

## KÜTAHYA-ALAYUNT DİYATOMİT CEVHERİNDEKİ SAFSIZLIKLARIN HİDROSİKLOKON VE KALSİNASYONLA GİDERİLMESİ

Removal of Impurities from Kütahya-Alayunt Diatomite Ore by Hydrocyclone and Calcination

Geliş (received) 02 Mart (March) 2010; Kabul (accepted) 7 Nisan (April) 2010

İsmail BENTLİ(\*)

### ÖZET

Özellikle son yıllarda diatomite olan ilgi artmış ve teknolojik ürün elde etmeye yönelik araştırmalarda kullanılmaya başlanmıştır. Kütahya-Alayunt diatomit yatağı daha önceleri işletilmiş önemli bir yatak konumundadır. Bu çalışmada, cevherde bulunan kuvars, kum ve kil gibi safsızlıkların uzaklaştırılması amacıyla hidrosiklon ve kalsinasyon yöntemleri denenmiştir. %84,42 SiO<sub>2</sub> tenörlü Kütahya-Alayunt diatomit cevheri hidrosiklon yöntemiyle %90,15 SiO<sub>2</sub> tenörüne, bu ürünün 900 °C'de kalsinasyonu sonucunda da %92,84 SiO<sub>2</sub> tenörüne yükseltilebilmektedir. Ürünler isteğe bağlı olarak filtrasyon, seramik ve dolgu amaçlı olarak kullanılabilir özelliktedir.

**Anahtar Sözcükler:** Diatomit, Hidrosiklon, Kalsinasyon

### ABSTRACT

Interest on diatomite has recently increased and it has been used in research work with the purpose of developing technological products. Kütahya-Alayunt diatomite deposit was a formerly mined out important deposit. In this study, hydrocyclone and calcination methods were examined to remove the impurities, such as quartz, sand and clay, in the Kütahya-Alayunt diatomite. 84,42% SiO<sub>2</sub> grade of Kütahya-Alayunt diatomite ore was increased to 90.15% SiO<sub>2</sub> by hydrocyclone and after calcination of this product at 900 °C, 92.84% SiO<sub>2</sub> grade was achieved. The diatomite products obtained in the study were found to be suitable for use in ceramic industry as filtration and filling materials.

**Keywords:** Diatomite, Hydrocyclone, Calcination

---

(\*) Yrd. Doç. Dr., Dumlupınar Üni., Müh. Fak., Maden Müh. Böl., Merkez Kampus, KÜTAHYA, ibentli@dumlupinar.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Diyatomit, Kizelgur ve Tripoli isimleriyle de bilinen (Kadey, 1990), su yosunları sınıfından mikroskopik alglerin çökmesi sonucu oluşmuş  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  bileşiminde, hafif ve kolay ufalanabilen endüstriyel bir kayadır (Özbey ve Atamer, 1987; Karaman ve Kibici, 2008). Çökme sonunda diyatome kavkaları kayacı oluştururken, organik yapı denizel ortama gömülerek petrol yataklarını oluşturmaktadır. Diyatome canlıları hayatlarını sürdürebilmek için silis kaynağına ihtiyaç duyduklarından, daha çok volkanik faaliyetlerin yoğun olduğu tatlı sularda, az tuzlu göllerde ve deniz sularında yaşamaktadırlar (Köktürk, 1997; Önem, 2000; Temur, 2007). Diyatomit yataklarının en önemli özellikleri Çizelge 1’de toplu olarak verilmektedir.

Diyatomit Doğal, Kalsine ve Flaks Kalsine olarak tüketime sunulmaktadır. Ocaktan çıkarılan diyatomitin kurutulması ve içindeki yabancı maddelerin fiziksel yöntemlerle ayrılması ile “Doğal Diyatomit”, bu diyatomitin döner fırınlarda hammaddenin özelliğine ve üretim şekline göre 870-1090 °C sıcaklıklarda kalsine edilmesi ile de “Kalsine Diyatomit” üretilmektedir. Kalsinasyon işleminde amaç diyatomit içindeki organik maddeler ve karbonatlı bileşiklerin yakılarak uzaklaştırılması, diyatome kavkalarının gözeneklerinin açılması, tanelerin büzüşerek sertleşmesi ve yüksek filtrasyon hızı elde edilmesidir. Kalsinasyon sonucu taneler fındık büyüklüğünde agrega haline gelmektedir. Bu ürün öğütülmekte ve havalı ayırıcılarda boyut dağılımına göre sınıflandırmaktadır. Doğal diyatomite kalsinasyondan önce %3-8 oranında soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) veya tuz ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ) ilave edilerek demir oksit demir klorüre, alüminyum oksit de alüminyum silikata dönüştürülerek havalı ayırıcılarla ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Böylece filtrasyon hızı yüksek “Flaks Kalsine Diyatomit” elde edilmektedir.

Diyatomit zenginleştirmede en sık kullanılan zenginleştirme yöntemleri arasında boyuta göre sınıflandırma (havalı ayırıcılar, mekanik karıştırma, hidrosizer, hidrosiklon), kalsinasyon yöntemleri ve bunların kombinasyonları gelmektedir (Breese, 1994; Hiçyılmaz, 2000; Al-Wakeel, 2009). Diyatomitten kum, kuvars gibi safsızlıkları uzaklaştırılmada havalı ayırıcı, mekanik karıştırıcı, hidrosizer ve hidrosiklon; nem, organik madde ve karbonatlı bileşikleri

uzaklaştırmada kalsinasyon; demir oksit ve alüminyum oksit uzaklaştırmak istendiğinde ise alkali kalsinasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Günümüzde diyatomit üretiminde uygulanan modern zenginleştirme akım şeması Şekil 1’de gösterilmektedir.

