنات كهربائية موجبة وأخرى سالبة مما ينتج عنه برق ورعد ثم سقوط أمطار. يقول عز وجل: (اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَّاحَ فَتُبْرِئُ سَخَابًا فَيُنْزِلُ فِيهِ السَّمَاءَ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ كِسْفًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَالِهِ فَإِذَا أَصَابَ بِهِ مَنْ يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ إِذَا هُمْ يَسْتَبِقِرُونَ) الروم .

وتأمل معي المراحل التي حددتها الآية الكريمة :

- إرسال الرياح: لترفع ذرات الماء من البحار إلى الجو.

- إتارة السحاب: من خلال تليقحه وتجميعه.

- بسط السحاب: من خلال الحقول الكهربائية.

. جعله كسفاً: أي قطعاً ضخمة وثقيلة.

. نزول الودق: وهو المطر.

### ٣- الجبال :

عند اصطدام السحب بقمم الجبال الشاهقة الباردة تتولد السيول منهجرة إلى أسفل الجبال مكونة الأنهار ومنها ما يتخلل الصخور ذات نفاذية ومسامية مكونة المياه الجوفية. يقول تعالى: (وَجَعَلْنَا فِيهَا رِوَادًا وَغَابِغَاتٍ وَأَشْجَارًا كُنُوزًا) [المرسلات] .

### ٤- البراكين :

البراكين الصاعدة على ظهر الأرض أو تحت قيعان البحار والمحيطات فإنها تكون محملة بنسبة كبيرة تصل إلى حوالي ٧٠% مياه والباقي عبارة عن مكونات صخرية. يقول الله تعالى (أخرج منها ماءها ومرعاها) [النازعات: ٣١] .

### ما هي المصادر التي تعتمد عليها المياه الجوفية؟

- مياه الأمطار وهي المصدر الرئيسي لتلك المياه .
- ماء الصهير وهو الماء الذي يصعد إلى أعلى بعد مراحل تبلور الصهير المختلفة .

- الماء المقرون وهو الماء الذي يصاحب عملية تكوين الرسوبيات في المراحل المبكرة ويحبس بين أجزائها ومسامها .
- مياه المسطحات المائية والمصادر المائية المختلفة مثل البحيرات والأنهار والخزانات المائية.
- من خلال عمليات الرشح وهي من المصادر الصناعية للمياه الجوفية من خلال ما يتبقى من عمليات الري للمزروعات.

## تواجدها :

### قطاع المياه الجوفية :

وهي من اعلى الى اسفل :

توجد المياه الجوفية في الجزء العلوي من القشرة الأرضية والذي يعرف بمنطقة الشق الصخري. ولقد قسمت منطقة الشق الصخري إلى:

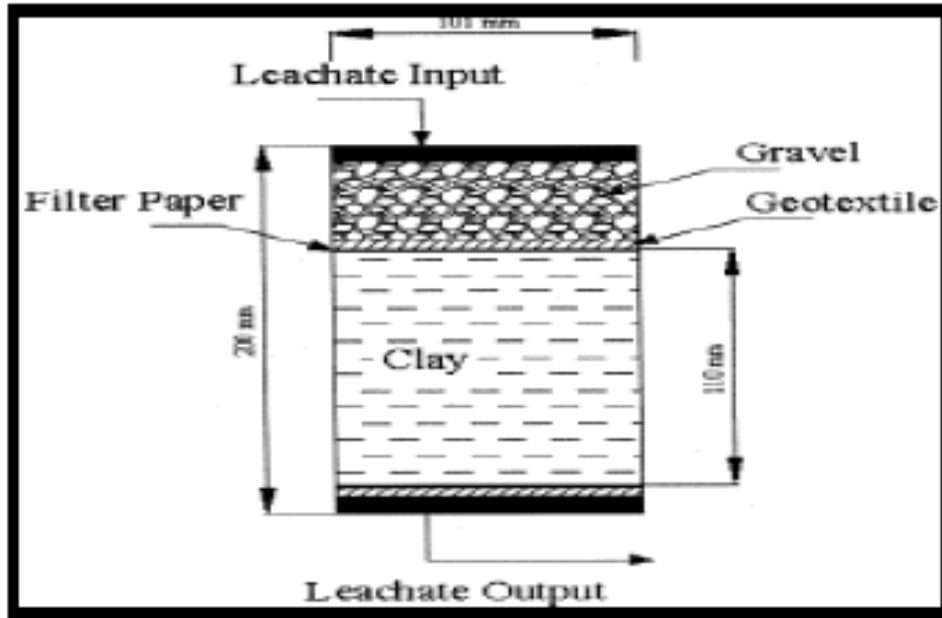
### أ- نطاق عدم التشبع او التهوية:

ويقصد بها المنطقة التي يتسرب منها ماء المطر الى نطاق الماء الجوفي وهو نطاق يتخلله الهواء ولايحتوي الا على القليل من الرطوبة . ويشمل الجزء العلوي من منطقة الشق الصخري حيث يمثلء معظم الفراغات الصخرية فيه بالهواء ويحتوي جزئيا على بعض الماء .

