

تقييم الخواص الخزنية للصخور

يستخرج الهيدروكربون من التجاويف المسامية للصخور الخازنة، والمتمثلة بالحجر الرملي والحجر الكلسي والدولوميت ، وتعتبر الخواص البتروفيزيائية هامة من أجل :

- تقدير الاحتياطي الإجمالي
- الحكم على المخزون بأهميته الاقتصادية وقابلية للإنتاج

هذا يتطلب معرفة المتغيرات الفيزيائية الصخرية الرئيسية الالزمة لتقدير المخزون وهي :

- المسامية
- درجة الإشباع بالفحوم الهيدروجينية
- سماكة الجزء المشبع من الطبقة
- مساحة انتشار الطبقة - نفوذيتها ،
- الأبعاد الهندسية للطبقة الخازنة
- درجة حرارتها وضغطها

إضافة إلى التركيب الصخري

وتعتبر خصائص الصخور الخازنة (الجيولوجية - البتروغرافية - السحنية والفيزيائية) من العوامل الرئيسية التي تحدد

أهمية المكمن، حجمه الاحتياطي، قابليته للاستثمار

الخواص الفيزيائية العامة للصخور الخازنة

إن الخصائصتين الرئيسيتين اللتين يجب أن يمتلكها صخر ما، ليشكل صخراً خازناً هما:

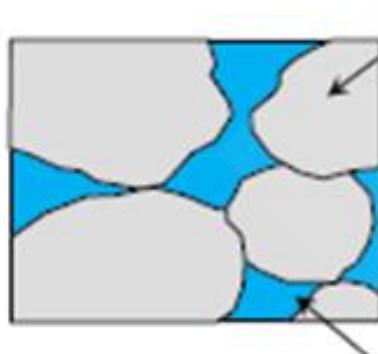
المسامية و النفوذية

هناك عوامل أخرى لها علاقة

باليتولوجيا والحرارة ، والضغط في المكمن، ودرجة الاشباع بالماء والفحوم الهيدروجينية). كلها تحدد حجم الزيت أو الغاز الموجود في المكمن.

أما النفوذية فهي التي تحدد إمكانية انتقال السوائل ضمن الصخور الخازنة وبالتالي قابلية استثمار المكمن.

Solid



Pore

البارامترات التي تلعب دوراً مهماً في تقييم الطبقة الخازنة هي :

1- التركيب الصخري Rock Composition :

ويقصد بذلك مكونات الصخر حيث نجد أن الصخر يتكون من جزئين رئيسيين المكونات الصلبة والفراغات

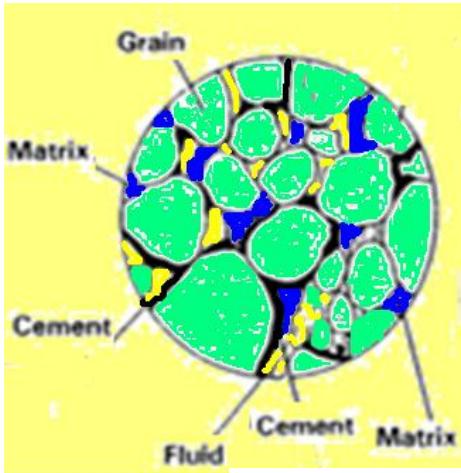
المكونات الصلبة :

وهي الأجزاء الصلبة من الصخر، وتتكون عادة من المكونات التالية :

1- الحبيبات Grains : وهي الفتات التي يكون بحجم الرمل أو أكبر قد تكون من كوارتز أو فلزات أخرى .

2- الهيكل الصخري Matrix (المواد الصلبة المكونة للصخر): وهي تعرف بأنها مكونة من الفتات الناعم المحاط بالحبيبات ولها حجم حبات الغرين silt size وحبات الغضار clay size .

