الهيدرولوجي /نظري

Hydrology

وهو العلم الذي يتعامل مع تواجد وحركة وتوزيع الماء على سطح الارض والغلاف الجوي . وهذه الكلمة تتكون من مقطعين Hydro وتعني الماء باللغة اللاتينية و logy وتعني علم .

ويعتبر احد فروع علم الأرض, فهو يتعامل مع الماء في الجداول والأنهار والبحيرات , فضلا عن الإمطار والثلوج , وهو يدرس أيضا الكتل الجليدية والثلاجات في المناطق القطبية ، وكذلك الماء الموجود تحت سطح الأرض وفي مسام الدقيقة للتربة والصخور (المياه الجوفية) .

وبصورة عامة فأن الهيدرولوجي موضوع واسع جدا وذو طبيعة متشعبة ,ويستند في تفسيراته على العلوم الأخرى المتجانسة معه مثل علم الأنواء الجوية والجيولوجيا والإحصاء والكيمياء والفيزياء وعلم ميكانيك الموائع . ويعد الهيدرولوجي من العلوم الأساسية والتطبيقية مثل **الهيدرولوجية الهندسية أو التطبيقية** : الدراسة التي تتعامل مع التطبيقات الهندسية مثل :-

أ- تقدير الموارد المائية
ب- دراسة العمليات المتعلقة بالدورة الهيدرولوجية مثل التساقط والسيح والتبخر الكلي والتداخل بينها
ج – دراسة المشكلات مثل الفيضانات وطرق الحد منها وتقليل مخاطرها .

الدورة الهيدرولوجية Hydrological cycle:

الماء الموجود على سطح الأرض يتواجد اما سائل وصلب اوغاز وبدرجات متفاوتة من الحركة ,عند اعتبار نقطة بداية الدورة الهيدرولوجية هي وجود الماء في المحيطات ocean وتعد الشمس المصدر الرئيسي للطاقة الحرارية التي تستلمها جزيئات الماء الموجودة في المسطحات المائية كمحيطات والبحار حيث تكتسب جزيئات الماء الطاقة الحرارية من اشعة الشمس وتودي هذه الطاقة الى حركة جزيئات الماء بعضها على بعض الاخر مما يودي الى تحويل الطاقة الحرارية الى طاقة حركية والتي تودي الى انطلاق جزيئات الماء من المسطح المائي الى الغلاف الخارجي فوق المسطحات المائية ،وفي النهاية تتحول جزيئات الماء السائل الى بخار لينطق نحو الغلاف الجوي ثم يبدا هذا البخار بالتكاثف عند توفر الظروف الملائمة في طبقات الجو العليا لوجود دقائق الغبار التي تساعد على تجمع البخار المتكاثف بهيئة دقائق وعند كبر هذه الدقائق في الحجم تسقط على شكل سواقط (precipitation) كي يرجع ثانية بسلسلة من العلميات لتصل الى المحيطات وقد يحصل للسواقط تبخر قبل ان تصل الى المسطحات المائية عند ارتفاع درجات الحرارة ،او قد يحصل لها حجز من قبل الغطاء النباتي وتسمى عملية الحجز(Interception) وهذه المياه المحجوزة قد يحصل لها تبخر قبل وصولها الى سطح الارض كي ترجع ثانية للغلاف الجوي او قد تتحرك عبر الاغطية الخضرية والسيقان لتصل الى سطح الارض وتدخل الطبقات السطحية للارض بعملية يطلق عليها غيض الماء Infiltration) مما يودي الى زيادة محتوى الرطوبة للتربة وقد يصل الى المياه الجوفية .عندما تحتوي التربة على غطاء نباتي فان هذه النباتات سوف تمتص ماتحتاجه من ماء لغرض بناء انسجتها والقيام بالعمليات الحيوية واطلاق ماتبقى من هذه المياه عن طريق الثغور الموجودة على سطح الاوراق بعملية يطلق عليها بالنتح Transpiration او قد يحصل تبخر للماء من سطح الارض عند ارتفاع درجات الحرارة والتي تودي الى

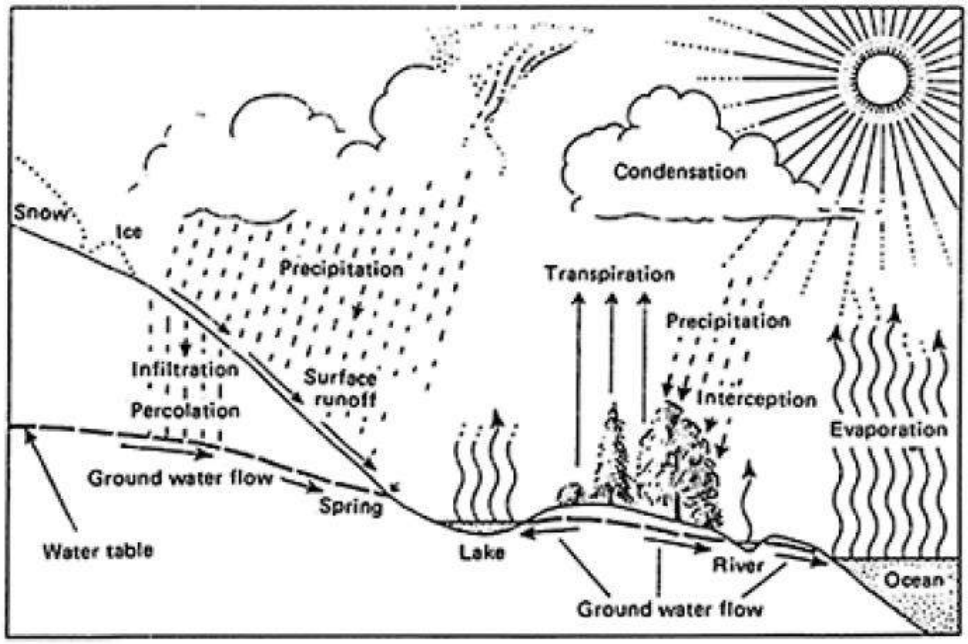
انطلاق جزيئات الماء بعد تحول الطاقة الحرارية الى طاقة حركية وترجع الى الجو ثانية بهيئة بخار (الحالة الغازية) او قد تصل هذه المياه الى المياه الجوفية Ground water ويتحرك في طبقات الصخور والرواسب بعيدا عن سطح الارض ثم ليعود الى الظهور على سطح الارض على شكل عيون وينابيع ويتربط بالانهار والبحيرات والمسطحات المائية .او قد يحصل السيح السطحي surface Runoff مكونا مجرى مائي يسمى Stream flow . ان هذه العمليات تكون مايعرف بالدورة الهيدرولوجية والتي تشمل عمليات معقدة ويستمر حدوثها يوميا ليلا ونهارا وعلى مدار السنة وتشمل عدة مسارات وان كل مسار من مساراتها يتضمن واحدا او أكثر من المظاهر الآتية :

1. نقل الماء
2. خزن وقتي للماء
3. تغيير حالة الماء

وعليه يمكن وصف الدورة الهيدلولوجية من خلال هذه المسارات واعتمادا على معادلة الاستمرارية بمعادلة الموازنة المائية

كتلة الماء الداخل – كتلة الماء الخارج = كتلة الخزين المائي

نلاحظ ان مجموع مصادر المياه على سطح الارض قد يكون ثابتا وان الشمس تعد مصدر للطاقة الخاصة بالدورة الهيدرولوجية والمعروفة بمختلف العمليات مثل التبخر السقيط وجريان الماء الجوفي وان الاعاقة التي تحصل لاي عملية من هذه العمليات قد تودي الى حدوث خلل في جزء من الدورة الهيدرولوجية اضافة الى ان التقاطع الذي يحصل في مرحلة واحدة قد يسب خللا في الدورة الهيدرولوجية.



الشكل (1) الدورة الهيدرولوجية

واخيرا يمكن القول بان العناصر الرئيسية في الدورة الهيدرولوجية تشمل كل من

1-السقيط Precipitation

2- التبخر-نتح Evapotranspiration

3- الغيض Infiltrations

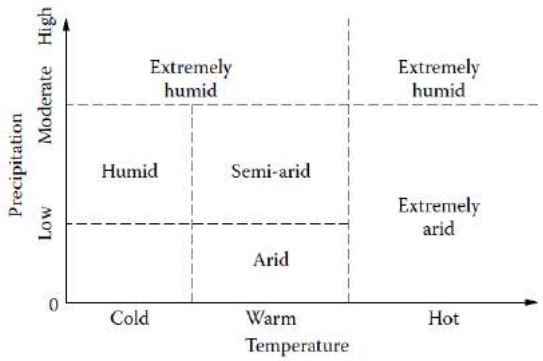
4-السيح Runoff

5 –المياه الجوفية Ground water

6- الحجز Interception

المعلومات الهيدرولوجية التي نحتاجها في دراستنا (او الدراسات الهيدرولوجية)

1- معلومات مناخية للمنطقة لمعرفة نوع المناخ (جاف ، شبه جاف ، رطب .....)



2- معلومات الطقس :- وتشمل درجات الحرارة سرعة الرياح والرطوبة الجوية ...الخ

3- تسجيل معلومات السواقط : كمية الأمطار الثلوج الندى ...الخ

4- تسجيل تصاريف الأنهار والجداول.

5- نوع المحاصيل وحاجتها للماء

6- التذبذب في منسوب الماء الجوفي

7- معلومات عن التبخر-نتح

8-خصائص غيض التربة في المساحة المخصصة للدراسة

9- نوعية مياه الأنهار و المياه الجوفية

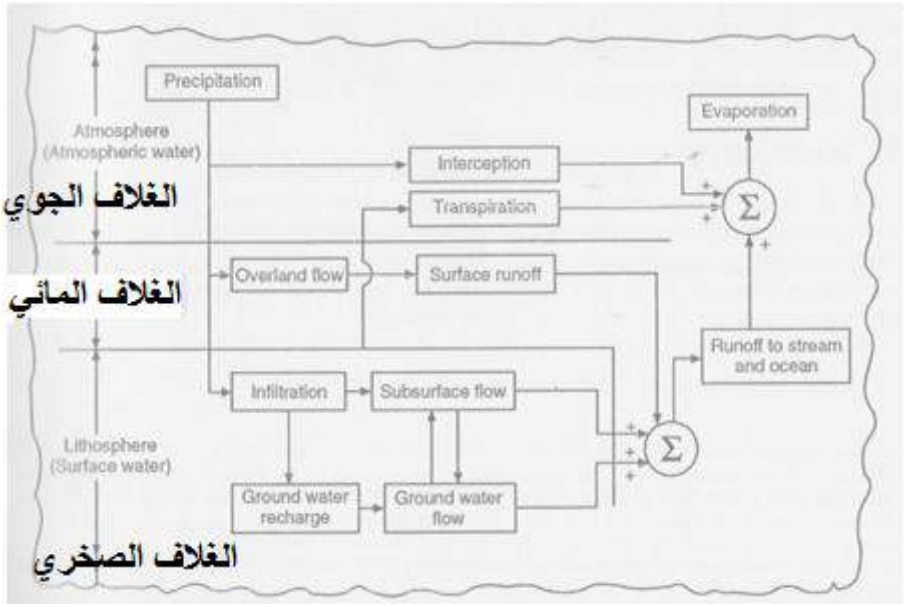
10- دراسة الخصائص المورفولوجية للأحواض مثل كثافة قنوات التصريف ورتبة الجدوال

علاقة الماء باغلفة الأرض :-

1- الغلاف الجوي Atmosphere ويتعلق بالعوامل المناخية (مثل الأمطار والتبخر)

2- الغلاف المائي Hydrosphere ويتعلق بـ الهيدرولوجي Hydrology والجريان السطحي

3- الغلاف الصخري Lithosphere ويتعلق بـ الهيدروجيولوجي Hydrogeology ويشمل الغيض والجريان غير السطحي وتغذية المياه الجوفية



مخطط يوضح علاقة الماء مع انطقة الأرض المختلفة

<u>التطبيقات الهيدرولوجية :-</u>

أن اكبر تطبيق للهيدرولوجي هو في تصميم مشاريع الموارد المائية وتشغيلها مثل :

1. – تصميم وادرة مشاريع الري Irrigation projects والمنشات الهيدروليكية
2. تجهيز الماء water supply
3. السيطرة على الفيضانات flood control
4. توليد الطاقة الكهربائية Hydropower generation
5. الملاحة.
6. السيطرة على التعرية ونقل الرواسب
7. حماية الأسماك والإحياء المائية
8. معالجة التلوث والملوحة

9. الاستخدامات السياحية للمياه

وتحتاج التحريات الهيدرولوجية لتقديرات وافية لجميع العوامل الضرورية الاتية :

1. سعة الخزين في منشآت الخزن مثل الخزانات والسدود.
2. كميات وحجوم الجريان في الفيضان لجعله قادرا على التصريف المناسب كي يقلل من مخاطر الفيضانات
3. السيطرة على كميات الجريان من مصادر مختلفة للماء.
4. التداخلات في موجات الفيضان والمنشآت الهيدروليكية مثل السدود والجسور والخزانات .

في الماضي فشلت كثير من المشاريع نتيجة تقديرات غير ملائمة للعوامل الهيدرولوجية , مثلا

1. انهيار سدود ترابية نتيجة لارتفاع منسوب الماء وعجز في سعة خزن المياه الفائض .
2. سقوط جسور وقناطر نتيجة لزيادة في الجريان الماء نتيجة الفيضانات.

3- القصور في كمية وامكانية امتلاء الخزانات الكبيرة بالماء نتيجة لزيادة حجم الجريان في المجاري المائية .

ان مثل هذا الفشل يسمى بالفشل الهيدرولوجي نتيجة لعدم الدقة في الدراسات الهيدرولوجية الملازمة لهذه المشاريع .

تأثيرات التغيرات المناخية على الدورة الهيدرولوجية والموارد المائية

impact of Climate change on hydrological cycle and water resources

1- زيادة مقدار وتكرار الاحداث المناخية الشديدة مثل موجات الحر ، امطار كثيرة غير مسبوقة ، وعواطف رعدية.

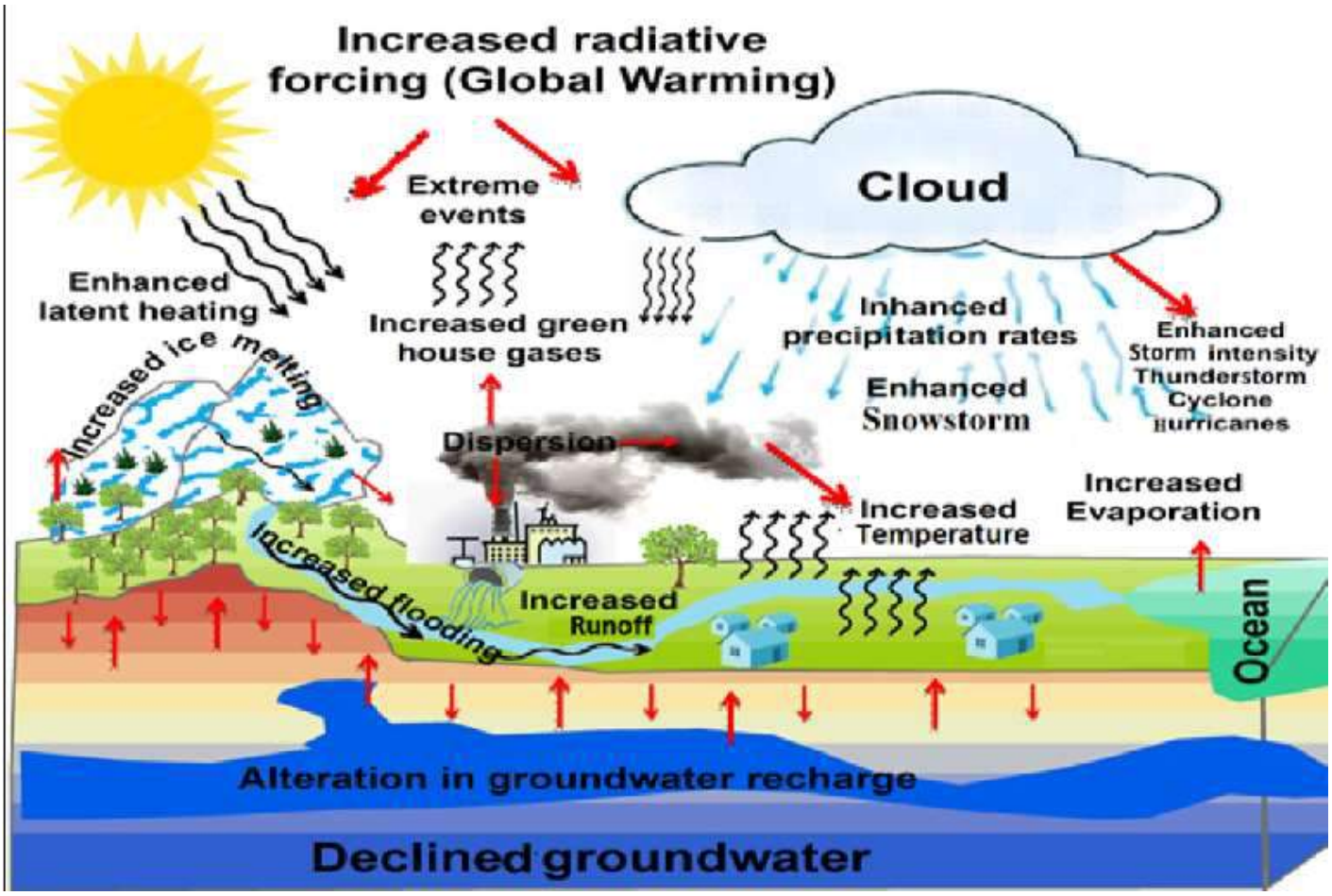
2- نوعية المياه سوف تتاثر بشكل سلبي بسب ارتفاع درجة الحرارة ، مما يقل من ذوبان الاوكسجين في المياه وبالتالي يقلل من قدرة الاجسام المائية من التنقية الذاتية للمياه ، وتزداد ايضا ملوحة مياه بسب ارتفاع معدلات التبخر.

3- تلوث المياه اما بسب الفيضانات او بسب ارتفاع تراكيز الملوثات في المياه خلال فترات الجفاف

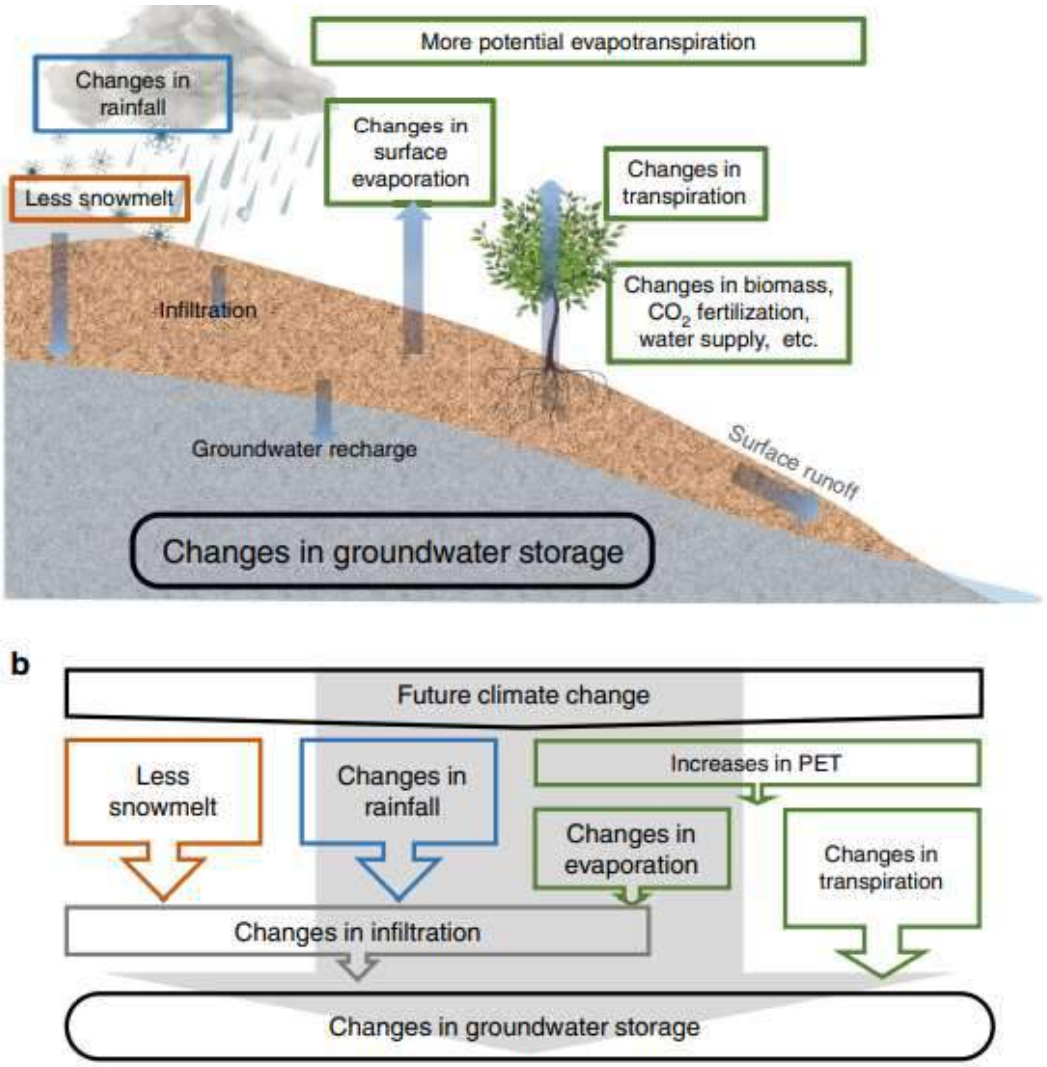
4- تسارع ذوبان الثلوج والذي له تاثير سلبي على مصادر المياه في المناطق الجبلية والاراضي المجاورة لها

5- انخفاض في الامطار سوف يقلل من رطوبة التربة وجريان المياه في الانهار ويقلل من وتغذية المياه الجوفية ولكن التأثير المباشر يعتمد خصائص التربة الموقعية ، الغطاء النباتي واستخدام الاراضي . وايضا وزيادة التبخر في الاجسام المائية بسب ارتفاع درجات الحرارة.

6- مخاطر غير مباشرة مثل زيادة استهلاك الوقود (الطاقة) ، الامن الغذائي ، التطور الاقتصادي والصراع على المياه .



تاثيرات التغيرات المناخية على الدورة الهيدرولوجية في الطبيعة .

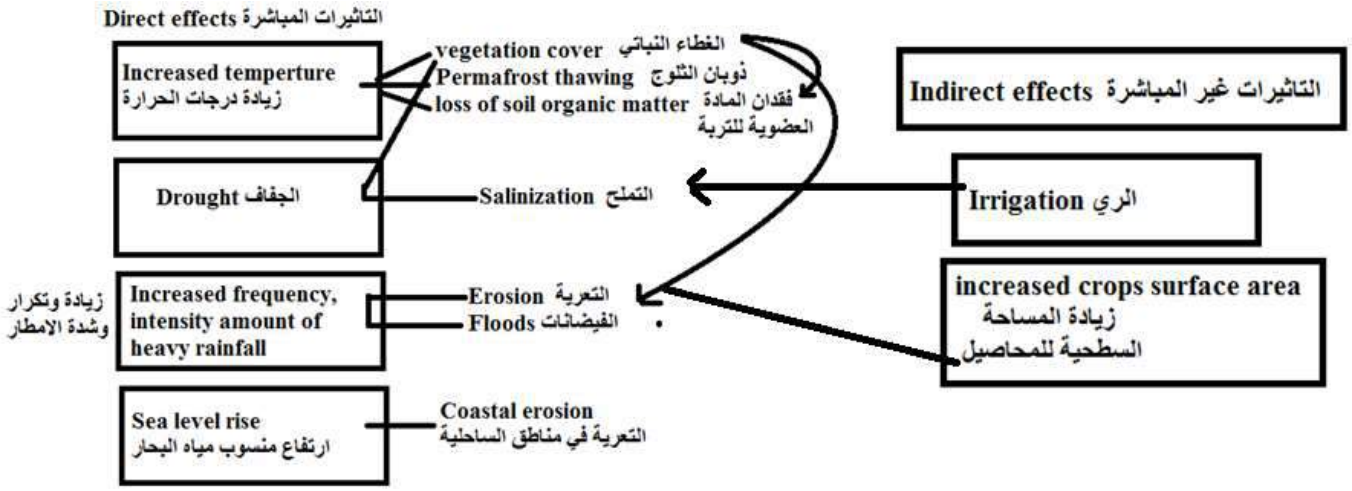


تاثير التغيرات المناخية على المياه الجوفية

تأثيرات التغيرات المناخية على الأراضي والتربة

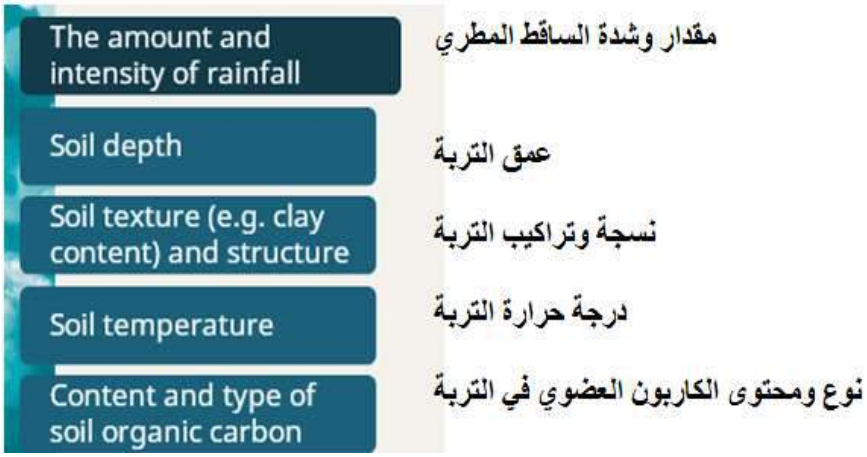
Climate change strongly effects land and soil

ان التغيرات المناخية لها تاثيرات سلبية على المياه و التربة وتشمل فقدان المادة العضوية والتنوع الحياتي للتربة soil biodiversity ، حيث ان التربة المتدهورة لها قدرة اقل على خزن CO_2 بالمقارنة بالتربة الجيدة والصحية Healthy soil ، ان ازياد انبعاث غاز CO_2 يلعب دور رئيسي في التغيرات المناخية والاحتباس الحراري وارتفاع درجة حرارة الارض .



Improving water efficiency in Agriculture تحسين من كفاءة المياه في الزراعة

التغيرات المناخية توثر على جميع عناصر الدورة الهيدرولوجية بشكل سلبي ، ولخزن فعال وجيد المياه في التربة ذلك يتأثر بالعوامل التالية



1- مقدار الأمطار وشدتها :-

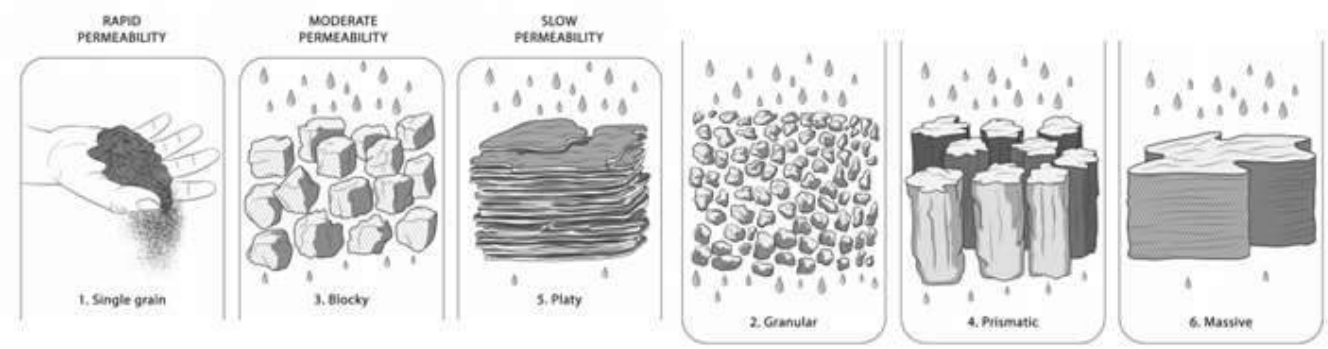
الامطار المثالية تكون بكميات كبيرة وكافية ، ولكن بشدة قليلة low rain intensity وذلك سوف يزيد من غيض التربة وبالتالي يزداد خزن الماء في التربة . الشدة العالية للامطار سوف تزيد من الجريان السطحي runoff ويقل الغيض infiltration وخزن الماء في مقد التربة .

2- عمق التربة :-

مقطع التربة الاكثر عمقا deeper soil profile يسمح بخزن كمية اكبر من المياه في التربة لاغراض الاستفادة منه في الزراعة .

3- نسجة التربة وتراكيب التربة :-

نسجات والتراكيب التربة المختلفة ، تسبب اختلاف في نفاذية التربة بدرجات متفاوتة وكذلك في قدرتها على حفظ وحماية المادة العضوية . بشكل عام التربة ناعمة النسجة مثل التربة الطينية وذات البناء الجيد سوف تخزن مزيد من المياه بالمقارنة بالتربة خشنة النسجة coarse texture مثل التربة الرملية التي تخزن مياه اقل . اما تراكيب التربة فيكون البناء الفتاتي Crumbly structure يمتص دقائق التربة المياه بسرعة اكبر من التربة المضغوطة compacted soil .



4 – درجة حرارة التربة:

مع ارتفاع درجة حارة التربة ذلك سوف يزيد من التبخر وفقدان رطوبة التربة ويقلل من خزين الماء في التربة ، ولكن عند درجات الحارة المنخفضة جدا تكون حركة الماء قليلة وتقل جاهزية الماء للمحاصيل .

5- محتوى التربة من المادة العضوية :

التربة الحاوية مادة عضوية مستقرة من مثل الدبال Humus الذي يكون له القدرة على حزن الماء 7 مرات اكبر من وزنه ، وبالتالي مع ازيادة المادة العضوية في التربة يزداد قدرتها على خزن الماء في التربة .

السواقط كعملية طبيعية Precipitation as process

هي انطلاق الماء (بحالاته الثلاثة) من الغلاف الجوي Atmosphere ليصل الى سطح الارض ، وتشمل كل الثلوج والمطر والحالوب والصقيع والندى .وتعتبر السواقط المصدر الرئيسي للماء في الاحواض النهرية river catchment area ، تتغير كمية مياه الامطار مع الزمان والمكان اضافة الى التغيرات التي تحصل خلال فصول السنة .الامطار تقاس بدلالة العمق مثل (سم ، ملم) ، نسبيا قياس الامطار يكون اسهل بالقياس بالمقارنة بالسواقط الاخرى مثل الثلوج .

تكوين السواقط Precipitation formation

قدرة الهواء على مسك بخار الماء يعتمد على درجة الحرارة . الهواء البارد يحتفظ باقل كمية من بخار الماء .عند تبريد جسم الهواء الدافى والرطب سوف يصبح مشبع ببخار الماء واخيرا فان بخار الماء سوف يتكثف الى ماء ،الماء لن يتكثف تلقائيا وانما يحتاج الى دقائق صغيرة موجودة في الغلاف الجوي تسمى دقائق التكثيف condensation nuclei لتكون قطرات من الماء او الثلج .

نحتاج الى 4 عوامل من اجل تكوين السواقط

1- تبريد في الغلاف الجوي Atmospheric cooling مع وجود مقدار كافي من بخار الماء في الجو

2- وجود دقائق في الغلاف الجوي Atmosphere condensation nuclei تساعد على التكاثف

3-نمو قطرات الماء او قطع الثلج growth of water /ice droplet

4- ميكانيكة تسبب تكثيف وتكون قطرات المطر mechanics to cause sufficient density of the droplet

1- تبريد الغلاف الجوي :-

تبريد الغلاف الجوي يحدث خلال عدة علميات تحدث بشكل تلقائي ،الشكل الشائع للتبريد يكون خلال رفع الهواء uplift الى الاعلى، مع ارتفاع الهواء سوف يقل الضغط بسب انخفاض درجات الحرارة ، وانخفاض درجة الحرارة سوف يقلل من الاحتفاظ ببخار الماء في الهواء والظروف تكون ملائمة للحصول التكثيف .

2- وجود دقائق التكثيف في الغلاف الجوي condensation nuclei

عبارة عن حبيبات صغيرة تكون معلقة في الجو والتي توفر سطح لبخار الماء لحصول التكثيف الى سائل ،وعادة تكون اقل من 1 micron كقطر. يوجد عدة انواع من هذه الدقائق مثل حبيبات الرمل الناعمة و الاملاح وحبيبات الدخان . المطر الصناعي generating artificial rainfall يكون بنفس الفكرة ، حيث تجهيز هذه الحبيبات في الغيوم بطريقة تسمى cloud seeding باستخدام بعض المواد الكيمائية مثل ايوديد الفضة، او ثنائي اوكسيد الكاربون المتجمد ويتم اسقاطها من قبل الطائرات لتفعيل دقائق التكثيف وحصول السواقط .

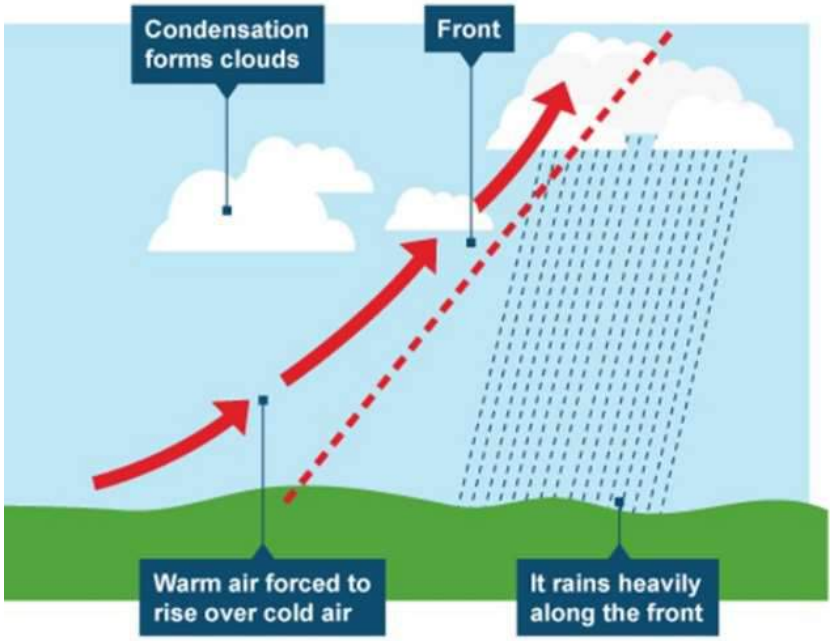
3- نمو قطرات الماء

قطرات الماء التي تتكون حول دقائق التكثيف ،عادة تكون صغيرة جدا لكي تسقط بشكل مباشر على الارض، لان يوجد قوة الرفع في الغيوم تكون اكبر من قوة الجاذبية التي تسحب القطرات نحو الاسفل (الجاذبية) وللتغلب على هذه القوى من الضروري ان تنمو القطرات من الحجم الاولي 1 مايكرون الى حوالي 3000 مايكرون (3mm) الفرق في ضغط البخار بين القطرات الماء والجو المحيط والذي يسمح بالنمو خلال عملية التكثيف حيث تتصادم القطرات مع بعضها لتكون قطرات كبيرة لكي تسقط باتجاه الاسفل الى سطح الارض على شكل سواقط .

