

## تحديد المسامية & حجم الغضار & الليتولوجيا

***Lithology***

***Shale volume***

***Porosity***

يعتمد تحديد الصفات الخزنية بشكل رئيسي على تفسير القياسات البئرية

عند القيام بعملية التفسير يتم تحميل القياسات البئرية المسجلة في الآبار على شكل ملفات بصيغ معينة على برنامج التفسير وهذه البرامج متعددة تبعاً للشركات المنفذة من أهم هذه البرامج هو برنامج (IP) interactive petrophysicses تابع لشركة Senergy ،

هناك برامج أخرى تخصصية تستخدم لنفس الغرض ، تستخدم في تفسير القياسات البئرية، لتقدير الخواص البتروفيزيائية والخزنية للتشكلات الخازنة .

لتقدير الخواص البتروفيزيائية والخزنية للتشكلات الخازنة اعتماداً على القياسات البئرية لابد من العودة إلى بعض القياسات البئرية المستخدمة في تحديد الخواص الخزنية

### POROSITY TOOLS

- Sonic (acoustic)
- Density
- Neutron

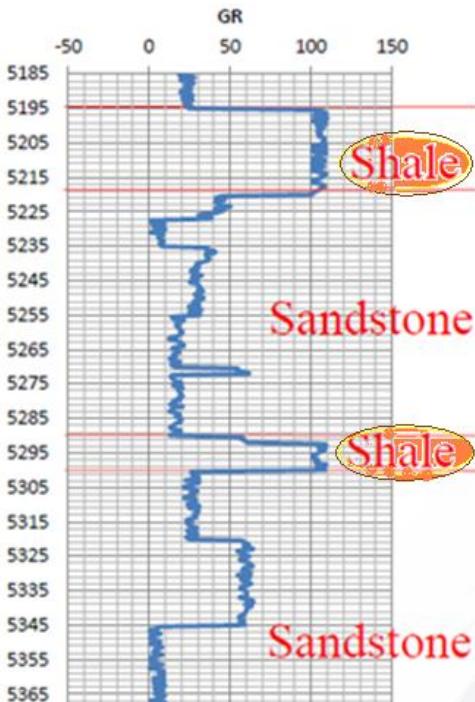
Three type of logs: Gamma Ray Log,

Neutron Log

Formation Density Log.

## تسجيل إشعاعات غاما الطبيعية

### NATURAL GAMA-RAY LOG (N.G.R )



يتم قياس النشاط الإشعاعي الطبيعي مقابل الطبقات التي تخرقها البئر للتعرف على :

- وجود المكامن المشعة
- أو التميز بين الصخور ذات الإشعاعية العالية وتلك ذات الإشعاعية المنخفضة .

ينشأ النشاط الإشعاعي في الصخور عند :

- احتوائها للعناصر المشعة التابعة لإحدى السلسل المشعة الطبيعية (مثل سلسلة اليورانيوم والتوريوم )
- أو لاحتواها النظائر المشعة كنظير البوتاسيوم 40 الذي يشكل جزء هام من عنصر البوتاسيوم المتوفّر في الغبار والشيل .

ونقسم الصخور الرسوبيّة بالنسبة لمحتوها من العناصر المشعة إلى ثلاّث مجموعات :

مجموعة عالية النشاط الإشعاعي : وتتضمن الصخور الغضارية والصفاحية التي تحوي الكثير من النظائر المشعة الداخلة في تركيب فلزات الغبار مثل :

الرسوبيات الصفاحية Shaly Sediments التي تشكّلت في البحار العميق والصفاح الأسود والارجليت وجميع أنواع الصفاح

مجموعة متوسطة النشاط الإشعاعي : وتضم التوضّعات الغضارية التي ترسّبت في المياه الضحلة مثل: المارن والحجر الرملي الصفاحي والدولوميت الصفاحي بالإضافة للحجر الكلسي الصفاحي ويزداد النشاط الإشعاعي لهذه الصخور بازدياد المركبة الصفاحية .

## مجموعة الصخور ذات الإشعاعية المنخفضة :

مثال : الانهريت ،الجص ،الحجر الرملي، الحجر الكلسي ، الدولوميت، والفحm الحجري

بناء على ذلك :

يعكس النشاط الإشعاعي المرتفع في الصخور الرسوبيّة محتوى هذه الصخور من الصفاح والغضار بينما تكون الطبقات النظيفة من الغضار بشكل عام ذات إشعاعية منخفضة إلا إذا شابتها مواد مشعة من مصادر أخرى كالرماد البركاني أو إذا احتوت مياهها على نسبة عالية من أملاح البوتاسيوم .

### ***Gamma Ray***

- ***Measures Natural radioactivity***
- ***Main radioactive elements:***
  - ***Potassium***
  - ***Thorium***
  - ***Uranium***
- ***K and TH mostly in shales***  
***U from other sources***
- ***Primary use a a basic lithology indicator (sand/shale)***

تسمح هذه الحقيقة :

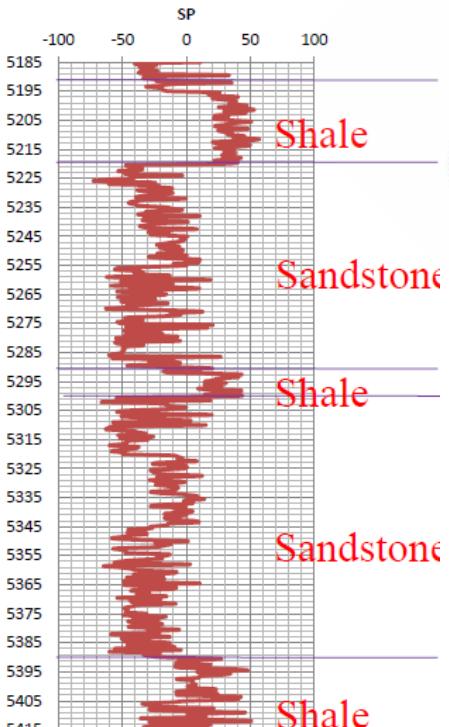
بالتمييز بين الصخور التي تخترقها البئر عن طريق تسجيل نشاطها الإشعاعي الطبيعي وفرزها وربطها مع الصفات الخزنية كما يلي :

صخور ذات إشعاعية عالية : صفاحية غضاروية وهي ذات نفوذية منخفضة ولايتمكن اعتبارها خازنة للنفط.

