

KUMTAŞLARINDAKİ İKİNCİL GÖZENEKLİLİK

Secondary Porosity in Sandstones

Hükmü ORHAN Selçuk Üniversitesi- Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, KONYA

ÖZ: İkincil gözeneklilik kumtaşılarının diyajenezinde önemli rol oynar. 1970'lerden sonra yapılan araştırmalar kumtaşılarındaki gözenekliliğin yarısından çoğunun ikincil kökeni olduğunu göstermiştir. Kimyasal, fiziksel, fizikokimyasal, biokimyasal ve biyofiziksel prosesler sonucu ikincil gözeneklilik kumtaşılarındaki çimento ya da tanelerin çözünmesi, buruşması, oyulması ve çatlak-kırık oluşması şeklinde gelişir. İkincil gözeneklilik sedimentlerin depolanmasından hemen sonra ve metamorfizma öncesi herhangi bir zamanda oluşabilir. Yaşlı kumtaşılarında ikincil gözenekliliğin büyük bir kısmı kalsit, dolomit ve siderit gibi karbonat minerallerinin mezojenetik olarak çözünmesi sonucu oluşur.

Feldispat, karbonat, sülfat ya da kayaç parçacıkları gibi duraylı olmayan sedimentler tane ya da çimentonun çözünmesi veya çatlaklanması sonucu oluşan ikincil gözeneklilik kumtaşılarında oldukça yaygındır.

Çatlaklanma dışındaki ikincil gözenekliliğin bir çok açıdan birincil gözenekliliğe benzemesi, ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında birden fazla belirtinin bulunmasını gerektirir. Kısmi çözülme, mold, homojen olmayan paketlenme, aşırı boyutlu boşluk, sıralanmış gözenekler, kemirilmiş taneler, tane içi gözeneklilik, kırılmış ya da çatlaklanmış taneler ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında kullanılan petrografik belirtilerdir.

ABSTRACT: Secondary porosity play an important role in the diagenesis of some sandstones. Studies after 1970's have shown that more than half of the porosity in sandstones is secondary in origin. Chemical, Physicochemical, bioc-chemical, physical and biophysical processes result in secondary porosity through leaching and shrinkage of rock constituents or through the opening and shrinkage of rock constituents or through the opening of fractures. Secondary porosity can originate anywhere in the diagenetic history. Most of secondary porosity in ancient sandstones formed as a result of mesogenetic leaching of the carbonate minerals such as calcite, dolomite and siderite.

Secondary porosity resulting from the dissolution of unstable framework or cement, such as feldspar, carbonate, sulfate or rock fragment is common in sandstone.

Recognition of secondary porosity should be based on multiple evidence because monofractured secondary porosity often mimics primary porosity. Petrographic criteria for recognizing secondary porosity include partial dissolution, molds, inhomogeneous packing, oversized pores, corroded grains, intraconstituent pores and fractured grains.

İKİNCİL GÖZENEKLİLİĞİN ÖNEMİ

Kumtaşılarındaki ikincil gözeneklilik, 1975 yılına kadar pek fazla önemsenmemekteydi. Proshlyakov (1960) kumtaşılarındaki gözenekliliğin önemli bir kısmının yeraltında tuzlu formasyon suyu (salin formation water) tarafından oluşturulduğunu ilk olarak önermiştir. Fakat onun bu önerisi uzun bir süre ihmal edildi. Kumtaşılarındaki ikincil gözenekliliği tanıttı kriterler ilk olarak Chepikov ve diğ. (1961) tarafından ve ikincil gözenekliliği oluşturan olası proseslerin ayrıntılı bir tartışması Savkevic (1969) tarafından yayınlandı.

1975 tarihinden önce kumtaşılarındaki gözenekliliğin çok küçük bir yüzdesi ikincil

gözeneklilik olarak tanımlanmıştı (Şekil 1). Kumtaşılarındaki gözenekliliğin ayrıntılı bir şekilde çalışılması daha önce birincil gözeneklilik olarak tanımlanan gözenekliliğin büyük bir kısmının aslında ikincil kökenli olduğunu ortaya çıkardı. Şu ana kadar yapılan çalışmalar, kumtaşılarındaki gözenekliliğin en az üçte birinin ikincil kökenli olduğunu kesinleştirmiş bulunmaktadır (Şekil 1).

Schmidt ve diğ. (1977), McBride (1977), Schmidt ve Mc Donald (1979a, 1979b) ve Hayes (1979) yaptıkları ayrıntılı araştırmalar sonucunda dünyadaki petrol rezervlerinde gözlenen gözenekliliğin büyük bir bölümünün ikincil olduğunu göstermiş bulunmaktadır.

