

# MT Bilimsel

Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources*

**Derginin Adı**  
MT Bilimsel

**İmtiyaz Sahibi**  
MAYEB Madencilik ve Yer Bilimleri Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

**Genel Koordinatör**  
Onur Aydın  
onur@mtbilimsel.com

**Yazı İşleri Müdürü**  
**Dış İlişkiler**  
O. Çağım Tuğ  
cagim@madencilik-turkiye.com

**İdari İşler**  
Volkan Ökyay  
volkan@madencilik-turkiye.com

**Grafik Tasarım - Uygulama**  
M. Anıl Tuğ  
anil@madencilik-turkiye.com

**İnternet Teknolojileri**  
Bilgin B. Yılmaz  
bilgin@madencilik-turkiye.com

**Hukuk Danışmanı**  
Av. Evrim İnal  
evrim@madencilik-turkiye.com

**Yayın İdare Merkezi**  
1042. Cd. (Eski 4. Cd.) 1335. Sk.  
(Eski 19. Sk.) Vadi Köşk Apt.  
No: 6/8 A. Öveçler ANK.  
Tel : +90 (312) 482 18 60  
Fax : +90 (312) 482 18 61

info@mtbilimsel.com

www.mtbilimsel.com

Yerel Süreli Yayıncıdır

ISSN 2146-9431

Ulusal Hakemli Dergidir



## Yayın Kurulu

### Baş Editör:

C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)  
o.aksoy@mtbilimsel.com

### Yardımcı Editörler:

Mahmut Yavuz  
Eskişehir Osmangazi Üni., Maden Müh. Bölümü

Vehbi Özacar  
Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü

**Madencilik Türkiye Dergisi Temsilcisi**  
Onur Aydın (Madencilik Türkiye Dergisi)  
onur@mtbilimsel.com

### Editörler (Alfabetik):

- Ali Sarıışık (Afyon Kocatepe Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Bahtiyar Ünver (Hacettepe Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Christopher Mark (Mine Safety & Health Admin., Coal Mine S. & H.)
- Çağatay Pamukçu (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Emin Candansayar (Ankara Üni., Jeofizik Müh. Bölümü)
- Erol Kaya (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- G. Gülsev Uyar Aldaş (Ankara Üni., Jeofizik Müh. Bölümü)
- Güner Gürtunca (National Institute for Occupational Safety & Health)
- Hakan Başarır (Malatya İnönü Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Işık Yılmaz (Cumhuriyet Üni., Jeoloji Müh. Bölümü)
- İhsan Özkan (Selçuk Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Kadri Dağdelen (Colorado School Of Mines, Dept. of Mining Eng.)
- Kerim Küçük (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Melih Geniş (Zonguldak Karaelmas Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Melih İphar (Eskişehir Osmangazi Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Mustafa Ayhan (Dicle Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Nuh Bilgin (İstanbul Teknik Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Nuray Demirel (Orta Doğu Teknik Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Pinnaduva Kulatilake (The Univ. of Arizona, Dept. of Min. & Geo. Eng.)
- Raşit Altındağ (Süleyman Demirel Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Reşat Ulusay (Hacettepe Üni., Jeoloji Müh. Bölümü)
- Sair Kahraman (Niğde Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Samuel Frimpong (Missouri Univ. of Science & Tech., Dept. of Min. Eng.)
- Şevket Durucan (Imperial College, Mining And Environmental Eng.)
- Tim Joseph (Univ. of Alberta, School of Mining & Petroleum Eng.)
- Turgay Ertekin (The Pennsylvania State Univ., Petroleum & Nat. Gas Eng.)
- Turgay Onargan (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)

## İçindekiler

Metin Uçurum

### **Kaplı Kalsit Üretimi ve Ürün Özellikleri**

*Coated Calcite Production and Product Features*.....1

Nurdan Güneş Yılmaz, R. Mete Gökten

### **Elmas Soketli Dairesel Testere Uygulamalarında Kesilebilirlik Parametreleri ve Ortalama Talaş Kalınlığı Arasındaki İlişkilerin Deneysel Analizi**

*Experimental Analysis of the Relations between Sawability Parameters and Mean Chip Thickness in Diamond-Segmented Circular Sawblade Applications*.....11

Mehmet Toptaş, Selahattin Çimen, Nevzat Kavaklı

### **5995 Sayılı Maden Kanunu ile yapılan Değişikliklerin Ruhsat Sayıları ve Toplanan Harç Gelirleri Üzerindeki Etkileri**

*The Impact of Amendments to Mining Law No. 5995 on the Number of Licences and Collected Fee Income*.....23



## **Kaplı Kalsit Üretimi ve Ürün Özellikleri**

*Coated Calcite Production and Product Features*

Metin Uçurum<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 51240, NİĞDE

\*Sorumlu Yazar:cevher@nigde.edu.tr

### **Özet**

Ülkemiz endüstriyel mineraller açısından oldukça zengin olup bunlardan kalsit, dolgu maddesi olarak ve ürünlere çeşitli özellikler kazandırılması amacı ile endüstrinin birçok alanında kullanılmaktadır. Özellikle kâğıt, plastik, kauçuk ve boya sanayinde kullanılan bu mineralin bazı fiziksel ve fiziko-kimyasal özelliklerde olması istenmektedir. Bu özelliklerin başında mikronize boyutlara öğütülmüş olması, hidrofob (su sevmez) yapıda ve yüksek beyazlık derecesine sahip olması gelmektedir. Kalsit mineralinin doğal hidrofil (su sever) yapıda olması nedeni ile ince ve çok ince boyutlara öğütüldükten sonra plastik gibi bazı sanayi dallarında doğrudan kullanılması çoğunlukla söz konusu olmamaktadır. Bu nedenle, mikronize kalsit ürünlerinin bir yüzey modifikasyonu (kaplama) prosesi ile hidrofob hale getirilmeleri teknik bir zorunluluk haline gelmiştir. Günümüzde kaplama işlemleri, mikronize kalsit tesisleri için ürün iyileştirme ve geliştirme noktasında önemli bir çalışma alanı olmuştur. Bu makalede, mikronize kalsit üretimi ve kaplanması öne çıkan prosesler ile kaplı kalsit ürünleri üzerinde gerçekleştirilen bazı test ve analizler hakkında bilgi verilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Kalsit, kaplama, mikronize öğütme.

### **Abstract**

*Our country has got important quantity of industrial minerals and calcite is one of them and is used as filler in the industries such as plastics, rubber, and paint, to gain a variety of features to products. In order to use calcite as filler, some specific physical and physicochemical properties are required. It should be milled to micronized size and have a hydrophobic property and a high degree of whiteness. Due to the hydrophilic nature of calcite, after grinding fine and very fine sizes, product of micronized calcite usually could not be used directly such as plastic industries. Therefore, hydrophilic micronized calcite products should be made hydrophobic with a surface modification (coating) process which is a technical requirement. For this reason today, the coating process has become an important study in terms of the product development and improvement for micronized calcite facilities. In this article, micronized calcite production, coating and information for some tests and analyzes for coated calcite are given.*

**Key words:** Calcite, Coating, micronized grinding.

## 1. Giriş

Kalsit, çeşitli şekillerde kristal halde bulunan camsı parlaklıkta, renksiz, sertliği Moh's skalasına göre 3, yoğunluğu ise 2,6-2,7 g/cm<sup>3</sup> civarında olan bir endüstriyel mineraldir. Kalsit, mikronize boyutlarda öğütüldükten sonra boya, kâğıt, plastik vb. birçok sektörde kazandırdığı özellikler nedeniyle mümkün olduğu kadar fazla kullanılan ucuz bir dolgu maddesidir. Kalsit, sanayi toplumlarında kendi ülkelerinden ya da ithalat yoluyla elde edilip ürünlere katılmaktadır ve ne kadar çok tüketilirse sanayinin o kadar gelişmiş olduğunun bir göstergesidir. Türkiye kalsitleri, kalitesi ve rezervleri bakımından çok iyi olup bilinen rezervlerin toplamı yüz milyonlarca ton ile ifade edilebilmektedir. Bunların dikkat çeken en önemli özellikleri, yüksek CaCO<sub>3</sub> yüzdesi, safsızlıklardan silis ve demir oranının çok düşük olması ve yüksek beyazlık derecelerine sahip olmalarıdır. Türkiye'nin en beyaz oluşumlarını ise Niğde bölgesinin kalsit rezervleri teşkil etmektedir. Mikronize kalsitte hemen hemen her türlü ürünün ülkemizde yüksek kalitede üretilebilir olması özellikle yukarıda anılan sanayi dalları için çok önemli bir rekabet avantajı sağlamaktadır (DPT, 2001).

Kalsit, temel birçok sanayinin ana girdisi olup titanyum dioksit gibi çok pahalı pigmentlerin daha az kullanılmasını sağladığı için gerek ekonomik gerekse çevre sağlığı açısından kullanımı yaygın bir maddedir. Boya sektöründe beyazlatıcı olarak kullanılan kalsit, daha çok 1–40 mikron boyutları arasında kuru öğütülmüş olarak kullanılmaktadır (MEGEP, 2009). Mikronize kalsit ürünleri kâğıt endüstrisinde dolgu ve kaplama maddesi olarak kullanılır. Böylece yüzey sertlenir, düzlenir ve renk düzgünlüğü elde edilir (Şahin, 1999). Kalsit, polimerik kompozit malzemelerde dolgu olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Dolgu malzemesi kullanmak maliyeti önemli ölçüde azaltmakta ve çoğu durumlarda kompozit malzemenin fiziksel özelliklerini iyileştirmektedir (Özdemir ve Özdemir, 2013).

Doğal kalsiyum karbonat kaplı ve kapsız halleri ile plastik endüstrisindeki en önemli minerallerdendir. Ağır metalleri içermemesi ve yüksek kimyasal saflığa sahip olması özelliği ile polimer yaşlanmasına sebep olacak herhangi bir katalitik etkiyi ortadan kaldırması, yüksek beyazlık derecesi ile pahalı beyaz pigmentlerden tasarruf sağlaması, düşük refraktif indeks, pastel ve beyaz tonları mümkün kılması, CaCO<sub>3</sub>'ün şekli, düşük sertliği, düşük yüzey sürtünmesi etkisi ile makinelerin aşınmasını minimize etmesi, kokusuz tatsız ve non-toksit özelliği ile gıdaya uygun olması, kullanılan kalsitin tane boyutuna bağlı olarak ürünlerin darbe mukavemetini artırması, stabiliteyi ve yaşlanmaya karşı dayanımı iyileştirmesi ve nihai malzemelerin yüzey özelliklerini geliştirilmesi önemli avantajlarından sayılmaktadır (Gema, 2009).

Bu çalışmada; mikronize kalsit üretimi ve kalsitin yüzey modifikasyonunda (kaplanmasında) öne çıkan proseslerden (pimli ve raymond değirmen) bahsedildikten sonra kaplı kalsit ürünleri üzerinde gerçekleştirilen test ve analizlerden; tane irilik dağılımı, toplam yüzey alanı, beyazlık analizi, aktive oranı, kaplama oranı, yığın yoğunluğu, dop ve keten yağ emme hakkında bilgi verilecektir.

## 2. Mikronize Kalsit Üretimi ve Kaplama Teknolojileri

Endüstriyel ölçekte kalsitin mikronize boyutlarda öğütülmesinde iki temel öğütme teknolojisi kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi kuru olarak çalıştırılan konvansiyonel bilyeli değirmenler ikincisi ise karıştırılmalı bilyeli değirmenlerdir (stirred mill). Söz konusu değirmenler havalı bir seperatörle kapalı devre çalıştırılarak ince/çok ince boyutlarda kalsit ürünleri üretilmektedir. Alınan ürünler farklı sanayi dallarına direkt kullanılabilirdiği gibi özellikle karıştırılmalı bilyeli değirmen ürünleri bir yüzey modifikasyonu (kaplama) işlemi sonrasında pazarlanabilmektedir.

Kalsitin mikronize boyutlara öğütülmesinde konvansiyonel bilyeli değirmenler özellikle ülkemizde çok geniş olarak kullanılmaktadır. Bunun en önemli sebepleri teknolojinin bilinmesi nedeniyle yerli üretiminin yapılabilmesi ve yüksek kapasiteye sahip olmalarıdır. Öğütme prosesleri genel manada yüksek enerji gerektiren bir proses olmakla birlikte kalsitin mikronize boyutlara ( $d_{50}=3-5$  mikron) öğütülmesinde bu sarfiyat daha üst seviyelerde seyredilmektedir. Bunun temel nedenleri, ince ve çok ince boyutlara öğütmeye konvansiyonel bilyeli değirmenlerin çok uygun olmaması ile birlikte değirmenlerin tecrübe esaslı çalıştırılıyor olması ve çok ince boyutlarda seperasyon verimlerinin düşük olması sayılabilmektedir.