3- الملاط : هو المادة الجامدة بين المكونات الصلبة وتساهم في تمسك الصخر وتصلبه ، والمادة اللاhmaة قد تكون ذات تركيب كلسي أو سيليكاتي أو من أكسيد الحديد أو غير ذلك

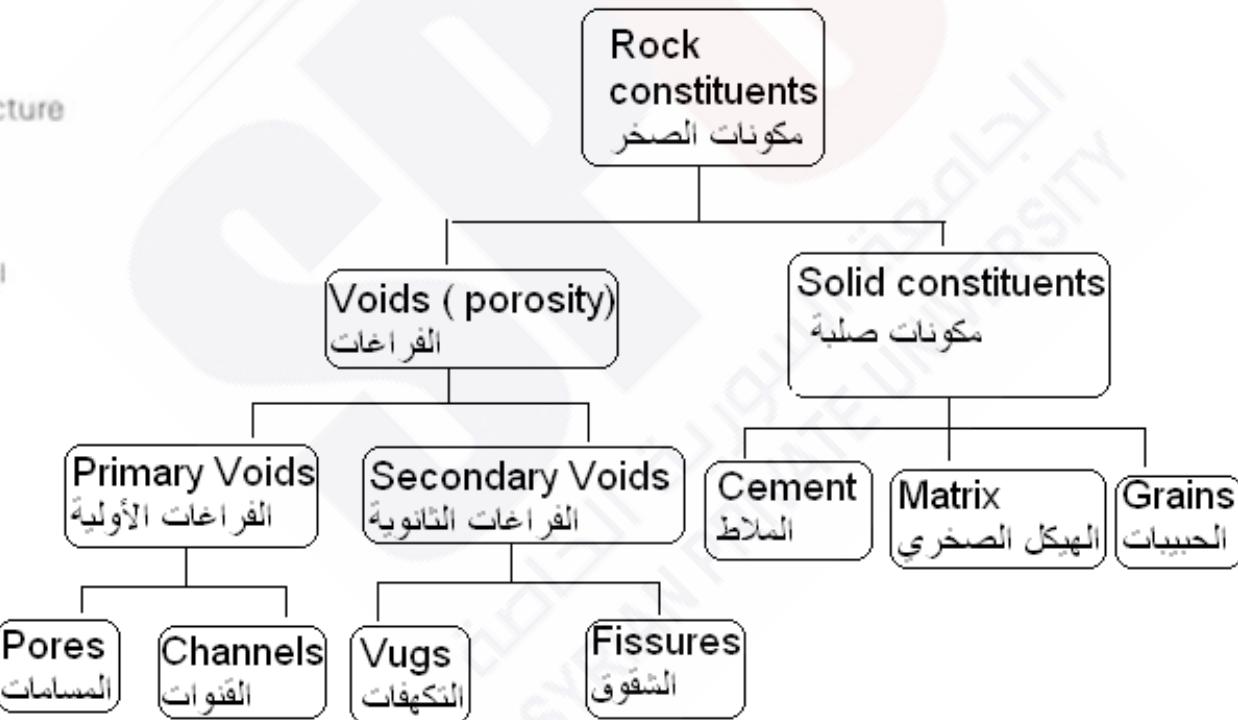
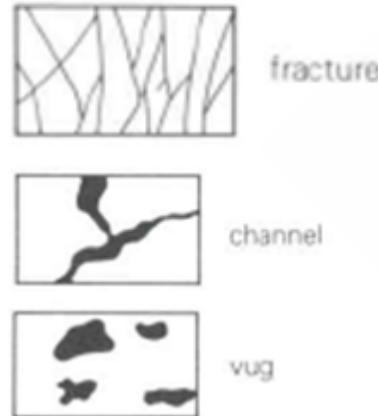


الفراغات Voids : وهي أي شيء في الصخر غير المكونات الصلبة

الفراغ قد يحتوي أي نوع من المواقع مثل :

الماء water أو النفط oil أو الغاز gas

وتعتمد المسامية porosity عموما على الفراغات بأنواعها المختلفة .