Gözeneklilik üzerine yapılan çalışmalar, birincil

gözenekliliğin mekaniksel ya da kimyasal sıkışma (compaction) ve çimentolanma sonucu tamamen ya da kısmen gömülmenin başlangıcında tahrip edildiğini göstermiştir. Belirli bir derinlikten sonra ikincil gözeneklilik çimento, tane ya da yer değiştirme minerali olarak gözlenen karbonat ya da sülfatlar gibi kolayca çözülebilen minerallerin tamamen ya da kısmen çözülmesi sonucu oluşabilir. Son yıllarda yapılan yoğun çalışmalar, daha önceki pek fazla bir etkinliği olacağı düşünülmeyen silikat çözünmesi sonucunda da önemli boyutlarda ikincil gözeneklilik oluşabileceğini göstermiştir (Surdam ve diğ., 1984, Surdam ve Crossey, 1987; Crossey, 1985). Gömülmenin başlangıcında oluşan ikincil gözeneklilik tanelerindeki kırılma ve yeniden düzenlenme sonucu çabukça tahrip edilebilir. Fakat gömülmenin sonlarında oluşan ikincil gözeneklilik daha yavaş olarak tahrip edilmektedir. Çünkü bu aşamada sıkıştırma prosesi ihmal edilecek kadar azdır. Kuşkusuz ikincil gözenekliliğin kökeninin, oluşma zamanının ve dağılımının bilinmesi jeolojik açıdan, bilhassa petrol ve yeraltısuyu araştırmasında, oldukça önem taşımaktadır. Petrol yataklarında gözlenen ikincil gözeneklilik petrol göçünden kısa bir süre önce oluşur. Gözenekliliğin derinlikle azaldığı varsayılarak teorik olarak hesaplanan derinlik ve gözeneklilik arasında lineer bir ilişkinin olduğu (yani hesaplanan değerler derinlik-gözeneklilik diyagramına aktarıldığında noktalar bir çizgi üzerine düşer) gözlenmiştir (Maxwell, 1964; Atwater ve Miller 1965). Bu diyagramlarda gözenekliliğin monotonik olarak derinlikle azaldığı varsayılmıştır. İkincil gözeneklilik derinlik-gözeneklilik diyagramında, birincil gözenekliliğin tahribi süresince oluşabileceği gibi daha derinlerde de oluşabilir (Şekil 2). Uzun bir süre, belirli bölgelerde belirli bir derinlikten sonra rezerv gözenekliliğinin oluşamayacağı düşüncesi rezervuar jeologları tarafından kabul edilmekteydi. Bu düşünce derin petrol rezervlerinin bulunması ile ortadan kalkmış bulunmaktadır.

Kumtaşlarının diyanejenezi, sedimentlerin gömülmeleri esnasındaki pozisyonlarına göre üç aşamaya bölünmüştür (Schmidt ve McDonald 1979).

Eodiyajenez: Gömülmenin başlangıcında yüzeyde ya da yüzeye yakın kesimde oluşan diyajenetik prosesleri içerir. Taneler arası su, yüzeydeki ortam tarafından kontrol edilmektedir.

Mezodiyajenez: Etkili gömülmenin olduğu süredeki diyajenetik prosesleri içerir.

Telodiyajenez: Etkili gömülmeden sonra birimin yüzeye ya da yüzeye yakın bir bölgeye çıkmasıyla oluşan diyajenetik prosesleri içerir.

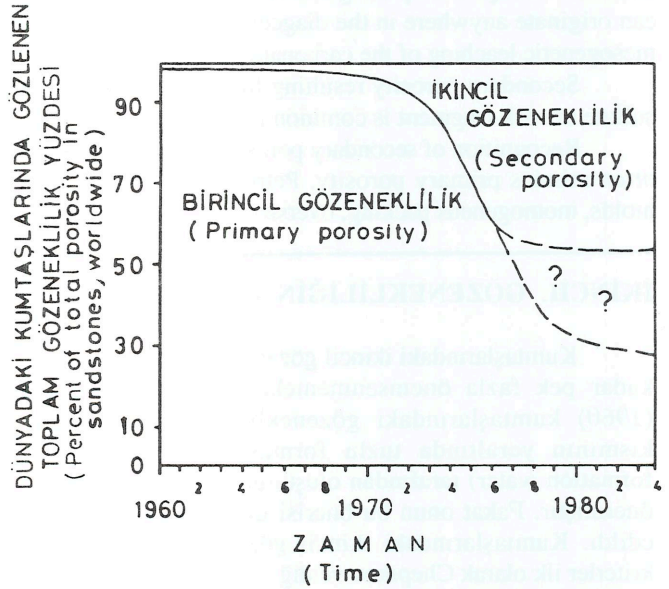
İkincil gözenekliliğin bu ortamdaki oluşma miktarları ortamdaki ortama değişmektedir. İkincil gözenekliliğin çok küçük bir kısmı Eodiyajenez

sürecinde ve çoğunlukla sediment tanelerin çözünmesi sonucu oluşur. İkincil gözenekliliğin büyük bir kısmı Mezodiyajenez süresince oluşmakta ve genellikle kumtaşlarında çimento ya da tane olarak bulunan karbonat minerallerinin çözülmesi sonucu gelişmektedir. İkincil gözenekliliğin oldukça küçük bir bölümü daha ziyade ayrışma, çatlak ya da kırık oluşumları şeklinde Telodiyajenez süresince oluşur.

