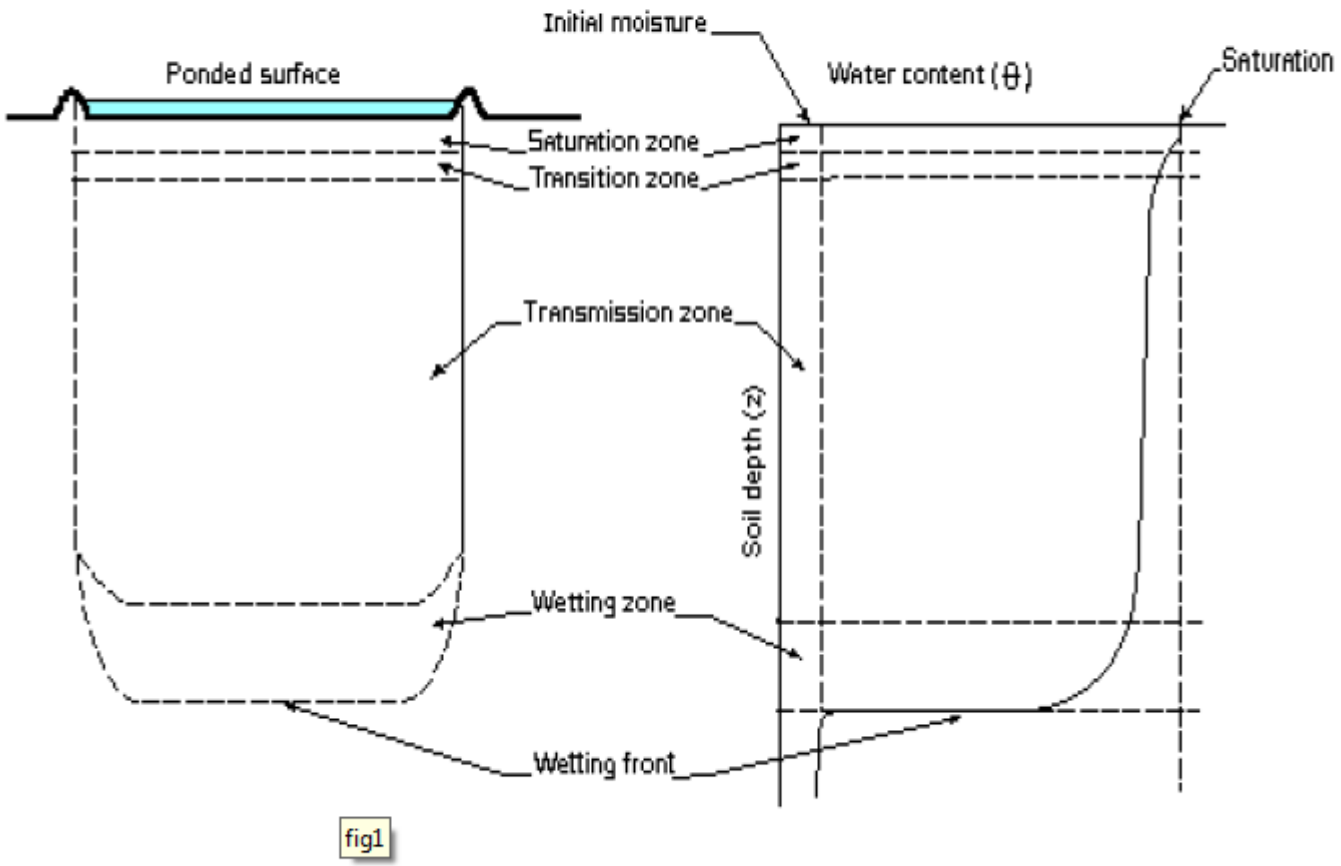
حركة الماء في الأراضي

تسرب الماء في التربة Soil water infiltration

التسرب هو عملية دخول (entry) الماء إلى التربة (حركة لأسفل من خلال سطح التربة) وهى عملية سريان غير مستقر للماء في الحالة غير المشبعة.

عندما يضاف الماء عند سطح التربة (تحت ظروف الري بالغمر أو المطر) فان الماء يدخل التربة ويغير من توزيع المحتوى الرطوبى للتربة water content distribution

بعد الري لفترة معينة – فان الرطوبة تتوزع خلال قطاع التربة مكونة ما يسمى قطاع توزيع الرطوبة أو water content profile (شكل 23) – ويمكن تمييز المناطق التالية :



شكل(23) قطاع توزيع الرطوبة عقب انتهاء التسرب

1- **المنطقة المشبعة** Saturation zone

وهى طبقة رفيعة عند سطح التربة تصل إلى عدة ملليمترات في السمك.