<u>انماط السواقط المتكونة :-</u>

1-الجبهة Front

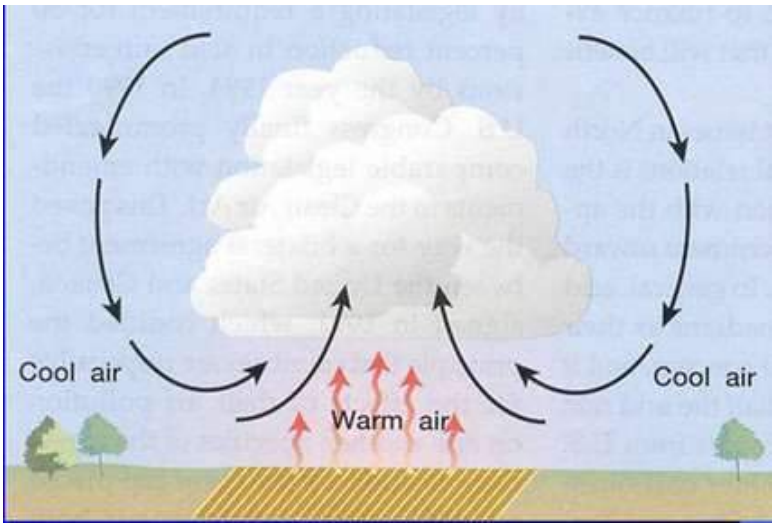
وهي عبارة عن تداخل بين كتلتي هواء مختلفين باردة ودافئة وعندما تتصادم هاتين الكتلتين فان كتلة الهواء الدافي ترتفع فوق كتلة الهواء الباردة نتيجة لقلة كثافتها مكون مايعرف بالجبهة front حيث يبرد الهواء الدافى الصاعد الى الاعلى ليكون الغيوم ومن ثم السواقط .



شكل يوضح سواقط الجبهة frontal precipitation

2- السقيط الحملي (الانتقالي) convective precipitation

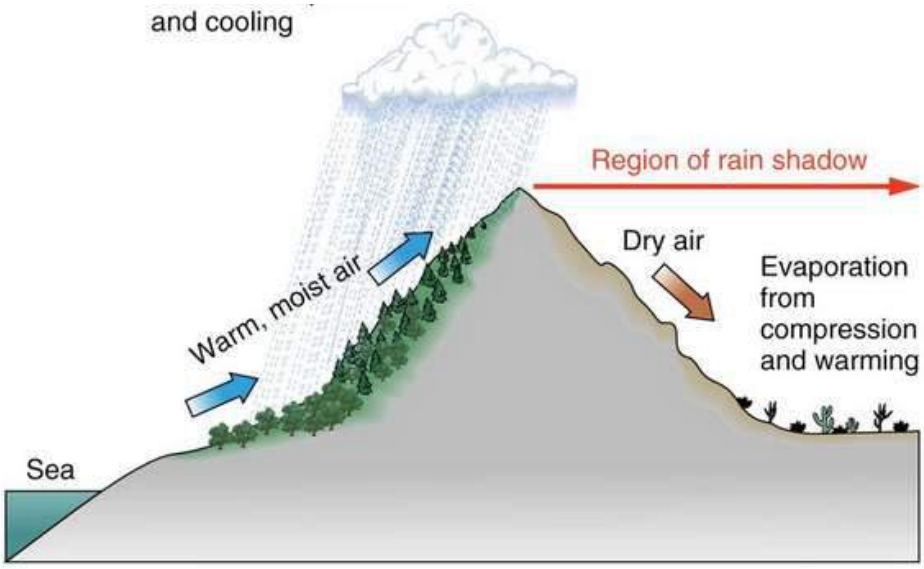
عبارة عن حزمة من الهواء الدافئة محاطة بطبقة هوائية ابرد حولها ونتيجة للتسخين الموضعي ترتفع بسب قلة كثافتها وينساب الهواء من المناطق الباردة المحيطة الى ان تكون خلية انتقالية وعليه تطفو احزمة الهواء الدافئة الى الاعلى اما الهواء البارد المحيط بها ينساب ليحتل مكانه مسببا خلية حمل convective cell ويستمر الهواء الدافى بالصعود ويتعرض الى التبريد مسببا بذلك الغيوم ومن يحصل السقيط على هيئة زخات مطر خفيفة وتكون المساحة المعرضة لهذا النوع من السقيط صغيرة عادة ولايتجاوز قطرها 10 كم .



السقيط الحملي convective precipitation

3- السقيط الجبلي او التضاريسي Orographic precipitation

في هذا النوع من السواقط ترتفع كتلة الهواء الرطبة الى الاعلى وتواجه العوائق الجبلية مما يجعلها اكثر عرضة للتبريد والتكاثف ثم تسقط على هيئة امطار وتكون امطار غزيرة باتجاه الرياح في حين تكون الامطار قليلية جدا بالاتجاه المعاكس لهبوب الرياح وتسمى بمنطقة تاثير ظل المطر rain shadow effect ،وتسمى ايضا بالسواقط الجبلية .



شكل يوضح السقيط الجبلي او التضاريسي مع ظاهرة ثاثير ظل المطر

4- الاعاصير المطرية cyclonic precipitation

عبارة عن منطقة ذات منخفض ضغط كبير مصحوبا بحركة رياح دائرية مما يسبب في حصول امطار غزيرة وهناك عدة انواع من الاعاصير ، مثل الاعاصير الاستوائية

شدة الساقط المطري Rainfall intensity

شدة الساقط المطري هو عمق الماء بـ ملم التي يتم قياسها من عاصفة مطرية مقسومة على الفترة الزمنية لتلك العاصفة بـ (ساعة) . ويعبر عنها بوحدات مثل ملم/ساعة او (او سم /ساعة).

$$\text{شدة الامطار (ملم/ساعة)} = \frac{\text{العمق الكلي الامطار}}{\text{فترة الساقط المطري}}$$

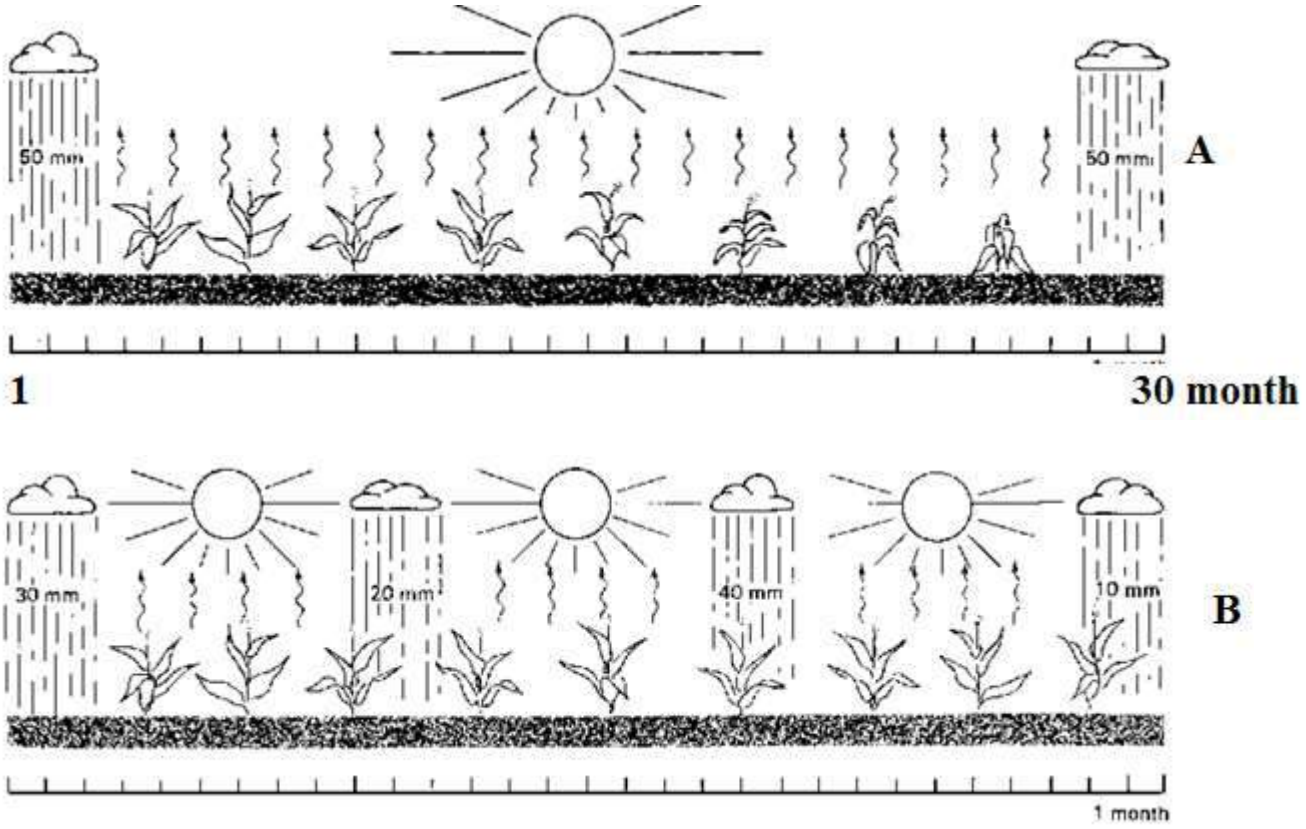
تقسيمات شدة الامطار

- امطار ذات شدة خفيفة Light rainعندما تكون الامطار شدتها اقل من 2.5 ملم /ساعة
- امطار ذات شدة متوسطة Moderate rain عندما تتراوح شدة الامطار بين 2.5–7.6 ملم/ساعة
- امطار ذات شدة عالية Heavy rain شدة الامطار اكبر من 7.6 ملم/ساعة
- امطار عنيفة Violent rain ذات شدة اقل من 50 ملم/ساعة

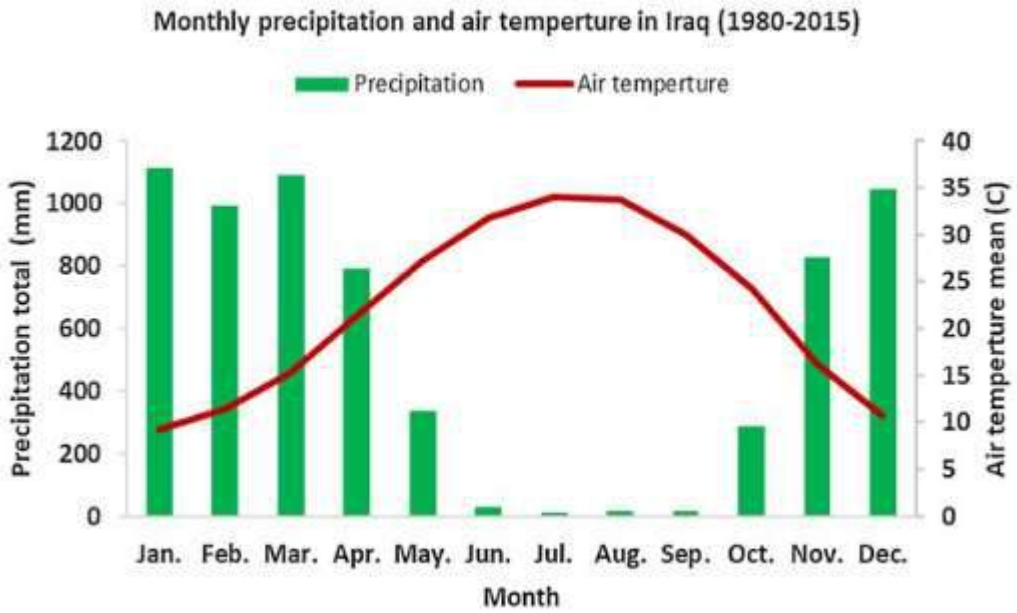
مثال / عاصفة مطرية استمرت لمدة 3.5 ساعة ، بلغ العمق المطري 35 ملم ، فان الشدة المطرية لهذه العاصفة هي 10 ملم/ساعة .ولو فرضنا ان هذه العمق المطري (35) ملم حصل خلال ساعة واحدة فقط ، فان الشدة المطرية تكون اعلى وتبلغ 35 ملم/ساعة .
سوال أيهما افضل للمحاصيل ولماذا ؟

توزيع الساقط المطري Rainfall Distribution

لو افترضنا خلال شهر معين لمنطقة ما استلمت امطار كلية عمقها 100 ملم ،اي (100 ملم/شهر) . لو فرضنا الساقط المطري حدث خلال عاصفتين مطريتن (50 ملم لكل عاصفة) واحدة في اليوم الاول من الشهر والاخرى في يوم 30 نهاية الشهر ،فان المحصول يتعرض لفترة جفاف طويلة وربما تودي الى ذبول النبات ، ولذلك يتطلب ري خلال تلك الفترة .



من جانب اخر اذ تم التزويد بالامطار وبنفس الكمية بشكل منتظم خلال الشهر حتى لو كميات قليليه (مثلا 20،30 ،40 و 10 ملم) لاحظ الشكل B ، سوف تحتفظ التربة برطوبة بشكل مستمرة و لانحتاج الى ري.



العلاقات بين العمق – المساحة – الاستدامة Depth –Area –Duration Relationship

يمكن تمثيل هذه العلاقات بمياتي :-

1- علاقة العمق – المساحة :- Depth- Area Relationship

عند حصول عاصفة مطرية ذات استدامة محددة ،يلاحظ بان معدل العمق المطري لهذه العاصفة يتناقص مع المساحة التي تغطيها تلك العاصفة بشكل دالة اسية exponential function كما موضح في العلاقة التالية

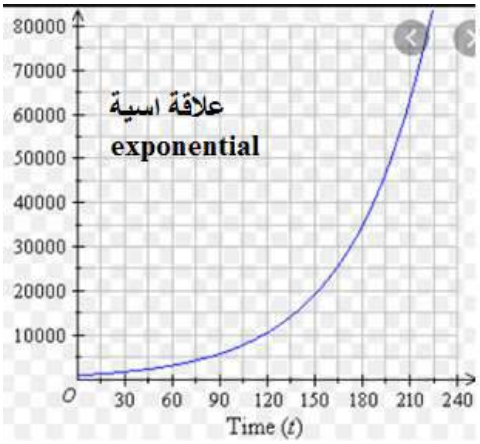
$$P=p_o \exp(-k A^n)$$

P= معدل عمق الساقط المطري (سم)فوق مساحة (A) كم^2

p_o= اعلى (عمق) الساقط المطري في مركز العاصفة المطرية (سم)

A= مساحة التي سقطت عليها الامطار (كم^2)

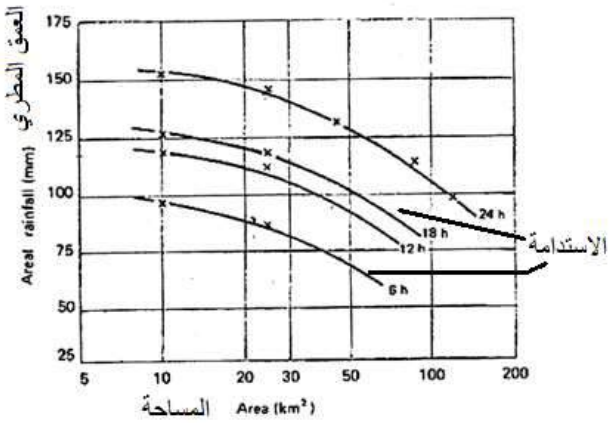
K, n=ثوابت تعتمد على فترة استدامة العاصفة المطرية. الجدول ادناه يوضح قيم k و n في احدى المناطق الهندية والمجموعة من بيانات تعود الى 42 عاصفة مطرية .



فترة الاستدامة	قيم k	قيم n
يوم واحد	8.53×10^{-4}	6.61×10^{-2}
يومان	9.88×10^{-4}	6.3×10^{-2}
ثلاثة ايام	1.75×10^{-3}	5.96×10^{-2}

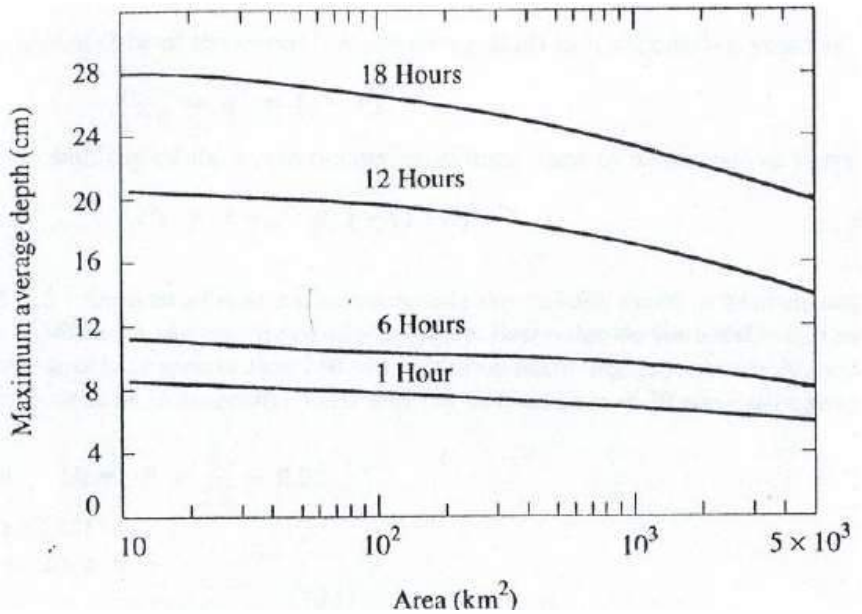
نلاحظ من الجدول ان قيم K تزداد مع زيادة فترة استدامة العاصفة المطرية (تناسب طردي)، بينما تقل قيم n مع زيادة فترة الاستدامة العاصفة (تناسب عكسي) .

ان الحساب الدقيق لـ p_o غير ممكن ، عندما لايحصل تطابق في قيم العاصفة المطرية بين كل من مركز العاصفة والمساحة التي تغطيها العاصفة المطرية ،وعليه فانه عند تحليل مساحات كبيرة للعواطف المطرية يوخذ معدل العمق والممثل لاعلى عمق للمطر فوق فوق مساحة 25 كم^2 حتى تكون العلاقة السابقة متطابقة او تعطي تطابق جيد لعلاقة العمق - المساحة .



2-المنحنيات القصوى العمق –المساحة –الاستدامة Maximum relationship of depth -area -duration

في كثير من الدراسات الهيدرولوجية وخاصة تقدير الفيضانات من الضروري معرفة معلومات عن اعلى كمية للساقط المطري التي حصلت باستدامات مختلفة والتي تحدث فوق مساحات مختلفة ، ولذلك ايجاد اقصى عمق - مساحة - استدامة يطلق عليه بتحليل DAD (depth area duration) والغرض منه هو تحديد اقصى عمق للساقط المطري في منطقة معينة وتحت فترات استدامة مختلفة وتعتبر مهمة في دراسات الطقس والهيدرولوجي لتوضيح دور العاصفة المطرية في احداث فيضانات لكي يتم اخذ الاحتياطات للحد من مخاطر الفيضانات Flood risk .



العلاقة بين الشدة –الاستدامة –التردد Intensity –Duration –Frequency

ان شدة العاصفة المطرية عادة تتناقص مع زيادة فترة استدامتها تلك العاصفة بكلام اخر فان العاصفة التي تحدث خلال استدامة معينة سوف يكون لها شدة اكبر اذ كانت فترة عودتها كبيرة ، ويمكن توضيح ذلك بالعلاقة التالية

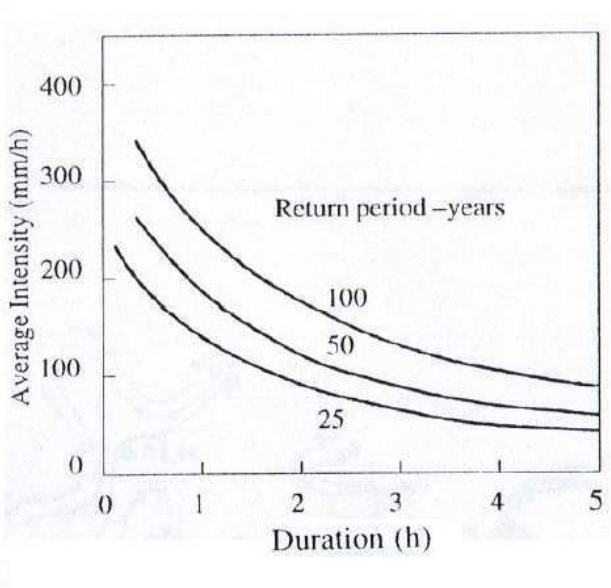
$$i = \frac{KT^x}{(D+a)^n}$$

i=شدة العاصفة المطرية (سم/ساعة)

T=فترة العودة للعاصفة المطرية (تردد) (ساعة)

D=استدامة العاصفة المطرية (ساعة)

(x,n,a,k) ثوابت خاصة بمنطقة الدراسة التي حدثت فيها العاصفة المطرية قيمة k تعتمد على مقدار العاصفة المطرية التي تحدث بالاضافة الى كل من استدامة العاصفة وفترة تردد تلك العاصفة،يمكن ملاحظة التغير الحاصل في علاقة الشدة المطرية وفترة استدامتها لفترات عودة مختلفة .



اقصى سقيط محتمل probable maximum precipitation (PMP)

عبارة عن اعلى كمية مطر تحدث فوق حوض معين والتي ينتج عنها فيضان دون ان يحدث خطرا او اضرار .وهذه القيم تكون مهمة جدا وتستخدم في الدراسات التصميمية المستقبلية لانشاء السدود و تصميم القنوات المائية لتجنب حدوث الكوراث الطبيعية .يمكن ايجاد اقصى سقيط محتمل اما بـ

1- طرق الانواء الجوية .

2-الدراسات الاحصائية لمعلومات الساقط المطري والتي يعبر عنها بالمعادلة التالية

$pmp = p+k\,\sigma$

pmp= اقصى سقيط محتمل

K=ثابت ويعتمد على التوزيع الاحصائي للامطار خلال الفترة الزمنية وكذلك يعتمد على عدد سنوات لسجلات العاصفة المطرية بالاضافة الى فترة العودة.

p= معدل الساقط المطري

σ = الانحراف القياسي .

وتلك الاقارم تستخدم لحساب اكبر فيضان ممكن توقع حدوثه بدون ان يسبب فشل في التصاميم الهندسية التي تسب حصول اضرار في البنية التحتية .

المطر الفعال :

المطر الفعال = المطر الكلي – الجريان السطحي – التبخر – الغيض العميق .

فقط الماء الذي يتم الاحتفاظ به في المنطقة الجذرية والذي يستخدم من قبل النبات يمثل المطر الفعال. يستخدم مصطلح المطر الفعال للتعرف على ذلك الجزء من مقدار المطر الكلي الذي يتستخدم من قبل النبات ويوفر متطلبات حاجة المحاصيل للماء .

العوامل الموثرة على المطر الفعال Factors influencing effective rainfall

1- المناخ 2- نسجة التربة 3- تراكيب التربة 4- عمق نطاق الجذور 5- الطبوغرافية

6- المحتوى الرطوبي الابتدائي في التربة .

طريقة قياس معدل الساقط المطري فوق مساحة معينة

1- طريقة المعدل الحسابي

واحدة من اسهل الطرق واسرعها في الحساب وتستخدم في حالة عدم وجود تغيرات كبيرة لكميات الساقط المطري

$$\mathbf{Pm} = \frac{p1+p2+p3+\cdots\ldots pn}{N}$$

pm=معدل الساقط المطري

p1= عمق الساقط المطري في المحطة p1

N=عدد المحطات

2- طريقة مضلع ثيسن Thiessen method

عند اختلاف كمية الساقط المطري وزيادة مساحة الحوض ، فان الطريقة المعدل الحسابي لاتمثل القيمة الدقيقة لعمق الساقط المطري ،حيث نستخدم طريقة مضلع ثيسن وهي عبارة ربط كل محطة مع المحطات المجاورة بحيث نحصل على مجموعة مثلثات ومن ثم ننصف هذه المثلثات ونقوم برسم اعمدة عليها وتربط بين نقاط التقاطع لكي تكون مساحة مغلقة polygon وتسمى مضلعات ثيسن لكل محطة وتقيس المساحة اما باستخدام planimeter او الاوراق البيانية ويمكن حساب معدل الساقط المطري من المعادلة التالية

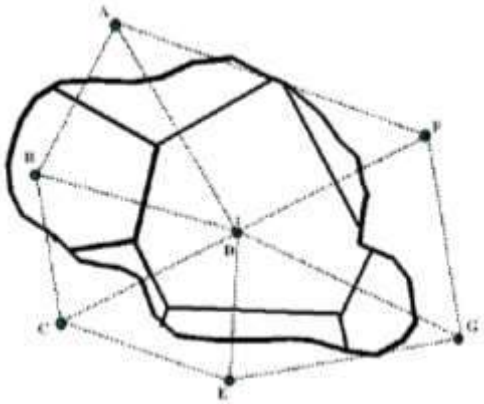
$$Pm=\frac{p1A1+P2A2+P3A3+\cdots..PnAn}{A}$$

pm=معدل الساقط المطري

p1= عمق الساقط المطري في المحطة p1

A1=مساحة المضلع A1

=المساحة الكلية A



3- طريقة خطوط تساوي المطر Isohyetal method

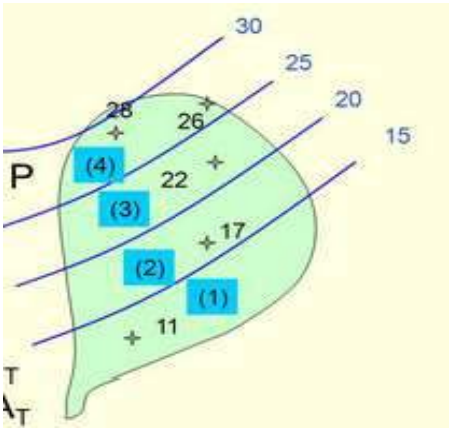
تعتمد هذه الطريقة على ربط النقاط المتساوية في مقدار الساقط المطري على هيئة خطوط تشبة الخطوط الكنتورية بعد تحديد مساحة الحوض بمقياس رسم محدد،وتحديد المساحة بين كل خطين مطريين ويتم حساب معدل الساقط المطري من المعادلة ادناه وتعتبر افضل طريقة بالمقارنة بالطرق الاخرى .

$$Pm=\frac{\left(\frac{p1+p2}{2}\right)A1+\left(\frac{P2+P3}{2}\right)A2+\left(\frac{p3+p4}{2}\right)}{A}$$

pm=معدل الساقط المطري

p1= عمق الساقط المطري في المحطة p1

= المساحة الكلية A



GRAPHICAL REPRESENTATION OF RAINFALL

تمثيل البيانات المطرية

ان التغاير في الامطار مع الزمن يمكن تمثل بيانيا عن طريق

1- الهيتروكراف hyetograph

يمثل العلاقة بين الشدة المطرية مقابل الزمن ويستخدم لتحديد اعلى شدة Barعبارة عن شكل بياني بشكل مطرية خلال فترات عواصف مطرية ، والتي تكون مطلوبة في تصميم تصريف الاراضي باستخدام culverts

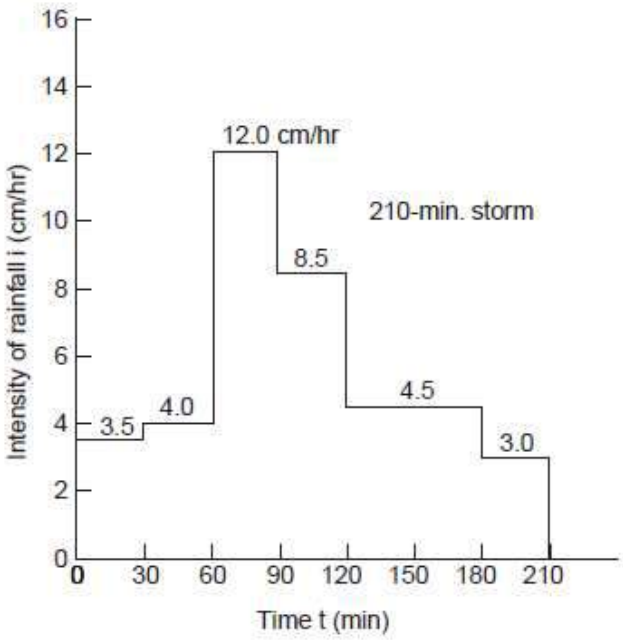


Fig. 2.16 Hyetograph

-2mass curve of rainfall

عبارة عن تسقيط العمق المطري التراكمي مقابل الزمن ، ومن هذا الشكل يمكن ايجاد العمق الكلي المطري والشدة المطرية لاي فترة زمنية يمكن ايجادها ، حيث الفرق في العمق المطري بين بداية ونهاية الفترة خلال زمن معين ، وفي بعض الاحيان يكون slope $i = \Delta P/\Delta t$،حيث تمثل الشدة المطرية خلال اي زمن والتي تمثل الميل المنحني بشكل متوازي يدل على فترة عدم وجود الامطار، ويستخدم هذا المنحني لتصميم العواطف المطرية والتي تمثل اعلى شدة في العواطف المطرية الشديدة على الحوض .

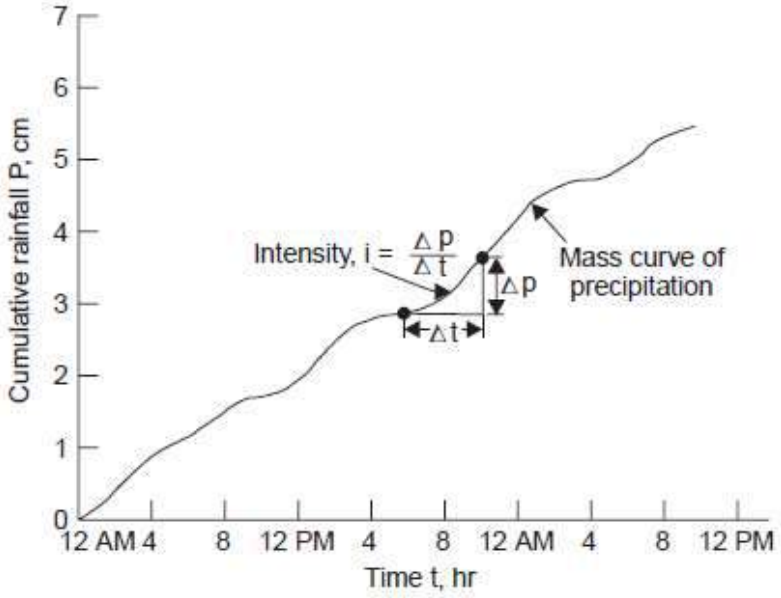


Fig. 2.17 Mass curve of rainfall

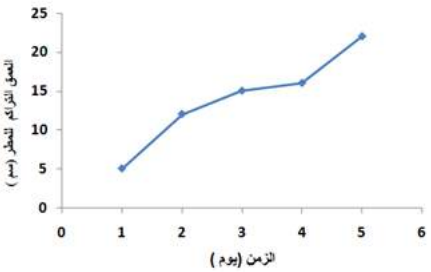
عرض البيانات المطرية Presentation of rainfall data

يمكن عرض بينات الامطار باحد الاشكال التالية :-

1- المنحني التراكمي للامطار Accumulated Rain curve

عبارة عن رسم العلاقة بين السقيط المتراكم مقابل الزمن ،بحيث نحصل على منحني تراكمي نموذجي للزخة المطرية في محطة ما كما موضح في الجدول ادناه

day	rain fall depth (cm)	Accumulated Rain (cm)
1	5	5
2	7	12
3	3	15
4	1	16
5	6	22



المنحني التراكمي يعطي معلومات 1- مقدار الزخة المطرية 2- استدامته الزحة المطرية 3- شدة المطر خلال فترات زمنية مختلفة من معرفة انحدار ميل المنحني .

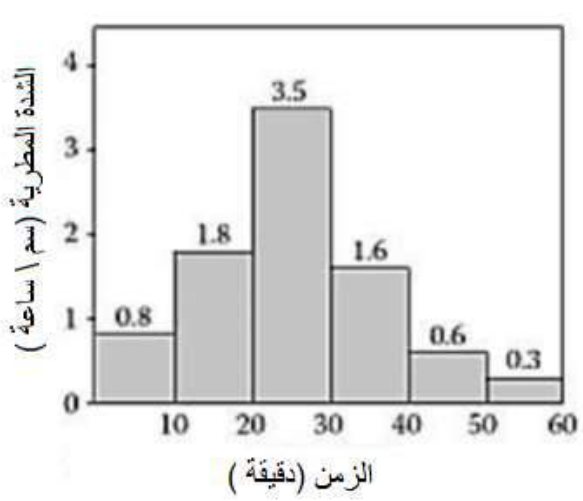
2- الهيتروكراف Hyetograph

عبارة عن رسم العلاقة بين شدة المطر مقابل الزمن ، والهيتكراف مشتق من المنحني التراكمي ويعرض على شكل خطوط عمودية bar chart ويعتبر طريقة مناسبة لعرض

أ- عرض خصائص الزخة المطرية (مثلا اول 4 ساعات كانت الشدة 13 سم/ ساعة)

ب- التنبو عن الفيضانات العالية

جـ- تمثل المساحة تحت الهيتركراف بالسقيط الكلي لفترة زمنية معينة



في بعض الاحيان يحصل فقدان او فراغات في البيانات المطرية rainfall data من أهم الاساب لذلك

1- غياب الأشخاص المسولين عن القياس

2- حصول عطل او خلل في الجهاز

3 - حصول ظروف غير ملائمة مثل حصول الفيضانات Flooding

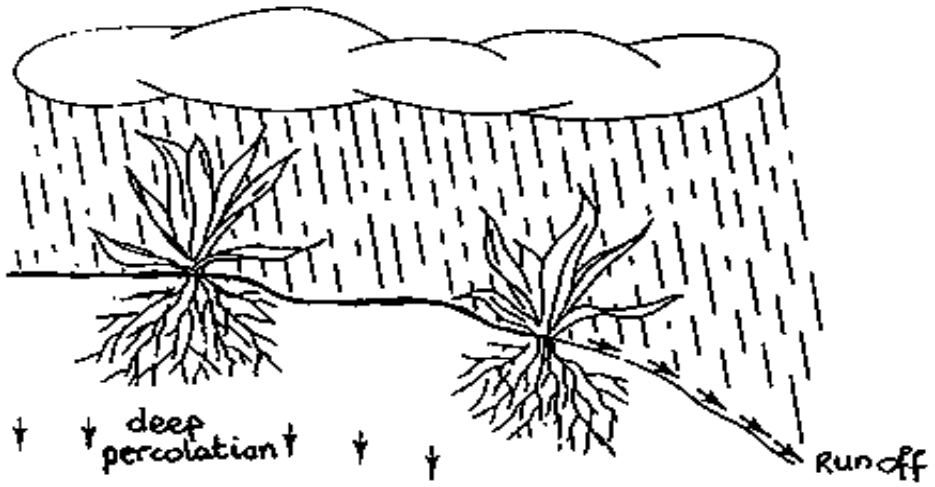
4- تغير في محطة القياس مثل نمو اشجار او انشاء بناية جديدة .

ملاحظة : عندما يحصل ساقط مطري يبلغ 2.5 ملم او اكثر خلال يوم واحد ، يعرف بـ rainy day يوم ممطر .

المطر الفعال EFFECTIVE RAINFALL

في بعض الاماكن تكون الامطار ولكن غير كافية لتغطية حاجة المحصول يجب تزود النبات بمياه الري ، وفي هذه الحالة عندما ماء المطر + ماء الري سوية لتغطية حاجة الماء للمحصول تسمى ب الري التكميلي supplemental irrigation والذي يمثل ماء الري المضاف الى ماء المطر.

ان جزء من الامطار تكون غير فعالة ، اما الجزء منها الذي يحزن في نطاق الجذور والتي تستخدم من قبل النبات والتي تسمى بالمطر الفعال . بينما جزء من الساقط المطري يفقد من خلال الغيض العميق والجريان السطحي يعتبر من جزء من السواقط او الامطار غير الفعالة .



اذ كان الساقط المطري عالي ، نسبيا جزء كبير من الامطار يفقد خلال .deep percolation and run-off.

