

AKPINAR NEFELİNLİ SİYENİTİ VE ÜRETİM YÖNTEMİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Serhan HANER
Afyon Kocatepe Üniversitesi

ÖZ: Nefelinli siyenitin en büyük tüketim alanları cam ve seramik sanayileridir. Serbest silis içermemesi, yüksek alkali ve alümina içermesi, yüksek ergitme gücü ve dar erime aralığı, cam endüstrisine ideal uyum gösteren karakteristiklerdir. Endüstrinin çeşitli kollarında kullanım alanı ve miktarı hızla artan bu değerli hammaddenin en büyük rezervleri Rusya, Kanada, Norveç, Brezilya, Çin ve Türkiye’de bulunmaktadır. Türkiye’deki madenciliği, Kırşehir ilinin Akpınar bölgesinde yapılmaktadır. Türkiye’deki sanayiciler açısından, nefelinli siyenitin alışılmışın dışında pahalı bir hammadde olarak görülmesi sonucunda, tüketimi düşük miktarlarda olmaktadır. Yeterince ilgi gösterilmeyen bu hammadde hakkında akademik anlamdaki bilimsel çalışmaların sınırlı kaldığı da görülmüştür. Bu çalışmada, Akpınar (Kırşehir) nefelinli siyenitinin mineralojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca Akpınar sahasından ocak teslimi üretim maliyeti belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel hammaddeler, nefelinli siyenit, seramik, ekonomik analiz

Akpınar Nepheline Syenite and the Economic Analysis of Its Production Process

ABSTRACT: The largest fields of consumption of nepheline syenite are the glass and ceramic industries. Its not containing free silica, containing high alkali and alumina, high melting power, and narrow melting range are ideal characteristics for the glass industry. Its field of use in various branches of the industry and the largest reserves of this valuable raw material whose quantity is rapidly increasing are found in Russia, Canada, Norway, Brazil, China, and Turkey. Its mining in Turkey is done in the Akpınar region of Kırşehir. As a result of nepheline syenite being seen as an expensive raw material other than its being accustomed to in terms of industrialists in Turkey, it is being consumed at low quantities. It has also been seen that scientific studies in an academic sense about this raw material, which has not been shown sufficient interest, are limited. In this study, their characterizations were carried out

with the determination of mineralogical, chemical and physical properties. In addition the cost of the pit delivery is determined from the field of Akpınar.

Keywords: Industrial raw materials, nepheline syenite, ceramic, economic analysis

1. GİRİŞ

Nefelinli siyenitler, olağan magmatik ayrımlaşma ile uçucularca zenginleşmenin karışımı bir süreçle oluşurlar. Nefelinli siyenitler, magmatik kökenli alkalin volkanik kayalardır. Nefelinli siyenitler magmatik ayrışmanın çok ilerlemiş döneminde kristalleşirler. Volkanik eşdeğeri fonolittir. Kanada yataklarının bazıları çeşitli bölgesel tektonik olaylar esnasında metamorfizma geçirmiştir. Diğer taraftan, daha eski bir yatak olan Finlandiya'daki livaara yatağı için metasomatik köken önerilmiştir (McLemore, 2006; Tuzcu, 1992). Tipik olarak alkali ya da karbonatit kompleksler ile ilişkili nefelinli siyenitler dünya genelinde ekonomik ve akademik alanlarda büyük ilgi görmektedir. Cam ve seramikte kullanılacak ekonomik nefelinli siyenit yataklarına ender rastlanır. Genellikle nefelinli siyenit yatakları yüksek miktarlarda demir içeriğine sahiptirler. En büyük rezervler ve küresel nefelinli siyenit üreticileri Rusya, Kanada, Norveç, Brezilya, Çin ve Türkiye'de bulunmaktadır. Dünya genelinde 2013 yılında, 59.3 milyon dolar tutarında (491.000 ton) nefelinli siyenit ithalatı yapılmıştır (McLemore, 2006; Tanner, 2015). Türkiye'de nefelinli siyenitin, B&S Yatırım A.Ş. Nefelin İşletmeleri tarafından Kırşehir ili Akpınar ilçesi Buzlukdağı mevkiinde işletilmesi yapılmaktadır. İşletme Kırşehir-Ankara yoluna 12 km mesafededir. Nefelinli siyenitin sahadaki görünür rezerv alanı 2250 m uzunluğa, 1850 m genişliğe ve 450 m derinliğe sahiptir. Bu yataktaki toplam rezervin 1 milyar tonun üzerinde olduğu düşünülmektedir. Karo, vitrikiye, firit, porselen, cam, izolator, çimento, izolasyon ve elektrod sanayilerine uygun özelliklerde nefelinli siyenit üretimi yapılmaktadır (BS, 2018; Haner ve Demir, 2018).