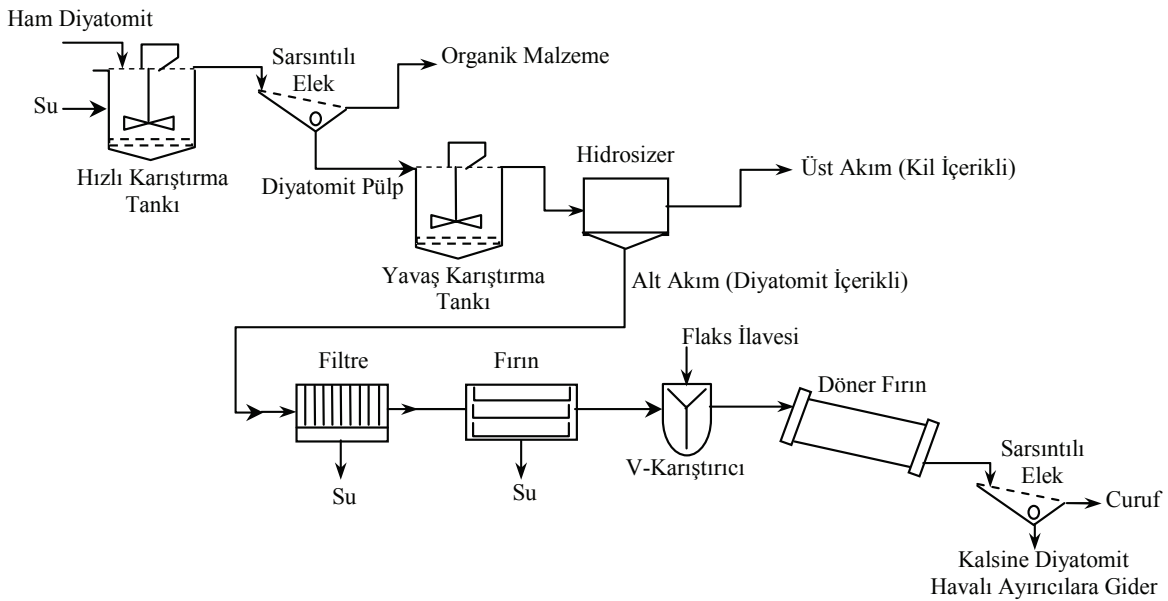
Diyatomitin %85–90 gözeneklilik derecesine sahip bir doku meydana getirebilecek özel yapısı, kimyasal etkilere karşı direnci ve steril özelliği nedeniyle en çok tüketildiği, ikame ürünlere göre hemen hemen rakipsiz olduğu kullanım alanı, süspansiyon halindeki katı tanecikleri sıvılardan ayırmak amacıyla uygulanan filtrasyon işlemleridir (Kouteren, 1994; Martinovic vd, 2006). Gözenekli yapısı, geniş süzme yüzeyi sağlaması, yağ ve bazı mikroorganizmaları absorbe etmesi ve hacimli olması nedeniyle filtrasyon hızını ve randımanını da artırmaktadır (Çeşmeci vd, 1996; Advanced Minerals 2005).

Hamşekerşerbeti (glikoz), bira, viski, şarap, meyve suları, şurup, madeni ve nebati yağlar, eczacılık mamulleri, kirli sular, kuru temizleme çözücüler, endüstriyel atıklar, kimyasal maddeler, vernikler gibi içerisinde süspansiyon halinde istenmeyen maddeler bulunduran sıvıların arındırılmasında diyatomitten faydalanılır (Harben, 1995). Diyatomit kullanımı filtrasyon alanında %66 ile en fazla paya sahiptir ve minimum %84  $\text{SiO}_2$  içermesi istenmektedir. Diyatomitin en büyük pazarının filtrasyon alanı olmaya devam ettiği ve bira filtrasyonunda %95 oranında diyatomit kullanıldığı bildirilmektedir (Yılmaz, 2005). Daha da önemlisi meyve suyu, bira, şarap gibi içki tüketimlerinin, turistik tesislerdeki yüzme havuzlarının ve nüfusun artması ile diyatomite olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Ülkemiz Şeker Fabrikaları pancar şerbetlerin süzülmesinde daha önceleri diyatomit kullanmaktaydılar. Ancak günümüzde pancar şerbeti süzmede diyatomit yerine perlit kullanılmaktadır (Bozkurt, 1999).

Çevre kirliliği ve bunun giderilmesine yönelik çalışmalar son yıllarda hızla artmaktadır. Bu amaca yönelik olarak birçok araştırmacı diyatomiti adsorbant olarak kullanmayı denemiştir. Özellikle ağır metal giderimi (Al-Degs vd, 2001; Dantas vd, 2001; Khraisheh vd, 2004; Kul vd, 2007; Al-Ghouti vd, 2004) ve boyar madde giderimi (Al-Ghouti vd, 2003; Shawabkeh ve Tutunji, 2003; Al-Ghouti vd, 2005; Al-Ghouti vd, 2007) amacıyla kullanılmaktadır.

