

HAZNE KAYA (REZERVUAR)

Petrolün içerisinde yerleşmiş olduğu kayaya hazne kaya ya da rezervuar denir. Prensip olarak gözenek, boşluk ve çatlak içeren her kaya hazne kaya (rezervuar) olabilir. Ancak pratikte hazne kayalar (rezervuar) genellikle kumtaşı ve kireçtaşlarıdır.

Bir hazne kayanın petrol jeolojisi açısından en önemli özelliği gözeneklilik (porozite) ve geçirimsizlik (permeabilitesi) özellikleridir.

GÖZENEKLİLİK (POROZİTE)

Bir kayacın toplam boşluk hacminin toplam katı hacmine oranına gözeneklilik denir. Petrol jeolojisinde gözeneklilik % cinsinden tanımlanır.

$$\text{Gözeneklilik} = V_p / V_b$$

$$\text{Gözeneklilik} = (V_b - V_{ma}) / V_b$$

$$\text{Gözeneklilik} = [V_b - (W / r_{ma})] / V_b$$

Burada:

V_p: gözenek hacmi,

V_b: kayacın hacmi,

V_{ma}: matriks mineral hacmi,

W: matriks minerallerin toplam ağırlığı,

r_{ma}: matriks mineral yoğunluğu

- * Bu tanım, gözenekli materyallerin gözeneklilik değeri herhangi bir değer olabilir ancak çoğu sedimanter kayaların gözeneklilik değeri % 50' den düşüktür. Petrol hazne kayalarının gözenekliliği % 5 ile 40 arasındadır fakat genelde % 10 ile 20 arasında gözlenmektedir.

Aşağıdaki kayaların gözenekliliği nedir?

Soru-1

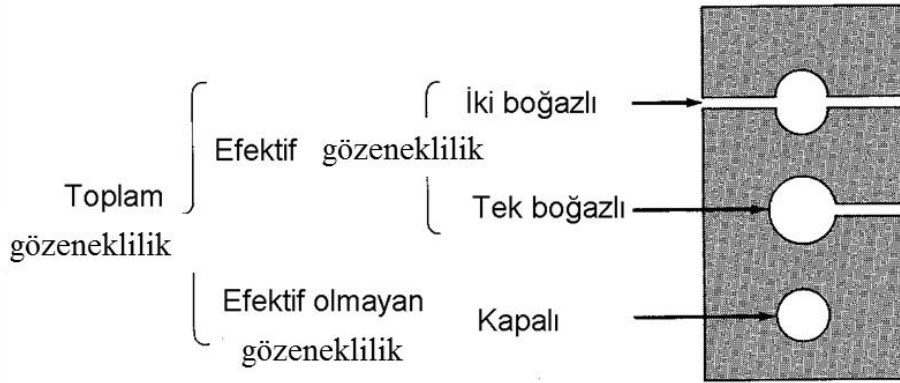
* Kayacın hacmi = 9 cc ;	$V_p = (21.2 - 18.8) / 1.02 = 2.35 \text{ cc}$
* Havada kuru ağırlık = 18.8 gr;	$\emptyset = (2.35 / 9) \times 100 = 26.2 \%$
* Havada doyurulmuş ağırlık = 21.2 gr ;	
* Su yoğunluğu = 1.02 gr/cc.	

Soru-2:

Kayaç hacmi= 9.9 cc ; havada kuru örnek ağırlığı = 20 gr ; kum tanesinin yoğunluğu = 2.67 gr/cc.	Tane hacmi = 20 / 2.67 = 7.5 cc $\emptyset = [(V_b - V_g) / V_b] \times 100 = [(9.9 - 7.5) / 9.9] \times 100 = 24.2 \%$
--	--

GÖZENEK TIPLERİ

Kayaç içerisinde 2 tip gözenek bulunabilir. Bunlar, efektif ve efektif olmayan gözenek olmak üzere ikiye ayrılır. Gözenekler birbirleri ile irtibatlı ise efektif, gözenekler arası irtibat bulunmuyor ise efektif olmayan gözenekten bahsedilir. Petrol jeolojisi açısından efektif gözeneklilik (porozite) önemlidir.



