المحاضرة الثالثة

التكوينات الحاملة للمياه

تتواجد معظم المياه الجوفية في الرسوبيات غير المتصلبة كالحصى والرمل حيث ان المسامية والنفاذية تكون عالية فيها.

تتراوح مسامية المواد غير المتصلبة ما بين 25% - 65% وكما موضح :

ترسبات الطين 45% - 55%

ترسبات الرمل 35% - 40%

ترسبات الحصى 30% - 40%

ترسبات الرمل والحصى 20% - 35%

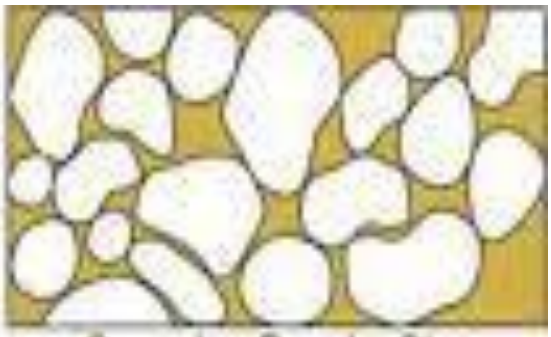
الصخور الرملية 10% - 20%

الطين الصفائحي 1% - 10%

الصخور الكلسية 1% - 10%

وبصورة عامة تعتبر المسامية جيدة اذا كانت اعلى من 20% ومتوسطة اذا كانت 5% - 20% وقليلة اذا كانت اقل من 5%

Gravel
well sorted, high porosity



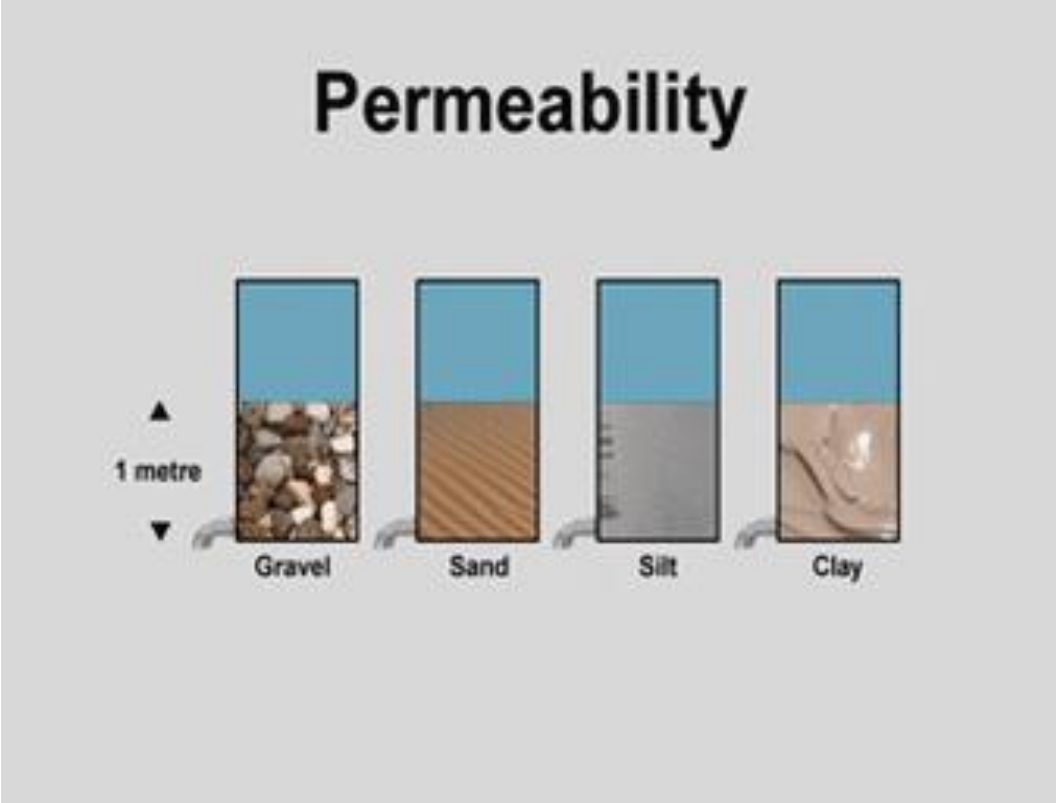
Gravel - Sand - Clay
poorly sorted, low porosity