Son yıllarda karıştırmalı bilyeli değirmenlerin çeşitli sanayi kollarındaki kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Madencilik sektöründe ise ince öğütmeye olan ihtiyacın artmasına ve ekipman boyutlarının büyümesine paralel olarak karıştırmalı bilyeli değirmenler tesislerde kullanılan geleneksel boyut küçültme ekipmanlarına bir alternatif oluşturmaktadırlar. Gelişen teknoloji ile birlikte plastik, seramik, boya, gıda ve kozmetik gibi farklı endüstri kollarında ince (<100 um), çok ince (<10 um) veya süper ince (<1 um) olarak adlandırılan boyutlardaki malzemeye olan ihtiyaç giderek artmaktadır (Dikmen ve Ergün, 2004). Karıştırmalı bilyeli değirmenler yatay ve dikey olmak üzere iki tipe sahip olup yaş veya kuru ortamda çalıştırılabilmektedirler. Kalsitin mikronize öğütülmesinde özellikle ülkemizde kuru ortamda öğütme yapan dik karıştırmalı bilyeli değirmenler tercih edilmektedir.

Mikronize kalsit öğütme tesislerinde gerek yatay değirmen gerekse karıştırmalı değirmen de öğütülen kalsitin sınıflandırılması değirmenlerle kapalı devre çalıştırılan mekanik bir seperatör ile sağlanmaktadır. Bu sistem genellikle siklonlu veya siklonsuz bir yapıya sahip olup siklonlu yapıda ana fanın ayırıcıdan yüksek hızda çektiği ince ürünü durdurmak ve stoklamak için siklon ve jet-filtrenin birlikte kullanıldığı sistemlerdir. Nispeten kaba ürün eldesi için daha uygundur, çünkü siklonlar belli tane boyutlarının altında ürünü durduramamaktadır. Siklonun durduramadığı ince ürün filtre tarafından yakalanıp çöktürülür. Bundan dolayı bu tür sistemlerde siklondan elde edilen malzeme nispeten daha kaba; filtreden elde edilen malzeme nispeten daha incedir. Özellikle bu tip bir ürün istenmiyorsa her iki ürün tek siloya beslenerek karıştırılır. Siklonlu hatların en önemli avantajı, daha küçük bir jet filtreye ihtiyaç duymalarıdır. Bu şekilde ilk yatırım maliyeti düşeceği gibi filtrenin harcayacağı basınçlı hava miktarı da oldukça azalmaktadır. Önemli dezavantajı ise siklonun ortaya çıkardığı ek basınç kaybının ayırıcı verimini düşürmesidir (Toraman ve Sönmez, 2012).

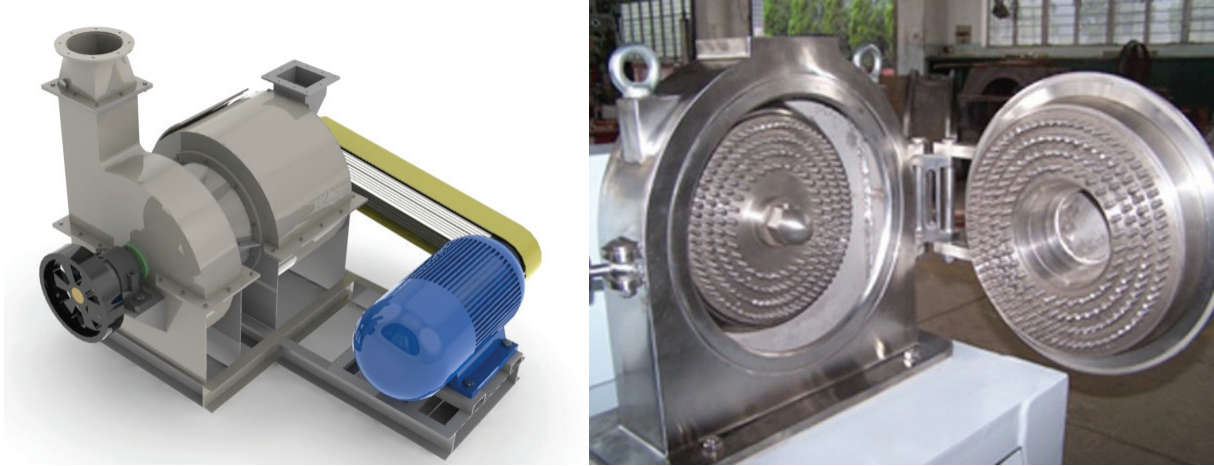
Mikronize kalsit üretim tesislerinde anahtar proseslerden birisi yüzey modifikasyonu yani kaplama işlemleridir (Hao ve ark., 2007). Yani kalsitte ürün iyileştirme ve geliştirme çalışmalarının ana konularından birisini de kalsitin hidrofob yapısının bir yüzey modifikasyonu prosesi ile hidrofob hale getirilmesi oluşturmaktadır.

Ürün maliyetlerinin düşürülmesinin en yaygın yollarından biri olan mineral kullanımı doğal olarak bazı sorunları beraberinde getirmiştir. Organik malzeme olan polimerler ile inorganik olan mineraller arasında yüzey gerilimi farkı bulunmaktadır. Bu nedenle daha iyi fiziksel değerler elde edebilmek için minerallerin kaplanması (yüzey modifikasyonu) yoluna gidilmiştir. Kaplı kalsit, hidrofobik yapısı, düşük yüzey enerjisi, kolay dispersiyon ve yüksek homojenizasyon ve daha parlak ve düzgün yüzey oluşumu sağlaması ve makine aşınması ile verimini artırmasını sağlamaktadır (Gema, 2009).

Günümüzde kalsitin kaplanmasında pimli değirmenler, reymond değirmenler ve ısıtmalı-

kariştirmalı makineler gibi konvansiyonel yüzey modifikasyon teknolojileri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Raymond değirmende (Şekil 1a) kaplama işlemi, kalsitin ve stearik asidin  $[CH_3(CH_2)_{16}COOH]$  belirli oranlarda (ortalama %1) kariştırılarak direk değirmene beslenmesi sureti ile sürtünme enerjisinden faydalanılarak gerçekleştirilmektedir. Isıtmalı-kariştirmalı makinelerde kaplama işlemi ise ısı ceketli kazanlarda kalsit+stearik asit (ortalama %1) karişımının belirli sürelerde ve hızlarda kariştırılarak genellikle kesikli olarak yapılmaktadır. Her iki prosesin en önemli dezavantajı kapasite düşüklüğü ve üniform ürün eldesin de yaşanan sıkıntılardır.

Kalsitin yüzey modifikasyonu (kaplaması) Dünyada ve ülkemizde en yaygın olarak stearik asit ergitme-besleme, mikronize kalsit besleme ve pimli değirmen olmak üzere üç ana üniteden oluşan pimli değirmenlerde gerçekleştirilmektedir. Pimli değirmen ile kalsit kaplama prosesinde öncelikle granül formdaki stearik asit ısı ceketli bir tankta 110-120 °C'de ergitilmektedir. Stearik asidin ergime sıcaklığının yaklaşık 70 °C olmasına karşın bu sıcaklıklarda ergitme yapılmasının temel nedeni viskozitenin düşürülmesidir. Buradan ısı korularak pimli değirmen girişine kadar taşınan ergimiş stearik asit ile mikronize kalsit pulverize olarak pimli değirmene beslenmektedir. Kalsit kaplama işlemlerinde kullanılan pimli değirmene ait bir görüntü Şekil 1b'de verilmiştir. Elde edilen kaplı kalsit ürünleri pimli değirmenin alt çıkışından alınarak silolara beslenmektedir. Bu proseste ortalama %0,8-1 (8-10 kg/ton) civarında stearik asit kullanılarak kaplama işlemleri gerçekleştirilmektedir. Kullanılan stearik asit miktarı kaplama işlemine tabi tutulan kalsitin boyut dağılımı ile ilgili bir orandır. Zira ince boyutlara inildikçe toplam yüzey alanındaki artış nedeni ile kullanılan reaktif miktarında artışlar doğal olarak kendini göstermektedir.



Şekil 1. a-Mikronize kalsit kaplamada kullanılan Raymond Değirmen ([www.egeaymakina.com](http://www.egeaymakina.com)) ve b-pimli değirmenden ([www.topmachinebiz.com](http://www.topmachinebiz.com)) birer görünüş

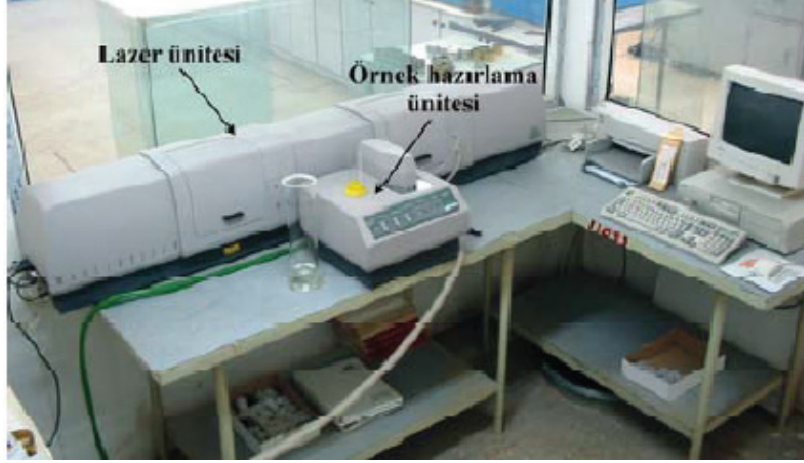
### 3. Kaplı Kalsit Ürünleri Üzerinde Gerçekleştirilen Bazı Test ve Analizler

#### 3.1 Tane İrilik Dağılımı

Tane boyu analizleri genellikle 38 mikrona kadar olan iri boylarda standart laboratuvar elekleri kullanılarak yapılmaktadır. Bunun nedeni yöntemin çok basit ve az masraflı oluşu, ayrıca malzemenin fraksiyonlarına rahatlıkla ayrılabilmesidir. Tane boyu analizinde esas problem standart laboratuvar elekleri ile inilemeyecek boyutların analizinin, mevcut yöntemlerden hangisi ile yapılacağıdır. Var olan yöntemler kendi içerisinde tekrarlanabilir sonuçlar vermesine rağmen, birbirleri arasında farklılıklar olmaktadır. Ayrıca, farklı yöntemlerin kullandığı fiziksel temelden kaynaklanan avantaj ve dezavantajlar da bulunmaktadır (Saklar ve ark., 2000). İnce tane ölçüm teknikleri içinde son yıllarda en fazla kullanılan yöntem lazer kırınım yöntemidir. Bu kapsamda günümüzde mikronize kalsitte en çok kullanılan bu teknolojiyi esas alan cihazlardır (Şekil 2). İnce tane ölçüm teknikleri içinde



son yıllarda en fazla kullanılan bu yöntemin diğer yöntemlere kıyasla birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar; 0,1 ile 2000  $\mu\text{m}$  aralığındaki taneler ölçülebilir, son derece hızlı olup bu yöntemle bir örneğin analizi yaklaşık 10-15 dakikada tamamlanabilir, 0,1-0,5 g arasında değişen çok az bir örnek yeterlidir, istenildiği takdirde aynı örneğin analizini birkaç dakika içinde tekrarlamak mümkündür ve lazer kırınım cihazı bilgisayarla kontrol edilen elektronik bir cihaz olduğundan, deney sonuçlarını bilgisayar ortamında saklamak ve depolamak mümkündür (Özer ve Orhan, 2007).



Şekil 2. Lazerli tane boyutu ölçüm cihazı (Özer ve Orhan, 2007)

Lazer kırınım yöntemiyle tane iriliği dağılımının hesaplanması için Fraunhofer ve Mie kuramı olmak üzere iki farklı optik kuram bulunmaktadır. Fraunhofer kuramında, bütün tanelerin, ışınların dalga boyundan çok daha büyük olduğu ( $d \gg \lambda$ ) ve ışık geçirmeyen iki boyutlu dairesel halka şeklinde oldukları kabul edilmektedir. Mie kuramında ise, bütün tanelerin şeffaf ve küre şeklinde olduğu ve tanelerle içinde buldukları ortamın saptırma indisleri arasındaki farkın küçük olduğu kabul edilmektedir (Hesseman, 2002). Her iki kuram arasındaki farklardan birisi de, Mie kuramında, ölçülecek malzemenin ve ölçüm sırasında içinde bulunduğu ortamın saptırma indislerinin ve ışın emme katsayılarının bilinmesi gerekirken, Fraunhofer kuramında bunlara gerek duyulmamasıdır (Murray, 2002). Malgır, 2011'de mikronize kalsit ürünleri üzerinde gerçekleştirdiği çalışmada Mie ve Fraunhofer kuramlarına göre yapılan ölçümlerde ince boyutlara gidildikçe farklı sonuçların alındığını ve ölçüm yapılacak numune irileştikçe her iki kuramın değerlerinin birbirine yaklaştığı sonucuna ulaşmıştır. Bu nedenle, mikronize kalsit ürünlerinin tane irilik dağılımı günümüzde hemen hemen hepsi lazer kırınım yöntemini esas alan cihazlar kullanılarak yapılmakta olduğundan ölçümlerin Mie kuramı esas alınarak yapılmasının daha sağlıklı olacağı görülmektedir.