İKİNCİL GÖZENEKLİLİK OLUŞTURAN PROSESLER

Kumtaşlarında ikincil gözenekliliğin oluşmasına sebep olan prosesler 5 grup altında toplanmıştır (Schmidt ve McDonald, 1974).

a- Kimyasal Prosesler (Chemical Processes): Taneler arası suyun tuzluluk derecesindeki ya da iyon çeşitlerinin oranındaki değişme, sabit sıcaklık ve basınçta gözenek oluşturan çözülmeye sebep olabilirler. Taneler arası suda karbonik asidin oluşması buna güzel bir örnektir. Bu pH'in düşmesine ve karbonat minerallerinin çözünmesine sebep olur. Telodiyajenetik ortamda karbonik asit genellikle atmosferik CO₂'in su ile reaksiyonu sonucu oluşur. Mezodiyajenetik ortamda karbonik asit genellikle sedimentler içinde bulunan organik materyalin ısıya bağlı olarak değişimi sonucu oluşur. Kerojenin sıcaklık artmasıyla çeşitli değişikliklere uğradığı ve bu değişikliklerin oluşumu sırasında suda çözülebilen organik bileşenler, sıvı hidrokarbonlar ve doğal gazların oluştuğu çeşitli ara ürünler (Surdam ve



Şekil 1: Kumtaşındaki gözeneklerin tanımının zamana göre değişimi (Schmidt ve McDonald, 1979).

Figure 1: Change of interpretation of nature of sandstone porosity (Schmidt and McDonald, 1979)

Crossey, 1987; Surdam ve diğ., 1984; Tissot ve Welte, 1982) tarafından gösterilmiştir.

b- Fizikokimyasal Prosesler (Physicochemical Processes): Taneler arası suyun tuzluluk ve iyon oranının sabit kalması, ortamın sıcaklık ya da bancının değişmesi çimento ya da tanelerde çözünme ve buruşmaya sebep olabilir. Örneğin hidrostatik zonda bulunan gözenek suyunun jeostatik zona geçmesi halinde, basınç artması dolayısıyla karbonatça doymun olan gözenek suyunun, karbonatça doymun olmamasına neden olur. Bu da mesojenetik karbonat çözünmesine sebep olur.

c- Fiziksel Prosesler (Physical Processes): Hidrolik ya da mekaniksel streslerdeki değişiklik kırık-çatlak oluşumuna sebep olabilirler. Bu, organizmaları biyokimyasal olarak kayaları oyarak kendilerine yuva yapması, bitkileri gövde ve kökleri için gerekli boşluğu açmak şeklindedir. Alg ve diğer organizmaların metabolik bozuşması karbonik asidin oluşumuna ve dolayısıyla karbonatlı materyalin çözülmesine sebep olabilir. Aynı şekilde sülfat indirgeyici bakteriler sülfat minerallerinin çözülmesine sebep olurlar.

d- Biyokimyasal Prosesler (Biochemical Processes): Çoğu zaman oyucu organizmalar gözenek oluşumuna sebep olabilirler. Bu, organizmaların biyokimyasal olarak kayaları oyarak kendilerine yuva yapması, bitkilerin gövde ve kökleri için gerekli boşluğu açmak şeklindedir. Alg ve diğer organizmaların metabolik bozuşması karbonik asidin oluşumuna ve dolayısıyla karbonatlı materyalin çözülmesine sebep olabilir. Aynı şekilde sülfat indirgeyici bakteriler sülfat minerallerinin çözülmesine sebep olurlar.

e- Biyofiziksel Prosesler (Biophysical Processes): Bu proseslerin ikincil gözenekliliğine olan katkıları oldukça azdır. Oyucu ya da gömücü organizmalar mekaniksel olarak gözenek oluştururlar. Ayrıca kayaların içinde gelişen bitki gövde ve kökleri çatlak ve kırık oluşumuna sebep olabilirler.

Oluşum kökenlerine göre kumtaşlarında oluşan ikincil gözeneklilik beş gurup altında toplanmıştır (Şekil 3, Schmitd ve McDonald, 1979).

1- Çatlak ve kırılma ile oluşan ikincil gözeneklilik (Porosity created by fracturing): Kumtaşlarında oluşan tüm çatlak ve kırıklar bu grup altında toplanır.

2- Çekme, buruşma ile oluşan ikincil gözeneklilik (Porosity created by shrinkage): Bu grup gözeneklilik, glokonit, hematit gibi mineralleri ya da çamur (mud) gibi agregatların dehidratasyonu ya da yeniden kristalleşmesiyle oluşurlar. Gözenek boyutları değişkendir.

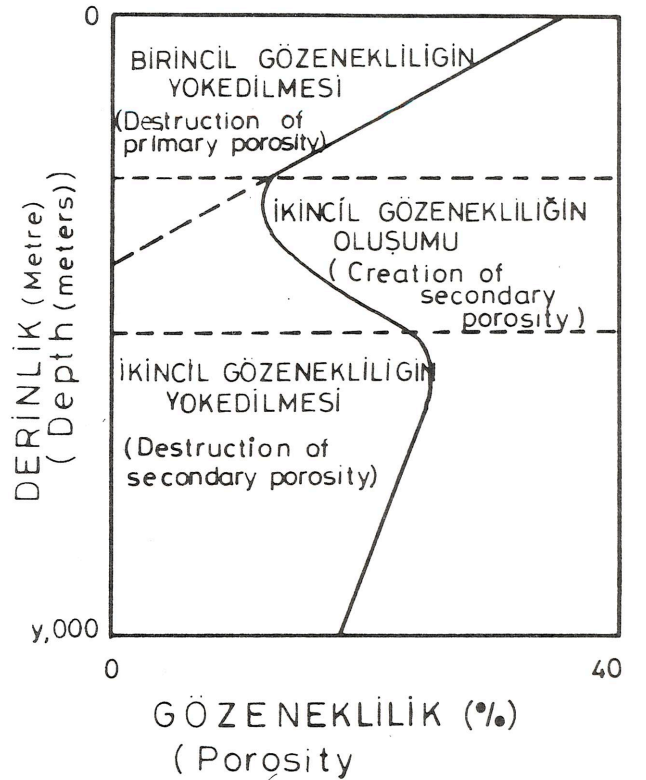
3- Sedimenter materyalin çözünmesiyle oluşan gözeneklilik (Porosity created by dissolution of sedimentary constituents): Bu tür gözeneklilik