GÖZENEKLİLİK SINIFLAMASI

Oluşum Zamanı	Tip	Köken
Birincil veya çökelme ile eş yaşıt	Tane içi	Çökelme
	Tane arası	
İkincil veya çökelme sonrası	Kristal arası	Çimentolanma
	Fenestral	
	Vug (erime ile oluşmuş eş boyutlu gözenek)	Erime
	Moldik (kalıp gözenek)	
	Çatlak	Tektonik (sıkışma, dehidratasyon, erime)
Dolomit	Dolomitleşme	

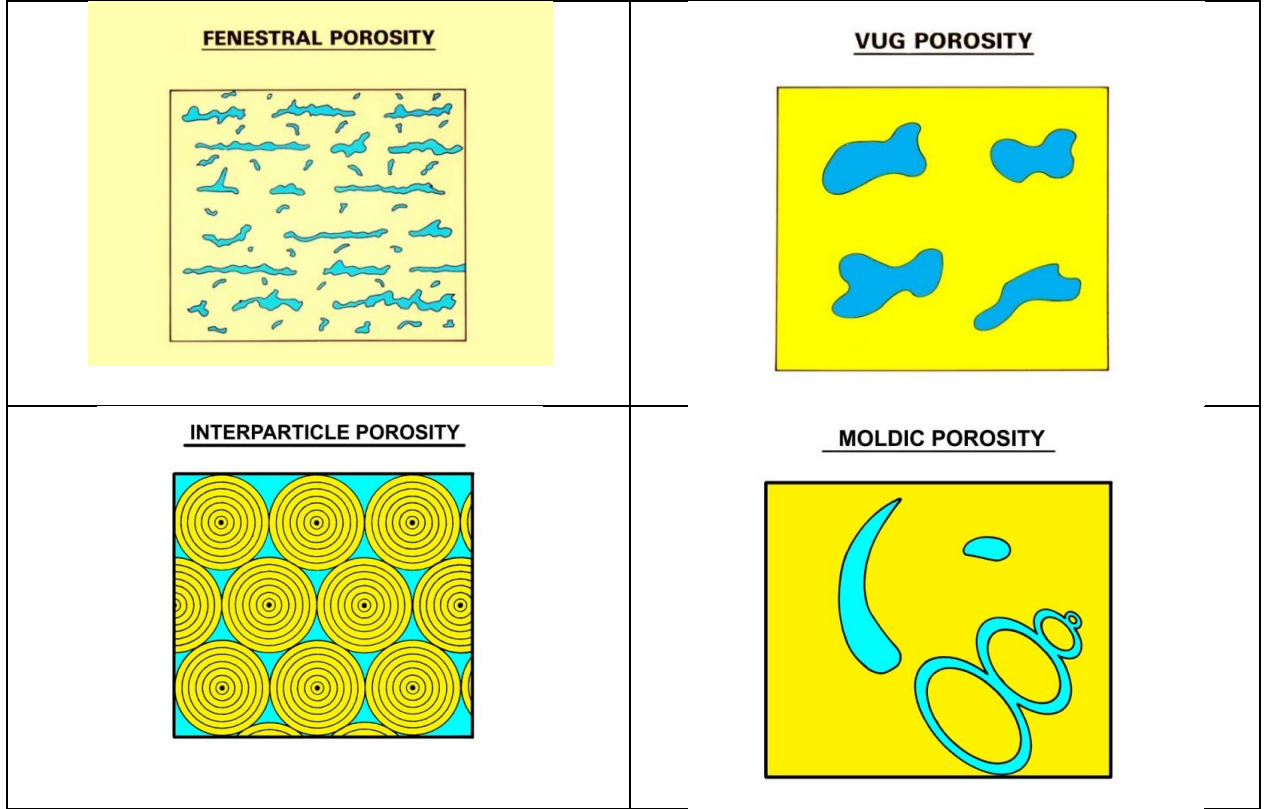
- Tane içi ve taneler arası gözeneklilik sıkışma (kompaksiyon) ve çimentolanma ile kolayca tahrip edilir. Bu durum bilhassa kil ve karbonatlarda yaygındır.

Kristal arası gözeneklilik

- * Kristalli kayalarda kristal aralarında gelişir ve daha çok dolomitlerde görülür.

Fenestral gözeneklilik

- Çökeltme sırasında oluşan boşluklardır. Örneğin laminaların dehidratasyon sonucunda büzülmesi ve çatlaması ile oluşur. Bu nedenle, birincil gözeneklilik olarak da değerlendirilmektedir. Algal mat'lerde yoğun gözlenir.