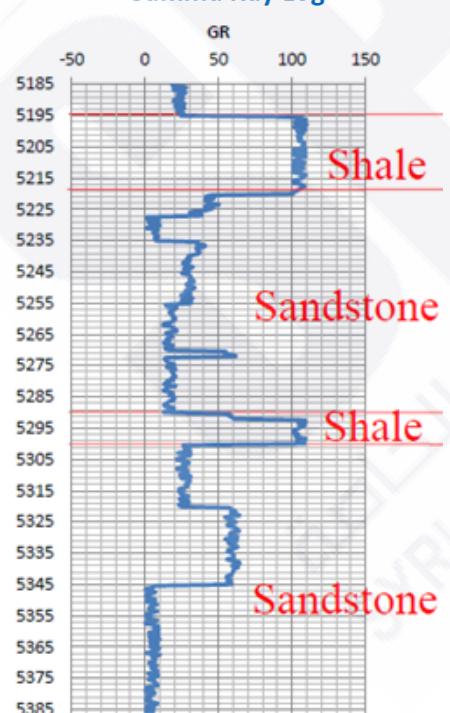
صخور ذات إشعاعية منخفضة : وهي إما خالية من الصفاح والغضار أو تحوي مركبة صغيرة جداً منها وتعتبر نفوذة وتدخل ضمن الصخور المأهولة لخزن النفط.

تسجيل يكمل  تسجيل الكمون الذاتي الطبيعي (SP) Gamma Ray

Spontaneous Potential (SP) Log



Gamma Ray Log



ينوب كل منها عن الآخر في حال تعذر إجرائه في البئر لسبب أو لآخر .

مثال : تقوم التسجيلات الإشعاعية مقام تسجيل الكمون الذاتي في الآبار المكسوة وأثناء إكمال البئر أو عندما يكون سائل الحفر مالحا للغاية أم زيتيا .

تستعمل في قياس النشاط الإشعاعي عدة وحدات :

### وحدة المعهد الأميركي للنفط API-Unit

وتسمى وحدة A.P.I: وتستخدم في قياس إشعاعات غاما استنادا إلى : المعايرة التابعة لمعهد البترول الأميركي حيث تم تقسيم المجال الواقع بين القطاع عالي الإشعاعية والقطاع منخفض الإشعاعية إلى 200 جزء سمي كل جزء بوحدة معهد البترول الأميركي (A.P.I).

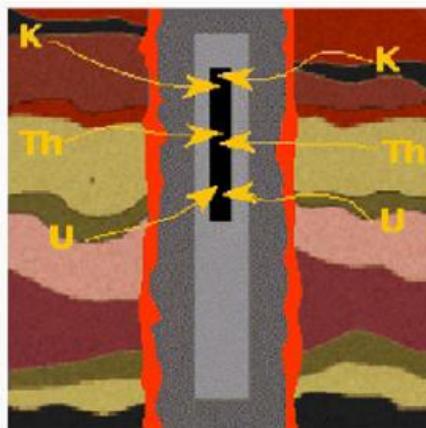
كما هناك **وحدة UPI** خاصة لـ تعداد النيوترونات في التسجيل النيوتروني البئري Neutron Log تستند أيضا إلى المعايرة التابعة للمعهد المذكور أعلاه .

### طبيعة إشعاعات غاما :

تنطلق إشعاعات غاما من تفكك العنصر وهي عبارة عن أمواج كهرطيسية عالية الطاقة وتأتي معظم الإشعاعات من:

#### Radioactivity logs

##### natural gamma ray



- البوتاسيوم 40 - والعناصر التابعة لسلالسل الأورانيوم والتوريوم .

- تتميز إشعاعات غاما الناتجة باختلاف الطاقة التي تحملها .

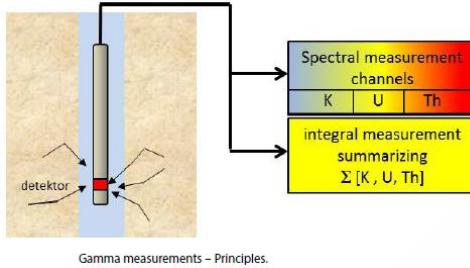
- تخسر إشعاعات غاما طاقتها :

- أثناء مرورها في الصخر - أو اخترافها للأكساء وسائل الحفر

وتزداد هذه الخسارة كلما ازدادت كثافة الوسط.

## ملاحظة 1:

بما أن جميع القياسات البئرية الإشعاعية تجرى في حالة السابورة المتحركة بسرعة معينة صعوداً أم هبوطاً في البئر، فيحدث انزياح في نقطة الإسناد وبالتالي انزياح في تحديد السطوح الفاصلة بين الطبقات باتجاه حركة السابورة.