kumtaşlarında oldukça yaygın ve önemlidir. Sedimenter tana yada matriksinin (çoğu zaman karbonat mineralleri) seçmeli çözünmesiyle oluşurlar. Gözeneklerin boyutları 1 mikrondan birkaç santimetreye kadar değişebilirler.

4- Otijenik çimento materyalinin çözünmesiyle oluşan gözeneklilik (Porosity created by dissolution of authigenic cementing minerals): Kumtaşlarında oluşan ikincil gözenekliliğin büyük bir bölümü bu grup altında toplanır. Kumtaşlarında çimento olarak bulunan kalsit, dolomit ve siderit gibi kolayca çözünebilen minerallerin çözünmesi bu tür gözenekliliği oluşturur. Çeşitli boyut ve şekillerde gelişir.

5- Otijenik mineral yer değiştirilmesiyle oluşan gözeneklilik (Porosity created by dissolution of authigenic replacive minerals): Sediment tane ya da çimentosunun kalsit, dolomit, siderit, feldispat gibi kolayca çözünebilen kesiminin çözünmesiyle çeşitli boyut ve şekilde oluşur.

İkincil gözeneklilik tek kökenli olduğu gibi birden fazla kökenin ürünü olabilirler. Birden fazla kökenli ikincil gözeneklilik "hybrid" gözeneklilik olarak adlandırılır (Schmitd ve McDonald, 1979).



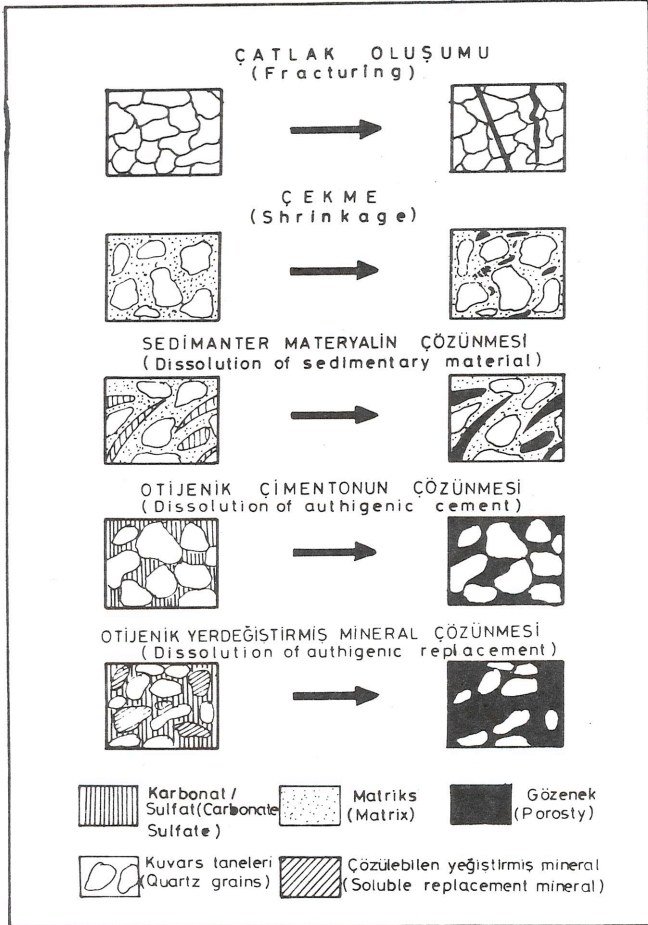
Şekil 2: Birincil ve ikincil gözenekliliğin değişim safhaları ve derinliklerdeki dağılımı (Hayes, 1979)
Figure 2: Depth distribution and evolutionary sequence of primary and secondary porosity (Hayes, 1979).

İKİNCİL GÖZENEKLİLİK DOKULARI

Çatlak-kırık dışındaki ikincil gözeneklilik, çoğu kez yanlışlıkla birincil gözeneklilik olarak tanımlanmakta ve dolayısıyla genellikle varlığı farkedilmemektedir. Bu daha çok ikincil gözenekliliğin, birincil gözenekliliği şekil olarak taklit etmesi, ve çoğunlukla benzer dokulara sahip olmaları nedeniyledir. Şu da bir gerçektir ki, çoğu kez araştırmacı ikincil gözenekliliğin varlığına ve tanımlatıcı kriterlerine yabancıdır. Bu makale, kumtaşlarının diyajenezini çalışanlara, ikincil gözenekliliğin önemini vurgulamak ve tanıttıcı kriterleri verme amacını güder.