Çizelge 1. Diyatomit Cevherinin Genel Özellikleri (Bentli, 2009)

Diyatomitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	
Kimyasal bileşimi	Amorf yapıda $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ bileşimindedir.
Özgül ağırlığı	Tanelerin yoğunluğu $1900-2400 \text{ kg/m}^3$ arasında olmasına rağmen, kurutulmuş diyatomit $400 \text{ kg/m}^3$ 'e kadar azalabilmektedir. Çok hafiftir. Blok yoğunluğu kalitesini belirleyen en önemli etkenlerden biridir.
Görünüşü	Tebeşire benzer, elde un gibi dağılır, öğütüldüğünde pudra kıvamı kazanır.
Renji	Saf olanlar beyaz, safsızlığına bağlı olarak sarı, kahverengi ve yeşil renklerdedir.
Yan kayacı	Tüfler, karbonatlı kayalar, kum, kil, feldspat, mika, amfiboller, ağır minerallerle beraber bulunur.
Tane boyutu	Diyatome türüne ve safsızlığa bağlı olarak $2-200$ mikron arasında değişir.
Sertlik	Tanelerin sertliği $4-6,5$ arasında iken kayacın sertliği $1,5$ civarındadır.
Porozitesi	Porozitesi %90'a kadar çıkabilir. Porozitesine bağlı olarak, ham diyatomit ağırlığının $3-4$ katı, kalsine diyatomit ise $5-10$ katı su emebilir.
Puzolan	Volkanik orijinli olmayan tek doğal puzolandır.
Kimyasal özelliği	HF hariç diğer asitlerde çözünmez, yüksek sıcaklıklarda kuvvetli bazlardan etkilenir. Kimyasal reaksiyonların büyük çoğunluğuna karşı ilgisizdirler.
Ekonomiklik	%82-92 $\text{SiO}_2$ , %4-10 $\text{Al}_2\text{O}_3$ , %0,8-2 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , %0,5-2 $\text{CaO}$ , %0,1-2 $\text{MgO}$ , %0,2-1,5 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ , %5-8 ateş kaybı olmalıdır. Tane büyüklüğü, mikro yapısı, kuru ve yaş yoğunluğu, sıvı absorplama kapasitesi, filtreleme oranı, rengi, parlaklığı, aşındırıcılığı, pH'ı, ısı iletkenliği ve iz element içeriği bilinmesi gereklidir.
Süzme	Kimyasal olarak inert ve steril özelliği nedeniyle filtrasyonda rakipsizdir.
Yalıtım	Elektrik, ısı ve ses izolasyonu çok iyidir.
Ergime sıcaklığı	Ergime sıcaklığı $1000-1600^\circ\text{C}$ arasındadır.
Ekolojik önemi	Ekolojik çevre faktörü değişimine karşı çok duyarlı organizmalardır ve sulu sistemlerde primer üretkenliği belirlemektedirler. Ortam koşulları hakkında bilgi veren en önemli belirteçlerden birisidir.
Adsorbant özelliği	Sıvılardaki ağır metallerin, boyar maddelerin giderilmesinde ve toprak verimliliğini artırma, kondisyonlama ve nemli tutmak için diyatomitten faydalanılmaktadır.
Dolgu özelliği	Hafifliğine karşılık bileşime verdiği sağlamlık ve yalıtım sayesinde iyi bir yapı malzemesidir.
Tanınması	Diyatomitin kesin tanısı karakteristik mikroskopik (SEM) görünüşü ile mümkündür.
Standartları	TS 9773, TS 11439, TS 11930, TS EN ISO 3262-22, TS EN 12913



Şekil 1. Modern flaks kalsine diyatomit üretim tesisi akım şeması (Franca vd, 2003).

Diyatomit dolgu maddesi olarak kullanıldığı zaman elde edilen ürünün özelliklerini geliştirmekte ve performansını yükseltmektedir. Bu alanda en çok boya, plastik, kağıt, lastik, cila, kibrit, diş macunu ve bazı kimyasal maddelerin üretiminde faydalanılmaktadır. Bu alanda %21 paya sahiptir ve minimum %80 SiO<sub>2</sub> içermesi gerekmektedir.

Hafif çimento, çatı ve cephe kaplama sıvalarında, kalorifer kazanlarında, fırınlarda ve ısı taşıyıcı borularda izolasyon malzemesi olarak diyatomit kullanılmaktadır. Bu alanda kullanımı %1-2 olmasına rağmen daha saf (min. %94 SiO<sub>2</sub>) diyatomitler tercih edilir. Bu nedenden dolayı ülkemiz diyatomitlerin izolasyon alanında kullanılabilmesi için zenginleştirilmeleri gereklidir. Diyatomit, beton blok elemanlarına, hafifliği, izolasyonu, dayanımı, betonda terlemeyi önlemesi ve plastikliği artırması nedenleriyle ilave edilmektedir (Karadağ, 1989; Fragoulis vd, 2004; Uygunoğlu ve Ünal, 2006; Karaman, 2007; Ünal ve Uygunoğlu, 2007; Bideci ve Bideci, 2008).

Diyatomitlerin çimento endüstrisi açısından en önemli özellikleri yüksek porozite, 100-300°C arasında 0,44W/m.K ısı iletkenlikleri ve birçok kimyasal maddeye karşı inert olmasıdır (Aruntaş, 1996). Stamatakis vd (2003) silisli kayaların, Fragoulis vd (2005) kalkerli ve killi diyatomitlerin çimentoda katkı malzemesi olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir. Ülkemizde ise Çankırı ve Ankara diyatomitlerinin özellikleri (Aruntaş vd, 1998) ve çimentoda katkı malzemesi olarak kullanılabilirlikleri araştırılmış ve her iki diyatomitin de çimentoda puzolanik malzeme olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir (Aruntaş ve Tokyay, 1996). Benzer bir çalışmada Ankara Kızılğur Fabrikası diyatomit atıklarının %10 oranında çimento üretiminde puzolan olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir (Baran ve Aruntaş, 2003). Kütahya-Alayunt killi diyatomitlerinin çimentoya %5 oranında (Yılmaz vd, 2006), kalsine diyatomitin %20'ye kadar ilave edilebileceği saptanmıştır (Yılmaz ve Ediz, 2008). Başka bir çalışmada yüksek demir içerikli diyatomitin %5 oranında çimentoyu ikame edebileceği belirlenmiştir (Değirmenci ve Yılmaz, 2009).