الغيض العميق اذ كانت التربة لاتزال رطبة وعند حصول ساقط مطري اخر ، التربة ببساطة غير قابلة على خزن المزيد من الماء ولذلك المطر سوف يحصل له غيض عميق الى منطقة تتجاوز نطاق الجذور ويصل الى المياه الجوفية ، الامطار الغزيرة تسبب ارتفاع منسوب الماء الجوفي بشكل موقت .

الجريان السطحي وخصوصا في المناطق ذات الميل ، الامطار الغزيرة ينتج عنها نسبة كبيرة من الامطار تفقد خلال الجريان السطحي .عامل اخر يجب ان يوخذ بالحسبان عند تحديد المطر الفعال هو التغاير في الامطار خلال السنة ، خصوصا في المناطق التي يكون مناخها ذات سواقط قليلة ، وعندما يكون المناخ متغاير سنة رطبة وسنة جافة .في عدد من البلدان تم تطوير معادلة لحساب المطر الفعال وتكون هذه المعادلة معتمدة الامطار و الطبوغرافية ونوع التربة الشائعة اذ كانت هذه المعلومات موجددة يمكن استخدام البيانات لحساب المطر الفعال ولكن عندما تكون هذه البيانات غير متوفرة نستخدم الجدول تقريبي لحساب وتقدير المطر الفعال ، حيث ان p هو المطر الكلي و pe المطر الفعال بوحدة ملم /شهر .

P (mm/month)	Pe (mm/month)	P (mm/month)	Pe (mm/month)
0	0	130	79
10	0	140	87
20	2	150	95
30	8	160	103
40	14	170	111
50	20	180	119
60	26	190	127
70	32	200	135
80	39	210	143
90	47	220	151
100	55	230	159
110	63	240	167
120	71	250	175

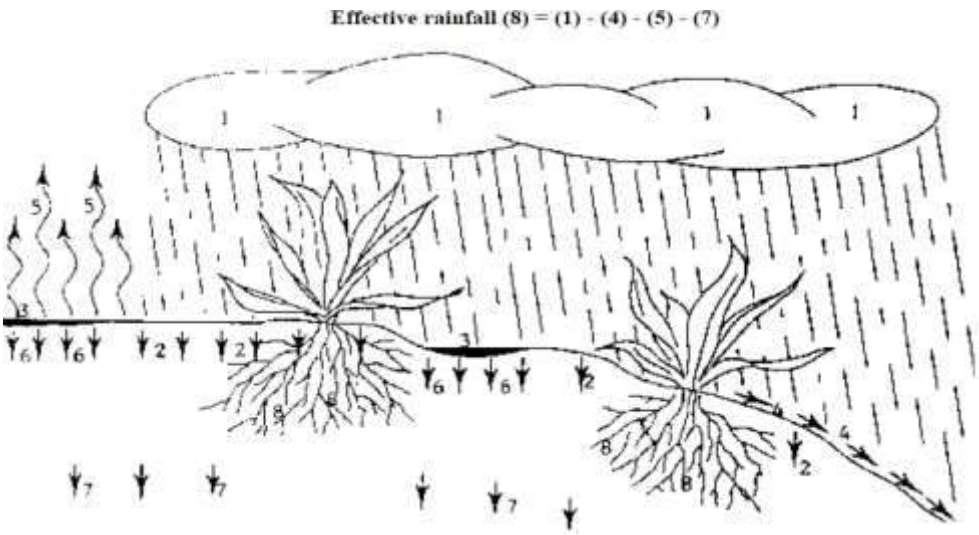
مثال احسب المطر الفعال ب ملم /شهر اذ كان الساقط المطري 60 ملم/شهر .

من الجدول المطر الفعال يبلغ 26 ملم/شهر ، وذلك يعني 34 ملم يفقد بالغيض العميق او الجريان السطحي وفقط 26 ملم يستخدم من قبل النبات .

معادلة المطر الفعال

Effective rainfall equation

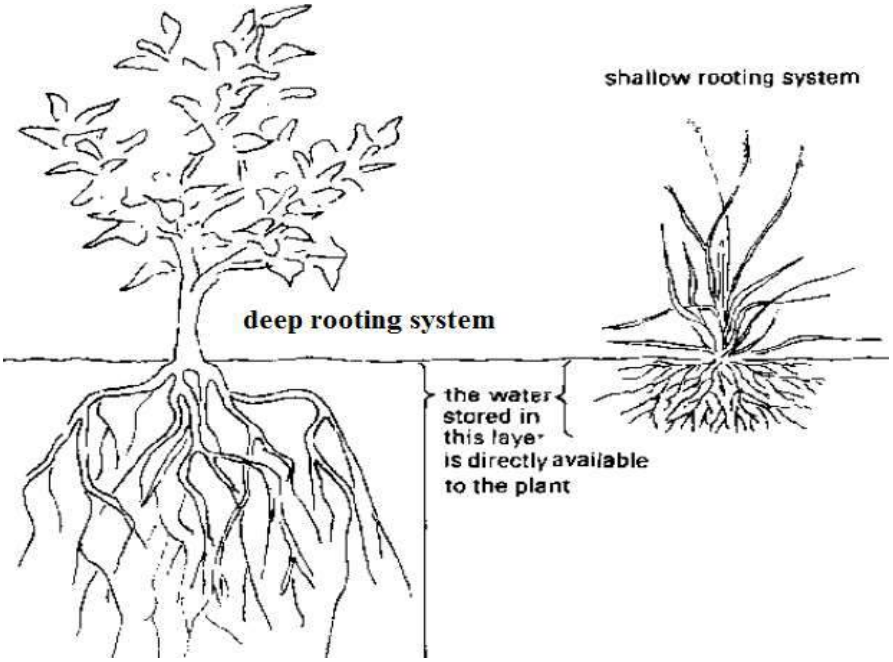
المطر الفعال = المطر الكلي – الجريان السطحي - التبخر/نتح – الغيض العميق



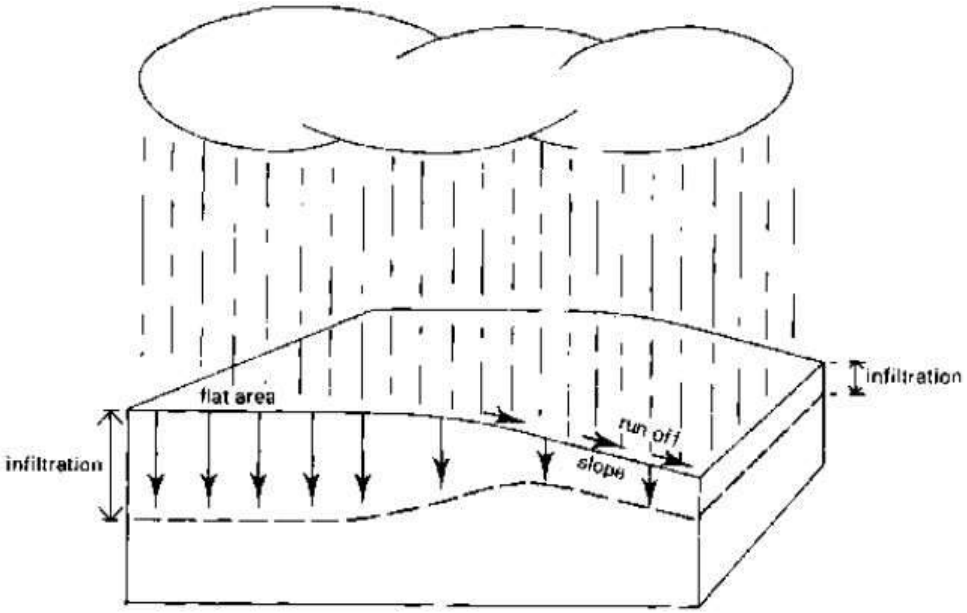
العوامل الموثرة على المطر الفعال

1- عمق الجذور Effective rainfall and depth of the root zone

كلما كان عمق الجذور اكبر كلما كانت استفادة النبات اكبر من المطر الفعال

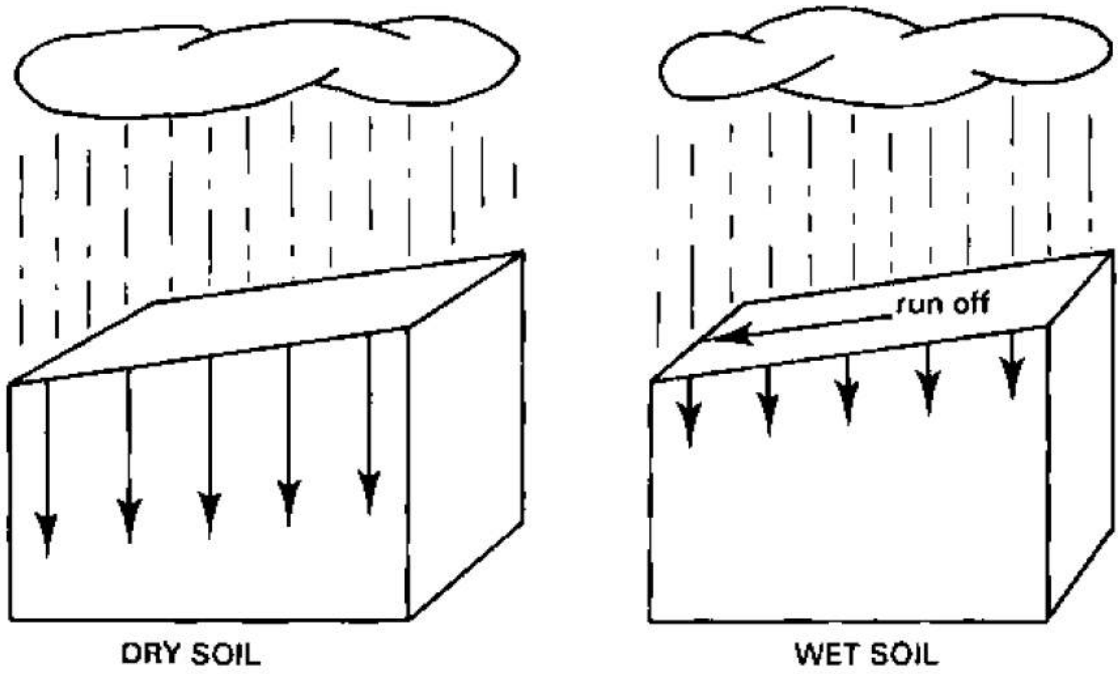


2- الطبوغرافية وميل الارض Effective rainfall and topography



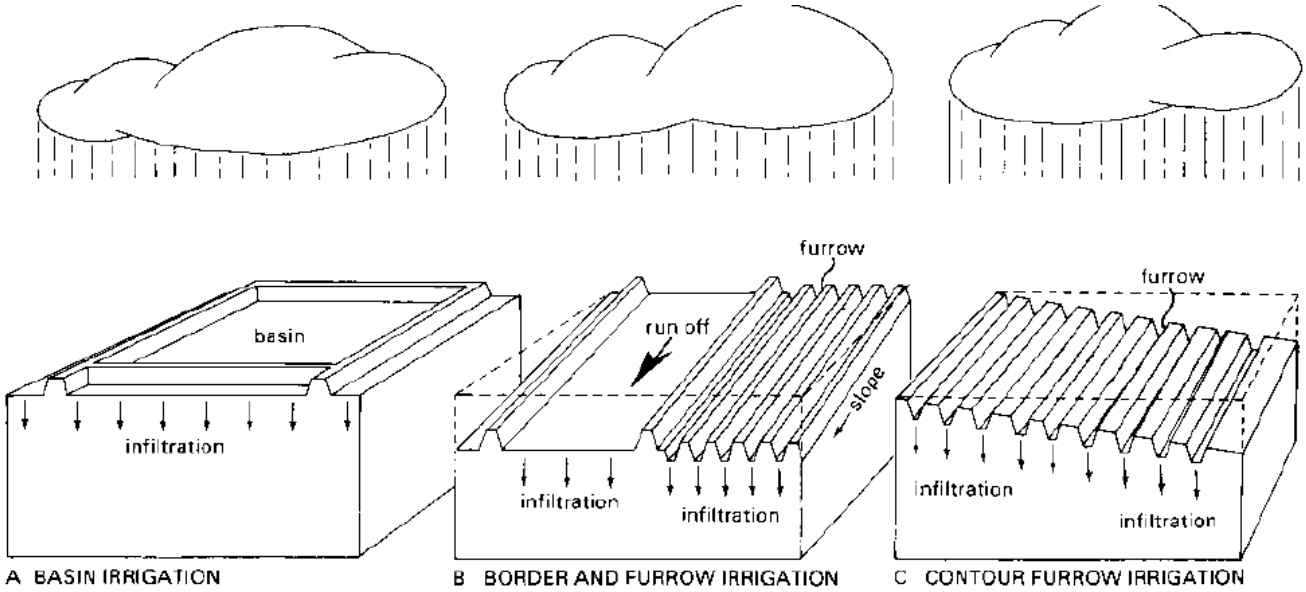
الارض المستوية يكون معدل الغيض لها اعلى وبالتالي يكون المطر الفعال اكبر من مناطق ذات ميول العالية حيث يحصل جريان سطحي كبير ومعدل غيض منخفض للتربة وبالتالي يكون المطر الفعال اقل تاثيرا .

3- محتوى الرطبة الابتدائي للتربة Effective rainfall and initial soil moisture content



التربة ذات الرطوبة العالية ليس لها قابلية على خزن والاحتفاظ بالمياه بالمقارنة بتربة جافة او محتوى رطوبة لها منخفض وبالتالي يكون تاثيرها واضح على المطر الفعال .

4- طريقة الري المستعملة effective rainfall and irrigation methods



مثلا الري الحوضي ، حيث يعمل اكتاف ويحصر الماء في منطقة معينة تكون الغيض اكبر بالمقارنة بطريقة الري بالمرزو عند ميول مختلفة وبالتالي يكون لها تاثير واضح على المطر الفعال .

5- العامل المناخي له تاثير واضخ على المطر الفعال مثل كمية الساقط المطري ومقدار التبخر –نتح لها تاثير واضخ على كمية المطر الفعال .

Study of Rainfall Patterns دراسة نمط الساقط المطري

Estimations of runoff and erosion are based on precipitation data and the properties of the soil.

The average density of rainfall gauges is one non-recording rain gauge per 15 km^2 and one recording gauge per 150 km^2.

Rainfall parameters, such as, amounts and intensities, have to be analyzed for their probability of occurrence, since many engineering and economic decisions are based on them.

Method and Models for rainstorm probability analysis .

The simplest assumption to the probability (P) directly to the observed frequency. This is given by the general equation.

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100$$

where n is total number of statistical events, m is rank of events arranged in descending order of magnitude, The common use of the method is to plot the actual parameter data with their P values on a log-probability paper. A straight line, which has the minimum deviation from plotted points, represents the desired probability relations. Any value of desired probability can be obtained from this line.

Rain Analysis

Rain Volume The yearly and monthly rainfall data are obtained from the standard daily rain measurements at 8 a.m. Below tables the yearly and monthly rain volumes for one station, as well as the predicted values for some given probabilities. Since erosion and flood control problems are connected directly to rain and to the total yearly and monthly rain volumes, the storm analysis is the most important part of the rainfall evaluation.

The annual precipitation data and predicted values.

Annual precipitation N	Frequency (%)	Rain (mm)	Year
1	3.4	637.4	1956/57
2	6.9	622.0	1964/65
3	10.3	582.4	1963/64
4	13.8	565.7	1979/80
5	17.2	556.2	1955/56
6	20.7	518.8	1973/74
7	24.1	517.4	1966/67
8	27.6	506.1	1951/52
9	31.0	465.9	1971/72
10	34.5	458.7	1974/75

Coefficient of Variation = 0.343, Standard Deviation of Sample = 137.06, Average = 399.14

السواقط من الناحية الكمية والنوعية

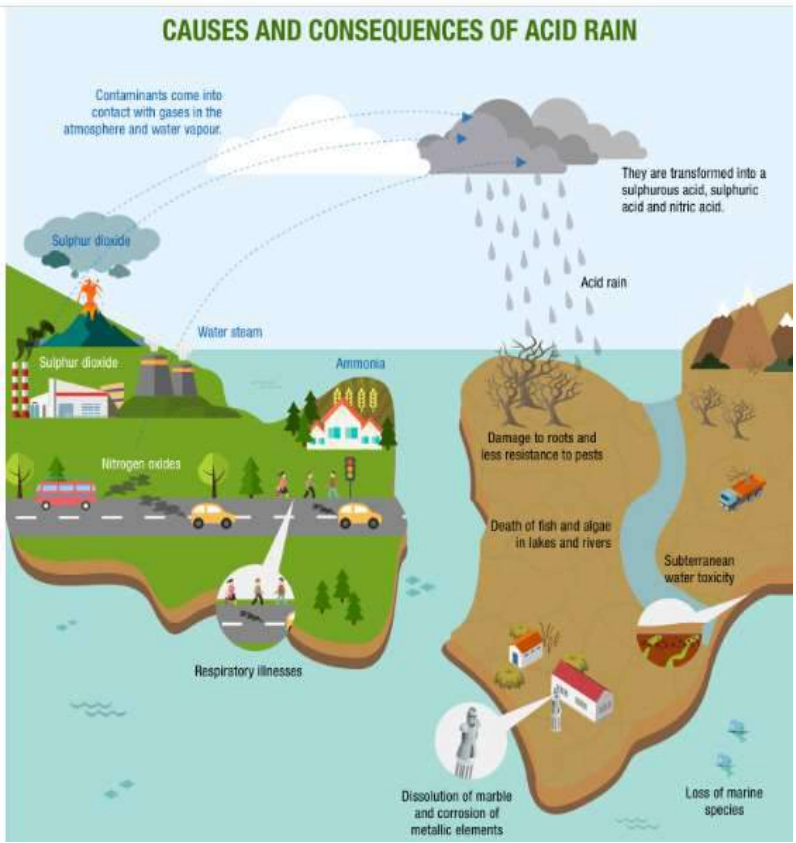
Precipitation in the context of water quantity and quality

توثر السواقط على كمية المياه water quantity والتي لها تاثير مباشر على نوعية المياه water quality من خلال عملية التخفيف Dilution من الملوثات التي تدخل مياه الانهار والبحيرات و المياه الجوفية .الامطار تزيل الغبار والملوثات العالقة في الهواء من خلال ذوبانها في ماء المطر . ان حرق الفحم و النفط والغاز الطبيعي يضيف كميات كبيرة من CO_2 الى الجو ،حيث ان CO_2 وهذه الغازات يتفاعل مع الماء ليكون حامض الكاربونيك Carbonic acid كما في المعادلة ادناه .

- $CO_2 + H_2O$ ……H_2CO_3
- نشاطات الانسان الصناعية او فعل العوامل الطبيعية مثل (انفجار البراكين) قد يحرر غازات مثل اكاسيد الكبريت SO_2 و النتروجين NO_2 والتي تتفاعل مع الماء لتكون الأمطار الحامضية Acid rain .
- الأمطار الطبيعية تكون ذات حامضية ضعيفة وتتروا ح pH=5.5-6.5 ولكن الامطار الحامضية تكون قيمة pH=5 او حتى اقل تصل الى حدود pH= 4 .
- الأمطار الحامضية سوف تسبب مشكلة كبيرة حيث انها سوف توثر على قيمة pH لمياه للانهار والبحيرات والتربة .
- التربة لها القدرة على مقاومة التغير في pH من خلال السعة التنظمية للتربة acid buffering capacity والتي تقلل من تأثير الأمطار الحامضية خصوصا عند تواجد الصخور والترب الكلسية (الجيرية) Limestone ، في حين يوجد أنواع أخرى من الترب (وخاصة بعض مناطق أوربا) التربة ليس لها هذه الخاصية او تكون

ضعيفة بسب ان ال صخور الأم لهذه الترب مشتقة من صخور الحامضية مثل الكرانيت granite وفي هذه الحالات يكون تأثير الأمطار الحامضية اشد واكبر على البيئة والأحياء المائية Aquatic fauna.

- **تأثير الأمطار الحامضية**
  - انخفاض في التنوع الإحيائي Biodiversity decline
  - الأمطار الحامضية تعمل على إذابة الألمنيوم (Al^{+3}) من التربة والذي سوف تنتقل الى مياه الأنهار والبحيرات حين ان عنصر (Al^{+3}) سوف يوثر على عمل غلاصم الاسماك مما يودي الى موتها .
  - تسرع من معدل التجوية الكيمائية Chemical weathering ،وايضا توثر على البنايات وحتى الاثار المبنية من الحجر الجيري .
  - زيادة الحموضة توثر على الاحياء المجهرية للتربة والتي تلعب دور كبير تحلل المادة العضوية ومدها بالعناصر الغذائية التي يحتاجها النبات .
  - الامطار الحامضية تعمل على غسل بعص العناصر الغذائية من التربة مثل اكاسيد الحديد والمنغنيز والتي تعتبر من العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات .



تاثير الامطار الحامضية على البيئة

الفقدان الأولي Initial Loss

وتشمل عملية الفقد بالحجز (الالتقاط) Interception loss ، وعملية خزين المنخفضات depression storage وكلاهما تسمى الفواقد الأولية والتي تسبب تقليل من حجم الماء المتوفر للجريان السطحي surface runoff

الفواقد الأولية = فقدان بالحجز + حزين المنخفضات

Initial loss = Interception loss+ depression storage

التبخر من التربة والأجسام المائية، والحجز Interception من قبل النبات والنتح كلها يعبر عنها تجميعيا بـ التبخر- نتح (Evapotranspiration ET) .

ET توثر على إنتاجية المياه ويحدد اي جزء من الساقط المطري تحول إلى جريان سطحي وتتأثر بنشاط الانسان و استخدام الاراضي ،وتغير الغطاء النباتي والاجسام المائية.

قيمة ET تشكل نسبة عالية في المناطق الجافة، مثلا حوالي 95% يفقد بشكل ET من الساقط المطري السنوي (300) ملم في ولاية Arizona في امريكا ،

أن نسبة ET/ P تكون قريبة من 1 للمناطق ذات المناخ الجاف ، اي ان نسبة Q/ P تكون صغيرة جدا ، بينما قيمة ET /P تكون قليلة في مناطق الرطبة، ذلك يدل على ان ET تنحكم بتوفر الطاقة اكثر من توفر المياه . التغير في الغطاء النباتي سوف يقلل من ET مع زيادة في الجريان السطحي او تغذية المياه الجوفية ، بينما زيادة ET لها تاثير معاكس اي يقل الجريان السطحي وتغذية المياه الجوفية .

نستخدم معادلة الموازنة المائية لحساب التبخر- نتح خلال فترة زمنية معينة وكما يلي :-

$$ET= P-Q -\Delta S- \Delta l$$

ETالتبخر - نتح ملم ، الامطار P ملم ، تصريف الجدول Q بدلالة العمق ، ΔS التغير في الخزن (ملم) ، Δl التغير في التسرب العميق (ملم)

where ET is the evapotranspiration (mm); P is the precipitation (mm); Q is the streamflow (mm); ΔS is the change in the amount of storage in the watershed, $S_2 - S_1$ (mm), where S_2 is the storage at the end of a period and S_1 is the storage at the beginning of a period; and Δl is the change in deep seepage, $l_o - l_i$ (mm), where l_o is the seepage out of the watershed and l_i is the seepage into the watershed.

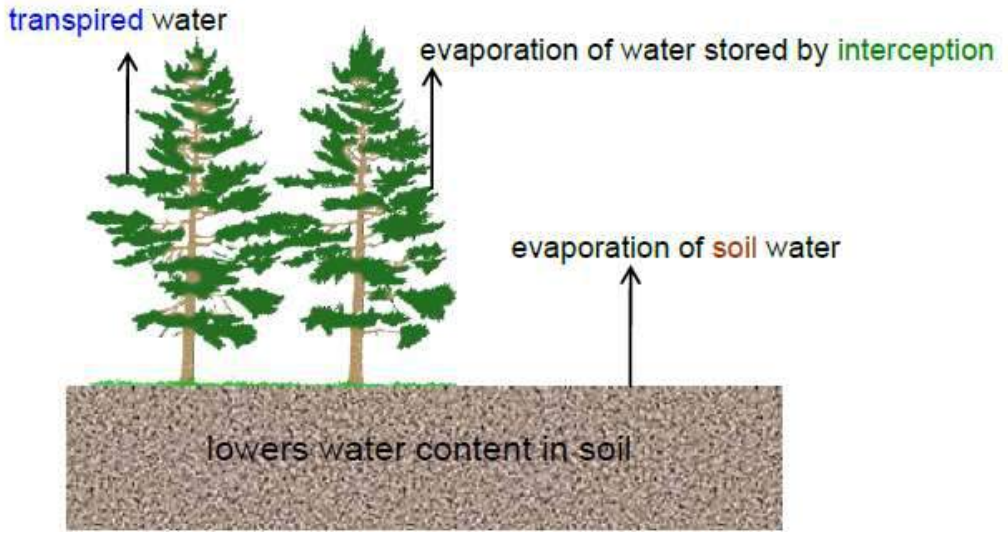
خزين المنخفضات depression storage

عندما تصل السواقط الى الأرض تبدا بالتجمع في جميع المنخفضات الموجودة على السطح ، ولا يحصل جريان سطحي الا في حالة امتلاء حزين المنخفضات ،ويعرف حجم الماء المحجوز بخزين المنخفضات بـ depression storage وتعتمد على عدة عوامل

- نسجة التربة Soil texture .
- خشونة ونعومة سطح التربة والتي تعكس حجم وطبيعة المنخفض
- انحدار الأرض
- الأمطار السابقة و المحتوى الرطوبي السابق للتربة .

الحجز الالتقاط Interception

تبخر من الماء المحجوز على سطح النبات والذي يسمى الفقد بالحجز interception loss ويعرف بانه ذلك الجزء من السواقط التي يتم الاحتفاظ به (او يحجز) على سطح الغطاء النباتي والذي يتبخر لاحقا الى الجو او يمتص من قبل النبات ولايصل الى سطح الأرض .



انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة نتيجة النتح والتبخر من التربة وتبخر الماء المحجوز من قبل النبات

الحجز Interception :

عملية معقدة تمثل حجر جزء من الساقط المطري من قبل الغطاء النباتي قبل ان يصل الى الارض ، حيث يحصل عمليات تبخر من سطح النباتات الرطبة وبقايا النبات والاوراق على سطح التربة . الحجر يكون كبير في مناطق الغابات Dense forests ، بيمنا يكون اقل البيئات الجافة وشبة الجافة arid and semi-arid environments وذات الغطاء النباتي القليل والمتفرق sparser vegetation .

لا يحصل الالتقاط في حالة وجود تربة جرداء بدون غطاء نباتي .

P_g= gross precipitation السواقط الكلية

P_n = net precipitation السواقط الصافية (التي تصل الى التربة)

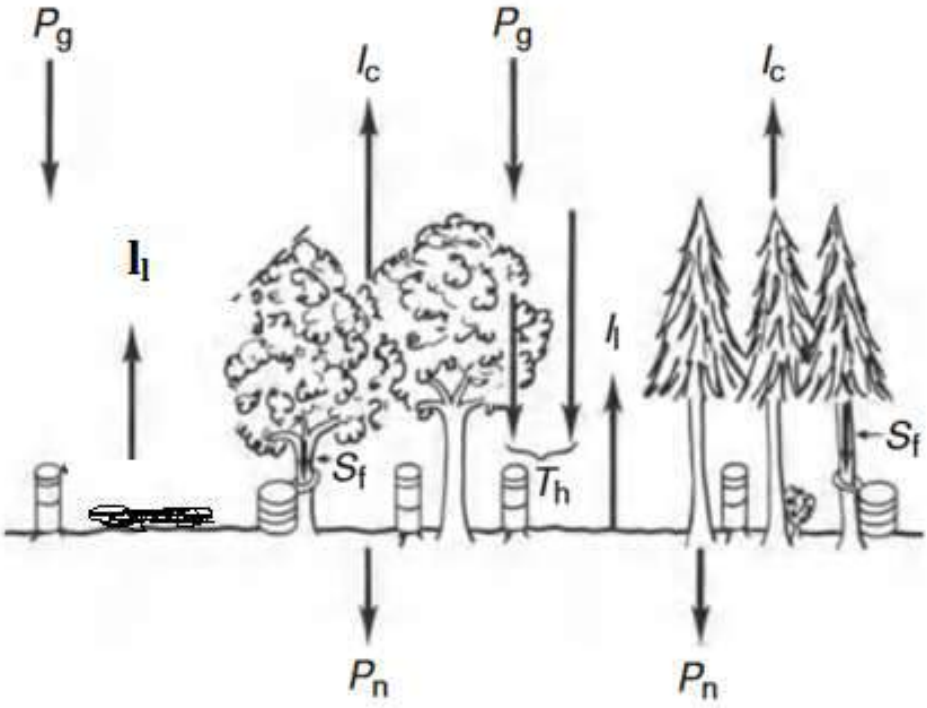
مركبات (الأجزاء الرئيسية الحجز components of interception)

1- I_c= Canopy interception loss الفقد بالحجز

2- I_l= litter interception الحجر على اوراق وبقايا النباتات على الارض

3- S_f= stem flow جريان الساق

4- T_h= throughfall الجريان البيني



Interception total (I) = I_c +I_l

I= الحجز الكلي

P_n= T_h+S_f - I_l

Ic= P_g -T_h -S_f

I_c= canopy interception loss (mm) الفقد في الحجز على الغطاء النباتي (ملم)

p_g= gross precipitation(mm) الساقط المطري الكلي ملم

T_h= throughfall , precipitation that passes through the vegetation canopy or drip from vegetation (mm) الساقط المطري الذي يمر او ينزل بشكل قطرات من خلال الغطاء النباتي (ملم)

S_f= stemflow to the ground surface (mm) جريان الساق الواصل الى التربة (ملم) ويقاس بوضع حلقة اسفل ساق الشجرة ويقاس مقدار الماء

The amount of water intercepted is a function of (a) the storm character, (b) the species, age and density of plants and trees and (c) the season of the year and win speed .

ان الفقد في الحجر من ماء المطر يعتمد على عوامل منها 1) خصائص العاصفة المطرية شدة العاصفة المطرية وفترتها ، 2)- نوع النبات (نوع الاوراق ، والمساحة السطحية للفروع والاوراق ، ارتفاع الاغصان وعمر النبات ، خشنونة ونوع اللحاء 3- كثافة الغطاء النباتي ، 4) موسم السنة 5 - سرعة الرياح .

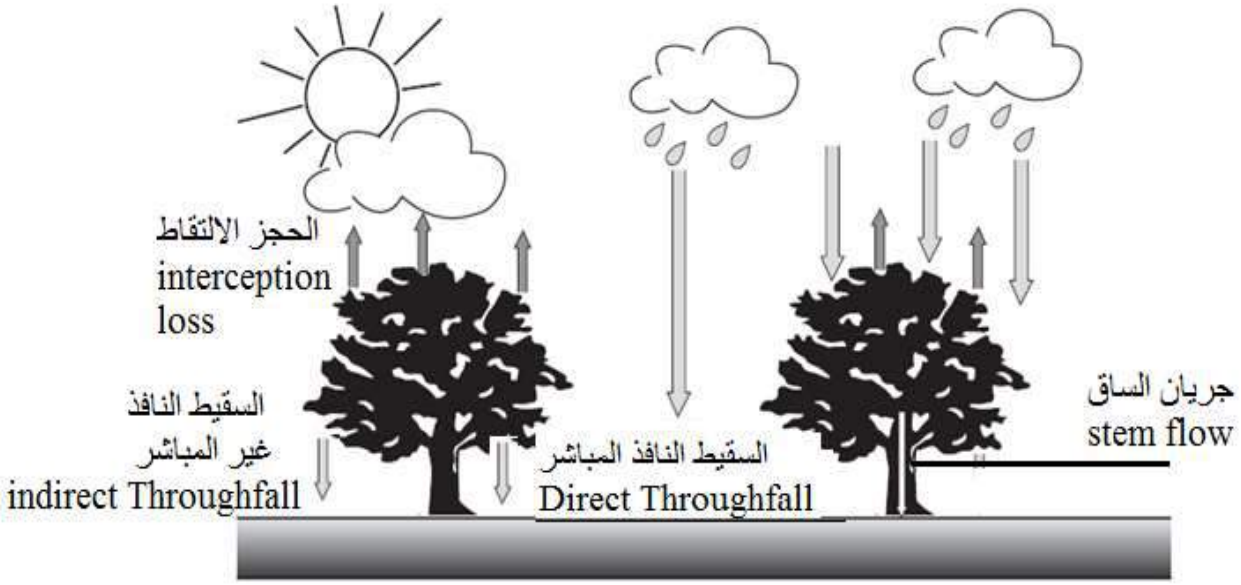
اهمية الحجز او الالتقاط interception:

- جزء مهم من الدورة الهيدرولوجية حيث يتم فقد او اكتساب الماء الى الحوض المائي
- تلعب دور مهم في حماية التربة السطحية من طاقة المطر حيث تقلل من طاقة المطر وتعرية التربة وحماية تراكيب التربة. .
- عند حساب متطلبات الري في البساتين التي تعتمد على الري التكميلي يجب ان توخذ الفقدان بالحجز في الحسابات .

ويلاحظ ان المياه الملتقطة قبل الغظاء النباتي تتبع احد المسارات التالية :-

- يحفظ حزء من السواقط على الغطاء النباتي ويعود الى الجو بعملية التبخر عند توفر الظروف الملائمة ويسمى الفقد بالحجز او الالتقاط interception loss ولايشمل عملية فقد الماء بالنتح .
- يمكن ان يحصل تقطير للسواقط عند استمرارها لفترة طويلة وتتجمع وتسقط مباشرة عن طريقة الاوراق وتسمى هذه العملية السقيط النافذ throughfall
- يحصل للسواقط جريان عبر الاغضان لتصل الى السيقان ومن ثم تصل الى سطح الارض ويسمى جريان الساق stemflow

عادة الماء الملتقط بحدود 10-20% من الساقط المطري الكلي من خلال المسار الاول (الفقد بالحجز) من العاصفة المطرية وتقل هذه النسبة مع زيادة فترة استدامة العاصفة المطرية ،اما مقدار الحجز في الغابات يصل الى 25% او اكثر في الغابات ، بينما النباتات القصيرة يكون لها حجز اقل . مثل الإعشاب grass او المحاصيل الزراعية . ان مقدار الالتقاط يكون كبيرا في حالة العواطف المطرية الصغيرة وقد يتلاشى او يصبح ثابتا في حالة العواطف المطرية العالية .



توزيع الساقط المطري فوق غطاء نباتي (السهم الابيض يمثل جريان الساق) والسهم نحو الاعلى يوضح الفقد بالحجز بالاضافة الى السقيط النافذ المباشر السقيط النافذغير المباشر(تنقيط ماء المطر من بين الاوراق والاغصان باتجاه الاسفل الى التربة) .

التبخر Evaporation

عملية تحويل الماء من الحالة السائلة الى الحالة الغازية (بخار ماء) عند توفر الطاقة اللازمة (درجة الحرارة) لكسر الآصرة التي تربط بين جزيئات المياه وتحررها الى الجو ، اي تتحول من طاقة حرارية الى طاقة حركية .

السعرة : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام 1 من المادة درجة مئوية واحدة وتقاس بـ كلوري Cal

* الطاقة الكامنة للتبخر الماء تساوي 585 سعرة/غم

- في الاراض ذات المناخ المعتدل حوالي 65% من السواقط يحصل لها تبخر في، حين المناطق الجافة Arid areas قد تصل الفواقد بالتبخر الى حدود 90% من السواقط .