Birincil gözeneklilik morfolojisiyle karşılaştırıldığında ikincil gözeneklilik şekilleri üç grub altında toplanır (Schmidt ve McDonald, 1979a, b).

a-) **Birincil gözeneklilikle aynı morfolojide olan ikincil gözeneklilik:** Kumtaşlarının depolanmalarından hemen sonra diyajenezin erken safhalarında çözünebilir bir materyal ile çimentolanan



Şekil 3: Kumtaşlarındaki ikincil gözenekliliğin farklı kökenli oluşumu (Schmidt ve McDonald, 1979)

Figure 3: Textural origin of secondary sandstone porosity (Schmidt and McDonald, 1979)

kumtaşlarında yaygındır. Bu tip ikincil gözeneklilik çözünen materyalin sadece gözenek dolgusu çimentosu olduğu yerlerde olur.

b-) **Birincil gözenekliliğin değiştirilmiş morfolojisine sahip ikincil gözeneklilik:** Daha çok birincil gözenek etrafındaki tane ve çimentonun çözünmesi sonucu birincil gözenekliliğin genişleyerek değişmesiyle olur. Bu gruptaki gözenekler hem çimentonun hem de sedimanter tane ve tane büyümelerinin kenarlarının kısmen ya da tamamen çözünmesi sonucu gelişir.

c-) **Birincil gözeneklilik morfolojisinden bağımsız olan ikincil gözeneklilik:** Sedimenter tane ya da tane büyümelerinin kısmen yada tamamen çözünmesi, tane ya da kayaç çatlaklanması ve tane, matrisi ya da çimentonun çekmesi sonucunda oluşur.

İkincil gözeneklilik şekilleri, birincil gözeneklilik şekillerinden şu açılardan ayrılır; 1) ikincil gözeneklerin boyutları ve şekilleri daha çok değişkendir. 2) ikincil gözeneklerin ağızlarının boyut ve şekilleri oldukça çok çeşitlilik gösterir.

İkincil gözeneklilik dokuları beş ana grup altında toplanmıştır (Schmidt ve McDonald, 1979).

a- **Taneler arası gözeneklilik dokusu (Intergranular pore texture):** Sedimenter taneler arasındaki boşluklar bu grup gözeneklilik dokusunu oluştururlar. Üç alt guruba bölünür.

Normal taneler arası gözeneklilik (Regular intergranular pore): depolanma esnasındaki taneler arası gözenekliliği yansıtır ve birincil gözeneklilikle aynıdır. Bu tür gözenekler, taneler arasında bulunan matris, çimento ya da yer değiştirmiş materyalin çekmesi ya da çözünmesiyle oluşabilir.

Küçültülmüş taneler arası gözeneklilik (Reduced intergranular pores), depolanma esnasındaki gözenekliliğin, tane deformasyonu, tane kontaklarındaki çözünmeyle oluşan kimyasal sıkışma (chemical compaction), tane büyümesi (syntaxial cementation) ya da boşlukta gelişen (fringing cementation) çimentolanmayla kısmen doldurulması sonucu oluşur.

Genişletilmiş taneler arası gözeneklilik (Enlarged intergranular pores), depolanma esnasındaki gözenekliliğin sedimenter tanelerin çekmesi, buruşması, tane kenarlarında tane büyümesi şeklinde oluşan çimentolanma ya da mineral değişimiyle oluşan kesimin çözünmesi sonucu genişlemesiyle oluşur.

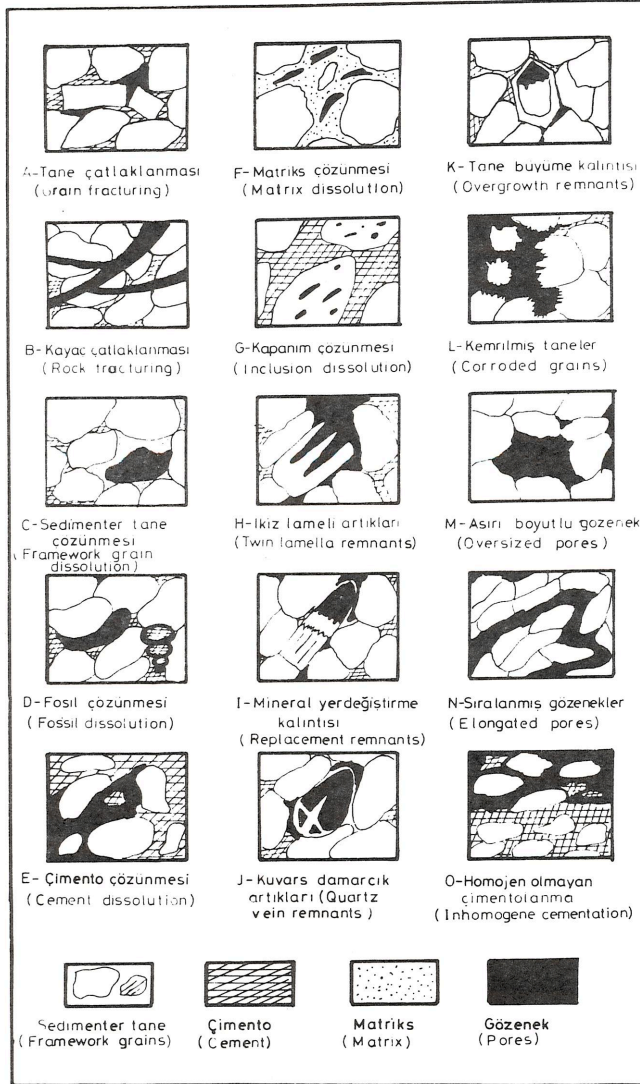
b- **Aşırı boyutlu gözeneklilik dokusu (Oversized pore texture):** Çatlak kırık dışındaki herhangi bir gözenek, gözenek kenarındaki tanelerin boyutundan en az 1-2 kez daha geniş boyutlu ise bu gruba girer. İki alt gruba bölünür.

