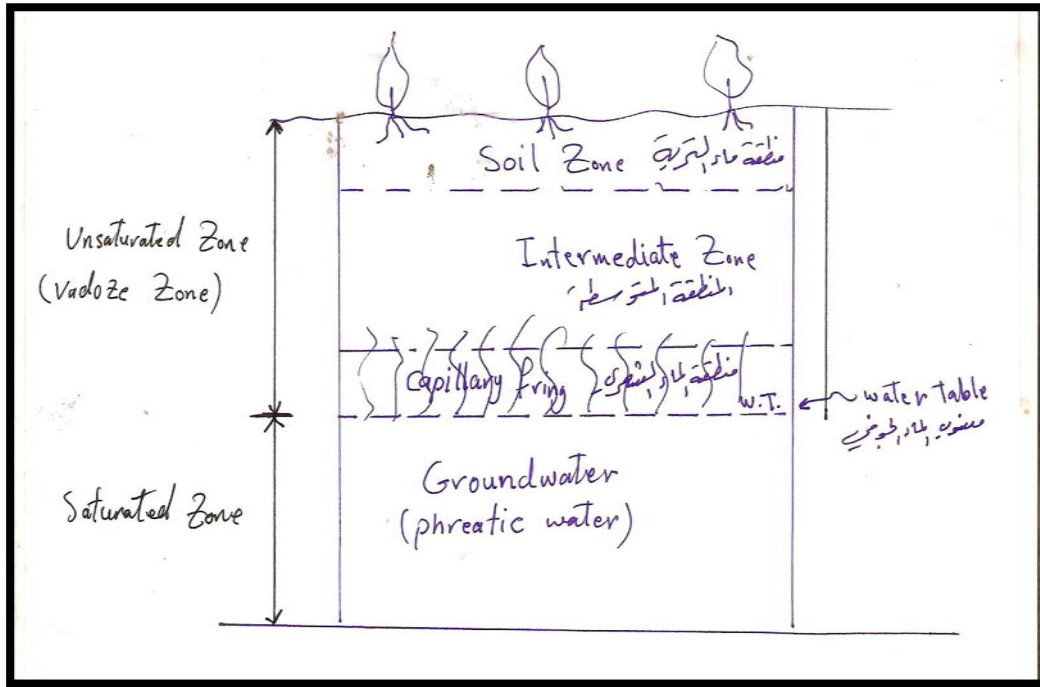


Underground Waterالمياه الجوفية

أن كل الماء تحت سطح الأرض يشير إلى المياه الجوفية. إذ أن كل المياه الجوفية تتواجد في منطقتين مختلفتين تحت سطح الأرض. أن المنطقة الأولى (One Zone) توجد مباشرة تحت سطح الأرض وفي أكثر المناطق حيث تحتوي على كلا من الماء والهواء الجوي وتسمى المنطقة غير مشبعة (Unsaturated Zone). أما المنطقة الثانية فهي تقع بشكل ثابت تقريباً تحت الطبقة الأولى ففي هذه المنطقة فإن جميع الفتحات المرتبطة مع بعضها البعض تكون مشبعة بالكامل بالماء وتسمى المنطقة المشبعة (Saturated Zone). إن هذه المنطقة الغير مشبعة تسمى أيضاً (Vadose Zone).



1. **The Soil Zone** -: وهي تمتد من سطح الأرض إلى عمق (1- 2) م على الأكثر وهذه المنطقة هي التي تدعم نمو النباتات . وتكون مسامية (porosity) وذات نفاذيه (permeability) هذه المنطقة أعلى من المناطق الأخرى الواقعة تحتها.
2. **Intermediate Zone** -: وهي المنطقة الواقعة تحت (Soil Zone) وتختلف في السمك من مكان إلى آخر.
3. **Capillary fringe** -: وهي منطقة الماء الشعري وتقع مباشرة تحت المنطقة المتوسطة Intermediate وفوق منسوب الماء الجوفي.

