

Kumtaşı Diyajenezinde Yeni Gelişmeler*

Talat ÖZBEK, M.T.A. Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Dairesi ANKARA

ÖZ :

Kumtaşları konusunda araştırma gerektiren ve kumtaşı diyajenezinde çözümlenmemiş sorunlar dört grup altında toplanabilir (9). İki; tanelerarası birincil gözeneklilik ve kum geçirimsizliği, gömülme diyajenezinin erken evrelerinde önemli ölçüde azaltılır ve tümüyle yok olmaya maruzdur. Gözeneklilik azaltan başlıca mekanizmalar sıkışma, çimentolaşma, yeniden kristallenme ve yer değiştirme olarak sınıflanabilir. Derinlikle oluşan gözeneklilik kaybı, esas olarak orijinal kum bileşimi ile ilgilidir.

İkincisi; diyajenezin daha sonraki evrelerinde gelişen ikincil gözeneklilik, kırıntılı ve otijenik minerallerin çözünmesi ile ilişkilidir. Gözeneklilik derinde yeniden oluşturulur ve artar. Çoğu ana hidrokarbon rezervuarlarının gözenekliliği temelde ikincil olup, literatürde sık rastlanan güncel bir konudur. Eğer ikincil gözeneklilik rezervuar gözenekliliği olarak hizmet ediyorsa, hidrokarbon göçünden önce oluşmuş olması gerekir. İkincil gözeneklilik diyajenetik olarak tahrip edilebilir, fakat büyük derinliklere birincil gözeneklilikten daha dayanıklıdır.

Üçüncüsü; kumtaşlarının kimyasal diyajenezi kinetik bir süreç olup, mineraller kumtaşları içerisinde hareket halinde sulu çözeltilerle çözünür, taşınır ve çökeltilir. Suyun ana kaynağı, kumtaşları ile ardalanmalı şeyillerin sıkışması ile açığa çıkan sulardır. Çökel ortamı içerisindeki yollardan hareket eden suyun kimyasal devriminin yeniden oluşması ve göç zamanı, kumtaşı gözenekliliğinin yeraltı dağılımını saptamada kullanılan başlıca ipuçlarıdır. Bilgisayar uyarlaması ile hidrodinamik koşulların ve mineral reaksiyonlarının matematiksel modellenmesi, gözeneklilik tayininde gelecek vaat eden bir yaklaşım olmaktadır.

Dördüncüsü; verilen bir çökeltme ortamında kumtaşı diyajenezi beslenme alanı, çökeltme ortamları ve tektonik konumun gömülme ve diyajenez öncesi faktörleri tarafından programlanır. Birbirleri ile ilgili bu faktörler, neticede mineral reaksiyonları ve sıvı-akım oranlarını yönlendiren kumtaşı bileşimi ve dokusunu etkiler.

Diyajenetik süreçler köken, miktar, yeraltı dağılımı, gözenek boyu dağılımı, gözenek şekli, yüzey ala-

nı ve eşlik eden geçirimsizliğe bağlı olarak gözenekliliği belirler.

Bundan dolayı diyajenetik gelişim petrol endüstrisinde çalışan jeologlar ve mühendisler tarafından gözönüne alınmalıdır.

GİRİŞ :

Petrol endüstrisinde, kumtaşı diyajenezi ve uygulamaları hakkındaki çalışmalar birbirleriyle ilişkili birçok konuyu kapsamaktadır.

1) Diğer koşulların yanında uygun rezervuar gözeneklilik ve geçirimsizliği, hidrokarbon birikimleri için gereklidir.

2) Potansiyel bir rezervuarın varolan gözeneklilik ve geçirimsizliği, orijinal gözenekliliğin diyajenetik süreçlerle değiştirilmesi sonucu oluşur.

3) Sıkışmadan başka, mineraller ve göçeden gözenek sıvuları arasındaki reaksiyonlar, gözenekliliği değiştiren önemli diyajenetik süreçler olarak bilinir.

4) Kumtaşı diyajenezi bir dereceye kadar gömülme ve diyajenez öncesi tektonik konum, beslenme alanı ve çökeltme ortamları ile belirlenir.

1893 yılında Walther modern diyajenez kavramını tanıttığından beri, birçok araştırmacı diyajenetik süreçleri ve ürünlerini çalışmışlardır. Bu makalenin amacı yeni alet teknolojisi, deneysel çalışmalar, kayalarda kimyasal süreçlerin daha iyi anlaşılması ve eski teknikleri kullanan becerikli gözlemcilerin çalışmalarının ışığında özellikle son on yıldaki gelişmeleri tekrar etmektir.

Bu konuda ilginizi çeken ve tekrarında yarar gördüğümüz konular şunlardır:

1. Zeolitlerin gömülme metamorfizmasındaki önemi; 2. Grovakiarın anlaşılmasındaki gelişme; 3. Kumtaşlarında otijenik killerin önemi; 4. Kuvarlı kumtaşlarının çimentosunu oluşturan silis kaynakları; 5. İkincil gözenekliliğin önemi; 6. Kırmızı katmanların diyajenezi ve 7. Kimyasal diyajenezin matematiksel modellenmesi.

Kumtaşı diyajenezinde diğer güncel derlemeler veya tartışmalar bazı çalışmacılar (8-12) tarafından yayınlanmıştır. Kumtaşı diyajenezine yenilenmiş bir ilgi, petrol endüstrisi tarafından petrol ve gaz araştırmasının, diyajenez nedeniyle daha kötü rezervuar özelliklerine sahip kumtaşı rezervuarlarına kaydırılması ile canlandırılmıştır. Bu düşük kaliteli rezervuarlar sıkı veya derin olabilir.

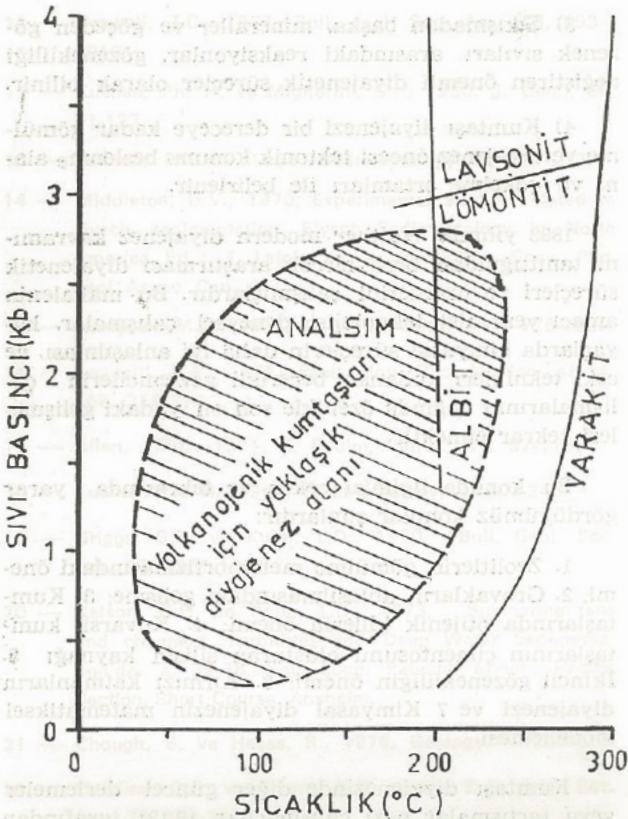
(*) Bu makale derleme niteliğinde olup geniş olarak «Pittman, E.D., 1979, Recent advances in sandstone diagenesis: Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 7, 39-67» adlı yazıdan yararlanılarak düzenlenmiştir.

GÖMÜLME METAMORFİZMASINDA ZEOLİTLERİN ÖNEMİ :

Coombs 1961 yılında «gömülme metamorfizması» terimini jeolojik literatüre tanıttı. Artan sıcaklık (mağmatik sokulumla ilgili olmayan) ve gömülme metamorfizması ile ilişkili basıncın, yapraklanma gelişimi olmaksızın yaygın mineral değişmelerine neden olduğuna inanılmaktadır. Bu anlamda gömülme metamorfizması, bölgesel metamorfizma gibi olan ve yapraklanmayı oluşturan süreçlere uygulanan yük metamorfizması, statik metamorfizma veya jeotermal metamorfizma cinslerinden ayrılır.

Metamorfik zeolit fasiyesleri değişik yörelerde tanımlanmıştır (2,3,29). Daha sonra (3,29), zeolit fasiyesine ait orijinal metamorfik fasiyes kavramını beraber bulunduğu diğer mineral birliklerini de içerecek bir mineral fasiyesi kavramına genişlettiler. «Zeolit fasiyesi» en iyi şekilde diyajenezden metamorfizmaya geçişte köprü görevi yapan bir mineral fasiyesi olarak tanımlanır ve diyajenetik, metamorfik ve hidrotermal süreçlerle üretilen mineral birliklerini içerir (Şekil 1).