Fabrik seçmeli aşırı boyutlu gözeneklilik (Oversized fabric selective pores), genellikle kayaçlardaki fabrik elementlerinin kontrolünde

gelişir. Bu ikincil gözenekliliğin tanınmasında önemli bir kriterdir. Diğer gözenek türlerinde olduğu gibi, bu tür gözeneklilik tane ya da çimento materyalinin çekmesi ya da çözünmesiyle oluşur.

Aşırı boyutlu kesme gözeneklilik (Over-sized crosscutting pores) oldukça ender fakat ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında önemli bir kriterdir. Bu tür gözeneklilik kayalarındaki fabrik elementlerini keserek gelişir.

c- Moldik gözeneklilik dokusu (Moldic pore texture): Oluşmalarından önceki materyalin karakteristik izlerini gösteren gözenekler bu grup altında toplanır. Üç alt gruba bölünür.



Şekil 4: Kumtaşlarındaki ikincil gözenekliliğin tanınmasında kullanılan kriterler (Schmidt ve McDonald, 1979 ve Shanmugam, 1985).

Figure 4: Criteria for recognizing secondary porosity in sandstones (after Schmidt and McDonald, 1979 and Shanmugam, 1985).

Tane mold gözeneklilik (Grain-mold pore) kumtaşlarında oldukça yaygın ve kayalarda tane seçmeli çözünme sonucu gelişirler (Şekil 4-C).

Çimento mold gözeneklilik (Cement mold pore), ard arda gelişen en az üç diyajenetik değişme sonucu oluşur; a) Çözünmüş euhedral kristal yüzeyli ya da başka bir morfolojideki mineralin yüzeyleri ilk olarak çimentolanır, b) geriye kalan boşluk başka bir çimento ile doldurulur, c) gözeneklilik oluşturan prosesler seçmeli olarak ilk çimento çözerler (Şekil 4-I).

Yerdeğiştirmiş mineral mold gözenekliliği (Replacement-mold pore Texture) euhedral kristal yüzeyleri geliştirerek oluşan yerdeğiştirme minerallerinin çözünmesi şeklinde gelişir.

d- Tane içi Gözeneklilik Dokusu (Intra-constituent Pore Texture): Sedimenter tane, matriks, çimento ya da yerdeğiştirmiş mineraller içinde gelişen gözeneklilik bu gruba girer. Tane içi gözeneklilik, tane kenarlarından çok tane içinde gözeneklilik oluşturan proseslerle gelişir. yüksek oranda tane içi gözeneklilik içeren taneler balpeteği yapılı tane "honeycombed grains" olarak tanımlanır ve ikincil kökenlidir.

e- Kırık-çatlak Gözeneklilik Dokusu (Fracture Pore Texture): Kayac tane ya da kayacın kendisinin belirli bir yüzey boyunca ayrılması çatlak ve kırık oluşumuna sebep olur. Kumtaşlarında üç çeşit kırık-çatlak gözenekliliği gözlenebilir.

Açık kayac çatlaklar (Open rock fractures), birden fazla tane ya da taneler arası boşluğu kesen bir ayrılma yüzeyine sahiptirler. Bazen bu çatlaklar tane kenarlarını izler, fakat çoğu kez sedimenter tane, çimento, matrix ve diğer diajenetik fabrikleri keserler (Şekil 4-B)

Açık tane çatlaklarında (Open Grain Fracture), ayrılma yüzeyi sadece bir tane içinde gözlenir (Şekil 4-A). Taneyi baştan başa kesen çatlaklar kuşkusuz ikincil kökenlidir. Fakat tanenin sadece bir bölümünü kesen çatlak birincil ya da ikincil kökenli olabilirler.

Açık taneler arası çatlaklarda (Open intergranular fractures), çatlak sadece tanelerarası boşlukta gelişmiştir. Bu tür çatlaklar tane arası çimento, matriks ya da yerdeğiştirme mineralleri içinde oluşur.

İKİNCİL GÖZENEKLİLİĞİN TANINMASI

İkincil gözenekliliği tanımlarken, herşeyden önce şu gerçeğin farkında olmalıyız. İkincil gözeneklilik çoğu kez birincil gözenekliliğe benzer dokular gösterir, hatta bazen birincil gözenekliliği şekil olarak taklit eder. Bundan dolayıdır ki ikincil gözeneklilik son zamanlara kadar farkedilmemiştir.

İkincil gözeneklilik, çoğu kez, bazı petroğrafik kriterlerin kullanılmasyla, kayac ince kesitlerinin petroğrafik mikroskop altında incelenmesiyle tanımlanabilir (Chepikov ve diğ. 1961, Schmidt ve

McDonald, 1979). Elektron mikroskop (Scanning Electron Microscope), petrografik mikroskopta gözlenen ikincil gözeneklilik tanımlanmasının doğrulanmasında kullanılır (Pittman, 1972; Burley ve Kantorowicz, 1986). Aşağıdaki sekiz petrografik kriter, kumtaşlarındaki ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında yardımcı olur (Chepikov ve diğ., 1961; Schmidt ve McDonald, 1979; Shanmufan, 1984 ve 1985).