Diyatomitler aynı zamanda kimyasal işlemlerde katalizör taşıyıcı, absorbant, aşındırıcı, yüzey temizleyicisi, seramik ve cam sanayinde silika kaynağı (Arık vd, 2002; Tatar vd, 2004), toprak

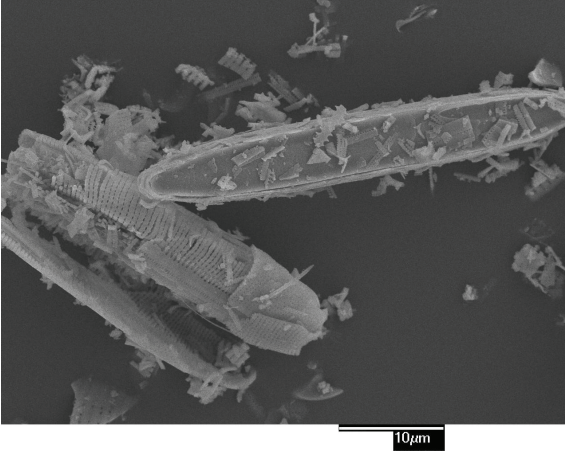
veriminin artırılması, gübrelerde topaklanmayı önleyici, hayvan altlığı olarak (Poyraz vd, 1991; Koçak vd, 1991,) bazı refrakter malzemelerin yapımında (Ulusoy, 2004) ve teknolojik malzeme üretiminde (Kurt ve Arık, 2002; Yılmaz vd, 2003) özel kullanım alanı bulmaktadır.

Yurdumuzda diyatomit rezervlerinin yeterli ve kaliteli olduğu bilinmesine rağmen, işletilmesinde ve kullanılmasında beklenen gelişme maalesef sağlanamamıştır (Uygun, 1976; DPT, 2001). Ülkemizdeki özel bira fabrikaları diyatomiti sürekli ithal etmektedirler. İthalat yaptığımız ülkelerin başında ise Fransa, ABD, İngiltere, Almanya ve İtalya gelmektedir (Bozkurt, 1999).

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Malzeme

Bu çalışmada daha önce bir şirket tarafından işletilmiş, Kütahya-Alayunt Bölgesi diyatomitlerinin hidrosiklon ve kalsinasyon ile zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Bölgede 3 farklı damarda %70-90 SiO<sub>2</sub> (1.damar %70-80 SiO<sub>2</sub>, 2.damar %80-85 SiO<sub>2</sub>, 3.damar %86-90 SiO<sub>2</sub>) içeriğine sahip 15 milyon ton mümkün rezervli diyatomit yatağı mevcuttur (Nuhoğlu ve Elmas, 1999). Ancak bu rezervin bir kısmı Organize Sanayi bölgesinin altında kalmıştır. Daha önceleri bölgeden çıkarılan diyatomitler kurutulduktan sonra Şeker Fabrikalarında süzme yardımcısı olarak kullanılmasına rağmen, yatak şu anda terk edilmiş durumdadır. Deneysel çalışmalarda kullanılan diyatomit numunesi, daha önceleri işletilmiş basamaklardan oluk numunesi olarak alınmıştır. Mevsimsel değişimlere bağlı olarak nem oranları farklılık göstermektedir. Alayunt diyatomitleri açık bej renkli olup, hakiki yoğunluğu 2015 kg/m<sup>3</sup>'dür. İkinci kalite damardan (%80-85 SiO<sub>2</sub>) alınan numunenin, Spectro X-LAB 2000 marka XRF cihazıyla gerçekleştirilen kuru bazda kimyasal analizin sonuçlarına göre, %84,42 SiO<sub>2</sub>, %5,02 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1,55 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0,96 CaO, %0,74 MgO, %0,62 Na<sub>2</sub>O, %0,60 K<sub>2</sub>O, %6,09 kızdırma kaybı içerdiği tespit edilmiştir. Bu haliyle Kütahya-Alayunt diyatomitleri ticari diyatomit sınıfına girmektedir. Kütahya-Alayunt ham diyatomitin SEM'deki görüntüsü Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Ham diatomitin SEM'deki görünüşü.

Kütahya-Alayunt diatomitleri içerisinde safsızlık olarak kuvars, kum ve kil bulunmaktadır (Mete 1988; Akyüz, 2001). Numune üzerinde gerçekleştirilen XRD piklerinden, diatomitle beraber kuvars, opal-A, montmorillonit ve kalsit mineralleri belirlenmiştir (Ediz vd, 2010). Cevherdeki safsızlıkları gidermek amacıyla Mete (1988) hava akımlı ayırıcı ve kalsinasyon, Bentli (2001) suda bekletme, mekanik karıştırma ve eleme, Bentli vd (2004) kalsinasyon yöntemlerini denemişlerdir. Endüstriyel kullanım amacıyla ise refrakter tuğla yapımında ve sırda (Mete, 1985), çini bünyede (Tatar vd, 2004), çimentoya katkı malzemesi olarak (Yılmaz vd, 2006; Yılmaz ve Ediz, 2008) ve bira filtrasyonunda (Ediz vd, 2010) denenmiştir.