Birçok çalışmacı (bkz-Zen, 1974) gömülme metamorfizmasının karmaşıklığını ve zeolit mineral fasiyesinin gelişimini gösteren bir dizi yorumlar ortaya



Şekil. 1 Seçilmiş denge reaksiyonları için sıvı basıncı-sıcaklık diyagramı. Volkanojenik kumtaşları için yaklaşık diyajenez alanı taralı bölge ile gösterilmektedir. Boles ve Coombs (1975) tarafından yayınlanmış orijinal diyagram Surdam ve Wood (1978) tarafından değiştirilmiştir.

koydular. Değişik çalışmalar (1,23,29) göstermiştir ki, mineral dağılım örneğindeki karmaşıklık; 1. sıcaklık, 2. basınç, 3. kayaç bileşimi, 4. reaksiyon oranları, 5. geçirimsizlik, 6. çekirdek kinetiği, 7. tek yönlü reaksiyonlar, 8. tamamlanmamış reaksiyonlar ve 9. katman içi sulardaki iyonik etkinlik oranlarının birbirini etkilemesi, 10. Karbon dioksitin kısmı basıncı, 11. Toplam basınç ile sıvı basıncı ilişkisi ile ilişkilidir. Bu değişkenlerin birbirlerini etkilemeleri nedeniyle, zeolit mineral grubu bölgeden bölgeye hatta tek bir bölgede bile değişir.

Gömülme metamorfizması ve zeolit fasiyesi tanımlamaları ve orijinal kavramlarına dayanarak, lömontit metamorfizmanın belirtisi olarak düşünülmüşken, holondit ve analsim diyajenetik bölgenin tanınmasında kullanılmaktadır. Mineralojiyi denetleyen değişkenler yüzünden bu yaklaşımın gerçek dışı olduğu savunulmuştur (1). Lömontit metamorfik bölgede 300°C'ye kadarki sıcaklıklarda oluşabildiği gibi, 50°C'ye kadar düşük sıcaklıklarda çimento ve ornatma minerali olarak da oluşabilir.

Diğer zeolit minerallerinin önemi de gözden geçirilmiştir. (1) Bir zamanlar metamorfizmanın kanıtı olduğu düşünülen Prehnit'in, şimdi kumtaşlarında 90°C'ye kadar düşük sıcaklıklarda oluştuğuna inanılmaktadır. Pumpelleyit tahminen 190-200°C alt sıcaklık sınırında oluşan daha yüksek derecede bir mineral fasiyesini temsil eder.

Volcano-klastik kumtaşları özellikle zeolit oluşumuna elverişlidir, fakat bu zeolit türü volkanik kırıntı içermeyen denizel arkozik kumtaşlarında da oluşabilmektedir. Lömontitleşme hem düşey hem de yatay olarak bölgesel veya yersel olarak oluşabilir. Petrol içeren arkozik rezervuarlar özellikle lömontitleşmeye elverişlidir. Bu kayaçlarda lömontit oluşumu için kritik koşullar, 17.200-20.000 ppm sodyum klorit konsantrasyonlu suların varlığında 300 bar basınç ve 120°C sıcaklık ile pH'nin yaklaşık 7 olduğu ortamlardır. Lömontit en kolay şekilde volkanik kırıntılı ve yüksek geçirgenliği olan fluvial kumtaşlarında, yüksek jeotermal gradientler altında oluşur.

Özetle, zeolit fasiyesi gelişimi, bir dizi kimyasal ve fiziksel faktörler nedeniyle çok karmaşıktır; ve sıcaklık ve basınç artışının basit bir sonucu olarak gelişmez. Hernekadar zeolit içeren kumtaşlarının çoğu gömülme metamorfizmasını belirleyen basınç-sıcaklık koşullarında oluşursa da herhangi bir metamorfik özellikten yoksundurlar. Bu kayaçlar % 25'e kadar diyajenetik mineraller içerirse de kumtaşlarının doku ve yapılarını gösterirler.

GROVAKLARIN ANLAŞILMASINDAKİ GELİŞMELER :

Grovaklar belki de en yanlış anlaşılıp tortul kayaçlardır. Bu sorun kısmen terminolojideki uyumsuzluklardan ve kısmen de bu kayaçların karmaşıklığından kaynaklanmaktadır.

Çalışmacılar arasındaki tek uyumlu nokta, grovakların «kirli kumtaşları» olduğudur. Bundan dola-

yı grovak terimi saha kullanımı veya resmi olmayan kullanım ile sınırlandırılmalıdır (5). Çalışmacıların çoğu grovak terimini bazı dokusal veya bileşimsel özelliklerle sınırlamaya çalıştıklarından, sorunlar ortaya çıkmıştır. Grovaklar hakkındaki karışıklık köken, doku, menaraloji ve petrografi özelliklerini yorumlamada karşılaşılan güçlükler nedeniyle yıllarca sürmüştür.

Neticede grovaklardaki matriksin kökende birincil olmaktan çok diyajenetik olduğu görüşü ortaya atıldı. Birincil kırıntılı matrikse karşı Cummins'in itirazlarından birisi, grovak tipi güncel bir kumtaşı bulunmasındaki başarısızlığı. Hollister ve Heezen (1964) tarafından incelenen 118 karottan sadece ikisinin birincil matriks içeren grovak tipi bir kum olduğu gözlenmiştir. Buller ve McManus (1973) bir kumtaşındaki kum boyutundaki mineral tanelerinin yaklaşık % 30'unun diyajenetik parçalanması sonucu güncel bir türbiditin grovaka dönüşeceği sonucuna vardı. Bazı çalışmacılar petrografik verilere dayanarak grovaklardaki matriksi diyajenetik olarak yorumladı.

Grovakların kökenini yorumlamada ve anlamada karşılaşılan üç ana problem tartışılmıştır (5). 1. Özellikle litik parçalar ve diğer bozunmuş taneler gibi kırıntılı tanelerin tanımı, 2. beslenme alanı yorumu ve 3. matriks kökeninin tanımı. Dickinson kalsit ve zeolit gibi boşluk dolduran mineraller ve fillosilikatları çeviren boşluğun matriksle dolması şeklinde iki çins çimento tanımladı. Aynı araştırmacı matriksin değişik yollarla oluşabileceğini ileri sürdü: 1. Protomatriks-orijinal killi kırıntıdan, 2. ortomatriks-yeni kristallenmiş kil boyutundaki kırıntıdan, 3. epimatriks-diyajenez esnasında açık çatlaklardaki çökmeyle ve 4. psödomatriks-fillosilikatlarca zengin tanelerin plastik deformasyonu ile oluşur. Bu matriks tiplerini ayırmak güçtür, fakat Dickinson (1970'in kriterlerini kullanarak çoğu kez ayrılabilirler. Grovak istiflerinin beslenme alanı ve diyajenetik yorumlarını yapmak için dikkatli ve iyi bir petrografi bilgisine ihtiyaç vardır.

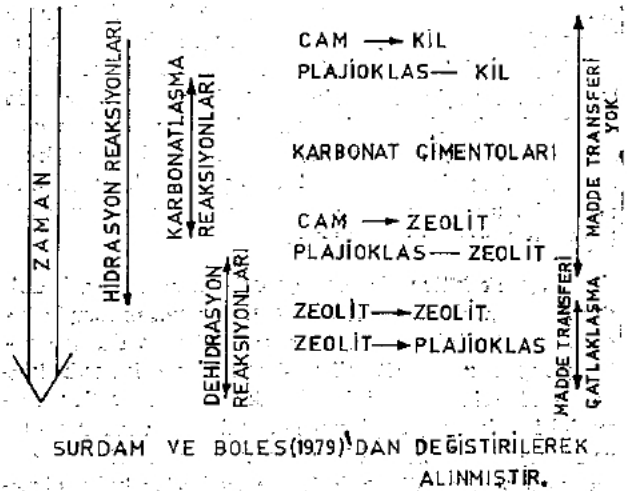
Çimentolaşma ile dokunun çok etkilenmediği gömülmenin erken ve orta evrelerinde fiziksel diyajenezin (sıklaşma) özellikle belirgin olduğu belirtildi (7). Kimyasal diyajenez bu araştırmacı tarafından üç eyreye ayrılmıştır: 1. Çok erken kalsit çimentonunun yerel olarak oluşumu, 2. gözenek çeperlerini saran kil minerallerinin çökeliminde kullanılmak üzere alüminyum ve silisin ortamda kullanılmaya hazır olmasını sağlayan kararsız tanelerin bozunması ve 3. zeolit ve kil minerallerinin çimento olarak çökmesi. Galloway, kimyasal diyajenez esnasında tanelerin yer değiştirmesi (otijenez) diyajenetik gelişmeyi karmaşıklaştırdığı ve kayacın orijinal dokusunun oluşmasına yardımcı olduğunu vurguladı. Bütün grovaklar yaygın otijenik fillosilikat çimentoya sahip değildir. Oregon'daki Eosen yaşlı Umpqua Formasyonu gömülme derinliği, sıcaklık ve reaktif malzeme kaynağı uygun olduğu haldе yaygın fillosilikat çimentodan yoksundur. Bu kumtaşları psödomatriks oluşturmak için plastik olarak deforme olmuş litik parçalarca zengindirler. Kal-

sit çimento ve kötü boyulanma ile beraber bu psödomatriks fillosilikat çimento gelişimini geciktiren ufak gözenek aralıkları, azalmış geçirimsizlik ve sınırlanmış sıvı hareketine neden olur.