حساب التبخر مهم في دراسات الموارد المائية ، حيث يكون لها تأثير على مقدار تصاريف الانهار ، وكمية المياه المفقودة من البحيرات ، وسعة للخزن والاستهلاك المائي للمحاصيل . يستمر الماء التبخر وينطلق الى الجو حتى يصل الهواء الى حالة الإشباع. التبخر بشكل عام يكون اكبر من تصاريف الانهار في المناطق الجافة ، يعتبره بعض علماء الهيدرولوجي التبخر خسارة او فقدان loss ، ولكن في الحقيقة لايعتبر خسارة ، لان التبخر-النتح يساهم في الإنتاج النباتي biomass خلال علمية النتح ، بالاضافة الكثير من الماء المتبخر يرجع الى الأرض خلال دورة المياه في الطبيعة .

التبخر بشكل عام يحدد بتوفر الرطوبة ، اي عندما لا توجد رطوبة لايوجد تبخر .

معدل التبخر يقاس بوحدات ملم/ يوم او سم /يوم

أنواع التبخر Types of Evaporation

- Direct evaporation *(physical process)* التبخر المباشر (عملية فيزيائية)
  - Open water evaporation E_o التبخر من الاجسام المائية الحرة (مثل البحيرات)
  - Soil evaporation E_s التبخر من سطح التربة
  - Interception evaporation E_i تبخر الماء المحجوز من قبل الغطاء النباتي
  - Sublimation of snow or ice E_{snow} التسامي تحول الثلج الى بخار مباشرة
- Transpiration E_T *(bio-physical process)* النتح عملية بايوفيزيائية
- Total evaporation $E = E_o + E_s + E_i + E_{snow} + E_T$ التبخر الكلي

Potential evaporation, E_p	Actual evaporation, E
▪ Would occur if there is no shortage of water, ▪ Or other factors that may limit transpiration **(temperture, solar radiation and humidity)**	▪ occurs if these stress factors are accounted for
التبخر الكامن يحصل عندما لايوجد نقص للماء وعوامل اخرى تحدد من النتح مثل درجة الحرارة ، الاشعاع الشمسي والرطوبة النسبية	التبخر الحقيقي ، يحصل عند وجود نقص للماء والمتغيرات الاخرى

العوامل الموثرة على التبخر :-

- **درجة الحرارة Temperature :** قابلية الهواء لامتصاص بخار الماء تزداد مع زيادة درجة الحرارة ، ان للحرارة علاقة طردية مع التبخر عند ثبات باقي المتغيرات .
- **الإشعاع الشمسي solar radiation :**

يوجد علاقة طردية بين معدل الاشعاع الشمسي مع معدل التبخر ، وجود الغيوم يقلل من عملية التبخر لان الغيوم تحجب الاشعاع الشمسي. الإشعاع الشمسي الذي يدخل الى الجزء العلوي من الغلاف الجوي جزء منه يحصل له انعكاس عبر الغيوم وجزء يصل الى سطح الارض ويحصل له انعكاس والذي يسمى الانعكاسية او الالبيدو Albedo او whitness ، الجسم الاسود قيمة Albedo= 0 حيث يمتص كل الاشعاع ، ام الثلج تكون قيمة قريبة من albedo =1 يعكس معظم الاشعاع القادم ، ويتم قياس الاشعاع باستخدام Radiometer

جدول يوضح قيم Albedo للمياه والتربة والاعشاب والثلوج

Surface	Albedo (r)
Open water	0.06
Grass	0.24
Bare soil	0.10 – 0.30
Fresh snow	0.90

- **الرياح wind :** عند تبخر الماء الى الجو تشبع الطبقة الهوائية القريبة لسطح الأرض ولاستمرار عملية التبخر يجب إن تزاح هذه الطبقة ويحل محلها هواء جاف ، حيث ان زيادة سرعة الرياح تزيد من التبخر.
- **الضغط الجوي atmospheric pressure :** انخفاض الضغط الجوي يودي الى زيادة كمية التبخر
- **نوعية المياه water quality :** التركيز العالي للأملاح يقلل من التبخر بالمقارنة مع المياه العذبة fresh water. حيث ينخفض معدل التبخر بحوالي 1% لكل زيادة 1% في ملوحة مياه . مثلا مياه البحر تحتوي على 30 غم من الاملاح لكل 1 كيلو مياه (1 لتر) والتبخر عادة يكون اقل بحدود 2 الى 3% بالمقارنة بالمياه العذبة fresh water
- **الرطوبة Humidity:** ارتفاع رطوبة النسبية في الجو يقلل من معدل التبخر.

- **عمق الماء water depth :** والخزين الحراري للمسطحات المائية الأجسام المائية الكبيرة تملك خزين حراري أكبر من الأجسام المائية الضحلة ، البحيرات الضحلة فان الخزين الحراري يكون قليل مما يودي الى زيادة كمية الماء المفقودة من المسطحات المائية مقارنة بالبحيرات الكبيرة والأعمق.
- **Aerodynamic resistance** : وتمثل تبادل اليتارات الهوائية في طبقات الجو الحارة مع الرطبة ويحصل التبادل خلال عملية الانشار diffusive

طرق قياس التبخر المباشرة :- Direct measurement of evaporation

1- حوض التبخر

2- معادلة الموازنة المائية

- الطريقة غير المباشرة (استخدامات المعادلات التجريبية) .

1- حوض التبخر evaporation pan

من أكثر الطرق شيوعا لقياس التبخر من الأجسام المائية المفتوحة والتي هي عبارة على وعاء معدني مصنوع من الحديد المغلون دائري الشكل قطره الداخلي 122 سم عمقه 25 سم ،يوضع على لوح خشبي على ارتفاع 15 سم من الأرض ، لكي يتعرض للهواء. يملا بالماء لعمق20 سم ويتم قياس مستوى الماء ويحسب التبخر من الفرق في المنسوب مع اخذ كمية المطر المتساقطة بنظر الاعتبار، ويجب وضعه بعيدا عن الأشجار والحواجز، وتسجيل كمية الماء المتبخرة خلال فترات زمنية معينة (يوم او أسبوعيا) . نظرا للحجم الصغير للماء في وعاء التبخر ،فانه سوف يتأثر بشكل كبير بتغاير درجات الحرارة في الجو او الإشعاع الشمسي بشكل يختلف عن الأجسام المائية الحقيقة مثل البحيرات التي يكون التغير في درجة حرارتها قليل جدا. ولذلك فان الماء المفقود من وعاء التبخر يكون اعلى من كمية الماء المفقودة الحقيقة من المسطحات المائية . ولذلك يجب تصحيح كمية الماء المتبخرة من هذه الأوعية لغرض تحويلها إلى كمية الماء المفقودة من المسطحات المائية تحت بضرب قيمة التبخر بقيمة معامل تصحيح الإناء والذي تتراوح قيمته بين (0.82 - 67.0) و بمعدل 0.7 .

$$E = K_{pan} \times E_{pan} \text{ (mm/day)}$$

E = التبخر من البحيرة ، K_{pan} = معامل تصحيح الوعاء ، E_{pan} = التبخر من الوعاء

2- طريقة الموازنة المائية :

نستخدم هذه الطريقة لحساب التبخر من البحيرات والخزانات المائية حيث يتم حساب كمية المياه الداخلة والخارجة من الجسم المائي وحسب المعادلة التالية

$$E= (\Delta S) + I + P- O-O_g$$

E= كمية التبخر من الجسم المائي خلال زمن معين

ΔS = التغير في حجم المياه المخزونة في الجسم المائي خلال زمن معين

I= الحجم الكلي للمياه الواردة Input الجسم المائي خلال زمن معين

P= الحجم الكلي للسواقط على الجسم المائي خلال زمن معين

O= الحجم الكلي للمياه الخارجة Output من الجسم المائي خلال زمن معين.

O_g= حجم المياه المتسربة من الجسم المائي الى داخل الأرض خلال زمن معين

عادة يوجد صعوبة في القياس الدقيق لبعض المتغيرات في المعادلة أعلاه مثل الكمية الدقيقة لحجم المياه الداخلة والخارجة وتغيرات حجم الخزين للبحيرة، ربما تكون قيم التبخر المحسوبة ليست بدقة عالية .

تقليل التبخر من المسطحات المائية

- تقليل المساحة السطحية water surface area ذلك يعني زيادة العمق على حساب العرض او الطول للبحيرات او الخزانات المائية Reservoir.
- تغطية سطح الماء covering the water surface
- السيطرة على النباتات المائية controlling aquatic growth وإزالة النباتات والأدغال المحبة للماء مثل وردة النيل .
- أنشاء حواجز و زراعة أشجار حول الخزانات المائية والتي تعمل بشكل يشبه عمل مصدات الرياح wind breakers .
- السماح للماء بالجريان ، عند وجود مخرج للماء outlet حيث أن الماء الساخن سوف يتحرك ،وبذلك تنخفض درجة حرارة الماء ويحصل انخفاض في معدل التبخر .
- خزن الماء تحت سطح الأرض بدلا من الخزن السطحي و زيادة استخدام المياه الجوفية .
- معاملة الماء ببعض المواد التي تعيق من التبخر water evaporation retardents (WER) إضافة مواد كيمائية سائلة على سطح الماء لتكون طبقة احادية films تكون ذات سمك قليل جدا بحدود 0.015 مايكرون ، حيث تكون هذه الطبقة polar من احدى الجهات وتجذب الماء نحوها ،تكون متنافرة Hydrophobic مع الماء من الجهة الاخرى ، حيث تسمح للسواقط فقط من الاعلى للدخول خلالها ولاتسمح بجزيئات الماء بالهروب من الجهة السفلى عبر عملية التبخر،وتكون فعالة في المناطق التي تكون سرعة الرياح فيها قليلية ، لكن من عيوبها انها تتعرض الى الإضرار نتيجة لحركة الأمواج حتى تتحرك الى حافة البحيرة ، ومن الامثلة على هذه المواد hexadecanol (C_{16} H_{33} OH) و octadecanol ، بعض نتائج البحوث أظهرت أن تبخر الماء انخفض بحدود 60% عند استخدام هذه المواد في أحواض صغيرة وتحت ظروف مسيطر عليها ،وقد استخدمت هذه الطريقة في البحيرات الكبيرة وترواح الانخفاض في التبخر بين 9- 14%.

ومن شروط استعمال هذه المواد WER

- تكون اغشية وتكون نقاذة وتسمح بتبادل الغازات مع الماء CO_2 و O_2
- عديمة اللون والطعم وغير سامة non toxic
- له القابلية على الالتئام بسرعة بفعل الأمواج الرياح أو الطيور.

التبخر من سطح التربة EVAPORATION FROM SOIL SURFACES

عبارة عن التبخر الرطوبة التي تصل الى سطح التربة عبر الخاصية الشعرية .

التبخر من سطح التربة ظاهرة اكثر تعقيدا من التبخر من الأجسام المائية ، في تربة الرطبة (لاتعاني من نقص في رطوبة التربة) ، يعتمد مقدار التبخر من التربة على

1- مقدار تجهيز الطاقة the energy supply

2- *التدرج في ضغط البخار مع الجسم المائي*

عند وضع قطعة بلاستك شفافة على سطح التربة التبخر سوف يتوقف بسب توقف جريان البخار بسب انسداد ومنع خروج الرطوبة الى الجو ، بالرغم من توفر الطاقة لتحويل الماء الى السطح .

النقص في رطوبة التربة يحدد من التبخر على السطح التربة بغض النظر عن مقدار تجهيز الطاقة الداخلة Energy input ، مع مرور الوقت معدل التبخر يقل لان حركة الماء الى سطح التبخر يكون بطي جدا too slow بالرغم من توفر الطاقة اللازمة للتبخر .

ان مقدار التبخر من التربة يتأثر بشكل كبير بـ نسجة التربة soil texture ، التربة ناعمة النسجة تحتفظ بالماء في فراغاتها pore space عند محتوى رطوبي منخفض ،بالمقارنة بالتربة خشنة النسجة ،ولذلك التبخر من الترب الرملية يتلاشى (ينتهي) بشكل أسرع من التربة الطينية حيث تكون مسامات التربة صغيرة جدا smaller pores تسمح لأغشية المياه بالبقاء في المسامات لفترة زمنية اطول .التبخر من التربة سوف يستمر بشكل عالي لبعض الوقت بعد توقف الإمطار ،ثم ينخفض عندما تبدا التربة بالجفاف حتى توصل الى معدل ثابت والتي تعتمد على عمق المياه الجوفية وطبيعة التربة بالإضافة إلى تأثير الظروف الجوية. ان التبخر من التربة الطبيعة او الزراعية تكون عملية معقدة بسبب 1- محتوى رطوبة في مقد التربة يتغير مع العمق

2- خصائص التربة انتقال بخار الماء خلال دقائق التربة .
3- التداخل مع منسوب الماء الجوفي يكون مهم ويجب اخذه بنظر الاعتبار
4- طبيعة سطح التربة (مثل الخشونة ونعومة السطح)

$$\text{فرصة التبخر} = \frac{\text{التبخر الحقيقي من التربة في وقت معين}}{\text{التبخر بشكل مكافي من سطح الماء}} \times 100$$

فرصة التبخر على سطح الماء الحر تتمثل بـ 100% في حين أن فرصة التبخر من سطح التربة تختلف مع تغاير المحتوى الرطوبي للتربة، التربة المشبع بالماء تكون فرصة التبخر منها قريبة من فرصة من سطح الماء الحر. وتقل فرصة التبخر كلما انخفض المحتوى الرطوبي للتربة بالجفاف او عندما ينخفض حركة الماء إلى السطح التربة من الطبقات التربة التحت السطحية . التبخر السطحي من التربة يعتمد على المحتوى الرطوبة للتربة السطحية topsoil ، محتوى الرطوبة عندما يتجاوز السعة الحقلية field capacity تلقائيا يزال الماء خلال عملية البزل والمتبقي من رطوبة التربة سوف يتبخر بشكل أولي بمعدل ثابت للتبخر بحدود(12-2 ملم/يوم) ثم يله انخفاض خطي في معدل التبخر الى ان يصل الى الصفر تقريبا عندما يصل المحتوى الرطوبي للتربة الى نصف نقطة الذبول $0.5\ \theta_{pw}$.

التربة عندما تجف ، يحصل انخفاض في انتقال الرطوبة ، مما يقلل من تبخرالتربة . استنزاف رطوبة التربة يحصل على عمق حوالي 40 سم ، خلال فترة معنية ، ماعدا التربة الخشنة النسجة التي تعاني من الاستزاف الرطوبي بشكل اسرع ، حيث ان التبخر نادرا مايستنزف الرطوبة التربة على عمق 60 سم .

عوامل متعلقة بحالة التربة

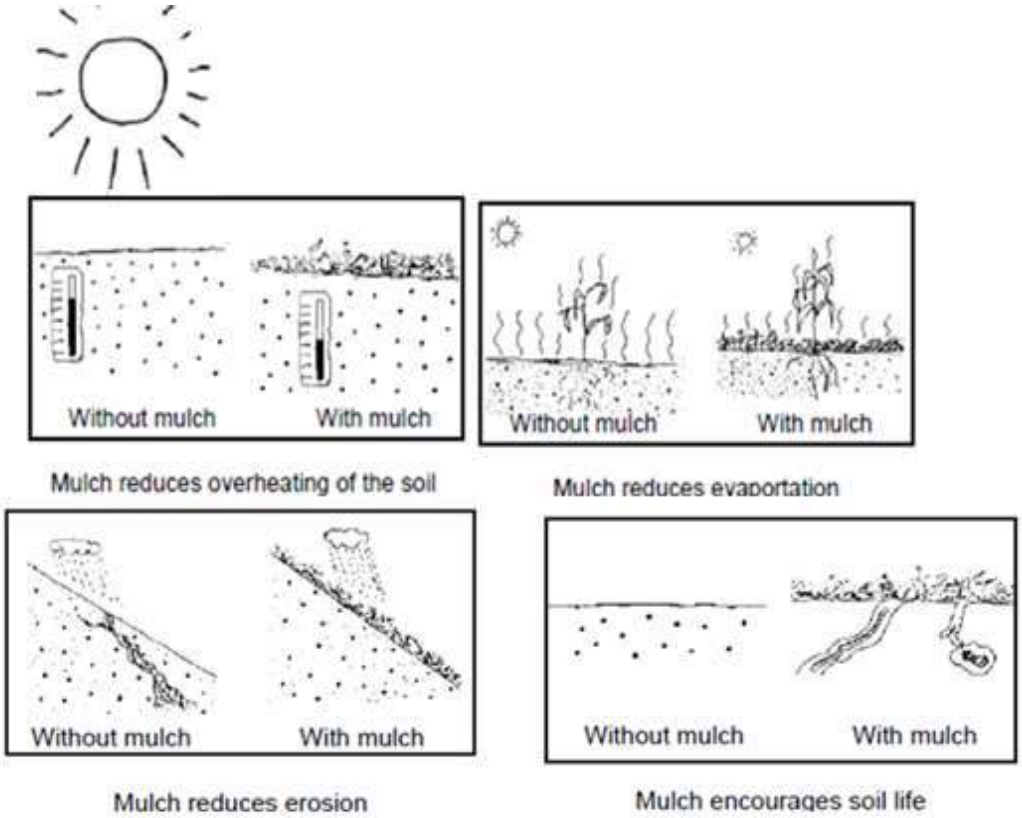
يتاثر التبخرمن سطح التربة بنفس العوامل االمناخية التي تتحكم في التبخر من سطح المياه المكشوفة بالاضافة الى:

1- **ابتلال التربة: اذ يتناقص التبخر من التربة بتناقص رطوبة التربة ويتوقف عندما تصبح التربة جافة تماما.**
2- **نسجة التربة: اذ ينشط التبخر في التربة الناعمة لان دقة مسام الطين تساعد على ارتفاع الماء في التربة من الاسفل الى الاعلى بالخاصية الشعرية.**
3- **لون التربة: اذ يكون التبخر اسرع في الترب الداكنة لانه يساعد على امتصاص الحرارة وبالتالي نشاط التبخر.**
4- **الغطاء النباتي: اذ ان وجوده يحمي التربة من التبخر.**

تقليل التبخر من سطح التربة

عادة يستخدم التغطية mulching لتقليل التبخر من التربة بطرق مختلفة ومنها :-

- Paper mulch استخدام الاوراق لتقليل من التبخر من التربة كانت هذه الطريقة تستخدم في الماضي
- بدائل كيمائية Alternative chemical اضافة بعض المواد الكيمائية تقلل من معدل التبخر .
- Pebble mulch استخدام الحصى وقد استخدمت هذه الطريقة في الصين لتقليل التبخر بشكل جزئي في المناطق الجافة .
- عملية الحراثة وإبقاء بقايا المحاصيل الزراعية .



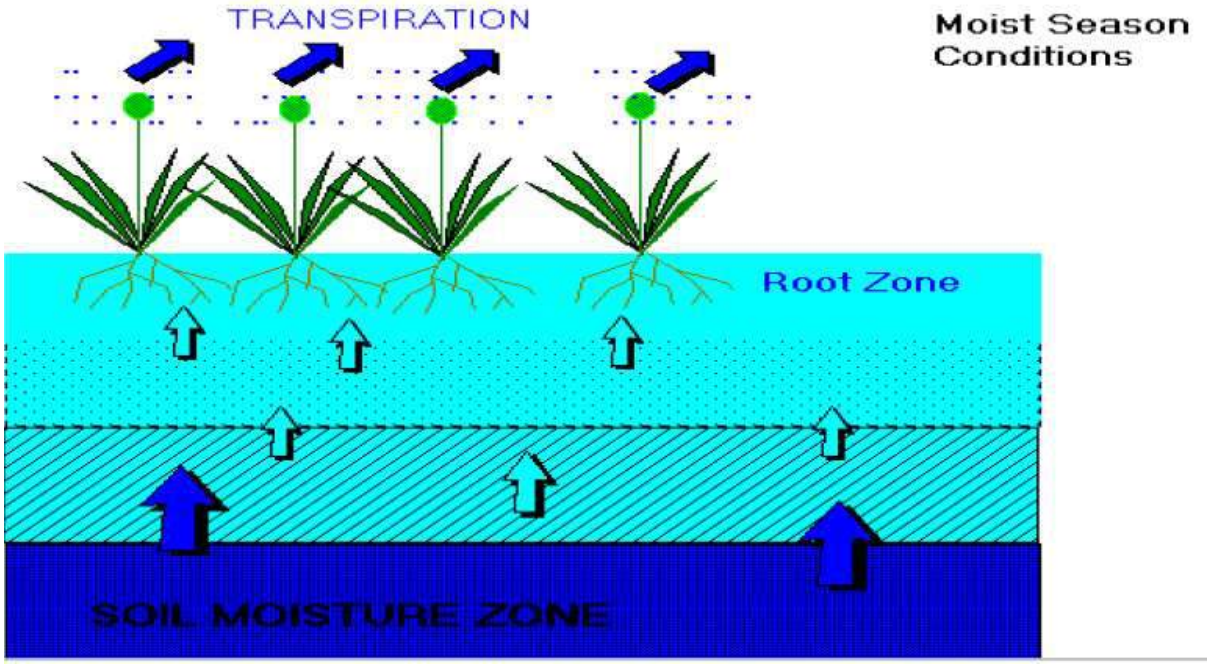
النتح Transpiration :-

التنح هي الناتج النهائي لعملية البناء الضوئي photosynthesis في النبات

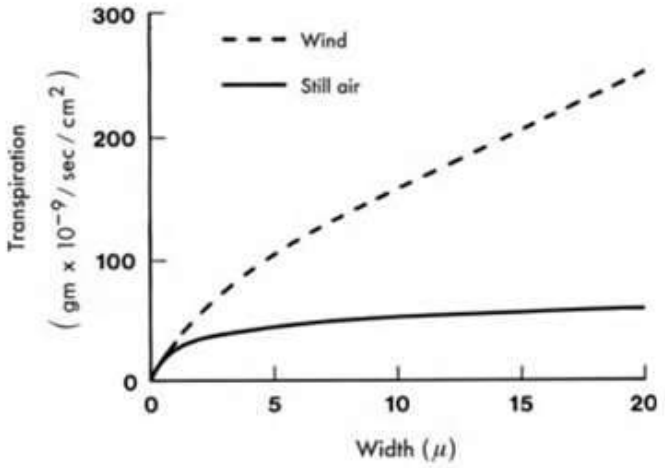
Transpiration of moisture is a rest product of photosynthesis in vegetation

عبارة عن عملية اكثر تعقيدا من التبخر وتتطلب جريان الماء السائل في الخلايا النباتية ووصولة الى الاوراق وخروجه بشكل ببخار من فتحات صغيرة جدا على سطح الاوراق تسمى الثغور Stomata في معظم النباتات . حوالي 1% من الماء يستخدم في بناء انسجة النبات والباقي يفقد عن طريق النتح .من الناحية الهيدرولوجية النبات يشبه عمل المضخة pump ، والنتح يلعب دور حيوي في تنظيم درجة حرارة النبات .

* يساهم النتح بحوالي 10% من الرطوبة الكلية الموجدة في الجو



- ✓ Stomata تفتح وتغلق حسب الظروف البيئة مثل الضوء والحرارة ويوجد نباتات جدا فعالة في اغلاق هذه الفتحات عندما تكون تحت شد مائي under water stress وتقلل من النتح مثل بعض الاشجار الصنوبر دائمة الخضرة ذات اوراق ابرية بينما نبات اخرى يكون النتح لها عالي مثل اعشاب المراعي pasture species
- ✓ الثغور تغلق في الليل ولذلك فان النتح ينخفض جدا او يتوقف في الليل night
- ✓ خلال فترات الجفاف النتح يساهم في فقدان الرطوبة في النطاق الاعلى للتربة والذي يوثر الغطاء النباتي ،مثلا 1.5 دونم من الذرة يفقد من الماء حوالي من 11 -15 $م^3$ /يوم .



العلاقة بين حجم فتحات الثغور مع مقدار النتح تحت ظروف هواء مستقر وظروف هوائية (يوجد رياح)

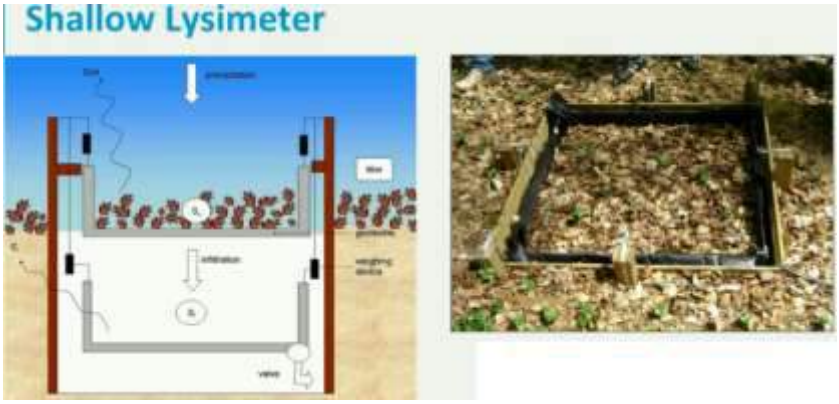
هل تعلم : ان شجرة التي يكون قطر جذها بحدود 50 سم ، يبلغ مقدار النتح لها بحدود 265 لتر/يوم

tree with at least a 51- cm diameter transpired an average 265 liter per day (Wullschleger et.al. 1998) .

طرق قياس النتح :-

1- طريقة *Lysimeters*:

عبارة عن خزان يضع فيه كمية التربة تسمح لنمو وامتداد جذور النباتات ،ويزرع بمحصول او نبات معين ، حيث يتم حساب كمية الماء المضافة من الامطار او الري ، و قياس كمية المياه التي حصل لها بزل اسفل الخزان ،الشي الوحيد الذي لايقاس هو النتح ويحسب من الموازنة المائية ، ويعتبر ايضا الاستهلاك المائي للمحاصيل ET .



2- طريقة الخيمة Tent Method

3- طرق اخرى مثل وزن ورقة النبات مباشرة ووزن الورقة بعد الجفاف و الفرق في الوزن يمثل مقدار النتح.

العوامل الموثرة على معدل النتح

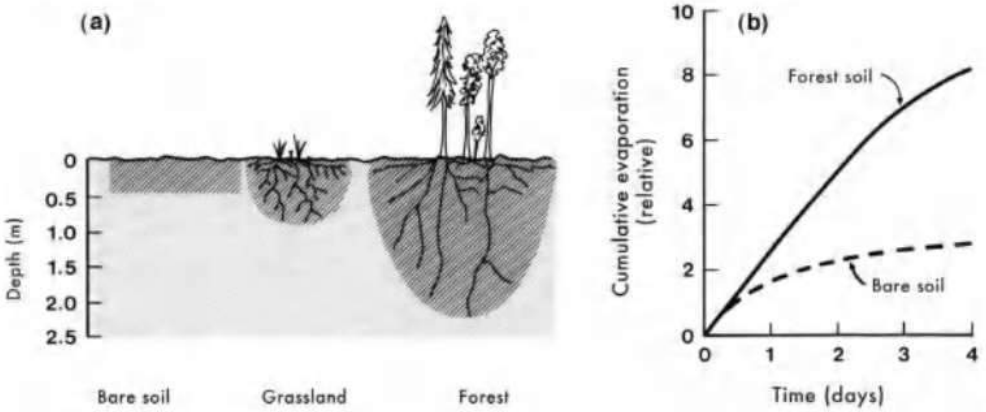
- . وكذلك crop resistance التي تعمل تقليل من النتح ،نتيجة التاثيرات البيئية . عادة النبات لاتحب الجو الحار جدا ولا البارد جدا .
- ان اغلاق وفتح الثغور يعتمد على رطوبة التربة ، الرطوبة النسبية ، اشعة الشمس ودرجة الحرارة. وتركيز CO_2 في الجو ، نوع النبات ومرحلة النمو للنبات. وأخيرا نوع التربة ومحتواها الرطوبي

على سبيل المثال الحجر على النبات و التبخرمن التربة تكون عملية قصيرة المدى ، بينما النتح تستمر لفترة اطول حتى في فترات الجاف وتعتمد على معدل قابلية التربة على الاحتفاظ بالرطوبة في نطاق الجذور . النتح يكون محدد برطوبة التربة ، مع انخفاض رطوبة التربة يحصل انخفاض بالنتح بسب انغلاق الثغور خلال تعرض التربة للجفاف soil moisture stress، اذ استمر العجز في رطوبة التربة سوف يحصل ذبول للاوراق وسقوطها ، موقع الاوراق بالنسبة للشمس different aspect سوف تستلم مقدار مختلف من الاشعاع الشمسي والحرارة ويوثر على التبخر ،انخفاض الرطوبة النسيبة ايضا يساهم في في زيادة التبخر والنتح ، بسب الهواء الجاف له قدرة اعلى مسك الرطوبة اكبر من الهواء الرطب عند نفس درجة الحراة ، ولذلك يحصل تبخر ونتح قليل خلال سقوط العواصف المطرية عندما يكون الجو مشبع بالرطوبة .

العلاقة بين النتح والفقدان بالحجز.

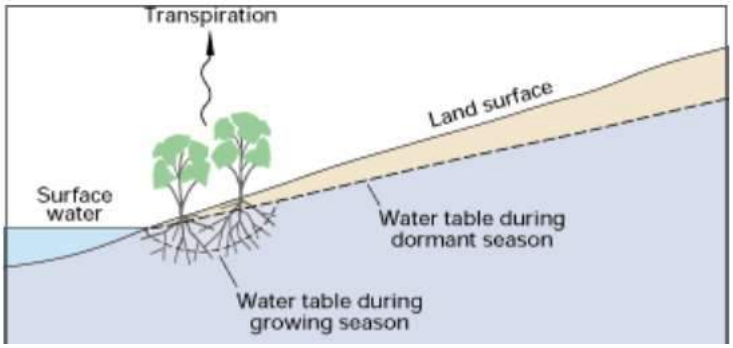
- **Transpiration and Interception Relationships**

- معدل التبخر(الفقد بالحجز) من غطاء نباتي رطب يكون مقداره 2 الى 3 مرات اكبر من النتح وخاصة في الغابات ،بسب كون التبخر لايتاثر بمقاومة في الثغور crop resistance الذي يقلل من النتح .
- التبخر من الغابات يكون اكبر من التبخر من المحاصيل والاعشاب ، خلال الليل معدل التبخر يتجاوز معدل النتح بسب اغلاق Stomata لمعظم النباتات خلال الليل. ايضا فترة نمو المحصول توثر على مقدار النتح، على سبيل المثال فترة نمو القصير لبعض المحاصيل تكون مقدار النتح قليل بالمقارنة بالغابات والتي تعيش لفترة طويلة .



- تاثير التغير في الغطاء النباتي على النتح و الاستهلاك المائي (التبخر -نتح) ، (a استنزاف التربة من تربة جرداء، وتربة فيها حشائش وتربة غابات
b) التبخر - نتح التراكمي لكل نوع من التربة .

النتح والمياه الجوفية Transpiration and groundwater عندما تصل جذور النبات الى منسوب الماء الجوفي (النطاق المشبع) يحصل نتح للنبات بشكل مباشر من المياه الجوفية مما يسبب انخفاض في منسوب الماء الجوفي بتاثير يشبه تأثير الضخ من الابار والتي تسمى بـ مخروط الانخفاض cone of depression لاحظ الشكل



النتح من الأشجار تمتد جذورها الى منسوب الماء الجوفي وتغاير المنسوب بين موسمي النمو وموسم توقف النمو dormant.

مقارنة بين التبخر والنتح

التبخر Evaporation	النتح Transpiration
عملية فيزيائية	عملية فسيولوجية او بايوفيزيائية تحصل في النبات فقط
يحصل على سطح الأجسام الحية وغير الحية	يحصل من قبل النباتات الحية
هذه العملية تتأثر بعوامل خارجية	هذه العملية تتأثر بسب عوامل خارجية وداخلية للنبات
تكون عملية أسرع من النتح	نسبيا تكون عملية بطيئة
تحصل في الليل والنهار	يتوقف النتح عادة في الليل في معظم النباتات او يقل جدا او يتوقف في النهار عند انخفاض درجة حرارة الى حدود 5 م^{o}
يتوقف التبخر عندما يتشبع الهواء كليا	يستمر النتح لبعض الوقت حتى عند تشبع الهواء المحيط للنبات

التبخر نتح: Evapotranspiration
هو مجموع المياه المستخدمة في عملية نمو النبات في منطقة ما علي شكل نتح بالإضافة إلي تلك المياه التي تتبخر من التربة المجاورة لها أو بينها ، أو تبخر المياه المحتبسة علي الأشجار بمنطقة ما بزمن معين.

Evaporation + Transpiration = Evapotranspiration (ET)

اهمية حساب التبخر-نتح (ET)
1- **لتقدير الاحتياجات المائية لنمو المحاصيل الزراعية.**
2- **لتقدير كمية السيول الناتجة من الأمطار بعد معرفة الفاقد من التبخر-نتح.**

الغيض (الارتشاح) Infiltration of water

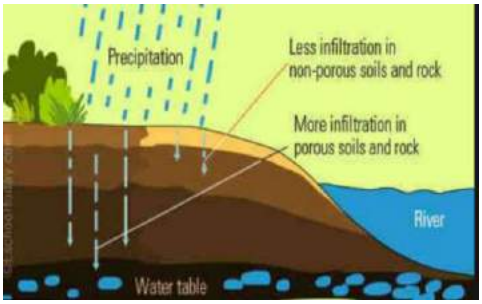
Infiltration is the process of rainwater, or any water, crossing the soil surface and entering the soil profile.

سرعة حركة دخول الماء إلى سطح التربة بفعل الجاذبية وقوة الشد دقائق التربة الجافة للماء forces of capillarity ،وتعتبر مرحلة أولية لتغذية المياه الجوفية وتلعب دور مهم في عملية الغسل Leaching والجريان السطحي وتوفر الرطوبة للمنطقة الجذرية .

سعة الغيض Infiltration capacity(F_c) :

There is a maximum rate at which a given soil can absorb water

هو المعدل الأقصى (الاعلى) الذي يمكن لتربة ما من امتصاص الماء خلال فترة زمنية معينة وتقاس بوحدة (ملم/ساعة) او (سم /ساعة).



أهمية دراسة الغيض:

- دور مهم في عملية السيح خلال تأثيرها على توقيت وتوزيع مقدار الجريان السطحي
- تعويض النقص في رطوبة التربة * تغذية المياه الجوفية
- التنبو بالفيضانات * التعرية
- حركة الملوثات * عملية البزل

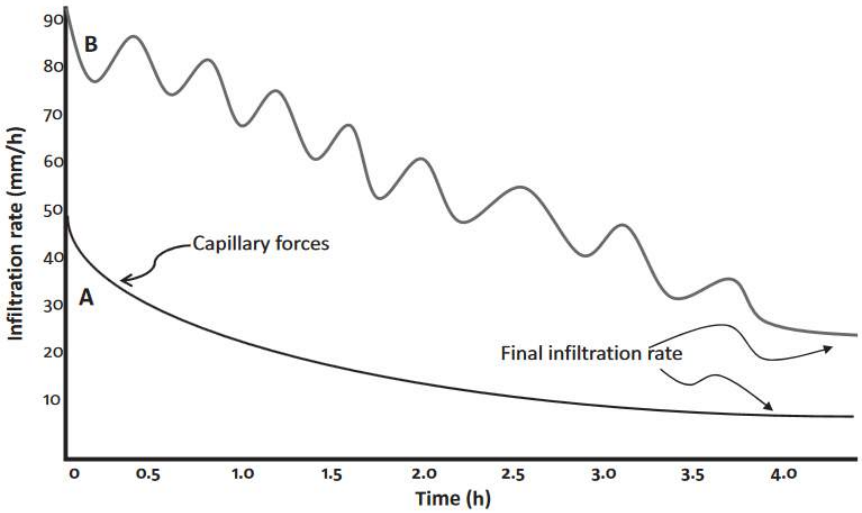
الغيض الضعيف للتربة تودي الى تجمع المياه على سطح التربة وينتج عنها تهوية ردئية والتحول الى الظروف لاهوائية ، وضعف نمو الجذور وانخفاض في توفر للعناصر الغذائية الجاهزة للنبات ، وحصول الجريان السطحي وتعرية دقائق التربة و الرواسب الى الأجسام المائية مما يوثر على نوعية المياه ويحصل عكورة للمياه .