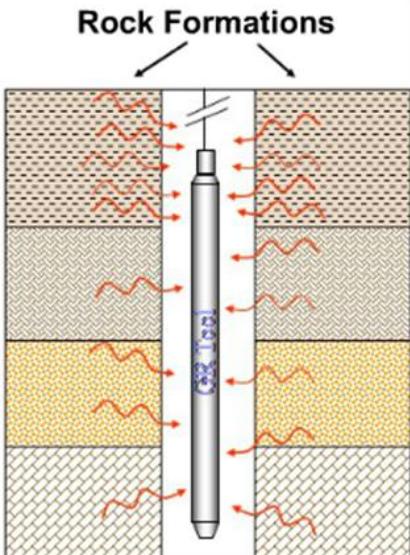


تعتمد قيمة هذا الانزياح على سرعة السابورة وقيمة الثابت الزمني للجهاز (TC)

ويتم القبول عادة بقيمة انزياح لا تزيد عن القدم بحدود (30 سم) بالقياس بسرعة نصف قدم في الثانية أي 1800 قدم / ساعة وبالأخذ بثابت زمني قدره ثانيتان .

**لذلك**: تؤخذ هذه المسافة بالحساب في سابورة غاما وتتنسب القياسات إلى نقطة الإسناد في السابورة الواقعة دون موقع اللاقط الإشعاعي بمقدار (30 سم).

## ملاحظة 2:



لا تعتمد استجابة سابرة غاما على مستوى النشاط الإشعاعي وكثافة الصخر فقط وإنما أيضاً على

**ظروف البئر** (قطر البئر ، الوزن النوعي لسائل الحفر ، سماكة ونوعية الاكساء ، ...) حيث تمتض الأوساط الواقعة بين مصدر إشعاعات واللاقط الإشعاعي إشعاعات غاما التي تخترقها وتضعف طاقتها .

وهناك مخططات متعددة تأخذ هذه التأثيرات بعين الاعتبار وتسمح بالقيام بالتصحيحات اللازمة عليها .

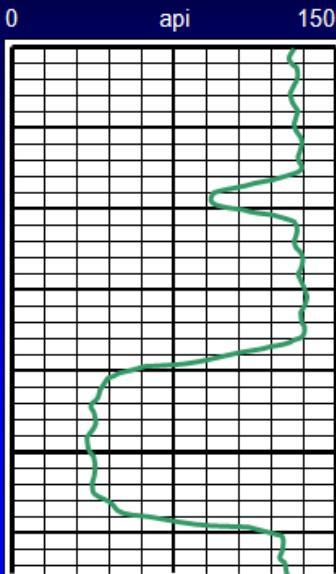
أهم استخدامات تسجيل غاما الطبيعية (N.G.R) :  
 يدخل تسجيل غاما الطبيعية في معظم برامج القياس البئري ويتم تسجيلها على المسلك الأول بمقاييس خطى وتخدم في :

- 1- التمييز بين الطبقات الصفاحية والغضارية من جهة الطبقات اللاغضارية كالحجر الكلسي والرمل والدولوميت من جهة ثانية
- 2- تحديد نسبة الصفاح في الصخر وتشكل في بعض الأحيان مؤشراً للصفاح .
- 3- تحديد وجود الطبقات الصفاحية حيث يفشل تسجيل الكمون الذاتي

مثال : تحديد حجم الغضار من خلال تسجيلات غاما

**Log example**

## Gamma Ray



- مثال: - حيث الطبقات عالية المقاومية جداً
  - أو تنساوى مقاومية سائل الطبقة وراشح الحفر
  - أو إذا كان سائل الحفر غير ناقل للتيار الكهربائي
  - أو كانت البئر فارغة أو مكسوة .
- وهي وبالتالي تكمل تسجيل الكمون الذاتي الطبيعي (SP).

- 4- تحديد وجود الفلزات المشعة واستكشاف المكامن المشعة .
- 5- تحديد وجود الفلزات غير المشعة كالفحم والانهدريت وغيرها .

### Determination of Shale Content

Shale volume from gamma ray

$$I_{GR} = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}}$$

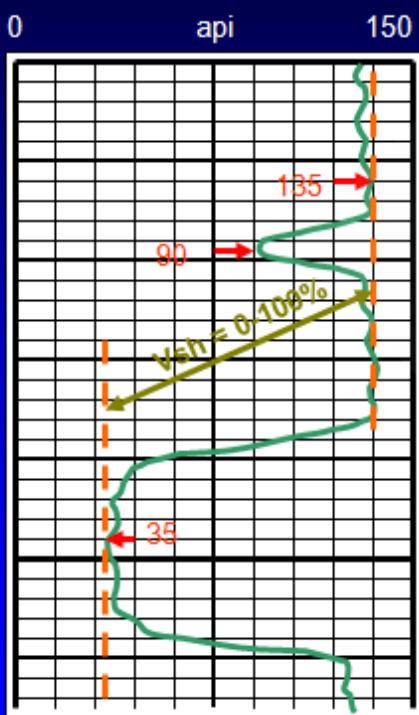
where:  $I_{GR}$  = the gamma ray index  
 $GR_{log}$  = the gamma ray reading at the depth of interest  
 $GR_{min}$  = the minimum gamma ray reading. (Usually the mean minimum through a clean sandstone or carbonate formation.)  
 $GR_{max}$  = the maximum gamma ray reading. (Usually the mean maximum through a shale or clay formation.)

$$V_{sh} = I_{GR}.$$

قيمة غاما الطبيعية في القياس GR log

هي قيمة أشعة غاما الأعظمية والأصغرية مقابل طبقة غصارية وأخرى نظيفة GR min، GR max.