Feldispatik malzemeler yüzlerce yıldır seramik formülasyonunda ana ergitici olarak kullanılmaktadır. Nefelinli siyenit bu yüksek rekabet ortamında önemli bir oyuncudur. Nefelinli siyenitin, düşük ergime noktası ve erime kabiliyetinden dolayı 1900'lerin başlarından beri cam ve seramiklerde kullanımıyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Ana pazarları cam, seramik, dolgu, pigment, boya, kaplama ve çatı parçacıklarıdır. Seramik sağlık gereçleri, karolar, elektrik porselenleri, sofrta takımları ve sırlarda, düşük pişirme sıcaklığı ve hızlı pişirme programına imkan sağlamaktadır. Nefelinli siyenit cam kompozisyonuna sağladığı alümina katkısı ile son ürünün mukavemetini geliştirir ve yapıda stabilizatör olarak davranmaktadır. İçerdiği alkaliler

sayesinde cam hamurunda ergitici olarak davranmaktadır. Bu da üretimde kullanılan hammaddelerin maliyeti kadar enerji maliyetinde tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca viskoziteyi düşürür ve işlenebilirliği arttırmaktadır. Nefelinli siyenitin kullanılması ile kırılmaya karşı daha fazla dirençli cam ürünler elde edilmektedir (McLemore, 2006).

Nefelinli siyenit, uluslararası tanımlamada, “Lösit; nefelin ve nefelinli siyenit (harmonized system code: 252930)” adı altında sınıflandırılmaktadır. Bu nedenle sadece nefelinli siyenit için ihracat ve ithalat rakamları hakkında bilgi sahibi olmak mümkün olmamaktadır. Türkiye 2016 yılı verilerine göre “Lösit; nefelin ve siyenit nefelin”in yaklaşık olarak 33824 tonunu ihraç ve 1766 tonunu da ithal etmiştir. İhracattan 3.378.232 TL kazanılırken, ithalata 2.028.955 TL ödemiştir. 2017 yılı için ise yaklaşık olarak 4879 tonunu ihraç ve 2086 tonunu da ithal etmiştir. İhracattan 2.646.358 TL kazanılırken, ithalata 2.827.233 TL ödemiştir (TÜİK, 2018). Bu değerlere bakıldığında çok kaliteli olan Türkiye nefelinli siyenitlerinin hem yurtiçi hem de yurtdışı tanıtımının yeterince yapılamadığı görülmektedir.

2. AKPINAR NEFELİNLİ SİYENİTİNİN ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada, BS Yatırım Depolama Madencilik Petrol Sanayi ve Ticaret A.Ş.’nin Kırşehir ili Akpinar ilçesinde bulunan Nefelin İşletmeleri’nden temin edilmiş olan potasyum içerikli nefelinli siyenit kullanılmıştır. Nefelinli siyenite ait kimyasal analiz değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Tüvenan Akpinar Nefelinli Siyenitinin Kimyasal Analizi

| Hammadde | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | K ₂ O | Na ₂ O | CaO | MgO | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | MnO | *K.K | Toplam |
|-------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-------------------|------|------|--------------------------------|------------------|------|------|--------|
| Nefelinli Siyenit | 63.40 | 19.11 | 8.23 | 5.20 | 1.54 | 0.19 | 1.60 | 0.14 | 0.05 | 0.54 | 100 |

*K.K. Kızdırma Kaybı

EUROFEL’in (Avrupa Feldispat Üreticileri Derneği) yayınlamış olduğu terminolojiye göre % alümina ve % alkali içeriğine göre bir grafik hazırlanmıştır. Tablo 1’de kimyasal analiz sonucu verilen nefelinli siyenit örneğinin %14’den fazla Al₂O₃ ve %6’dan fazla Na₂O+K₂O içerdiği görülmektedir. Bu nedenle EUROFEL terminolojisine göre bu numune “feldispat” olarak da tanımlanabilir (EUROFEL, 2011).

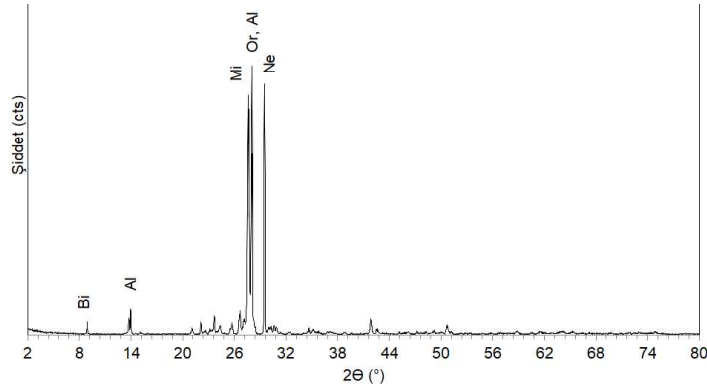
Tüvenan hammadde incelendiğinde, demir oksit içeriğinin %1.60 olduğu görülmektedir. Seramik bünyelerin pişme işlemi esnasında oksitleyici atmosfer nedeniyle demir (II) demir (III)'e yükseltgenerek bünyeyi sarıya boyayabilir (Vieira vd., 2006:138-145). Bu haliyle tüvenan nefelinli siyenitin seramik veya cam sektöründe kullanılması mümkün görülmemektedir. Bu tesiste nefelinli siyenit piyasaya sürülmeden önce, demir içeriğinin azaltılması amacıyla çeneli kırıcı, çubuklu değirmen ve yaş manyetik ayırma gibi işlemler uygulanmaktadır. Kırşehir'in Akpınar ilçesinde bulunan tesisten bazı görüntüler Şekil 1'de görülmektedir.