تعتبر التربة والرواسب أوساط مسامية porous media تسمح بنفاذ المياه خلالها ،والأوساط المسامية تتألف من حبيبات مختلفة الإحجام تفصلها عن بعضها فراغات voids وهنالك صفتين مهمتين لهذه الأوساط هما المسامية porosity (n) والمحتوى الرطوبي Moisture content (θ) .عندما تتساقط الأمطار تترشح جزء منها المياه الى التربة في بداية الامر إلى النطاق غير المشبع unsaturated zone للتربة والذي تحتل المياه جزء من الفراغات فيها θ<n، وعندما تتملى جميع الفراغات بالمياه تصبح مشبعة وتسمى بالنطاق المشبع saturation

zone وتكون فيها $\theta = n$ والذي يمثل مكان تجمع المياه الجوفية ، وعندما يكون الساقط المطري شديدا فان الطبقة العليا للتربة تصبح مشبعة فيقل الغيض ويحدث بالجريان السطحي Runoff .

لايتجمع المطر على سطح التربة الا في حالة زيادة معدل سقوط المطر عن معدل الفيض في داخل التربة ويسمى الفرق بين معدل سقوط المطر ومعدل الغيض بـ الزيادة المطرية Rainfall excess.

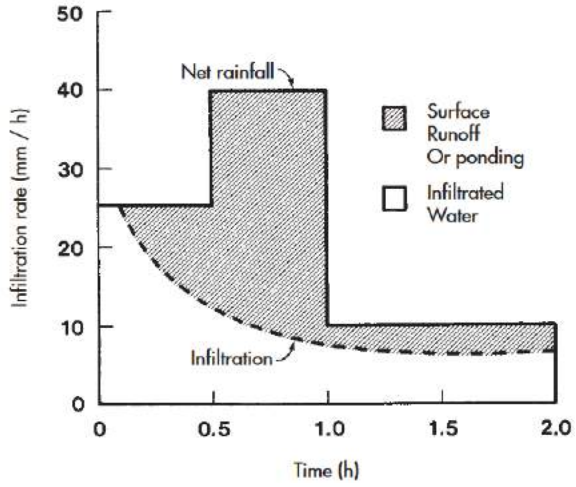
تكون سعة الغيض للتربة عالية في البداية ثم تقل مع الزمن الى ان تصل الى قيمة ثابتة وتسمى سعة الغيض النهائية (او سعة الغيض عن التوازن) بسب انخفاض القوة الشعرية وانسداد مسامات التربة بالدقائق الناعمة بالإضافة الى انتقاخ التربة وخاصة الطينية معوجود الغرويات التربة مما يودي الى انخفاض معدل الغيض مع الزمن الى ان يصل الى قيمة ثابتة .



منحني سعة الغيض للتربة A) الغيض يكون محكوم بالمسامات الصغيرة micropores المرتبطة بنسجة التربة B) محكوم بالمسامات الكبيرة Macrospores والتي تتغير بشكل مستمر مع العمق

الجريان يكون ضمن مسامات الكبيرة Macropores اولا و التي تكون مفتوحة للجو على سطح التربة ، وعند وصول التربة الى السعة الحقلية Field capacity ،وعندما تكون المسامات الكبيرة غير شائعة معدل الغيض يبدا بالانخفاض بشكل دالة اسية الى ان يصل الى قيمة ثابتة بعد فترة معينة ،حيث يكون الغيض في تلك المرحلة يكون بنفس سرعة حركة واجهة الترطيب wetting front ، اما اذا كانت المسامات الكبيرة Macropores هي السائدة في التربة ، الغيض يكون غير منتظم (يهبط ويصعد لاحظ الشكل اعلاه) مع الوقت ويعتمد على استمرارية وجود المسامات الكبيرة في التربة . عادة حجم مسامات التربة ومقدار المسامات الكلية يقل مع زيادة عمق التربة ، الهواء المحصور في مسامات التربة يعمل بشكل موقت على تقليل من غيض الماء في التربة ويعمل على عدم انتظام عملية الغيض ، انتفاخ التربة والاطيان والغرويات يقلل من غيض التربة .

ملاحظة : Macropores can lead to extremely high infiltration rates and rapid soil water transport.



العلاقة بين معدل سقوط الامطار ومعدل الغيض وماينتج عنخ من جريان سطحي Runoff

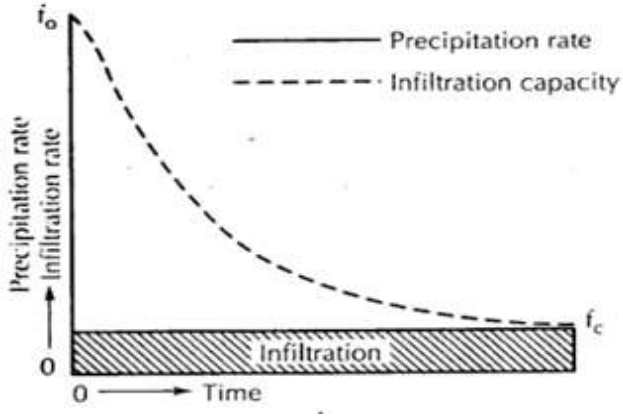
علاقة شدة الامطار (I) مع معدل الغيض (F_c):

The relationship between rainfall intensity (I) and infiltration rate is important in determining the generation of overland flow or runoff.

الحالة الاولى : عندما تكون الشدة المطرية I اقل من سعة معدل الغيض عند التوازن F_c عند التوازن واقل من سعة الغيض الابتدائي F_o ، اي

$I < F_c$

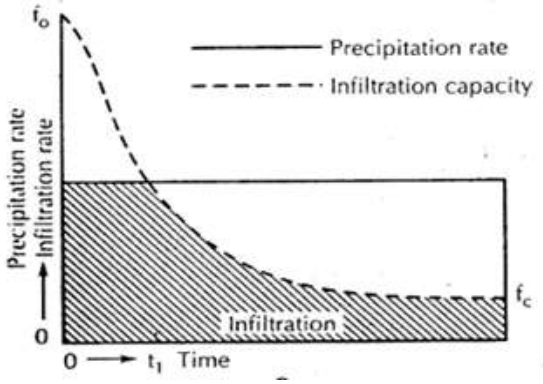
جميع السواقط يحصل لها غيض داخل التربة ولايحصل جريان سطحي للمياه Runoff



الحالة الثانية : عندما تكون الشدة المطرية I اكبر سعة معدل الغيض عند التوازن F_c واقل من معدل الغيض الاولي F_o، اي ان

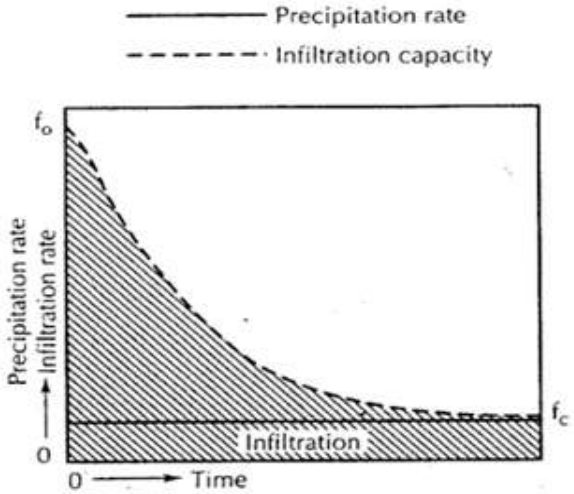
$I > F_c$

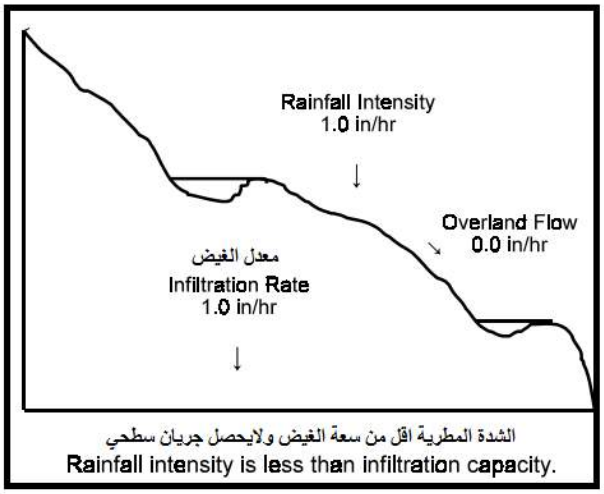
ان الغائض من المطر عن سعة معدل غيض التربة يحصل له جريان سطحي ،ويمكن إن تحصل ايضا عندما الري بكميات كبيرة للماء بشكل يتجاوز سعة غيض التربة .

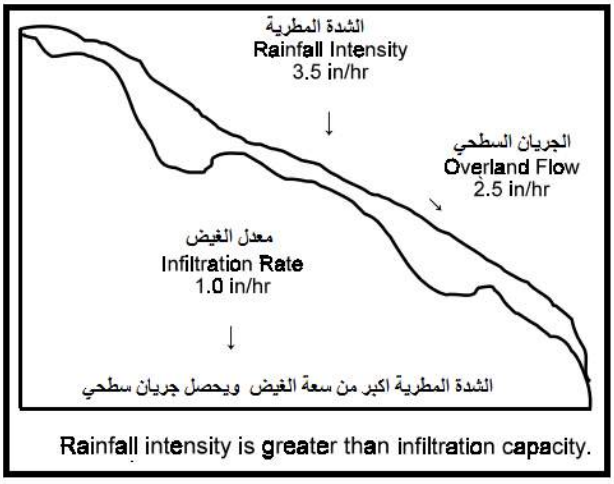


الحالة الثالثة

عندما تكون الشدة المطرية I اكبر من كل من سعة الغيض الاولي F_o وسعة الغيض عن التوازن F_c حالا الامطار يحصل لها جريان سطحي مباشرة .







العوامل المشجعة للحصول على معدل غيض عالي

Conditions that encourage a high infiltration rate

- تربة خشنة النسجة Coarse soil
- غطاء نباتي جيد well -vegetation land
- محتوى رطوبة منخفض low soil moisture
- سطح التربة تكون مسامية بفعل الحشرات أو بعض الأحياء.

a top soil layer made porous by insects and other burrowing animals

- استخدامات الأرض التي تبتعد وتتجنب انضغاط التربة

land -use practices that avoid soil compaction

العوامل الموثرة على الغيض Factors affecting infiltration

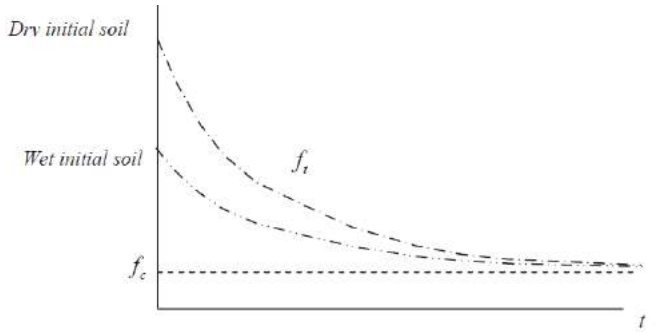
1- نسجة التربة soil texture وتراكيب التربة soil structure : الترب خشنة النسجة ماء المطر يتحرك بسهولة داخل التربة ويستغرق وقت اقل من معدل الغيض بالمقارنة بالترب ناعمة النسجة التي يكون معدل الغيض لها ابطى. البناء الحبيبي للتربة يكون معدل الغيض اعلى من بقية أنواع soil structure

2- درجة حرارة Temperature : يزداد الغيض مع زيادة درجة حرارة المياه .

3- الغطاء النباتي vegetation cover : الغطاء النباتي الكثيف يزيد من معدل الغيض .

4- المحتوى الرطوبي soil moisture : المحتوى الرطوبي العالي للتربة يقلل من معدل الغيض ،والترب المشبعة لايمكنها امتصاص كميات اضافية من الماء بالمقارنة بالتربة ذات المحتوى الرطوبي الاقل .

مثلا نفس نسجة التربة ولكن المحتوى الرطوبي لها مختلف ، التربة الجافة يكون معدل الغيض لها اعلى من التربة الرطبة في بداية فترة الأمطار ولكن مع استمرار الامطار معدل الغيض يصبح ثابت للتربة الرطبة والجافة .



5- ميل الارض slope of the land : زيادة ميل الأرض يقلل من الغيض بالمقارنة بالأرض المستوية.

6- نوعية المياه water quality : العكورة العالية للمياه نتيجة وجود دقائق عالقة من الطين والغرين تقلل من معدل الغيض .

7- Soil organic matter المادة العضوية للتربة : عادة زيادة المادة العضوية بالتربة يزداد معدل غيض التربة .

8- الكثافة الظاهرية Bulk density للتربة تقاس بوحدة (غم/سم^3) القيم القليلة للكثافة الظاهرية للتربة افضل من الناحية الهيدرولوجية من الترب ذات الكثافة الظاهرية ذات القيم العالية .

9- نشاطات الإنسان human activity : توثر على معدل الغيض التربة مثل حركة العجلات تسبب انضغاط التربة وتقلل من غيض التربة.

تاثير استخدامات الارض على الغيض Land-use Impacts on Infiltration

تاثير استخدامات الارض توثر على سطح التربة ، ومسامية التربة ، والغطاء النباتي والذي ربما يقلل من غيض الماء الى التربة ، حركة العجلات والمركبات يوثر على سطح التربة ، الرعي الجائر والسياحة الكثيرة توثر على سطح التربة وتقلل من الغيض ، ايضا تعرض التربة المباشر الى قطرات المطر المياشرة rain drop سوف يقلل من المسامات على سطح التربة بسب انجراف الدقائق الناعمة وتساهم في انسداد مسامات التربة وبالتالي يقل من قدرة التربة على الغيض . ان الرعي المفرط يقلل من الغيض بسب ازالة النباتات ممايعرض التربة الى تاثير قطرات المطر المباشرة والتي تعمل على انضغاط التربة، الجدول ادناه يوضح سعة الغيض للتربة تحت مستويات رعي مختلفة وغطاء نباتي في المغرب، المراعي تكون في حالة ممتازة الى جيدة عندما يكون مستوى الرعي قليل تكون سعة الغيض على الاقل مرتين او اكثر من سعة الغيض للمراعي التي تكون في حالة ردئية مع رعي شديد ، وكذلك يزيد الرعي المفرط من الجريان السطحي ويتم انشاء و انتقال الملوثات (non point sources) في حالة وجودها . كذلك استخدام الأرض يوثر على سعة الغيض بشكل غير مباشر يتغير محتوى الرطوبة للتربة وبعض خصائص التربة الاخرى .

الجدول (1) مقارنة بين غيض التربة وعلاقة من 3 مستويات من الرعي في شمال المغرب

	Heavily grazed, Doum palm vegetation	Moderately grazed, brushland	Ungrazed, afforested (Aleppo pine)
Soil texture	Coarse	Medium	Fine
Soil organic matter content (%)	1.47	1.77	2.7
Soil bulk density (g/cm^3)	1.44	1.42	1.22
Vegetative cover (%)	12.5	41.3	99
Slope (%)	0–10	5–25	5–40
Initial infiltration rate (mm/h)	179	194	439
Infiltration rate after 2 hours (mm/h)	43	65	226

الحرائق التي تحصل على للغطاء النباتي او الغابات سوف تكون مواد غير محبة للماء تسمى hydrophobic substance على التربة او تحت التربة، وجود هذه الطبقات غير المحبة للماء (المتنافرة) سوف يقلل من معدل الغيض بشكل يشبه عمل الطبقات الصماء hardpan التي تتكون بفعل العمليات الكميائية للتربة او الاليات الزراعية و التي تعيق حركة دخول الماء الى التربة .

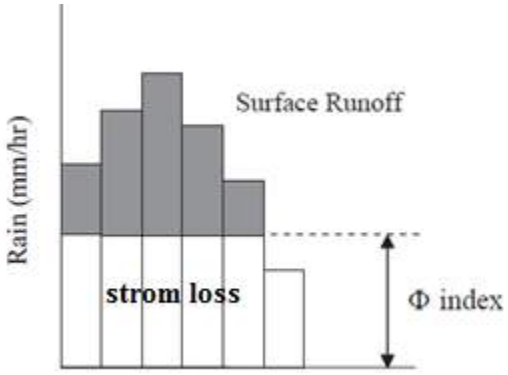
قياس الغيض :

يمكن قياس الغيض في الحقل بواسطة حلقة اسطوانية معدنية مزدوجة double ring يتم ادخالها داخل التربة عدة سنتمترات وتمل بالماء الى حد معين تمنع الحلقة الخارجية انتشار الماء الخارج من الحلقة الداخلية ويتم قياس معدل انخفاض مستوى الماء مع الزمن .

Double ring infiltrometer

دليل الغيض Infiltration Index :-

عند افتراض انه لايوجد تغير في معدل الغيض مع الزمن اي (معدل غيض ثابت) ، معدل سقوط المطر والتي تكون اعلى من قيمة دليل الغيض تمثل حجم الماء الساقط مساويا لحجم السيح ،وتحسب قيمة دليل الغيض بمعاملتها بسعة غيض ثابتة فعندما تكون شدة العاصفة المطرية اقل من دليل الغيض حينئذ تكون معدل الغيض مساوية الى شدة المطر اما اذ كانت شدة العاصفة المطرية اكبر من دليل الغيض فان الفرق بين العاصفة المطرية والغيض خلال فترة زمنية يمثل حجم السيح اما كمية المطر التي تزيد عن دليل الغيض فيطلق عليها المطر الزائد rainfall excess . ولذلك فان دليل الغيض يفسر ويمثل السحوبات الكلية ويمكن الاعتماد عليه في حساب السيح . و حساب مقادير الفيضانات الناتجة عن العواصف المطرية .



دليل الغيض Infiltration Index

A= good infiltration and B) poor infiltration

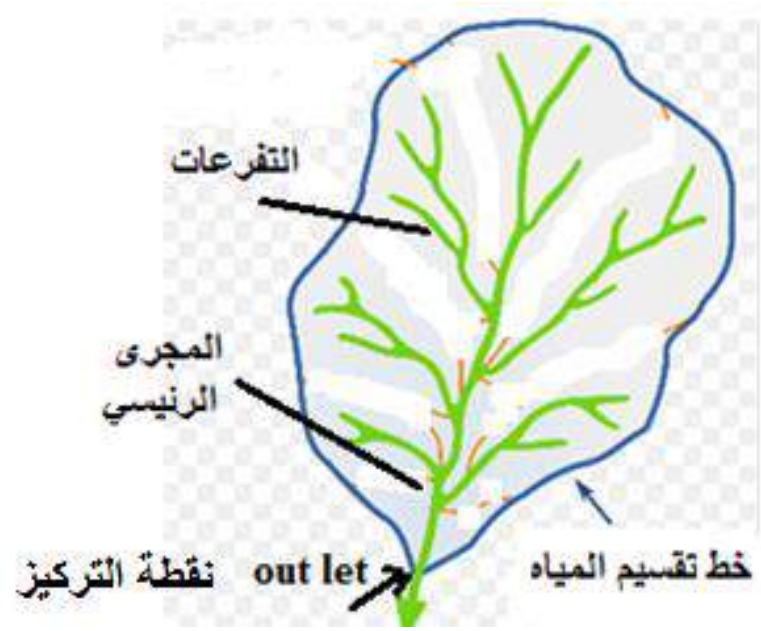
حوض التصريف او الجابية Drainage basin /Catchment area/ watershed

watershed : as the area of land that drains water, sediment, dissolved materials, heat, biota, etc., to a common outlet at some point along a stream channel (watershed outlet).

تلك المساحة من الأرض التي تتجمع منها مياه الامطار وتنتقل المياه والرواسب والمواد الذائبة في المياه من تفرعات مختلفة لتجري وتتجمع في مجرى واحد رئيسي لتصل الى نقطة التركيز outlet (نهاية الحوض) ، ويفصل حوض التصريف عن الاحواض المجاورة بخط تقسيم المياه water divide ، وقد تتطابق الاحواض المائية السطحية مع الاحواض المائية الجوفية وقد لاتتطابق حسب الطبيعة الجيولوجية للحوض ، يترواح احجام احواض التصريف بين عدة كيلومترات المربعة الى ملاين الكيلومترات المربعة.

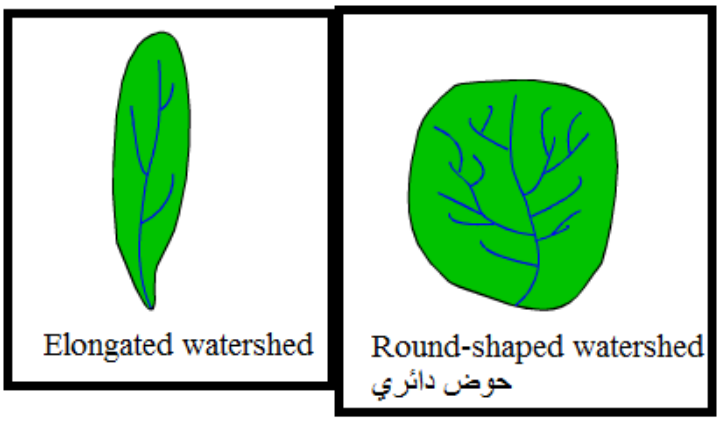
عادة تكون Drainage basin تكون اكبر مساحة

بينما تكون Catchment area تكون اضغر مساحة



شكل يوضح مرتسم لحوض التصريف المائي watershed

شكل حوض التصريف يوثر على سرعة حركة المياه السطحية وتحت السطحية ، التي تصل الى نقطة التركيز watershed outlet للحوض ، يكون التصريف عالي وقمة عالية لذروة الجريان peak flow في الاحواض الدائرية الشكل Round-shaped watershed حيث يكون سرعة الجريان سرعة وحجم ذروة الجريان اكبر من الاحواض ذات الشكل الطولاني Elongated watershed ،كذلك ميل الجدول و القنوات ايضا ينتج عنها استجابة اسرع للجريان وتعطي high peak storm flow.



من اشكال watershed

أدارة الاحواض المائية يتطلب معرفة العلاقة بين العوامل التالية :-

1- استعمال الأرض Land use

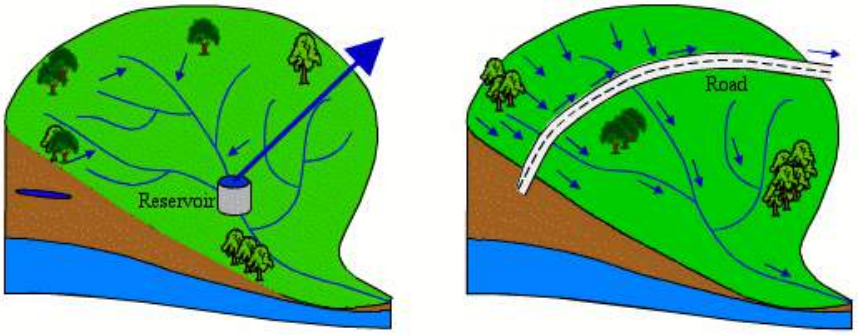
2- فقدان التربة وانتاجيتها Soil loss and productivity

3- كمية ونوعية المياه Water quantity and quality

4- البيئة والسكان والحياه البرية Wildlife populations and habitat

5- العامل الاجتماعي والاقتصادي Social factors, and economic factors

تاثيرات نشاطات الانسان على الاحواض المائية watershed :



Artificial changes that occur in a watershed

تاثيرات الانسان على الحوض المائي watershehed مثلا انشاء طريق عبر الحوض يوثر على اتجاه الجريان وربما تغير جزء من مسار الماء خارج الحوض .
ايضا انشاء خزان مائي او حوض صناعي ايضا يوثر على تصريف المياه watershed

سوال : ارسم شكل يوضح تاثرات نشاط الانسان على watershed ؟؟

معادلة الموازنة المائية للاحواض المائية Watershed water balance

تمثل الموازنة بين المياه الداخلة الى الحوض المائي بشكل سواقط والمياه الخارجة بشكل تبخر -نتح و تصريف للمياه الجوفية ،جريان سطحي الجدوال . وتعتبر الموازنة المائية احدى وسائل لتتبع مسار الدورة الهيدرولوجية للحوض المائي مع الزمن .

معادلة الموازنة المائية للاحواض المائية يمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية :

$$P = ET + SF + GWD \pm SMC \pm GWS$$

P = Precipitation (gain) السواقط (عملية اكتساب)

ET = Evapotranspiration (loss) التبخر-نتح (عملية فقد)

SF = Stream flow (loss) الجريان في الجدوال (فقدان)

GWD= Ground water discharge (loss) تصريف للمياه الجوفية (فقدان)

SMC = Soil moisture content (gain or loss) رطوبة التربة (فقدان او اكتساب)

GWS = Ground water storage (gain or loss) خزين المياه الجوفية (فقدان او اكتساب)

ان الصعوبة والدقة في استخدام هذه المعادلة تكمن في مركبات المعادلة ، الدقة تتمثل في طريقة قياس المتغيرات اما ومدى قرب القيمة المقاسة من القيمة الحقيقة في الطبيعة.

نقطة التركيز Concentration point : عبارة عن النقطة او الموقع التي تتجمع فيها كل الجريان السطحي للحوض وتصرف مياهها وتخرج من منفذ واحد للحوض الى خارج الحوض، حيث يتم قياس التصريف Discharge عند هذه النقطة وتعرف ايضا بنقطة القياس measuring point.

زمن التركيز Concentration time : الزمن المطلوب الذي تحتاجه قطرة المطر من ابعد نقطة في حوض التصريف لتصل الى نهاية (منفذ) الحوض out let، وهو عامل مهم في العواصف المطرية الشديدة التي تكون قادرة على تكوين جريان سطحي هائل يسبب حدوث فيضانات كبيرة Flood ويرمز له بالرمز T_c.

دراسة خصائص والتحليل الموفومتري morphometric لاحوض التصريف يتطلب تحليل العامل التالية :-

1- عدد جدوال ورتبها في الحوض stream order

2- اطوال الجداول Length of stream

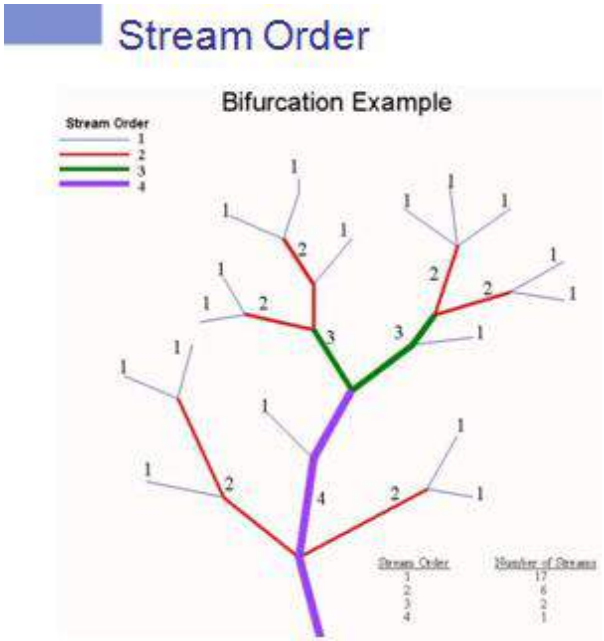
3- كثافة التصريف Drainage density (D_d)

4- انماط قنوات التصريف Drainage pattern

5- ميل الحوض المائي Watershed slope (W_s)

6- ارتفاع الحوض **Watershed Relief (H):**

رتبة الجدول stream order:- عبارة عن التسلسل الهرمي او درجة القنوات المائية في حوض التصريف ،فمثلا الجدول الصغيرة من الرتبة الاولى First stream order تكون في اعلى الحوض وليس لها تفرعات قبلها وعند التقاء جدولين من الرتبة الاولى تكون جدول من الرتبة الثانية second stream order وهكذا وقد طور هذا النظام العالم ستراهيل (Strahler , 1954) والجدوال الاعلى رتبة تكون في اسفل (نهاية) حوض التصريف والاقل رتبة في اعلى الحوض المائي Watershed .



الرتب النهرية

*Lower order stream*الرتبة النهرية القليلة	*Higher order stream* الرتبة النهرية العالية
تفرعات الجدوال اقل ولكن عدد الجدوال اكبر	تفرعات الجدوال اكثر ولكن عدد الجدوال اقل
تسود فيها التعرية الصفائحية (تعرية مطرية)	تسود التعرية جدولية (النهرية) .
اقل عرض وعمقا للجدوال	اكثر عرضا وعمقا للجدول

كثافة التصريف Drainage density : وهي النسبة بين مجموع اطوال الجدوال في حوض التصريف الى المساحة الكلية للحوض .

$D_d = \sum L / A$

D_d= كثافة قنوات التصريف

$\sum L$ = مجموع اطوال الجدوال من جميع الرتب النهرية.

A= المساحة Areaالحوض

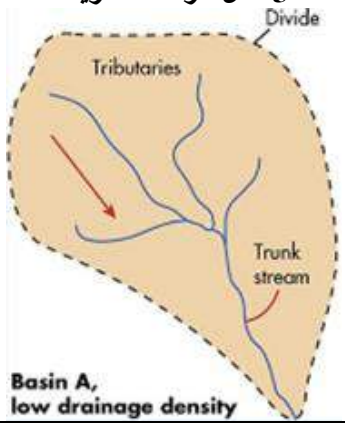
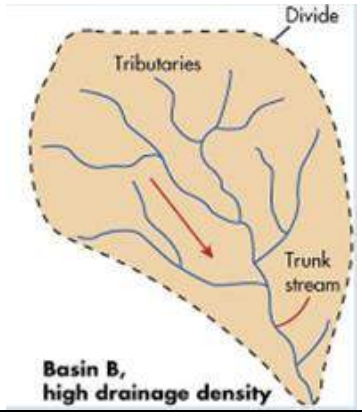
ولدراسة احواض التصريف اهمية كبيرة من الناحية المورفولوجية والهيدرولوجية. كثافة التصريف تعتمد على طبيعة جريان المياه السطحية في الحوض تتاثر بعوامل مهمة مثل الطبيعة الجيولوجية (نوع الصخور)

نوع التربة، انحدار الارض ، والغطاء النباتي ، وكذلك كمية السواقط ، وتقاس بوحدة كم/كم^2 (km/km^2) .
هو ايضا يعكس سرعة وصول المياه الى watershed outlet (المخرج) .

وتعتمد على العوامل التالية :-

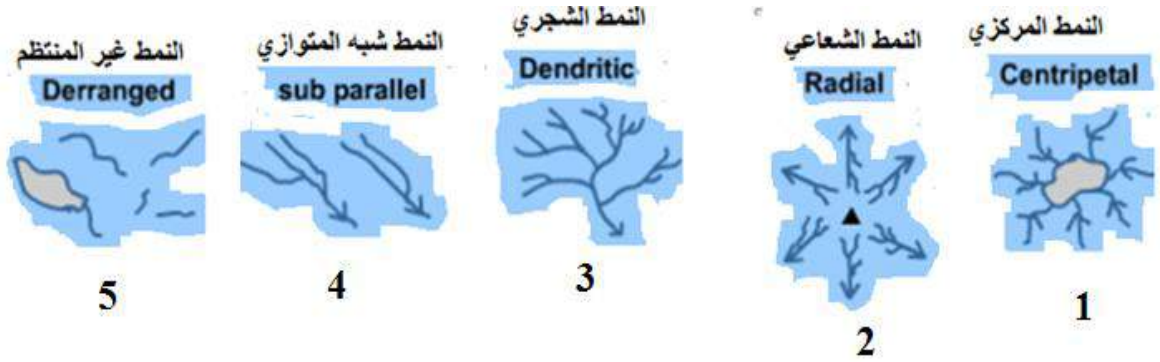
1- نسجة التربة soil texture 2- نفاذية ومسامية التربة 3- ميل سطح الارض 4- الغطاء النباتي

مقارنة بين كثافة قنوات التصريف الكثيفة (العالية) وكثافة قنوات التصريف القليلة

كثافة قنوات التصريف منخفضة (قليلة)	كثافة قنوات التصريف مرتفعة (عالية)
1- قابلية عالية (جيدة) للصخور لنفاذية الماء	1- نفاذية معدومة او قليلة جدا للصخورعلى السطح
2- جريان معتدل او قليل (ذروة التصريف قليلة)	3- جريان وسيح عالي (غزير) ذروة تصريف عالية ، وشبكة تصريف متطورة بشكل جيد
3- تفرعات وجدوال قليلة	3- تفرعات وجدوال كثيرة
4- احتمال حصول فيضانات تكون بنسبة اقل	4- احتمال حصول فيضانات كبيرة
5- اقل عرضة للتعرية 	5- اكثر عرضة للتعرية المائية 

انماط قنوات التصريف Drainage pattern :

عبارة عن شكل قنوات التصريف كما تبدو من الجو(مشاهدتها من طائرة او صورة جوية) او عند ملاحظتها من خارطة طبوغرافية ،حيث ثوثر على كمية تصريف الماء ولها اهمية في دراسة اشكال الارض وتعطي موشر على نوعية الصخوروالتربة ومناطق التعرية .ومن انماط قنوات التصريف الشائعة :-



ميل الحوض المائي :Watershed Slope (Sw)

من الخصائص المهم جدا التي توثر على سرعة الجريان وتعرية الرواسب في الحوض المائي ،كما يوثر على تغذية المياه الجوفية . ويمثل النسبة بين الفرق بالارتفاع بين نقطتين رئيسيتين في المجري الرئيسي للماء مقسومة على الطول بينهما .

It is the rate of elevation difference along the principal flow path. It is calculated as the elevation difference between the two end points of the main flow path divided by its length.

$$\mathbf{S_w = h_f / L_f}$$

S_w = is the slope of watershed in m/m الميل

h_f = is the elevation difference between upper and lower points of main flow path in m, الفرق في الارتفاع بين النقطة العليا والنقطة السفلى خلال مسار الرئيسي للمجرى المائي

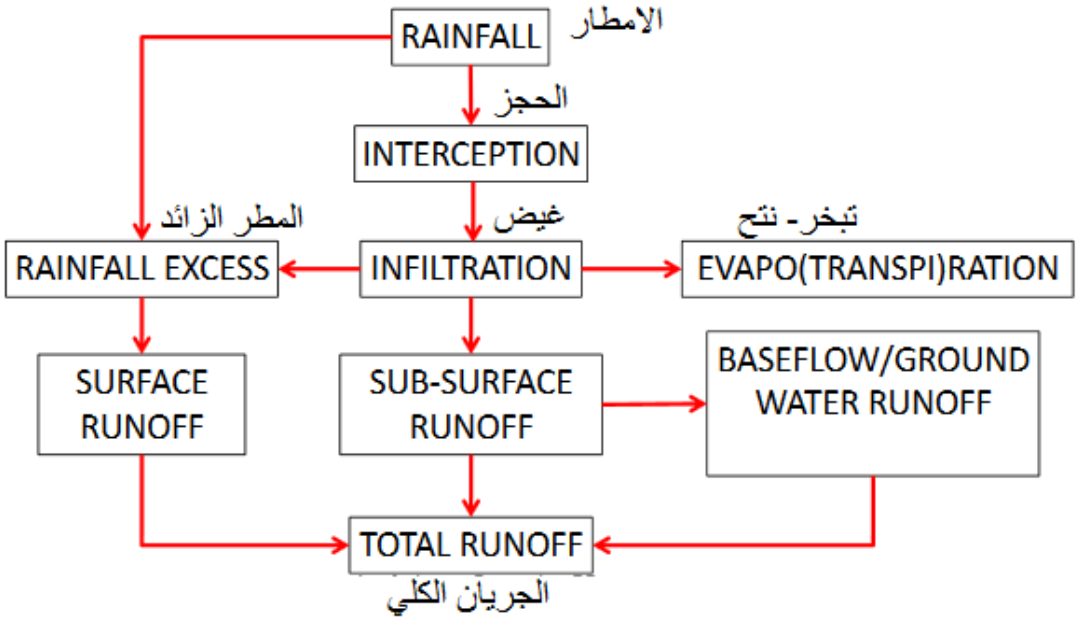
L_f= is the length of main flow path in m. المسافة

الفرق في الارتفاع :Watershed Relief (H)

يمثل الفرق في الارتفاع عن مستوى سطح البحر بين اعلى واقل نقطة في الحوض المائي ، ويرمز له بالحرف H

Watershed relief is the elevation difference between highest and lowest points of valley floor.