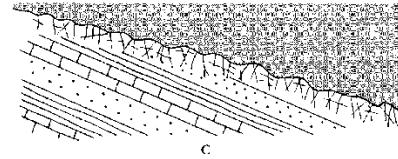
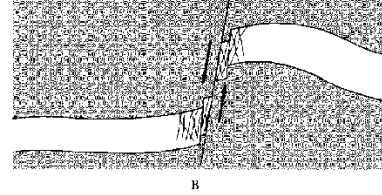
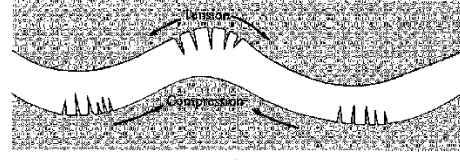
Vug gözenekliliği

- Belli bir şekli yoktur. Kayanın kendisinin erimesi ile oluşur. Boyut olarak moldik gözeneklilikten daha büyüktür. Vug gözeneklilik çok daha büyürse mağara-boşluk oluşur.

Kalıp (Moldik) gözeneklilik

Belirli tanelerin erimesi ile oluşan gözenekliliktir.

Çatlaklar; kıvrımlara (A), faylara (B) ve diskordanslara (C) bağlı olarak gelişirler. Çatlak gözenekliliği petrol jeolojisi açısından en önemlidir.



Makro gözeneklilik

Gözenek çapı 50 nm'den büyük olanları ifade eder.

Mezo gözeneklilik

Gözenek çapı 50 nm ile 2 nm arasında olanları ifade eder.

Mikro gözeneklilik

Gözenek çapı 2 nm' den küçük olanları ifade eder.

Dolomitleşme

- * Bu süreç, kireçtaşının (CaCO_3) dolomite transformasyonudur
- * $\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$.
- * $(\text{CaCO}_3) + \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2 + \text{CaCl}_2$
- * Dolomit kayaları normalde kireçtaşlarından daha gözeneklidirler. Dolomit kristalleri her zaman gelişigüzel paketlenmişlerdir. Sonuç olarak, yeraltı suları dolomit içerisinden daha kolay hareket etmekte ve sonuçta daha büyük kristaller arası boşluk oluşmaktadır (kristal arası gözeneklilikleri % 30 u geçebilir). Dolomit kalsitin yerini alınca kayanın katı hacmi % 13 azalır ki buda gözeneğin artması demektir.

GÖZENEKLİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Gözeneklilik

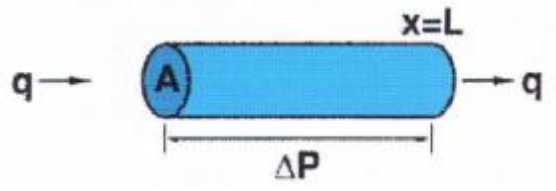
- a- Doğrudan karot üzerinde
- b- Jeofizik kuyu logları ile
- c- Sismik bilgilerle ölçülür.

Karot üzerinde laboratuarda yapılan gözeneklilik ölçümlerinde iki metot kullanılır. Bunlar: Washburn-Bunting metodu ve Boyles Kanunu metodu'

dur.

GEÇİRGENLİK (PERMEABİLİTE)

Hazne kaya için gözenekliliğin yanı sıra geçirgenlik de son derece önemli bir özelliktir. Darcy formülüne göre

$k = (q \mu L) / (A \Delta P)$ Q = akış oranı K = geçirgenlik $P_1 - P_2 = \Delta P$ = numune boyunca basınç farkı A = numunenin enine kesit alanı L = Numune boyu μ = Akışkanın viskozitesi	
--	---

- Geçirgenlik birimi Darcy'dir.
- 1 cm/sn hızla 1 atm/cm basınç farkı altında geçen 1 santipoiz (cP) viskozitedeki akışkan miktarı 1 Darcy'dir.
- Hazne kayaların çoğunda geçirgenlik 1 Darcy'den az olduğu için milidarcy (md) kullanılır.
- Darcy kanununun geçerli olması için formasyon içerisindeki sıvı ile kaya arasında kimyasal bir reaksiyon olmaması, akışkanın tek bir fazda olması gerekir ki bu doğada çoğu zaman gerçekleşmez. Yani olaylar çok daha kompleks olarak gelişmektedir.