Şekil 1. BS Yatırım A.Ş. Kırşehir Nefelin İşletmeleri



Tüvenan nefelinli siyenitin mineralojik faz içerikleri X-Işını kırınım (XRD) yöntemi ile incelenmiştir. Bu amaçla numune, $2\theta=2-80^\circ$, Cu K- α , 2 derece/dakika tarama hızında çekime tabi tutulmuştur. Tüvenan nefelinli siyenite ait XRD analizi sonucu Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2. Tüvenan Nefelinli Siyenitin X-Işınları Kırınımı Diyagramı (Bi: Biyotit, Or: Ortoklas, Al: Albit, Ne: Nefelin, Mi: Mikrolin)



Şekil 2’deki XRD analizinde kayacın ana olarak nefelin, ortoklas, albit ve mikrolin minerallerinden oluştuğu görülmektedir. Bu ana mineraller dışında az miktarda biyotit minerali saptanmıştır. Kayacın XRD analizi sonucunda tespit edilen fazlar, kimyasal analiz ile de örtüşmektedir.

Nefelinli siyeni ocağında saha gözlemlerine dayanarak farklı numuneler alınmıştır. Numune alınırken özellikle alınan numunenin kaya kütlelerinin özelliklerini içermesine özen gösterilmiştir. Elde edilen kaya numunelerinin fiziksel özelliklerinin tespiti için, TS 699 standartlarına uygun olarak, 7x7x7 cm ebadından küpler hazırlanmıştır. TS 699 standartlarına uygun olarak hazırlanan deney numunelerinde birim hacim ağırlık tayini, su emme tayini ve porozite tayini gibi fiziksel testler yapılmıştır. Nefelinli siyeni örneklerinin fiziksel özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Nefelinli Siyenitin Fiziksel Özellikleri

| Fiziksel özellikler | S | \bar{X} |
|---|-------|-----------|
| Birim hacim ağırlık (g/cm^3) | 0.004 | 2.559 |
| Atmosfer basıncında ağırlıkça su emme oranı (%) | 0.034 | 0.260 |
| Görünür porozite (%) | 0.093 | 0.628 |

S: Standart sapma, \bar{X} : Aritmetik ortalama

Tablo 2 incelendiğinde nefelinli siyenitin birim hacim ağırlığının $2.559 \text{ gr}/\text{cm}^3$, atmosfer basıncında ağırlıkça su emmenin %0.260, görünür porozitenin %0.628 olduğu belirlenmiştir. Deney sonuçlarından, birim hacim ağırlık deneyi sonuçlarının standart sapması 0.004, atmosfer basıncında ağırlıkça su emme deneyi sonuçlarının standart sapması 0.034, görünür porozite deneyi sonuçlarının standart sapması 0.093 olarak hesaplanmıştır. Moos ve Quervain (1948)’in yapmış olduğu, kayaların porozite oranına göre sınıflandırmasında kayacın “çok kompakt” kayaç sınıfına girdiği görülmektedir.

3. AÇIK İŞLETME VE CEVHER HAZIRLAMA TESİSİ İŞLETME MALİYETLERİ

BS Yatırım A.Ş. Kırşehir Nefelinli Siyemit İşletmeleri'nde, halen faaliyet halinde olan Orta Tepe Açık İşletmesinden elde edilen tüvenan cevherin maliyetleri aşağıda çıkartılmıştır. İşletmenin sırasıyla, delme ve patlatma yöntemiyle açık ocaktan elde edilen tüvenanın, kırma-eleme, cevher hazırlama tesisi (yaş manyetik ayırma), paketleme, yükleme, yönetim ve sosyal tesis giderleri hesaplanmıştır. Mostra üzerinden genişletme ve üretim çalışması yapıldığından hafriyat (dekapaj) giderleri bulunmamaktadır.

3.1. Açık Ocak Maliyetleri

Açık ocaktaki delme işlemleri için yapılan harcamalar, Tablo 3'de görülmektedir.

Delik başına harcanan yakıt gideri hesabında, 65 litre motorin kullanarak 93 delik delindiğine göre, delik başına yakıt gideri: $65 \text{ (l)} / 93 \text{ (delik adedi)} = 0.698 \text{ (l/delik)}$.

Kırşehir'in Akpınar ilçesi için güncel (29.07.2020) motorin fiyatı, 5.98 TL/l olduğuna göre: $0.698 \text{ (l/delik)} \times 5.98 \text{ (TL/l)} = 4.17 \text{ (TL/delik)}$.