Kaplı kalsitin tane iriliğinin belirlenmesi söz konusu ölçüm cihazlarının yaş versiyonlarında direkt olarak yapılması mümkün değildir. Çünkü kaplı kalsitin yüzey enerjisinin çok düşük olması nedeni ile suda batmazlar ve dolayısı ile disperse olmazlar bu nedenle ölçümlerde kullanılacak suyun yüzey geriliminin düşürülmesi amacı ile bazı yüzey aktif maddelerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Sanayide, öğütme sonrası havalı bir seperatör ile sınıflandırılmış mikronize kalsit ürünleri çok genel olarak  $d_{50}$  bazında 1-100  $\mu\text{m}$  arasında değişebilmektedir. Ancak bunlardan kaplamaya tabi tutulan ürün grubu ise daha çok  $d_{50}=1-10 \mu\text{m}$  arasında olan çok ince ürünlerdir. Kaplama işleme tabi tutulan bu mikronize kalsit ürünlerinin tane irilik dağılımında büyük değişikliklerin olması istenmez. Çünkü bu durum ürünün tekrar sınıflandırmasını dolayısı ile maliyet artışını ve kapasite düşüklüğüne neden olmaktadır. Ancak ideal şartlarda çalıştırmalarda bile, özel-

likle pimli ve raymond değirmenlerde kaplama işlemi sonrası ürünlerin boyut dağılımında çok küçük değişikliklerin olması söz konusu olabilmektedir. Burada önemli olan husus, kaplanan ürünün tane irilik dağılım karakterizasyonunu bozacak bir öğünmemenin meydana gelmemesi ve kullanıcılar tarafından ürünün kabul görmesi genel bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Zira kaplı kalsit kullanıcı sektörlerinin hiç biri için herhangi bir standart geliştirilmiş değildir.

### 3.2 Toplam Yüzey Alanı

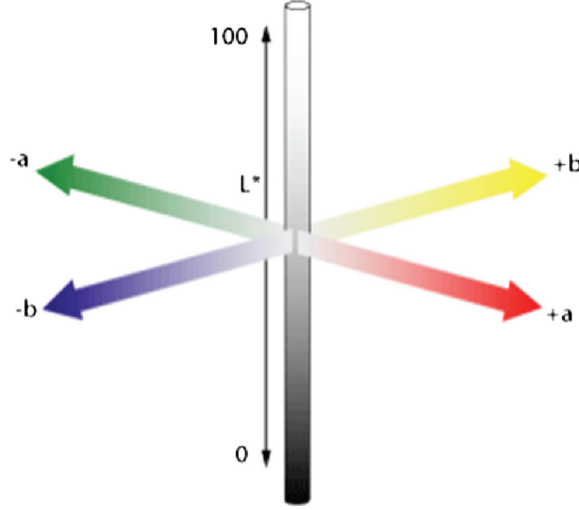
Kırma ve öğütme gibi boyut küçültme işlemleri sonucunda elde edilen bir ürünün belli ağırlığı ve hacmindeki yüzey miktarı olarak ifade edilir ( $\text{cm}^2/\text{g}$  veya  $\text{m}^2/\text{kg}$  olarak ifade edilir). Günümüzde parçalı malzemenin tanımlanmasında tane boyutu, tane şekli, serbestleşme boyutu ve özgül yüzey alanı gibi değişik parametreler kullanılmaktadır. Kimyasal zenginleştirme, flotasyon, kurutma, filtrasyon gibi işlemlerde bir ürünün teknolojik durumunu ifade ederken özgül yüzey alanının bilinmesi onun tane boyutunun bilinmesinden daha önemlidir. Bilimsel çalışmalarda boyut dağılımı özgül yüzey alanı ile birlikte verilmesi tercih edilmektedir. ([www.cevher.itu.edu.tr](http://www.cevher.itu.edu.tr)). Özgül yüzey alanı; tane boyu, karakterizasyon ve pürüzlülüğün yararlı bir ölçüsüdür. BET cihazı toz veya yığınsal numunelerde yüzey alanı ölçümleri ile nano ve makro por boyutu ve por boyut dağılımı analizlerinde kullanılmaktadır. ([www.seramikarastirma.com.tr](http://www.seramikarastirma.com.tr)). Tozların veya gözenekli malzemelerin toplam yüzey alanı ölçümlerinin standardını, düşük sıcaklık gaz adsorb-lama tekniği sağlar. Gaz adsorb-lama yöntemi ile yüzey alanı ölçülmesi temel olarak ölçüm yapılacak numune yüzeyinde gaz moleküllerinin tek tabaka oluşturması için gerekli gaz miktarının ölçülmesine dayanır. Bir katının ya da sıvının sınır yüzeyinde moleküller arasındaki kuvvetlerin denkleşmemiş olması konsantrasyon değişmesine yol açar (Yurtseven ve ark., 1997).

Genel olarak minerallerin tane boyunda incelmeler meydana geldikçe malzemenin toplama yüzey alanında  $\text{m}^2/\text{g}$  bazında artışlar kendini göstermektedir. Bu durum mikronize kalsit ürünleri içinde geçerli olmakla birlikte kaplı kalsit için durum biraz daha farklılık arz etmektedir. Kaplı kalsit minerallerinin en önemli özelliklerinden birisini de bir yağ asidi ile (genellikle stearik asit) kaplandıktan sonra mineralin tane inceliğinde önemli bir değişiklik olmaksızın toplam yüzey alanında artışın meydana gelmesidir. Örneğin  $d_{50}$  değeri 2,50 mikron olan bir mikronize kalsit ürününün toplam yüzey alanı  $5 \text{ m}^2/\text{g}$  olduğu varsayılırsa bu değer kaplama işleminden sonra ürün boyut dağılımında kayda değer bir değişiklik olmamasına rağmen  $6-7 \text{ m}^2/\text{g}$ 'lara kadar çıkabilmektedir. Özellikle ülkemizdeki mikronize kalsit tesislerinde kalite kontrol amaçlı BET analizleri yapılmamakta olup bu değer Lazer kırınım bazlı cihazlarda boyut dağılımı ölçüm raporlarından elde edilmektedir. Ancak bu sonuçlar gerçek toplam yüzey alan değerleriyle çok büyük farklılıklar göstermekle birlikte sadece fikir edinme amacı doğrultusunda kullanılmaktadırlar.

### 3.3 Beyazlık Analizi

Günümüzde hemen hemen tüm modern renk ölçümü, renk spesifikasyonu, CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun) sistemine dayanmaktadır. Bu sistem, 1931'de oluşturulmuş olup, buna rağmen temel yapı ve prensiplerde değişiklik yapılmaksızın bu tarihten itibaren yeni eklemeler ve düzeltmeler yapılmıştır. CIE sistemi, renk algılama teorilerinden ziyade deneysel gözlemlere dayanmaktadır. Renk ölçümünde, ışık kaynağı, gözlemci ve yüzey daima göz önünde tutulmalıdır (McDonald's, 1997). X, Y ve Z tristimulus değerleri, rengi sayısal olarak ifade edebilmekle birlikte renk hakkında bilgi vermemektedir. Rengin daha kolaylıkla anlaşılabilir bir tanımını yapmak üzere 1976 yılında CIE, X, Y ve Z tristimulus değerlerinden hesaplanan  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  şeklindeki üç koordinatı bulunan ve CIELab sistemi olarak adlandırılan bir sistemi tanımlamıştır. Bu parametrelerdeki "\*" işareti, daha önce geliştirilmiş farklı renk sistemlerindeki benzer formüllerinden CIE formüllerini ayırt edebilmek için kullanılmaktadır (Yeşil, 2010).  $\text{CIE}L^*a^*b^*$

renk sisteminde; renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir. Burada,  $L^*$  siyah-beyaz (siyah için  $L^*=0$ , beyaz için  $L^*=100$ ) ekseninde,  $a^*$  kırmızı-yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil) ekseninde,  $b^*$  ise sarı-mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde yer almaktadır (Oliver ve ark. 1992; McGuire, 1992). CIEL\*a\*b\* renk alanı Şekil 3’de gösterilmiştir. Bunlarla birlikte, ışıklılık veya reflektans olarak da adlandırılabilen parlaklık değeri de ( $R_y$ ) beyazlık ölçüm sonuçlarından elde edilebilmektedir.



Şekil 3. CIEL\*a\*b\* renk düzlemi (Sharafudeen, 2012)

Gerek mikronize kalsitte gerekse kaplı kalsitte en önemli kalite parametrelerinin başında beyazlık derecesi gelmektedir. Genel olarak kalsit kaplanmasından sonra beyazlık değerlerinde kısmen düşmeler meydana gelmektedir. Bu durum kaplama proseslerinin kaçınılmaz bir sonuçtur. Meydana gelen renk değişikliğinin daha somut ve bilimsel hale getirilebilmesi için renk bilimcileri tarafından kullanılan “Toplam Renk Değişimi,  $\Delta E$ ” değerinin mikronize kalsit sektöründe de kullanılması ürün özelliklerinin ortaya konmasında yararlı bir parametre olacaktır. Bu değerın hesaplanmasına ait formül Eşitlik 1’de verilmiştir (Lakatos ve ark., 2005)

$$\Delta E: [(L_f^* - L_i^*)^2 + (a_f^* - a_i^*)^2 + (b_f^* - b_i^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

Burada, formül parametreleri mikronize ve kaplı kalsit için yorumlanırsa;

$\Delta E$ : Toplam Renk Değişimi

$L_i^*$ : Mikronize kalsit numunesinin değeri;  $L_f^*$ : Kaplanmış kalsit numunesinin değeri

$a_i^*$ : Mikronize kalsit numunesinin değeri;  $a_f^*$ : Kaplanmış kalsit numunesinin değeri

$b_i^*$ : Mikronize kalsit numunesinin değeri;  $b_f^*$ : Kaplanmış kalsit numunesinin değeri

Örneğin kapsız ve kaplı kalsit renk parametreleri ( $L^*$ -  $a^*$ -  $b^*$ ) sırası ile 98,70-0,03-1,06 ve 97,90-0,05-1,15 olan bir ürünün toplam renk farkı  $\Delta E=0,81$  olarak bulunur. Bu değerın 1’ altında olması, “çok küçük değişikliğin” olduğu anlamını taşımaktadır (Özcan, 2008). Renk ölçüm parametre değerleri kullanılarak elde edilen renk farklılıklarının  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  şeklinde üç bileşene ayrılmasına rağmen,  $\Delta L^*$  değeri daha önemli bir yer tutmakta olup bu değerın pozitif olması numunenin referans numuneden daha açık olduğunu, negatif olması ise daha koyu olduğunu göstermektedir (Yeşil, 2010). Bununla birlikte kaplı kalsit için  $L^*$  den sonra en önemli renk parametresi olan  $b^*$ ’nin ise yükselmesi kaplı kalsitte sarılık değerinde artış olduğunu bir göstergesidir.  $a^*$  değerindeki artış ise söz konusu üründe yeşilden kırmızıya geçiş olduğunu simgelemektedir.

### 3.4 Aktive Oranı

Kaplanmış kalsit üreticileri ve kullanıcıları tarafından ürünlerinin kalitesi “Bardak Testi” olarak bilinen ve bir miktar kaplı kalsitin yarım bardak suya atıldıktan sonra hızlı bir şekilde belli bir süre çalkalanması sonrası suda oluşan bulanıklık ve batan miktar gözlenmek sureti ile belirlenmektedir. Akademik manada ise bu test “Aktive Oranı” olarak adlandırılmakta olup belli bir miktar (5 grama kadar) kaplı kalsit numunesi 250-300 cc suda yüksek hızda karıştırılması sonrası yüzen ve batan miktar esas alınarak aşağıda verilen Eşitlik 2 yardımı ile hesaplanmaktadır (Sheng, ve ark., 2004).

$$AO (\%) = [Mp/(Mp+Mt)]*100 \quad (2)$$

Burada, Mp: Yüzen ürün miktarı (gr) ; Mt: Batan ürün miktarı (gr)

Bu oran özellikle kaplı kalsit üreticileri ve tüketicileri tarafından ürün kalitesinin en önemli göstergesi olarak kabul edilmekte olup bu yaklaşım akademik çalışmalarda da desteklenmektedir (Wua ve Lu, 2003; Ding ve ark., 2007). Endüstride kullanılan kaplı kalsit ürünlerinin %100'e yakın bir aktive oranı değerine sahip olması istenmektedir.

### 3.5 Kaplama Oranı

Kaplama oranı analizi mikronize kalsit tesislerinde belirli periyotlarla kaplı kalsit ürünleri için kalite kontrol amaçlı yapılan bir testtir. Endüstriyel ölçekte mikronize kalsit ürünleri genellikle stearik asit ile kaplanması ve bu kimyasalın ortalama 383 °C buharlaşma ısısına sahip olması sebebi ile kaplanmış kalsitin nemi alındıktan sonra 400 °C de kül fırınında bir saat bekletildikten sonra kütle kaybı hesabına dayalı olarak kaplama oranı değeri hesaplanmaktadır (Eşitlik 3). Elde edilen sonuçlar kaplamada kullanılan ton başına stearik asit baz alınarak değerlendirilmektedir.