Cemented Sandstone
low porosity

Clay
high porosity

Limestone
low porosity

Shale
low porosity



الرواسب Sediments

يفضل البحث عن المياه الجوفية في الرواسب للاسباب التالية :

1- سهولة الحفر

2- غالبا ماتوجد هذه الرواسب في الاودية حيث يكون مستوى الماء الجوفي قريب من السطح

3- تتميز بعطاء نوعي عالي مقارنة بغيرها من المواد

4- النفاذية في هذه الرواسب مرتفعة عن غيرها بأستثناء الصخور الجيرية المحتوية على تجاويف

وتقسم الرواسب التي تتواجد فيها المياه الجوفية بصورة عامة الى اربعة اقسام :

1- رواسب الجداول او مجاري المياه :

تتكون من مواد غرينية تمتد تحت الجداول والانهار وكذلك في السهول الفيضية المجاورة.

ان المواد التي تعمل كخزانات للمياه الجوفية في هذا النوع من الطبقات هي الرمل والحصى وتكون مياهها ذات كميات كبيرة بسبب استمرار ترشيح مياه الانهار والجداول الى هذه الطبقات. وفي الوديان الكبيرة التي يتغير فيها مجرى النهر تترسب هذه المواد في السهول الفيضية (مثل حوض نهر دجلة) والتي تتميز بحجمها المتدرج.

2- الوديان المطمورة :

تشبه الحالة السابقة من ناحية النفاذية وكمية المياه المخزونة الا ان اعادة الملئ (Recharge) وكمية المياه المستخرجة تكون اقل

3- السهول :

تشكل الحصى والرمل اهم الرسوبيات الحاملة للمياه الجوفية في المناطق السهلية وهذه المواد تمتاز بمساميتها ونفاذيتها العالية ولهذا في تمثل خزانات جيدة

4- الوديان الجبلية :

تحتوي على كميات هائلة من المواد غير المتصلبة والمتكونة نتيجة عوامل التجوية والتعرية الحاصلة على الجبال المجاورة وتتغذى بالمياه من الجداول الجبلية

الصخور الرسوبية :

تختلف كمية المياه الجوفية المخزونة بأختلاف نوع الصخور الرسوبية ومن اهم انواع الصخور الرسوبية الخازنة للمياه هي الحجر الرملي Sandstone والحجر الجيري Limestone وتعتمد كمية المياه الجوفية في هذه الصخور على درجة تماسكها وكثافتها ومساميتها ونفاذيتها .

ويعمل حامض الكاربونيك المخفف الموجود في الطبيعة نتيجة ذوبان ثاني اوكسيد الكاربون في مياه الامطار على اذابة صخور الحجر الجيري وتكوين قنوات وفجوات وكهوف كبيرة تساعد على حركة المياه الجوفية .

اما بالنسبة لصخور الجبس .CaSo4.2H2o والحجر الطيني Claystone والحجر الجيري الصفائحي Shale فهي تمثل صخور غير نفاذة وتعمل عادة كحواجز تتجمع فوقها المياه الجوفية.

الصخور النارية والمتحولة :

تمتاز هذه الصخور بمساميتها الواطئة او المعدومة (اقل من 1%) ولهذا فهي لاتصلح كخزانات للمياه الجوفية (مع بعض الاستثناءات).

فمثلاً تتراوح مسامية الصخور النارية السطحية بين 1% (لصخور البازلت السميكة Basalt) الى 85% (لصخرة البيوس Pumice) بينما تتراوح بين 1-10% في الصخور النارية المتواجدة على شكل سدود افقية وعمودية.

اذا بصورة عامة مسامية هذه الصخور قليلة وبالتالي تكون نفاذيتها قليلة ايضا, الا ان وجود التشققات والكسور والصدوع والفوالق يرفع نفاذيتها كثيرا .

كم يجهز البئر من الماء؟؟

تقريبا نصف الابار المحفورة في الصخور الصلدة تضخ 10 كالون/دقيقة او اقل (يكفي للأستخدام المنزلي) اما الابار المحفورة في الصخور غير الصلدة (تحتوي على شقوق) فمنها تضخ عدة مئات من الكالونات في الدقيقة, في حال توفر الشروط الجيدة مثل :