Delik başına sarf malzemesi gideri olarak kullanılan bit ve tijlerin maliyetini hesaplamak için, bit başına maliyetin 250 £, tij başına maliyetin ise 500 £ olduğu gözönünde bulundurulur. Güncel (07.08.2020) £ fiyatı 9.52 TL/£ olduğuna göre ve 1000 metrelik delik boyuna harcanan bit+tij toplam maliyeti 750 £, yani: $750 \text{ (£)} \times 9.52 \text{ (TL/£)} = 7140 \text{ (TL)}$.

1 metre delik başına düşen bit+tij maliyeti ise: $7140 \text{ (TL)} / 1000 \text{ (m)} = 7.14 \text{ (TL/m)}$.

1 delik ortalama 5 m boyunda olduğuna göre hesap yapılırsa: $5 \text{ (m/delik)} \times 7.14 \text{ (TL/m)} = 35.7 \text{ (TL/delik)}$.

Kompresör bakım-onarım giderini hesaplamada, aylık 20000 ton üretim yapılabilmesi için, gerekli delik adedi 480 olduğuna göre, filtre ve yağ giderinin aylık 750 TL tuttuğu belirlenmiştir. Bu durumda delik başına gider: $750 \text{ (TL)} / 480 \text{ (delik)} = 1.56 \text{ (TL/delik)}$.

Tablo 3. Delik Başına Delme Gideri Hesabı

| Gider türü | Miktarı | Birim fiyatı | Toplam fiyat (TL) |
|-------------------------------------|------------|--------------|-------------------|
| Delik başı bit gideri | 0.005 adet | 250 ₺ | 11.9 |
| Delik başı tij gideri | 0.005 adet | 500 ₺ | 23.8 |
| Delik başı yakıt gideri | 0.698 l | 5.98 TL/l | 4.17 |
| Delik başı bakım-onarım gi- deri | - | - | 1.56 |
| Toplam | | | 41.43 |

Patlatma gideri hesabı, Tablo 4’de görülmektedir. \$ kuru, 7.28 TL/\$ (07.08.2020) olarak alınmıştır.

Tablo 4. Delik Başına Patlatma Gideri Hesabı

| Gider türü | Miktarı | Birim fiyatı | Toplam fiyat (TL) |
|---------------------------|---------|--------------|-------------------|
| Delik başı fitil gideri | 7 m | 1.45 TL/m | 10.15 |
| Delik başı dinamit gideri | 1 kg | 2.10 \$/kg | 15.29 |
| Delik başı anfo gideri | 15 kg | 0.65 \$/kg | 70.98 |
| Nakliye delik başı | 1 adet | 1.8 TL/adet | 1.8 |
| Toplam | | | 98.22 |

Bir delikten üretilen tüvenanı hesaplamak için, ortalama 5 m delik delindiğine göre ve deliklerin etki mesafesi 1.25 m ve madenin yoğunluğu 2.56 t/m³ olduğuna göre, bir delikten elde edilen ürün miktarı: 5 (m) x π x 1.25 (m) x 1.25 (m) x 2.56 (t/m³) = 62.83 (ton) olarak bulunur.

Patlatma verimi ortalama %75 olduğuna göre, bir delikten üretililecek ürün miktarı: 62.83 (ton) x 0.75 = 47.12 (ton) bulunur.

Buna göre delik başı delme gideri TL/ton olarak hesaplanabilir: 41.43 (TL) / 47.12 (ton) = 0.88 (TL/ton).

Delik başı patlatma gideri ise: 98.22 (TL) / 47.12 (ton) = 2.08 (TL/ton).

Yükleme+kırıcı özel üretim motorin giderini belirlemede 25 ton gideri olarak, 9 l motorin harcadığı gözönünde bulundurularak 1 ton cevhere düşen maliyeti, motorin fiyatı 5.98 TL/l olduğuna göre belirlenebilir: $9 \text{ (l)} / 25 \text{ (ton)} = 0.36 \text{ (l/ton)}$. $0.36 \text{ (l/ton)} \times 5.98 \text{ (TL/l)} = 2.15 \text{ (TL/ton)}$.

Yine iş makinalarının özel üretim gideri olarak, saatte 28 l motorin harcayarak, 25 ton cevher ürettikleri hesaba katılarak, ton başına yapılan harcama belirlenebilir: $28 \text{ (l)} / 25 \text{ (ton)} = 1.12 \text{ (l/ton)}$. $1.12 \text{ (l/ton)} \times 5.98 \text{ (TL/l)} = 6.7 \text{ (TL/ton)}$.

Tablo 5’de yükleme+kırıcı özel üretim gideri hesabı görülmektedir.

Tablo 5. Yüklem+Kırıcı Özel Üretim Gideri Hesabı

| Gider Türü | Miktarı (l/ton) | Birim Fiyat (TL/l) | Toplam Fiyat (TL/ton) |
|-------------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|
| İş makinaları yükleme gideri | 0.36 | 5.98 | 2.15 |
| İş makinalarının özel üretim gideri | 1.12 | 5.98 | 6.7 |
| Toplam | | | 8.85 |

Yükleme makinesi olarak kullanılan üç ekskavatörün aylık ağır bakım ve onarım gideri Tablo 6’da görülmektedir. 20000 ton/ay üretime göre, ton başına toplam maliyet çıkarılmıştır.