2- **المنطقة الانتقالية** Transition zone

وهى منطقة تفصل بين المنطقة المشبعة والمنطقة التي تليها (منطقة التوصيل القريبة من التشبع) . وهى تتعمق وربا يصل سمكها من عدة ملليمترات إلى عدة سنتيمترات في السمك.

وهاتين المنطقتين ليس باستمرار يمكن التمييز بينهما حيث يحدث التداخل وهى تحدث نتيجة التغيرات البنائية عند سطح التربة ونتيجة الهواء المحبوس.

3- **منطقة التوصيل** Transmission zone

وهى منطقة نقل للماء المتسرب من السطح إلى جسم التربة – هذه المنطقة متغيرة في السمك عكس المناطق الأخرى . وهى تمتد بما يتناسب مع طول فترة إمداد الماء لسطح التربة – المحتوى الرطوبى متغير قليلا مع العمق وربما يكون ثابت وقريب من التشبع

4- **منطقة الابتلال**Wetting zone

عادة هي طبقة رقيقة حيث التغيرات في المحتوى الرطوبى من القيمة الابتدائية إلى قيمة الرطوبة فى منطقة التوصيل

5- **جبهة الابتلال**Wetting front

وهى الحد الفاصل والواضح لتخلل الماء حيث يكون التدرج في الشد الرطوبى كبير جدا بين جبهة الابتلال والمنطقة الجافة التي تليها

بعض الاصطلاحات:

1-سعة التسرب infiltration capacity/ infiltrability

هو سعة التربة أو مقدرتها على امتصاص الماء الداخل إليها وهو عبارة عن المعدل الأقصى الذي يمكن للتربة أن تمتصه من الماء تحت ظروف معينة وهذا يكون في بداية عملية التسرب عندما يكون الماء غامرا لسطح التربة

2- معدل التسرب Infiltration rate (i)

عبارة عن سرعة مرور الماء إلى سطح التربة (حجم الماء المتسرب لوحدة المساحة من سطح التربة لوحدة الزمن)

أيأن

$$i = \frac{\text{volume of water}}{\text{Area} * \text{time}} = \frac{Q}{AT} = \frac{L^3}{L^2 * T} = LT^{-1}$$