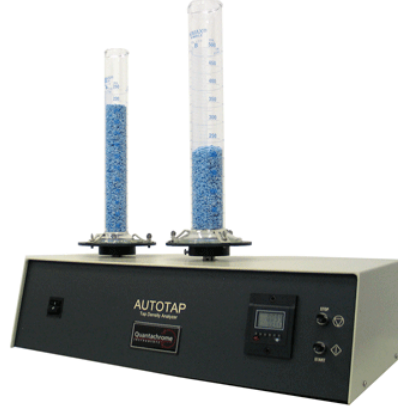
$$\text{Kaplama oranı: } [(Toplam \text{ kütle kaybı}/Numune \text{ miktarı})] \times 100 \quad (3)$$

Örneğin; 10 kg/ton stearik asit kullanılarak kaplanmış bir mikronize kalsit ürünün, kaplama oranının %1 civarında çıkması beklenir. Bu test TGA (Termogravimetrik analiz) analizinin tesis ölçeğinde basitleştirilmiş bir versiyonu olarak değerlendirilebilmektedir.

### 3.6 Yığın Yoğunluğu Analizi

Cevher hazırlamada gerek depo veya stok sahasında gerekse limanda yığının veya konsantrenin miktarının hesaplanması gerekmektedir. Malzemelerin depolanması, paketlenmesi ve taşınması gibi teknik veya ticari birçok nedenden dolayı yığın miktarının hesaplanması önemli bir konudur. Bir yığını oluşturan parça sistemlerinin yoğunluğuna “Yığın yoğunluğu” veya “Bulk yoğunluğu” denir. Yığın yoğunluğu, yığını oluşturan tanelerin parça cinsi ve boşluk oranı ile ilgilidir. Yığın yoğunluğunun hesaplanmasında gözenekliliğin yanı sıra tanelerin şekli ve boyutu da önemlidir. Aynı ağırlıkta ve özellikteki iri ve ince boyutlu iki ayrı malzemenin yığın yoğunlukları birbirlerinden farklıdır. Bu durum parça boyutundaki değişimin (artış veya azalış), parçalar arasındaki boşluk hacminde değişime neden olmasından kaynaklanır (www.cevher.itu.edu.tr).

Kalsit sektöründe mikronize boyutlara öğütülen ve kaplanan kalsitin yığın yoğunluğu sanayide Tap yoğunluk olarak adlandırılmakta olup bunun ölçülmesinde Şekil 4’ de verilen Autotap tap density tipi cihazlar tercih edilmektedir. Bu testte, ağırlığı alınmış (M) ortalama 100 cc numune dereceli bir silindire konulduktan sonra Autotap tap density tipi cihazına yerleştirilerek 1250 vuruş işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra yeni hacim ( $V_{son}$ ) okunarak  $g_{tap} = M/V_{son}$  formül ile tap yoğunluk ( $gr/cm^3$ ) elde edilmektedir.



Şekil 4. Autotap tap density tap yoğunluk ölçer (www.quantachrome.com)

### 3.7 Dop ve Keten Yağ Emme Analizi

Hidrofil (su sever) karakterde olan mikronize kalsit ürünleri kaplama işlemine tabi tutulduktan sonra hidrofob (su sevmez) hale getirilirler. Bu yüzey özelliği geçişi, kalsit minerallerinde birçok değişikliği beraberinde getirmektedir. Bunlardan birisi de dop ve/veya keten yağı emme oranlarındaki azalmalardır. Bu azalma oranı kaplama kalitesinin de bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Kaplanmış kalsit ürünlerinin kaplama oranlarına dolayısı ile kaplama kalitesine bağlı olarak dop ve keten yağı emme miktarlarında %50 ve daha fazla oranlarda düşüşler kendini gösterebilmektedir.

## 4. Sonuçlar

Türkiye kalsit cevherleri,  $\text{CaCO}_3$  yüzdesinin ve beyazlık derecesinin çok yüksek olması ile birlikte safsızlıklardan silis ve demir oranının çok düşük olması gibi birçok avantaja sahiptir. Ülkemizdeki kalsit tesislerinde mikronize kalsit ürünlerinin yanında kaplı kalsit ürünleri de yüksek kalite ve kapasitede üretilmektedir. Bu durum, özellikle plastik sektörü başta olmak üzere bu ürünün kullanıldığı birçok sanayi kuruluşu için önemli bir rekabet avantajı sağlamaktadır. Bu nedenle, kullanımı giderek artan ve katma değeri kapsız kalsitten yaklaşık %50 daha fazla olan kaplı kalsitin, üretim teknolojileri ve kimyasalları üzerine çalışmaların yoğunlaştırılması önem arz etmektedir.

## Kaynaklar

- Dikmen, S. ve Ergün, Ş.L., 2004. Karıştırılmalı bilyeli değirmenler, Madencilik, 43,(4), 3-15.
- Ding H., Lu S., Deng Y., Du C.X., 2007. Mechano-activated surface modification of calcium carbonate in wet stirred mill and its properties, Trans. Nonferrous Met. 318 Soc. China 17, 1100–1104.
- DPT, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Öik Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri, (Asbest-Grafit-Kalsit-Fluorit-Titanyum Çalışma Grubu Raporu) 2618- ÖİK: 629, Ankara.
- Gema Elektro Plastik, 2009. Kalsiyum Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) Dolgulu Ürünler, Basım Yeri: Yunus Matbaacılık Ltd. Sti.
- Hao, D., Shou-ci, L., Yan-Xi, D., Gao-xiang, D., 2007. Mechano-activated surface modification of calcium carbonate in wet stirred mill and its properties, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 17, 1100-1104.
- Hesseman, R., 2002. Particle size analysis in ceramics manufacture, International Ceramics, Cilt 1, 31–34.
- Lakatos, S., Burda, C., Sinescu, C., Negrutiu, M. 2005. Shade matching of titanium porcelain,

- TMJ, Vol. 55 No.1, 74-79.
- Malgır E., 2011. Lazer kırınım yöntemiyle tane büyüklüğü dağılımının hesaplanmasında Fraunhofer ve Mie kuramı, Boyatürk, Haziran / Temmuz, Sayfa 68-71.
- McDonald's, R., 1997. Colour Physics for Industry, Society of Dyers and Colourists, ISBN 0901956708, Second Edition, England.
- McGuire, R. G.1992. Reporting Of Objective Color Measurements: HortScience, 27, 1254-1255.
- MEGEP, 2009. Mesleki Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Kimya Teknolojisi Ankara, 2009
- Murray, M. R., 2002. Laser particle size determination possible for carbonate-rich lake sediments, Journal of Paleolimnology, Cilt 27, 173 – 183.
- Oliver, J. R., Blakeney, A. B., Allen, H. M., 1992. Measurement of flourcolor in color space parameters: CerealChem, 69, 546-551.
- Özcan, A., 2008, Kağıt yüzey pürüzlülüğünün L\*a\*b\* değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 14, 53-61.
- Özer M., Orhan M., 2007. Lazer kırınım yöntemiyle zeminlerin tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi: genel ilkeler ve örnek hazırlama yöntemi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 22, No 2, 217-226.
- Özdemir K.S. ve Özdemir E., 2013. Delikli nano CaCO<sub>3</sub> üretimi, 3. Sanayi Şurası, Ankara
- Saklar S., Bayraktar İ., Öner M., 2000. İnce tane boyu analizinde kullanılan yöntemler, Madencilik, Cilt- 39, Sayı-2, Sayfa 29-47.
- Sharafudeen R., 2012. The manufacturing process parameters affecting color and brightness of TiO<sub>2</sub> pigment, Sharafudeen International Journal of Industrial Chemistry, 3:26
- Sheng, Y., Zhou, J., Tao, N., Yu, K., Tian, Y., Wang, Z., 2004. Influence of octadecyldi hydrogen phosphate on the formation of active super-fine calcium carbonate: Journal of Colloid and InterfaceScience, 272, 326-329.
- Şahin, N., 1999 "Endüstriyel hammadde olarak kalsit (CaCO<sub>3</sub>) ve cevher hazırlaması", MTA Genel Müdürlüğü Derleme Rap No:10294, Ankara.
- Toraman Ö.Y., Sönmez A.T., 2012. Mikronize öğütmede havalı ayırıcıların tasarım değişkenleri, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, 30-36.
- Yeşil, Y., 2010. Melanj Elyaf Karışımlarında Renk Değerlerinin Yeni Bir Algoritma Geliştirilerek Tahmin Edilmesi, Doktora Tezi Çukurova Üniversitesi.
- Yurtseven, İ., Can, F., Çolak L., 1997. Toz karakterizasyonu, 1. Ulusal Nükleer Yakıt Teknolojisi Sempozyumu, ÇNAEM, İstanbul
- Wua W., Lu S.C., 2003. Mechano-chemical surface modification of calcium carbonate particles by polymer grafting, Powder Technol. 137, 41–48.
- About Quantachrome Instruments, 2013  
[www.quantachrome.com](http://www.quantachrome.com) (Erişim Tarihi: 20.11.2013)
- Ege Ay Makina, 2013.  
[www.egeaymakina.com](http://www.egeaymakina.com) (Erişim Tarihi: 20.11.2013)
- İTÜ Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, Parça Mekaniği Dersi Yığın Yoğunluğu Tayini Deney Föyü, 2013  
[www.cevher.itu.edu.tr/Belge.aspx?belgeId=5950](http://www.cevher.itu.edu.tr/Belge.aspx?belgeId=5950) (Erişim Tarihi: 20.11.2013)
- Seramik Araştırma Merkezi, 2013  
[www.seramikarastirma.com.tr](http://www.seramikarastirma.com.tr) (Erişim Tarihi: 20.11.2013)
- Zhejiang Fengli Pulverization Equipment Co., Ltd., Pin Mill's Specifications, 2013.  
[www.topmachinebiz.com/product/208736/Pin-Mill.htm](http://www.topmachinebiz.com/product/208736/Pin-Mill.htm) (Erişim Tarihi: 20.11.2013)

## **Elmas Soketli Dairesel Testere Uygulamalarında Kesilebilirlik Parametreleri ve Ortalama Talaş Kalınlığı Arasındaki İlişkilerin Deneysel Analizi**

*Experimental Analysis of the Relations between Sawability Parameters and Mean Chip Thickness in Diamond-Segmented Circular Sawblade Applications*

Nurdan Güneş Yılmaz<sup>1\*</sup>, R. Mete Göktan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Doğal Yapı Taşları Teknolojisi Bölümü, Torbalı, İzmir

<sup>2</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Batı Meşelik Yerleşkesi, Eskişehir

\*Sorumlu yazar: [nurdan.yilmaz@deu.edu.tr](mailto:nurdan.yilmaz@deu.edu.tr)

### **Özet**

Ortalama talaş kalınlığı doğal taşların kesilebilirlik analizlerinde yaygın olarak kullanılan bir parametredir. Kesim esnasında oluşan talaş kalınlıklarının görece yüksek değerler alması, daha verimli kesme koşullarına işaret etmektedir. Kesme hızı, testere ilerleme hızı ve kesme derinliği gibi çalışma parametreleri ortalama talaş kalınlığı üzerinde önemli rol oynamaktadır. Diğer yandan, testereyle ilgili özellikler olan testere çapı, elmas konsantrasyonu, soket ve elmas geometrisi gibi parametrelerin de ortalama talaş kalınlığı üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, farklı kesme koşullarında oluşan ortalama talaş kalınlıkları ve kesilebilirlik parametreleri olarak kabul edilen kesme kuvvetleri, özgül kesme enerjisi ve özgül aşınma arasındaki ilişkiler deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, talaş kalınlığını en yüksek değerde tutabilecek koşulların oluşturulmasının kesme verimini artırıcı bir rol oynadığı gösterilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Dairesel testere, kesilebilirlik, talaş kalınlığı, özgül enerji, özgül aşınma.

### **Abstract**

Mean chip thickness is a widely used parameter in determining the sawability characteristics of natural stones. Higher values of this parameter indicate more efficient machining conditions. It is influenced mainly by the operational factors such as sawing rate, feed rate of the sawblade and cutting depth. On the other hand, properties of the sawblade including sawblade diameter, diamond concentration and geometry of the segments and diamond particles are also known to be influencing factors. In this study, relations between mean chip thickness and sawability parameters such as cutting forces, specific sawing energy and specific wear have been experimentally examined under different machining conditions. As a result of the evaluations made, it has been shown that sawing efficiency is increased under the machining conditions in which the highest mean chip thickness is attained.

**Key words:** Circular sawblade, sawability, chip thickness, specific energy, specific wear.

## 1. Giriş

Elmas soketli dairesel testereler doğal taş işleme tesislerinde plaka ve fayans gibi ürünlerin elde edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dairesel testerelerde kesme performansını etkileyen başlıca faktörler çalışma parametreleri (çevresel hız, ilerleme hızı, kesme hızı, kesme derinliği, soğutma suyu miktarı, testere ve makine tasarımı) ve *kesilecek taşa ait özellikler* (sertlik, aşındırıcılık, fiziko-mekanik ve mineralojik özellikler) olmaktadır. Bu bakımdan, kesilecek taşın özellikleri de dikkate alınarak, en uygun kesme koşullarının belirlenmesi uygulamada büyük önem taşımaktadır. Uygun kesme koşullarının belirlenebilmesi ise kesilebilirlik analizleri yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Elmas soketli dairesel testerelerle yapılan kesilebilirlik analizlerinde kullanılan başlıca kesilebilirlik parametreleri olarak *kesme kuvvetleri (normal ve teğetsel kesme kuvveti), aktif güç tüketimi, özgül kesme enerjisi, özgül aşınma hızı, gürültü ve ortalama talaş kalınlığı* dikkate alınmaktadır. Bu parametreler, taşların kesim kolaylığı hakkında bilgi verdiği gibi, kesme mekanizmasının daha iyi anlaşılması bakımından yararlı olmaktadır.