Sıcaklık, diyajenez ve dolayısıyla gözeneklilik derecesini etkileyen önemli bir değişkendir. Yüksek jeotermal gradientli kuyular, sığ derinliklerde kimyasal diyajenetik evreleri geçirirler ve aynı derinliklerde düşük jeotermal gradientli kuyulardaki kumtaşları daha düşük gözenekliliğe sahiptirler.

Zeolitler grovaklarda çimento ve diğer minerallerle yer değiştirme şeklinde gelişebilir. Cam ve feldispatların bozunması ile oluşan zeolitlerin sulu reaksiyonlarda yer aldığı (23) belirlendi. (Şekil 2); onun için zeolit çimentoları ve ornatmaları reaksiyona giren elemanlardan daha fazla hacim tutarlar ve bu durum gözenek boşluğunun tahribine neden olur. Aynı araştırmacılar, zeolit-zeolit ve zeolit-feldispat reaksiyonlarının çatlaklaşma ile ilişkili olarak madde transferine karışan dehidrasyon reaksiyonları olduklarını kanıtladılar. Bu evrede karbonat minerallerinin çözünmesi ile ikincil gözeneklilik oluşabilir.

VOLKANİK KUMTAŞLARININ DİYAJENEZİ



Şekil. 2. Volkanojenik kumtaşlarının diyajenezini açıklayıcı tablo Surdam ve Boles, 1979).

Özetle, grovak matriksi ancak dikkatli petrografi ile tanımlanabilen birden fazla kökene sahiptir. Grovak terimi en iyi şekilde saha terimi veya resmi olmayan bir terim olarak kullanılır. Kil çeşitleri gömülme metamorfizmasına yanıt olarak otijenik gözenek kaplayıcı ve doldurucuları, kalsit ve zeolitler ise mineral çimentoları olarak yaygındırlar. Daha sonra gelişen dehidrasyon reaksiyonları ikincil gözeneklilik oluşumuna neden olurken, hidrasyon reaksiyonları gözeneklilik tahribine neden olur. Özellikle sıcaklık, grovakların diyajenezini etkileyen önemli bir faktördür.

KUMTAŞLARINDA OTİJENİK KILLERİN ÖNEMİ :

Çeşitli araştırmalardan çalışıldığına göre, Sovyet bilim adamları kumtaşlarında değişik tiplerdeki otijenik killerin önemini en azından 1955'den beri biliyorlardı. Krynine (1940) belki de gözenekleri saran otijenik kili ilk tanıyıp fotoğraf ve şekille gösteren kişi idi. Yaygın olmamasına rağmen kayaçta kilin sıvılarla dokanak halinde olabilecek ve reaksiyona girebilecek bir durumda olduğu bu araştırmacı tarafından belirtildi. Carrigy ve Mellon (1964) Scanning elektron mikroskopun (SEM) avantajları olmadan kumtaşlarında otijenik killeri hakkında iyi bir çalışma gerçekleştirdi. Daha sonra SEM, otijenik kilin önemi hakkındaki bütün şüpheleri ortadan kaldıran veriler sağlandı.

Laboratuvar deneyleri, kumtaşlarındaki killerin diyajenetik olarak oluşabileceği görüşünü desteklemektedir. Bir grup çalışmacı (27), Kolombiya nehri çökellerinden oluşan gevşek kumlarda (% 65-70 cam-sı volkanik kaya parçacıkları içermekte) 250-300°C sıcaklıklarda diyajenetik değişmelerle killerin oluştuğunu kanıtladılar. 150-250°C sıcaklık ve 1 Kb basınç altında, toleitik bazaltın deniz suyunda bozunması ile deneysel olarak simektit üretildi. Aynı şekilde deneysel olarak 200°C'de feldispatik kumlardan diyajenetik kil üretildi (6). Yerinde ve başka yerlerde oluşup çökeltme ortamına taşınan kil minerallerinin kökeni hakkında uzun tartışmalar yapılmıştır. Bileşim, morfoloji, yapı, doku ve dağılıma dayanarak otijenik killeri ayırmak için kullanılan kriterler de aynı yazıda yer almaktadır. Karışık katmanlı killeri morfolojik olarak reaksiyona giren killerden herhangi birisine benzeyebildiklerinden konuyu karmaşık bir hale koyarlarsa da, kil mineralleri scanning elektron mikroskopla kolayca tanımlanabilirler.

Otijenik killeri gözenek çeperlerinde, gözenek doldurucu olarak, duraysız tanelerin ornatılmasıyla ve çatlak ve boşluk doldurucu olarak oluşur. İlk üçü daha yaygındır. Klorit, illit, simektit ve karışık katmanlı illit/simektit, tipik olarak kırıntılı taneler arasındaki dokanağı bağlayan gözenek doldurucular olarak oluşur. Simektit, illit ve klorit ornatıcılar olarak yaygındır. Kaolinit ve dicit, yeteri kadar kaba olmalarından dolayı ince kesitlerde kolayca tanımlanabilen otijenik bir kil olarak bilinirler.

Otijenik killeri çökeltme ortamlarındaki rezervuar kayaçlarında yaygındır. Formasyon suyu kimyasının ve kayaç bileşiminin otijenik killerin gelişmesine büyük etkisi vardır. İlksel olarak kapanlanmış gözenek suyu-çökeltme ortamına bağlı olarak tatlı sudan acı suya ve deniz suyuna kadar değişebilir. Zamanla yeni suların ortama gelişi, minerallerin çökeltimi, minerallerin çözülmesi ve katyon değişimi gibi olaylar su bileşimini değiştirir. Litik parçalar, feldispatlar, ferromagnezyumlu mineraller ve volkanik cam gibi kayaçtaki duraysız bileşenler, sonuçta daha duraylı kil minerallerini oluşturmak için formasyon suyu ile reaksiyona girerler. Yüzeysel koşulları altında (25-60°C ev 300 m. gömülme) 2500 yılda kil mineralli çimento-

nun oluşabileceği, Guatemala'daki volkanoklastik çökellerde belirlenmiştir (4).

Otijenik kil çok yaygın olduğundan ve gözenekleri doldurduğundan kumtaşlarında arjilitli matriks kökeninin yeniden gözden geçirilmesi gerekir. Jeologların büyük bir bölümü halen kumtaşı matriksinin birincil kökenli olduğu fikrinde birleşmektedirler. Buna rağmen, kum ve kilden oluşan bir kumtaşındaki kil olasılıkla otijeniktir. Kum boyutundaki küresel kuvars taneleri (özgül ağırlığı N 2.65) ve yapraklı kil mineralleri (özgül ağırlığı N 2.62 veya daha az) çökeltimsel olarak birbirlerine uygun değerlerdir. Örneğin, bu parçacıklar hidrolik olarak eşdeğerli olmayıp 0.3 mm boyutundaki kuvars kumu taneleri 1-10 µm kil parçacıkları ile çökeltmezler. Bu sorunu arjilitli sedimentlerin kökeni ile ilgili olarak tartışılmıştır. Türbülanslı akıntıda 0.009 cm/sn kadar küçük bir akıntı hızının 10 µm çaplı bir parçacığı süspansiyonda tutabileceği belirtilmiştir. Bundan dolayı kilin parçacık kumla birlikte çökmesi tamamen durgun, çalkalanmamış suların kum tanelerini hareket ettirecek akıntılarla kesilmiş olmasını gerektirir. Arjilitli çökellerin parçacıklardan çok topaklar şeklinde çökeldiğine inanılmaktadır. Kil mineralleri kumla birlikte topaklanma (flocculation) ile çökebilir. Şüphesiz bazı kumtaşlarında birincil çökeltim matriksi korunabilir. Böyle çökeller için en iyi kanıt, kil ve siltten kuma kadar değişen tane boyları ile belirlenen iyi boylanmış kumtaşları olabilir. Diğer bir kanıt ise, killi matriks içerisinde yüzen kum tanelerinin varlığıdır. Bu durum ornatma kanıtı olarak da kullanılabilir. Bu durum dikkatli bir şekilde incelenmelidir.

Arjilitli, iyi boylanmış kumtaşlarını oluşturmak için diğer bazı yollar vardır. Toprak oluşumu veya çok daha sonra sığ gömülme esnasında, kil minerallerinin süzülmesi ile arjilitli kumtaşları oluşabilir. Bu süreç, çökeltme esnasında kilsiz olan, fakat zamanla kil süzülmesi ve diyajenetik süreçlerle kilce zenginleşen ilksel çöl alüvyonu için önemlidir. Scanning elektron mikroskopta doğal ve yapay gereçler hakkında yapılan bir çalışmaya dayanarak, süzülmüş killerin tanınması için ölçütler belirlenmiştir. Arjilitli kumları oluşturması için ölçütler belirlenmiştir. Arjilitli kumları oluşturmanın diğer bir yolu da, katmanlanımı tahrip eden ve çamur ve kum katmanlarını karıştıran denizel organizmaların oyması (veya yuva açması)dır.

Özetle, kumtaşlarında otijenik killeri yaygın olarak bulunur; ve çökeltme esnasındaki enerji koşulları ve çökeltme ortamı hakkındaki yorumu etkilediğinden, taşınmış ve yerinde oluşmuş (otijenik) killeri arasındaki ayrımı önemlidir.