1- Kısmi çözünme (Partial dissolution): Kısmi çözünme kumtaşlarında oldukça yaygın ve çoğu kez ikincil gözenekliliğin kesin bir belirtisidir. Sedi-menter tane ya da çimento çoğu kez tamamen çözünmez. Bazı tane ve çimento artıkları gözenek içinde ya da kenarlarında gözlenebilir. Fakat bu durumlarda oldukça dik-katli olmalıyız. Çünkü tamamlanmamış çimentolanmada aynı dokuyu gösterebilir. Kemirilmiş (Corroded) yüzeylerin varlığı, artık poikilitik çimento kristallerinin uniform olarak sönmesi çimento içi gözeneklilik ve çimentodaki zonlu büyümenin kesilmesi otojenik çimentonun kısmi çözünmesinin belirtileridir (Şekil 4, B,F)

2- Mold: Tane moldlar kumtaşlarında oldukça yaygın ve sık olarak gözlenir. Çözünmeden önceki tane, çimento ya da yerdeğiştirmiş minerallerin karakteristik izlerini gösteren moldlar ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında oldukça faydalıdır.

3- Homojen olmayan paketlenme (inhomogeneous packing): Bu kumtaşlarında oldukça yaygın ve faydalı bir ikincil gözeneklilik belirtisidir. Gevşek paketlenmiş taneler ile sıkıca paketlenmiş tanelerin yan-yana bulunması, çözülebilen matris ya da çimentonun dağılımının başlangıçtaki farklı olduğunun bir belirtisidir. Sıkı paketlenmiş kesimler taneler arası matris ya da çimentonun çok az ya da hiç olmaması nedeniyle bu kesimdeki tanelerin mekanik olarak sıkışması ya da kimyasal kaynaşması sonucunda gelişir. Taneler arası çimento ya da matrisin varlığı, tane sıkışması ya da tane kaynaşmasını engeller. Diyajenezin ileri safhalarında bu çimento ya da matrisin çözünmesi gevşek paketlenene kesimlerin oluşmasına sebep olur. Homojen olmayan paketlenme, en iyi şekilde, tabakalanmaya dik olarak paketlenme, en iyi şekilde, tabakalanmaya dik olarak kesilmiş kesitlerde gözlenebilir (Şekil 4-O). Homojen olmayan paketlenme, çoğu kez el örneklerinde çıprak gözle ya da lup aracılığı ile gezlenebilir.

4- Aşırı boyutlu gözenek (Oversized Pores): Kenarlarındaki tanelerin boyutundan daha büyük boyutlu gözenekler kumtaşlarında oldukça yaygındır ve ikincil gözenekliliğin önemli bir belirtisidir (Şekil 4-M). Aşırı, boyutlu gözenekler çoğu kez, homojen olmayan paketlenmeyle beraber gözlenir. Aşırı boyutlu gözenekler, kumtaşlarında kanal oluşumuna neden olabilirler ki bu da açıkça ikincil gözenekliliğe işaret eder.

Aşırı boyutlu gözenekler, çoğu kez el örneklerinde gözlenebilir.

5- Sıralanmış gözenekler (Flogated pores): İkincil gözenekliliğin iyi bir belirticisidir. Fakat bu kriter kullanırken dikkatli olunmalıdır. Çünkü birincil olarak sıralanmış gözenekler, çok miktarda yassı taneler içeren kumtaşları ya da iyi paketlenmiş, oldukça köşeli çok küçük tanelerden oluşmuş kumtaşlarında oldukça yaygındır. Sıralanmış gözeneklilik (Şekil 4-N) en iyi olarak ince kesitlerde gözlenir.

6- Kemirilmiş Tane (Corroded grains): Gözenek kenarlarındaki tanelerin kemirilme belirtisi göstermesi ikincil gözenekliliğin varlığını işaret edebilir. Genellikle kum tane kenarlarında gelişen mineral yer değiştirmesi ya da mineral büyümesinin farklı derecelerde çözünmesiyle oluşur. Otijenik kuvars büyümesi gösteren kuvars tanelerinin kemirilmesi ikincil gözenekliliğin varlığının inandırıcı bir belirtisidir. Kemirilmiş tanelerin sedimenter prosesler sonucunda da oluşabilmeleri nedeniyle bu kriteri kullanırken dikkatli olmalıyız. Tanelerdeki diyajenetik kemirilme, ince kesitlerin mikroskop altında ya da örneklerin elektron mikroskopla incelenmesiyle gözlenebilir (Şekil 4-L).

7-Tane içi gözeneklilik (Intra-constituent pores): İkincil gözenekliliğin iyi bir belirtisi olabilir. Bal peteği şeklindeki tanelerdepolanma sonrası çözünmenin iyi bir belirtisidir. Çünkü bu yapı taşınma ya da gömülme esnasında kolayca yok edilir. Bal peteği şekilli taneler en iyi şekilde incekesitlerde gözlenir (Şekil 4-G-H).