هذه المنطقة تحدث نتيجة لقوى التجاذب attraction بين المياه الجوفية في المنطقة المشبعة (Saturated Zone) وبين الصخور الموجودة في المنطقة غير المشبعة . ويكون الماء الموجود في المنطقة غير المشبعة تحت ضغط سالب (negative pressure) ولذلك فإن الماء في هذه المنطقة الشعري يتحرك باتجاه الأعلى في داخل المسامات الشعري للصخور.

إن منسوب المياه الجوفية (water Table) هو الحد الفاصل بين المنطقة المشبعة وغير المشبعة. أن ضغط الماء Hydraulic pressures عند أعلى نقطة بمنسوب المياه الجوفية W.T. يكون مساوياً للضغط الجوي Atmospheric pressures لكنه يبدأ بالازدياد عند النزول إلى الأسفل في داخل المنطقة المشبعة.

التكوينات الخازنة للماء الجوفي Aquifers :-

إن الصخور الواقعة تحت سطح الأرض أما أن تكون تكوينات خازنة للماء تسمى (Aquifers) أو صخور غير خازنة للماء تسمى طبقات صماء (Confining Beds)، إن التكوين الخازن (Aquifer) هو عبارة عن صخور تحتوي على المياه الجوفية بكميات يمكن استخدامها بواسطة الآبار (wells) أو الينابيع Spring.

إن التكوينات الخازنة للماء (Aquifers) تكون على نوعين :-

1. التكوين الخازن غير المحصور Unconfined Aquifer :-

هذا التكوين يحده من الأعلى سطح الأرض وأن الأسفل طبقات صماء غير منفذة للماء (confining Beds). ويكون مملوء بالماء الجوفي جزئياً. وأن منسوب المياه الجوفية فيه (W.T.) يكون حراً بالارتفاع أو الانخفاض حيث لا يكون الماء محصوراً.

2. التكوين الخازن المحصور (Artesian Aquifer) Confined Aquifer :-

هذا التكوين يحده من الأعلى ومن الأسفل طبقات صخرية صماء غير نفاذة Confining Beds ويكون هذا التكوين مملوء بالماء الجوفي كلياً. والمياه الجوفية هنا تكون تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي بسبب ضغط الصخور المغطية للخزان المحصور إضافة إلى ضغط الماء الهيدروستاتيكي Hydrostatic الناتج عن الماء المحصور.