## Shale volume



1) Pick a clean GR response

2) Pick a shale GR response

3) Scale between

$$V_{sh} = \frac{GR_{log} - Gr_{clean}}{Gr_{shale} - Gr_{clean}}$$

GR 90  $\rightarrow$  Vsh = 55%

$$V_{sh} = 0.083(2^{37} I_{GR} - 1) Larionov$$

$$V_{sh} = 1.7 - [3.38 - (I_{GR} - 0.7)^2]^{1/2} Clavier$$

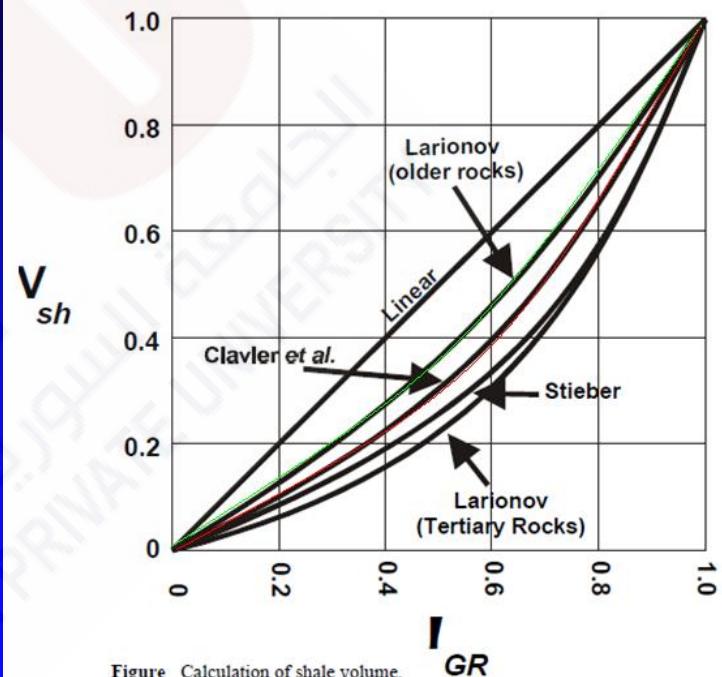


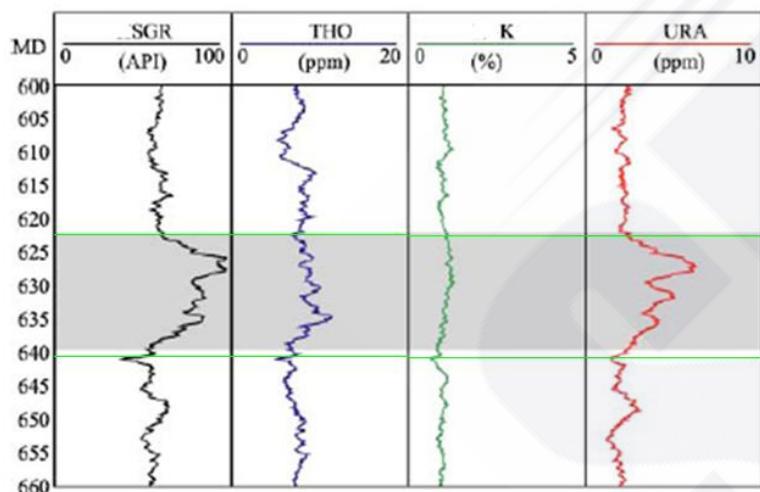
Figure Calculation of shale volume.

استجابة GR

مثال 2:

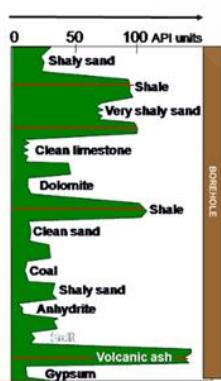
تكوينات غضارية

Spectral gamma-ray data from Hole 117 showing high U values in an organic-bearing **claystone** unit between ~622-640



#### GR RESPONSE IN COMMON FORMATIONS

- Shales often radioactive
  - Clays
  - Trace and heavy minerals
- Sandstones may be radioactive
  - Non-clay minerals, e.g., mica, feldspar
  - Clays

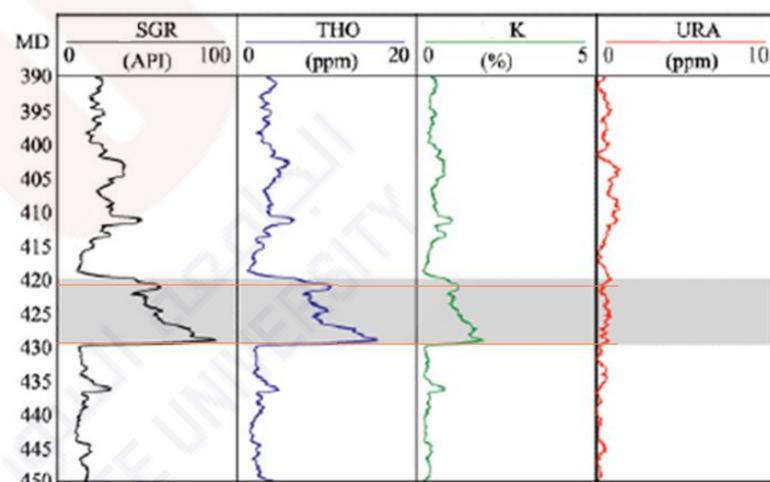


استجابة GR

مثال 1:

تكوينات طينية

Spectral gamma-ray data from Hole 11 showing high Th values in a **mudstone** unit

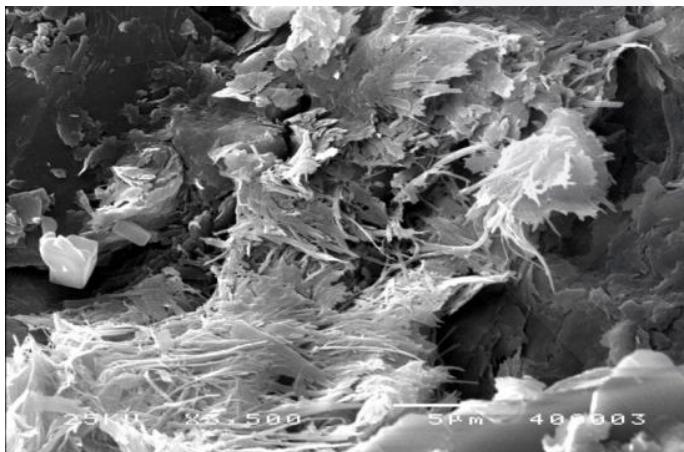


## تأثير الغضار فى خصائص الصخور الخازنة

الغضار:

هو أحد أنواع الصخور الحطامية مكون من سيليكات الألمنيوم المائية التي لا تزيد أبعادها عن 2 ميكرومتر الغضاريات صخور مكونة من جزيئات مبلورة صغيرة جداً في حجمها، وهي تنتمي إلى إحدى مجموعات الفلزات الغضارية، أو إلى أكثر من مجموعة منها، وهذه الفلزات الغضارية كثيرة ذكر منها:  
الكاوليسيت، الالييت، المونتمورويللونيت،...الخ.

ويمكن لهذه الفلزات أن تتوارد بنسب متنوعة في الصخور الخازنة، وهي تكون بشكل عام متراقة مع الصخور الحطامية (تناوب مع الرمال أو الأحجار الرملية) وبشكل أقل مع الصخور الكربوناتية (كلس غضاري، مارن، دولوميت غضاري...) الخ.



صورة مجهرية لبنية  
المونتمورويللونيت

المونتمورويللونيت:

مؤلف من صفائح وكل صفيحة مؤلفة من ثلاثة شرائح الشريحتان العلوية والسفلى عبارة عن اتحاد رباعيات الوجوه السيليكاتية أما الشريحة الوسطى فهي مؤلفة من اتحاد ثمانيات الوجوه الألومينية تقوم بعملية ربط الشريحتين السفلية والعلوية .

**يتميز المونتمورويللونيت بأن التجاذب بين صفائحه ضعيف**، وينتج عن ذلك سهولة تبعثرها في الماء. وبالتالي يمكن للماء والموائع أن تدخل بسهولة ما بين الصفائح مما يؤدي إلى تبعدها عن بعضها وانتفاخها.

الإيليت:

تمتاز فلزات هذه المجموعة **بقدرتها الضعيفة على الانتفاخ**، وبنية هذه المجموعة مشابهة لبنيّة المونتموريتونيت ولكن قابلية هذه الصفائح للتبعثر صعبه جداً ، كما يمكن ان تتوارد على **شكل بنى ليفية** وهي الأخطر على التشكيلات الخازنة من ناحية تأثيرها السلبي على الخواص الخزنية.



صورة مجهرية لبنيّة الإيليت

## كيفية تأثير الغضارى على خصائص الصخور الخازنة

تأثير الفلزات الغضارى على صفات الصخور الخازنة كما يلى:

- تسبب الجزيئات الصغيرة جداً للفلزات الغضارى (أقل من 0.002 مم) تزايداً هاماً للسطح النوعية للفراغات وبالتالي تزداد مساحة السطوح التي تكون بتماس السوائل ويؤدى ذلك إلى تأثيرات هامة في الخصائص الشعرية الخازنة، وعلى درجة الاحتفاظ بالسوائل ضمنها

أي: كلما ازدادت نسبة الغضارى ازدادت الخصائص الشعرية وازدادت إمكانية احتفاظ الصخر بالسوائل وصعوبة استثمارها منه.

- تشكل حواجز للنفوذية بسبب انتفاخ الغضارى نتيجة لدخول جزيئات الماء بين صفائح الغضارى وذلك خلال عملية الحقن بالماء لزيادة طاقات الاستثمار والتعويض الثانوى للهيدروكربون وبالتالي تغير ملحوظ في صفات الصخر الخازن.

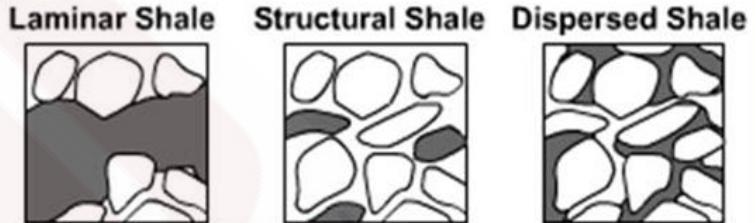
- بشكل عام لوحظ أن زيادة نسبة الفلزات الغضارى حتى لو كانت بسيطة القيمة تتجلى عموماً بتناقص في مسامية ونفوذية الصخر الخازن، وهناك بعض المكامن التي يعزى وجودها إلى حواجز للنفوذية نتجت من ازدياد نسبة الغضار فى المستوى الخازن مما أدى إلى احتجاز الهيدروكربون بهذه المكامن.

- إن عدم تجانس خصائص النفوذية الملاحظ أحياناً في المستويات الخازنة والمتمثل باختلاف قيم النفوذية الأفقية والنفوذية الشاقولية عن بعضها البعض ينتج عن وجود للأسرة الغضارى الشديدة الرقة والتي تشكل مجموعات و نطاقات غير نفوذة ضمن الأسرة الرملية النفوذة .