### – حركة الماء فى نطاق التهوية :

يتسرب ماء المطر المتساقط فى التربة التى تحتوى عادة على صلصال ناتج من عملية التجوية الكيميائية إلى صخر الأساس. ونتيجة وجود حبيبات الصلصال الدقيقة، فإن التربة تكون عموما أقل نفاذية من الحطام الصخري (الأديم) regolith الموجودة أسفلها والذي يحتوى على حبيبات أكبر حجما. وتعمل النفاذية المنخفضة وحبيبات الصلصال الدقيقة على أن تحتفظ التربة بجزء من الماء بسبب تأثير قوى الجاذبية الجزئية. وتسمى هذه الطبقة بطبقة التربة الرطبة layer of soil moisture . ويتبخر جزء من هذه الرطوبة مباشرة إلى الهواء، كما تمتص جذور النباتات الكثير منها، ثم تعود بعد ذلك إلى الغلاف الجوى أثناء عملية النتح. ويتسرب الماء الذي لم يتأثر بقوى الجاذبية الجزئية إلى أسفل فى التربة حتى يصل إلى منسوب المياه الجوفية تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية. ومع توالي سقوط الأمطار يتسرب المزيد من الماء فى الأرض، بينما يكون نطاق التهوية عموما أقرب إلى الجفاف بين فترات سقوط المطر باستثناء الحافة الشعرية وطبقة التربة الرطبة.



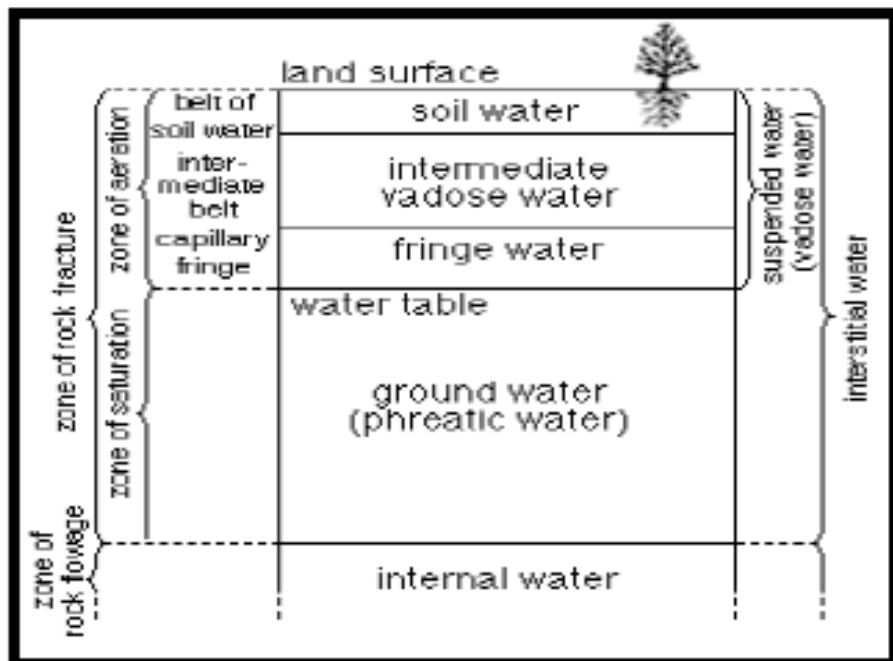


### ب- نطاق التشبع :

ويلى نطاق التهوية إلى أسفل ، وفيه تكون مسامات الصخور مملوءة كلياً بالماء ويطلق على المياه الجوفية الموجودة في هذا النطاق اسم المياه الأرضية ، ويعرف السطح العلوي لنطاق التشبع باسم منسوب الماء الأرضي water table .

