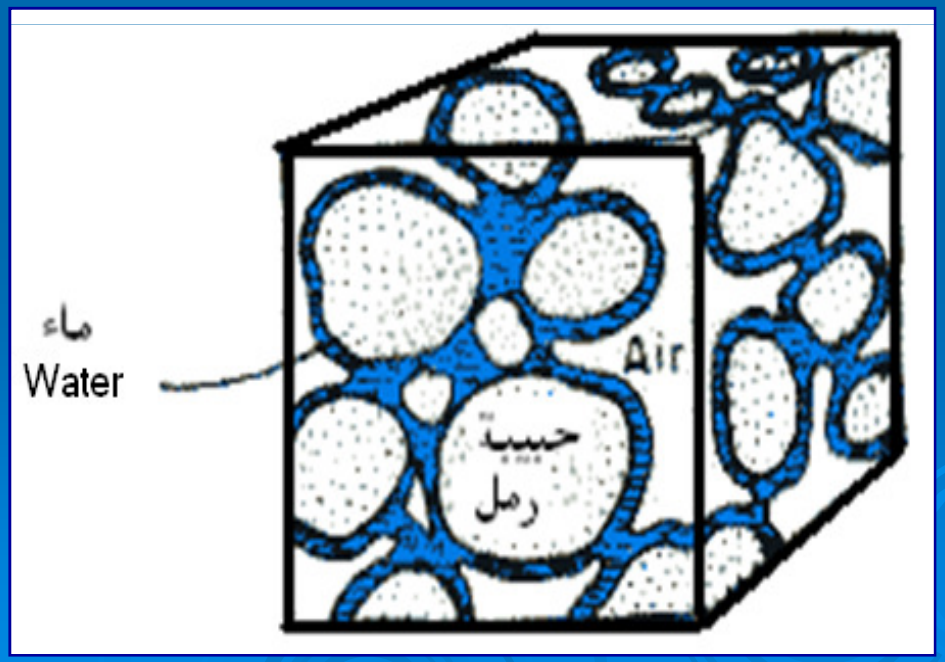
الباب العاشر

خصائص الخزانات الجوفية

د. هانى فرحات عبدالحميد

مقدمـــــة

تتميز الخزانات الجوفية بسعة تخزينية كبيرة نسبيا وبإنتاجية عالية بالإضافة إلى إمكانية التغذية والتجديد المستمر لها. من أهم الخصائص الهيدروليكية للصخور الحاملة للمياه هي قدرتها على تخزين ونقل المياه خلالها. هذه الخصائص تعرف إما على أساس وحدة مكعبة من مادة الصخر أو على أساس وحدة منشور من الخزان الجوفي.



أهم خصائص الخزانات الجوفية

١- المسامية Porosity

٢- التصريف النوعى Specific yield والاحتفاظ النوعى Specific retention

٣- معامل التوصيل الهيدروليكى Hydraulic conductivity

٤- الناقلية المائية Transmisivity

٥- التخزين النوعى Specific storage

٦- معامل التخزين Storage coefficient

١ ـ المسامية Porosity

هي خاصية احتواء التربة على الفراغات ويعبر عنها بالنسبة بين حجم الفراغات في التربة الى الحجم الكلي للتربة.