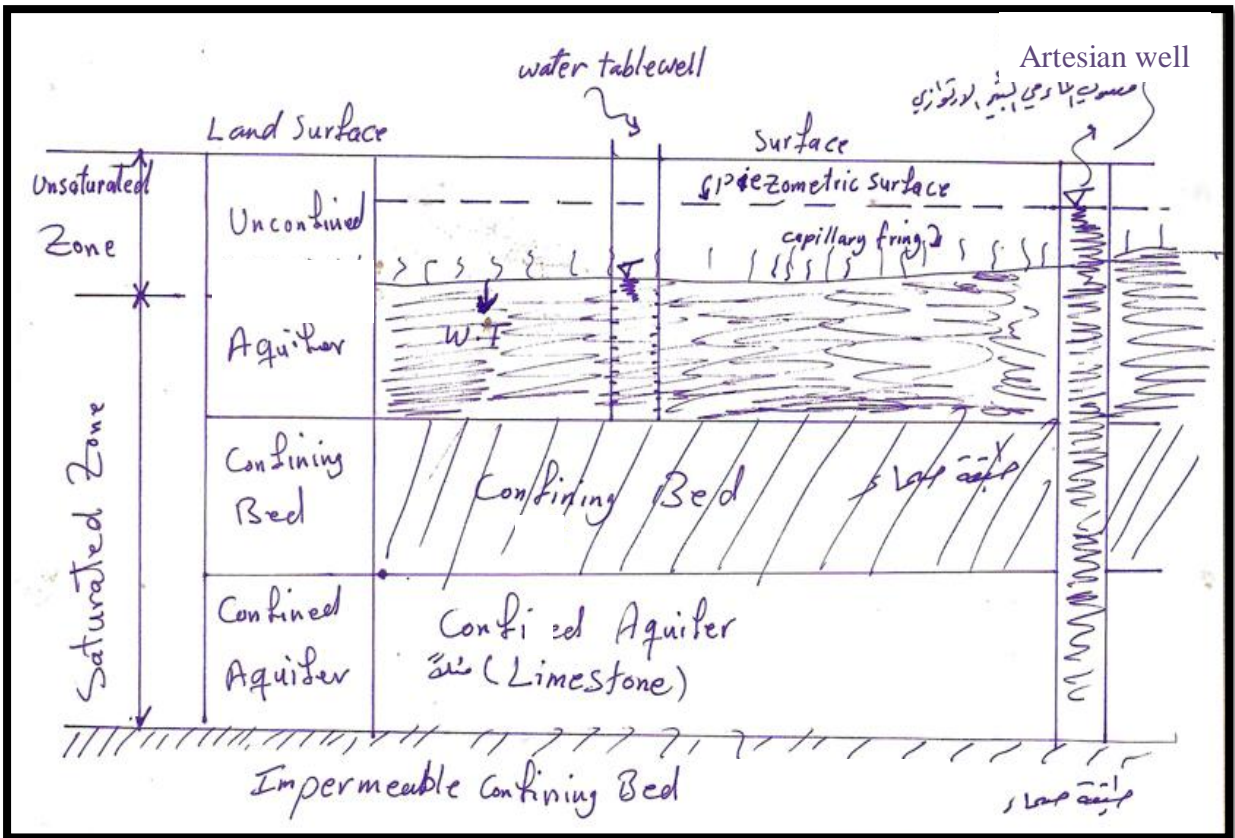
الطبقات الصماء Confining Beds :-

هي صخور ذات توصيلية هيدروليكية Hydraulic Conductivity قليلة جداً بحيث أنها لا تسمح للمياه الجوفية بالحركة والمرور من خلالها.

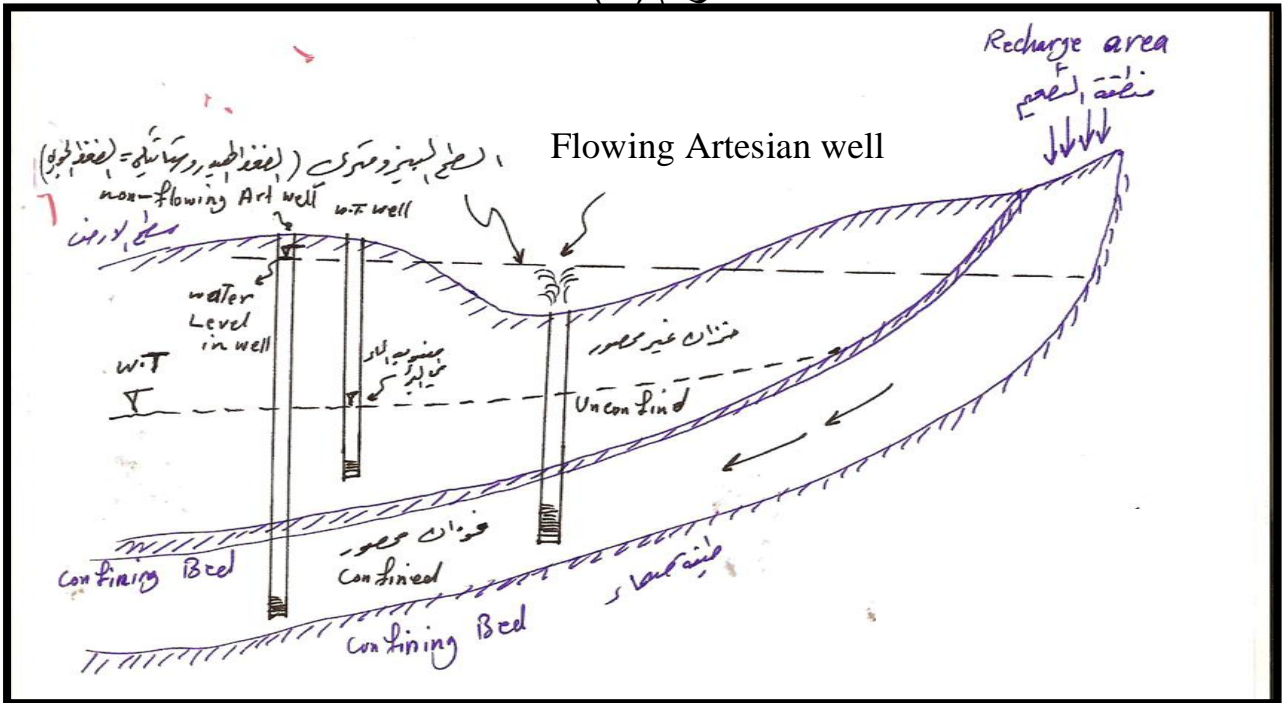
Water table well :- هو البئر الذي يمتد في داخل التكوين الخازن غير المحصور (Unconfined) ويكون منسوب الماء فيه هو نفس منسوب المياه الجوفية (W.T) في التكوين غير المحصور.