رسم تخطيطي يوضح مكونات الصخر

ما هو مفهوم المسامية : Definition of Porosity

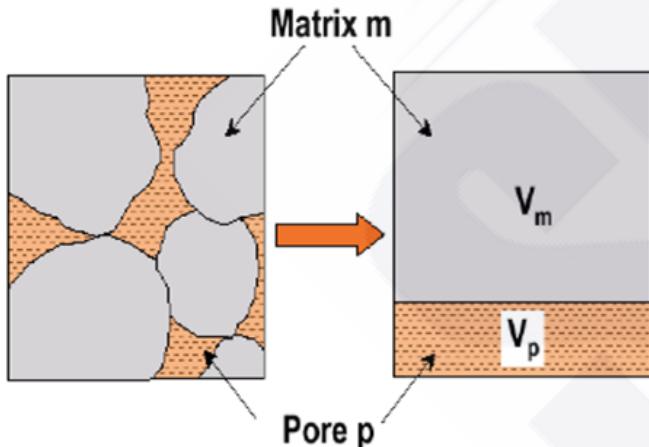
هناك عدة تعاريف للمسامية تؤدي كلها نفس المعنى من هذه التعاريف :

total volume of rock غير

- المسامية هي ذلك الجزء (fraction) من الحجم الكلي للصخر المشغول بالمكونات الصلبة

- هي ذلك الجزء من الحجم الكلي للصخر المشغول بالفراغات .

- المسامية هي النسبة المئوية (%) التي تشكلها الفراغات بالنسبة للحجم الكلي للصخر .



$$\Phi = \frac{V_r - V_s}{V_r} = \frac{\text{حجم الفراغات الكلية للصخر}}{\text{حجم الصخر الكلي}}$$

حيث: V_r : حجم الصخر الكلي

V_s : حجم المادة الصلبة للصخر

عند حساب

مسامية عينات صخرية

المسامية = حجم الفراغات / حجم العينة

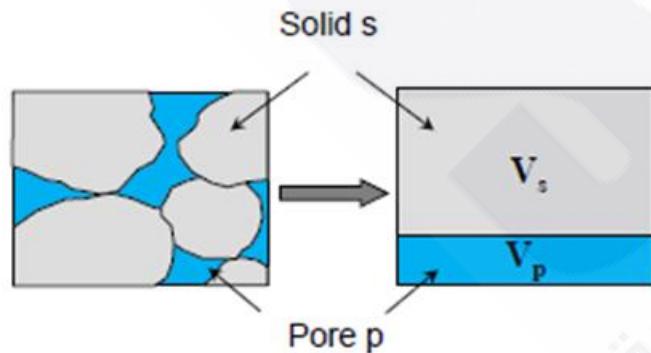
$$\text{porosity} = \frac{\text{volume of pores}}{\text{total volume of sample}}$$

$$\phi = \frac{V_{\text{pores}}}{V_{\text{sample}}}$$

و لإيضاح تعريف المسامية نأخذ في كما في الشكل وحدة حجم unit volume من التكوين الصخري ، التي لها مقدار الوحدة (1) في كل جانب من جوانبها . وبذلك يكون حجم مكعب الصخر هو الواحد الصحيح أو (100%). ويكون هذا المكعب من الهيكل الصخري matrix والفراغات voids حسب المعنى السابق لتعريف هذين الجزيئين .

ولو تخيلنا انتقال هذين الجزيئين كما هو موضح في الجزء الثاني من الشكل فإن حجمهما أيضا سيكون هو الوحدة وسيمثل الجزء الخاص بحجم الفراغات مقدار المسامية.

$$\text{porosity} = \phi = \frac{\text{volume of pores}}{\text{bulk volume}} = 1 - \frac{\text{volume of solid minerals}}{\text{bulk volume}}$$



Definition of porosity.

كسر fraction or ratio عبارة عن dimensionless quantity Φ وهي عديمة الوحدة أو نسبة

ويعبر عنها كنسبة مئوية مثال : $\Phi = 30\%$

أو بصورة كسر عشري (مثل 0.30)

وتعتمد المسامية porosity عموما على الفراغات بكافة أنواعها

1- الفراغات الأولية: وهي الفراغات التي تشكلت مع تكون الصخر وتشمل كل من :

- المسام pores : وهي الفراغات بين الحبيبات الفتاتية للصخر .
- القنوات channels: وهي الأنابيب التي تصل بين المسام المختلفة .