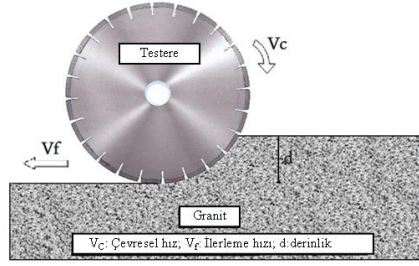
Konuyla ilgili literatür incelendiğinde, çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan kesilebilirlik analizlerde yoğunlaşan başlıca konuların: (i) enerji tüketimi ve kesme kuvvetleri (Mamalis ve ark., 1979; Xu ve ark., 2001; Xipeng ve ark., 2001; Xu ve ark., 2004; Polini ve Turchetta 2004; Yu ve ark., 2004; Güneş Yılmaz ve Gökten, 2008), (ii) testere aşınması ( Luo, 1996; Karagöz ve Zeren, 2001; Konstanty, 2002; Ilio ve Togna, 2003; Tönshoff ve ark., 2003; Polini ve Turchetta, 2007; Güneş Yılmaz ve ark., 2011; Güneş Yılmaz, 2011), (iii) Soğutma suyu (Wang ve ark., 1995), testere ve soket tasarım parametreleri (Huang ve ark., 2004; Nitkiewicz ve Swierzy, 2006; Yingning ve ark., 2008; Shanshan ve ark., 2008), (iv) gürültü (Asche, 1999; Denka ve ark., 2003; Wang ve ark., 2005; Güneş Yılmaz ve Gökten, 2011), (v) ortalama talaş kalınlığı (Tönshoff ve Warnecke, 1982; Ertingshausen, 1985; Konstanty 2000), ve (vi) taş özellikleri (Hausberger, 1990; Ünver, 1996; Luo, 1997; Wei ve ark., 2003; Delgado ve ark., 2005; Riberio ve ark., 2007; Güneş Yılmaz ve ark., 2011) olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada, farklı kesme koşullarında oluşan ortalama talaş kalınlıklarının kesilebilirlik parametreleriyle olan ilişkilerinin deneysel olarak araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, 400 mm çapındaki elmas soketli dairesel testere yardımıyla bir granit örneği üzerinde laboratuvar kesme deneyleri uygulanmıştır. Deneylerde, testerenin ilerleme hızı ve kesme derinliği değiştirilerek, farklı kesme hızları elde edilmiştir. Kesimler esnasında testereye etkiyen kesme kuvvetleri, aktif güç tüketimi ve soketlerdeki radyal aşınma değerleri ölçülmüştür. Daha sonraki aşamada ise, ölçülen bu değerler ve teorik olarak hesaplanan ortalama talaş kalınlığı arasındaki ilişkiler incelenerek, edilen bulguların analitik yorumları yapılmıştır.

## 2. Malzeme ve Yöntem

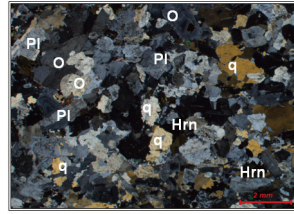
Bu çalışmada, bilgisayar kontrollü bir deney seti kullanılarak, 400 mm çaplı elmas soketli dairesel testere yardımıyla bir granit örneği üzerinde kesme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneylerde “aşağı-yönlü” kesme yöntemi uygulanmıştır (Şekil 1). Deneyler esnasında kesme derinliği (d), testere ilerleme hızı ( $V_f$ ), testere çevresel hızı ( $V_c$ ) ve soğutma suyu gibi çalışma parametreleri bilgisayarla kontrol edilebilmektedir. Diğer yandan, testereye etkiyen kuvvetler ve anlık güç tüketimleri, sırasıyla kuvvet-ölçer ve enerji analizörü yardımıyla ölçülerek, daha sonra değerlendirilmek üzere 0.25 s aralıklarla bilgisayar ortamına gönderilmektedir. Deney setinin mekanik yapısı, elektrik sistemi ve bilgisayar tabanlı otomasyon sistemine ait ayrıntılar diğer kaynaklarda (Güneş Yılmaz, 2009; Çınar, 2007) verilmiştir.





Şekil 1. Aşağı yönlü-kesme yöntemi

Deneylerde kullanılan testere 400 mm çapında olup, üzerinde 3.2 x 9.0 x 40 mm boyutlarında 24 adet adet elmas soket bulunmaktadır. SDA 85 tipindeki elmasların konsantrasyonu % 20 ve tane boyutları ise 40/50 US mesh dir. Testere üreticisi firmanın önerileri doğrultusunda, tüm deneylerde testere çevresel hız 30 m/s ve soğutma suyu debisi 15 l/dak olarak seçilmiştir. Kesimi yapılan kayaç bir doğal taş işleme tesisinden temin edilmiş olup, ticari olarak “granit” türü sert taş grubuna aittir. Taşın tek eksenli basma dayanımı 186 MPa, Çekme dayanımı 12 MPa ve Shore sertliği 95 olarak belirlenmiştir. Kayacı oluşturan başlıca mineraller alkali feldspatlar, plajiyoklas ve kuvarsdır (Şekil 2). Anılan taşın mineralojik içeriği ve tane boyutları Çizelge 1’de verilmiştir.



Şekil 2. Kayaç örneğine ait ince kesit görüntüsü

Mineral adı	%	Tane boyu (mm)		
		Min.	Ort.	Maks.
Alkali Feldspat (mikroklin, ortoklaz)	% 30	0.1	0.5	2.0
Plajiyoklas	% 29	0.04	1	4.0
Kuvars	% 24	0.06	1	4.0
Amfibol (hornblend)	% 8	0.06	0.2	0.7
Biyotit	% 5	0.02	0.2	0.8
Epidot	% 2	-	-	-
Diğer (titanit, zirkon, apatit, opak mineraller)	% 2	-	-	-

Çizelge 1. Kesilen kayacın mineralojik özellikleri

### 3. Deneylerde Ölçümleri Yapılan Kesilebilirlik Parametreleri

Bu çalışmada incelenen kesilebilirlik parametreleri (kesme kuvvetleri, aktif güç tüketimi, özgül kesme enerjisi, özgül aşınma ve ortalama talaş kalınlığı) aşağıda açıklanmıştır.

#### 3. 1. Kesme kuvvetleri

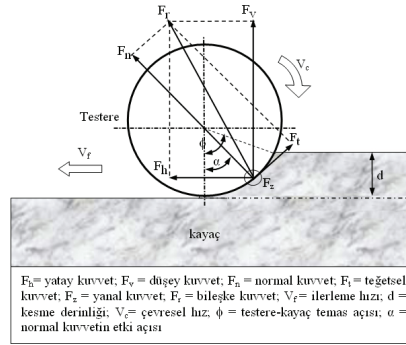
Kesme kuvvetlerinin farklı çalışma parametreleri altında ölçülmesi ve değerlendirilmesi uygulamada büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, kesim esnasında testere üzerine etkiyen yatay kuvvetler ( $F_h$ ) ve düşey kuvvetler ( $F_v$ ) bir dinamometre yardımıyla ölçülerek bilgisayar orta-

mına aktarılmıştır. Bununla birlikte, kesilebilirlik analizlerinde genellikle teğetsel kuvvetler ( $F_t$ ) ve normal kuvvetler ( $F_n$ ) kullanılmaktadır (Şekil 3). Teğetsel kuvvetler, elmas tanesinin kesim esnasında talaş (chip) oluşturabilmesi için gerekli olan yüklerle ilgilidir. Normal kuvvetler ise elmas tanesine ve dolayısıyla testereye gelen düşey yüklerle ilgilidir. Normal kuvvetlerin artması, testere gövdesinde eğilme momentlerine yol açmakta ve bunun sonucu olarak testerede ve kesim yüzeyinde sapmalara neden olabilmektedir. Bu kuvvetler Bağıntı 1 ve 2 yardımıyla hesaplanmaktadır (Xu ve ark., 2003):

$$F_t = P/V_c \quad (1)$$

Burada, P aktif güç (W) ve  $V_c$  çevresel hız (m/s) dir.

$$F_n = [(F_h)^2 + (F_v)^2 - (F_t)^2]^{1/2} \quad (2)$$



Şekil 3. Aşağı-yönlü kesme yönteminin kinematiği (Ertingshausen, 1985)

### 3.2. Aktif GüçTüketimi ve Özgül Kesme Enerjisi

Elektrik enerjisi tüketimi doğal taş işleme tesislerindeki en önemli maliyet kalemleri arasındadır. Aktif güç tüketimi (P) değerleri, enerji tüketimi konusunda bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, testere motorunun anlık güç tüketim değerleri bir enerji analizörü yardımıyla ölçülerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Özgül kesme enerjisi (SE), birim hacimdeki kayacı kesmek için harcanan enerji miktarı olup, kesme işleminin verimliliği konusunda yaygın olarak kullanılan bir göstergedir (Xipeng ve ark., 2001; Li ve ark., 2002). Özgül kesme enerjisinin küçük değerleri görece ‘verimli’ kesme koşullarına işaret etmektedir. Özgül kesme enerjisi Bağıntı 3 yardımıyla hesaplanmıştır:

$$SE = E_t / Q \quad (3)$$

Burada: SE = özgül kesme enerjisi ( $J/mm^3$ ),  $E_t$  = kesme süresince tüketilen toplam enerji (W.s) ve Q = testerenin kesim süresince taş içersinde açtığı kanalın hacmi ( $mm^3$ ) dir.

### 3.3. Özgül aşınma

Doğal taş işleme tesislerinde, enerji tüketiminin yanısıra testere ömrü de önemli maliyet kalemleri arasındadır. Bu nedenle, herhangi bir uygulama için en uygun çalışma koşullarının belirlenmesi istenildiğinde, testerenin özgül aşınma değerlerinden yararlanılabilmektedir. Özgül aşınma (SW), kesilen birim yüzey alanına karşılık olan testere soketlerindeki radyal aşınma olup, genellikle  $\mu m/m^2$  olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada, testere soketlerinde oluşan radyal aşınma miktarları Keyence LK-G87 modeli lazer yer değiştirme sensörü yardımıyla ölçülmüştür. Cihaz, pürüzlü yüzeylerin ölçülmesine olanak veren ‘geniş ışın’ özelliğine sahip

olup örnekleme periyodu 20 µs dir. Her seri kesme deneyi öncesinde ve sonrasında, testere soketleri üzerinde yapılan ölçüm değerlerine ait sayısal veriler cihazın bilgi toplama birimi aracılığıyla bilgisayara aktarılmıştır. Aktarılan bu verilerin istatistiksel değerlendirilmesi Excel programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, kesim öncesi ve sonrası hesaplanan radyal uzaklıklar arasındaki fark, o deneye ait radyal aşınma değeri (µm) olarak kabul edilmiştir.