KUVARSLI KUMTAŞLARININ ÇİMENTOSUNU OLUŞTURAN SİLİSİN KAYNAĞI :

Senelerce kumtaşlarında kuvars çimentosu için birincil silis kaynağının basıncı çözmesi ile gömülme esnasında oluştuğuna inanılmıştır. Bu süreçte, tane dokanaklarında örtü basıncı kuvars çözünürlüğünü

artırdığından, kuvarşın bu noktalarda çözündüğü düşünölmektedir. Çözünmüş silis, basıncın daha az olduğu sıvı dolmuş gözeneklere hareket eder ve gözeneklere komşu kırıntılı kuvarş taneleri yüzeylerinde büyümeler şeklinde çökeler (9). Katot ışığı petrografisi ile, basınç çözmesinin gözeneklilik azalımı için klasik olarak sanıldığından daha az önemli olduğu belirlenmiştir. (19). Silis çimento (ve basınç çözmesi) kuvarşça fakir kumtaşlarında çok önemli değildir; çünkü feldispatların parçalanması, mafik mineraller ve volkanik tanelerden oluşan alkali ve alkali-toprak katyonları kuvarş büyümelelerini değil, otijenik kil ve zeolitleri oluşturmak üzere çözünmüş silisle birleşir. Tablo. 1 kumtaşlarında gözlenen otijenik, boşluk doldurma ve ornatma minerallerinin bir listesini göstermektedir.

<u>SİLİS</u>	<u>ZEOLİTLER</u>	<u>SÜLFATLAR</u>
Kuvarş büyümeleri	Analsim	Anhidrit
Kalsedon	Klinoptilotit	Barit
Qpal-A ve -CT	Lömontit	Selestit
	Stilbit	
	Varakit	
<u>KİL MİNERALLERİ</u>	<u>FELDISPATLAR</u>	<u>HALİTLER</u>
Kaolinit	K-Feldispat	Halit
Dikit	Plajyoklas	Fluorit
Klorit	<u>KARBONATLAR</u>	<u>Fe-O-(OH)</u>
Mika	Kalsit	Pirit
Smektit	Dolomit	Hematit
Karışık katmanlı killer	Siderit	Götit

Tablo. 1 Kumtaşlarındaki otijenik, metamorfizma öncesi, boşluk doldurma ve ornatma mineralleri (Hayes, 1979).

Kumtaşlarında basınç çözmesi sürecinin varlığı, tane dokanaklarının niteliği hakkındaki petrografik verilere dayanmakta idi. Kuvarşlı kumtaşlarındaki yaygın bir gözlem, kırıntılı kuvarş taneleri arasındaki uzun, konkav-konveks ve kenetlenmiş dokanakların varlığıdır. Bu dokanakların basınç özmesi ile oluştuğuna inanılmakta idi. Tane dokanaklarının kökeni hakkında bizi yanlış yorumlamalara götüren çimentonun varlığı ve miktarının saptanması genellikle zordur.

Katot ışığı teknikleri bu sorunun çözümüne yardımcı olmuştur (20). Çünkü kırıntılı kuvarş taneleri en yaygın olarak kırmızı veya mavi renklerde parlarken, ikincil kuvarş taneleri bir parlaklık göstermez. Bununla beraber bazı kırıntılı kuvarş taneleri

tam bir parlaklık göstermezken, bazı ikincil kuvarş taneleri kırmızı şekilde parlak. Parlaklık rengi, ana kristalin niteliğindedir olduğu kadar, değişik iz elementlerin bir birine etkisine ve konsantrasyona da bağlı olabilir.

Katot ışığı çalışmalarında karşılaşılan bir eksiklik, yüksek büyötmeyi kullanmada karşılaşılan güçlükler nedeniyle, görelî kaba taneli kumtaşlarında (ortalama tane boyu 0.3 mm) çalışmanın zorluğudur (19). Bununla beraber petrografik gözlemler ve deneysel veriler (15,21,22), tane boyutundaki azalma ile basınç çözmesinin arttığını göstermiştir. Silisin bir kaynağı olarak basınç çözmesi hakkında herhangi bir genellemeye varmadan önce, çok ince taneli kumtaşlarında ilave katot ışığı çalışmasına gereksinim olduğunu belirtmek gerekir.

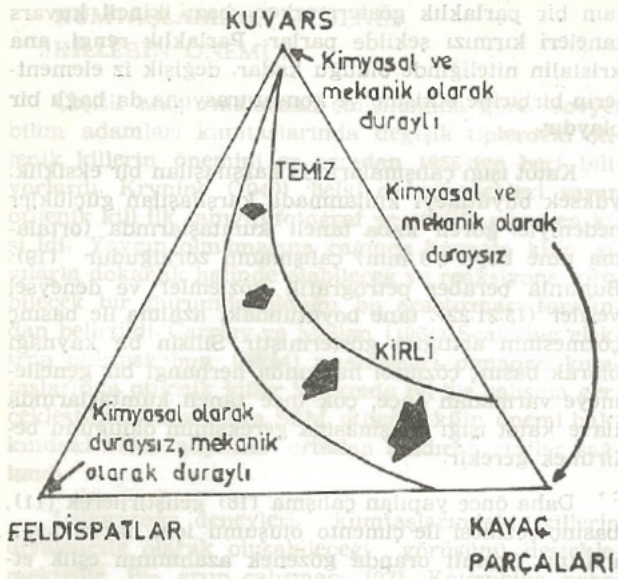
Daha önce yapılan çalışma (16) geliştirilerek (11), basınç çözmesi ile çimento oluşumu için hacim azalmasına önemli oranda gözenek azalımının eşlik etmesi gerektiği vurgulanmıştır. Kumtaşlarında birincil çökeltimsel özelliklerin yaygın şekilde korunması, hacim küçülmesini önemli ölçüde engeller ve bundan dolayı basınç çözmesi genellikle inanıldığı kadar yaygın değildir.

Çimentolaşma ve sıkışma, taneler arası gözenekliliği tahrip etmek için birbirleriyle yarış halindedirler. Eğer oldukça katı bir mineral gözeneklerde erken çökeltirse sıkışma yerleşir ve erken oluşan kalstik konkresyonlarında yaygın olarak görölen «yüzen» kum dokusu oluşur. Diğer yandan kırılğan tanelerin sıkışması ile gömölme esnasında hızla ilerlerse sadece gözeneklilik azaltılmaz, aynı zamanda taneler arası çimentolar çökeldiğinden geçirimsizlikte görölen ileri derecede düşme sıvılarının dolaşımına engel olur.

Gözeneklilik azalımı özellikle sıkışma, çökeltme ve gömölme başlangıcından hemen sonra başlar. Artan derinlikle oluşan azalım, başlangıç bileşimi belki de en önemli olmak üzere birçok faktöre bağlıdır (Şekil 3). Volkanik kaya parçaları gibi mekaniksel ve kimyasal olarak duraysız tanelerden oluşan kumlar, esas olarak mekanik ve kimyasal olarak duraylı kuvarş tanelerinden oluşan kumdan daha hızlı sıkışıp çimentolanacaktır.

Basınç çözmesinin önemi hakkındaki şüpheler yünden, kumtaşlarının çimentosu için olası kaynakların yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir. Yayınlanmış literatürden aşağıdaki olasılıklar ortaya çıkmaktadır: 1. Basınç çözmesi, 2. silisli şeyllerin çözünmesi, 3. volkanik camın hidrasyonu, 4. feldispatların bozunması, 5. silikatların karbonatlarla değıştirmesi (24), 6. diatome, radiolarya ve süngerler gibi organizmalardaki silisin çözünmesi, 7. çöl kuvarşının çözünmesi, 8. aşağıya doğru süzölen yeraltı suyundan çökeltme ile 9. doğal olarak oluşan bazı karmaşıkların silis üzerindeki çözebilirlik etkileri, 10. deniz suyundan doğrudan çökeltme ile ve 11. kil minerali diyajenez; örneğin simektitin illite dönüşümü.

Kitasal havzalarla ilişkili kumtaşlarındaki silise yukarıdaki olasılıklardan herhangi birisi kuvarş çimento



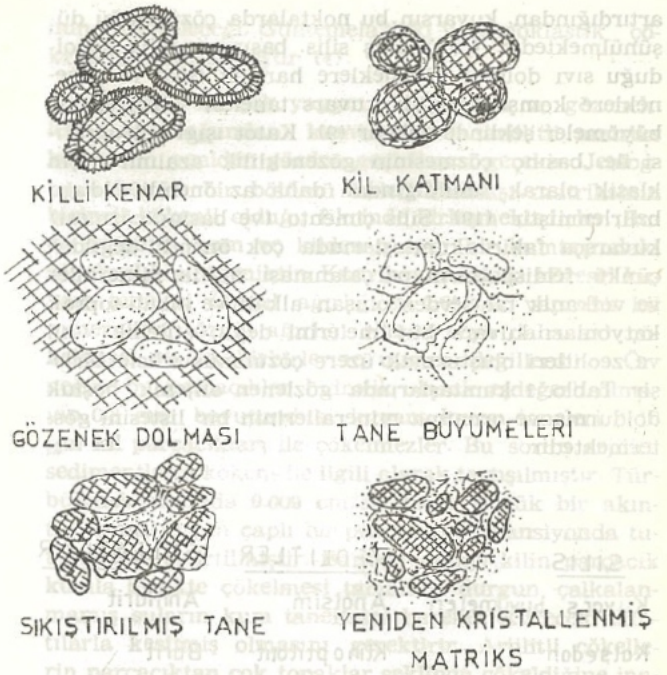
Şekil 3 Kumtaşı diyajenezi: kırıntılı kum bileşeninin bir fonksiyonu olarak gözeneklilik tahribini gösteren yol (Hayes, 1979).

mentosunu oluşturmak için yerel kaynak olabilir; fakat basınç çözmesi, kil minerali diyajenezi, silikatların karbonatlarla yer değiştirmesi ve feldispatların bozulması en önemli faktörler olarak gözükmektedir.