1- كمية كبيرة من التشققات في الصخرة

2- ترابط جيد بين التشققات

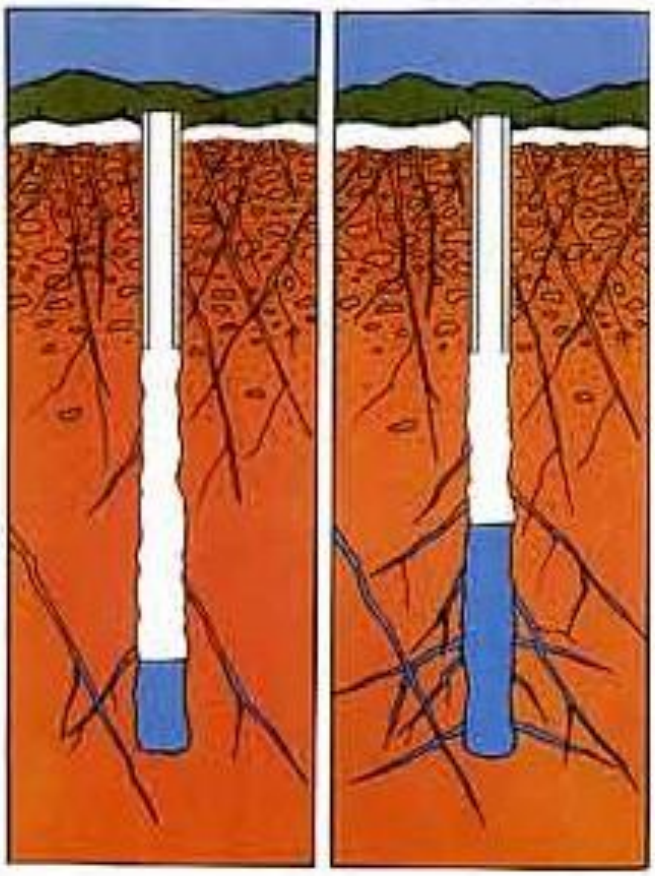
3- ان تكون التشققات واسعة وكبيرة (لاتحتوي على ترسبات)

4- توفر مصدر مستمر لأعادة الملئ Recharge

5- وجود خزين كبير من المياه

6- صيانة جيدة للبئر

وعند عدم توفر هذه الشروط يتعرض البئر للجفاف



كم تخزن الصخور الصلبة من المياه؟؟

تقدر كمية المياه المخزونة في الصخور الصلبة ذات تشققات موجودة عند السطح بحوالي 2% من حجم الصخرة وتقل هذه النسبة مع العمق بسبب قلة وصغر وتباعد التشققات.

بينما تقدر حجم المياه المخزونة في الترسبات النهرية Alluvial Sediments بحوالي 10-25% من حجم هذه الترسبات.

الانتاج الآمن Safe yield:

يمثل المعدل الاقصى للسحب من المياه الجوفية في حوض ما والذي يمكن القيام به دون ان يتسبب في نتائج غير مرغوبة وقد تشتمل على :

1- انخفاض دائم في مستوى المياه الجوفية

2- قد يصل منحني الهبوط اقصى مايمكن مؤديا الى عدم كفاءة تشغيل البئر

3- تداخل الماء المالح وخاصاً في التكوينات الساحلية

تذبذب مستوى المياه الجوفية :

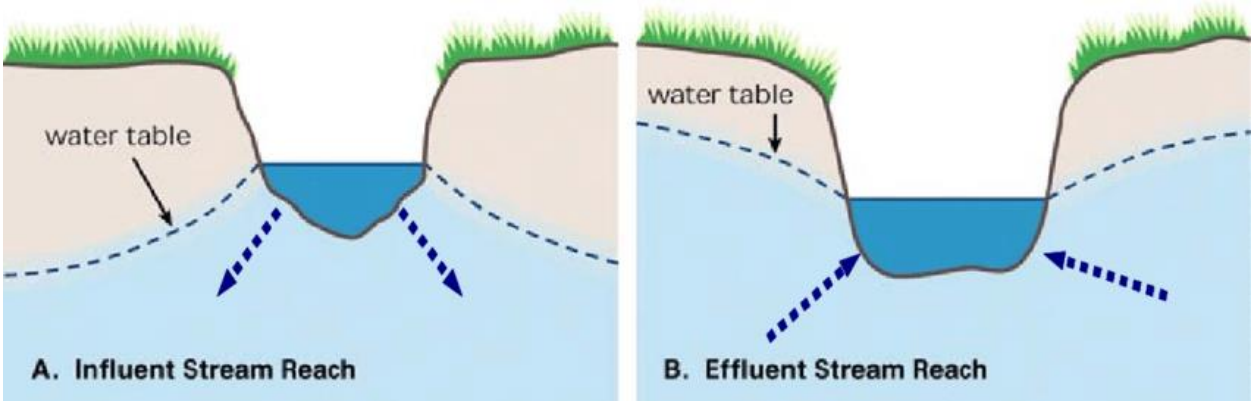
هنالك عدة عوامل تؤدي الى حدوث هذه الظاهرة منها :