2 - الفراغات الثانوية: وهي الفراغات التي تشكلت بعد تكون الصخر وتشمل كل من :

- الشقوق fractures : وهي الكسور التي تكونت في الصخر نتيجة تكسره تحت ضغوط ميكانيكية
- التكهفات joints : وهي الفراغات نشأت عن الإذابة لبعض مكونات الصخر وتكون عادة في الصخور الكربوناتية مثل الكهوف الصغيرة في الصخر .

أنواع المسامية types of Porosity

هناك العديد من أنواع المسامية وذلك بناء على وضع وطبيعة المسام الداخل في تعريفها .

المسامية الكلية (tΦ) Total Porosity

هي المسامية التي يدخل في اعتبارها كل أنواع الفراغات ما يسمى **بالفراغات الأولية** وما يسمى **بالفراغات الثانوية** . أي أن المسامية الكلية هي (نسبة الحجم الذي تشغله كل فراغات الصخر بجميع أنواعها بالنسبة للحجم الكلي للصخر)

المسامية الكلية تتضمن نوعين من المسامية المسامية الأولية والمسامية الثانية

المسامية الأولية (Φ_1) Poimary Porosity

هي نسبة الحجم الذي تشغله كل فراغات الصخر الأولية بالنسبة للحجم الكلي للصخر

-إذا كانت المسامية المتواجدة بين الحبيبات فإنها تسمى المسامية بين الحبيبة
وإذا كانت بين البلورات فتسمى المسامية بين البلورية

وتعتمد المسامية الأولية على:

شكل المكونات الصلبة للصخر وحجمها size

طريقة ترتيبها أي ما يسمى التركيب البنوي للصخر

يعني **التركيب الهيكل** : الذي يصف طريقة ارتباط هذه الحبيبات مع بعضها البعض وكيفية توضعها الفراغي وترتيبها .

بالإضافة إلى **التركيب النسيجي** : والذي يصف الحبات المكونة للصخر بحد ذاتها كبيرة أم صغيرة ، كروية أم غير منتظمة ، متبلورة أم لا .

المسامية الثانية (Φ_2) : secondary porosity

وهي (نسبة الحجم الذي تشغله كل فراغات الصخر الثانوية بالنسبة للحجم الكلي للصخر)

وبناء على ذلك فإن المسامية الكلية تساوي مجموع المسامتين الأولية والثانوية وبالتالي

تعطى بالعلاقة :

$$\Phi_t = \Phi_1 + \Phi_2$$

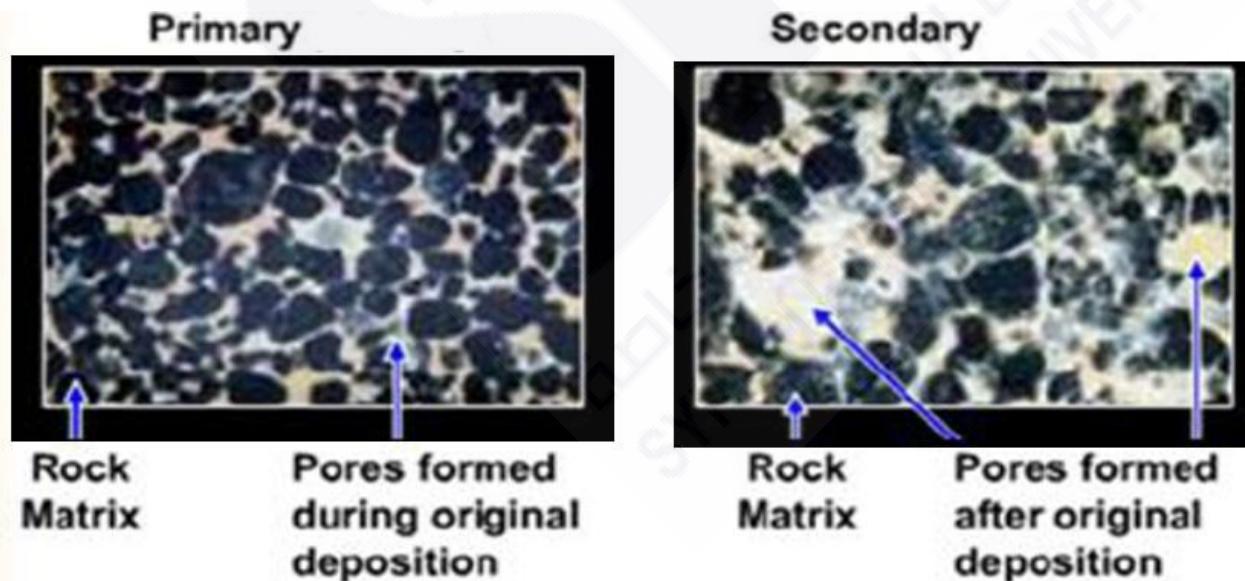
أي:

المسامية الثانوية ذلك الجزء من المسامية الكلية الذي يشمل الفراغات التي تنشأ بعد تكون الصخر أي بعد اكتمال ترسبه وتكونه . وكما سبق فإن هذه الفراغات تتضمن :

الشقوق والكسور التي تتكون بعد تكون الصخر نتيجة القوى الميكانيكية وتسماى المسامية بهذه الحالة بالمسامية الشقية Fracture Porosity

والتكهفات vugs التي تتكون نتيجة الإذابة dissolution لبعض مكونات الهيكل الصخري matrix وتسماى المسامية بهذه الحالة بمسامية التكهفات .

وتكون المسامية الثانوية عادة في الصخور ذات الأصل الكيميائي العضوي organic chemical origin وبناء على ذلك فإن المسامية الكلية تساوي مجموع المسامتين الأولية والثانوية



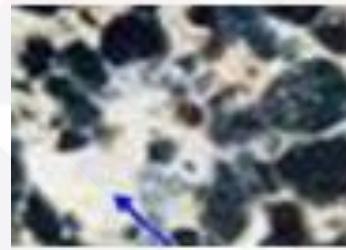
تلعب العلاقات المتبادلة بين المسامات دوراً رئيسياً في تحديد أنماط المسامية

- إذا كانت المسامات في الصخر مرتبطة ومتصلة مع بعضها البعض فتسمى عندها **المسامات المفتوحة**

- أما إذا كانت هذه المسامات معزولة عن بعضها البعض وغير متصلة فتسمى **المسامات المغلقة**
ومجموع حجوم المسامات المفتوحة والمغلقة تسمى **المسامية العامة للصخر**



Primary



Secondary

تصنف المسامية تبعاً لكيفية تشكلها

- مسامية أولية "primary porosity": هي المسامات التي تتشكل أثناء عملية تصرّخ الرسوبات وتحولها لصخر.

- مسامية ثانوية "secondary porosity": هي المسامية التي يكتسبها الصخر بعد تشكّله أي تحول الرسوبات لصخر، وذلك إما بفعل نشاط المياه أو بفعل القوى التكتونية.

أنواع أخرى:

المسامية المتصلة

وهي (نسبة الفراغات المتصلة في الصخر بالنسبة للحجم الكلي للصخر)

أي هي ذلك الجزء من المسامية الكلية الذي تكون فيه الفراغات على اتصال مع بعضها البعض .
ومثال ذلك حالة صخر **الخفان البركاني** حيث تكون المسامية الكلية Φ حوالي (70%) بينما المسامية المتصلة تساوي الصفر لأن كل فراغ في هذا الصخر معزول عن الآخر .

ويتفرع من المسامية المتصلة ما يسمى :

مسامية الجهد Potential Porosity (Φ_{pot})

هي ذلك الجزء من المسامية المتصلة الذي تكون فيه القنوات المتصلة لها قطر معين يسمح بمرور الموائع وهذا القطر يكون أكبر من $50\mu m$ للنفط oil وأكبر من $5\mu m$ للغاز gas

ففي بعض أنواع الغضار clay أو الشيل shale تكون المسامية المتصلة عالية جداً (من 40% إلى 50% عندما يكون مضغوطاً compacted وتصل إلى 90% عندما يكون متربساً حديثاً)

ولكن بسبب المسام والقنوات الصغيرة جداً بين الحبيبات فإن الجذب الجزيئي يعيق حركة الماء.