$n = [\text{Volume of voids } (V_v) / \text{Total volume } (V_T)]*100$

$= [1-(\rho_b/\rho_m)]*100$

n: Total porosity (%) المسامية الكلية

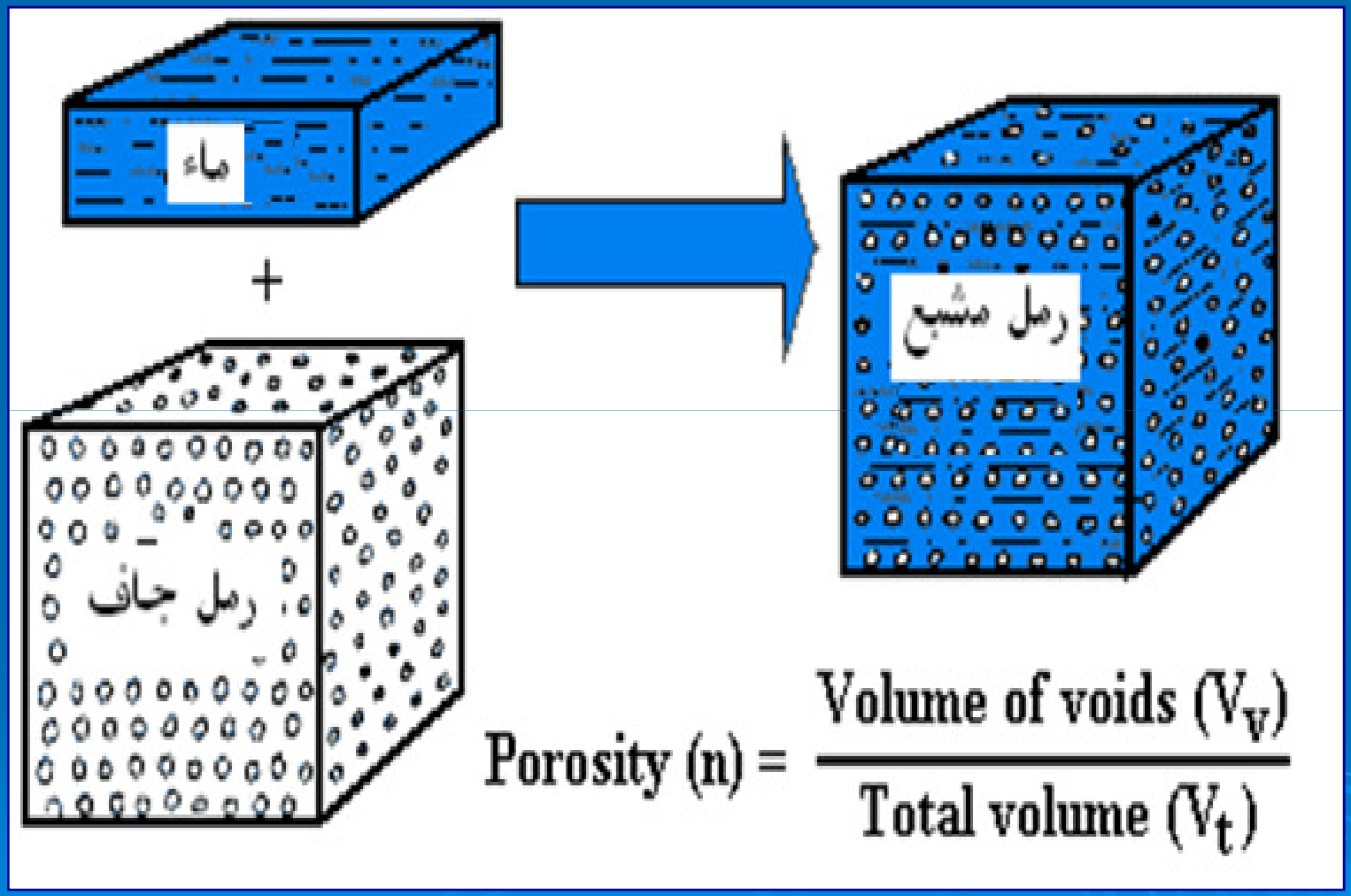
V_v: حجم الفراغ الكلي في العينة

وهو حجم المياه اللازمة لتشبع جميع الفراغات في العينة.

V_t: الحجم الكلي للعينة

ρ_m: كثافة الحبيبات

ρ_b: الكثافة الكلية للعينة



$$\text{Porosity } (n) = \frac{\text{Volume of voids } (V_v)}{\text{Total volume } (V_t)}$$

تعتمد المسامية على كل من:

١ - حجم الحبيبات: Particle Size

تتميز التربة ذات الحبيبات الدقيقة بالتجانس وبالتالي تتميز بنسب مسامية عالية.

٢ - ترتيب الحبيبات: Particle Packing

تعتمد مسامية التربة الرسوبية على حجم الفراغات بين الحبيبات الصلبة.

تتراوح المسامية من ٢٥% الى ٣٥% لمعظم انواع الخزانات الجوفية.