Artesian Well :- هو البئر الارتوازي والذي يمتد من سطح الأرض إلى داخل التكوين الخازن المحصور. أن منسوب الماء الجوفي في هذه الآبار يتوقف عند ارتفاع معين فوق مستوى التكوين الخازن المحصور. ولكن ليس بالضرورة فوق مستوى سطح الأرض. فعندما يكون منسوب الماء في البئر فوق مستوى سطح الأرض فإن البئر يسمى (flowing Artesian Well). وهذا يعتمد على منسوب السطح البيزومتري كما مبين في الشكل رقم (2).

ملاحظة: السطح البيزومتري Piezometer Surface : هو المستوى الذي يتساوى فيه ضغط الماء المحصور مع الضغط الجوي.



شكل رقم (1)



شكل رقم (2)

Porosity المسامية :-

The ratio of (voids) to the total volume of a soil is referred to as its

porosity $n = \frac{V_v}{V_T}$.

Where n= porosity, V_v = volume of Voids , V_T =total volume of soil

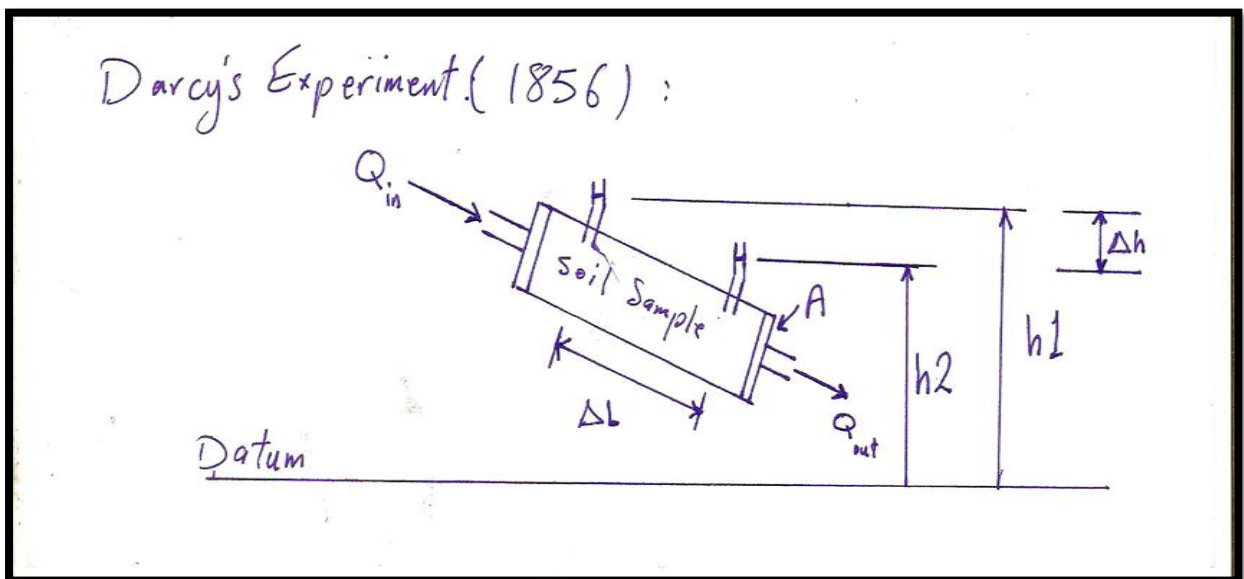
Type of Soil	Clay	Sand	Gravel	Limestone
N	50	25	20	10