1- تصاريف الانهار:

أ- هناك بعض الانهار التي تعتمد في تغذيتها على المياه الجوفية Effluent stream

ب- بينما تغذي بعض الانهار الخزان الجوفي Iffluent stream

ت- هناك بعض الانهار التي تجمع بين الحالتين



2- ظاهرة التبخر والنتح :

تتبخر المياه الجوفية عندما تكون قريبة من السطح, الا ان هذا التأثير ينعدم عند عمق متر واحد اما الفقدان عن طريق النتح فيحصل عندما تمتد جذور النباتات الى منطقة التشبع وبهذا تكون معتمدة على المياه الجوفية.

3- الضغط الجوي والرياح والامطار

4- عوامل اخرى مثل الهزات الارضية , المدوالجزر, وعوامل غير طبيعية مثل حركة القطارات.

حركة المياه الجوفية

حركة المياه الجوفية Ground Water Movement :

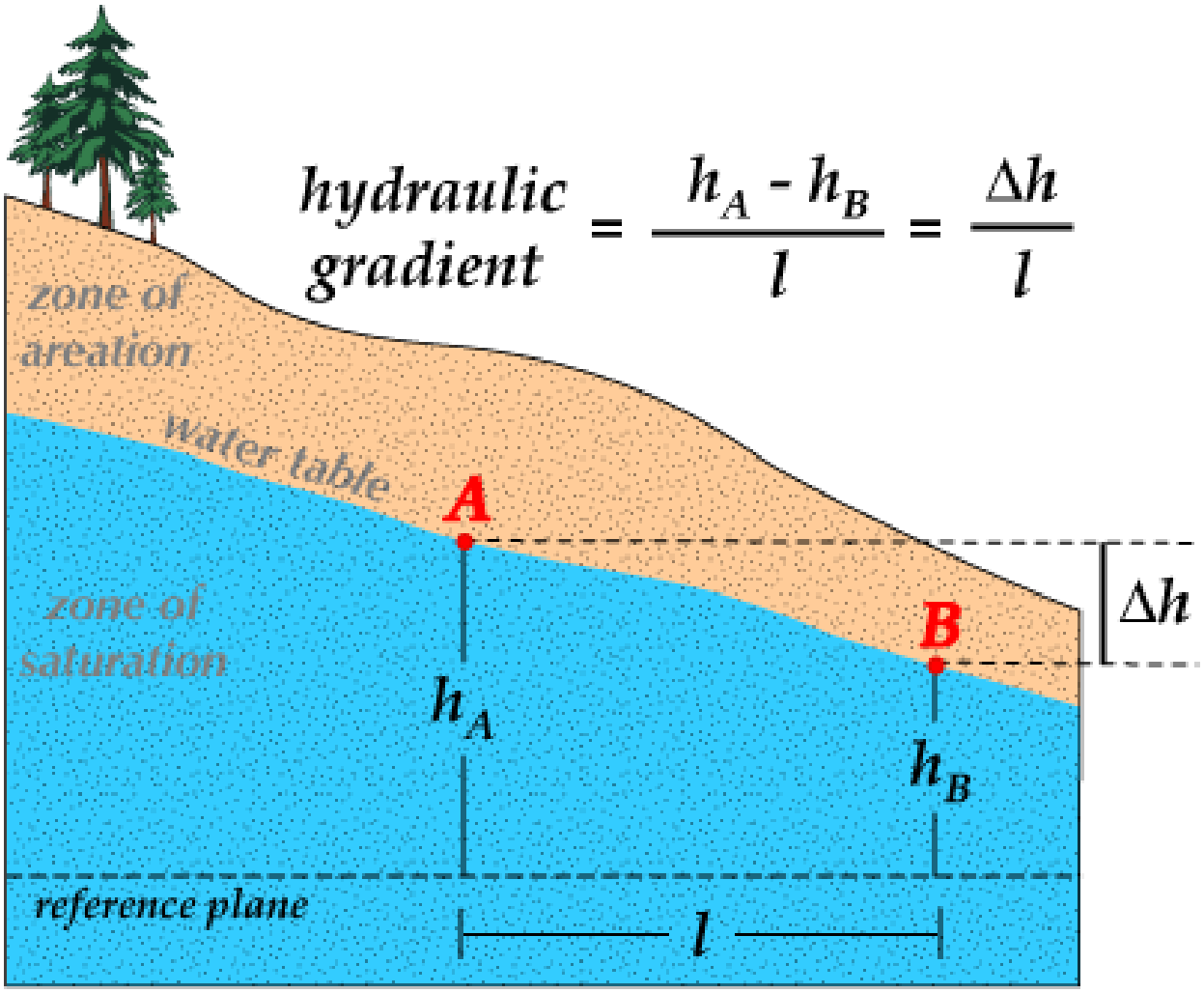
تكون حركة المياه الجوفية بشكل عام ابطئ بكثير من حركة المياه السطحية كون ان هذه المياه تتحرك ضمن المسامات والفراغات المحصورة بين الحبيبات المكونة للصخور الرسوبية المتصلبة أو الرواسب غير المتصلبة أو من خلال الشقوق والفواصل والكسور والفوالق وأسطح الطبقات، اذ تكون حركة هذه المياه من المستويات العالية باتجاه المستويات الاوطئ للمياه الجوفية، والتي تعتمد بشكل اساسي على مقدار الميل الهيدروليكي وعلى الليثولوجية للتكوين المائي والمسامية للصخور والنفاذية ، إذ عرف العالم دارسي الميل الهيدروليكي على انه الفرق في مستوى المياه الجوفية بين نقطة واخرى مقسوم على المسافة بين النقطتين .