### 3.4. Ortalama talaş kalınlığı

Soket matrisi içerisinde belirli bir çalışma yüksekliğine ulaşan her elmas tanesi, çalışma yüksekliğine bağlı olarak, kayaç yüzeyinden belirli kalınlıktaki bir talaşı (chip) uzaklaştırır. Soket içerisinde rasgele dağılmış olmaları nedeniyle, elmas tanelerinin kesim esnasındaki bu davranışlarını ayrıntılı olarak belirleyebilmek çok zordur (Denka ve ark., 2003). Bununla birlikte, bazı kabuller yapılarak, her bir elmas tanesinin oluşturduğu ortalama talaş kalınlığı (Şekil 4) Bağıntı 4 yardımıyla hesaplanabilmektedir (Tönshoff ve Warnecke, 1982):

$$h_m = \sqrt{\left(\frac{V_f}{V_c}\right) \left(\frac{1}{C \cdot \lambda \cdot r}\right) \sqrt{\frac{d}{D}}} \quad (4)$$

Burada;

$h_m$ : her bir elmas tanesi tarafından oluşturulan ortalama talaş kalınlığı, mm

$V_f$ : testere ilerleme hızı, cm<sup>2</sup>/dak

$V_c$ : testerenin çevresel hızı, m/s

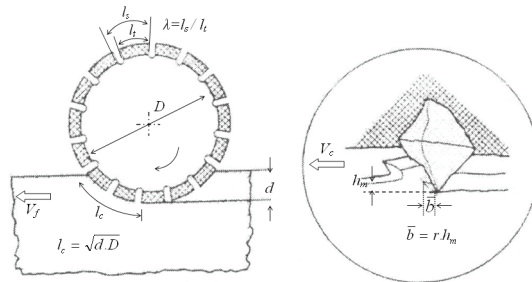
$C$ : soket yüzeyinde birim alana düşen aktif elmas sayısı, adet/mm<sup>2</sup>

$\lambda$ : soket oranı

$r$ : talaş genişliği/talaş kalınlığı oranı

$d$ : kesme derinliği, mm

$D$ : testere çapı, mm

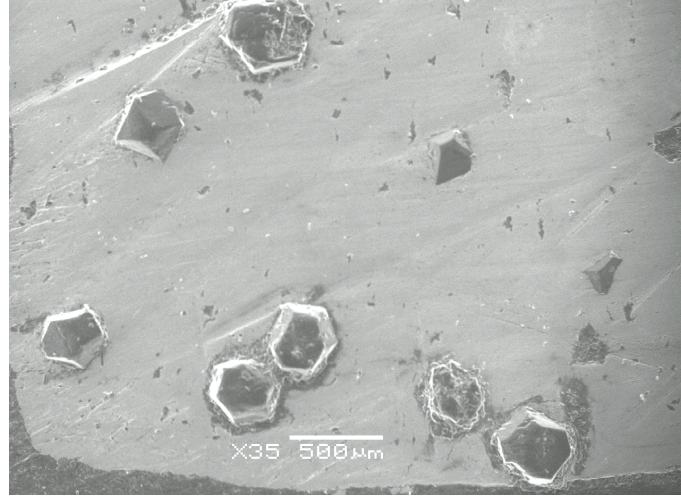


Şekil 4. Ortalama talaş kalınlığı (Tönshoff ve Warnecke, 1982)

Çalışma parametreleri ve soket özelliklerinin ortalama talaş kalınlığı üzerindeki etkilerini birlikte değerlendirme olanağı sağlamasından ötürü, kesilebilirlik analizlerinde Bağıntı 4 yaygın olarak kullanılmaktadır. Ortalama talaş kalınlığının görece yüksek değerleri daha verimli kesme koşullarına işaret etmektedir.

Ortalama talaş kalınlığının hesaplanmasında, soket yüzeyinde birim alana düşen aktif elmas sayısının ( $C$ ) yaklaşık olarak sabit kaldığı kabul edilmektedir (Mamalis ve ark. 1979). Bu çalışmada, kesme deneylerinde kullanılan testereye ait aktif elmas sayısı, soket üzerinden alınan örneğin SEM (Scanning Electron Microscope) görüntü analizi ile gerçekleştirilmiş ve  $C = 0.91$  mm<sup>-2</sup> olarak hesaplanmıştır (Şekil 5). Deneylerde kullanılan testere ve soket özelliklerine göre

$D = 400$  mm,  $C = 0.91$  mm<sup>2</sup>,  $\lambda = 0.75$ ,  $r = 10$  (Tönshoff ve Warnecke, 1982) ve testere çevresel hızı  $V_c = 30$  m/s değeri sabit alınarak, ortalama talaş kalınlığı (hm) farklı ilerleme hızı ( $V_f$ ) ve kesme derinliği (d) seviyeleri için hesaplanmıştır.



Şekil 5. Soket üzerindeki elmas tanelerinin SEM görüntüsü.

#### 4. Deneysel Verilerin Değerlendirilmesi ve Tartışma

Kesme hızı ( $Q_w$ ), dairesel testerele yapılan kesme işlemin ekonomikliği üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Maksimum verimlilik açısından, herhangi bir uygulamada kesme hızının mümkün olduğu kadar yüksek tutulması istenir. Doğal taş sektöründe “üretim hızı” olarak da bilinen kesme hızı, birim zamanda kesilen yüzey alanı olup

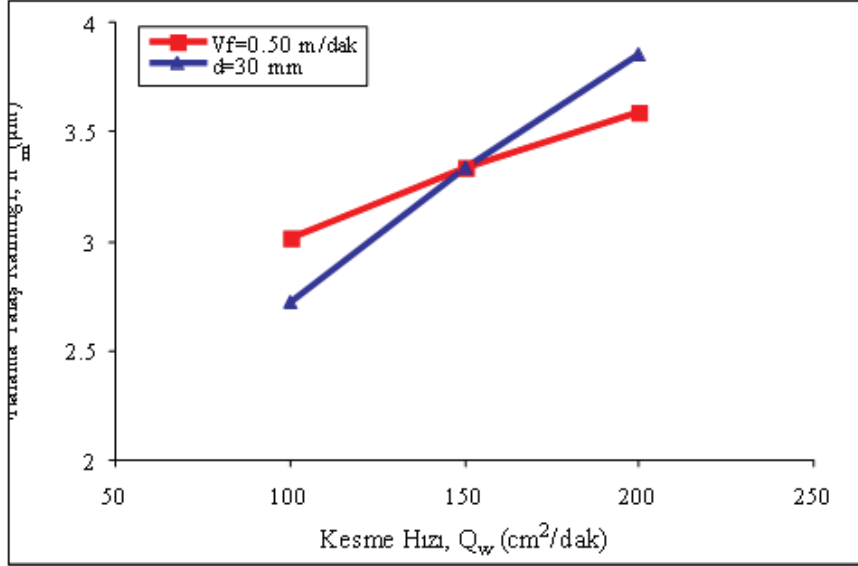
$$Q_w = d \times V_f \quad (5)$$

bağıntısından cm<sup>2</sup>/dak veya m<sup>2</sup>/h olarak hesaplanmaktadır. Burada; d = kesme derinliği ve  $V_f$  = ilerleme hızı'dır. Deneylerde: (i) ilerleme hızı sabit, kesme derinliği değişken, ve (ii) kesme derinliği sabit, ilerleme hızı değişken olmak üzere farklı kesme koşulları uygulanarak, yaklaşık 100, 150 ve 200 cm<sup>2</sup>/dak'lık kesme hızları ( $Q_w$ ) elde edilmiştir (Çizelge 2).

İlerleme hızı sabit ( $V_f = 0.50$ m/dak)					
d (mm)	$F_T$ (N)	$F_N$ (N)	P (W)	SE (J/mm <sup>3</sup> )	SW (µm/m <sup>2</sup> )
10	60.25	215.78	1807.53	6.198	86.20
20	91.71	351.90	2751.32	4.716	92.25
30	120.82	524.22	3624.89	4.143	108.23
40	137.70	641.29	4131.29	3.541	130.47
Derinlik sabit (d=30 mm)					
$V_f$ (m/min)	$F_T$ (N)	$F_N$ (N)	P (W)	SE (J/mm <sup>3</sup> )	SW (µm/m <sup>2</sup> )
0.33	115.87	453.77	3476.18	5.965	78.73
0.50	120.83	524.22	3624.89	4.143	108.23
0.66	132.16	574.83	3964.82	3.402	169.70

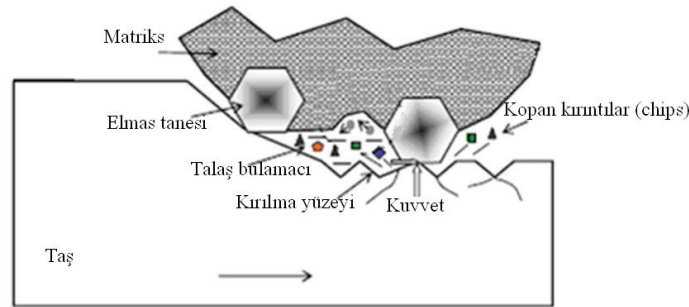
Çizelge 2. Kesme deneyi sonuçları.

Şekil 6’ da görüldüğü gibi, kesme hızının ( $Q_w$ ) artmasıyla birlikte ortalama talaş kalınlığı da artmaktadır. Bununla birlikte, yüksek kesme hızlarına ulaşılacak istenildiğinde, kesme derinliğini sabit tutup ( $d = 30$  mm) ilerleme hızını arttırmak şeklindeki uygulamanın talaş kalınlığı üzerinde daha avantajlı bir rol oynadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle, çevresel hızın sabit tutulduğu bir uygulamada, ortalama talaş kalınlığı üzerinde etkili olan en önemli çalışma parametresi ilerleme hızı olmaktadır.



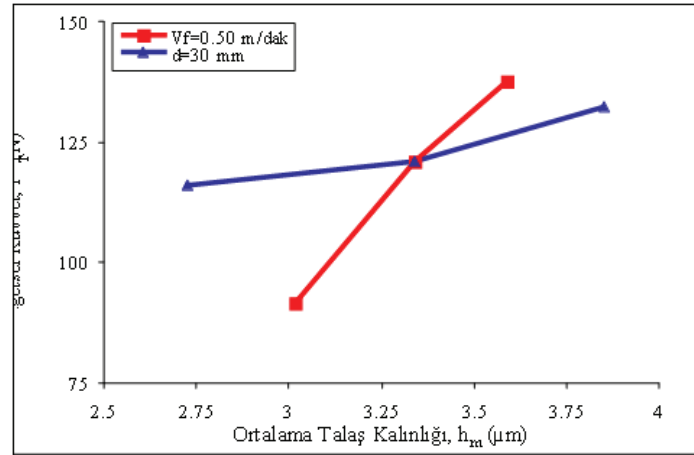
Şekil 6. Kesme hızı – ortalama talaş kalınlığı ilişkisi.

Diğer yandan, ileride gösterileceği gibi, kesme hızının artmasıyla birlikte soket-taş arasındaki bulamaç ortamına (Şekil 7) daha fazla sayıda iri talaş gireceğinden, testeredeki radyal aşınmaların artması da söz konusu olacaktır.

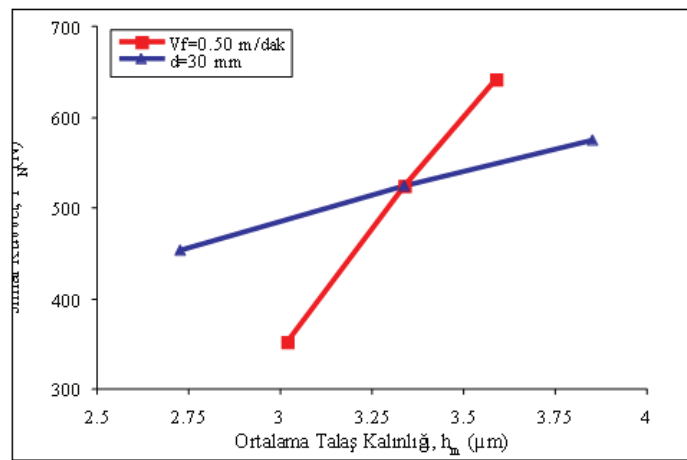


Şekil 7. Talaş bulamacının matriks aşınmasına etkisi (Xu ve ark., 2003)

Zaman - işçilik açısından getirdiği avantajlardan ötürü, kesilecek taşın özelliklerine ve makina gücüne bağlı olarak, kesme hızının uygulamada mümkün olduğu kadar yüksek tutulması istenir. Kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin fonksiyonu olduğundan bu iki parametreye ait değerlerin uygun bir birleşimi gerekir. Kesme derinliği ( $d = 30$  mm) olarak sabit tutulup, ilerleme hızını arttırmak suretiyle daha yüksek kesme hızlarına ulaşılacak istenildiğinde (Örneğin  $200$  cm<sup>2</sup>/dak); testereye etkileyen teğetsel ve normal kuvvetlerin büyüklüğü daha az olmakta ve bu durumda ortalama talaş kalınlığı daha büyük olmaktadır (Şekil 8 ve 9).

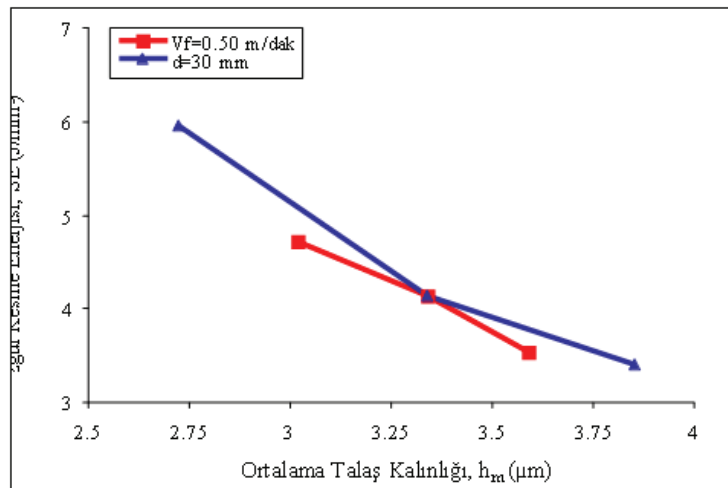


Şekil 8. Ortalama talaş kalınlığı - teğetsel kuvvet ilişkisi.