ويعبر عن معدل التسرب باصطلاحات أخرى هي:-

سرعة التسرب velocityInfiltration

Infiltration flux

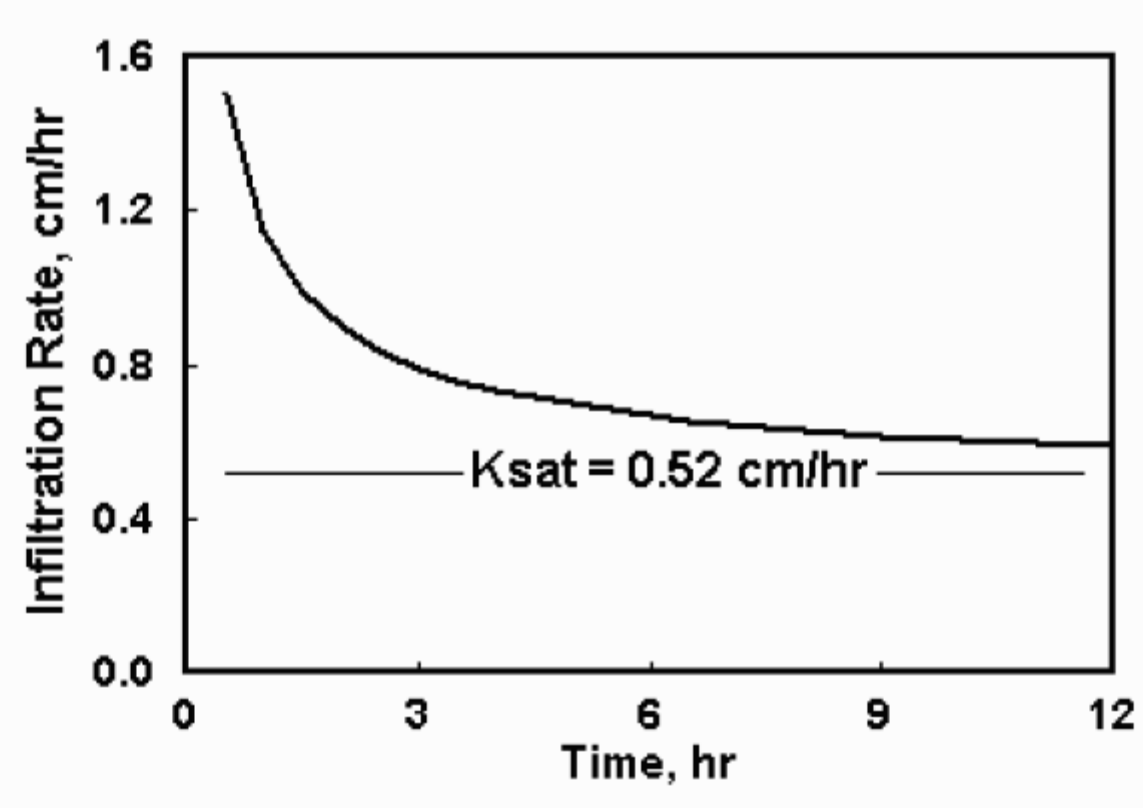
معدل الامتصاص intake rate

سعة التسرب Infiltrability

ومعدل التسرب يكون متناقص مع الزمن حيث يكون مرتفعاً في البداية عند إضافة الماء خاصة عندما تكون التربة جافة قبل الري (حيث يكون التدرج في الجهد الهيدروليكي مرتفعاً في البداية بين المنطقة المبللة من السطح والمنطقة الجافة داخل جسم التربة) ثم يقل التسرب تدريجياً مع الزمن وهى حاله من حالات حركة الماء في الحالة غير المشبعة.

Non – steady state unsaturated water flow

ويصل في النهاية إلى معدل ثابت يتوقف على خواص التربة يسمى معدل التسرب النهائي أو الثابت.



شكل(24) معدل التسرب مع الزمن

وهذا يعنى أن التسرب بعد فترة زمنية كبيرة يصبح ثابت مع الزمن أو ما يعرف معدل التسرب الأساسي basic infiltration rate أومعدل التسرب النهائيfinal infiltration rate آو معدل التسرب الثابت steady state infiltrationconstant infiltration rate or (شكل 24)

ويتوقف معدل التسرب على الأتي:-

(1) الرطوبة الابتدائية للتربة (حيث تزداد سرعة او معدل التسرب في الترب الجافة عن الترب الرطبة). أي أن معدل التسرب يقل مع زيادة الرطوبة الابتدائية للتربة

(2) قوام التربة – حيث يتسرب الماء في الترب خشنة القوام أسرع من الترب ناعمة القوام وذلك بسبب كبر حجم المسام في الأولى عن الثانية

(3) بناء التربة- حيث يتسرب الماء في الترب المفككة أسرع من الترب المضغوطة نظرا لزيادة نسبة المسام في الأولى عن الثانية – أي أن معدل التسرب يقل مع زيادة كثافة التربة الظاهرية

(4) الضاغط المائي فوق سطح التربة – فكلما زاد طول عمود الماء فوق سطح التربة (عمق الغمر) كلما كان الضاغط الهيدروستاتيكي اكبر وبالتالي يزداد معدل التسرب

(5) الشد الرطوبى للتربة – حيث يزداد معدل التسرب مع زيادة الفرق الشد الرطوبى بين المنطقة المبللة والمنطقة الجافة أسفلها

(6) التجانس في قطاع التربة – حيث يزداد معدل التسرب في حالة الترب المتجانسة عن الترب غير المتجانسة او الطبقية

3- **معدل التسرب اللحظي** Instantaneous infiltration rate (i_{ins})

وهو عبارة عن معدل التسرب عند أي لحظة وهو يدل على ميل منحنى التسرب التراكمي عند فترة زمنية معينة . يعبر عن التسرب التراكمي أو المجموعي ب Cumulative infiltration

4- **التسرب التراكمي أو المجموعي**(I) cumulative infiltration

وهو عبارة عن الحجم الكلى للماء التسرب خلال وحدة المساحة على مدى فترة زمنية معينة مقاسة من بداية التسرب (وهو عبارة عن المساحة الواقعة تحت منحنى التسرب المجموعي)

5- معدل التسرب المتوسط(Average infiltration rate (i_{av})

وهو عبارة عن التسرب التراكمي أو المجموعي مقسوما على الزمن منذ بداية التسرب أي أن

$$i_{av}(t) = \frac{I}{T}$$

6- معدل التسرب الأساسي أو النهائي(Basic infiltration rate(i_b)

وهو معدل ثابت للتسرب تصل إليه التربة بعد فترة زمنية تختلف حسب نوع التربة بعد 3 –4 ساعات من بداية التسرب ويقصد بمعدل التسرب الأساسي هو معدل ثابت نسبياً يتغير بنسبة حوالي 10% عن التسرب في الساعة السابقة. أي أن:

$$[i(t) - i(t+1)] < 0.1 * i(t)$$

الزمن محسوب بالساعة.