Tablo 6. Ekskavatörlerin Aylık Ağır Bakım ve Onarım Gideri Hesabı

| Gider türü | Toplam yıllık ağır bakım tutarı (TL/yıl) | Aylık ağır bakım tutarı (TL/ay) | Ton başına düşen tutarı (TL/ton) |
|--|--|---------------------------------|----------------------------------|
| Sumitomo 240 ağır bakım gideri | 30000 | 2500 | 0.125 |
| Cat 336 ağır bakım gideri | 40000 | 3333.33 | 0.167 |
| Hitachi 470 Z ağır bakım gideri | 15000 | 1250 | 0.062 |
| 3 ekskavatörün toplam periyodik bakım gideri | 60000 | 5000 | 0.250 |
| Toplam maliyet | 145000 | 12083.33 | 0.604 |

Yarma-7'den, tesise bir seferde 25 ton cevher taşıyan kamyonun taşıma mesafesinde 6 l motorin yaktığı bilindiğine göre: $6 \text{ (l)} / 25 \text{ (ton)} = 0.24 \text{ (l/ton)}$ bulunur.

Maliyeti ise: $0.24 \text{ (l/ton)} \times 6.55 \text{ (TL/l)} = 1.57 \text{ (TL/ton)}$.

Ayrıca nakliye yapan kamyonların bakım, ağır bakım ve lastik giderleri de hesaba katılırsa, 1 kamyonun aylık bakım gideri 1500 TL olarak belirlenmiştir. Yine 1 kamyonun yıllık ağır bakım gideri 25000 olduğuna göre, aya düşen maliyet: $25000 \text{ (TL)} / 12 \text{ (ay)} = 2083.33 \text{ (TL/ay)}$.

Yine 1 kamyonun aylık lastik gideri 1500 TL/ay olup, toplamı: $2083.33 + 1500 = 3583.33 \text{ (TL/ay)}$ olup, aylık bakımla birlikte: $3583.33 + 1500 = 5083.33 \text{ (TL/ay)}$.

İşletmede 3 kamyon çalıştığına göre toplam gider: $3 \text{ (kamyon)} \times 5083.33 \text{ (TL/ay)} \approx 15250.00 \text{ (TL/ay)}$.

Aylık üretime bölünürse, aylık bakım giderinin ton başına miktarı bulunur: $15250 \text{ (TL/ay)} / 20000 \text{ (ton/ay)} = 0.763 \text{ (TL/ton)}$.

Ocak işçilik gideri aşağıdaki Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Ocak Üretimi İşçilik Gideri

| Gider türü | Miktarı (TL/ay) | Toplam üretim (ton/ay) | Birim maliyet (TL/ton) |
|----------------|-----------------|------------------------|------------------------|
| İşçilik gideri | 23915 | 20000 | 1.196 |

Buna göre açık ocaktan elde edilen cevherin toplam maliyeti Tablo 8'de görülmektedir.

Tablo 8. Açık Ocak Üretim Gideri

| Gider türü | Miktarı (TL/ay) | Toplam üretim (ton/ay) | Birim maliyet (TL/ton) |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|
| Delik başına delme gideri | 17600 | 20000 | 0.88 |
| Delik başına patlatma gideri | 41600 | 20000 | 2.08 |
| Yükleme+kırıcı özel üretim gideri | 177000 | 20000 | 8.85 |
| Nakliye motorin gideri (orta tepeden) | 31400 | 20000 | 1.57 |

| | | | |
|--|-----------|-------|--------|
| Nakliye kamyon bakım + ağır bakım + lastik gideri (3 kamyon) | 15260 | 20000 | 0.763 |
| Ekskavatörlerin aylık ağır bakım ve onarım gideri (3 ekskavatör) | 12083.33 | 20000 | 0.604 |
| İşçilik gideri | 23915 | 20000 | 1.196 |
| Toplam açık ocak üretim gideri | 318858.33 | 20000 | 15.943 |

3.2. Kırma-Eleme Tesisi Maliyetleri

Kırma-eleme tesisi elektrik gideri Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Kırma-Eleme Tesisi Elektrik Gideri

| Gider türü | Miktarı (TL/gün) | Kırılan cevher (ton/gün) | Birim maliyet (TL/ton) |
|------------|------------------|--------------------------|------------------------|
| Elektrik | 7400 | 2500 | 2.96 |

Kırma-eleme tesisi yedek parça-sarf malzemesi giderlerini gösteren Tablo 10 aşağıda verilmiştir. Buna göre yıllık ortalama 70000 TL yedek parça ve sarf malzeme ihtiyacı vardır.

Bunun aya şarjı: $70000 \text{ (TL)} / 12 \text{ (ay)} = 5883.33 \text{ (TL/ay)}$.

Günlük ise: $5883.33 \text{ (TL)} / 26 \text{ (gün)} = 226.28 \text{ (TL/gün)}$.