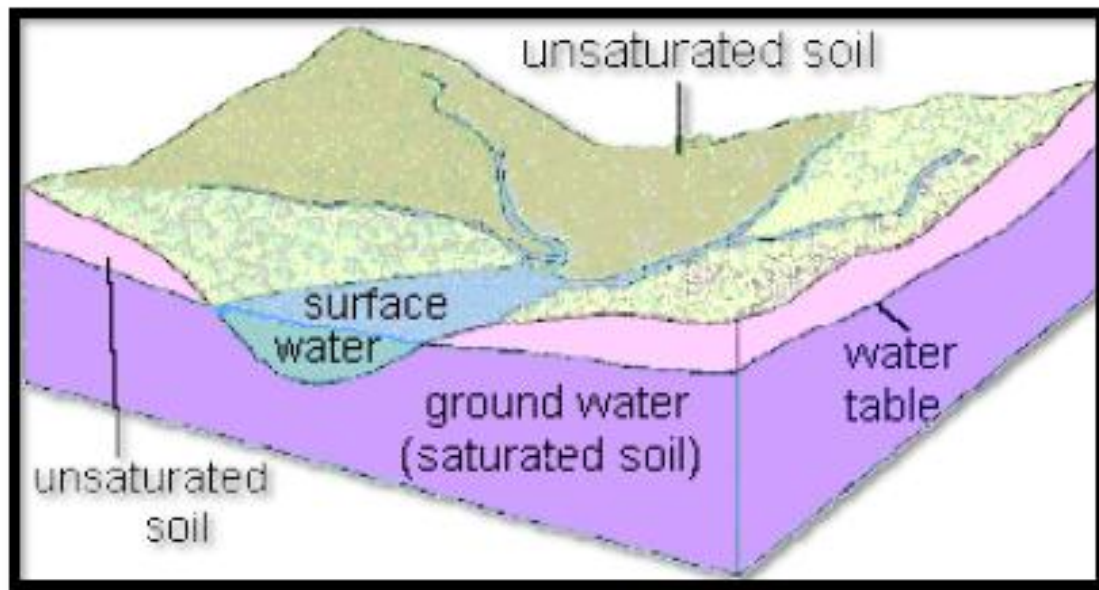
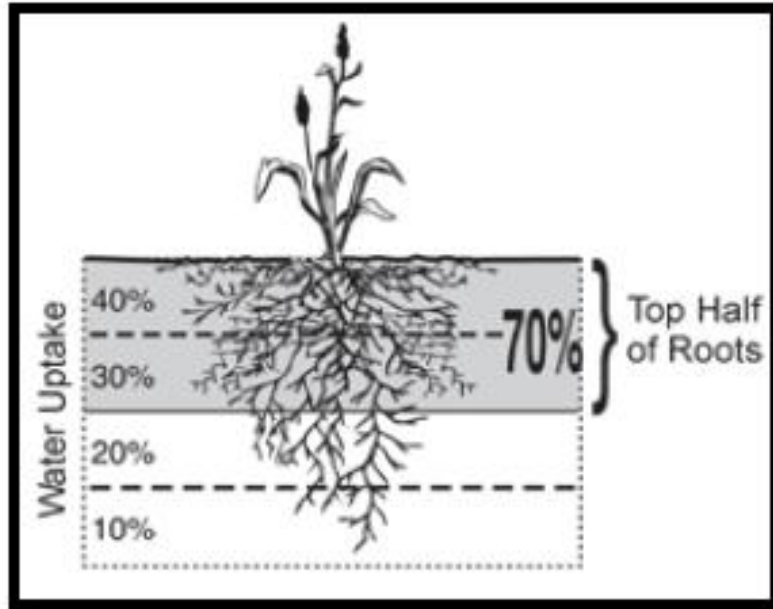
### ١- نطاق التشبع المتغير :

وهي المنطقة التي تعلو المياه الجوفية ويوجد بها الماء موسمياً نتيجة لزيادة الأمطار وتجف في مواسم الجفاف وقد يوجد بها الماء نتيجة للخاصية الشعرية وسمك هذا النطاق بتغير تبعاً لكمية الأمطار .



## ٢- نطاق التشبع الدائم :

وهي المنطقة التي تحتوي دائما على الماء الجوفي حيث يتواجد في مسام الصخور وشقوقه وقد يبلغ عمق هذا النطاق ١٠٠٠ متر ويحد هذا النطاق من اسفل طبقة صماء ومن اعلى مستوى الماء الجوفي .



## – حركة الماء في نطاق التشبع :

يطلق على حركة الماء الجوفي في نطاق التشبع مصطلح **percolation**، وهي عملية تشبه انسياب الماء من الإسفنج عند عصره بلطف. ويتخلل الماء ببطء في مسام صغيرة جدا ويتحرك عبر مجار مائية دقيقة. وتكون تلك الحركة أسهل عبر الأجزاء المركزية من الفراغات، ولكن تقل إلى الصفر عند جوانب كل فراغ بسبب قوى الالتصاق الجزيئي **molecular attraction**.