المسامية (Porosity) %	Soil Type	نوع التربة
٥٥ - ٤٥	Clay	١- طينية
٥٠ - ٤٠	Silt	٢- طمية
٤٠ - ٣٥	Medium to coarse sand	٣- خليط من الرمال الخشنة والمتوسطة
٤٠ - ٣٠	Uniform sand	٤- رمال منتظمة
٣٥ - ٣٠	Fine to medium sand	٥- خليط من الرمال الناعمة والمتوسطة
٤٠ - ٣٠	Gravel	٦- زلطية
٣٥ - ٢٠	Gravel and sand	٧- خليط من الرمال والزلط
٢٠ - ١٠	Sand stone	٨- حجر رملي
١٠ - ١	Shale	٩- صدفية
١٠ - ١	Limestone	١٠- حجر جيري

يمكن تعيين المسامية الكلية Porosity كالأتى:

١- يتم تجفيف عينة حجمها معلوم (V_T) فى فرن تجفيف درجة حرارته ١٠٥ ° م

٢- تغمر العينة فى حجم معلوم من الماء وتترك حتى يتم تشبعها

٣- حجم الفراغات = النقص فى حجم المياه = (V_v)

٤- يتم تعيين (n) قيمة من المعادلة

$$n = V_v / V_T$$

٢- التصريف النوعى Specific yiel والاحتفاظ النوعى Specific retention

* التصريف النوعي (Sy) Specific Yield:

- هو كمية المياه التي يتم صرفها أو التخلص منها بفعل الجاذبية.
- وهو عبارة عن النسبة المئوية بين حجم المياه الذي يمكن تصريفه من العينة بفعل الجاذبية من عينة مشبعة أساسا بالمياه الى الحجم الكلي للعينة.
- وهو نسبة الفراغات التي يمكن أن تتحرك خلالها المياه الجوفية الى الحجم الكلي للعينة وتؤخذ كنسبة مئوية. (قيمته من ٠.١ – ٠.٣)
- يسمى التصريف النوعي بمسامية الصرف أو المسامية الفعالة: (Effective porosity, ne).
- وبالتالي المسامية الفعالة أقل دائما من المسامية الكلية.

$$n_e = S_y = (V_d/V_T) * 100$$

ne: % المسامية الفعالة

VT: الحجم الكلي للعينة

Vd: حجم المياه المنصرفة بفعل الجاذبية من العينة المشبعة

يمكن تعيين المسامية الفعالة (Effective Porosity) كالأتى:

١- يتم تجفيف عينة كما سبق ويحسب وزنها وهى جافة (W_0)

٢- تغمر العينة فى حجم معلوم من الماء وتترك حتى تتشبع ويحسب وزنها (W_s)

٣- تترك العينة لتتخلص من المياه بالجاذبية ثم يتم وزن العينة (W_r)

٤- يتم حساب المسامية الفعالة (Effective porosity, ne) من المعادلة:

$$n_e = [(W_s-W_r)/(W_s-W_0)] *(V_v/V_T)$$

$$= (V_d/V_v)(V_v/V_T)$$

$$= (V_d/V_T)*100$$

* الاحتفاظ النوعي Specific Retention (Sr):

- هو ذلك الجزء الممسوك بحبيبات التربة والذي يغلف سطحها في صورة طبقة رقيقة وكذلك الموجود في فراغات التربة الدقيقة جدا ويسمى بالمسك أو الاحتفاظ النوعى.
- الاحتفاظ النوعي يعطي مؤشرا لكمية المياه التي تبقى في التربة بعد صرفها بفعل الجاذبية.

** يعرف الاحتفاظ النوعي بأنه النسبة بين حجم الفراغات التي تحتلها المياه الممسوكة بحبيبات التربة الى الحجم الكلي.

$$Sr = (Vr/VT) * 100$$

VT: الحجم الكلي للعينة

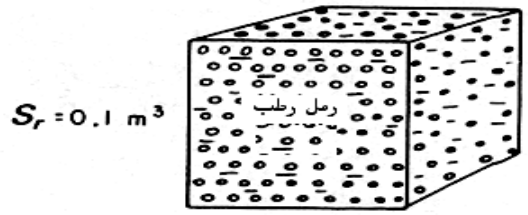
Sr: الاحتفاظ النوعي

Vr: حجم المياه الممسوكة بحبيبات التربة ولا تصرف بفعل الجاذبية

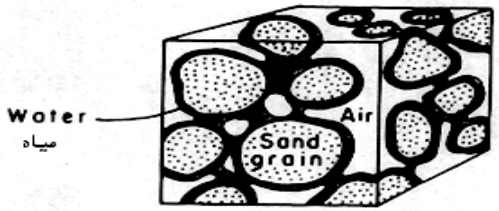
* المسامية الكلية Total Porosity (n):