Yay hendeklerinde çökelmiş kumtaşlarında kuvars çimentosu önemli değildir; bununla beraber silisin en olası kaynağı kil minerali diyajenezi, volkanik camın bozunması, silikat minerallerinin karbonatlarla yer değiştirmesi, silisli organizmaların çözülmesi olacaktır. Yaydan türemiş kumtaşlarında gözlenen diyajenetik özellikler şematik olarak Şekil 4'te gösterilmektedir. Killi kenarlar ve kil kaplamaları kırıntılı taneler etrafında kabuklar oluşturur (7). Killi kenarlar kil yapraklarından oluşmuş olup genellikle kırıntılı tanenin yüzeyine dik olarak yönelmişlerdir. Temel olarak kil mineralinin otijenezi ile oluşurlar. Tane etrafındaki kil katmanları ise tane yüzeyine koşut seçimli kil yönelmesi gösterirler ve taneler üzerindeki koloidal malzemenin topraklaşması oluşurlar.

Aşağıya doğru süzülen nehir sularından çökeltme, bazı akiferlerde önemli olabilir. Deneysel bir çalışma aşağıya doğru süzülen yeraltı suyunun silisi çözebileceğini ve aşırı derecede doygun çözeltilerin oluşumuna neden olarak, silisin kuvars büyümeleri şeklinde çökebileceğini göstermiştir. Kuvars aşınması ile oluşan tozun çözünmesi çöl kumtaşları için önemli olabilir. Organik karmaşıkların etkileri hakkında ve özellikle kuvars çökeli ile ilgili olarak çok az şey bilinmektedir.

Özetle, petrografik çalışmalara dayanan basınç çözmesinin kuvarşlı kumtaşlarında yaygın olduğuna inanılmaktadır. Deneysel verilere dayanarak, doğada basınç çözmesinin geçerli bir süreç olduğuna inanılmaktadır. Buna rağmen orta taneli kumtaşlarında ya-



Şekil 4 Örnek gruplarında gözlenmiş diyajenetik özellikler (Galoway, 1979).

şeklinde bir çözüme dayanarak, süzülme tanelerinin petrografik ve deneysel çalışmalar, basınç çözmesinin tane boyutundaki bir azalma ile artığını ve bu nedenle ince taneli kumtaşlarında daha fazla katot ışığı çalışmasına gereksinim olduğunu göstermiştir. Kuvarşlı kumtaşlarındaki kuvars çimentosu için silis üreten en önemli süreçler basınç çözmesi, kil minerali diyajenezi, silikatların karbonatlarla yer değiştirmesi ve feldispatların bozunmasıdır. Volkanojenik kumtaşlarının diyajenezi cam ve feldispatın (plajiyoklas) karbonat, kil ve zeolitlere bozunması ile belirlenir.

İKİNCİL GÖZENEKLİLİĞİN ÖNEMİ :

Proshlyakov (1960) kumtaşlarında ikincil gözenekliliğin önemini belirten ilk kişi idi. Buna rağmen onun gözlemleri geniş olarak ihmal edilmiştir.

1970'li yılların başlarında feldispatlarla ilgili çözünme gözenekliliğinin oluşumu hakkında çok şey yayınlanmıştır (10,13). Çalışmacıların bazıları feldispatların doğrudan çözündüğünü, diğerleri de feldispatların sonunda çözünen karbonatlarla yer değiştirdiğini savunmuşlardır. Feldispatlarla ilgili gözenekler birbirine bağlı bir gözenek sistemi oluşturmak için yeterli kadar yaygın olmadıkça veya taneler arası gözenekler feldispatlarla ilişkili çözünme gözenekleri ile bağlanmadıkça, oluşan gözeneklilik ayrılmış tane içi veya kalıp şeklinde gözenekler olarak kalacaktır.

Kumtaşlarındaki gözeneklilik çalışmasına önemli katkılar değişik çalışmacılar tarafından yapıldı

(9, 17,18). Bunlar birbirine koştut bağımsız çalışmalar-
da, bütün dünya hidrokarbon rezervuarlarındaki gö-
zenekliliğin büyük çoğunluğunun kökende ikincil ol-
duğu ve temel olarak çimento, taneler ve yer değış-
tirmeler şeklinde oluşan sülfat mineralleri ve/veya
karbonat çözünmesinden oluştuğı sonucuna vardıl-
lar.

Yukarıdaki bütün çalışmalar, birincil gözeneklili-
ğin kısmen veya tamamen erken gömülme esnasında-
ki mekanik ve kimyasal sıkışma ve üstelik çimento-
laşma ile tahrip edildiğini vurguladılar (Şekil 5 A
ve B). İkincil gözeneklilik, belirli derinliklerde özel-
likle karbonatlar gibi çözülebilir. Malzemenin çözün-
mesi ile gelişebilir. İkincil gözeneklilik nispeten er-
ken oluşabilir ve farkedilir derecede birincil gözenek-
lilik kalabilir (Şekil. 5A) veya daha sonra az miktar-
da veya hiç birincil gözeneklilik korunmaz iken, ikin-
cil gözenekliliğin gelişmesi ile gözeneklilikte bir ar-
tış görülebilir (Şekil. 5A, kısa kesik çizgiler) veya
daha düşük bir gözeneklilik kradiyentinde yansıtabil-
rir (Şekil. 5A'da uzun kesik çizgiler). Aktif sıkışma
esnasında erken oluşan ikincil gözeneklilik, tanelerin
yeniden düzenlenmesi veya parçalanması nedeniyle
birincil gözeneklilikten daha hızlı bir oranda tah-
rip edilebilir (Şekil. 5B'de uzun kesik çizgili eğri).
Hernekadar bazı kayaç taneleri çatlak sistemi ve ba-
zı minerallerin çözünmesi ile gelişen gözenek sistemi-
nin tahribi hakkında kanıt içerirlerse de, çökmenin
sonraki evrelerinde sıkışma daha az önemli olduğun-
dan, geç gelişen ikincil gözeneklilik olasılıkla birincil
gözeneklilikten daha yavaş olarak tahrip edilecektir.

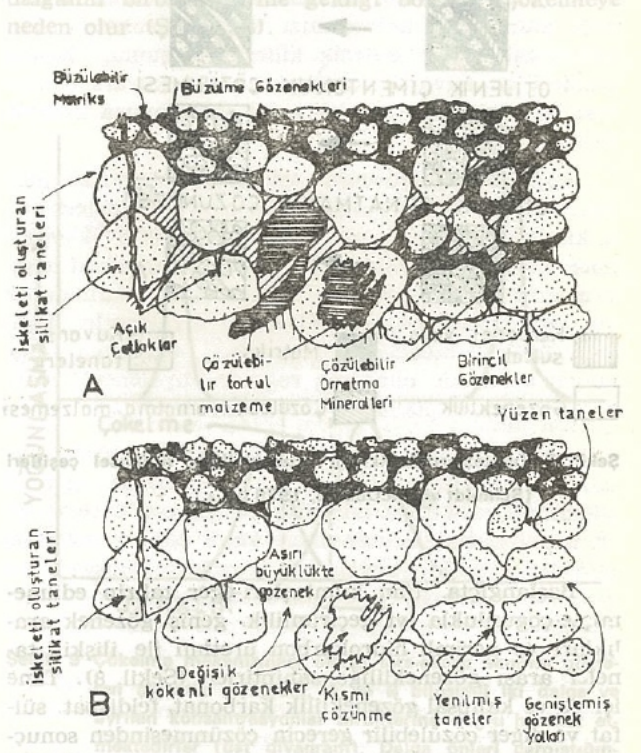
Bazı çalışmacılar (9,18), ikincil gözenekliliği oluş-
turmak için ilginç bir mekanizmaya dikkati çekmiş-
lerdir. Şeylerde sıcaklıkla denetlenen kerojen diyaje-
nezinin bir ürünü olarak üretilen hidrojen iyonları,
kumtaşlarındaki karbonatları çözer ve su akımı kar-
bonatları düzleyerek erken diyajenetik çimento olarak



Şekil. 5 Kumtaşlarında, gömülme derinliğinin bir fonksiyonu olarak birincil gözenekliliğin tahribi, ikincil gözenekliliğin gelişimi ve tahribi (Pittman, 1979).