$$I = \Delta H / L$$

I = الميل الهيدروليكي

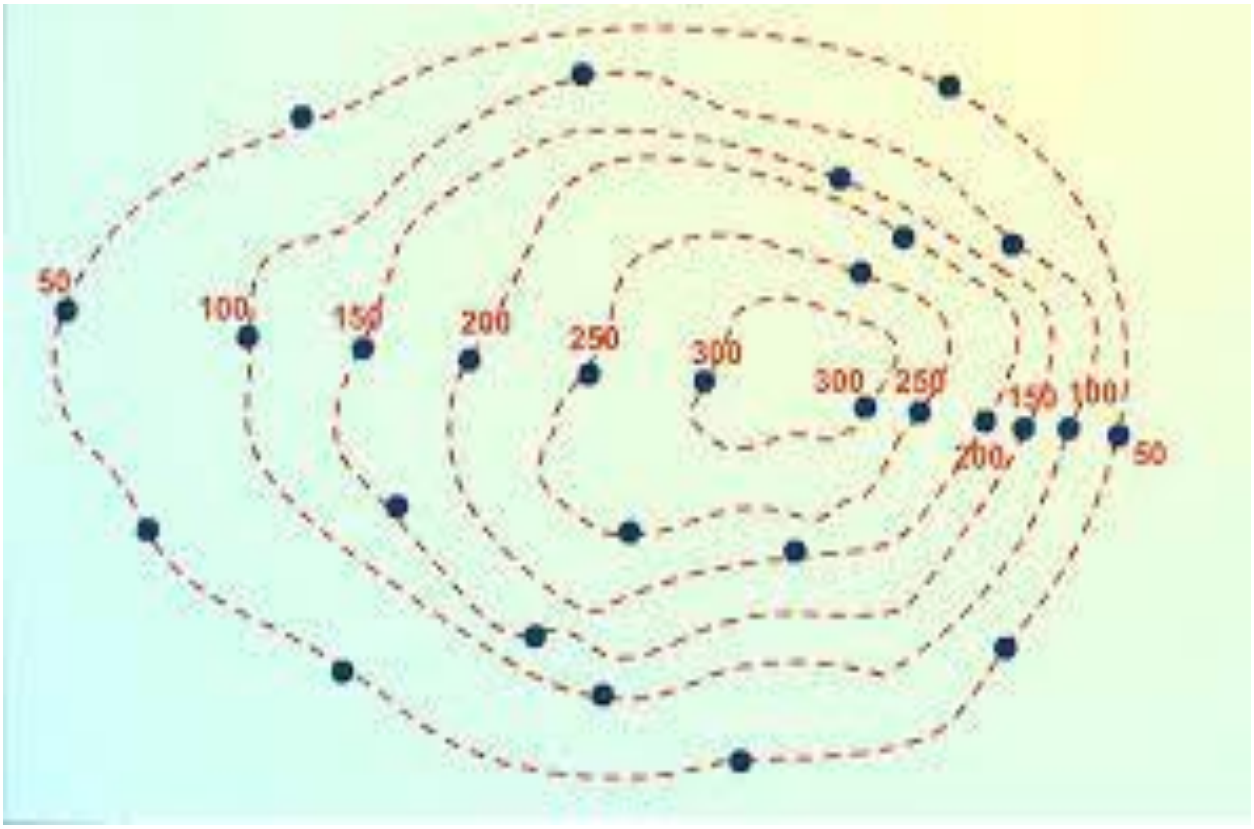
ΔH = الفرق بين مستوى الماء بين نقطتين (m)