إذا كانت التربة ذات محتوى رطوبي ابتدائي يساوى θ_i وأضيف الماء للتربة فان التسرب المجموعي هو عبارة عن حجم الماء المتسرب في التربة مقسوما على مساحة سطح التربة – اى ان :

$$I = \frac{Q}{A}$$

أو بصورة أخرى :

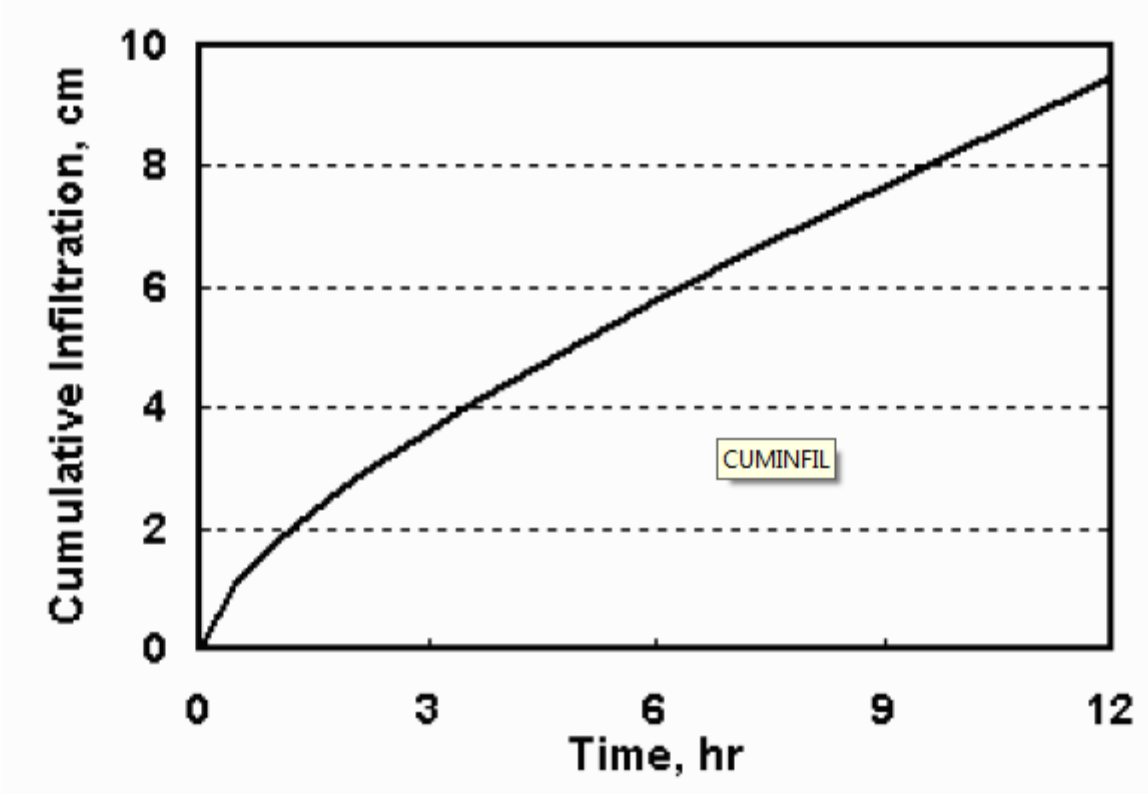
$$I = \int_{z=0}^{z} (\theta_f - \theta_i) * dz$$

حيث θ_f هي متوسط الرطوبة النهائية بعد التسرب و

dz سمك طبقة التربة المبللة بالماء

z المسافة في اتجاه سريان الماء حتى جبهة الابتلال

التسرب التراكمي أو المجموعي هو دالة متزايدة مع الزمن كما يظهر من الشكل التالي (شكل 25):



شكل(25) منحنى التسرب المجموعي

شكل(25) منحنى التسرب المجموعي

القوى الدافعة لدخول الماء في التربة هي التدرج في الشد الرطوبى بين جبهة الابتلال وسطح التربة وكذلك الجاذبية الأرضية

التدرج في الشد الرطوبى يقل مع الزمن بسبب تقدم جبهة الابتلال ونتيجة لذلك فان كثافة التدفق خلال سطح التربة والتي تسمى معدل التسرب تقل مع الزمن بحيث تصل إلى قيمة ثابتة عندما تصبح الجاذبية هي القوى الدافعة للسريان

معدل التسرب يمكن التعبير عنه كالأتي:

$$i(t) = \frac{dI}{dt} \quad \text{and}$$

$$I = \int_0^t i(t)dt$$

التسرب المجموعي أو التراكمي كدالة للزمن يمكن قياسه في الحقل لكن مثل هذه التجارب لا تعطى أي معلومات عن توزيع المحتوى الرطوبى أو عمق جبهة الابتلال.