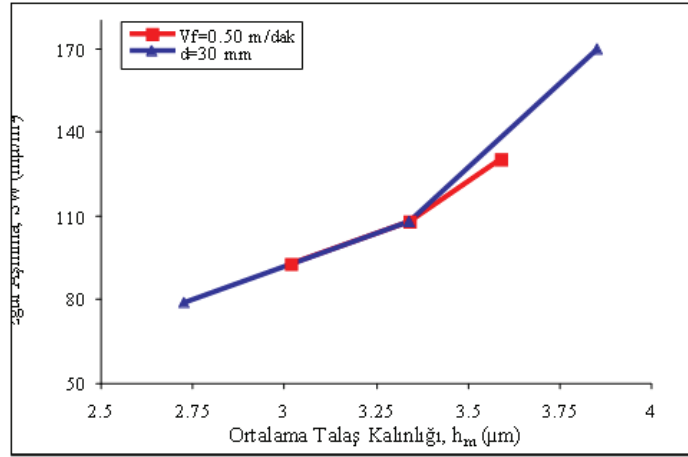
Şekil 9. Ortalama talaş kalınlığı - normal kuvvet ilişkisi

Şekil 10, görece kalın talaşların oluştuğu kesme koşullarında özgül kesme enerjisinin (SE) azalacağına, ve bu nedenle, kesme işleminin daha verimli olacağına işaret etmektedir. Diğer bir anlatımla, ince talaşların oluşturulmasında harcanan enerji daha fazla olmaktadır. Bu nedenle, talaş kalınlığını en yüksek düzeyde tutabilecek soket tasarımı ve kesme koşullarının oluşturulması, kesme veriminin iyileştirilmesi bakımından uygulamada büyük önem taşımaktadır.



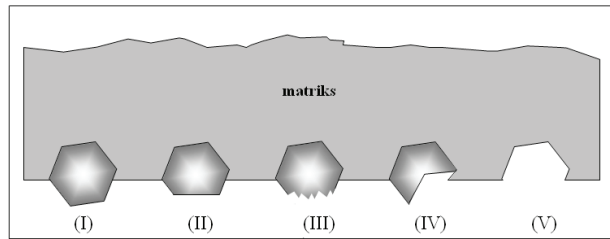
Şekil 10. Ortalama talaş kalınlığı - özgül kesme enerjisi ilişkisi.

Şekil 11’da görüldüğü gibi, sabit bir kesme hızı için, kesme derinliğini yükseltip ilerleme hızını azaltmak şeklindeki uygulamalar, özgül aşınma değerleri üzerinde daha olumlu bir rol oynamaktadır. Bu durum, Bağıntı 4’ te verilen ortalama talaş kalınlığı–çalışma parametreleri ilişkileri yardımıyla açıklanabilir. Anılan bağıntıya göre, testere çevresel hızı ve soket özellikleri sabit kaldığında; ortalama talaş kalınlığı ilerleme hızının ve kesme derinliğinin bir fonksiyonudur. Ancak, talaş kalınlığı üzerinde daha fazla etkili olan parametre ilerleme hızı olmaktadır. Kesme derinliği sabit tutulup ilerleme hızının artırılmasıyla birlikte, kesme zonunda oluşan talaşların kalınlıkları da artmaktadır (Şekil 11). Ancak, bu durumda elmas taneleri üzerine etkiyen yükler de artacağından, elmas tanelerinde aşınmalar da artacaktır. Testere soketlerindeki aşınma durumu testerenin kesme yeteneği ve kesim esnasındaki duraylılığı ile yakından ilgilidir (Tönshoff ve Asche, 1997).



Şekil 11. Ortalama talaş kalınlığı-özgül aşınma ilişkisi.

Elmas taneleri ve taş arasındaki etkileşim sonucu, kesim sırasında farklı yapılar sahip elmas taneleri oluşur (Şekil 12). Yeni ve mikro-çatlaklı elmasların mümkün olduğu kadar fazla sayıda olması, daha uygun kesme koşullarına işaret eder. İlerleme hızı gereğinden düşük tutulduğunda, talaş kalınlıkları azalmakta ve düzleşmiş elmasların sayıları da artmaktadır. Bu ise testereye etkiyen normal kuvvetlerin artmasına yol açmaktadır (Denkena ve ark., 2003).



Şekil 12. Elmas tanelerinde görülen aşınma türleri: (I) yeni; (II) düzleşmiş ; (III) mikro-çatlaklı; (IV) makro-çatlaklı; (V) kopmuş (Ertingshausen, 1984; Bullen, 1982).

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, farklı kesme koşullarında oluşan ortalama talaş kalınlıkları ve kesilebilirlik parametreleri arasındaki ilişkiler deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kesme hızının yüksek tutulması ortalama talaş kalınlığını artırıcı bir etki yapmaktadır. Bununla birlikte, kesme derinliğinin sabit tutulup ilerleme hızının artırılması şeklindeki bir uygulama daha kalın talaşların oluşmasını sağlamaktadır. Kesme derinliğini sabit tutup ilerleme hızını

arttırarak daha yüksek kesme hızlarına ulaşılacak istenildiğinde, testereye etkiyen teğetsel ve normal kuvvetlerin büyüklüğü de görece daha küçük olmaktadır. Ortalama talaş kalınlığı arttıkça, özgül kesme enerjisi azalmaktadır. Bu ise, kesme işleminin daha verimli koşullarda gerçekleşmekte olduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte, ortalama talaş kalınlığındaki artışlar özgül aşınma miktarındaki artışları da beraberinde getirmektedir.

### **Katkı Belirtme ve Teşekkür**

Yazarlar, petrografik incelemelerdeki yardımları nedeniyle Prof. Dr. Yaşar Kibici' ye ve deney örneklerinin temininde destek veren Granitaş A.Ş. şirketi yetkililerine teşekkürü bir borç bilir.

### **6. Kaynaklar**

- Asche, J., 1999. Deep grinding- a new dimension in cutting granite. *Industrial Diamond*. 2, 110-122.
- Bullen, G.J., 1982. Der blattverschleis beim Sagen von Granit mit hohen Flächen-leistungen. *Industrie Diamenten Rundschau*. 16, 4-10.
- Çınar, S.M., 2007. Mermer kesme makinelerinde elektrik enerjisi tüketimi optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (Yayınlanmamış).
- Delgado, N.S., Rey-Rodriguez, A., Suarez del Rio, L.M., Sarria, I.D., Calleja, L., Ruiz de Argandona, V.G., 2005. The influence of rock microhardness on the sawability of Pink Porrino granite (Spain). *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*. 42, 161-162.
- Denkena, B., Tönshoff, H.K., Friemuth, T., Glatzel, T., 2003. Development of advanced tools for economic and ecological grinding of granite. *Key Engineering Materials*. 250, 21-32.
- Ertinghausen, W., 1984. Zerspanning von Granit mit Diamant-Trennschleifscheiben. Dr-Ing. Dissertation, Universität Hannover.
- Ertinghausen, W., 1985. Wear processes in sawing hard stone. *International Diamond Review*. 45, 254-258.
- Güneş Yılmaz N., Göktan, R.M., 2011. Elmas soketli bir dairesel testerenin oluşturduğu gürültünün çalışma parametreleri ve taş özellikleri açısından değerlendirilmesi. 3. Maden Makinaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 5-6 Mayıs, İzmir, 95-106.
- Güneş Yılmaz, N., 2009. Magmatik kökenli doğal taşların elmas soketli dairesel testerelele kesilebilirlik analizleri. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 188 s (Yayınlanmamış).
- Güneş Yılmaz, N., 2011. Abrasivity assessment of granitic building stones in relation to diamond tool wear rate using mineralogy-based rock hardness indexes. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 44, 725-733.
- Güneş Yılmaz, N., Göktan, R.M., 2008. Effect of sawing rate on force and energy requirements in the circular sawing of granites. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 21, 59-74.
- Gunes Yılmaz, N., Goktan, R.M., Kibici, Y., 2011. An investigation of the petrographic and physico-mechanical properties of true granites influencing diamond tool wear performance, and development of a new wear index. *Wear*. 271, 960-969.
- Hausberger, P., 1990. Stone Machinability. *Industrial Diamond Review*. 5, 258-261.
- Huang, H., Zhu, H.M., Xu, X.P., 2004. Grinding of granite with three kinds of diamond tools. *Key Engineering Materials*. 259-260, 146-150.
- Ilio, A.D., Togna, A., 2003. A theoretical wear model for diamond tools in stone cutting. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 43, 1171-1177.
- Karagöz, Ş., Zeren, M., 2001. Mermer kesiminde kullanılan elmas kesici takımlarda aşınma karakteristiği. *Türkiye III. Mermer Sempozyumu (MERSEM '2001) Bildiriler Kitabı*, 3-5 Mayıs 2001, Afyon, 452-461.



- Konstanty, J., 2000. Diamond bonding and matrix wear mechanisms involved in circular sawing of Stone. *Industrial Diamond Review*. January, 55-65.
- Konstanty, J., 2002. Theoretical analysis of stone sawing with diamonds. *Journal of Materials Processing Technology*. 123, 146-154.
- Li, Y., Huang, H., Shen, J.Y., Xu, X.P., Gao, Y.S., 2002. Cost-effective machining of granite by reducing tribological interactions. *Journal of Materials Processing Technology*. 129, 389-394.
- Luo, S.Y., 1996. Characteristics of diamond sawblade wear in sawing. *International Journal of Manufacturing*. 36, 661-672.
- Luo, S.Y., 1997. Investigation of the worn surfaces of diamond sawblades in sawing granite. *Journal of Materials Processing Technology*. 70, 1-8.
- Mamalis, A.G., Schulze, R., Tönshoff, H.K., 1979. The slotting of blocks of hard rock with a diamond segmented circular sawblade, *Industrial Diamond Review*, October, 356-365.
- Nitkiewicz, Z., Swierzy, M., 2006. Tin influence on diamond-metal matrix hot pressed tools for stone cutting. *Journal of Materials Processing Technology*. 175, 306-315.
- Polini, W., Turchetta, S., 2004. Force and specific energy in stone cutting by diamond mill. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 44, 1189-1196.
- Polini, W., Turchetta, S., 2007. Monitoring of diamond disk wear in stone cutting by means of force or acceleration sensors. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 35, 454-467.
- Riberio, R., Paraguassu, A., Rodrigues, J., 2007. Sawing of blocks of siliceous dimension stone: Influence of texture and mineralogy. *Bulletin of Engineering Geology and Environment*. 66, 101-107.
- Tönshoff, H.K., Asche, J., 1997. Wear of metal-bond diamond tools in the machining of stone. *Industrial Diamond Review*. 1, 7-13.
- Tönshoff, H.K., Denkena, B., Asche, J., Apmann, H.H., 2003. Development of a system for the deep sawing of granite. *Key Engineering Materials*. 250, 239-246.
- Tönshoff, H.K., Warnecke, G., 1982. Research on stone sawing. *Advances in Ultra Hard Materials Application Technology*. De Beers Industrial Diamond Division, P. Daniel (Edt.). 1, 36-49.
- Unver, B., 1996. A statistical method for practical assessment of sawability of rocks. *Eurock'96*, Barla (Edt.) Balkema, Rotterdam, 59-65.
- Wang, C.Y., Hu, Y.N., Wang, Z.W., Ding, H.N., 2005. Noise and vibration of diamond sawblade for concrete dry cutting. *Key Engineering Materials*. 291-292, 103-108.
- Wang, C.Y., Wei, X., Tang, Z.L., Pan, Z.C., 1995. The role of coolant in granite sawing. *Industrial Diamond Review*. 4, 156-160.
- Wei, X., Wang, C.Y., Zhou, Z.H., 2003. Study on the fuzzy ranking of granite sawability. *Journal of Materials Processing Technology*. 39, 277-280.
- Xipeng, X., Yuan, L., Stephen, M., 2001. Forces and energy in circular sawing and grinding of granite. *Journal of Manufacturing Sciences and Engineering*, ASME. 123, 13-22.
- Xu, X., Li, Y., Malkin, S., 2001. Forces and energy in circular sawing and grinding of granite. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. 123, 13-22.
- Xu, X., Li, Y., Yu, Y., 2003. Force ratio in the circular sawing of granites with a diamond segmented blade. *Journal of Materials Processing Technology*. 139, 281-285.
- Xu, X.P., Li, Y., 2003. The effects of swarf in the diamond sawing of granite. *Key Engineering Materials*. 250, 21-32.
- Yingning, H., Chengyong, W., Shanshan, H., Bangdao, C., Changxiong, C., 2008. Dynamic characteristics analysis of diamond saw blade with multi-hole base and different segment width. *Key Engineering Materials*. 375-376, 369-374.
- Yu, Y.Q., Li, Y., Xu, X.P., 2004. An experimental study of the specific energy in grinding granite. *Materials Science Forum*. 471-472, 625-629.