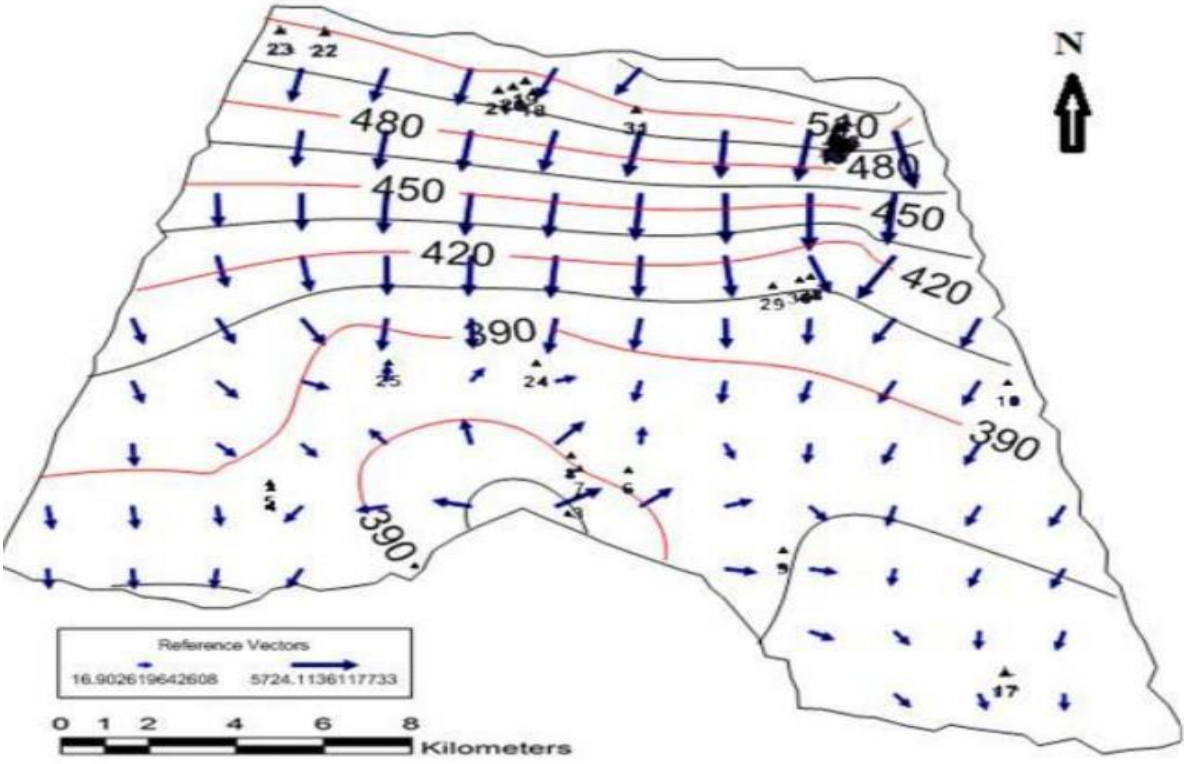
L = المسافة بين النقطتين (m)