## أنماط توضع الغضار ضمن التركيبات

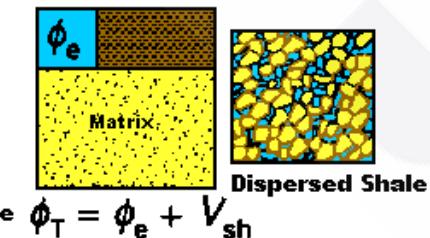
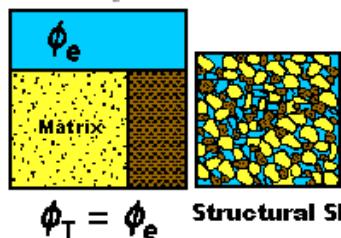
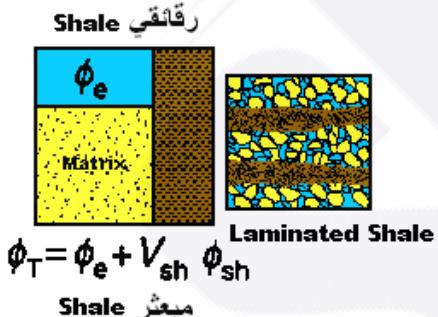
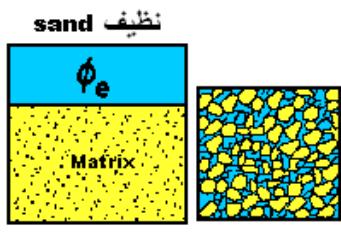
يتواجد الغضار في الصخور الرملية بثلاث أشكال، لكل منها تأثيراته على الانتاج.  
يوضح الشكل أنماط توضع الغضار بين الحبات الرملية، وتأثير المسامية بهذه الأنماط

### Types of Shale distribution



تغير قيم المسامية الكلية

حسب شكل تواجد الغضار في التشكيلات الرملية



الشيل الطبيعي

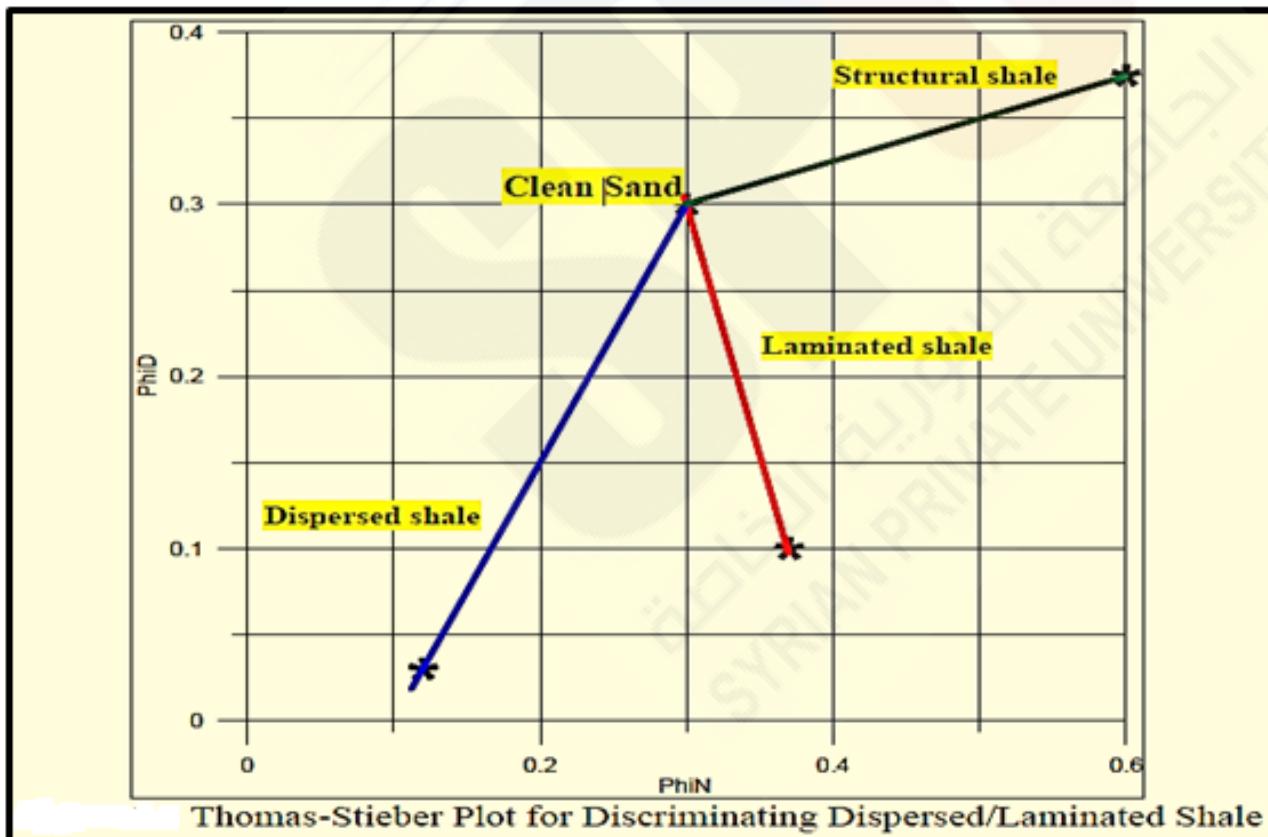
الشيل المبعثر

الشيل المبعثر

يمكن تحديد نمط الغضار في التشكيلات الرملية باستخدام مخططات ( Thomas-Stieber )

يمثل هذا المخطط تمثيل **قيم المسامية النيترونية** ( على المحور  $x$  ) **والكتافية** ( على المحور  $y$  ) بحيث يمثل كل نوع من الغضار محور معين يمكن من خلال التوزع العام للقيم المقيسة وفق أحد المحاور أو بين محوريين مختلفين أن نحدد نمط توضع الغضار .