The porosity (n) is closely related to the void ratio which is widely Used is Soil mechanics.

$$e = \frac{V_v}{V_s}, \quad e = \frac{n}{1-n} \quad \text{or} \quad n = \frac{e}{1+e}$$

DARCY'S LAW :-

Darcy's law provides an accurate description of the flow of ground in almost all hydrogeologic environments.



إن العوامل المؤثرة على جريان المياه الجوفية يعبر عنها بقانون دراسي :-

$$Q = -KA \frac{dh}{dl}$$

Q: Quantity of water per unit of time

K: Coefficient of permeability (hydraulic Conductivity)

A: Cross sectional area at a right angle to the flow direction

$$\frac{dh}{dL} : \text{Hydraulic gradient (i)} \Rightarrow i = \frac{dh}{dL}$$

Derivation of Darcy's law

وجد دارسي بتجربته أن سرعة جريان الماء خلال وسط مسامي (Soil) تتناسب مع فرق الارتفاع Δh بين الماء الداخل والخارج من التربة . وأن ثابت التناسب هو (K) يسمى بمعامل النفاذية .

Coefficient of permeability (hydraulic Conductivity)

$$V \propto -\Delta h \quad \text{and} \quad V \propto \frac{1}{\Delta L}$$

$$\therefore V = -K \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

And Since:

$$Q = VA \quad (A = \text{Total area})$$

$$\therefore Q = -KA \left(\frac{dh}{dL} \right) \Rightarrow$$

$$\therefore Q = -KA \frac{h}{L} = -KAi$$

أن الإشارة السالبة في قانون دارسي $V = -K \frac{\Delta h}{\Delta L}$ تدل على إن اتجاه سرعة الجريان v هو باتجاه نقصان ارتفاع الماء (h الأصغر).
(-) indicates that V occurs in the direction of the decreasing head

Darcy Velocity and Seepage Velocity

From Darcy equation:

$$V = -K \frac{h}{L} \quad \text{or} \quad (v = -Ki)$$

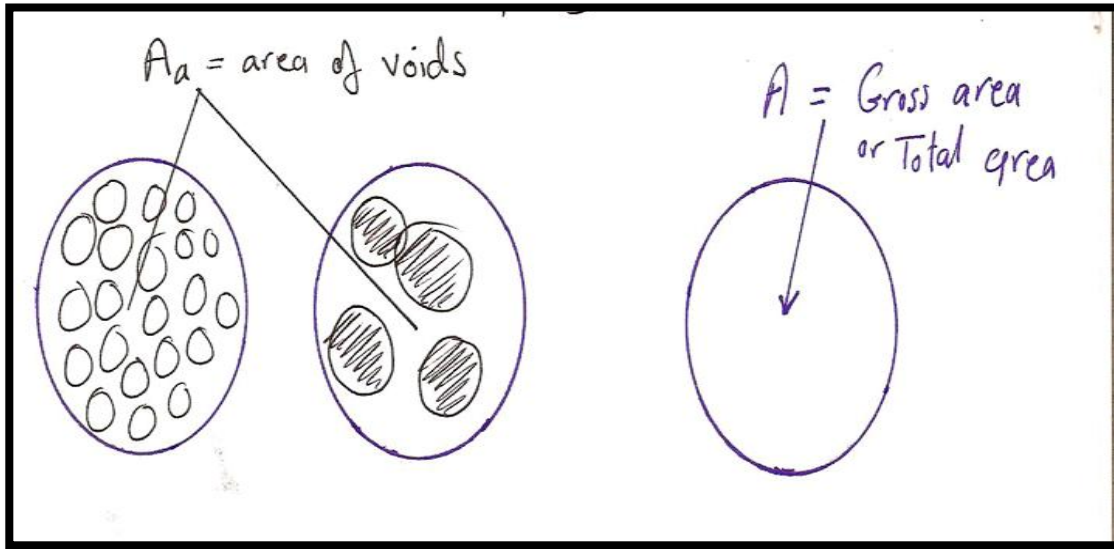
$$i = \frac{h}{L} \quad \text{Hydraulic Gradient}$$

K : Coefficient of permeability

V : Velocity of water $\frac{L}{T}$ (Darcy Velocity) (apparent Velocity)

$$i = \text{hydraulic gradient} = \frac{h}{L} \quad \text{Or} \quad \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

إن السرعة المحسوبة بقانون دارسي هي سرعة ظاهرية وليست حقيقة لكون جريان الماء في الوسط المسامي في تجربة دارسي يحدث فقط بين الفجوات في حيث أن v في قانون دارسي محسوبة على أساس مساحة المقطع الكلية (Gross area) كما مبين الشكل أدناه:



Darcy Velocity is a factitious Velocity Since it assumes that flow occurs across the entire cross – section of the Soil Sample. Flow actually takes place only through interconnected pore channels (voids).

∴ سرعة دارسي هي ليست السرعة الحقيقية للجريان وأن السرعة الحقيقية للجريان يمكن حسابها من سرعة دارسي وكما يلي:

From the Continuity equation ($Q = VA$)

$$Q = V_D A = \bar{V} A_v$$

Where :

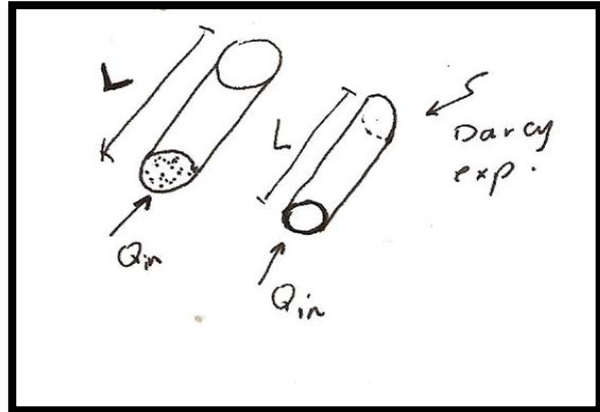
Q: Flow rate

A: Total area

A_v : area of Voids

\bar{V} : Seepage Velocity (actual Velocity)

V_D : Darcy Velocity



Therefore:
$$\bar{V} = V_D \left(\frac{A}{A_v} \right) * \text{Both Side } L$$

$$\therefore \bar{V} = V_D \left(\frac{V_T}{V_v} \right)$$

Where :

V_T = Total Volume of Soil

V_v = Void Volume

But
$$\frac{V_T}{V_v} = \frac{1}{n}$$

The Soil porosity $\Rightarrow \bar{V} = \frac{V_D}{n}$, \bar{V} : actual velocity Seepage Velocity

وهي السرعة الحقيقية التي تتحرك بها المياه الجوفية