الجريان السطحي runoff او overland flow



عبارة عن جريان الماء على فوق سطح الارض والذي يكون اما من ذوبان الثلوج او العيون springs ،ولكن معظم الجريان السطحي يكون من الامطار Rainfall ويتحرك اسفل الميل بسب الجاذبية ، ويحصل الجريان السطحي عندما تكون شدة الامطار اعلى من سعة الغيض التربة. ولايحصل الجريان السطحي الاعند امتلاء خزين المنخفضات depression storage بشكل كامل . ان علمية الجريان السطحي لاتنقل فقط الماء وانما تنقل الرواسب والمواد الذائبة والمعدن الثقلية والملوثات من مناطق المنبع اعالي النهر upstream الى مناطق المصب او downstream.

عند بداية الجريان يكون الجريان بشكل جريان صفائحي غير مركز ويسمى sheet wash ، ثم يبدا بالتركيز ليجري في قنوات صغيرة جدا تسمى rills flow (ابعادها عدة سنمترات كعمق وعرض) ثم تتطور القنوات وتصبح اكبر عمقا وعرضا لتكون(الكلي) gully flow حيث يصبح للماء القدرة على التعرية ومن ثم يصبح جريان الجداول والقنوات stream flow .

الجريان تحت السطحي او الجريان البيني subsurface flow او interflow

عند حصول غيض للماء في نطاق التربة غير المشبعة ويتحرك الماء بشكل عمودي ولكن عند وجود طبقات غير نفاذة (اوقليلة النفاذية) داخل التربة ،سوف يتحرك الماء جانبيا ضمن نطاق التربة غير المشبعة وفوق منسوب الماء الجوفي ليكون الجريان تحت السطحي subsurface flow او الجريان البيني interflow،الذي يتحرك بسرعة بطيئة نحو الانهار او الاجسام المائية ،وقد يعود الجريان تحت السطحي الى سطح الارض قبل وصوله الى الجدوال ويسمى بالجريان العائد return flow . بينما جزء من الماء الغائض يصل الى منسوب الماء الجوفي water table لينضم الى المياه الجوفية ويسمى الجريان القاعدي base flow حيث يساهم في زيادة منسوب الماء في الجدوال نتيجة التغذية المياه الجوفية

مركبات الجريان الثلاثة

three runoff components مركبات الجريان

1- ***Surface runoff*** *(fast and turbid)*

over land flow الجريان السطحي سريع جدا ولدية عكورة

2- ***Sub-surface runoff*** *(fast and mostly clear)*

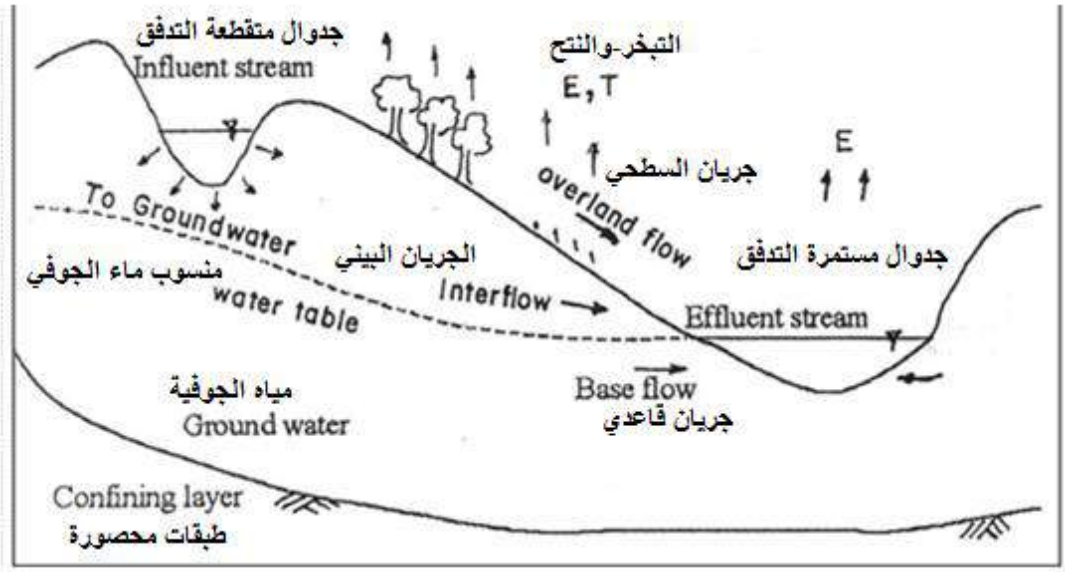
subsurface flow (interflow) الجريان تحت السطحي يكون سريع وتقريبا صافي

3- ***Base flow*** *(slow and clear)*

- Seepage flow to stream network

الجريان القاعدي او جريان المياه الجوفية يكون بطي ويكون جدا صافي

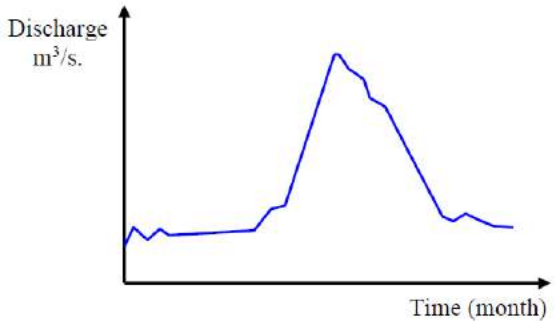
جميعا تساهم في الجريان السطحي للانهار الاانهم يختلفون في سرعة الوصول فالجريان السطحي هو الاسرع جدا وتتروح سرعته بين 10-500 م/ساعة وتكون المياه عكرة بسب حمل الرواسب والاطيان (الماء يكون مظهره بشكل طيني) بسب وجود العوالق suspension ،بيما الجريان تحت السطحي يكون سريع نوعا ما الى بطي والجريان القاعدي يكون ابط الجميع ، وتكون المياه صافية Clear بدون عكورة بسب عملية infiltration .



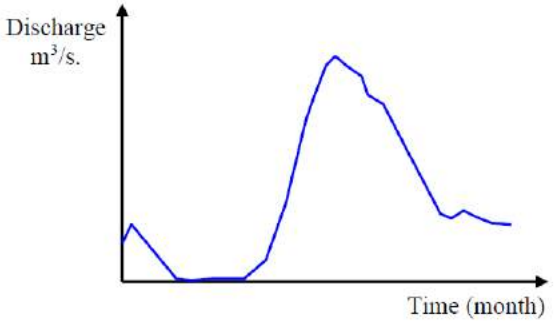
شكل يوضح انواع الجريان الثلاثة

خصائص الجريان السطحي للجداول :-

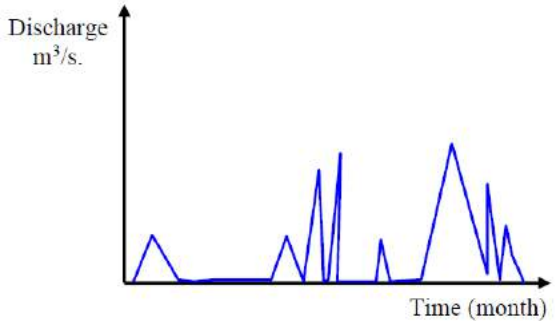
1- الجدوال مستمرة الجريان : وهي الجدوال التي يجري فيها الماء على مدار العام ،وحتى خلال فترة الجفاف فان منسوب الماء الجوفي يكون اعلى من قاع الجدول stream bed ويسمى perennial stream.



2- الجدوال متقطعة الجريان : والتي يجري فيها الماء لفترة محددة من السنة وليس دائما (فقط عدة اشهر) مثلا خلال الربيع وتسمى الجدوال سريعة الزوال ephemeral stream ، منسوب الماء الجوفي تحت منسوب قاع الجدول .



3- السيول : وهي المجاري المائية التي ليس فيها اي مشاركة للجريان القاعدي base flow ،تتميزجريان عالي بسب عاصفة مطرية ذات شدة عالية وسرعان مايصبح الجدول جافا حال انتهاء الجريان العائد للعاصفة المطرية بعد عدة ساعات او ايام . وقد يستمر الجريان لعدة ساعات اويام وقد يستمر الجريان الى اسابيع وعادة تكون شائعة في المناطق الجافة الصحروايا .

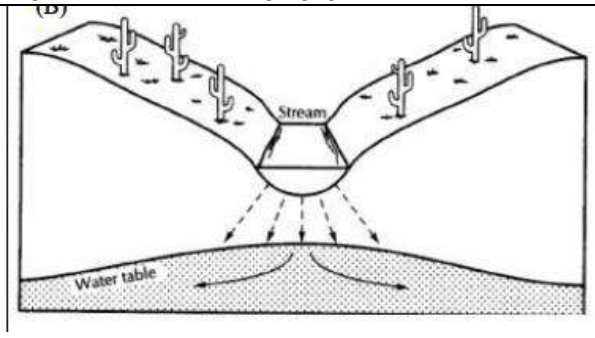
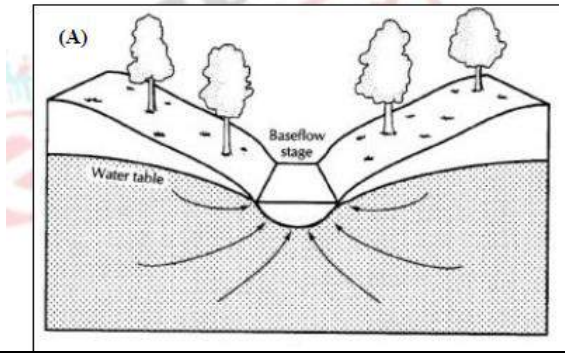


علاقة منسوب الماء الجوفي بالجدوال او الانهار :

الحالة الاولى : المياه الجوفية تغذي (تصرف) مياها الى النهر وتسمى جدوال متدفقة (gaining stream)

الحالة الثانية : الجداول او النهر التي تغذي المياه الجوفية وتسمى جدوال غير متدفقة losing stream

وممكن ان تحصل كلا الحالتين في نفس النهر وحسب اختلاف الموسم وفصول السنة .

Losing stream (influent stream) جداوال غير متدفقة بشكل مستمر	Gaining stream (effluent stream) جدوال متدفقة بشكل مستمر
1- يحصل في المناطق الجافة	1- يحصل في المناطق الاستوائية الرطبة او المعتدلة المناخ
2- يفقد كمية كبيرة من الماء عن طريق التبخر والتسرب حيث يجف الجدول عادة قبل ان يصل الى البحر	2- بتجاه اسفل المنحدر downstream يصبح النهر اكثر عرضا وكمية مياه تزداد ، وعادة المياه تصل الى البحار بكمية كبيرة .
3- ارتفاع قاع الجدول stream bed تكون اعلى من منسوب الماء الجوفي water table	3- منسوب الماء الجوفي water table يكون اعلى من ارتفاع قاع الجدول stream bed
4- لايحصل تغذية للنهر وتفرعانه من المياه الجوفية	4- يحصل النهر وتفرعاته على تغذية من المياه الجوفية
	

طرق قياس تصاريف الجداول والانهار Measurement of Discharge

الغرض من قياس التصريف الانهار ليست مجرد ارقام ، وانما هذه البيانات مهمة مثلا معرفة اعلى التصاريف peak flow نحتاجها من اجل التخطيط والسيطرة على الفيضانات flood control او تصميم منشاءات الهندسية مثل انشاء الجسور bridges او road culverts.

كما ان التصاريف المنخفضة (القليلة) نحتاجها من اجل خطة ادارة المياه خلال فترة الجفاف وهل ان عملية تجهيز المياه للسكان مثلا سوف تكون مستمرة ام لا ، وتقيم نوعية المياه وزيادة تراكيز الملوثات وتأثير انخفاض التصريف على الاحياء المائية والاسماك.

A -الطرق المباشرة Direct method وتضم

1- طريقة المساحة - السرعة Velocity area method

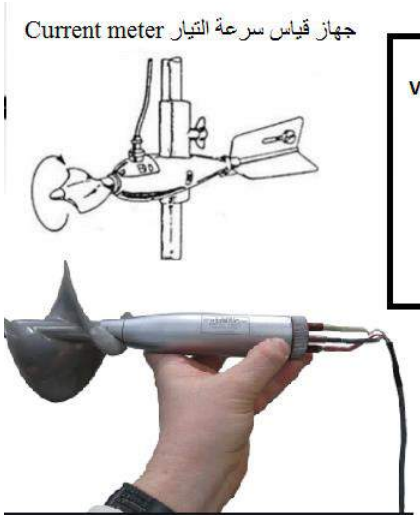
عادة السرعة المياه تضرب في مساحة مقطع النهر (او الجدول) للحصول على التصريف Discharge(Q)

$$\mathbf{Q = A \times V}$$

Q = تصريف م^3/ثانية (m^3/sec)

A= مساحة مقطع القناة او الجدول م^2

V= سرعة الماء وتقاس ب م/ ثا ويمكن استخدام طريقة الطوافة Float للجدوال الصغيرة (لكن هذه الطريقة تقيس السرعة السطحية surface velocity ولذلك تحتاج الى معامل تصحيح correction factor للحصول على معدل السرعة عبر الاعماق المختلفة ، او جهاز قياس التيار current meter للانهار الكبيرة الموضح في الصورة .



2- **طريقة التخفيف** Dilution gauging method . عبارة عن اضافة مادة كيميائية او ملح معين مثل ملح NaCl الى الماء وقياس تركيزه في بداية ونهاية مسار القياس ومعرفة التركيز الملح في البداية وبعد تخفيفة في نهاية مسار القياس ، ومن معادلات معينة يمكن حساب التصريف .

B -الطرق غير المباشرة Indirect method:

1- طريقة المشاءات الهندسية (للسيطرة) Control structures مثل الهدرات ، عبارة عن اجبار الماء بالمرور من خلال تركيب هندسي معين من اجل قياس التصريف بشكل مستمر .

الهدراة لقياس التصريف

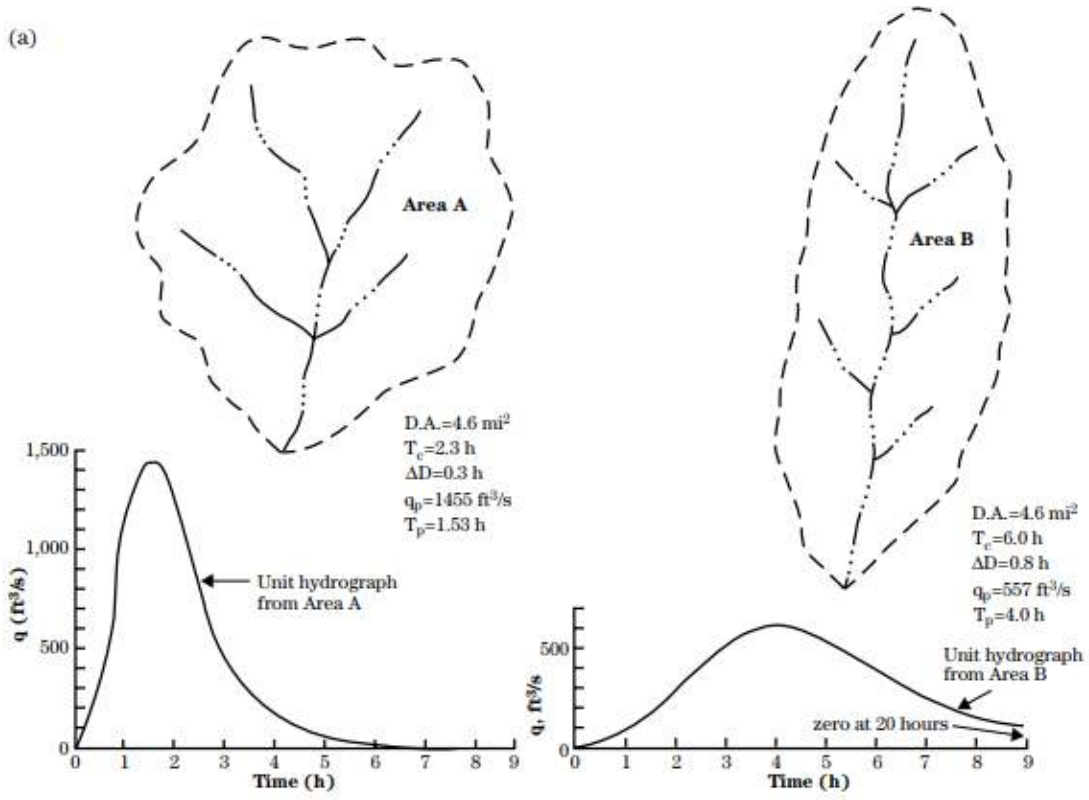
2- طريقة المعادلات مثل معادلة ماينيك Chezy/ Manning equation

3- استخدام الموجات فوق الصوتية **Ultrasonic flow gauging** عبارة عن استخدام خصائص الموجات الصوتية في الماء **properties of sound wave in water** ومن خلال اجهزة خاصة ترسل موجات صوتية من جهاز ويتم استقبلها من مستلمات صويتة في الجهة الاخرى من النهر ،ليتم قياس تصريف الانهار بشكل غير مباشر.

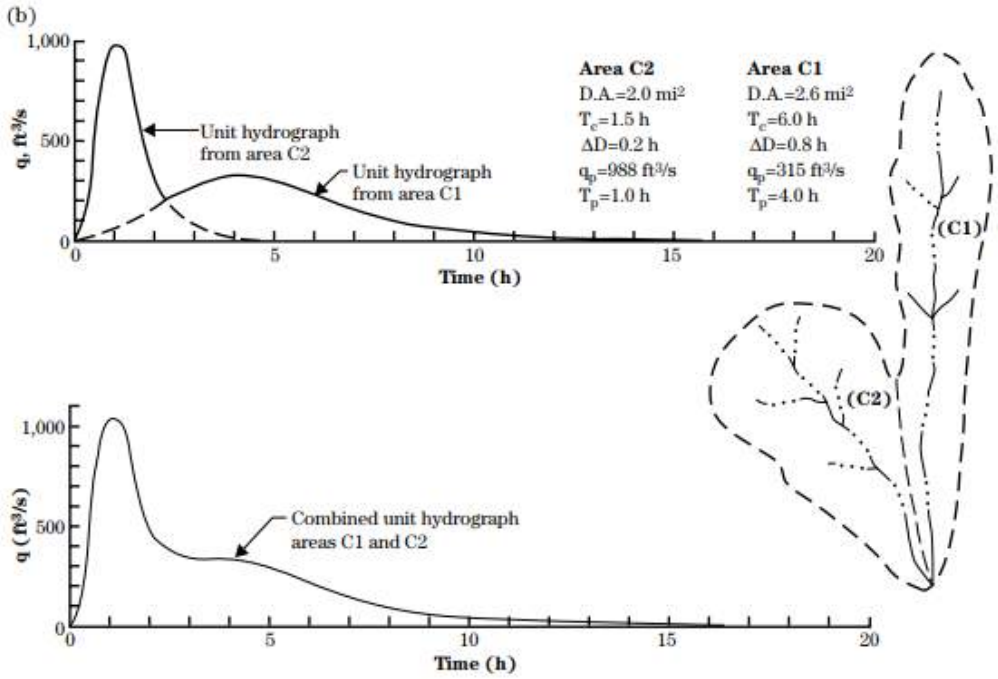
العوامل الموثرة على الجريان السطحي

1- خصائص العاصفة المطرية	♣- نوع السواقط وشدتها ♣- توزيع الساقط المطري واتجاه العاصفة المطرية ♣- فترة الساقط المطري وفترة تكرارها
2- خصائص مناخية	♣- درجة الحرارة ♣- سرعة الرياح ♣- الرطوبة النسبية ♣- اختلاف الضغط الجوي
3- خصائص الشكلية للحوض المائي	♣ - مساحة الحوض ♣- شكل الحوض ♣ - ميل الحوض ♣- الطبوغرافية والارتفاع عن مستوى سطح البحر ♣- التراكيب الجيولوجية ونوع التربة ♣- طبيعة قنوات التصريف
4- خصائص الخزن	♣- المنخفضات الطبيعية ♣- وجود الأحواض والاهوار والمستقعات ♣- عدد الجدوال ♣- السدود والخزانات

ملاحظات عن المنحي المائي *Hydrograph* :

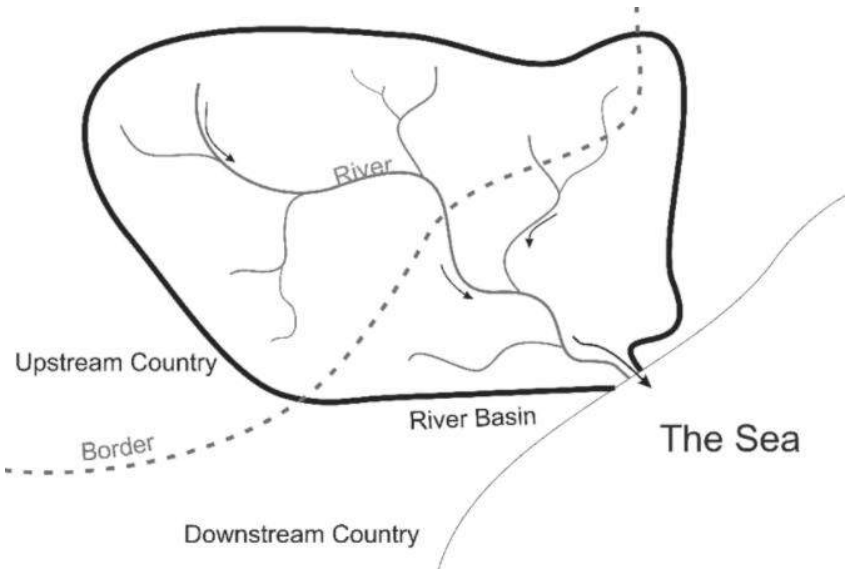


تاثير شكل الحوض watershed shape *على المنحي المائي* hydrograph، *كلاهما نفس المساحة السطحية ،لاحظ التغاير في قيم زمن التركيز* Tc ، *اعلى تصريف* q_P ، *زمن للوصول الى اعلى تصريف* Tp.



تأثير شكل الحوض وقيمة اعلى تصريف في حالة كل حوض مائي لوحدة ،وفي حالة الدمج بين الحوض على شكل الهيدروكراف .

* في المواسم الممطرة تصريف الجداول سوف يزداد بشكل كبير ويسبب حصول الفيضان في الإجراء السفلى من الحوض *lower parts of the catchment* .



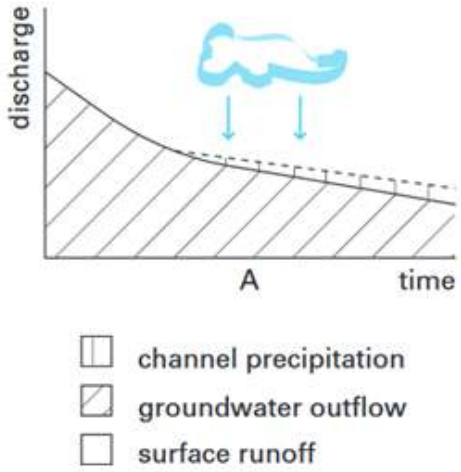
مناطق اعالي النهر *upstream* مناطق المصب *downstream*

*الجريان السطحي *surface runoff* يحصل بعد السواقط ويساهم بشكل رئيسي في زيادة التصريف

* الجريان القاعدي يمثل الجزء الاسفل من المنحني المائي *hydrograph*.

استجابة المنحني المائي لتصريف الأنهار وعلاقته بالسواقط المطرية

الحالة *A*



1- شدة الساقط المطري اقل من سعة الفيض للتربة

The precipitation intensity ≤ infiltration capacity of soil

2- حجم الماء الذي يحصل له غيض يكون اقل من حجم الماء المطلوب لتشبع نطاق التربة

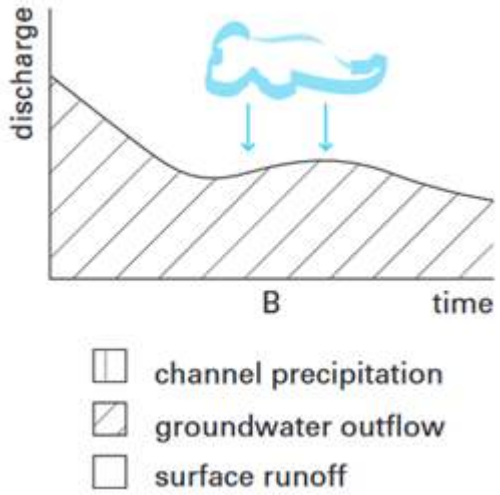
2- volume of infiltrated water < than the volume required to saturate this zone.

3 - *لايوجد جريان سطحي*

4- *لايوجد مساهمة من المياه الجوفية*

5- الساقط المطري فوق القنوات يضيف المزيد من تصريف النهر

B *الحالة*



1- شدة الساقط المطري اقل من سعة الغيض للتربة

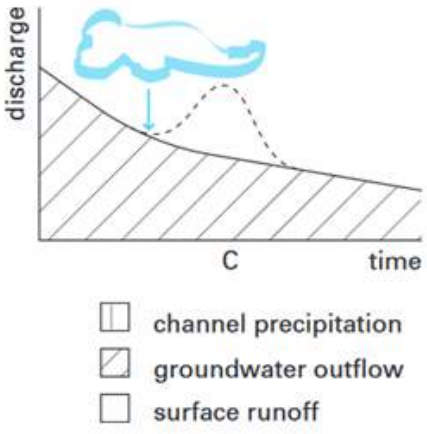
The precipitation intensity < than the infiltration capacity, but the

2- جم الماء الذي حصل له غيض يتجاوز العجز الماء في نطاق التربة غير المشبع

2- volume of infiltrated water exceeds the water deficit in the unsaturated zone.

يحصل تغذية للمياه الجوفية من المياه السطحية و زيادة في جريان المياه الجوفية والذي سوف ينتج عنه مساهمة المياه الجوفية في تغذية وزيادة التصريف النهري.

C *الحالة*



1- الشدة المطرية اكبر من سعة الغيض للتربة

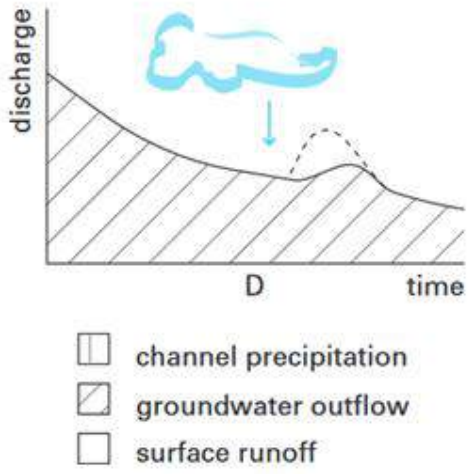
The precipitation intensity > than the infiltration capacity

2- حجم الماء الذي حصل له غيض يكون اقل عجز الماء في نطاق التربة غير المشبع

2- the volume of infiltrated water is smaller than the water deficit in the unsaturated zone.

3 -في هذه الحالة فقط الساقط على القنوات والجريان السطحي يضيف ويزيد من تصريف للمياه

الحالة D



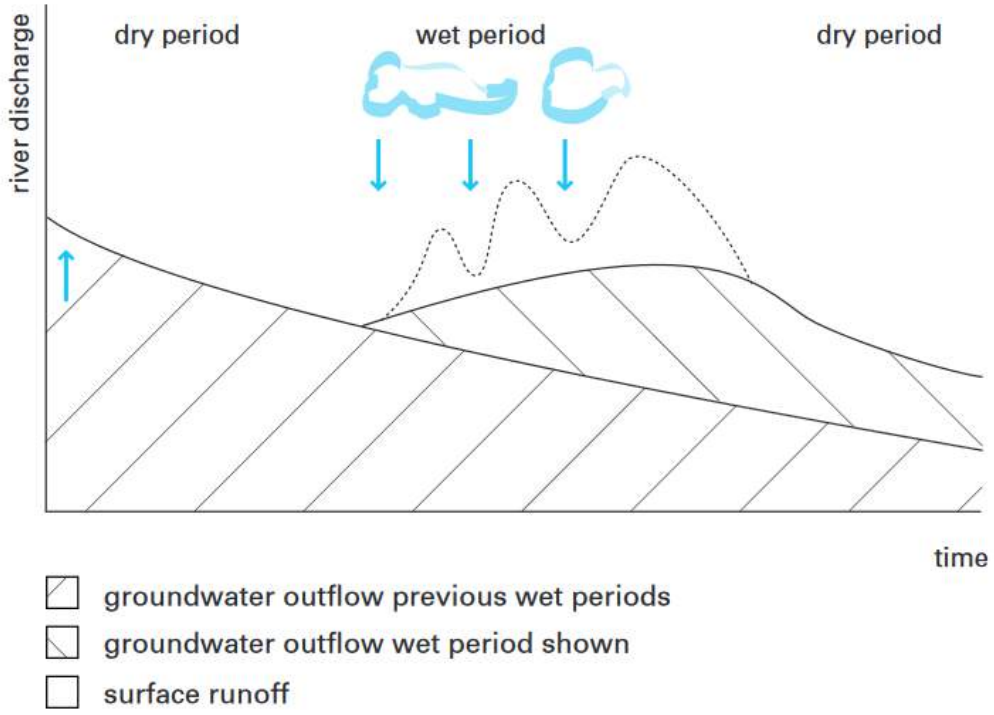
1- الشدة المطرية اكبر من سعة الغيض للتربة

The precipitation intensity > than the infiltration capacity,

2- حجم الماء الذي حصل له غيض يكون اكبر من العجز المائي في النطاق غير المشبع

2- volume of infiltrated water is larger than the water deficit in the unsaturated zone.

3- السواقط على القنوات ، الجريان السطحي وجريان المياه الجوفية جميعا تساهم في زيادة تصاريف الانهار



شكل يوضح مساهمة هيدروكراف النهر في الجريان السطحي ومساهمة المياه الجوفية خلال فترتين للجفاف وفترة رطبة .

الشكل يعطي صور المنحي المائي للأنهار خلال فترتين من الجفاف وفترة رطبة واحدة ، قمة التصريف خلال فترة الرطبة تمثل الجريان السطحي نتيجة للسواقط ، الجزء الفارغ (غير الموشر) تحت الهيدروكراف يمثل مساهمة الجريان السطحي ،بينما الجزء ☐ يمثل المياه الجوفية في الفترة الحالية وفي الفترة السابقة للفترة الرطبة ، بينما الجزء الاخر ☐ يمثل جريان المياه الجوفية للفترة خلال الفترة الرطبة .

***Floods* الفيضانات**

تحتل الفيضانات المرتبة الثالثة في قائمة الكوراث الطبيعية *Natural disasters* بعد الاعاصير والزلازل .
يعرف **فيضان النهر بانه ارتفاع منسوب المياه في النهر وغمره الاراضي المجاورة للنهر خلال فترة غير طبيعة بسب زيادة التصاريف النهر الى قيم عالية جدا** .

صورة للفيضان في *Fiji* سنة 2007

عادة مايعمل الفيضان على تكون تربة خصبة وذلك لترسب الغرين والطين على الاراضي التي يغمرها الماء لتكون ارضا خصبة للزراعة .وتعتمد حمولة هذه الرواسب في الماء على عدة عوامل مثل : كمية التصريف ، عرض النهر وعمقه وسرعة جريان الماء ونوع الرسوبيات المنقولة . ان الخسائر والأضرار الناجمة عن الفيضانات مثل الخسائر في الارواح والممتلكات وتعطيل النشاط الاقتصادي تكون مرتفعة جدا ولذلك من المهم دراسة ودرء مخاطر الفيضانات ووضع التصاميم الهندسية الملائمة ،وتعتبر ذروة الفيضان *flood peak* (اعلى تصريف للفيضان) مهمة في وضع التصاميم الخاصة بالجسور وتصميم القنوات المائية والمسيلات المائية التي تتحمل الزيادة الكبيرة في التصاريف والتي تاخذ بنظر الاعتبار العوامل الهيدرولوجية والاقتصادية

بعض بيانات الفيضانات التي حصلت في سنة 2007 حول العالم

الموقع	الامطار او احصائيات الفيضان	التاثير
وسط انكلترا (حزيران ،2007)	103 ملم من الامطار في 24 ساعة	30000 منزل تأثر بالفيضان
بنغلادش (حزيران ،2007)	300 ملم من الامطار في 3 ايام	9 اشخاص فقدوا ، و5000 شخص تم اخلاهم
الهند (حزيران ،2007)	475 ملم من الامطار في 4 ايام	57 شخص فقدوا حياتهم و 100000 شخص تم اخلاهم

الأسباب الرئيسية لفيضان الأنهار *The main cause of river floods*

1- امطار كثيرة او ذوبان الثلوج بكميات هائلة لايستطيع النهر التعامل معها

2- عوامل أخرى مثل انهيار (تحطم) السدود .

العوامل الموثرة على حجم الفيضان

1- **حالة رطوبة التربة السابقة *Antecedent soil moisture***

حالة رطوبة التربة قبل او اثناء حدوث امطار ذات شدة عالية او ذوبان الثلوج والتي تسبب في حدوث فيضانات عنيفة .

2- **ازالة الغابات *Deforestation***

ان وجود الغابات يقلل من شدة الفيضانات ، للاسباب التالية :-

- حصول الفقد (الاحتجاز) Interception الذي يقلل من معدل الماء الواصل الى الارض وبذلك يقلل من الامطار المتوفرة لرطوبة التربة ،وبذلك يكون محتوى الرطوبة في تربة الغابات اقل من تربة المراعي المجاورة .
- تربة الغابات تحتوي على نسبة عالية من المادة العضوية ، في الطبقات العليا من التربة والتي لها القابلية على امتصاص المزيد من الماء ،وذلك ايضا يقلل من الجريان السطحي على الرغم من انه ربما يزيد من الجريان البيني(تحت السطحي) .
- معدل الفيض لترب الغابات عادة تكون اعلى من الترب المجاورة وذلك يقلل من الجريان السطحي .

ازالة الغابات من الاحواض المائية سوف يزيد من احتمالية حصول الفيضانات ، وبشكل معاكس زراعة الغابات *planting of forests* سوف يقلل من شدة وتكرار حصول الفيضانات .