8- Açık tane çatlaklar (Open grain fractures): Tane kaynaşması ya da tane büyümesi gösteren tanelerden oluşmuş kumtaşlarındaki ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında oldukça önemli bir kriterdir. Tane çatlaklanması en iyi şekilde ince kesitlerin mikroskop altında gözlenmesiyle belirlenir (Şekil 4- A,B)

SONUÇLAR

Uzun bir süre öneminin farkına varılmayan ikincil gözenekliliğin kumtaşlarının diyajenezlerinde önemli rol oynadığı 1970'lerden sonra yapılan ayrıntılı çalışmalar sonucu ortaya çıkarılmıştır. Yerin derinliklerinde kumtaşlarında ikincil gözeneklilik oluşturan birçok mekanizma mevcuttur. İkincil gözeneklilik kumtaşlarının mineralojisine, dokusuna, yaşına ya da bulunduğu derinliğe bağımsız olarak oluşabilirler. Son yıllarda saptanan derin petrol yatakları bunun güzel bir kanıtıdır.

İkincil gözeneklilik çoğu kez birincil gözenekliliğe çok benzer, fakat bazen oldukça değişik dokulara sahiptir. Bu nedenle ikincil gözenekliliğin varlığını tanımlamada birden çok kriterin araştırılması gerekmektedir. Bir kriter tek başına yeterli olmayabilir.

Kumtaşlarındaki ikincil gözenekliliğin varlığı, belirli bir sayıdince kesitin iyi bir petroğrafik mikroskopla yukarıdaki kriterler kullanılarak tanımlanabilirler.

İnce kesit yapımı sırasında gözenek kenarlarında yapılması olası tahribleri önlemek için kumtaşı örneklerinin renkli bir epoxy ile impregne edilmesi gerekmektedir.

Çoğu kez geleneksel petroğrafik mikroskop ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında yeterli olabilir. Fakat bazan tanımlanmanın doğruluğundan emin olabilmek için Cathodeluminescence mikroskop, Elektron mikroskop ya da microprobe analizlerine başvurulmalıdır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Atwater, G.I. and E.E. Miller, 1965, The effect of decrease in porosity with depth on future development of oil and gas reservoirs in southern Louisiana (Abs): Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 49, p. 344.
- Burley, S.D. and J.D. Kantorowicz, 1986, Thin section and S.E.M. textural criteria for the recognition of cement-dissolution porosity in sandstones: Sedimentology, v. 33, p. 587-604.
- Chepikov, K.P., Y.P. Yermolova and N.A. Orlova and N.A. Orlova, 1961, Corrosion of quartz grains and examples of the possible effect of oil on the reservoir properties of sandy rocks: Doklady of Academy of Sciences of the USSR, Earth Science Sections, v. 140, P. 1111-1113 (In English).
- Hayes, J.B., 1979, Sandstone diagenesis- the hole truth, SEPM Special Publication 26, p. 127-139.
- Maxwell, J.C., 1964, Influence of depth, temperature and geologic age on porosity of quartzose sandstone. Am. Assoc. Petroleum Geologist Bull. v. 60, p. 543-553.
- McBride E.F., 1977, Secondary porosity, importance in sandstone reservoirs in Texas: Transactions of the Gulf Coast association of Geological Societies, v. 27, p. 121-122.
- Pittman, E.D., 1979, Porosity, diagenesis and productive capacity of sandstone reservoir, SEPM special Publication 26, p. 159-173.
- Proshlyakov, B.K., 1960, Reservoir rocks as a function of their depth and lithology Geo. Neffi Gaza, v. 4, no. 12, p. 24-29.
- Savkevich, S.S., 1969, Variation in sandstone porosity in lithogenesis (as related to the prediction of secondary porous oil and gas reservoir): Doklady of Academy of Sciences of the USSR, Earth Sciences Sections, v. 184, p. 161-163 (in English)
- Schmidt, V., D.A. McDonald and R.L. Platt, 1979, Pore geometry and reservoir aspects of secondary porosity in sandstones: Canadian Soc. Petroleum Geologists Bull. v. 25, p. 271-290.
- Schmidt, V., and D.A. McDonald, 1979 a, The role of secondary porosity in the course of sandstone diagenesis: SEPM Special Publication 26, p. 175-207.
- Schmidt, V., and D.A. McDonald, 1979 b, texture and recognition of secondary porosity in sandstones: SEPM Special Publication 26, p. 209-225.
- Shanmugan, G., 1984, Secondary porosity in sandstone: Basic contribution of Chepikov and Savkevich: AAPG Bull. v. 68 P. 106-107.
- Shanmugan, G., 1985, Significance of secondary porosity in interpreting sandstone composition: AAPG Bull. v. 69 p. 378-384.
- Surdam, R.C., Crossey, L.J., 1987, Integrated diagenetic modelling: A process-oriented approach for clastic systems; Ann. Rev. Earth Planet. Sci., v. 15, p. 141-170.
- Surdam R.C., and Crossey, L.J., 1984, The chemistry of secondary porosity, In D.D. McDonald and R.C. Surdam (eds), Clastic Diagenesis; Amer. Assoc. Petrol. Geologists Memoir. 37, p. 127-149.
- Tissot, B.P. and Welte, D.H., 1982, Petroleum Formation and Occurrence, New York, Springer-Verlag, 638 pp.