Tablo 10. Kırma-Eleme Tesisi Yedek Parça-Sarf Malzemesi Gideri

| Gider türü | Miktarı (TL/gün) | Kırılan cevher (ton/gün) | Birim maliyet (TL/ton) |
|----------------------------|------------------|--------------------------|------------------------|
| Yedek parça-sarf malzemesi | 226.28 | 2500 | 0.09 |

Kırma-eleme tesisinin yükleyicisinin ve mini yükleyicisinin motorin gideri ise, iş makinalarının günlük 60 litre yakıt tükettiğine göre hesaplanır. Bunun aylık tutarı: $60 \text{ (l)} \times 26 \text{ (gün)} = 1560 \text{ (l)}$.

Toplam sarf edilen yakıtın tutarı ise: $1560 \text{ (l)} \times 5.98 \text{ (TL/l)} = 9328.8 \text{ (TL)}$.

Yükleyiciler 6 gün çalışacağı için, güne düşen yakıt harcaması: $9328.8 \text{ (TL)} / 6 \text{ (gün)} = 1554.8 \text{ (TL/gün)}$.

Buna göre ton başına maliyet: $1554.8 \text{ (TL)} / 2500 \text{ (ton)} = 0.62 \text{ (TL/ton)}$.

Tablo 11’de kırma-eleme tesisi yükleyici ve mini yükleyicisinin toplam motorin gideri görülmektedir.

Tablo 11. Kırma-Elemente Tesisi Yükleyicisi ve Mini Yükleyicisi Motorin Gideri

| Gider türü | Miktarı (TL/gün) | Kırılan cevher (ton) | Birim maliyet (TL/ton) |
|---|------------------|----------------------|------------------------|
| Yükleyici ve mini yükleyici toplam motorin gideri | 1554.8 | 2500 | 0.62 |

Kırma-eleme tesisi yükleyicisinin günlük bakım ve ağır bakım gideri, ortalama 63 TL’dir. Aylık olarak da: $63 \text{ (TL/gün)} \times 26 \text{ (gün/ay)} = 1638 \text{ (TL/ay)}$.

Tesisin üretimine orantılanırsa: $63 \text{ (TL/gün)} / 2500 \text{ (ton/gün)} = 0.03 \text{ (TL/ton)}$.

Kırma-eleme tesisi içindeki temizlik işlerinde kullanılan mini yükleyicinin günlük bakım ve ağır bakım gideri aylık olarak 4875 TL/ay olarak alındığında, gün başına gider: $4875 \text{ (TL)} / 26 \text{ (gün)} = 187.5 \text{ (TL/gün)}$ bulunur.

Üretime orantılanırsa: $187.5 \text{ (TL/gün)} / 2500 \text{ (ton/gün)} = 0.075 \text{ (TL/ton)}$.

Kırma-eleme tesisi işçilik ve tesis giderleri ise Tablo 12 ve Tablo 13’de görülmektedir.

Tablo 12. Kırma-Elemente Tesisi İşçilik Giderleri

| Gider türü | Miktarı (TL/gün) | Kırılan cevher (ton/gün) | Birim maliyet (TL/ton) |
|-----------------------------|------------------|--------------------------|------------------------|
| Kırma-eleme tesisi işçiliği | 3194 | 2500 | 1.28 |

Tablo 13. Kırma-Eleme Tesisi Gideri

| Gider türü | Miktarı (TL/gün) | Toplam üretim (ton/gün) | Birim maliyet (TL/ton) |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------------|
| Elektrik | 7400 | 2500 | 2.96 |
| Yedek parça-sarf malzemesi | 226.28 | 2500 | 0.09 |
| Yükleyici ve mini yükleyici toplam motorin gideri | 1554.8 | 2500 | 0.62 |
| Kırma-eleme tesisi yükleyicisi günlük bakım ve ağır bakım gideri | 63 | 2500 | 0.03 |
| Kırma-eleme tesisi mini yükleyicisi günlük bakım ve ağır bakım gideri | 187.5 | 2500 | 0.07 |
| Kırma-eleme tesisi işçilik gideri | 3194 | 2500 | 1.28 |
| Toplam kırma-eleme tesisi gideri | 12625.58 | 2500 | 5.05 |

3.3. Zenginleştirme Tesisi (Yaş Manyetik Ayırma Tesisi) Maliyetleri

Zenginleştirme tesisi giderleri, Tablo 14’de görülmektedir.

Tablo 14. Zenginleştirme Tesisi (Yaş Manyetik Ayırma Tesisi) Gideri

| Gider türü | Miktarı (TL/gün) | Toplam üretim (ton/gün) | Birim maliyet (TL/ton) |
|-------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|
| Elektrik | 65000 | 1500 | 43.33 |
| Yedek parça-sarf malzemesi | 8000 | 1500 | 5.33 |
| Toplam zenginleştirme tesisi gideri | 73000 | 1500 | 48.66 |

Ele aldığımız nefelinli siyenit cevherinin maliyeti ve değeri, gördüğü işleme (kırma, eleme ve zenginleştirme) göre değişmektedir. Sanayinin talepleri doğrultusunda üretim ve işlem yapılmaktadır. Belirli boyutlara indirilen cevher torbalanarak satılmaktadır.