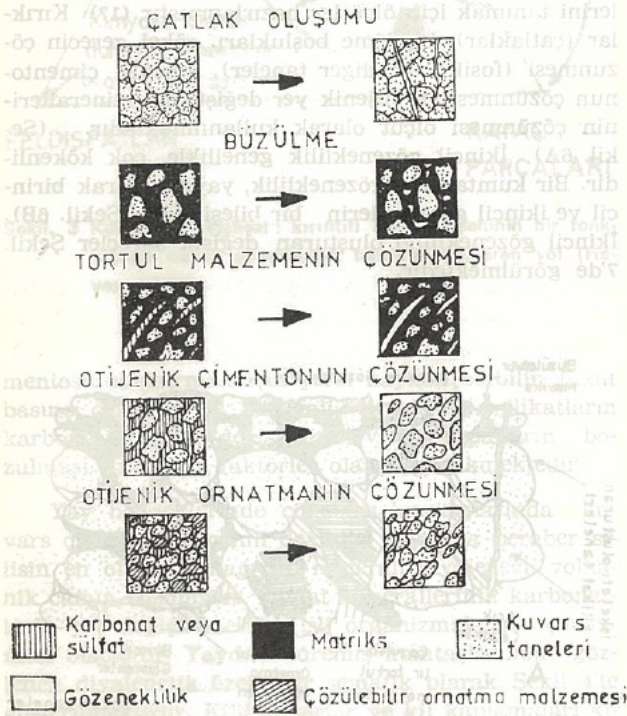
boşlukları doldurur. Bu kumtaşları daha derin olarak gömülürken bunlara giren su-ilerleyen diyajenez nedeniyle daha asidik bir karakter kazanır ve karbonat ikincil gözenekliliği oluşturarak çözünür. Böylece karbonat mineralleri sürekli olarak havzaya dolup çökelerken yukarıya doğru tekrar işlenir. Rezervuar da ikincil gözeneklilik oluşumu ile ilişkili olarak hidrokarbonların göç zamanının göz önüne alınması gerekir. Geçmişte bunun önemli olduğu düşünülmedi; çünkü kayadaki bütün gözenekliliğin birincil olduğuna inanılmıştı ve ilgili sadece gözenekliliğin varlığı veya yokluğu üzerine idi.

Kumtaşlarında ikincil gözenekliliğin değişik tip-
lerini tanımak için ölçütler hazırlanmıştır (17). Kırık-
lar (çatlaklar), büzülme boşlukları, çökel gerecin çö-
zünmesi (fosiller ve diğer taneler), otijenik çimento-
nun çözünmesi ve otijenik yer değıştirme mineralleri-
nin çözünmesi ölçüt olarak kullanılmaktadır. (Şe-
kil. 6A). İkincil gözeneklilik genellikle çok kökenli-
dir. Bir kumtaşında gözeneklilik, yaygın olarak birin-
cil ve ikincil gözeneklerin bir bileşimidir (Şekil. 6B).
İkincil gözenekliliği oluşturan değışik süreçler Şekil.
7'de görülmektedir.



Şekil. 6 A. Kumtaşlarında değışik ikincil gözeneklerin kökenini gösteren skeç. Büzülebilir matriksten oluşan gözeneklilik sadece yerel olarak önemlidir. B. A'daki çözülebilir bileşenlerin çözünmesi ile oluşan değışik ikincil kökenli gözeneklilik ve birincil gözeneklilik içeren bir kayaç. Aşırı büyüklükteki gözenekler, kısmen çözünmüş taneler, kenarlarından aşınmış taneler genişletilmiş gözenek yolları ve yüzen taneler ikincil gözenekliliği belirleyen bazı ipuçlarıdır (Schmidt ve McDonald, 1979 a).

Güncel olarak yapılan bir çalışma ile (14) boyut, şekil ve bir rezervuardaki gözeneklerin dağılımı gibi gözenek geometrisini ilgilendiren bileşenleri vurgulayarak gözenekliliğe değişik bir yaklaşım getirildi. Dört ana gözeneklilik tipini içeren bir sınıflama önerildi: taneler arası, tane içi-kalıp, mikro gözeneklilik ve çatlak gözenekliliği. İlk üç tip, kayaç dokusu ile ilgilidir ve üçlü (ternary) diyagramın uç üyeleri olarak düşünülebilir (Şekil : 8). Çatlak gözenekliliği diğer herhangi bir gözeneklilik tipi ile ilişkili olabilir.



Şekil. 7 Kumtaşlarında ikincil gözenekliliğin türümsel çeşitleri (Schmidt ve McDonald, 1979 b).

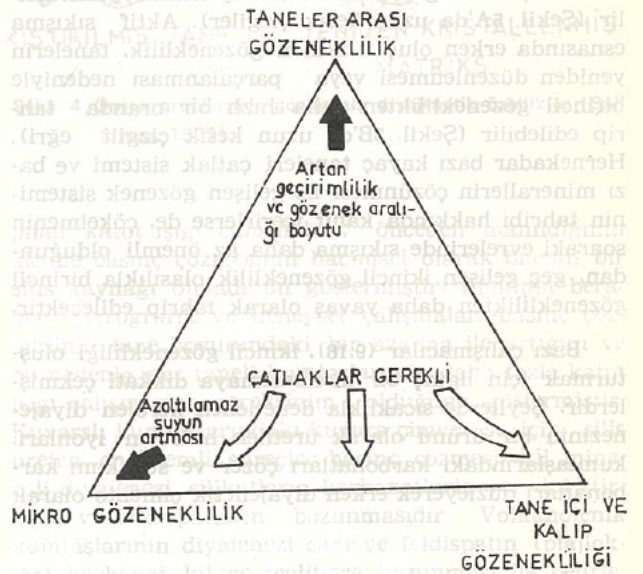
Başlangıçta, tüm kumtaşları-eger tahrip edilmişse-çoğunlukla iyi geçirimlilik, geniş gözenek aralıkları ve verimli hidrokarbon üretimi ile ilişkili taneler arası gözenekliliğe sahiptirler (Şekil. 8). Tane içi ve ve kalıpsal gözeneklilik karbonat, feldispat, sülfat ve diğer çözülebilir gerecin çözünmesinden sonuçlanır. Mineral çimentosunun çözünmesinden ikincil gözeneklilikli verimli rezervuarlar gelişebilir. Ayrılmış tane içi ve kalıpsal gözenekler düşük geçirimliliğe neden olur. Önemli miktarlarda kil minerali içeren kumtaşları yaygın mikro gözeneklilik, yüksek yüzey alanı, ufak gözenek aralıkları, düşük geçirimlilik ve yüksek su doygunluğuna sahiptirler (Şekil. 8). Depolama kapasitesine fazla katkıda bulunmayan çatlak gözenekliliği herhangi bir rezervuarın geçirimliliğini arttıracaktır.

Gözeneklilik tipi ve/veya gözenek geometrisi diyajenezle değişir; mikro gözenekler zamanla mikro

gözenekler olur; mineraller çözünerek boşlukları oluşturur; ve gözenekler kısmen yada tamamen mineral çökeli ile tıkanır. Kayaçlarda gözeneklilik tipi nadiren homojenlik gösterir.

Gözenek geometrisi oluşan sıvının tipini, miktarını ve oranını etkiler. Örneğin, yaygın otijenik killi bir kumtaşı makro gözeneklerden hidrokarbonlara yol verirken, seçimli olarak azaltılmaz suyu tutabilir. Çatlaklar veya diğer yüksek geçirimlilik zonlarına sahip bir rezervuar homojen bir rezervuardan oldukça değişik davranacaktır.

Özetle, ikincil gözeneklilik dünya yüzeyindeki kumtaşı hidrokarbon rezervuarlarında yaygın ve önemlidir. İkincil gözenekliliğin yaygınlığı nedeniyle, hidrokarbon araştırmacıları ikincil gözenekliliğin oluşum zamanı ile hidrokarbonların göç etme zamanını birlikte düşünmek durumundadırlar.



Şekil. 8 Gözenek geometrisine dayanan doku ile ilgili gözenek sınıflaması. Taneler arası gözeneklilik birincil veya ikincil olabilir. Tane içi ve kalıp gözenekliliği her zaman ikincildir. Mikro gözeneklilik çoğunlukla otijenik olup, kil mineralleri ile ilişkilidir. Çatlak gözenekliliği diğer herhangi bir gözeneklilik tipi ile ilişkili olabilir (Pittman, 1979).

KIRMIZI KAYMANLARIN DİYAJENEZİ :

Geniş olarak T.R. Walker, arkadaşları ve öğrencilerinin katkıları ile bazı kumtaşlarında kırmızı rengin nasıl oluştuğunu daha iyi anlamaktayız. Kırmızı rengi veren hematitin oluşumunu açıklayan çelişkili iki hipotezden burada bahsedilecektir. 1940'lı yıllarda popüler olan hipotezlerden birisi, hematitin detritik olarak tropik ve yarı tropik bölgelerin lateritik topraklarından türediğini belirtir. Diğer hipotez hematitin otijenik olduğu ve demirli minerallerin bozunması ile yerinde oluştuğunu benimser.