المسامية الفعالة Effective Porosity (Φ_e)

هي ذلك الجزء من المسامية الذي يسمح بمرور الماء الحرارة أي الماء التي لا يقيده حركتها شيء وبناء على ذلك فإنه يستثنى منها :

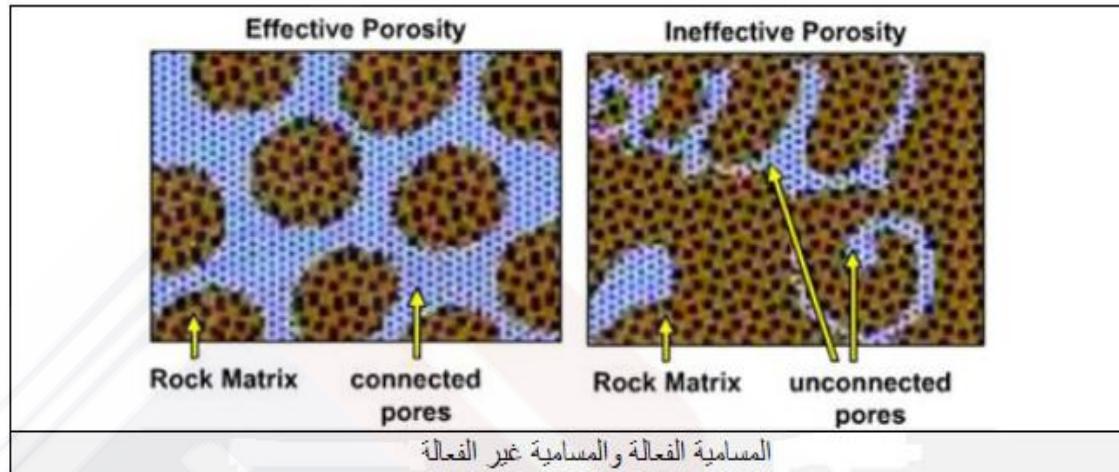
المسامية غير المتصلة التي تتكون من مجموعة المسامات المعزلة ويسمى المسام الذي يمثل المسامية الفعالة بالفراغ المسامي الفعال

تصنف المسامية من الناحية الخزنية

- مسامية فعالة effective porosity: تعود للمسامية المتصلة التي تستطيع الماء من خاللها الجريان ضمن الصخر وبالتالي يسهل استخراجها من الصخر.

- مسامية غير فعالة ineffective porosity: تعود للمسامية غير متصلة حيث يجعل من جريان الماء خاللها صعباً أو مستحيلاً وبالتالي يصعب استخراجها.

يوضح الشكل الفرق بين المسامية الفعالة والمسامية الغير فعالة لعينات صخرية



أحياناً يستخدم مصطلح المسامية المطلقة بدلاً عن المسامية الكلية وذلك لكونها تمثل حجم الفراغات الكلية إلى حجم الصخر الكلي .

وقد يستخدم مصطلح آخر هو المسامية المنتجة بدل المسامية الفعالة هي تمثل نسبة حجم الفراغات المتصلة ببعضها بعضاً فقط إلى حجم الصخر الكلي ، أي تمثل الفراغات التي يمكن لها أن تشبّع بالسوائل بشكل فعلي في الصخر، وتعريف المسامية الفعالة المذكورة هو عادة تعريف خاص بتحليل تسجيلات الآبار ، وتعتبر المسامية المنتجة أو الفعالة (Φ_e) هي الأهم بالنسبة للبتروليين ويتم تحديدها بالطريق العادي المباشرة .

حسب مقياس الفراغات وطريقة ملاحظتها نميز بين :

-**المسامية المجهرية :** وهي المسامية التي لا تلاحظ عادة إلا بالمجهر.

-**المسامية التي ترى بالعين المجردة :** تتمثل بفراغات من قياسات كبيرة نسبياً ومتعددة جداً،

-**المسامية الكبيرة . :** تطلق على مسامية الصخور التي تحتوي على فراغات كبيرة (بضعة مليمترات إلى بضعة سنتيمترات أو أكثر)