قياس تسرب الماء فى التربة

يقاس تسرب الماء تحت الظروف الحقلية بعدة طرق منها

1- جهاز تسرب الماء ذو الاسطوانة

ويوجد منه نوعان:

1- جهاز تسرب الماء ذو الاسطوانة الواحدة

2- جهاز تسرب الماء ذو الاسطوانتين

وهو عبارة عن اسطوانة من الحديد الصلب بقطر 40 سم والرتفاع 30 سم يتم ادخالها فى التربة لعمق 20 سم ويتم ملاء الجزء الظاهر على سطح التربة بالماء لعمق محدد (ضاغط مائي ثابت) ويقاس معدل دخول الماء للتربة مع الزمن ومنه يمكن حساب معدل تسرب الماء . قد يتكون الجهاز

من اسطوانتين احدهما داخلية واخى خارجية والغرض من ذلك تصحيح تاثير الحركة الجانبية للماء فى التربة (شكل 26)

2- جهاز التسرب القرصي Disk Infiltrometer

قيس معدل التسرب في التربة باستخدام جهاز التسرب القرصي (Disk Infiltrometer). وهو عبارة عن أسطوانة من البلاستيك ملتصق بها من القاعدة قرص من مادة مسامية، أما النهاية العلوية للأسطوانة فتغلق بسدادة بلاستيكية تسمح بالشد المطلوب في الجهاز (0,5 أو 2 أو 6 سم) معتمدا في ذلك على خواص القرص المسامي وفتحة تصريف الهواء على جانب الأسطوانة (شكل 24).

تعتمد طريقة القياس على وضع الجهاز رأسياً في حالة تلامس مع التربة من جهة القرص المسامي و قياس التسرب التراكمي للماء في التربة مقابل الزمن حسب طريقة (Zhang, 1997) ويحسب التسرب كما في المعادلة التالية:

$$I = C_1 * T + C_2 * \sqrt{T}$$

المعادلات التجريبية لحساب معدل الترشيح Experimental equations:

يمكن تقدير الترشيح نظريا بالطرق والنماذج الرياضيه التقريبيه لمعظم الحالات بالاعتماد علي الشروط الحدوديه لكل حاله علي حده؛ ومعظم هذه الطرق تستند الي بعض المفاهيم الاساسيه البسيطه كالتعبير عن معدل او كميه الترشيح بدلاله الزمن او بعض صفات التربه وكذلك الاخذ بعين الاعتبار بان معدل الترشيح يقل بسرعه مع الزمن خلال المرحله الاولي من عمليه الرشح ؛ واهم المعادلات المستخدمه في تقدير معدل الترشيح هي :

1_معادله كوستياكوف(1932) Kostiakov:

$$i=a\ t^{-n}$$

حيث :

i ***معدل الترشيح***

t ***الزمن بعد بدء الترشيح***

a,n ***ثوابت تعتمد علي نوع التربه وحالتها الاوليه***

ملاحظه :لا يوجد لعناصر هذه المعادله قيم ثابته بل يجب تقييمها من خلال بعض التجارب .

2_معادله هورتن (1940,1939) Horton:

$$i = i_c + (i_o - i_c)\, e^{-kt}$$

حيث:

k, ic, io ثوابت تشخيصيه

3-معادله فيليب (1957) Philip:

يفترض عند استخدام هذه المعادله ان التربه متجانسه وعميقه والماء متراكم علي سطحها :

$$i = ic + s \div 2\, t^{0.5}$$

حيث:

ic , s ثوابت تشخيصيه

4_معادله هولتان (1961)Holtan :

$$i=ic+a(M-I)^n$$

حيث:

M,n,a,ic ثوابت

5_معادله غرين وامبت(1911) Green and Ampt:

$$i=ic+(b/I)$$

حيث:

b,ic ثوابت تشخيصيه

I التسرب التجميعي

i معدل الترشيح