Amerika Birleşik Devletleri'nin GB'sındaki ve KB Meksika'nın güncel ve eski çöl dolgularında, hematitin diyajenez esnasında oluştuğunu gösteren kuvvetli sahasal, petrografik ve kimyasal veriler ortaya konulmuştur (25,26). Yüzey suları ile mekaniksel süzülmenin bir sonucu olarak kil mineralleri, çöl çakıltaşları ve kanal kumtaşları içine göç eder. Mekanik olarak süzülen ve demir içeren bu kil mineralleri, tipik olarak binlerce ve onbinlerce senede kırmızılaşır (25). Daha şiddetli kırmızı renklenme, iskeleti oluşturan ferromagnezyumlu silikatların demiri açığa çıkarmak için bozduklarında gelişebilir. İnce kesit ve SEM çalışmaları göstermiştir ki, bu ferromagnezyumlu mineraller çözünme ve kil ile yer değiştirme şeklinde bozunurlar. Otijenik kil de demirlidir ve kırmızı renklenmeye yardım eder.

Katman içi hidroliz süreci ile açığa çıkan demir, geniş olarak suyun Eh ve pH'ı ile kontrol edilir. Eğer diyajenetik ortam demirli iyonların lehinde ise, o zaman pirit veya siderit gibi demir içeren otijenik bir mineral koyu gri renkli bir kayacıkta oluşacak; bununla beraber, eğer diyajenetik ortam hematitin duyarlılık sahasında yer alırsa, demir; hematit veya sonuçta hematite dönüşen ferrik hidrat olarak çökelecektir. Su kimyasındaki değişiklikler nedeniyle kırmızı katmanlar zamanla beyazlaşabilir ve koyu gri renkli demirli kayalar daha sonra kırmızılaşabilirler.

Uzun süreli katman içi bozunma daha az duraylı ferromagnezyen minerallerinin bütün izlerini ortadan kaldıracaktır. Buna rağmen otijenik hematit uygun kimyasal bir ortamda süresiz olarak kalabilir.

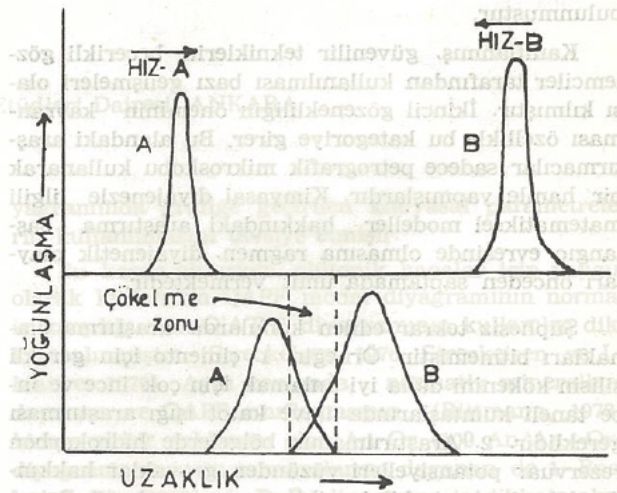
Özetle, sahasal, petrografik ve kimyasal veriler kırmızı katmanların renklenmesini sağlayan hematitin otijenik olduğunu destekler. Kırmızı renklenme kırıntılı minerallerde, kil minerallerinin süzülmesinden ve otijenik kökenli demirin hidrolizinden sonuçlanır.

KİMYASAL DİYAJENEZİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

Kumtaşlarının (özellikle volkanojenik kökenli olan) diyajenetik bozunması çok büyük bir ilgi gördü. Diyajenezi etkileyen süreçler ve denetleyen değişkenler hakkında oldukça büyük tartışmalar olmuştur. Özellikle zeolitlenme konusunda termal denetimin rolüne karşı (2) «çözünme» denetimi (23) tartışma konusu olmuştur. Bu nitelikteki sorunların çözümüne doğru uzun bir yol katedebilen, süreçlerin diferansiyel eşitlikler şeklinde modellendiği ve çözümlerin analitik fonksiyonlar veya bilgisayar uyarlamaları şeklinde arandığı matematiksel bir yaklaşım olmuştur (28). Böyle bir yaklaşımın bir avantajı, sıcaklık ve çözelti bileşimi gibi farklı değişkenler arasındaki ilişkilerin açık olarak gösterilmesi olup, bir birisinin bağıl önemi çoğu kez sayısal (nicel) olarak ifade edilebilir. Diğer bir avantajı ise, daha önce önemli sayılmayan değişkenlerin öneminin ortaya çıkması olabilir. Sayısal bir yaklaşımın dezavantajı ise, temel olarak diferansiyel eşitliklere çözüm geliştirmekten kaynaklanır. Jeolojik bir süreci tasvir eden eşitlikler kurulabilir; fakat genellikle, bu eşitlikler çok sayıda olup fazla

sayıda terim içerir; ve kesin çözümler elde etmek olanı değildir. Kayaç bozunması konusunda, reaksiyon ürünlerinin yerel ve zamansal dağılımının nasıl belirleneceği gibi diğer bir sorun ortaya çıkar. Çözelti kimyası sıvı fazının çözünmüş bileşenleri ile uğraşırken oldukça başarılı olmuştur; fakat sıvı fazından çökelten katı fazlar konusunda pek başarılı olamamıştır.

Eğer kısmi denge sıvı ile bütün çökeltme ürünleri arasında farzedilirse, izotermal ve izobarik koşullar altında sıvıdan malzeme çökeltimi için tek uygulanabilir mekanizma, iki (veya daha fazla) karşı akıntı kütlesi akımlarının çarpışması şeklindedir. Karşı-akıntı akımı, iki veya daha fazla değişik bileşimli dalganın birbirine doğru hareketi olarak tanımlanabilir. Hareket ya difüzyon veya sıvı akımı (süzülme) ya da her ikisinin birleşimi şeklinde olabilir (Şekil. 9). Şekilden de görüldüğü gibi, soldaki yoğunlaşma dalgası belirli yoğunlukta çözünmüş A maddesini içerir ve belirli bir hızda sağa doğru hareket eder. Sağdaki toplama dalgası, bilinen konsantrasyondaki çözünmüş B maddesini içermektedir ve belirli bir hızda sola doğru hareket etmektedir. A ve B'nin dalga önleri çarpıştığında AB bileşimli bir sıvı oluşturur ve iki dalganın birbiri üzerine geldiği bölgede çökeltmeye neden olur (Şekil. 9B).



Şekil. 9 Çökeltme mekanizması olarak ters-akıntı akımını gösteren şematik diyagram. A ve B bileşimli iki dalga ve ayrılan konsantrasyonlar birbirlerine doğru hareket etmektedirler (üst diyagram). Dalga önleri çarpıştığında -iki dalganın üst üste geldiği yerde- AB sıvısını oluşturmak ve çöktirmek için reaksiyona girebilirler (alt diyagram) (Wood ve surdam, 1979).

Konveksiyon-difüzyon eşitliği başlangıç noktası alınarak karşı-akıntı akım sistemi matematiksel olarak kullanılmıştır (28). Bu eşitlik ve diğer türetilmiş eşitlikler sıvı hızının X,Y ve Z bileşenlerini zamanı sıvının molar konsantrasyonunu ve difüzyon parametresini göz önüne almaktadır. Sıvı içerisinde bağımsız olarak hareket edebilen her bir sulu bileşen

için bir eşitlik yazılır ve sistemdeki herhangi bir reaksiyon için madde hareketi eşitliği yazılır. Şimdiye kadar jeolojik sistemlerin en basiti düşünülmüştür, fakat araştırma devam etmektedir.

Özetle, matematiksel modeller hareket eden bir sıvı ile gözenekli bir ortam arasındaki reaksiyonun ürünlerinin zaman ve yer olarak nasıl belirlenebileceğini saptamada kullanılmaktadır. Sadece basit jeolojik modeller denenmiş olup araştırma devam etmektedir. Bu araştırma diyajenetik olaylar zincirini belirlemek için ilginç olasılıklar getirmektedir.

SONUÇLAR :

Diyajenez çalışması, yeni alet teknolojisinin gelişmesi sonucunda büyük ilerleme göstermiştir. Scanning elektron mikroskop X-ışını kırınımı ile birlikte, başta oijenik kil minerallerinin daha iyi tanınması olmak üzere çoğu çalışmada yardımcı olmuştur. Katot ışığı çalışmaları, kuvarşlı kumtaşlarında çimentoyu oluşturan ikincil kuvarsın saptanmasında yardımcı olmuştur.

Tortul kayalardaki kimyasal süreçlerin daha iyi anlaşılması gömülme diyajenezini, grovıkları ve kırmızı katmanları anlamamızı kolaylaştırmıştır. Deneysel çalışmalar oijenik killerin oluşumu, basınç çözmesi ve kuvarşlı kumtaşlarındaki kuvars çimentosu için gerekli silisin kökenini anlamamıza katkıda bulunmuştur.

Kanıtlanmış, güvenilir tekniklerin becerikli gözlemciler tarafından kullanılması bazı gelişmeleri olası kılmıştır. İkincil gözenekliliğin önemini kavranması özellikle bu kategoriye girer. Bu alandaki araştırmacılar sadece petrografik mikroskobu kullanarak bir hamle yapmışlardır. Kimyasal diyajenezle ilgili matematiksel modeller hakkındaki araştırma başlangıç evresinde olmasına rağmen, diyajenetik olayları önceden saptamada ümit vermektedir.