في الشكل ( محور للشيل الطبيعي ( الرقائقي ) ، محور للشيل التركيبى ، محور للشيل المبعثر ، نقطة واحدة تجمع بداية المحاور والتي تمثل حجر رملي نقى . إذا وقعت القيم بين أكثر من محور فإن التوضع يمثل نمطين أو أكثر )

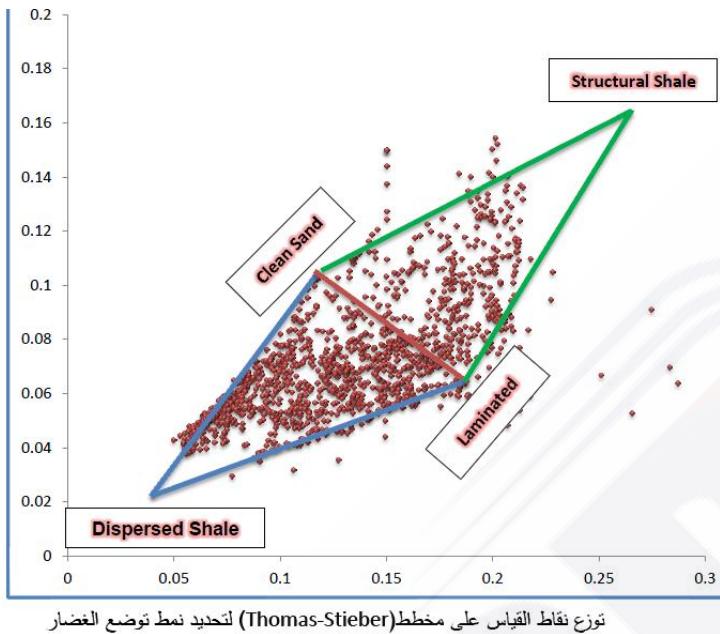


**مثال :**

من إسقاط قيم المسامية النيترونية والكثافية ومقارنة أماكن الإسقاط حسب المحاور المعاورة عن كل نوع من الغضار

يلاحظ في هذه المثال :  
من خلال إسقاط قيم تشكيلة رملية خازنة :

أن النقاط تجتمع بنسبة عظمى بين محور الشيل المبعثر **Dispersed Shale** والشيل الطبيعي **Laminated** وجزء أقل يمثل الشيل التركيبى **Structural Shale**

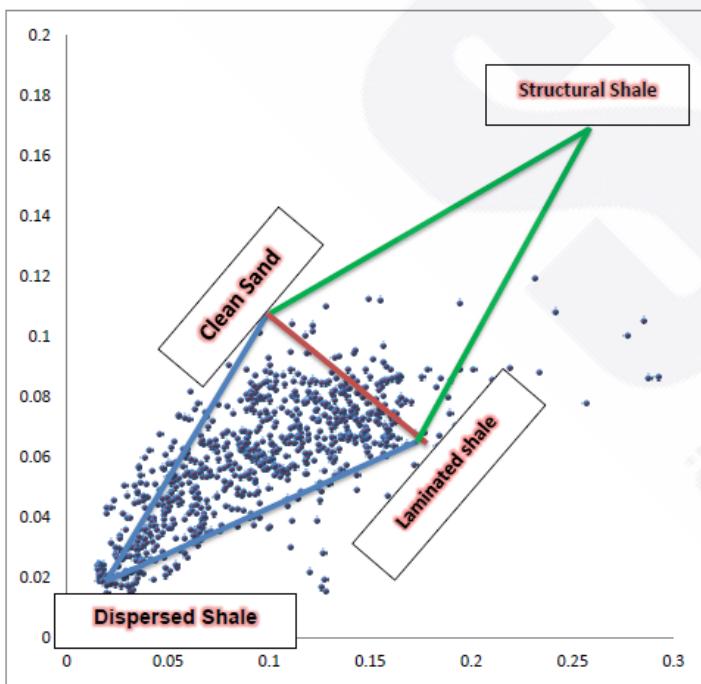


**مثال 2:**

تم اسقاط قيم المسامية النيترونية والكثافية ومقارنة أماكن الإسقاط حسب المحاور المعاورة عن كل نوع من الغضار

**يلاحظ :**

- أن القيم تتوزع بين النمط المبعثر والنمط الطبيعي، ولكنها تميل بشكل أكبر إلى النمط المبعثر، أكثر مما هو عليه في المثال السابق ، وهذا يؤدي إلى سوء الخواص الخزنية لتشكيلة المدروسة في هذا المثال



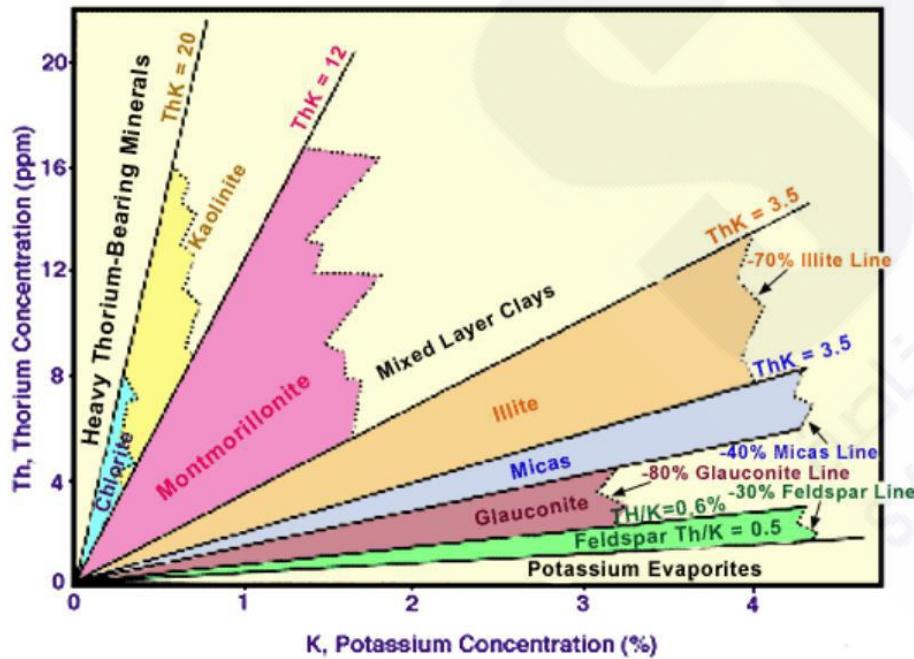
## تحديد نوع الغضار :