## 2.2. Yöntem

Diyatomit, ortalama 10-20 mikron gibi çok ince boyut dağılımına sahip olması ve safsızlıkların çok daha iri boyutlarda bulunması sebebiyle, genellikle boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirilmektedir. Kalsinasyon işlemi ise diatomit kullanımı için vazgeçilmez bir prosestir (Breese, 1994). Buna göre; diatomit içerisinde daha iri boyutlarda (50 mikron üstü) bulunan kuvars ve kum bileşenlerini uzaklaştırmak amacıyla pilot çapta AKW tipi hidrosiklon ünitesi, organik ve karbonatlı bileşenleri uzaklaştırmak amacıyla kalsinasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda izlenen yol Şekil 3'de verilmektedir.

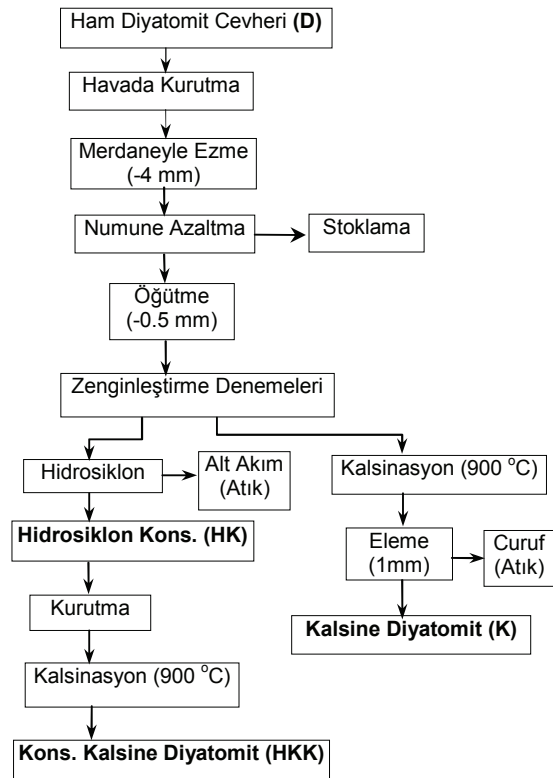
## 2.3. Zenginleştirme Deneyleri

### 2.3.1. Hidrosiklon ile Zenginleştirme

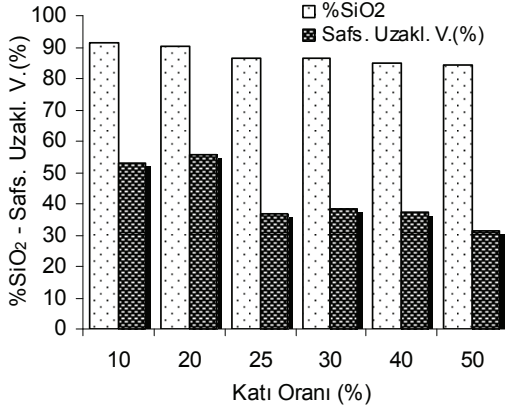
Hidrosiklon deneyleri, 40 mm çapındaki AKW tipi hidrosiklon ile 1 bar basınç altında %10, %20, %25, %30, %40 katı oranlarında gerçekleştirilmiştir. Hidrosiklonda diatomitin ve safsızlıkların dağıtılması amacıyla, pülp 5 dk süreyle kendi içerisinde karıştırılmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda katı oranına bağlı olarak konsantrenin %SiO<sub>2</sub> tenörü ve safsızlıkları uzaklaştırma verimi Şekil 4'de gösterilmektedir. Safsızlıkları uzaklaştırma verimi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{Safsl. Uzakl. V. (\%)} = \frac{A * (100 - a)}{B * (100 - b)} * 100 \quad (1)$$

- A : Atık miktarı (%),  
 B : Besleme miktarı (%)  
 100 - a : Atıkta %SiO<sub>2</sub> dışındakiler,  
 100 - b : Beslemede %SiO<sub>2</sub> dışındakiler,



Şekil 3. Laboratuvarda diatomit cevherine uygulanan zenginleştirme akım şeması.



Şekil 4. Ham diyatomite uygulanan hidrosiklon zenginleştirme sonuçları.

Hidrosiklon ile %20 kati oranında %90,15 SiO<sub>2</sub> tenörlü diyatomit konsantresi (HK) %55,74 safsızlıkları uzaklaştırma verimi ile alınabilmektedir. Kati oranı artırıldıkça konsantre tenörü azalmakta ve %50 kati oranında ayırım gerçekleşmemektedir.

### 2.3.2. Kalsinasyon ile Zenginleştirme

Diyatomitin en çok tüketildiği alan olan filtrasyonda kullanılabilmesi için ısı işleme (kalsinasyon) tabi tutulması gereklidir. Kütahya-Alayunt diyatomit cevherinin Termal Gravimetrik Analizi (TGA) sonuçlarına göre kalsinasyon sıcaklığının 900-1000 °C arasında yapılabileceği belirlenmiştir (Bentli vd, 2004). Bu çalışmada hem ham diyatomit cevheri hem de hidrosiklondan alınan diyatomit konsantresi laboratuvar fırında 2 saat süreyle 900 °C'de kalsine edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Diyatomit cevheri kalsinasyon sonrasında kütle kaybı nedeniyle agrega haline gelmekte, kavkılar genleşmekte böylece süzme hızı artmaktadır (Ediz vd, 2010).