3- التمدن *Urbanisation*

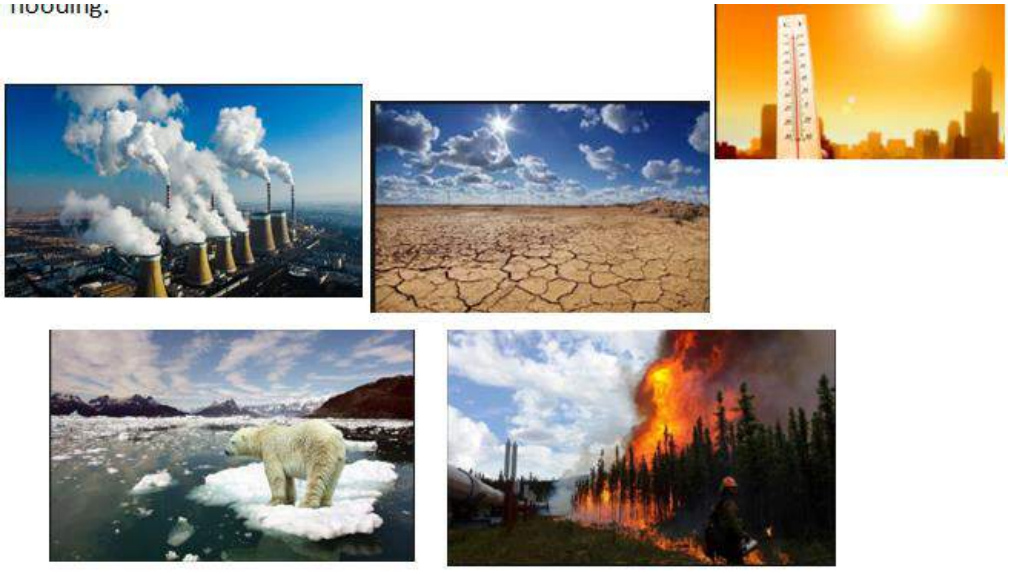
مع اتساع التمدن الحضاري سوف تكون مساحات واسعة من الاراضي غير نفاذة مثل الشوارع البنايات ، بالمقارنة مع الاراضي الطبيعية مما يزيد من الجريان السطحي ،ايضا وجود شبكات تصريف (مجاري) في هذه المناطق حيث تاخذ بسرعة المياه السطحية الجارية من هذه المناطق الى النهر عبر الشبكة مما يزيد من تصريف الانهار ووصول المزيد من الماء في وقت اسرع الى النهر ممايزيد من شدة الفيضان .

4- بزل الاراضي Land drainage

في العديد من مناطق العالم وبسب الحاجة الى زيادة الانتاج الزراعي يتم بزل الاراضي الرطبة (مثل المستنقعات والاهوار) ان بزل هذه الاراضي سوف يودي الى ازالة سريعة لاي مياه زائدة لايحتاجها النبات ، الاراضي المبزولة تكون اكثر جفافا من حالتها الطبيعية قبل البزل . ان ازالة المياه عبر المبازل السطحية او تحت السطحية سوف يزيد من ذروة الفيضان *flood peak* في الانهار مما هو عليه في الحالة الاعتيادية حيث يغادر الماء ببطى سطح الارض بتجاه النهر .

5- التغيرات المناخية *Climate change*

ان التغيرات المناخية مثل ارتفاع درجات الحرارة العالمية وزيادة شدة الامطار يزيد من احتمالة حدوث الفيضانات



المياه الجوفية Ground water

وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في فراغات وفجوات او شقوق الصخور / الرواسب والتربة،
وتختلف في الحجم والشكل والترتيب وتنقسم الى مجموعتين:-

1- الفراغات الأولية (الاصلية) التي تكون اثناء تبلور وتكون الصخور .

2- الفراغات الثانوية نشات بعد الترسيب نتيجة عمليات الاذابة والعمليات التحويرية لتكون الفواصل والشقوق

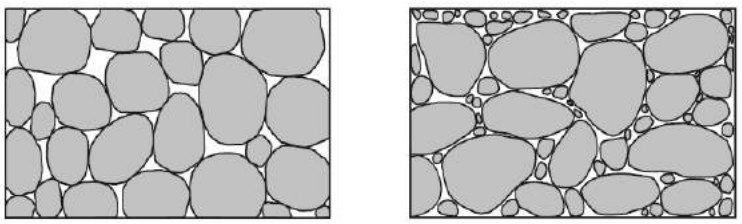
المسامية Porosity

تعرف بانها النسبة بين حجم الفراغات الموجودة في الصخور او التربة الى الحجم الكلي . ان تلك المسامات pores تكون ذات مدى واسع في الحجم والشكل ،من اقل من 1 µm (مايكرون) مثل الطين ، وقد تصل التكهنات والتشققات في الصخور اكبر من 100 م عرض وتمتد عدة كيلومترات طولا كما هو الحال في في الصخور الجيرية Limestone. والمسامية تكون بدون وحدة ويعبر عنها بكسر او نسبة مئوية% .وقد توجد المسامات الأولية والثانوية في نفس الصخور.

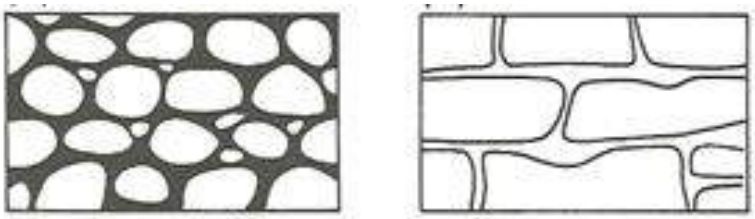
$$\textbf{Porosity (n)} = \frac{Volume\ voids}{Total\ Volume\ of\ Rock}$$

أنواع الفرز وعلاقته بالمسامية

- جيدة الفرز (حبيبات الصخور او الرواسب بنفس الحجم تقريبا) ذات مسامية عالية (A)
- ردئية الفرز(حبيبات الصحور والرواسب مختلفة الحجم كبيرة وصغيرة) ذات مسامية واطئة (B)



- جيدة الفرز ولكن مساميتها معدومة او منخفضة جدا بسب ترسيب المعادن والمواد السمنتية في الفراغات (C)
- صخرة ذات مسامية عالية ناتجة عن فعاليات الاذابة او الشقوق والتكسرات كما في الصخور الجيرية (D)

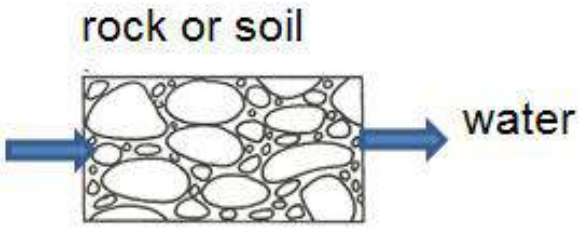


الجدول ادناه يوضح قيم المثالية للمسامية الاولية والثانوية لبعض انواع الترب والصخور .

Material	Primary porosity (%)	Secondary porosity (%)
Clay	45	<1
Sand	15-30	0
Gravel	15-25	0
Limestone	10-35	5
Sandstone	10-35	<1

الايصالية الهيدروليكية (النفاذية) Hydraulic conductivity (K)

قابلية الماء اوالغازات على الحركة خلال وسط مسامي مثل التربة او الصخور وتقاس بوحدة سرعة مثل م/يوم.



العوامل التي توثر على الايصالية الهيدرولكية:-

1- حجم المسام pore size، المسام الكبيرة تعني نفاذية او(التوصيلة الهيدرولكية) عالية.

2- اتصال المسامات مع بعضها خلال الابعاد الثلاثة 3D ، مسامات متصلة اكثر تكون ذات نفاذية اعلى .

3- تعرج مسار الماء خلال الوسط المسامي ويسمى معامل التعرج tortuosity ويمثل النسبة بين معدل مسار المتعرج الى معدل مسار الماء بخط مستقيم .عندما تكون قيمة tortuosity عالية تكون النفاذية منخفضة .

العلاقة بين المسامية و التوصيلة الهيدرولكية:- Relationship between porosity and Hydraulic conductivity

المسامية العالية ليست بالضرورة تعني نفاذية عالية . ربما تكون بعض الصخور او الترب ذات مسامية عالية ولكن ذات نفاذية منخفضة جدا ، بسب كون المسامات دقيقة جدا وربما غير متصلة .

التكوين الحاملة للمياه Aquifer

عبارة عن طبقات صخرية (او رواسب غير متماسكة مثل الحصى و الرمل) تحت سطح الارض لها القابلية على حزن ومرور المياه ، والتي يستخرج منها المياه الجوفية بواسطة الابار wells .والتي هي عبارة عن حفرة في الارض تحفر بواسطة حفارة او يدويا من اجل الوصول الى الماء الجوفي في الخزانات الجوفية. المياه الجوفية تكون مهمة للشرب والزراعة وكذلك مهمة للبيئة والتي تزود الانهار ب Base flow ودعم وجود المياه في المستنقات و الاهوار.

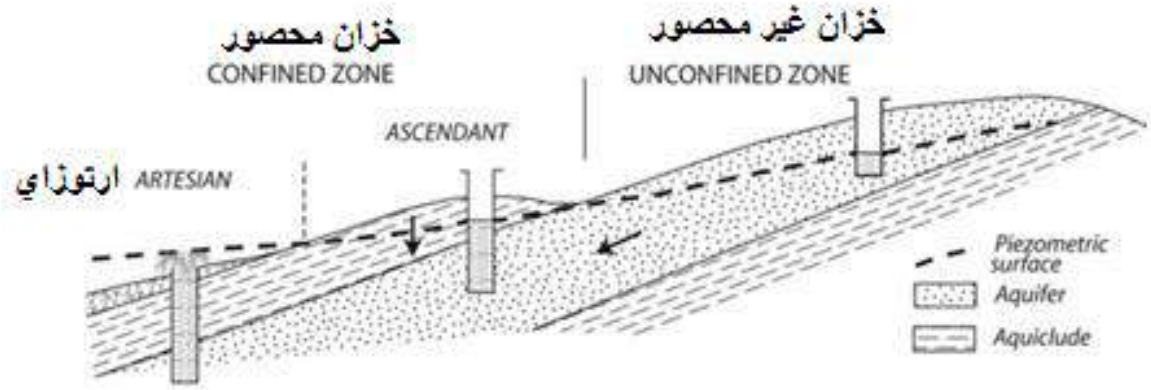
وتقسم الخزانات الحاملة للمياه الى 3 انواع

1- الخزان غير المحصور Unconfined aquifer

يكون منسوب الماء الجوفي هو الحد الاعلى لهذا الخزان ، ولايكون تحت ضغط ومنسوب الماء في الابار هي نفس منسوب الماء الجوفي خارج البئر. ويكون مفتوح بشكل مباشر للجو حيث تكون التغذية مباشرة الى هذا الخزان من خلال نفاذ الماء من التربة او الصخور والتحامها مع المياه الجوفية ويحده من الاسفل طبقة غير نفاذة.

2- الخزان المحصور Confined aquifer

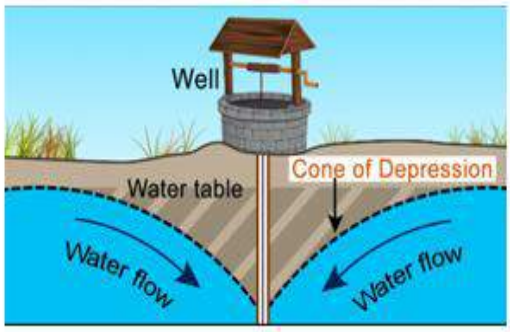
عبارة عن طبقة حاملة للمياه محصور بين طبيقين من الاعلى والاسفل غير نفاذة (ليس لها القابلية على نفاذ الماء من خلالها) ، ومنسوب الماء يسمى المنسوب الانضغاطي pizemoteric pressure حيث يكون الضغط عند اي نقطة في هذا المنسوب اكبر من الضغط الجوي .ومن صفات الابار المحفورة خلال هذا النوع من الخزنات الجوفية قد تكون ابار ارتوازية جارية flowing artesian well والتي تجري بتجاه اعلى البئر بشكل طبيعي وبدون الحاجة الى مضخة، ولكن يوجد ايضا ابار غير جارية non Artesian well ضمن هذا النوع من الحزانات الجوفية .



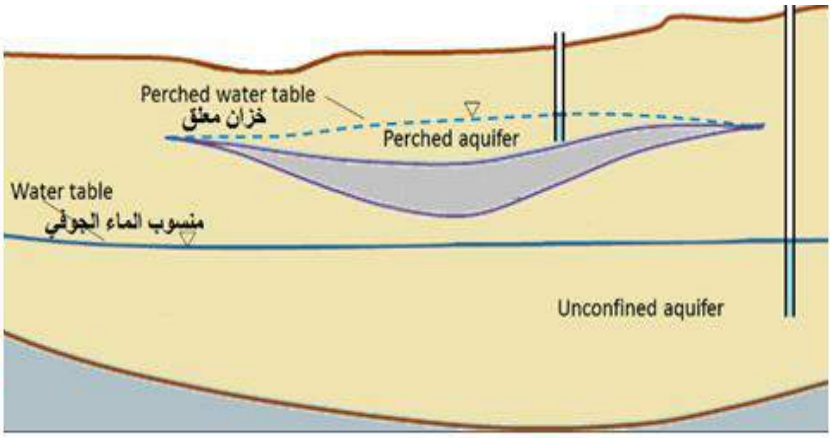
Unconfined aquifer and confined aquifer.

3- الخزان المعلق Perched aquifer

عبارة عن خزان مائي يوجد في النطاق غير المشبعة (فوق النطاق المشبع) وتكون بشكل عدسة جيولوجية لها كيانها المستقل من منسوب الماء وتكون حاملة للمياه ولكن غير ناقلة له وتكون محاطة من الاسفل والجوانب بطبقات غير نفاذة ويمكن الاستدلال عنها من خلال حفر الابار و المقاطع الجيولوجية و تكون محدودة المياه.



تكون مخروط الانخفاض نتيجة لعملية الضخ



مقارنة بين الخزان المحصور وغير المحصور

الخزان غير المحصور	الخزان المحصور Confined aquifer
منسوب ماء الجوفي حر، يتساوى الضغط الجوي مع الضغط لمنسوب الماء الجوفي	لايوجد منسوب ماء حر ، يوجد سطح بيزمتري piezometric surface
الميل الهيدروليكي يتغير بشكل كبير	الميل الهيدروليكي لايتغير بشكل كبير (متجانس اكثر)
تذبذب كبير في منسوب الماء الجوفي مع تغير المواسم	تذبذب قليل في منسوب الماء الجوفي مع تغير المواسم
الحفر يتم الى منسوب الماء الجوفي	الحفر يتم الى الخزان الجوفي Aquifer
ولايوجد مياه جارية	ربما توجد ابار جارية
التغذية حول موقع البئر	التغذية من مناطق بعيدة عن الابار(مناطق المكاشف الصخرية)
خلال الضخ الخزان الجوفي ممكن يحصل استزاف للماء (جفاف) dewatered	خلال الضخ الحزان الجوفي عادة لايحصل له استزاف للماء dewatered

الغرض من الضخ التجريبي pumping test

1- لمعرفة الهبوط في منسوب الماء draw down نتيجة لعملية الضخ

2- لتحدد الحضائص الهيدرولكية للبئر والتي تشمل

- الناقلية المائية (Transmissivty) T
- معامل الخزن (stoarge coefficent) S
- معامل النفاذية (hydrualic conductivity) K

عند بداية عملية الضخ (خلال الدقائق الاولى) يكون هبوط منسوب الماء الجوفي سريع جدا لان المسامات تكون مقفلة ثم تبدا بالانفتاح وتبدا عملية التغذية recharge من جوانب البئر ولك بعد فترة معينة سوف يهبط منسوب الماء الجوفي بسرعة قليلة، الى ان يصل الى مرحلة الاستقرار (لايوجد هبوط في منسوب الماء) مع استمرار عملية الصخ بسب كون التغذية اصبحت مساوية للتصريف اي ان Qiscahrge = Recharge.

التخفيف (تقليل) من مخاطر الفيضانات :-

1- توقع حدوثه بوقت كافي قبل حصول الفيضان وذلك باستخدام (معلومات هيدرولوجية ، مناخية، ....الخ)

2- رسم نموذج بياني لفترات تكرار حدوث الفيضان ،مع مراقبة دائمة ومستمرة لتسجل مناسيب وتصاريف الانهار من اجل توقع حصول الفيضانات .

3- زراعة الغابات وعدم ازالتها سوف يقلل من احمتالية وشدة حصول الفيضانات .

4- رسم خرائط توضح مناطق الاكثرة عرضة للفيضانات باستخدام البرامجيات مثل GIS نظام المعلومات الجغرافية و تقانات الاستشعار عن بعد Remote sensing من اجل تقليل الخسائر قبل وبعد الكارثة .

5- بناء حواجز خرسانية وبناء السدود في اعالي الانهار upstream والوديان الكبيرة حيث تستخدم لتقليل و تخفيف من مخاطر الفيضان Flooding.

تحليل بيانات الجريان في الأنهار STREAMFLOW ANALYSIS

احد أهم واجبات الهيدرولوجي هو تحليل بيانات الجريان .Analyse streamflow data ، ان هذه البيانات تشمل التسجيل المستمر لتصاريف الأنهار باستخدام مشاءات هندسية مثل *الهدرات* flumes و weir ، اهمية تحليل بيانات الجريان تكون مهمة في :

- *وصف الجريان في الانهار* description of a flow regime
- مقارنة التصاريف بين الانهار potential for comparison between rivers,
- . التنبو بمقدار جريان الانهار في المستقبل prediction of possible future river flows

يشمل تحليل بيانات الجريان للالنهار analyse stream flow data 3 فقرات رئيسية هي :

1- *تحليل الهيدروكراف* hydrograph analysis

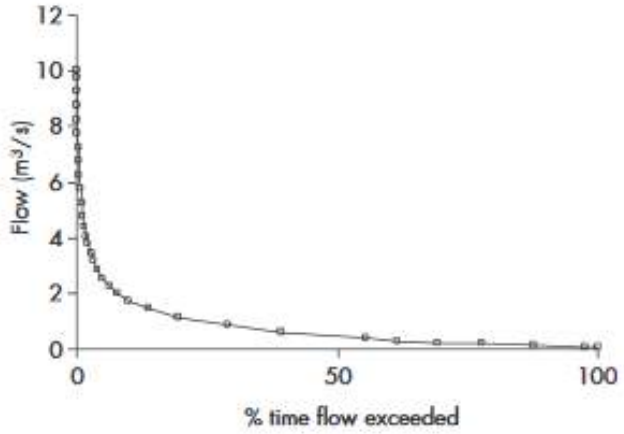
2 - *تحليل منحي الجريان* flow duration curves

3- *تحليل التردد* frequency analysis

تحليل الهيدروكراف تم شرحه في محاضرة السابقة

تحليل منحي الجريان flow duration curve

عبارة عن كمية التصريف مياه نهر و تعتبر من المعلومات المهمة في فترات الفيضانات وفترات انخفاض التصريف خلال فترة انخفاض مستوى الجريان low flow. عادة يتم اخذ معدل التصاريف اليومي للانهار (مثلا قيم التصريف خلال كل ساعة (اي 24 قيمة خلال اليوم) يتم جمع التصاريف وتقسم على 24 ونحصل على معدل التصريف مثلا م^3/ ساعة) ، وعادة تحتاج لبيانات لفترات زمنية طويلة ربما تتجاوز 5 سنوات . ان هذه المنحي يعطينا معلومات عن النسبة المئوية الزمنية التي يزداد فيها او يقل التصريف الانهار عن مستوى معين ، certain level . ان هذه البيانات تعطي وصف لطبيعة الجريان الكلي للنهر في منطقة معينة ، لاحظ الشكل ادناه .



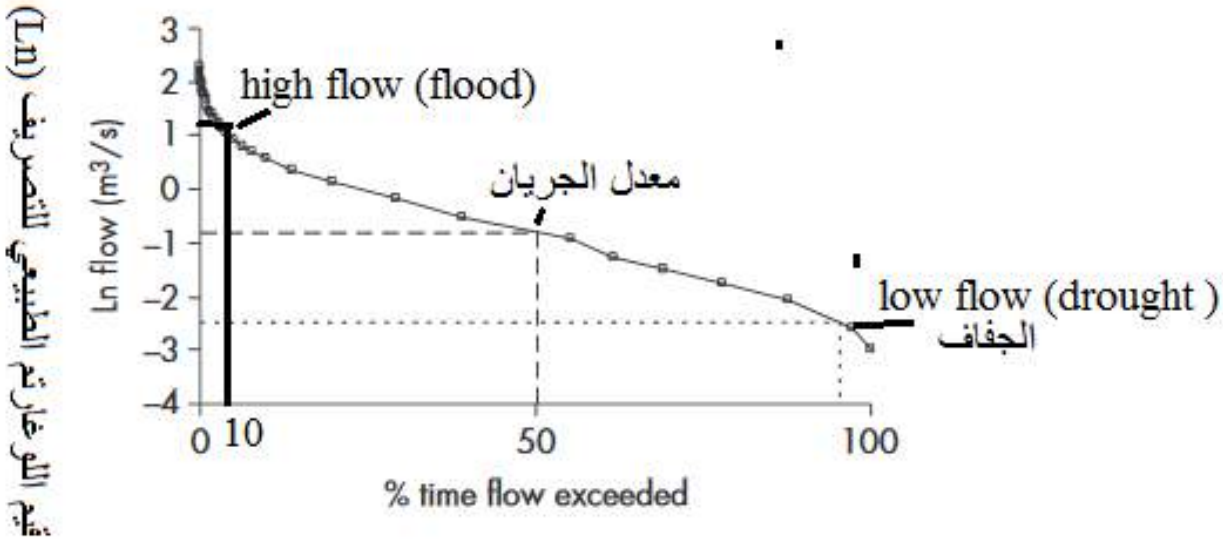
flow duration curve *لاحد الانهار للفترة من 1970-1995* عبارة عن تسقيط التصريف مقابل % time flow exceeded

الارقام الاحصائية التي نحصل عليها من المنحني تمثل 3 ارقام مهمة هي :

1- قيمة الجريان التي تتجاوز 95% من الزمن (Q_{95}) 95% of time ، تمثل تحليل فترة الجريان المنخفض (فترات الجفاف).

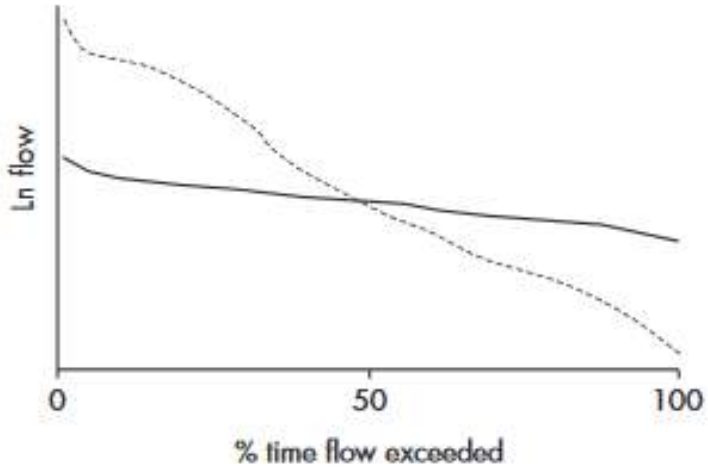
2- قيمة الجريان التي تتجاوز 50% من الزمن (Q_{50}) 50% of time ، تمثل معدل الجريان النهري

3- – قيمة الجريان التي تتجاوز 10% من الزمن (Q_{10}) 10% of time تمثل فترة الجريان العالية (الفيضانات).



flow duration curve

منحي الجريان لحساب فترات الجفاف والفيضانات ومعدل التصاريف الانهار .



الشكل يوضح منحني الجريان لنوعين من الجريان ، الخط المنقط تغاير عالي للتصريف (مثل الاحواض المائية الصغيرة ، والخط الصلد غير المنقط يوضح حالة الجريان لحوض مائي تكون مساهمة كبيرة من الجريان القاعدي base flow والتغاير في التصريف قليل .

تحليل التردد frequency analysis :-

معرفة تكرار حصول إحداث مثل الفيضانات او انخفاض التصاريف خلال فترات الجفاف، عبارة عن تطبيق إحصائي.

الجدول (1) يوضح التصاريف اليومية بـ (م^3/ثا) وفترة التكررات frequency لنهر Wyr

Daily mean flow (m^3/s)	Frequency	Relative frequency (%)	Cumulative frequency (%)
0–0.05	250	2.65	100.00
0.05–0.1	923	9.78	97.35
0.1–0.15	927	9.82	87.57
0.15–0.2	814	8.63	77.75
0.2–0.25	708	7.50	69.12
0.25–0.3	589	6.24	61.62
0.3–0.4	881	9.34	55.38
0.4–0.5	641	6.79	46.04
0.5–0.7	958	10.15	39.25
0.7–1.0	896	9.49	29.10
1.0–1.3	553	5.86	19.60
1.3–1.6	357	3.78	13.74
1.6–1.9	222	2.35	9.96
1.9–2.1	117	1.24	7.61
2.1–2.4	127	1.35	6.37

فصل الهيدروكراف Hydrograph separation

فصل مكونات المنحني المائي ، للتميز بين الجريان القاعدي baseflow و والجريان المباشر Direct runoff يعتبر من المهام غير السهلة وبذلك يمكن حساب كمية المياه الناتجة من العاصفة المطرية. ان ابسط طريقة لفصل مركبات الهيدروكراف هو رسم خط مستقيم من النقطة التي يبدا فيها المنحني المائي بالارتفاع الى ان يرجع تصريف النهر الى نفس المستوى الاولي قبل العاصفة المطرية ، لاحظ الشكل المنقط ، ولكن المشكلة في العادة تصريف النهر عادة سوف لن يرجع الى نفس التصريف قبل حصول العاصفة المطرية ، حيث ان العاصفة المطرية سوف تغذي الجريان القاعدي base flow ولذلك سوف يبقى منسوب التصريف مرتفع بعد توقف العاصفة المطرية .

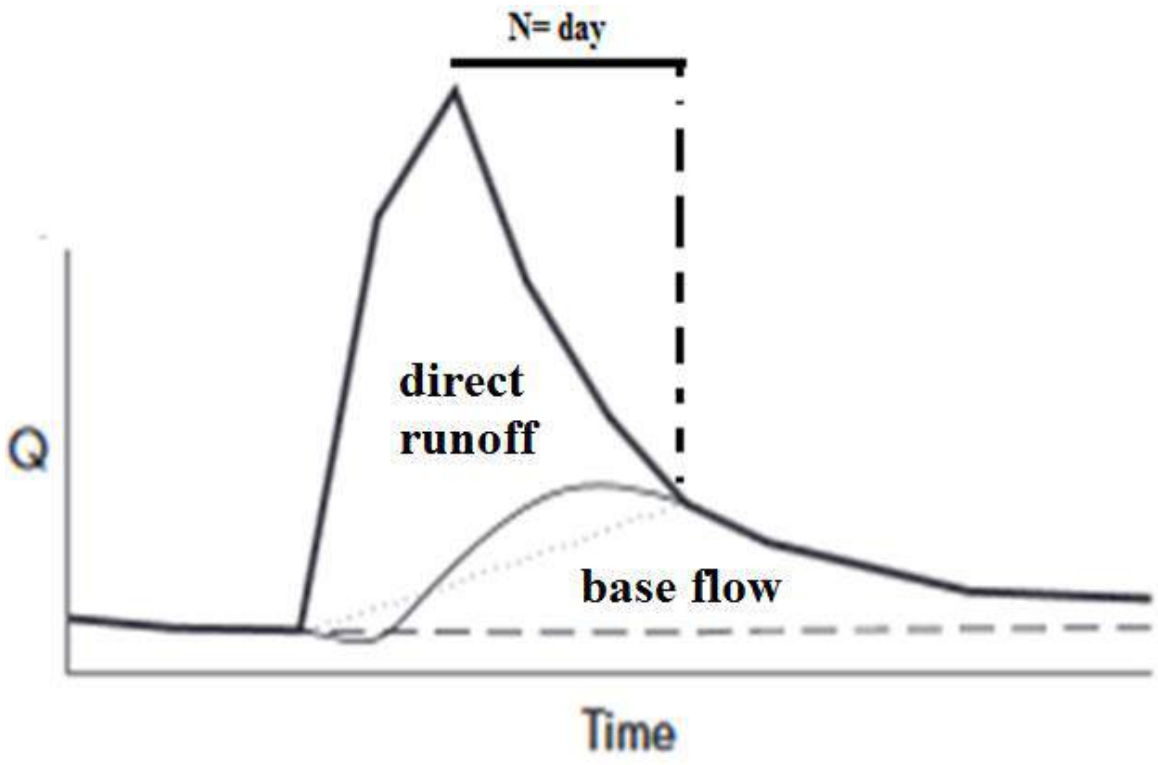
في الاحواض المائية الكبيرة يتم استحدام المعادلة التالية لحساب زمن انتهاء جريان للعاصفة المطرية stromflow end والتي تمثل الزمن من قمة التصريف peak flow الى نهاية الجريان stream flow حيث ان

$N=D^a$

D= مساحة الحوض بـ ميل مربع

a= ثابت الانحسار recession constant وتساوي قيمة تقريبا 0.2

N = الزمن بالأيام



فصل مكونات الهيدروكراف ..Hydrograph separation techniques

تحليل تردد الفيضان Flood frequency analysis

تحليل تردد الفيضان تكون مهمة في الدرسات الهيدرولوجية ، عادة توخذ بيانات لكل 100 سنة فيضان 100 year flood اوفترة عودة 50 سنة ، والتي تتعامل مع اعلى تصاريف peak flows يوجد طريقتين لتوضيح اعلى تصاريف وهي :-

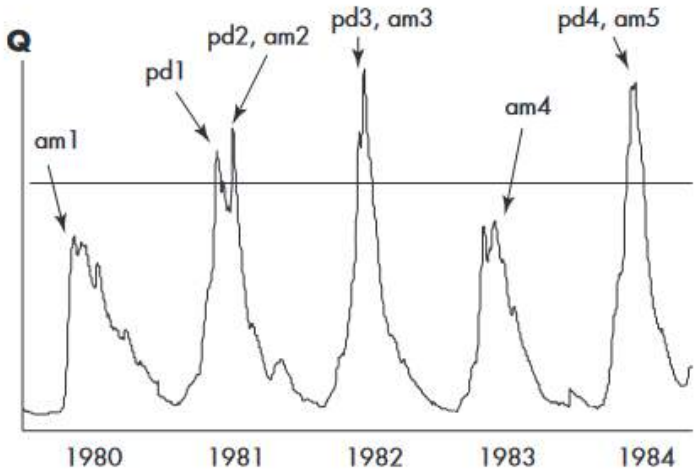
1- اعلى قيمة تصريف (قيمة منفردة واحدة) مسجلة خلال سنة كاملة *من سلسلة من البيانات*

the single maximum peak within a year of record giving an annual maximum series;

2- التصريف الذي يكون فوق قيمة العتبة (قيمة معين يتم تحديدها من قبل المختصين) ، على سبيل المثال اختيار قيمة العتبة مثلا عند التصريف 250م^3 / ثا لنهر ما ، ممكن خلال سنة واحد، اكثر من مرة يتجاوز تصريف النهر قيمة العتبة (اي 250 م^3/ثا)

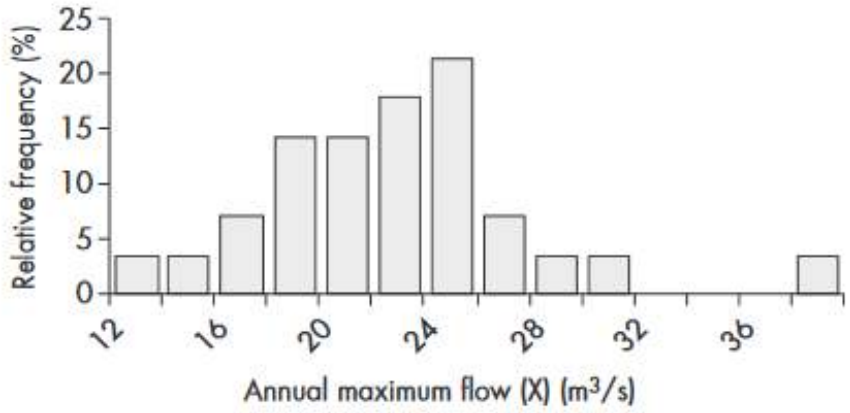
any flow above a certain threshold value, giving a partial duration series

الشكل يوضح الفرق بينهما



التصريف اليومي المسجل لنهر ادمس Adams في منطقة British columbia في كندا خلال 5 سنوات ، اعلى تصريف سنوي Annual maxium تم الاشارة له بـ am ، اما التصريف فوق تصريف معين (الخط الأفقي) partial duration تم الاشارة اليه بـ pd ، في الشكل يوجد 5 قيم من am و فقط 4 نقاط من pd.

ان استخدام Annual maximum اعلى تصريف ربما يسبب في فقدان تصاريف العالية التي تحدث خلال السنة كما موضح في الشكل اعلاه لسنة 1981 . ان انشاء عتبة تصريف للعواطف المطرية تكون افضل في اعطاء فكرة عن احتمالية حصول الفيضانات عند تصاريف معينة .اذ توفرت البيانات لمدة زمنية طويلة مثلا 10 سنوات يتم استخدام Annual maximum ولكن للفترات الزمنية القصيرة يتم استخدام partial duration series لتحليل بيانات الفيضانات .



Frequency distribution of Wye river annual maximum series .

توزيع منحي التردد لتصاريف نهر Wye من سلسلة من البيانات

الجريان السطحي وعلاقته بنوعية المياه

RUNOFF IN THE CONTEXT OF WATER QUALITY

ان مسار حركة الماء منذ سقوطه على الأرض ووصوله الى الأنهار سوف يوثر بشكل كبير على نوعية المياه water quality ، اي ان العامل المهم الذي يتم أخذه بالاعتبار هو الوقت الذي تستغرقه مياه السواقط للوصول الى الانهار والجدوال . مستوى الأملاح والعناصر الغذائية الذائبة في المياه سوف تتأثر بشكل كبير بطول فترة تماس (الوقت) مع التربة أو الصخور . الماء المتحرك بسرعة في الأنهار overland flow تكون نوعية المياه ومحتواها (تركيزها) من العناصر الغذائية منخفض بالمقارنة مع المياه المتحركة ببطى في نطاق التربة او المياه الجوفية ، ولكن المياه السطحية سوف يكون محتواها اعلى من المواد العالقة (عكورة المياه) suspension solid بسب التعرية المائية، وبذلك تكون نقاوة المياه اقل less pure water، عند المقارنة بالمياه الجوفية ground water او المياه التي حصل لها غيض داخل التربة .

ان تغير استخدامات الأراضي يوثر على نوعية المياه مثل تحويل استخدامات الأرض من منطقة مراعي الى اراضي سكنية .

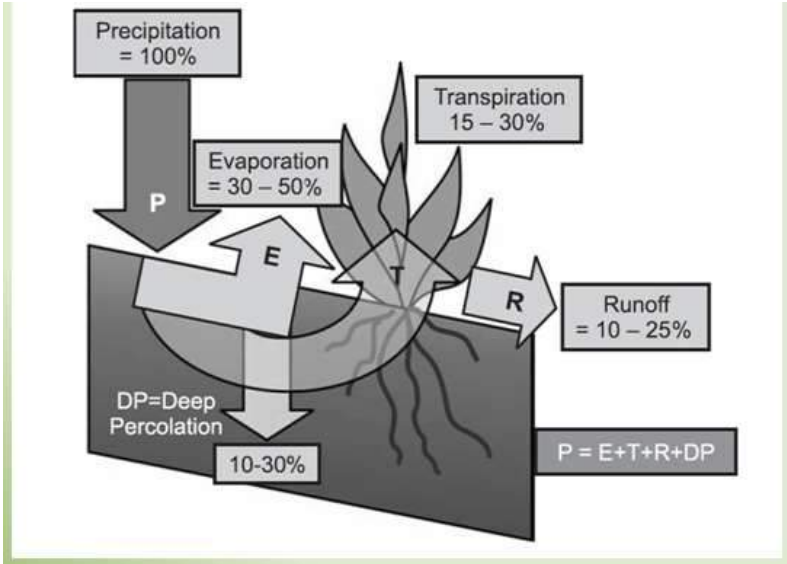
حصاد المياه water Harvesting

في المناطق الجافة وشبه الجافة السواقط عادة تكون اقل من التبخر ،وتوزيع وانتشار الامطار يكون غير منتظم(متساوي) مما ينتج عن فترات جفاف متكررة خلال فترة نمو المحاصيل وقد تكون شدة الامطار كبيرة في مناطق معينة مما ينتج عنها جريان سطحي وتعرية وتكون rill و gully بشكل غير مسيطر عليه.، وخاصة في مناطق ذات الشتاء البارد ضمن مناطق مناخ البحر المتوسط.