- Geçirgenlik ikiye ayrılır:
- 1- Absolute geçirgenlik: Kayanın bütün gözenekleri sadece bir akışkan (petrol, gaz veya su) ile doymuş ise
- 2- Efektif geçirgenlik: Kayanın gözenekleri % 100 tek bir akışkan ile doldurulmamış ise söz konusu olan geçirgenliktir.
- Efektif geçirgenliğin spesifik geçirgenliğe oranı nispi (rölatif) geçirgenlik adı ile bilinir.
- Petrol hazne kayaları birincil ve ikincil geçirgenliğe sahip olabilir. Birincil geçirgenlik sedimanter kayaların çökelme ve sıkışması zamanında ortaya çıkar. İkincil olanları sıkışma, çimentolanma, çatlaklanma ve çözünme ile kayaç matriksinin alterasyonu sonucu gerçekleşir.
- eğer; $k < 1$ ise Kötü
- $1 < k < 10$ ise Zayıf
- $10 < k < 50$ ise Orta
- $50 < k < 250$ ise İyi
- $k > 250$ ise Çok iyi

Alıştırma:

- Bir silindirik karot örneği lineer akış testine tutulmuştur. Geçirgenliği md olarak bulunuz.
- $L = 20$ cm ; $\mu = 2$ cp ; $d = 4$ cm ; $q = 100$ cc/saat ; $DP = 3$ atm.
- $k = (q \mu L) / (A DP)$

$$k = [(q \times \mu \times L) / A \times \Delta P] = [(100/3600) \times 2 \times 20] / [(\pi \times 2^2) \times 3] = \mathbf{29.4 \text{ md}}$$

GÖZENEKLİLİK-GEÇİRGENLİK-DOKU İLİŞKİSİ

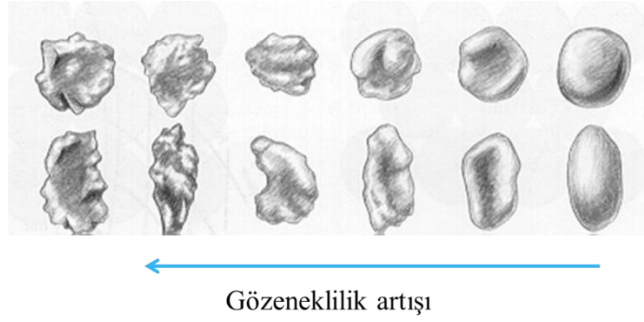
Sıklaşmamış bir çökeltide dokusal parametreler gözeneklilik ve geçirgenliği belirler. Bu parametreler şunlardır:

- Tane şekli
 - Yuvarlaklık
 - Küresellik

- Tane boyu
- Boylanma
- İstiflenme
 - Paketlenme
 - Tane düzenlenimi

TANE ŞEKLİ

Bir kırıntılı kayada taneler ne kadar küresel ise gözeneklilikte o kadar azalır. Çünkü küresel taneler daha sıkı paketlenirler. Tanelerde köşelilik artarsa gözenek alanı artar.



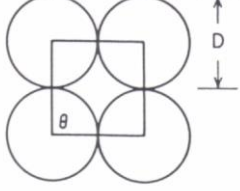
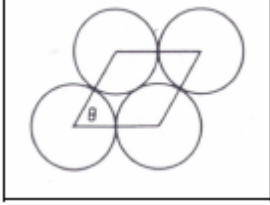
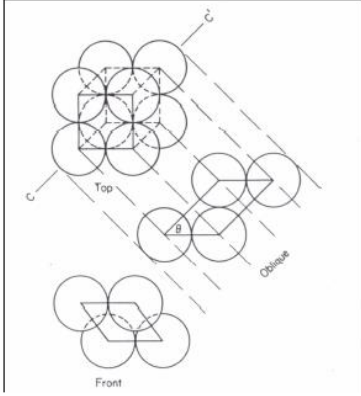
TANE BOYU

- Teorik olarak tane boyu ile gözeneklilik arasında bir ilgi olmamasına rağmen pratikte iri taneli çökeller ince taneli olanlara oranla daha gözeneklidir.
- Tane boyu küçüldükçe geçirgenlikte azalır. Çünkü boşluklar arasındaki boğazlar daralır ve buna bağlı olarak kapiler basınç artar. Buda gözenekliliğin azalmasına yol açar. Eğer gözenek boşlukları, içinde hareket eden sıvı veya gazın molekül boyundan daha küçük olacak olursa kayaç tamamen geçirimsiz olur.