3.4. Diğer Maliyetler

İşletmedeki personel dağılımı ve ücretleri Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Kırşehir Nefelinli Siyenit Tesisleri Ocak Personel Giderleri

| Görev yeri | Adedi | Toplam brüt maaş (TL) | İaşe gideri (TL) | Toplam net maliyet (TL) |
|----------------|-------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| Ocak mühendisi | 1 | 4060 | 156 | 4216 |
| Rock eleman | 1 | 2240 | 156 | 2396 |
| Operatör | 1 | 2800 | 156 | 2956 |
| Yağcı | 1 | 1652 | 156 | 1808 |
| Kademe | 1 | 3325 | 156 | 3481 |
| Şoför | 3 | 6440 | 468 | 6908 |
| Toplam | 8 | 20517 | 1248 | 21765 |

Kırşehir nefelinli siyenit tesisleri personel giderleri Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Kırşehir Nefelinli Siyenit Tesisleri Personel Giderleri

| Görev yeri | Adedi | Toplam brüt maaş (TL) | İaşe gideri (TL) | Toplam net maliyet (TL) |
|------------------|-------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| Tesis mühendisi | 2 | 5040 | 312 | 5352 |
| Elektrikçi | 1 | 2450 | 156 | 2606 |
| Tesisler elemanı | 3 | 5432 | 468 | 5900 |
| Operatör | 1 | 2800 | 156 | 2956 |
| Bakımcı | 1 | 2380 | 156 | 2536 |
| Toplam | 8 | 18102 | 1248 | 19350 |

Kırşehir nefelinli siyemit tesisleri idari bina personel giderleri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Kırşehir Nefelinli Siyemit Tesisleri İdari Bina Personel Giderleri

| Görev yeri | Adedi | Toplam brüt maaş (TL) | İaşe gideri (TL) | Toplam net maliyet (TL) |
|---------------|-------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| İdari işler | 1 | 4830 | 156 | 4986 |
| Tesisler-ARGE | 1 | 6020 | 156 | 6176 |
| Muhasebe | 1 | 3360 | 156 | 3516 |
| Laboratuvar | 1 | 2800 | 156 | 2956 |
| Kantar | 1 | 1890 | 156 | 2046 |
| Servis şoförü | 1 | 2240 | 156 | 2396 |
| Yemekhane | 2 | 3304 | 312 | 3616 |
| Toplam | 8 | 24444 | 1248 | 25692 |

İşletmenin genel idari giderleri Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Kırşehir Nefelinli Siyemit Tesisleri Genel İdare Giderleri

| Gider yeri | Maliyet (aylık üretim 20000 tondur) | |
|----------------------|-------------------------------------|--------|
| | TL/ay | TL/ton |
| Motorin | 15000 | 0.75 |
| Lojman gideri | 2000 | 0.10 |
| Elektrik gideri | 8000 | 0.40 |
| Beklenmeyen giderler | 10000 | 0.50 |
| Toplam | 35000 | 1.75 |

Genel lojman giderleri Tablo 19’da görülmektedir.

Tablo 19. Kırşehir Nefelinli Siyeni Tesisleri Konut Giderleri

| Gider yeri | Maliyet (aylık üretim 20000 tondur) | |
|------------------|-------------------------------------|--------|
| | TL/ay | TL/ton |
| Kira | 2000 | 0.100 |
| Elektrik gideri | 300 | 0.015 |
| Su gideri | 65 | 0.003 |
| Telefon-internet | 210 | 0.010 |
| Temizlik | 150 | 0.007 |
| Toplam | 2725 | 0.135 |

İşletmenin araçlarına ait giderler, Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. İşletmenin Araçlarına Ait Motorin Giderleri

| Gider türü (araç plaka) | Motorin miktarı (litre/yıl) | Motorin miktarı (litre/ay) | Birim maliyet (TL/ay) | Maliyet (TL/ton) |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 06 FE 5154 | 7.644 | 637 | 3809.26 | 0.19 |
| 06 FC 8456 | 5.726 | 477 | 2852.46 | 0.14 |
| 06 FC 7312 | 3.672 | 306 | 1829.88 | 0.09 |
| 06 DN 0631 | 6.478 | 540 | 3229.2 | 0.16 |
| 52 LM 263 | 12.432 | 1.036 | 6195.28 | 0.31 |
| Toplam | 35.952 | 2.996 | 17916.08 | 0.90 |

Kullanılan araçların yıpranma payı (amortisman) süreleri dolduğu için maliyete etkisi bulunmamaktadır.

3.5. Genel Maliyetler

Kırşehir nefelinli siyenit tesislerinin tüm giderleri ve ton başına düşen miktarları Tablo 21’de verilmiştir. En sağ sütun, çeşitli aşamalardan geçen ürünün (tüvenan, kırılmış-elenmiş ve zenginleştirilmiş) nihai işletme teslim maliyetini göstermektedir.