عادة في المناطق الجافة وشبه الجافة السواقط تكون اقل من 300 ملم سنويا ، جزء منه يفقد في التبخر والجريان السطحي ، مقدار الماء المخزون في نطاق الجذور يكون اقل من حاجة المحصول للماء crop water requirements.

جزء كبير من الساقط المطري يرجع للجو بشكل مباشر عبر التبخر من سطح التربة وجزء منه من الماء الذي حصل له غيض على عمق قليل ايضا يتبخر الى الجو بدون فائدة. ايضا جزء من الجريان السطحي يفقد خلال التبخر حتى وان وصل الى البحر . حوالي 10% من الساقط المطري السنوي في مناطق المراعي الجافة في غرب اسيا وشمال افريقيا يستفاد منها لدعم نمو الغطاء النباتي وتغذية المياه الجوفية (Oweis and Taimeh, 2001). عوامل اخرى مثل تدهور التربة ميل طبوغرافي عالي ، غطاء نباتي قليل وظروف مناخية غير ملائمة سوف يفاقم من المشكلة ويسبب التصحر (من الصعوبة تغير هذه العوامل

) وفقدان وخسارة للماءوانتاجية الارض. حصاد المياه احد الخيارات لزيادة مقدار الماء لكل وحدة مساحة للمحاصيل الزراعية ، التقليل من الجفاف والاستفادة من ماءالجريان السطحي بشكل مفيد (Oweis *et al.*, 1999).



شكل - انماط الضائعات المائية من مياه الامطار

يعد نظام حصاد مياه الامطار

Rain Water Harvesting (RWH)

من الأنظمة المهمة التي ظهرت الحاجة الملحة اليها في الآونة الاخيرة لتوفير مصادر بديلة أو مكملة اخرى للمياه لسد حاجة الانتاج الزراعي او الاستخدام البشري وخاصة في ضوء شحة الامطار وتذبذب معدلاتها السنوية تحت هذا النمط من الظروف المناخية . وتستند فكرة حصاد مياه الأمطار على مبدأ حرمان منطقة المستجمع المطري Catchment area من نصيبها من الأمطار الساقطة عليها وإعطائها إلى جزء آخر أقل مساحة تسمى منطقة

الهدف Target area لكي تزيد من كمية المياه المخزونة فيها بحيث تكفي لسد الاحتياجات المائية للمحصول النامي . وتأتي اهمية هذا النظام (RWH) من كونه يستخدم كأحد الطرق المساعدة للحصول على المياه في البيئات الأكثر جفافا (المناطق الجافة وشبه الجافة) التي يتراوح فيها معدل العمق المطري بين (100-500) ملم سنويا حيث تكون الأمطار غير كافية لتلبية الاحتياجات المائية للمحصول النامي فيها إضافة إلى إن الأمطار المتساقطة فيها تأتي على نحو غير متوازن (متذبذب)

تعريف حصاد مياه الامطار :

Concept and definition

حصاد مياه الامطار(في الزراعة) يعتمد على منع (حرمان) جزء من الارض من حصتها من الماء وتحويله الى جزء اخر لزيادة كمية الماء المتوفرة للجزء الاخر والذي يكون في الاصل غير كافي لانتاج اقتصادي للمحاصيل حيث تصبح كمية الماء قريبة او اكبر من حاجة ومتطلبات المحصول للماء ولذلك يمكن الوصول وانجاز مرحلة الانتاج الاقتصادي للاراضي الزراعي .تركيز السواقط في مناطق صغيرة يسمى حصاد المياه water harvesting(WH)

والذي يعرف بعدة طرق :-

1-عملية تجميع السواقط الطبيعية من تحضير حوض مائي watersheds من اجل فائدة في الاستخدام.

2- تجميع وتركيز بعد طرق لمياه الجريان السطحي من الامطار لاغراض مختلفة .

3- عملية تركيز السواقط خلال الجريان السطحي وخزنه من اجل الفائدة والاستخدام .

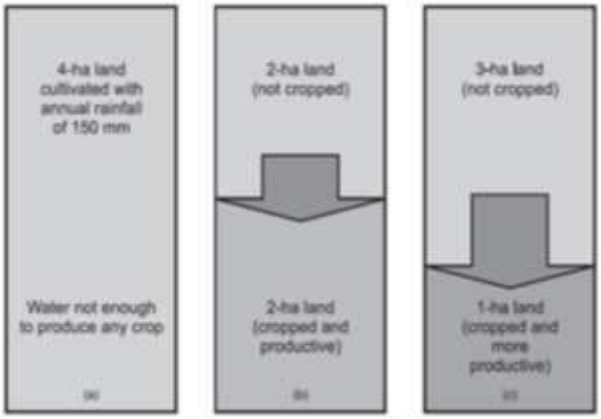
4- جمع مياه الجريان السطحي من اجل استخدام معين .

التعاريف السابقة تختلف عن الطرق التقليدية للمحافظة على الماء والتربة حيث انه لايوجد جزء من الارض يحرم من حصته من المياه بشكل مصنوع من قبل الانسان. Soil-water conservation تهدف الى منع الجريان السطحي والمحافظة على الساقط المطري في مكانة ،بينما حصاد المياه يعمل على استعمال المياه ويشجع على حصول الجريان السطحي وخصوصا بالقرب من المناطق المحاصيل الزراعية. في عملية حصاد المياه يتم انتاج جريان السطحي مجاور لمناطق زراعة المحاصيل في جزء من الارض ومعظم السواقط يستفاد منها في ناحية الانتاجية . وبذلك يصبح الانتاج الزراعي ممكن وحصاد المياه يكون لغرض واحد او لاغراض متعددة لخدمة الاستخدامات المنزلية والزراعية وتربية الحيونات او الاستخدام البيئي.

ان عملية حصاد المياه ليست عملية حديثة فد لوحظت تراكبيب حصاد المياه في الاردن يعود تاريخها الى 9000 سنة ماضية ، وكذلك في جنوب بلاد النهرين تعود الى 4500 سنة قبل الميلاد .الحفر الاثرية في ليبيا كشفت وجود تراكيب حصاد المياه في مناطق تبعد مئات الكليومترات عن الساحل والتي يكون معدل الساقط المطري اقل من 50 ملم ،حيث يوجد نظام زراعي استمر لاكثر من 400 سنة حافظ على استدامة واستفرار السكان لانتاج الشعير والحنطة والزيتون والعنب والتين، وتربية الاغنام والماشية . في المغرب kutsch,1983 وصف نظام متطور لتركيز المياه في المناطق الجبلية جنوب غرب الاغادير الماء من الجبال يسير مع الميل الى قتوات حجرية ومن ثم احواض طبعية لدعم ري المحاصيل والاشجار في مناطق ذات ساقط مطري قليل يترواح بين 100-200 ملم.

حصاد المياه في الاحواض المائية الصغيرة microcatchment حاز على اهتمامات الباحثين للحصول على جريان سطحي حتى من عواطف مطرية خفيفية light showers مع اقل فقدان في النقل حتى في الاراضي المستوية. ان التحدي في عمل موديل مرضي هو تعريف النسبة بين منطقة التغذية catchment والحوض من

حيث المساحة السطحية والتي تعطي افضل النتائج الواعدة بين الفقدان بالتبخر من سطح الحوض والفقدان عبر الغيض العميق تحت نطاق الجذور خصوصا في السنين الرطبة .(Boers *et al*., 1986).حصاد المياه في الاحواض الصغيرة يكون غير اقتصادي تحت الظروف الجافة جدا مع معدل ساقط مطري اقل من 100 ملم ،المشكلة من ناحية القيمة الاقتصادية لدعم نمو معقول خلال الهكتار الواحد . اداء حصاد المياه لجريان سطحي لحوض صغير يتراوح بين اكبر من 85% الى 7% بالاعتماد على حجم الحوض وقابلية الخزن في نطاق الجذور ، بالاضافة الى حضائص الامطار والجريان والتي توثر على الفقدان في الغيض العميق تحت بيئة مناخية جافة للبحر المتوسط مثل الاردن .



مركبات نظام حصاد المياه

1- منطقة التغذية /منطقة الجريان السطحي والتي تترواح بين عدة امتار مربعة microcatchment الى مساحات كبيرة عدة كيلومترات مربعة macrocatchment ، وهي عبارة جزء من الارض والتي تستلم جزء او كل الساقط المطري والذي يجري الى حدود الحوض وقد تكون ارض زراعية او صخرية او اراضي حدية او حتى سطوح او طرق معبدة .
2-وسائل الخزن عبارة عن الاماكن التي يتم فيها جمع مياه الجريان في وقت حصوله الى وقت استخدامه للمحاصيل او الماشية او الانسان او اي استخدامات اخرى .والخزن قد يكون فوق سطح التربة كخزانات سطحية surface reservoirs او برك اوفي مقطع مقد التربة كرطوبة للتربة او تحت الارض في قساطل مثل المياه الجوفية في الخزنات الجوفي Aquifer .
3-الهدف من الاستخدام : الاستفادة من خزن الماء مثلا للانتاج الزراعي الهدف النبات او الحيونان او استخدام منزلي (استخدامات الانسان).
نظام حصاد الماء على مقياس كبير يتكون من 4 عناصر هي مناطق التغذية وسائل النقل وسائل الخزن والحقول الزراعية المستهدفة .الري عبر الجريان السطحي و الري السيحي جمعيا طرق تقع تحت مظلة حصاد المياه ولكن

يوجد بعض التاثيرات والعيوب لنظام حصاد المياه

1- زيادة تعرية التربة عندما يكون الميل واضح بسب زيادة نسبة الجريان السطحي
2-فقدان في البيئة النباتية والحيوانية flora and fauna في المناطق ذات الميل والمنخفضات .
3-صراع على المياه بين مناطق اعلى واسفل النهر upstream – dowmstream conflicts
4-منافسة بين المزارعون ومربي الماشية (الرعاة) .

فوائد او محاسن حصاد المياه

1-في المناطق الجافة وشبه الجافة عندما يكون سقوط الامطار قليل وتوزيعه غيرمفضل او متساوي ،حصاد المياه يجعل عملية الزراعة ممكنة في اجزاء من الارض وكذلك معروف ان اقتصاد الكثير من المناطق الجافة يعتمد على تربية الماشية ولذلك يكون حصاد المياه احد اهداف تزويد الحيونات بالمياه والذي عادة لايحتاج مضخات او وضع مصدر للطاقة لنقل الماء او استخدامه.
2-في المناطق ذات المطر الجيد ،حصاد المياه يزود المزيد من المياه لتكميل الامطار من اجل زيادة واستقرارية الانتاج الزراعي وكذلك يخفف من المخاطر المرتبطة من اخفاض الامطار غير المتوقعة ويحتاج الى معدات ووسائل (سطحية وتحت سطحية) لخزن المياه التي تم حصادها والتي تستخدم لاحقا في الري التكميلي supplemental irrigation خلال فترات الجفاف

3-في المناطق البعيدة التي لايتوفر تزويد مياه من شبكة الاسالة لاستخدام المنزلي او شرب الماشية ، الحث على الجريان السطحي وخزنه من اجل استخدامه لاحقا في المناطق التي لايتوفر مصادر اخرى للموارد المائية .

4- في المناطق الجافة التي تعاني من التصحر ،حصاد المياه يحسن الغطاء النباتي ويساعد في ايقاف تدهور التربة وكذلك وجد بانه فعال في تغذية المياه الجوفية .(Nasri,2002) .

5- العديد من الفوائد الاجتماعية غير المباشرة مثل استقرار المجتمعات الريفية تقليل الهجرة من الريف الى المدينة رفع المستوى المعيشي للانسان التي تعيش في المناطق الجافة ،واستخدام وتحسين المهارات المحلية .
حصاد المياه عادة يصنف الى نوعين النوع الاول هي الطريقة التي تجهز وتزود بالمياه من السيح السطحي من مناطق تغذية صغيرة الى المحاصيل الزراعية وبالتالي تراكم الماء حول النبات والغيض الى التربة والخزن في نطاق جذور النباتات ويسمى هذا التكنيك microcatchment techniques بسب كون انتاج الماء يكون صغير ويوضع بشكل مباشرومجاور للهدف وهو المحصول .

النوع الثاني macrocatchment تكنيك عبارة عن تركيزمياه الامطار والجريان السطحي في وادي (قناى طبيعية) وخزن الماء في خزان معين لاستخدامه في وقت لاحق وقد يتم تحويل الماء خارج هذه الوديان عبر سدود مناسبة او قواطع cross cutting الى الاراضي المتموجة المجاورة .

البصمة المائية water foot print (wf)

تعتبر موشر مباشر او غير مباشر عن استخدامات المياه العذبة في جميع مجالات الحياة .

الزراعة تعتبر المستهلك الرئيسي للمياه العذبة حول العالم وتشكل حوالي 70 % من مجموع استخدام المياه للاغراض المختلفة .

إن تأثير العوامل الاجتماعية ونمط الحياه الحديثة وزيادة السكان والتغيرات المناخية جميعا سببت في زيادة الضغط على الموارد المائية حول العالم ، بالرغم من كون المياه احد الموارد الطبيعة المتجددة ،لكن الفرق بين كمية المياه المتوفرة وكمية الطلب في حالة تزايد مستمر مع الوقت . التغيرات المناخية التي يشهده العالم وخاصة العراق خلال الفترة الأخيرة زاد الطلب على المياه وانشاء العديد من السدود على نهري دجلة والفرات والروافد الأخرى ، في تركيا وسوريا وحتى في ايران ادى الى حصول نقص حاد للمياه في العراق لان العراق يعتبر مناطق مصب *downstream* لهذه الانهار وتحكم بلاد المنبع *upstream* بتصاريف هذه الانهار .

في الوقت الحاضر نحتاج الى الترشيد في استهلاك المياه والتخطيط الجيد للموارد المائية وتحديد متطلبات المياه للمحاصيل الرئيسية . على سيبل المثال في العراق المساحة القابلة للزراعة تشكل حوالي اقل من 15 % من المساحة الكلية . في الماضي مصادر مياه الري لم يتم ادارتها بشكل فعال ، ولكن على الرغم من ذلك لم تظهر مشاكل رئيسية بسبب وجود وفرة في المياه وقلة اعداد السكان ، وبالرغم من كون منسوب نهري دجلة والفرات يتاثر بكمية الامطار الساقطة . اما الان ومع شحة مياه الامطار وزيادة من الملوحة وانخفاض وتذبذب مستويات الامطار وانخفاض تصاريف الانهار بسب كثرة السدود في بلدان المنبع وانخفاض مناسيب المياه الجوفية واستزافها في العديد من المواقع بسب الحفر الجائر ، نحن الان بحاحة ملحة وعاجلة الى تحسين نظام الري من اجل حل هذه المشكلة وتقليل من هدر وضائعات المياه .

البصمة المائية *water footprint* : - يمكن أن تستخدم كوسيلة لقياس والتنبو باستهلاك الماء للمحاصيل المروية بالمطر او الري او كلاهما من اجل تحديد الحاجة الى المياه .حيث تعتبر البصمة المائية طريقة جيدة في تقييم مصادرالموارد المائية في انتاج المحاصيل وبالتالي توفير الطعام . تعرف **البصمة المائية لكل محصول بانه حجم الماء العذب الذي يستخدم في انتاج ذلك المحصول وتشمل كافة مراحل الزراعة والانتاج والتسويق لذلك المحصول ، مثل البصمة المائية للحنطة ، البصمة المائية للذرة ...الخ .**

س) ماهي الحاجة للبصمة المائية ؟

البصمة المائية اداة لبناء فهم شامل للامن الغذائي والمائي على جميع المستويات ،ويمكن ان يساعد صانعي القرار في اتخاذ مايلزم من اجراءات لمواجهة التوقعات الحالية والمحتملة للطب على المياه والغذاء.

س: ماذا يقصد بالمياه الزرقاء ؟

المياه الزرقاء هي جميع اشكال المياه السطحية مثل (الانهار والبحيرات والمستنقعات) بالاضافة الى المياه الجوفية الموجودة تحت سطح الارض في النطاق المشبع .

Dr. Omar Nadhan AL-Azzo

س: ماذا يقصد بالمياه الخضراء ؟

المياه الخضراء هي مياه الامطار التي لايمكن حصادها ولكن تستفاد منها المحاصيل والمزرعات او المراعي التي نمت بسببها وتشمل ايضا مياه الامطار المخزونة في النطاق غير المشبع من التربة . والمياه الخضراء بصفة عامة اذ حصل لها جريان بعيدا عن مكان سقوطها تسمى مياه الزرقاء .

س: ماذا يقصد بالمياه الرمادية ؟

وهي اي شكل من اشكال المياه الملوثة باي نوع من انواع الملوثات .

س: ماهي انواع البصمة المائية ؟

البصمة المائية تنقسم الى ثلاثة انواع رئيسية هي البصمة المائية الزرقاء والبصمة المائية الخضراء والبصمة المائية الرمادية

1- البصمة المائية الخضراء *green water footprint*

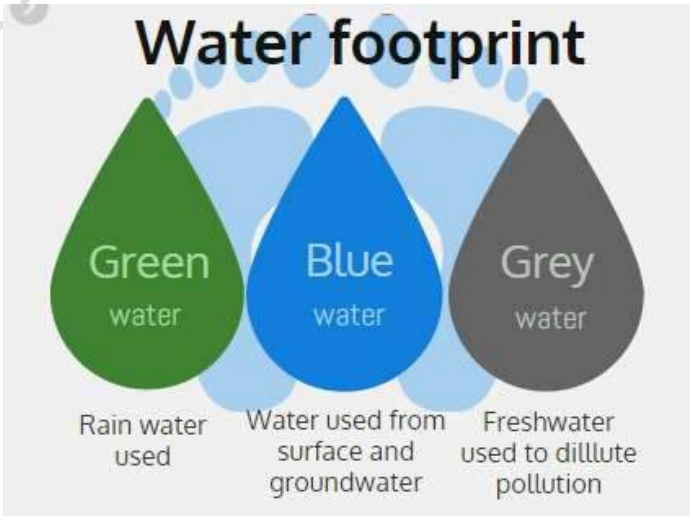
حجم المياه الامطار المستهلكة والتي تسخدم للزراعة وانتاج المحاصيل او تنمية الثروة الحيوانية من خلال المراعي الطبيعة ،قبل ان يحصل لها جريان سطحي الى الانهار او غيض عميق وتصل الى المياه الجوفية .

2- البصمة المائية الزرقاء *Blue water footprint*

حجم المياه السطحية او الجوفية المستهلكة لانتاج محصول معين وتشمل جميع سلسلة مراحل تجهيز المياه للانتاج

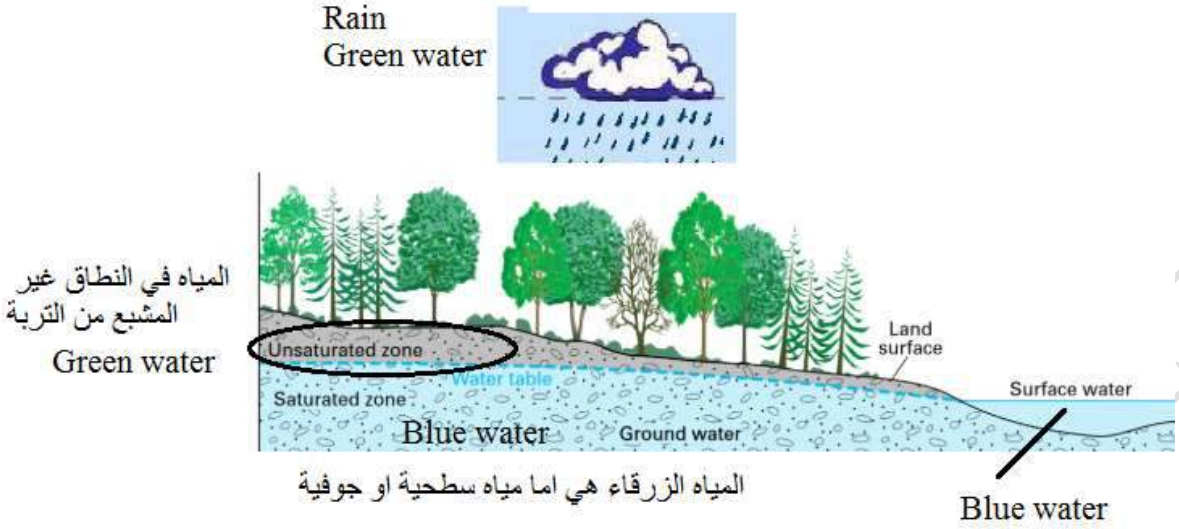
3- البصمة المائية الرمادية *Grey water footprint*

هو حجم المياه العذبة الضرورية المطلوبة لتخفيف التلوث او لتحويل المياه الملوثة الى مياه ذات نوعية مقبولة *standard level* وضمن الحدود المسموح بها للاستخدامات المختلفة وحسب مواصفات كل استخدام مثل الري او الصناعي ....الخ .



أنواع الألوان المياه والبصمة المائية لها

Dr. Omar Nabhan AL Azzo



المياه الخضراء والزرقاء في الطبيعة

ان البصمة المائية يمكن حسابها في حوض مائي معين ، او على مستوى محلي او مستوى اقليمي او حتى مستوى عالمي ويمكن ان تقاس لكل نوع معين من المحاصيل مثلا البصمة المائية للحنطة *water footprint of wheat*

البصمة المائية للرز *water footprint of rice wheat* وهكذا .....

البصمة المائية للمحصول معين تمثل استخدام الماء بوحدة م^3 /هكتار في حين انتاج المحصول يقاس ب طن / هكتار .

البصمة المائية للماشية *water footprint of an animal* خلال تربية مثلا الدواجن ، الاغنام الابقار ....الخ

يمثل مجموع المياه التي استخدمت لتربية الحيوان مثل الشرب الخدمة التنظيف ....الخ لانتاج اللحوم او الحليب والمنتجات الحيوانية الاخرى .

انتاج الحنطة في العراق يعتمد على الري ، فقط حوالي 40 % من زراعة الحنطة تعتمد على الامطار (الزراعة الديمية) والتي تقع في شمال العراق حيث تكون الظروف المناخية ملائمة .

كمية المياه الخضراء او استخدام مياه الامطار green crop water use *تمثل مقدار مياه المطر الذي يحتاجه محصول الحنطة للنمو خلال جميع مراحل الزراعة وعادة تقاس م^3/هكتار* (m^3/ha) *م^3/طن* (m^3/ton) *والذي يفقد خلال عملية البتخر- نتح اليومي خلال فترة النمو الكلية للمحصول .*

كمية المياه الزرقاء *blue crop water use* يمثل مقدار حجم ماء الري الذي يحتاجه محصول خلال فترة النمو الكلية للمحصول والذي يكون مصدره المياه السطحية (الانهار بحيرات) او المياه الجوفية وتسمى متطلبات مياه الري *irrigation requirement (IR)*

البصمة المائية تمثل مجموع البصمة المائية الخضراء والبصمة المائية الزرقاء

Dr Omar Nabhan AL-Azzo

Total water footprint (WF) of a crop

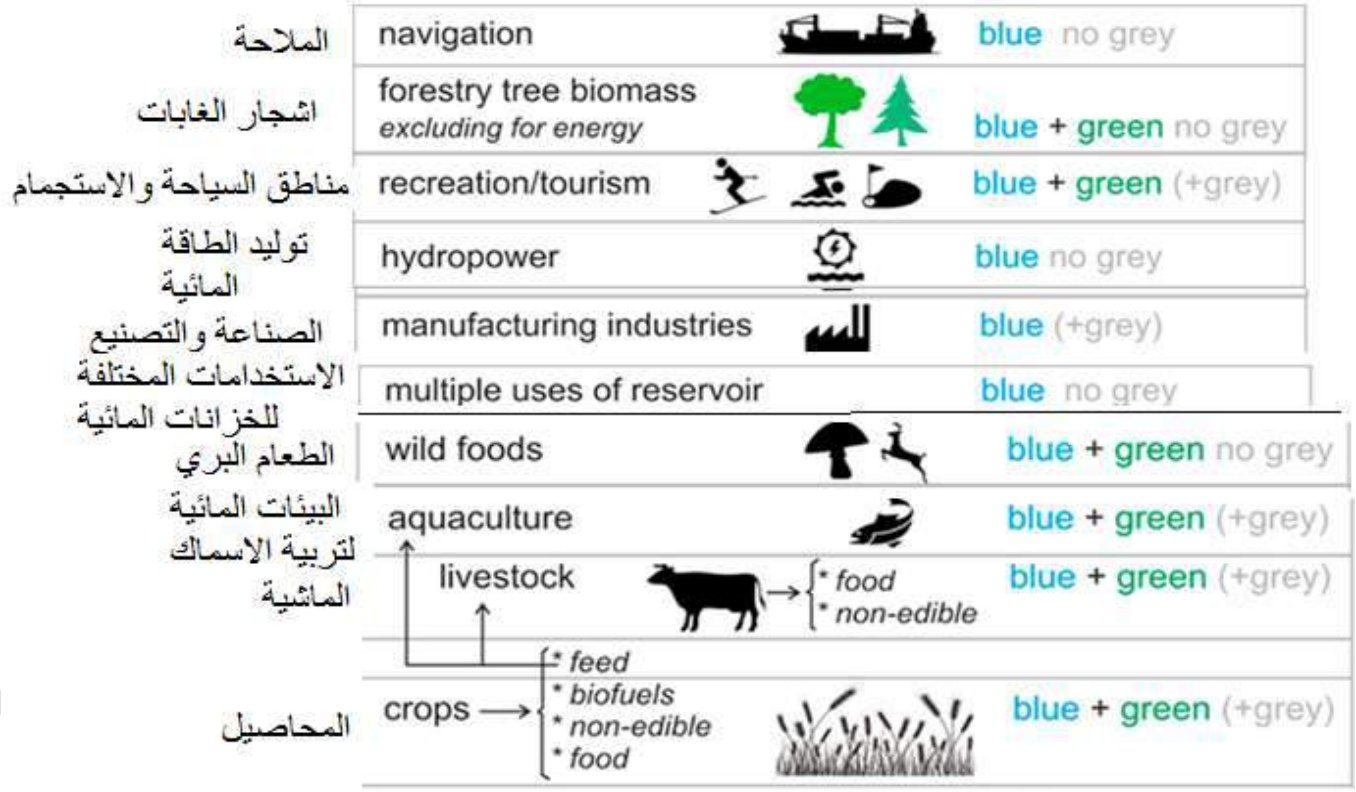
$$WF = WF\ green\ (m^3/ton) + WF\ blue\ (m^3/ton)$$

مثلا محصول الحنطة في العراق تتروح كمية المياه الزرقاء من الصفر بسب عدم الحاجة الى السقي من المياه السطحية او الجوفية في المناطق الديمية الى (*2184 m^3/ha*) في المناطق الاخرى ، وعادة تكون المياه الخضراء اقل كلفة من المياه الزرقاء في عمليات الإنتاج الزراعي وكما هو معروف لاتوجد كلفة لعمليات الري

الجدول أدناه يوضح البصمة المائية لمحصول الحنطة م^3/ طن في العراق وثلاثة دولة مجاورة .

البلد	المياه الخضراء	المياه الزرقاء	البصمة المائية (المجموع)
تركيا	*2081*	131	*2212*
ايران	2412	988	3400
سوريا	1511	457	1968
العراق	1226	650	1876

أمثلة عن استخدامات أنواع المياه الثلاثة في مختلف نواحي الحياة



.....

Dr. Omar Nabhan AL Azzo

طرق لزيادة وتعزيز الجريان السطحي من اجل حصاد مياه الامطار

Surface sealing

عبارة عن استخدام مواد كيمائية اما يتم رشها على سطح التربة اومزجها مع سطح التربة لتقليل او ايقاف الغيض، في الترب الخفيفة ذات الغيض العالي عادة لاينتج عنها الكثير من الجريان السطحي ،وتعتبر مشكلة رئيسة في الترب الرملية في المناطق الجافة وشبة الجافة والذي نحتاج المزيد من حصاد المياه .
املاح كلوريد الصوديوم تسبب تشتت الطين وتفرقه و انتفاخه او حصول تكسرات الى دقائق صغيرة من اجل زيادة الجريان السطحي ،وهذه المواد واعدة بسب تكلفتها المنخفضة و توفرها بسهولة وتعيق نمو القصب والادغال .

التاثير السلبي لها خلال تاثيرها على نمو النبات بسب زيادة الملوحة ، معدل الاضافة حوالي 1 طن في الهكتار خلال 2 سم من سطح التربة العلوي بعد ترطيب التربة وضغطها وسطوح ملساء ، هذه المعاملة للتربة تتطلب حوالي على الاقل 20 % طين من معادن الاليات illite او الكولينات kaolinite .
الصوديوم يعمل على تفريق دقاق الطين والتي سوف تترسب في مسامات التربة وبالتالي تقلل من النفاذية (حركة الماء) . المواد الاخرى التي يتم اضافتها الكيمائية الكاره للماء او تسمى الخائفة من الماء hydrophobic ان هذه الطريقة لاتغير من مسامية التربة ولكنها تغير من الشد السطحي بين دقائق التربة مه الماء من الامثلة عليها sodium silanolate وتكون سمك طبقة من 1 الى 2 سم وعمر فعال لها 2- 3 سنوات ولكنها غير مناسبة للترب التي تحتوي اكثر من 15% طين .

الاضافة الاخرى اضافة شمع البارفين paraffin wax الى سطح التربة ، الشمع يترسب على شكل طبقة رقيقة على السطح وعندما تسخن الشمس السطح يحصل اذابة جزئية للشمع ويتحرك الى اعماق اكبر في التربة ويعمل على تغليف كل دقائق التربة بغلاف رقيق يعمل على تنافر ، هذه الطريقة ملائمة في الترب الحاوية على حوالي 20 % طين او اقل ويجب ان تتجاوز درجة حرارة التربة في الموقع درجة اذابة البارفين خلال فترات معينة من السنة . اظهرت البحوث ام معاملة التربة بـالشمع انتح حوالي 90% من الامطار تحولت الى جريان سطحي بالمقارنة ب 30 الى 40% في التجربة غير المعاملة بالشمع .

Impermeable covering

التغطية بالمواد غير النفاذة مثل صفائح من البلاستك مطاط ، اغشية من الاسفلت والبتومين Bitumen وتكون مناسبة للتربة الرملية الناعمة ولها عمر فعال يترواح بين 2 – 5 سنوات ، ولكن هذه المواد تكون معرضة للخطر بفعل الرياح واشعة الشمس

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF RUNOFF-INDUCEMENT METHODS

فوائد ومساوى العوامل المحفزة على المعالجة لزيادة الجريان السطحي خلال حصاد المياه

تعتمد على خصائص الحوض ، الطبوغرافية ، نوع الصخور وظروف التربة ، بالاضافة الى العامل الاجتماعي

-The resulting surface of the treated area should be relatively smooth and impermeable to water.

يجب ان يكون السطح املس وغير نفاذ لمرور الماء

– The treated catchment area should have a high resistance to weathering damage

يجب ان تكون المعالجة مقاومة لعملية التجوية وتاثيراتها

– The treatment should be able to resist damage by hail, intense rainfall, wind, occasional animal traffic, plant growth, insects, birds and burrowing animals.

المعالجة يجب ان تكون مقاومة للتغيرات المناخية مثل الحالوب والامطار ذات الشدة العالية و حركة المواشي ونمو النباتات وتاثير الحشرات والطيور والحيونات التي تعمل حفر وومرات في التربة كقوارض

The treatment should be inexpensive on an annual cost basis, and should permit minimum site preparation and construction costs.

عملية المعالجة يجب ان تكون غير مكلفة وباقل كلفة تحضيرات في الموقع

– Operation and maintenance should be simple and inexpensive, and the lifespan of the treatment should be as long as possible.

عملية الادامة يجب ان تكون سهلة وغير مكلفة وفترة الزمينة لعمل المعالجة (اضافات المواد لزيادة السيح) لها اطول فترة ممكنة

– Runoff water collected from the treated area must be nontoxic to plants and should not be harmful to human health

الماء السيح التي يتم جمعه في المنطقة المعالجة يجب ان يكون غير سام للنبات او موذي على صحة الانسان

FURTHER CONSIDERATIONS الاعتبارت الاخرى

التصميم الردي لحصاد المياه يسبب الى تعرية التربة وعدن استقراية التربة وفيضان موقعي ، لابد من توفر معلومات مناخية عن شدة الامطار وتغايرها وهيدرولوجي المنطقة التي تكون غير مدروسة جيدا في العديد من المناطق غير في البلدان النامية مما يسبب اعاقة في اختيار المواقع المناسبة ، الميل وطبيعة قنزات التصريف يوثر على كمية ونوعية مياه التي يحصل لها جريان سطحي run off

ادارة الموارد المائية WATER RESOURCE MANAGEMENT

ان ادارة الموارد المائية تتعلق بجميع خصائص الدورة الهيدرولوجية (دورة المياه في الطبيعة) والخصائص التي لها علاقة مباشرة بالانسان مثل مقدار استهلاك المياه ، حتى النشاطات السياحية مثل الانواع المختلفة للرياضة المتعلقة بالمياه وصيد الاسماك تتطبق مياه نظيفة وجريان مستمر ، ولذلك لابد من حماية الموارد المائية والبيئية للاجيال القادمة . نلاحظ من الجدول التالي ان معظم عناصر دورة المياه في الطبيعة يمكن التدخل بها بطريقة ما بشكل مباشر او غير مباشر بشكل يتعلق بادراة الموارد المائية على سبيل المثال تغيرات استعمالات او استخدام الاراضي له تاثير كبير وواضح على ادارة الموارد المائية ولذلك اي تغيرات تحصل على استعمالات الاراضي لابد من وجود مستشارين وخبراء في مجال الموارد المائية . العامل المهم في ادارة الموارد المائية هو تحديد وتخصيص كمية مياه المتوفرة للاستعمال سواء كان للري او الاستخدام المنزلي والصناعي وضمان بيئة نهرية ومياه بعيدة عن مصادر التلوث وحفظ لحياه جميع الاحياء المائية المتنوعة . الجدول التالي يوضح كيفة التعامل والتلاعب بالدورة الهيدرولوجية من اجل الادارة المثلى للموارد المائية .

العلميات الهيدرولوجية Hydrological process	تدخل الانسان	التاثير
السواقط	الامطار الصناعية cloud seeding	زيادة وتعزيز من مقدار الامطار
التبخر	الري تغير الغطاء النباتي تغير المناطق الريفية الى مناطق حضرية	زيادة معدل التبخر تغير في معدل النتح والحجر على النبات زيادة معدلات التبخر
الخزن	تغير استخدام الارض الخزن الجوفي في باطن الارض بزل الاراضي بناء الخزنات ومناطق تجميع للمياه	تغيرات في معدل الغيض التلاعب بمقدار الخزين للمياه الجوفية خفظ منسوب مياه الجوفية زيادة مقدار الخزن للمياه
الجريان السطحي	تغير استخدام الارض بزل الاراضي تحويل مياه الانهار سحب مياه السطحية الجوفية	تغير في معدل الجريان جريان سطحي سريع تغير معدل تصريف الانهار تجهيز المياه من المياه السطحية والجوفية لاغراض الاستهلاك البشري

Manipulation of hydrological processes of concern to water resource management		
Hydrological process	*Human intervention*	*Impact*
Precipitation	Cloud seeding	Increase rainfall (?)
Evaporation	Irrigation Change vegetation cover Change rural to urban	Increase evaporation rates Alter transpiration and interception rates Increase evaporation rates
Storage	Change land use Aquifer storage and recovery (ASR) Land drainage Building reservoirs	Alter infiltration rates Manipulating groundwater storage Lowering of local water tables Increasing storage
Runoff	Change land use Land drainage River transfer schemes Water abstraction	Alter overland flow rates Rapid runoff Alter river flow rates Removing river water and groundwater for human consumption