Zenginleştirme çalışmaları sonucunda ham diyatomit (D), kalsine diyatomit (K) ve hidrosiklon konsantresinin (HK) ve bunun kalsine (HKK) edilmesiyle elde edilen diyatomit karşılaştırmalı olarak %SiO<sub>2</sub> değişimleri ve fiziksel özellikleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Zenginleştirme Sonrası Elde Edilen Ürünlerin Fiziksel Özellikleri

Özellikler	D	HK	K	HKK
%SiO <sub>2</sub>	84,42	90,15	89,92	92,84
Hakiki yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	2015	1910	1970	1935
Yığın yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	562	365	411	352
Ort.boyut (µm)	35	19	290	215
pH	7,4	7,0	7,6	7,5
Renk	Gri	Gri-Beyaz	Beyaz	Beyaz

Çizelge 2'de görüldüğü gibi Kütahya-Alayunt diyatomit hakiki yoğunluğu 2015 kg/m<sup>3</sup> iken, filtrasyon için önemli olan yığma yoğunluğu yüksek gözeneklilik nedeniyle 562 kg/m<sup>3</sup>'e düşmektedir. Konsantre ve kalsine edilen diyatomit belirgin bir şekilde yığma yoğunluğunun azaltılması içindeki safsızlıkların uzaklaştırılmasından kaynaklanmaktadır. Ham diyatomit bu özellikleriyle ticari diyatomit özelliğe sahipken, hidrosiklon ve kalsinasyon yöntemleri diyatomitlerin özelliklerini geliştirmektedir. Elde edilen ürünler TS EN 12913 ve TS 9773'e göre filtre, dolgu ve seramik sanayinde kullanılabilecek özelliklerdedir.

### 3. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Diyatomit ile ilgili yapılan çalışmalarda gözle görülür bir artış vardır. Özellikle sulardan kati tane, ağır metal ve boya gideriminde, yalıtım malzemesi, puzolan ve teknolojik ürün olarak kullanımları araştırılmaktadır. Ülkemizde bu çalışmalara yönelik olarak diyatomit değerlendirilmesi ve kullanımına yönelik çalışmaların artırılması gereklidir.

Kütahya-Alayunt diyatomit cevheri üzerinde yapılan zenginleştirme işlemleri sonucunda; yatağın önemli bir potansiyel olduğu ve ham haliyle bile ticari diyatomit sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Hidrosiklon ile gerçekleştirilen kuvars ve kum giderme çalışmaları sonucunda, %90,15 SiO<sub>2</sub>, %1,96 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0,78 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0,44 CaO,

%0,37 MgO, %0,38 Na<sub>2</sub>O, %0,30 K<sub>2</sub>O, %5,37 kızdırma kaybı ile diyatomit konsantresi (HK) ve bu ürünün kalsinasyonu ile %92,84 SiO<sub>2</sub>, %2,23 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0,93 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0,81 CaO, %0,56 MgO, %0,56 Na<sub>2</sub>O, %0,47 K<sub>2</sub>O, %1,17 kızdırma kaybına sahip kalsine diyatomit (HKK) ürünü elde edilebilmektedir.

Fiziksel ve kimyasal analizler sonucunda hidrosiklon zenginleştirme ürününün dolgu ve seramik sanayinde, hidrosiklon ve kalsinasyon ile elde edilen ürünün ise filtrasyon alanlarında kullanılabilecek özelliklerde olduğu saptanmıştır.

## KAYNAKLAR

Advanced Minerals, 2005; "Diatomite Filter Aid in CGMP Pharmaceutical Processing", Advanced Minerals Corporation, Technical Note: AMC03, Santa Barbara, 5 p.

Akyüz, S., Akyüz, T. ve Özer, N.M., 2001; "FT-IR Spectroscopic Investigations of Benzidine and Bipyridyls Adsorbed on Diatomite from Anatolia", Journal of Molecular Structure, **565-566**, 493-496.

Al-Degs, Y., Khraisheh, M.A.M. ve Tutunji, M.F., 2001; "Sorption of Lead Ions on Diatomite and Manganese Oxides Modified Diatomite", Water Research, **35(15)**, 3724-3728.

Al-Ghouti, M.A., Khraisheh, M.A.M., Ahmad, M.N. ve Allen, S.J., 2005; "Thermodynamic Behaviour and the Effect of Temperature on the Removal of Dyes from Aqueous Solution Using Modified Diatomite: A Kinetic Study", Journal of Colloid Interface Science, **287**, 6-13.

Al-Ghouti, M.A., Khraisheh, M.A.M., Ahmad, M.N. ve Allen, S.J., 2007; "Microcolumn Studies of Dye Adsorption onto Manganese Oxides Modified Diatomite", Journal of Hazardous Materials, **146**, 316-327.

Al-Ghouti, M.A., Khraisheh, M.A.M., Allen, S.J. ve Ahmad, M.N., 2003; "The Removal of Dyes from Textile Wastewater: A study of the Physical Characteristics and Adsorption Mechanisms of Diatomaceous Earth", Journal of Environmental Management, **69**, 229-238.

Al-Ghouti, M.A., Khraisheh, M.A.M. ve Tutuji, M., 2004; "Flow Injection potentiometric stripping analysis for study of adsorption of heavy metal ions onto modified diatomite", Chemical Engineering Journal, **104**, 83-91.