ويتحرك الماء تحت تأثير الجاذبية الأرضية من المناطق التي يكون فيها منسوب المياه الجوفية عالياً إلى المناطق التي يكون منسوب الماء فيها منخفضاً. ومعنى ذلك أن الماء يتحرك عموماً في اتجاه المجاري المائية أو البحيرات على سطح الأرض ويتحرك بعض الماء فقط أسفل منسوب المياه الجوفية مباشرة متبعاً أقصر الطرق، بينما ينساب معظم الماء في مسارات طويلة ومنحنية تمتد بعيداً في باطن الأرض. كما تتجه بعض المسارات العميقة إلى أعلى ضد الجاذبية الأرضية، حيث تدخل المياه الجوفية إلى بحيرة أو مجرى مائي، ويحدث هذا الانسحاب لأعلى عندما يكون الماء واقفاً تحت تلة أو مرتفع ويكون على أي مستوى في نطاق التسبغ، لأنه يكون حينئذ واقفاً تحت ضغط أعلى من الضغط الموجود أسفل المجرى المائي. ولذلك يميل الماء لأن ينساب ناحية النقاط التي يكون الضغط فيها أقل ما يمكن. ومع ذلك، تتحرك معظم المياه الجوفية التي تدخل إلى المجرى المائي على امتداد مسارات ضحلة ليست بعيدة عن منسوب المياه الجوفية.

### ج - سرعة انسياب المياه الجوفية:

انحدار سطح المياه الجوفية عن طريق قياس الفرق في الارتفاع بين نقطتين ( $h_1$  و  $h_2$ ) تقاس على هذا السطح وقسمة الناتج على المسافة الأفقية بين النقطتين. ويطلق على قيمة الانحدار الناتج عموماً التدرج الهيدروليكي  $hydraulic\ gradient$ . وهكذا تتناسب سرعة الماء الأرضي ( $V$ ) مع التدرج الهيدروليكي.

وفي منتصف القرن التاسع عشر توصل المهندس الفرنسي دارسي  $Henri\ Darcy$  إلى أن سرعة الماء الرضوي لا ترجع إلى انحدار منسوب الماء الجوفي (الانحدار الهيدروليكي) فقط ولكن إلى نفاذية الصخر الذي ينساب الماء خلاله أيضاً. وقد اقترح دارسي معادلة يربط بها بين النفاذية وعجلة الجاذبية الأرضية ولزوجة الماء المقسار إليه بمعامل ( $K$ ). ويسمى هذا المعامل بمعامل النفاذية  $coefficient\ of\ permeability$ ، وهو يقاس ببساطة السيولة التي يتحرك بها الماء خلال الصخر.

### أنواع المياه الجوفية:

#### وتوجد أربعة أنواع من المياه الباطنية:

(أ) مياه باطنية عذبة أو ملحة: إختزنّت في صخور رسوبية أثناء عمليات ترسيبها ومازالت تحتويها هذه الصخور حتى وقتنا الحالي، وتعرف بالمياه الحفرية

(ب) مياه باطنية عذبة: ترتبط بعمليات النشاط الناري، أو تحرك كتل من الصهير فوق قشرة الأرض أو صوب سطحها، وما ينجم عن هذه الحركة من إطلاق مياه ساخنة تحتوي على بعض العناصر المعدنية، تم إختزانها في الفراغات البينية التي توجد بين جزيئات الصخر، وتعرف هذه المياه عادة بمياه الصهير أو المياه الحديثة.

**(ج) مياه باطنية ملحة:** توجد تحت سطح الأرض في المناطق الساحلية وترجع هذه المياه أصلاً إلى مياه المحيطات والبحار التي تتسرب في صخور اليايس وتكويناته وتسمى بالمياه البحرية أو المحيطية.

**(د) مياه باطنية عذبة:** مستمدة من مياه التلوج أو الأمطار التي تتسرب في باطن الأرض وتسمى بالمياه الجوفية لأنها ترتبط بخواهر الطقس والجو ممثلة في ظاهرة التساقط. ويمثل هذا النوع أهم أنواع المياه الباطنية.