BOYLANMA	
Boylanma iyi ise gözeneklilik ve geçirgenlik artar, boylanma kötü ise azalır.	

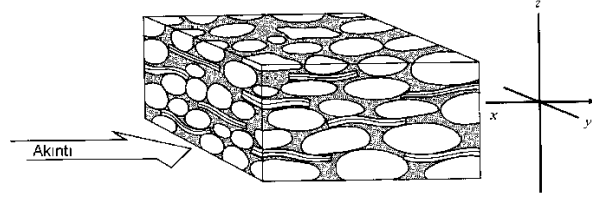
PAKETLENME

Gözeneklilik ve geçirgenlik kübik paketlenmede daha fazla, rombohedral paketlenmede ise daha azdır. Ancak paketlenme türü zamanla sıkışmaya bağlı olarak değişebilir.

 <p>Kübik paketlenme</p>	
 <p>Hekzagonal paketlenme</p>	
 <p>Rombohedral paketlenme</p> <p>Bu veri bize çok ince taneli kayaçların (kiltaşımarn) kaba taneli kayaçlar kadar gözenekli olabileceğini göstermektedir. Fakat bu tip kayaçların geçirgenlik değerleri çok düşüktür.</p>	

TANE YÖNELİMİ

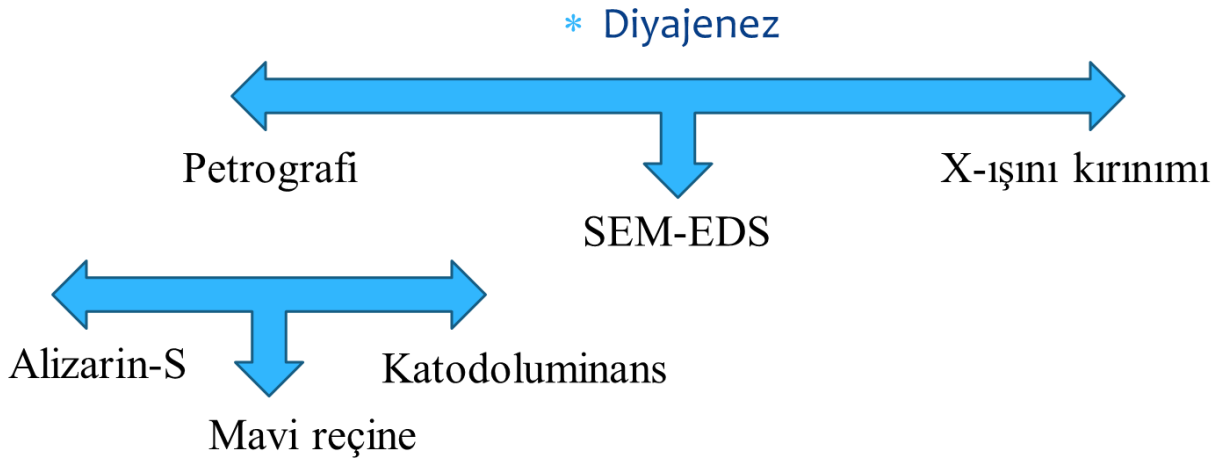
Tane yönelimi gözeneklilikten ziyade geçirgenlik ile ilgilidir. Çökellerde genellikle çubuksu ya da düzlemsel taneler tabakalaşmaya paralel bir yönelim gösterirler. Bu nedenle, hazne kayalarda düşey geçirgenlik yatay geçirgenliğe nazaran daha düşüktür.



DİYAJENEZİN HAZNE KAYALAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Çökeller gömülmenin başlaması ile birlikte çok sayıda değişikliklere uğrarlar. Geçirdikleri diyajenez süreçleri petrol jeolojisi açısından önemlidir. Çünkü diyajenez süreçlerinin büyük bir kısmı geçirgenlik ve gözenegin azalmasına sebep olmaktadır.

Diyajenez, çökeltme-depolanma ortamlarında biriken sedimanların kayaç haline gelinceye kadar geçirmiş oldukları aşamaların (fiziksel, kimyasal, biyokimyasal) tümüdür.