هي مجموع التصريف النوعي والاحتفاظ النوعي

$$n = Sy + Sr$$

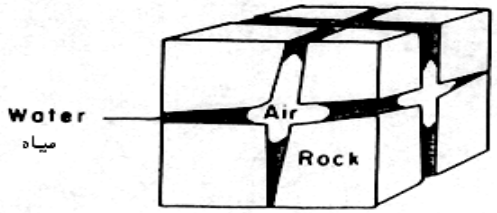


$$n = S_y + S_r = \frac{0.2\ m^3}{1\ m^3} + \frac{0.1\ m^3}{1\ m^3} = 0.30$$



مادة حبيبية

تحتفظ التربة بالمياه في صورة طبقة رقيقة من المياه تحيط بسطح الحبيبات وفي الراغات الشعرية بعد صرف المياه بالجاذبية



صخور مهشمة

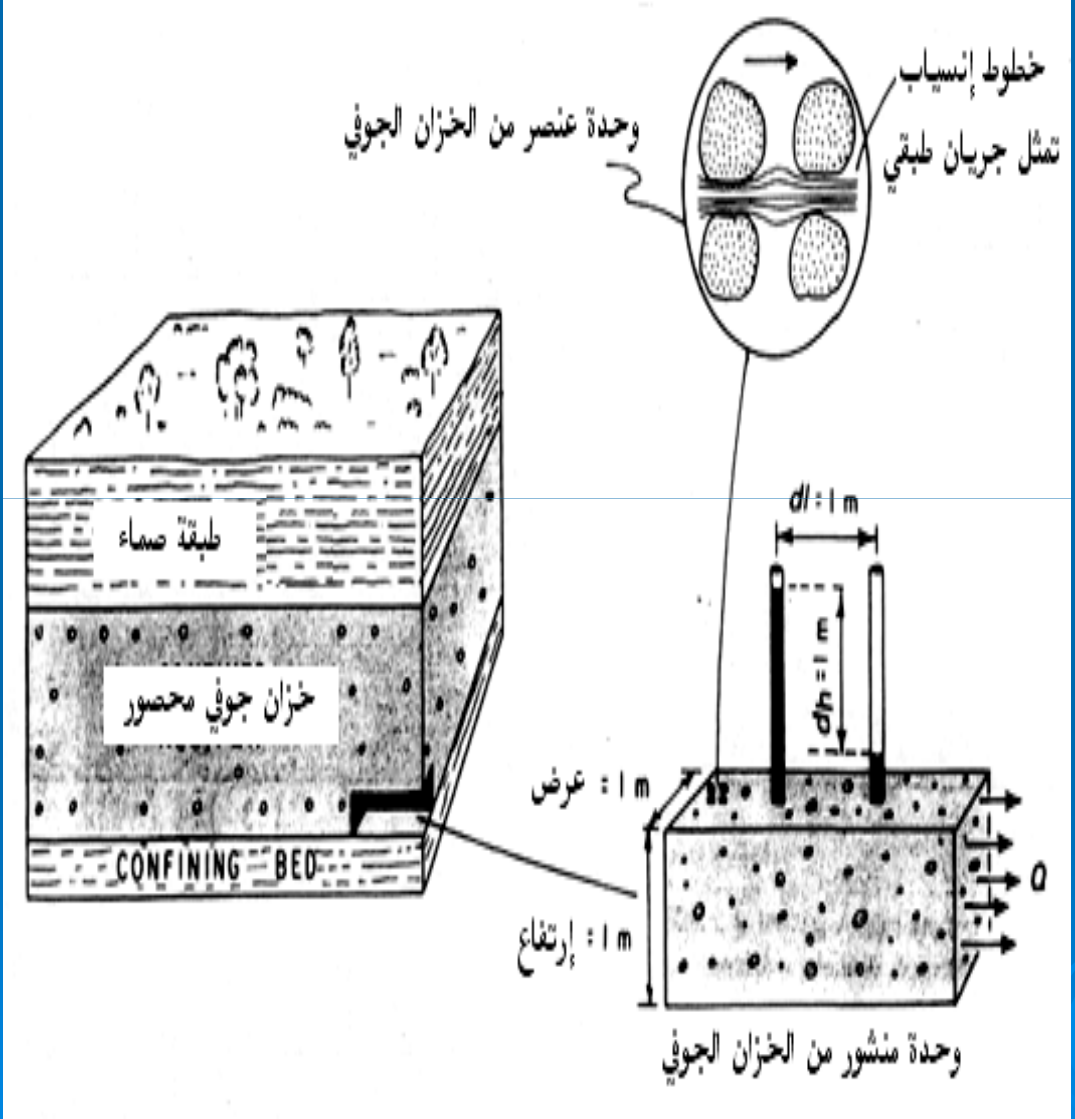
٣- معامل التوصيل الهيدروليكى Hydraulic conductivity