Al-Wakeel, M.I., 2009; "Characterization and Process Development of the Nile Diatomaceous Sediment", International Journal of Mineral Processing, **92**, 128-136.

Arık, H., Kadir, S. ve Aruntaş, H.Y., 2002; "Ankara-Kızılcahamam Diyatomitlerinin Karakteristik Özelliklerinin ve Sıcaklığa Bağlı Faz Dönüşümlerinin Araştırılması", Gazi Üni. Fen Bilimleri Dergisi, **15(1)**, 103-114.

Aruntaş, H.Y., 1996; "Diatomit, Özellikleri, Kullanım Alanları ve İnşaat Sektöründeki Yeri", Çimento ve Beton Dünyası Dergisi, **1(4)**, 27-32.

Aruntaş, H.Y., Albayrak, M., Saka, H.A. ve Tokyay, M., 1998; "Ankara-Kızılcahamam ve Çankırı-Çerkeş Yöresi Diyatomitlerin Özelliklerinin Belirlenmesi", Turkey Journal of Engineering and Environmental Science, **22**, 337-343.

Aruntaş, H.Y. ve Tokyay, M., 1996; "Katkılı Çimento Üretiminde Diatomitin Puzolanik Malzeme Olarak Kullanılabilirliği", Çimento ve Beton Dünyası Dergisi, **1(4)**, 33-41.

Baran, Y., Aruntaş, H.Y., 2003; "Ankara Kızılcahamam Fabrikası Atığı Diyatomitlerin Çimento Üretiminde Puzolan Olarak Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 50s.

Bentli, İ., Ediz, N. ve Tatar, İ., 2004; "Beneficiation of Kutahya-Alayunt Diatomite by Calcination, Proceedings of 10<sup>th</sup> International Mineral Processing Symposium, Ed: Akar ve İpekoğlu, İzmir-Turkey, 183-189.

Bentli, İ., 2001; "Kütahya-Alayunt Diyatomit Cevherinin Zenginleştirilebilirliğinin Araştırılması", 4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, TMMOB Maden Müh. Odası, Ed: Köse, Arslan, ve Tanrıverdi, İzmir, 119-126.

Bentli, İ., 2009; "Diatomitin Endüstride Kullanımı ve Çevresel Önemi", 3.Madencilik ve Çevre Sempozyumu, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ed: Karadeniz, Ankara, 191-199.

- Bideci, A. ve Bideci, Ö.S., 2008; "Diyatomit hammaddesinin tuğla üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması", Trakya University Journal Science, **8(2)**, 69-76.
- Bozkurt, R., 1999; "Diyatomit", Türkiye'de Endüstriyel Mineraller Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği, Ed: Önal, Yüce, Özpeker ve Güney, İstanbul, 42-47.
- Breese, R.O.Y., 1994; "Diatomite", Industrial Minerals and Rocks, Ed: Carr, SMME, Colorado, USA, 397-412.
- Çeşmeci, R., Mısırlı, Z. ve Gökteş, A.A., 1996; "Evaluation of Diatomite as Filters Prepared by Extrusion", 3.Seramik Kongresi, Türk Seramik Derneği Yayın **No:17(2)**, İstanbul, 457-462.
- Dantas, T.N.C., Neto, A.A.D. ve Moura, M.C.P.A. 2001; "Removal of Chromium from Solutions by Diatomite Treated with Microemulsion, Water Research. **35(9)**, 2219-2224.
- Değirmenci, N. ve Yılmaz, A., 2009; "Use of Diatomite as Partial Replacement for Portland Cement in Cement Mortars", Construction and Building Materials, **23**, 284-288.
- DPT, 2001; "Endüstriyel Hammaddeler Diatomite", 8.Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT 2621(632), Ankara, 47-57.
- Ediz, N., Bentli, İ., Tatar, İ., 2010; "Improvement in Filtration Characteristics of Diatomite by Calcination", International Journal of Mineral Processing, **94**, 129-134.
- Fragoulis, D., Stamatakis, M. G., Chaniotakis, E. ve Columbus, G., 2004; "Characterization of Lightweight Aggregates Produced with Clayey Diatomite Rocks Originating from Greece", Materials Characterization, **53(2-4)**, 307-316.
- Fragoulis, D., Stamatakis, M. G., Papageorgiou, D. ve Chaniotakis, E., 2005; "The Physical and Mechanical Properties of Composite Cements Manufactured with Calcareous and Clayey Greek Diatomite Mixtures", Cement and Concrete Composites, **27(2)**, 205-209.
- Franca, S.C.A., Millqvist, M.T. ve Luz, A.B., 2003; "Beneficiation of Brazilian Diatomite for the Filtration Application Industry", Mineral Metallurgical Processing, **20(1)**, 42-47.
- Harben, P.W., 1995; "Diatomite", The Industrial Minerals Handy Book, 57-61.
- Hiçyılmaz, C., 2000; "Beneficiation of Industrial Minerals", METU, Ankara, 43-46.
- Kadey, F.L., 1990; "Diatomite", Surface Mining, Ed:Kennedy, AIME, Colorado, USA, 153-158.
- Karadağ, N., 1989; "Diyatomit Katkısı ile Tuğla Eldesi", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 83 s.
- Karaman, M.E. ve Kibici, Y., 2008; "Temel Jeoloji Prens", Belen Yayıncılık, Blm:**16**, Ankara, 41-48.
- Karaman, S., 2007; "Tarımsal Yapılarda Kullanılan Hafif İnşaat Malzemeleri", Harran Üni. Ziraat Fakültesi Dergisi, **11(1/2)**, 63-69.
- Koçak, D., Özcan, İ., Çetin, İ., 1991; "Broiler yetiştiriciliğinde diyatomit maddesinin altlık olarak kullanılması", Lalahan Hayvan Araştırma Enstitüsü Dergisi, **31(1-2)**, 71-86.
- Kouteren, S.V., 1994; "Filters and Absorbents", Ed: Carr, SMME, Colorado, USA, pp. 497-507.
- Khraisheh, M.A.M., Al-Degs, Y.S. ve Mcminn, W.A.M., 2004; "Remediation of Wastewater Containing Heavy Metals Using Raw and Modified Diatomite", Chemical Engineering Journal, **99**, 177-184.
- Köktürk, U., 1997; "Endüstriyel Hammaddeler", Dokuz Eylül Üni. Yayın **No:205**, İzmir, 64-68.
- Kul, A.R., Alacabey, İ., Koyuncu, H., 2007; "Çözelti Ortamında Bulunan Çinko İyonlarının Doğal ve Aktive edilmiş Çaldıran Diatomiti (Van-Çaldıran) Üzerindeki Adsorpsiyon Denge Çalışmaları", 21.Ulusan Kimya Kongresi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Kurt, T., Arık, H., 2002; "Diyatomit'ten karbo-termal indirgeme ve nitrüleme yoluyla silisyum nitrür (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) seramik toz üretimi", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Martinovic, S., Vlahovic, M., Boljanak, T. ve Pavlovic, L., 2006; "Preparation of Filter Aids