ÇÖKELME		SU-DENİZ TABANI
D İ Y A J E N E Z	ERKEN DİYAJENEZ	SU – SEDİMAN YÜZEYİ
	GEÇ DİYAJENEZ	SİĞ GÖMÜLME DERİN GÖMÜLME
ANKİMETAMORFİZME		YÜKSEK ISI VE BASINÇ
EPİMETAMORFİZMA		

Erken diyajenez, su-sediman yüzeyinden başlayıp sıg gömülmeye kadar olan değişim olaylarını kapsar.

Geç diyajenez ise derin gömülme, sıkılaşma hatta daha sonra yüzeylenmeye bağlı olarak gerçekteşen olayları kapsar.

DİYAJENEZ SÜRESİNCE MEYDANA GELEN OLAYLAR

- * Sedimanların sıkışması ve kompaklaşma
- * Çökeltme esnasında kazanılan birincil gözenekliliğin azalması, tanelerin dokanak yüzeyleri boyunca temasa geçmesi ve tane yoğunluğunun artması ile sonuçlanmaktadır.

ÇİMENTOLANMA

- Belli ölçüde çimentolanma petrol üretimi için yararlıdır. Çünkü az da olsa çimentolanma yoksa üretim esnasında petrol ile birlikte kum gelir ki bu hem hazne kayanın tahrip edilmesine hem de üretim sisteminin bozulmasına neden olur.
- Çimentolanma fazla ise bu hazne kaya gözeneklilięinin azalmasına neden olur.
- Kumtařlarında silis ve karbonat çimento en fazla gözlenen tiptir. Bunun haricinde demiroksit, jips, anhidrit, fosfat, barit ve kil matrikslerde gözlenmektedir.
-

KUMTAřLARINDA GÖRÜLEN KİLLERİN HAZNE KAYAYA ETKİSİ

Kil, kumtaşları içerisinde matriks olarak ya da çimento olarak bulunabilir. Gözeneklilik ve geçirgenliği azaltıcı etkisi vardır. Killer genelde;

- Tane kaplayıcı
- Gözenek dolgulayıcı
- Tane köprüleyici
- Çatlak dolgulayıcı olarak gözlenmektedir.

YENİDEN KRİSTALLENME

Sedimentasyondan sonra, sedimanlar içerisindeki duraysız minerallerin diyajenez süreçleri altında yeniden kristallenerek duraylı hale gelmeleridir

KRİSTALLERİN BİRBİRİNİN YERİNİ ALMASI

Diyajenetik süreçler boyunca, bir mineralin eski mineral üzerinde ve eski mineralin kimyasal bileşimini kısmen veya tamamen değiştirmesidir. Örnek; dolomitleşme. Ca +2 iyonları, çap olarak kendisinden daha küçük olan Mg 2+ iyonlarıyla yer değiştirerek dolomit oluşturur. Bu olay sonucunda gözeneklilikte % 10 civarında artış gösterir.

YENİ KRİSTALLERİN OLUŞUMU (OTİJENEZ)

Sedimanların çökmesi sırasında veya tortulaşmadan sonra kısımda sıkışma ile tanelerin gözeneklerinde bulunan çözeltiler doygun hale gelmektedir. Bunun sonucunda, tane üzerinde ornatmayla, yeniden kristallenmeyle veya üzerinde büyümeyle yeni mineral oluşumudur. Oluşan minerallere, otijenetik mineral denilmektedir.

ERİME İLE GÖZENEKLİLİĞİN ARTMASI

Karbonat tanelerinin ve feldspat gibi duraysız minerallerin erimesi ile hazne kayanın gözenekliliğini artırılabilir.

Karbonat erimesine asidik sular ya da ana kayanın olgunlaşması sırasında derinlerde dışarı atılan sular neden olur.

DIYAJENEZİN KARBONAT HAZNE KAYALARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

- Kumtaşı rezervuarlarının aksine kireçtaşı hazne kayalarında diyajenez çok önemli bir rol oynar. Kireçtaşı ve dolomitler çökme esnasında oldukça gözeneklidir. Ancak diyajenez sonucunda bu nitelik kaybolur.
- Dokusal olarak kireçtaşları resif, karbonat kumu ve karbonat çamurundan oluşurlar.