Şüphesiz tekrar edilen konularda araştırma olanakları bitmemiştir. Örneğin, 1. çimento için gerekli silisin kökenini daha iyi anlamak için çok ince ve ince taneli kumtaşlarında ilave katot ışığı araştırması gereklidir. 2. Araştırılmamış bölgelerde hidrokarbon rezervuar potansiyelleri yüzünden grovıklar hakkında daha ilerlemiş bilgiye ihtiyacımız vardır. 3. Petrol endüstrisi kumtaşı rezervuarlarını araştırmak için daha derine sondaj yaparken, zeolit mineral fasiyesinin daha iyi anlaşılması ve diyajenezden metamorfizmaya geçiş artan oranda önem kazanacaktır.

4. Kimyasal diyajenezin matematiksel modellemesindeki araştırma daha yeni başlamaktadır.

Diyajenez ve arjilitli kumtaşı rezervuarlarının gözenekliliği hakkında gelecekte yapılacak araştırmanın önemli olacağı bilinmektedir. Araştırmanın gerekli olduğu diğer bir konu ise, su kimyası ve kumtaşlarının diyajenezindeki ilişki olmaktadır. «Ne» den çok «niçin» ve «nasıl»ın vurgulanması sağlandıkça, kumtaşı diyajenezini üzerine olan çalışmalar daha fazla kimyasal ve nicel bir karakter kazanmaya doğru kesin bir yönelim izlemektedir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- [1] Boles, J.R. and Coombs, D.S., 1977, Zeolite facies alteration of sandstones in the Southland Syncline, New Zealand : Am. J. Sci., 277, 982-1012.
- [2] Coombs, D.S., 1961, Some recent work on the lower grades of metamorphism : Aust. J. Sci., 24, 203-215.
- [3] Coombs, D.S., Ellis, A.J., Fyfe, W.S., Taylor, A.M., 1959, The zeolite facies, with comments on the interpretation of hydrothermal synthesis : Geochim. Cosmochim. Acta : 17, 53-107.
- [4] Davies, D.K. and Almon, W.R., 1977, Diagenesis of Tertiary volcanoclastics, Guatemala : Am. Assoc. Petrol. Geol., SEPM, Rocky Mtz. Secs. Prog. with abstr., p. 50.
- [5] Dickinson, W.R., 1970, Interpreting detrital modes of graywacke and arkose : J. Sed. Petrol., 40, 695-707.
- [6] Divis, A.F. and McKenzie, J., 1975, experimental authigenesis of phyllosilicates from feldspathic sands : Sedimentology, 22, 147-155.
- [7] Galloway, W.E., 1979, Diagenetic control of reservoir quality in arc-derived sandstones : Implications for petroleum exploration : SEPM special Publication No 26, 251-263.
- [8] Hayes, J.B., 1978, Sandstone diagenesis-recent advances and unsolved problems : Notes for Am. Assoc. Petrol. Geol. Clastic Diagenesis Sch., 31 pp.
- [9] Hayes, J.B., 1979, Sandstone diagenesis- the hole truth : SEPM Special Publication No 26, 127-141.
- [10] Heald, M.T. and Larese, R.E., 1973, The significance of solution feldspar in porosity development : J. Sediment. Petrol., 43, 458-460.
- [11] Manus, R.W. and Coogan, A.H., 1974, Bulk volume reduction and pressure solution derived cement : J. sediment. Petrol., 44, 466-471.
- [12] McBride, E.F., 1977, Secondary porosity-importance in sandstone reservoirs in Texas. Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc., 27, 121-122.
- [13] Morgan, J.T. and Gordon, L.D.T., 1970, Influence of
- [14] Pittman, E.D., 1979, Porosity diagenesis and productive capability of sandstone reservoirs : SEPM Special Publication No. 26, 159-175.
- [15] Renton, J.J., Heald, M.T. and Cecil, C.B., 1969, Experimental investigation of pressure solution of quartz : J. Sediment. Petrol., 39, 1107-1117.
- [16] Rittenhouse, G., 1971, Pore-space reduction by solution and cementation : Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 55, 80-91.
- [17] Schmidt, V. and McDonald, D.A., 1979 a, The role of secondary porosity in the course of sandstone diagenesis : SEPM Special Publication No 26, 175-209.
- [18] Schmidt, V. and McDonald, D.A., 1979 b, Texture and recognition of secondary porosity in sandstone : SEPM special Publication No 26, 209-227.
- [19] Sibley, D.F. and Blatt, H., 1976, Intergranular pressure solution and cementation of the Tuscarora Orthoquartzite : J. Sediment. Petrol., 46, 881-896.
- [20] Sippel, R.F., 1968, Sandstone petrology, evidence from luminescence petrography : I. Sediment. Petrol., 38, 530-554.

- [21] Sprunt, E.S. and Nur, A., 1976, Reduction of porosity by pressure solution : experimental verification : Geology, 4, 463-466.
- [22] Sprunt, E.S. and Nur, A., 1977 a, Destruction of porosity through Pressure solution : Geophysics, 42, 726-741.
- [23] Sundam, R.C. and Boles, J.R., 1979, Diagenesis of volcanic sandstones : SEPM Special publication No 26, 227-243.
- [24] Walker, T.R., 1980, Carbonate replacement of detrital crystalline silicate minerals as a source of authigenic silica in sedimentary rocks : Geol. Soc. Am. Bull., 91, 145-152.
- [25] Walker, T.R., 1967, Formation of red beds in modern and ancient deserts : Geol. soc. Am. Bull., 78, 353-

- 368.
- [26] Walker, T.R., 1974, Formation of red beds in moist tropical climates : A hypothesis : Geol. Soc. Am. Bull., 85, 633-638.
- [27] Whetten, J.T. and Hawkins, J.W.Jr., 1972, Diagenetic origin of graywacke matrix : Sedimentology; 15, 347-361.
- [28] Wood, J.R. and surdam, R.C., 1979, Application of convectivediffusion models to diagenetic processes : SEPM special Publication No : 26, 243-251.
- [29] Zen, E-An, 1974, Burial metamorphism : Can. Mineral., 12, 445-455.

* Değinilen belgeler sayısı çok fazla olduğundan burada sadece yazı için çok önemli görülenler alınmıştır. İlgilenenlerin orijinal makaleye bakmaları tavsiye edilir.

Volkanik Kayaçların Kimyasal Sınıflaması İçin Yeni Öneri

B. Zanettin

Çeviri : Halil KESKİN, M.T.A. Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdları Dairesi, ANKARA

ÖZ :

Volkanik kayalar için önerilen yeni kimyasal sınıflama IUGS'ye bağlı petrolojide sistematikler komisyonu magmatik kayaların eksiksiz bir isimlendirmesinin yapılması konusunda uzun süre çalışmıştır. Bu komisyonun bir çok volkanik ve plütonik kaya sınıflamasının mineral içerigine göre olması konusundaki tavsiyesi yaygın bir şekilde kabul edilmiştir. Ultrabazik, ultramafik ve metamorfik kayalar için bu durum planlama safhasındadır. Bu kısa yazıda Magmatik Kayalar Alt Komisyonu Başkanının volkanik kayaların kimyasal sınıflaması konusundaki yeni tavsiyeleri incelenmektedir.

TAS Diyagramına Giriş :

Magmatik Kayalar Sistematigi Alt Komisyonu, plütonik kayaların sınıflaması (Streckeisen, 1978) ile uygunluk göstermesi bakımından volkanik kayaların ilksel sınıflamasının bileşimlerine dayanarak yapılmaması konusunda anlaşmaya varmıştır. Alt komisyon bunun mümkün olmadığı yerlerde, örneğin mikrokristalin ve camsı volkanitlerin çoğunda olduğu gibi, sınıflamada baz olarak Toplam Alkali Silis (TAS) di-

yagramında grafiğe geçirilen kimyasal parametrelerin kullanılmasını tavsiye etmiştir.

Bu karar alınırken, plütonik kayalar için yaygın olarak kullanılan QAPF modal diyagramının normatif karşılığı olan Q'AP'F' diyagramının kullanılışı dikkate alınmıştır. (Streckeisen, 1976; Streckeisen ve Le Maitre, 1979). Aynı zamanda, normatif minerallere dayanan ve QAPF sınıflamasının (Rittmann, 1973) kimyasal bir yaklaşımı olan An Or (100 An/An+Or) diyagramı ve atom numaralarına dayanan de 1- Roche ve diğ. (1980) nin R₁-R₂ diyagramı da dikkate alınmıştır. CIPW normlarının kullanıldığı diyagramlar üzerinde yürütülen testler, normatif albitin alkali feldspatla plajiyoklaz arasında bölünmesindeki belirsizlik tarafından etkilenmiştir. Ve Alt Komisyon Harker'in alkali-silis diyagramında uzun yıllar önce önerdiği basit kimyasal parametrelerin kullanılmasının tercih edilmesini kararlaştırmıştır. TAS diyagramı, birçok petrolog (ör. Bogatikov, Gonshakova ve Efremova, 1981; Middlemost, 1972, 1980) tarafından tercih edilmesi, değişik kaya çeşitlerini ayırmadaki faydası (ör: Cox, Bell ve Pankhurst, 1979; Irvine ve Baragar, 1971; Le Maitre, 1976) ve SiO₂ nin çeşitli volkanik kayaları ayırmada çokça kullanılan bir para-