Tablo 21. Kırşehir Nefelinli Siyenit Tesislerinde Yapılan Üretime Göre Belirlenen Tüm Giderler

| Gider Türü | Açık ocak tüvenan üretimi (AOTÜ) | AOTÜ + Kırma-emeleme tesisi (KET) | AOTÜ + KET + Zenginleştirme tesisi |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Çıplak maliyet (TL/ton) | 15.94 | (5.05+15.94) 20.99 | (48.66+20.99) 69.65 |
| +Ocak personel gideri (TL/ton) | (15.94+1.09) 17.03 | (20.99+1.09) 22.08 | (69.65+1.09) 70.74 |
| +Tesisler personel gideri (TL/ton) | (17.03+0.97) 18.00 | (22.08+0.97) 23.05 | (70.74+0.97) 71.71 |
| +İdari bina personel gideri (TL/ton) | (18.00+1.28) 19.28 | (23.05+1.28) 24.33 | (71.71+1.28) 72.99 |
| +Genel idari giderler (TL/ton) | (19.28+1.75) 21.03 | (24.33+1.75) 26.08 | (72.99+1.75) 74.74 |
| +Konut giderleri (TL/ton) | (21.03+0.135) 21.17 | (26.08+0.135) 26.22 | (74.74+0.135) 74.88 |
| +Araç giderleri (TL/ton) | (21.17+0.90) 22.07 | (26.22+0.90) 27.12 | (74.88+0.90) 75.78 |

4. SONUÇ

Nefelinli siyenitin en çok tüketildiği alanlar seramik ve cam sanayileridir. Akınar nefelinli siyenitinin tüvenan halindeki Fe_2O_3 içeriği %1.60 olarak belirlenmiştir. Nefelinli siyenit bu haliyle seramik ve cam endüstrilerinde kullanıma uygun değildir. Ancak tesisin uygulamış olduğu zenginleştirme işlemi ile içeriğindeki demir miktarı %0.29’a kadar düşürülmüştür. Bu nedenle üretim maliyetinin hesabı yapılırken, zenginleştirme tesisi giderleri de katılmıştır.

XRD analizinde tüvenan kayacın ana olarak nefelin, ortoklas, albit ve mikrolin minerallerinden oluştuğu görülmüştür. Nefelinli siyenitin birim hacim ağırlığının 2.559 gr/cm^3 , atmosfer basıncında ağırlıkça su emmenin %0.260, görünür porozitenin %0.628 olduğu belirlenmiştir. Deney sonuçlarından, birim hacim ağırlık deneyi sonuçlarının standart sapması 0.004, atmosfer basıncında ağırlıkça su emme deneyi sonuçlarının standart sapması 0.034, görünür porozite deneyi sonuçlarının standart sapması 0.093 olarak hesaplanmıştır. Moos ve Quervain (1948)'in yapmış olduğu, kayaların porozite oranına göre sınıflandırmasında kayacın “çok kompakt” kayaç sınıfına girdiği görülmüştür.

Açık ocak maliyetleri, kırma-eleme tesisi maliyetleri ve zenginleştirme tesisi maliyetleri detaylı olarak hesaplanmıştır. Sırasıyla ton başına maliyetler 22.07, 27.12 ve 75.78 olarak bulunmuştur. Burada zenginleştirme tesisinin maliyeti çok fazla etkilediği anlaşılmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde 118M224 numaralı proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- BS (2018). “B&S Yatırım A.Ş.”, <http://www.bsnefelin.com/tr/index.php>, 12.02.2018.
- EUROFEL (2011). “Feldspar”, http://www.imaeuropa.eu/sites/imaeuropa.eu/files/minerals/Feldspar_An-WEB-2011.pdf, 18.02.2016.
- HANER, S.H. ve DEMİR, M. (2018). “Nefelinli Siyenit: Bir Gözden Geçirme”, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 2018 (42): 107-120.
- MCLEMORE, V.T. (2006). “Nepheline Syenite”, s. 653-670, (Ed.) KOGEL, J.E., TRIVEDI, N.C., BARKER, J.M., KRUKOWSKI, S.T., Industrial Minerals & Rocks (7th Edition), Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Colorado.

- MOOS, A.V. ve QUERVAIN, F.D. (1948). Technische Gesteinkunde, Verlag Birkhauser, Basel.
- TANNER, A.O. (2015). "Feldspar and Nepheline Syenite, 2013 Minerals Yearbook, U.S. Geological Survey", <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/feldspar/myb1-2013-felds.pdf>, 12.02.2018.
- TUZCU, N. (1992). Petrografi-I (Magmatik Kayaçlar) (3. Baskı), Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- TÜİK (2018). "Türkiye İstatistik Kurumu, Dış Ticaret İstatistikleri", <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul>, 12.02.2018.
- VIEIRA, C.M.F., PEÇANHA, L.A. ve MONTEIRO, S.N. (2006). "Effect of Kaolinic Clays from the State of Rio de Janeiro in the Composition of Whiteware Floor Tile Bodies", Ceramica, 52: 138-145.