معادلة دارسى:

$$Q = k*A*(dh/dL) = k*A*I$$

Q: حجم المياه لكل وحدة الزمن
A: مساحة مقطع الجريان العمودي على اتجاه الجريان
i: الميل الهيدروليكي
k: معامل التوصيل الهيدروليكي أوالمستوصلة الهيدروليكية(م/يوم)

$$k=Q/[A*(dh/dL)] =(Q*dL)/(A*dh)$$


وحدة عنصر من الخزان الجوفي
خطوط إنسياب
تمثل جريان طبقي
طبقة صماء
خزان جوفي محصور
CONFINING BED
dl : 1 m
dh = 1 m
عرض : 1 m
إرتفاع : 1 m
Q
وحدة منشور من الخزان الجوفي

* يعتمد معامل التوصيل الهيدروليكي على الخصائص الديناميكية للمياه مثل معامل اللزوجة الكينماتيكي والكثافة ومدى مقاومة مجال الجذب في طبقة الصخر.

* نظرا لأن Q تتناسب طرديا مع الميل الهيدروليكى (i) فيمكن القول بأن الجريان الجوفي هو جريان طبقي laminar flow. بمعنى أن جزيئات المياه تتبع في حركتها مسارات محددة ولا تختلط مع جزيئات المسارات المجاورة.

* تختلف قيمة معامل التوصيل الهيدروليكي حسب نوع الصخور المكونة للخزان الجوفي، وتكون قيمته كبيرة في الرمل والحصى نظرا لأن المسامية الفعالة تكون كبيرة، بينما تكون قيمته صغيرة في الطين والطمي لأن المسامية الفعالة تكون صغيرة.