فمياه الأمطار إذن، تمثل المصدر الرئيسي لأهم أنواع المياه الباطنية، ويتوقف تسرب هذه المياه إلى باطن الأرض على نوع الصخور، وما إذا كانت هذه الصخور من النوع المتماسك أو النوع غير المتماسك، فمياه الأمطار عندما تسقط فوق منطقة تتألف من رمال سائبة، سرعان ما تتسرب عقب سقوطها في تكوينات الرمال التي تكاد تختفي منها المجاري السطحية للمياه، كما أنه إذا ما سقطت مياه الأمطار على منطقة تتألف من صخور رمالية أو طباشيرية فلا بد أن يتسرب جزء كبير منها خلال هذه الصخور المتماسكة على وجود الشقوق والمفاصل فيها إذ تتسرب مياه الأمطار في جوف الأرض إذا ما هطلت فوق منطقة تتألف من صخور جيرية كثيرة الشقوق والمفاصل. ويمكن القول بصورة عامة، بأن مياه الأمطار عندما تتساقط على منطقة متدرجة النحدر تقع في عروض معتدلة، وتنقسم إلى ثلاثة أقسام شبه متساوية: قسم يجري على سطح الأرض في صورة أنهار ومجار مائية، وقسم ثان يتسرب إلى باطن الأرض، وقسم ثالث يعود إلى الجو ثانية على شكل بخار قبل ملامسته لسطح الأرض.



و بناء على ما سبق فإنه يمكن تقسيم التكوينات الجيولوجية إلى أربعة أنواع وهي:

• الخزان المائي (Aquifer):

هو تكوين جيولوجي تحتوي مواده الصخرية على فتحات مملوءة بالمياه وتكون هذه الفتحات كبيرة بحيث تسمح بحركة المياه من خلالها ومن أمثلته الطبقات المكونة من الرمل والحصى.

• المعوق المائي (Aquitard):

هو تكوين جيولوجي تحتوي مواده الصخرية على فتحات مملوءة بالمياه وتكون هذه الفتحات صغيرة نسبياً أو غير متصلة بحيث تعوق حركة المياه من خلالها بدرجة كبيرة ومن أمثلته الطبقات الرملية الطينية.

• العازل أو الفاصل المائي (Aquiclude):

هو تكوين جيولوجي تحتوي مواده الصخرية على فتحات قد تكون مملوءة بالمياه ولكن هذه الفتحات دقيقة جداً بحيث لا تسمح بحركة المياه من خلالها ومن أمثلته الطبقات الطينية.

• المهرب المائي (Aquifuge): هو تكوين جيولوجي من الصخور الصلبة لا تحتوي على مياه وإن وجدت فإنها لا تستطيع الحركة من خلال مادته الصخرية لأنها لا تحتوي على فتحات ومن أمثلته الجرانيت.



## أسباب تلوث المياه الجوفية:

- تواجد الآبار الجوفية بالقرب من مجاري الفيضانات، والسيول المختلفة، مما يؤدي إلى تعريضها لخطر التلوث بالملوثات التي تحملها هذه الملوثات معها.
- وجود الاختلالات في تصميم آبار المياه الجوفية، بالإضافة إلى عدم الاعتناء الكامل بعزل بعض الآبار التي تعتبر مهجورة إلى حد ما؛ مما يسمح للملوثات المختلفة المدفونة في باطن الأرض بالوصول إلى المياه الموجودة في مثل هذه الآبار وتلويثها، وإفسادها.
- تواجد خطوط وآبار المجاري الصحية، بالإضافة إلى آبار البالوعات بالقرب من مصادر المياه الجوفية، مما يسبب تلوث هذه المياه عن طريق عدة احتمالات مختلفة.
- التخلص السليبي من أنواع النفايات، والقنورات، والمياه العادمة التي تنتج إما عن الاستهلاك الإنساني، أو الحيواني، أو الصناعي، أو الزراعي، مما يسبب حالة التلوث هذه التي تقضي بشكل نهائي على المياه الجوفية.
- التلوث من خلال ما يعرف بتداخل مياه البحر، حيث تحدث هذه الظاهرة عندما تكون الآبار الجوفية قريبة إلى حد ما من المسطحات المائية الكبيرة كالبحار، والمحيطات، خاصة مع وجود صخور لها نفاذية مرتفعة إلى حد ما مما يسمح بوصول المياه المالحة إلى المياه الجوفية وتلويثها.
- تلوث المياه الجوفية بمادة الزرنيخ، حيث يعتبر هذا التلوث من أخطر أنواع التلوثات على الإطلاق؛ ذلك أن تسرب مادة الزرنيخ إلى المياه الجوفية يتسبب بانتشار أنواع السرطانات المختلفة بين الناس، عدا عن تسببه بأمراض القلب، بالإضافة إلى العديد من الأمراض الأخرى.