Based on Diatomites”, International Journal of Mineral Processing, **80**, 255-260.

Mete, Z., 1985; “Kütahya-Alayunt Yöresi Diyatomit Yataklarının İzole Tuğla Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Uluslararası Seramik Teknik Kongresi, Ankara, 253-263.

Mete, Z., 1988; “Kütahya-Alayunt Yöresi Diyatomit Yataklarının Zenginleştirilmesi”, Akdeniz Üniversitesi Isparta Müh. Fak. Dergisi, Maden Mühendisliği Seksiyonu, **1**, 184-201.

Nuhoğlu, İ. ve Elmas, N., 1999; “Alayunt Diyatomit Yataklarının Oluşumu ve Ekonomik Olarak İncelenmesi”, 1.Batı Anadolu Hammade Kaynakları Sempozyumu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, İzmir, 82-95.

Önem, Y., 2000; “Sanayi Hammaddeleri”, Kozan Ofset, Ankara, 386 s.

Özbeç, G. ve Atamer, N., 1987; “Kizelgur (Diyatomit) Hakkında Bazı Bilgiler”, 10.Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, 493-502.

Poyraz, Ö., Özçelik, M., Çep, S., Bahadıroğlu, M.E., 1991; “Broyler üretiminde altlık olarak diyatomit kullanma olanakları”, Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, **37(2)**, 47-57.

Shawabkeh, R.A. ve Tutunji, M.F., 2003; “Experimental Study and Modeling of Basic Dye Sorption by Diatomaceous Clay”, Applied Clay Science, **24**, 111-120.

Stamatakis, M.G., Fragoulis, D., Csirik, G., Bedeleian I. ve Pedersen, S., 2003; “The Influence of Biogenic Micro-silica-rich Rocks on the Properties of Blended Cements”, Cement and Concrete Composites, **25(2)**, 177-184.

Tatar, İ., Ediz, N. ve Bentli, İ., 2004; “Diyatomit Katkılı Çini Karo Bünye Üretimi”, 5.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, TMMOB Maden Müh. Odası, İzmir, 313-317.

Temur, S., 2007; “Endüstriyel Hammaddeler”, Çizgi Kitabevi, Konya, 412 s.

TS 9773, 1992, Diyatomit-Isı yalıtımında kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 7s.

TS EN 12913, 2001, İnce öğütülmüş (toz)-diatomit- içme ve kullanma sularının arıtımında kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 7s.

Ulusoy, G., 2004; “Pomzanın İzole Monolitik Malzeme İmalinde Kullanılması”, MTA Dergisi, Ankara, **129**, 89-96.

Uygun, A., 1976; “Diyatomit Jeolojisi ve Yararlanma Olanakları”, Madencilik, Eylül, 31-38.

Uygunoğlu, T. ve Ünal, O., 2006; “Diyatomitin Hafif Blok Üretiminde Kullanılması”, Politeknik Dergisi, **9(1)**, 65-70.

Ünal, O. ve Uygunoğlu, T., 2007; “Diyatomitin Hafif Beton Üretiminde Kullanılması”, IMO Teknik Dergi, **266**, 4025-4034.

Yılmaz, B. ve Ediz, N., 2008; “The Use of Raw and Calcined Diatomit in Cement Production”, Cement Concrete Composites, **30**, 202-211.

Yılmaz, B., Ediz, N. ve Bentli, İ., 2006; “Kütahya-Alayunt Bölgesi Killi Diyatomitlerin Çimento Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Dumlupınar Üni. Fen Bilimleri Dergisi, **2**, 95-104.

Yılmaz, H., 2005; “Filtrasyon Diyatomit İçin En Büyük Pazar Olmaya Devam Ediyor”, Madencilik Bülteni, Aralık-2005, s 38.

Yılmaz, H., Ünal, H.İ., Yavuz, M., Arık, H., 2003; “Diyatomit ve diyatomit/poliakrilonitril kompozitlerinden hazırlanan süspansiyonların elektroeolojik özelliklerin incelenmesi”, Gazi Üni. Fen Bilimleri Dergisi, **16(3)**, 473-482.