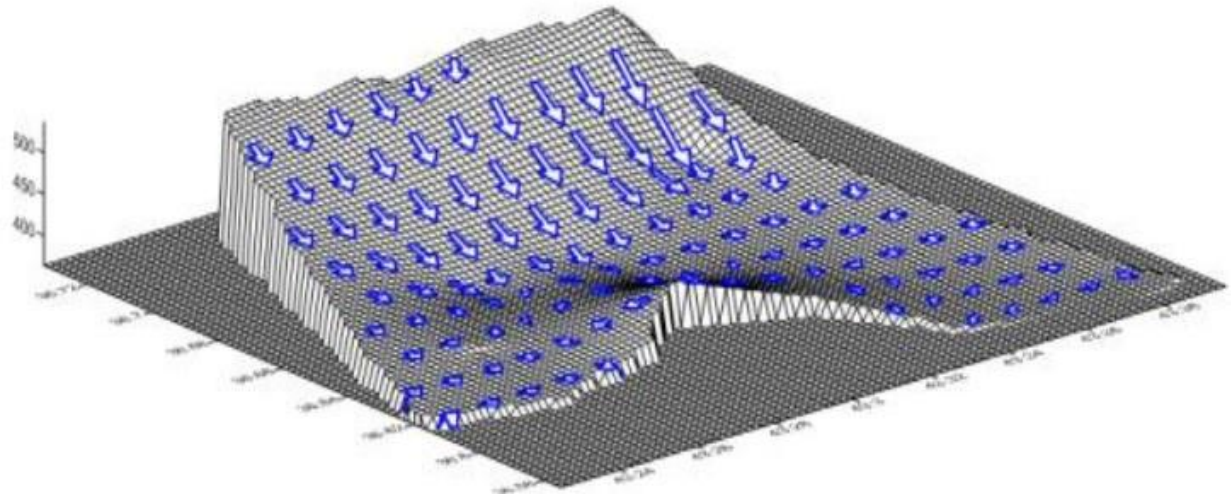


h = hydraulic head

لتحديد اتجاه حركة المياه الجوفية يم رسم خارطة كنتورية لخطوط تساوي الجهد (Equipotential Lines) لأرتفاع مستوى المياه الجوفية عن مستوى سطح البحر وكذلك رسم خطوط الجريان التي توضح اتجاه حركة المياه الجوفية التي تكون متعامدة على خطوط تساوي الجهد التي من خلالها تم تحديد اتجاه حركة المياه الجوفية، اذ يمكن ملاحظة ان حركة الجريان تكون متوافقة مع الميل الطوبغرافي لسطح الارض والتي تتمثل بشكل عام من المناطق المرتفعة بأتجاه المناطق المنخفضة نحو المستويات الادنى ضمن الفجوات او الشقوق والفواصل الموجودة ضمن صخور المكمن.


50
100
150
200
250
300
300
250
150
100
200
50


N
480
450
420
390
390
Reference Vectors
16.902619642608
5724.1136117733
0 1 2 4 6 8
Kilometers



تعتمد حركة المياه الجوفية وسرعتها بصورة اساسية على نفاذية الصخور والميل (الانحدار) الهيدروليكي حيث تخضع دراسة حركة سوائل القشرة الأرضية لقوانين ومقتضيات مختلفة، ويعود ذلك إلى اختلاف الأوساط تحت هذه القشرة، وتبين أن الأوساط التي تتحرك فيها المياه الجوفية هي أوساط مسامية ذات شقوق، وهي غير متشابهة وغير متجانسة لذلك فإن نوع الجريان وشكله وسرعته تتغير حسب الوسط.

كما تكون حركة المياه الجوفية إما مستمرة وإما غير مستمرة، إلا أن السرعة الموجهة للجريان لا تتغير مع الزمن، ويسمى هذا الجريان بالجريان المنتظم، غير أنه لا يتوافر في الطبيعة. ويمكن تقسيم السريان الى عدة أنواع حسب العامل الذي يبنى عليه ذلك التقسيم:

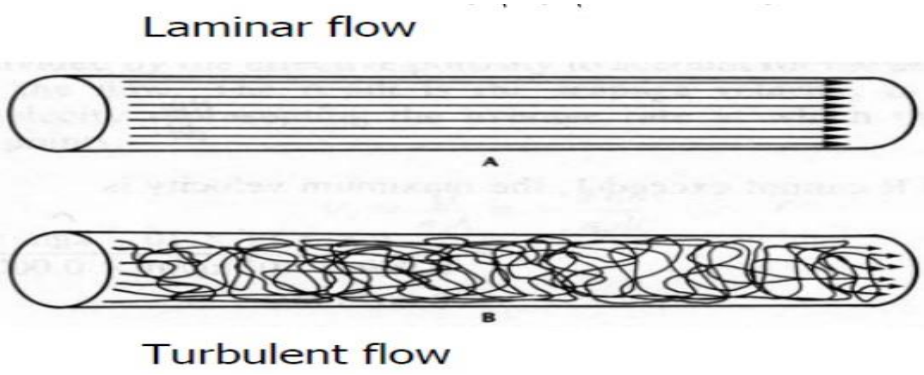
1- بحسب البيئة التي يجري فيها الماء (نظام الجريان الصفائحي أو المضطرب)