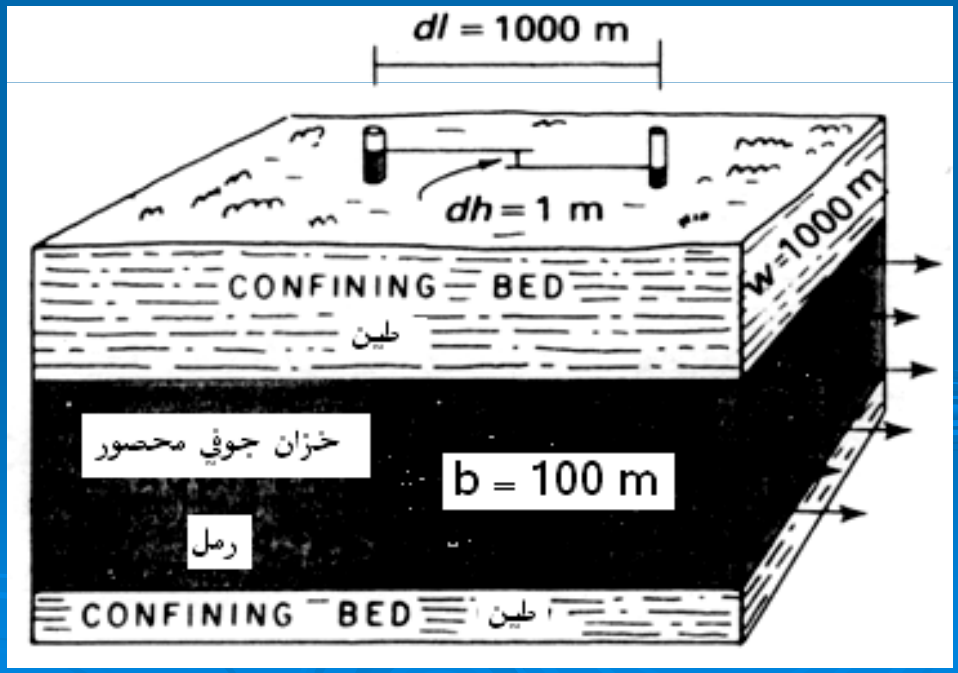
٤ـ الناقلية المائية Transmisivity

- تعرف الناقلية المائية (T) لخزان جوفي بقدرته على نقل مياه ذات لزوجة كينماتيكية سائدة خلاله.
- الناقلية المائية لأي خزان جوفي محصور هي حاصل ضرب معامل التوصيل الهيدروليكي للخزان الجوفي في السمك المشبع من الخزان.

T= k * b

T: الناقلية المائية (م٢/ثانية)
k: معامل التوصيل الهيدروليكي
b: سمك الخزان الجوفي

Q = T.W.(dh/dL)
T = (Q/W)/(dh/dL)

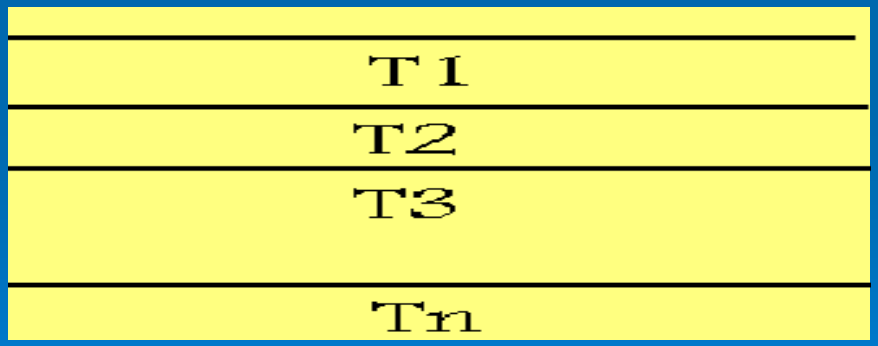


$$Q = A*i*(T/b)$$

باعتبار خزان عرضه w وسمكه b

$$Q = w*b*i*(T/b) = w*T*(dh/dL)$$

- يمكن تعريف الناقلية المائية لخزان جوفي بأنه معدل الجريان الذي يمكن أن ينتقل خلال خزان جوفي سمكه المشبع b تحت تأثير ميل هيدروليكي يساوي الوحدة عبر مقطع عرضه الوحدة على كامل السمك المشبع b.
- اذا كان الخزان الجوفي يتكون من عدة طبقات فان الناقلية المائية لهذا الخزان تساوي مجموع الناقليات المائية للطبقات.



$$T = \sum T_i = T_1 + T_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + T_n$$

٥- التخزين النوعى Specific storage

- يعرف التخزين النوعي لخزان جوفي محصور بأنه حجم المياه الذي تعطيه وحدة الحجوم من الخزان الجوفي من مخزونها تحت تأثير كل انخفاض في الضاغط الهيدروليكي مقداره الوحدة.

Ss = [Vw/(Δh* وحدة الحجوم من الخزان الجوفي)]

Vw: حجم المياه التي يمكن تصريفها من الخزان الجوفي

Δh: وحدة التغير في الضاغط

- وحدات التخزين النوعي (متر$^{-1}$) وقيمتها صغيرة جدا وتتراوح بين ٠.٠٠٠١ لكل متر من سمك الخزان أو أقل.