لكل نوع من أنواع الغضار التي ذكرت تأثيره على الصفات الخزنية وبتحديد نوع الغضار ونمط توزعه و حجمه، يمكن لنا أن نتوقع تصرف التشكيلة من ناحية الإنتاج الهيدروكربوني

لتحديد نوع الغضار المنتشر في التشكيلة المدروسة

يتم إجراء **تحليل لقياس الإشعاعي** كل مركبة على حد  $\text{U}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Th}$  واجراء تقاطع لقيم النشاط الشعاعي الناتج عن مركبة البوتاسيوم وتمثيله على المحور  $x$  ومركبة الثوريوم وتمثيل قيمها على المحور  $y$

تعطينا أماكن توزع هذه القراءات على محاور الغضار المختلفة فكرة عن نوع الغضار الموجود بسبب تميز كل نوع بنسب مركبات إشعاع مختلفة عن الآخر

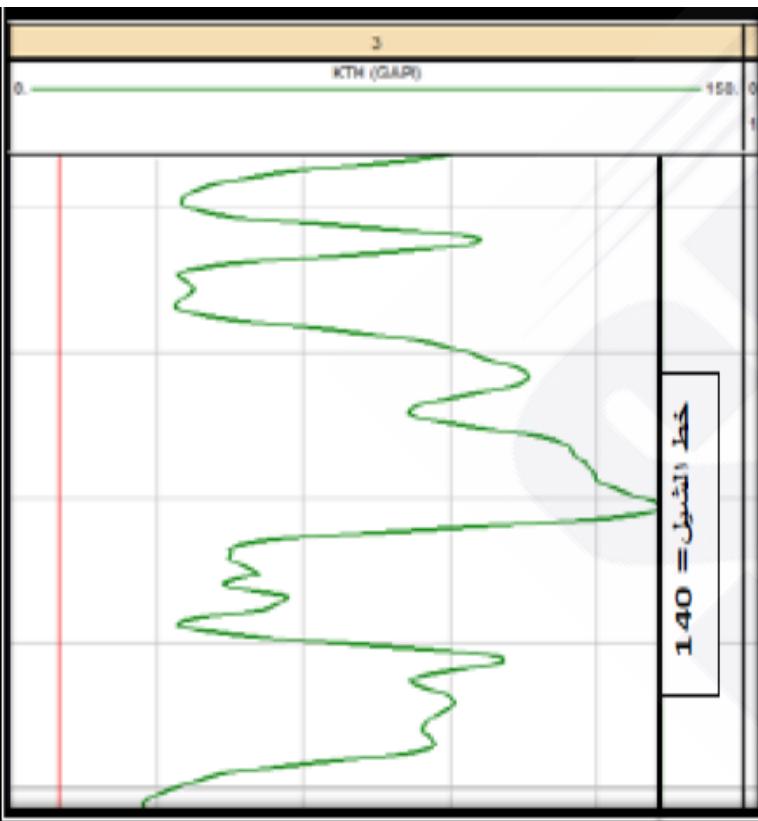


## تحديد نوع الغضار المسيطر في التركيب

يمكن تحديد نوع الغضار المتواجد في التشكيلة من خلال مخططات خاصة مصممة من Schlumberger

عند اجراء تقييم التكوينات يتم :

- تحديد حجم الغضار من المنحنيات المقابلة لتشكيلة الخزان، أو من الطبقات المجاورة لها، أي تلك التي يكون لها مواصفات ليثولوجية قريبة، حيث يتم تحديد القيمة العظمى للنشاط الاشعاعي والتي تمثل تشكيلة غضاربة 100 %، وتعبر القيمة الدنيا ( 0 % غضار ) .



مثال : في الشكل نلاحظ أنها تسجل قيمة:

$$GR_{sh} = 140 \text{ API}$$

تحدد قيمة النشاط الاشعاعي للحجر الرملي ( خط الشيل القاعدي ) بأخذ أقل قيمة للإشعاع التي تصادف امام التشكيلة الخازنة ، أي التي تمثل نطاق مكون 100 % من الحجر الرملي النقي حيث قدرت قيمتها:

$$GR_{St} = 15 \text{ API}$$

- تحديد المسامية: بالنسبة لقيم المسامية الموافقة له، والتي يجب تحديدها من أجل حذفها من مجل المسامية المقيسة أمام الخزان كونها مسامية غير فعالة فلا تدخل في حساب الاحتياطي الهيدروكريبوني يمكن تحديد المسامية من القياسات النترونية ، يتم قراءتها مباشرة من المنحني النتروني ( مثال  $\Phi_{sh} = 30\%$  )

تحديد حجم الشيل الأعظمي ( Shale Cut-off )

هي القيمة الحدية لحجم الشيل

التي من الممكن أن تسمح للتشكيلة بأن تنتج الهيدروكرbones من ذلك النطاق  
وبالأخص عندما يكون **الشيل المبعثر** هو المسيطر ، وهو أخطر أنماط توضع الشيل على  
التشكيلات

إذ يعمل على تشكيل حواجز ضمن المسامات، وإعاقة تحرك المواقع فيها مما يقلل إنتاج البئر من  
الهيدروكرbones أو إغلاق المسامات بشكل تام، ومنعها من الإنتاج . يتباين هذا التأثير حسب نوع  
الغضار ويصل تأثيره الأعظمي في حالة البنى الليفية للغضار.

تحدد القيم الحدية لحجم الشيل من مخططات خاصة بذلك .