2- بناء على عامل الزمن (نظام الجريان المسقر أو غير المستقر)

أولا- بناء على البيئة التي يجري فيها الماء الجوفي يقسم السريان الى:

1- سريان صفائحي (خطي) Laminar Flow: الماء يسير في خطوط مستقيمة ومتوازية وغير متداخلة مع بعضها البعض وسرعة الماء بطيئة ويحدث هذا السريان في تكاوين جيولوجية مسامية دقيقة الى متوسطة التحبب

2- سريان مضطرب (عشوائي) Turbulent Flow: الماء يسير في خطوط متعرجة وجزيئات الماء تتحرك في اتجاهات متداخلة وسرعة الجريان كبيرة ويحدث هذا السريان في بيئات مسامية كبيرة التحبب وفي الشقوق وفجوات الاذابة.



ثانيا: بناء على عامل الزمن يقسم السريان الى:

1- سريان مستقر (ثابت) Steady -State Flow: خصائص السريان ثابتة بالنسبة للزمن بحيث لا تتغير سرعة الماء عند نقطة معينة في المتكون المائي ولا تتغير معدلات التصريف ومستويات المياه في الآبار ثابتة.

2- سريان غير مستقر (غير ثابت) Unsteady –State Flow: تتغير سرعة سريان الماء الجوفي مع الزمن ، وكذلك تتغير معدلات التصريف ومستويات المياه في الآبار.

تعاريف ومصطلحات اساسية

1- **مستوى الماء الثابت Static water level** :المستوى الذي يقف عمده الماء في حالة سكون البئر (عدم سحب الماء سواء بالضخ أو بالتدفق الذاتي)،ويعبر عنه بالمسافة من سطح الأرض الى مستوى الماء الي الآبار بالمتر.

2- **مستوى الماء الديناميكي Dynamic water level** : هو المستوى الذي يقف عنده الماء اثناء تشغيل المضخة ويسمى ايضا بالمستوى الديناميكي.

3- **مستوى الهبوط Drawdown** : هو مدى انخفاض مستوى الماء الجوفي اثناء ضخ البئر ويساوي الفرق بين المستوى الثابت والمتحرك.

4- **معدل تصريف البئر Rate of discharge** : حجم الماء الذي يتم ضخه من البئر في وحدة الزمن (وحدته وحدة حجم على الزمن)

5- **نصف قطر التأثير Radius of influence** : المسافة الفاصلة بين مركز البئر وأبعد نقطة يصل اليها تأثير ضخ البئر.

6- **التوصيلية الهيدروليكية Hydraulic conductivity (K)** :

تعرف على أنها مقدار الجريان خلال مقطع عرضي من التكوين المائي مساحته ($1m^2$) تحت ميل هيدروليكي يساوي (1m/1m) عند درجة الحرارة السائدة ، ويمكن تمثيله بالمعادلة الآتية:

$$K = \frac{V}{dh/dI}$$

إذ إن:

K : التوصيلة الهيدروليكية (m/day).

V: سرعة حركة المياه الجوفية (m/day).

dh/dl: الميل الهيدروليكي.

7- معامل الناقلية المائية Transmissivity coefficient (T)

يعرف معامل الناقلية على انه مقدار جريان المياه الجوفية خلال مقطع عمودي من الخزان له مساحة ($1m^2$) عند درجة الحرارة السائدة، ويعبر عن الناقلية بوحدة (m^2/day)، وهو يمثل قابلية المكمن على إمرار المياه خلال سمكه المشبع في وحدة زمنية، كما في المعادلة الآتية :

$$T = K \times b$$

إذ تمثل:

T: معامل الناقلية المائية (m^2/day)

K: معامل النفاذية (m/day)

b: السمك المشبع (m)

8- معامل الخزن Storage coefficient (Sc.):

هو حجم الماء الذي يحرره التكوين المائي لكل وحدة تغير في حركة عمود الماء العمودية على ذلك السطح ، اي انه كمية الماء التي يمكن سحبها أو إضافتها إلى الخزين الجوفي لكل وحدة مساحة سطحية من التكوين المائي ولكل وحدة ارتفاع أو انخفاض في منسوب المائي الجوفي مقداره وحدة واحدة ، وهو من دون وحدة.