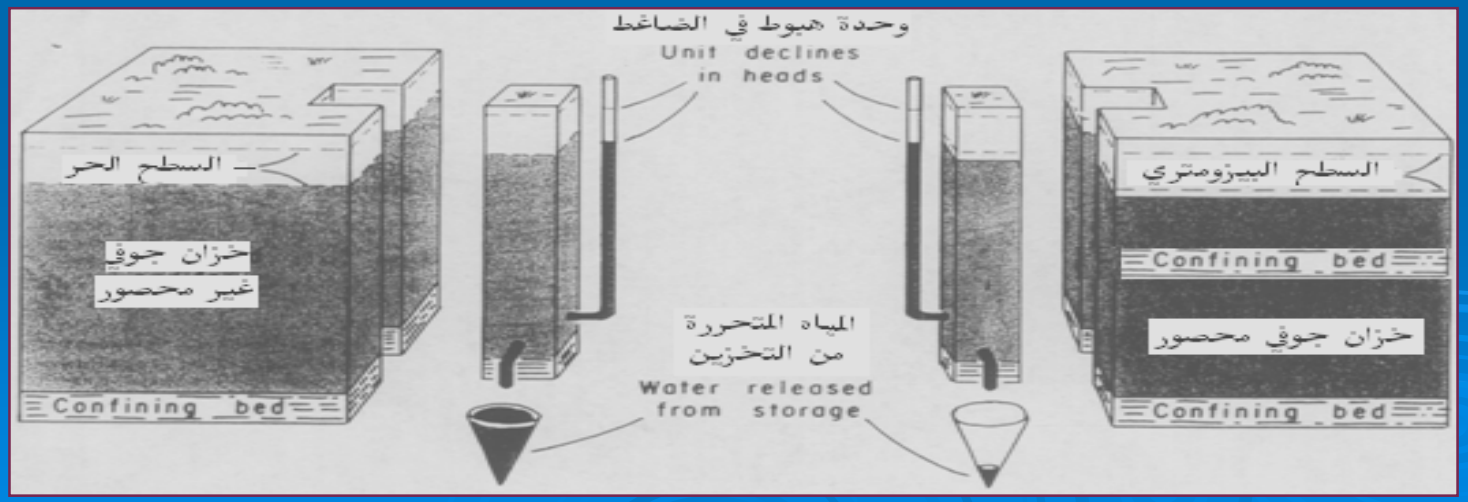
٦ـ معامل التخزين Storage coefficient

- يعرف معامل التخزين (S) بانه حجم المياه الذي يمكن الحصول عليه من الخزان أو يمكن تخزينه في الخزان الجوفي لكل وحدة مساحة من الخزان لكل وحدة تغير في الضاغط الهيدروليكي.

S = [Vw/(Δh* وحدة المساحة من الخزان الجوفي)]

Vw: حجم المياه

Δh: وحدة التغير في الضاغط



- معامل التخزين ليس له أبعاد.
- تعتمد قيمة معامل التخزين على ما اذا كان الخزان الجوفي محصور أو غير محصور.

* في الخزان الجوفي المحصور:

$$S = Ss * b$$

b: سمك الخزان الجوفي
Ss: التخزين النوعي

- تتراوح قيمة معامل التخزين للخزانات الجوفية من $١٠^{-٥}$ الى $١٠^{-٣}$.

* في الخزان الجوفي الغير محصور:

- المصدر السائد للمياه هو من الصرف بفعل الجاذبية خلال طبقات الخزان الجوفي والذي على أثره يحدث الهبوط في منسوب الماء الجوفي.
- حجم المياه المتحررة من الخزانات الجوفية الحرة نتيجة تمدد المياه وكذلك نتيجة تضاغط الخزان تعد ذات قيمة مهملة لذا في مثل هذه الخزانات، فان قيمة معامل التخزين يكون مساويا لقيمة التصريف النوعي، وتتراوح قيمته من ٠.١ الى ٠.٣

$$S = Sy$$

** حجم المياه الذي يصرف أو يسحب من خزان جوفي يمكن حسابه من المعادلة الآتية:

$$Vw = S*A*\Delta h$$

مثال (١):

احسب حجم المياه المفقودة من خزان جوفي غير محصور مساحته (١٢٣ كم^{٢}) ومعامل التخزين له (٠.١٣) نتيجة حدوث هبوط في منسوب المياه بمقدار (٠.٢٣ متر).

الحل:

$$V_w = S*A*\Delta H$$

$$= 0.13 * 123 * 10^6 * 0.23 = 3.68 * 10^6\ m^3$$

مثال (٢):

احسب حجم المياه المفقودة من خزان جوفي محصور مساحته (١٢٣ كم^{٢}) ومعامل التخزين له (٠.٠٠٠٥) نتيجة حدوث هبوط في منسوب المياه بمقدار (٠.٢٣ متر).

الحل:

$$V_w = S*A*\Delta H$$

$$= 0.0005 * 123 * 10^6 * 0.23 = 1.41 * 10^4\ m^3$$

Thank you