## 5995 Sayılı Maden Kanunu ile yapılan Değişikliklerin Ruhsat Sayıları ve Toplanan Harç Gelirleri Üzerindeki Etkileri

*The Impact of Amendments to Mining Law No. 5995 on the Number of Licences and Collected Fee Income*

Mehmet Toptaş<sup>1\*</sup>, Selahattin Çimen<sup>2</sup>, Nevzat Kavaklı<sup>3</sup>

<sup>1</sup>TUBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze Kocaeli

<sup>2</sup>Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara

<sup>3</sup>Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara

\*Sorumlu Yazar: [mehmet.toptas@tubitak.gov.tr](mailto:mehmet.toptas@tubitak.gov.tr)

### Özet

Doğal kaynakların gerek birey ve toplum yaşamındaki gerekse de ekonomi ve sanayileşme alanlarındaki önemi bilinmektedir. Günlük hayatımızda kullandığımız araçların tamamına yakını doğal kaynaklardan, özellikle de madenlerden sağlanmasından dolayı madenler artık insanların vazgeçilmez değerleri haline gelmiştir. Günümüzde yüksek teknolojiye, ekonomik ve refah düzeyine ulaşmış ülkelerin büyük bir kısmı, buldukları bu duruma, doğal kaynaklarının kullanımlarının öncülüğünde gerçekleştirdikleri endüstri devrimlerinin ve sanayileşmenin sonucunda gelmişlerdir. Az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkeler ise doğal kaynaklarından daha verimli yararlanmanın ve sonucunda bu ülkeleri yakalamanın ve geçmenin hedefleri içerisinde. Bunun için atılması gereken ilk adım ise ülkelerin kendi topraklarındaki doğal kaynakları (özellikle de madenleri) araması ve bunu en hızlı, etkili ve ekonomik şekilde çıkarıp işleme almasıdır. Dolayısıyla, bu makalede 2010 yılında yapılan mevzuat değişikliğinin ruhsat sayısı, toplam alınan harç miktarı, arama ve işletme talepleri gibi anahtar parametrelerin üzerindeki etkilerini analiz edilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Harç bedelleri, maden işletme ruhsatı, maden kanunu, madencilik, Türkiye

### Abstract

*The importance of natural resources on both individuals and the society as well as the in the economy and the industry has been long known. Virtually, all the tools we use in our daily lives are produced from natural resources, especially from mines, and therefore mines became indispensable values of humanity. The majority of the countries that have acquired advanced technology, developed economy and high levels of prosperity reached to these circumstances through industrial revolution and industrialization lead by their natural resources. The undeveloped and developing countries are targeting to reach and surpass these countries by utilizing their natural resources more efficiently. The first step in achieving this goal is to explore their domestic natural resources (especially mines) and extract and utilize them in the fastest, most effective and economic manner. Thus, in this paper, the impact of 2010 legislative amendment on parameters such as the number of licenses, collected fee income and exploration and mining demands are analyzed.*

**Key words:** Fee income, mining law, mining operating license, mining, Turkey

## **1. Doğal Kaynaklar**

Doğal kaynakların gerek birey ve toplum yaşamındaki gerekse de ekonomi ve sanayileşme alanlarındaki önemi büyüktür. Ülke ekonomilerinin temelleri madenlerde yatmasından dolayı toplumların refah ve gelişmişlik düzeyleri ile madencilik faaliyetleri arasında çok yakın ilişkiler oluşmuştur. Günümüzde gelişmişliğin göstergelerinden biri olarak nitelendirilen Demir-Çelik'in hammaddeleri, enerji hammaddelerinin %80'e varanı ve tarımın ana girdisi olan gübre üretiminde kullanılan hammaddelerin % 90'ı madencilik faaliyetleri sonucunda elde edilmektedir. Ayrıca yaşadığımız evlerdeki çeşitli araçlardan kullanıldığımız araba, bilgisayarlar ve telefonlara kadar, tüm sanayi dallarının ürünleri, kullanılan donanımlar ve araçlar bile doğrudan veya dolaylı olarak maden ürünlerine ihtiyaç duymaktadır.

Türkiye'nin maden kaynakları özellikle Avrupa ülkelerine kıyasla çok daha geniş yelpazeli ve çoktur. Her ne kadar şu ana kadarki arama faaliyetleri gelişmiş ülkelere göre yeterli olmasa da bor, toryum, linyit, mermer, krom, altın, gümüş, manyezit, nadir toprak elementleri, zeolit, trona, barit, feldspat ve sodyum sülfat gibi madenlerde, dünya maden potansiyeliyle karşılaştırıldığında, önemli miktarda rezerve sahip olduğumuz ve rekabet gücümüzün yüksek olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla, bu kaynakların işlenmesi, bunlardan, önce yarı mamul, daha sonra mamul ürünlerin üretilmesi ve bu ürünlerin ilgili sanayi dallarında kullanımının desteklenmesi gibi uluslararası piyasalarda rekabet gücümüzü arttıracak önlemlerin alınması gerekmektedir (Başol ve ark. 2005).

Ülkelerin kalkınma ve ekonomik gelişiminde önemli yeri olan madencilik ve bütünleşmiş üretim sanayi, en büyük katma değeri yaratma kapasitesine sahiptir. Gelişmiş ülkelerde Gayri Safi Milli Hâsıla (GSMH)'da madenciliğin payı ABD'de %5, Almanya'da %4.0, Kanada'da %3.7, Avustralya'da %6.5, Rusya'da %22, Şili'de %8.5, Güney Afrika'da %6.5, Brezilya'da %3 iken, bu değer Türkiye'de sadece %1.5 düzeyindedir (TÜİK, 2013) Bu kadar önemli bir sektörün Türkiye'deki durumu ise kaynakların yoğunluğuna rağmen inişli çıkışlı bir eğilim izlemekte ve potansiyeli değerlendirilmemektedir. Dolayısıyla bu durum Türk ekonomisini kötü bir şekilde etkilemekte, iç ve dış borçlanmayı arttırmakta ve ekonomik istikrarsızlığa sebep olmaktadır. Bu sonuçların, ülkenin refah seviyesini ve ekonomik ve teknolojik gelişimini olumsuz olarak etkilemesi kaçınılmazdır. Bu yapının dışına çıkabilmek için Türkiye'nin madenlerini en hızlı, etkili biçimde araması ve ekonomik bir şekilde üretime alması ve bu yolla sanayinin ham ve ara madde ihtiyacının karşılanması, dış ticaret açığının azaltılması gerekmektedir.

## **2. Maden Ruhsatı Edinimi**

5995 sayılı "Maden Kanununda ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanuna" göre Türkiye'de maden çıkarabilmek için gereken maden hakları, medeni hakları kullanmaya ehil T.C. vatandaşlarına, madencilik yapabileceği statüsünde yazılı Türkiye Cumhuriyeti Kanunlarına göre kurulmuş tüzel kişiliği haiz şirketlere, bu hususta yetkisi bulunan kamu iktisadi teşebbüsleri ile müesseseleri, bağlı ortaklıkları ve iştirakleri ile diğer kamu kurum, kuruluş ve idarelerine gerçek veya tüzel kişiler ruhsat edinebilmektedirler.

Devlet memurları, diğer kamu görevlileri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden İşleri Genel Müdürlüğü'nün merkez ve taşra teşkilatında çalışan yevmiyeli ve mukaveleli personel, arama ve işletme ruhsatı alamaz. Ayrıca yabancı uyruklu vatandaşlar ve T.C. Kanunlarına göre kurulmamış yabancı şirketler Maden Kanunu kapsamında arama ve işletme ruhsatı alamaz. Ruhsatların kişi türüne göre dağılımı aşağıdaki tabloda görülmektedir (5995 sayılı Maden Kanununda ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun). Bu kanunun yürürlüğe

girmesinden sonra verilen ruhsatlara ilişkin ruhsat sahibi kişi türüne göre hazırlanan toplam ruhsat sayıları Çizelge 1’de gösterilmiştir.

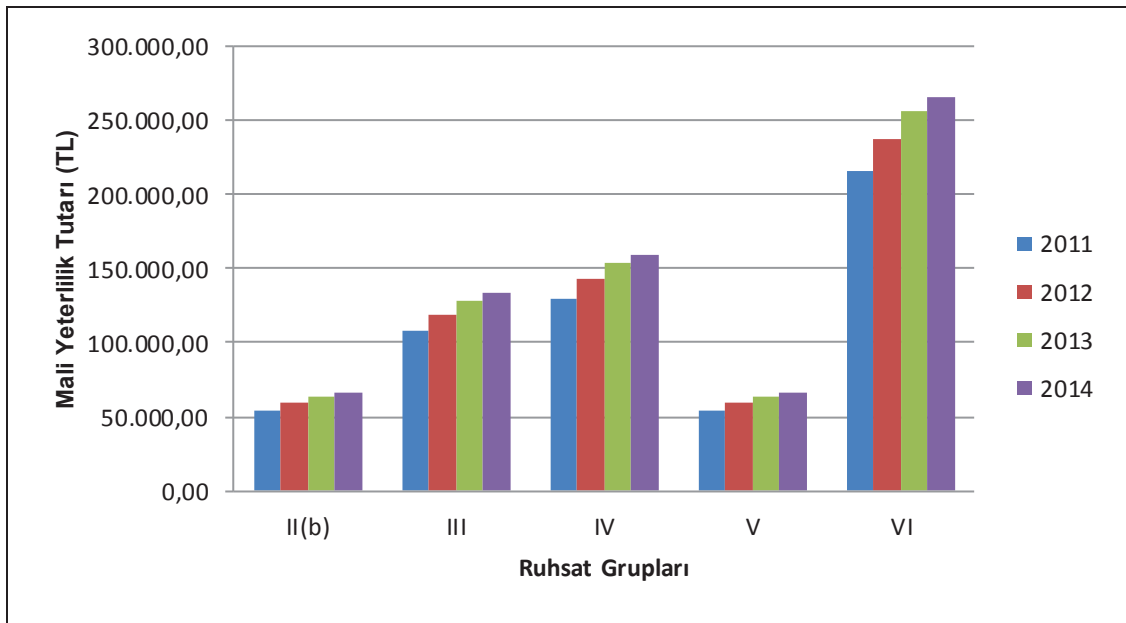
KİŞİ TÜRÜ	RUHSAT SAYISI
Gerçek Kişi	5.473
Kamu Tüzel Kişiliği	536
Özel Hukuk Tüzel Kişi (Yerli)	15.197
Özel Hukuk Tüzel Kişi (Yabancı)	1.090
<b>Genel Toplam</b>	<b>22.296</b>

**Çizelge 1.** Ruhsat sahibi kişi türüne göre hazırlanan toplam ruhsat sayıları (04.03.2014’te elde edilen veriler sonucunda oluşturulmuştur)

Herhangi bir gerçek veya tüzel kişinin maden arama ruhsatı/sertifika alabilmesi için öncelikle ruhsat grubuna karar vermesi gerekmektedir. Müracaat aşamasında temel belirleyici unsur, aranması düşünülen maden türünün hangi grup içinde yer aldığıdır (bu hususta genelde jeoloji mühendislerinden yardım alınır).

Mevcut kanunda I a, I b, II a., II b., III., IV., V., ve VI. grup olmak üzere altı ruhsat grubu vardır. Müracaat edilecek gruba karar verildikten sonra öncelikle ruhsat alınmak istenilen alanın 1/25000 ölçekli paftasının ve ED 50 (European Datum 1950) formatında 6° lik koordinatları belirlenmelidir. Pafta sayısı ise dördü (tamamı denizlerde kalacak şekilde yapılan III., IV. ve VI. grup ruhsat müracaatlarında ise sekizi) geçemez (MİGEM, 2014). 20 noktayı geçmemekle birlikte I (b) grubunda 50, II’de 100, III’de 500, IV’de 2000, V’de 1000 ve VI’da 5000 hektarı geçemez.

5995 sayılı maden kanunu ile mali yeterlilik kriteri getirilmiştir. Mali yeterliliği olmayanların maden ruhsatı alma imkânı bulunmamaktadır. 2011, 2012, 2013 ve 2014 yıllarında yapılacak ruhsat başvurularında istenen mali yeterlilik miktarları Şekil 1’de verilmiştir.



**Şekil 1.** 2011-2014 Yıllarında yapılan farklı ruhsat grubu başvurularında istenen mali yeterlilik tutarları

Şekil 1'de belirtilen II b., III., IV., V., ve VI. gruplarının genel tanımı aşağıda verilmiştir.

**IIb. Grup madenler:**

**b)** Mermer, Traverten, Oniks mermeri, Granit, Andezit, Bazalt, Diyabaz gibi blok olarak üretilen taşlar, boyutlandırılarak geometrik şekil verilen taşlar ile Kayraktaşı, Arduvaz, Tüf, İğnimbirit ve benzeri dekoratif amaçla kullanılan doğal taşlardır.

**III. Grup Madenler:** Deniz, göl ve kaynak sularında eriyik halde bulunan tuzlar (jeotermal, doğal gaz ve petrol alanlarının dışında bulunan) Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Gazı, Hidrojen ve Sülfürdür.

**IV. Grup Madenler:** Endüstriyel hammaddeler, Enerji hammaddeleri, Metalik madenlerdir.

**V. Grup Madenler:** Kıymetli ve yarı kıymetli mineralleri içermektedir.

**VI. Grup Madenler:** Uranyum, Toryum, Radyum gibi elementleri içeren radyoaktif mineraller ve diğer radyoaktif maddeler (5995 sayılı kanun).

Bu gruplar için ön arama, genel arama, detay arama ruhsatı ve işletme ruhsatı edinme prosedürü aşağıda açıklanmıştır. II (b) Grubu, III. ve IV. Grup madenler arama ruhsatı, V. Grup madenler arama sertifikası ile aranmaktadır. I. Grup madenler için doğrudan işletme ruhsatı verilmektedir. Müracaatların talep harcı ile yapılması zorunludur. Müracaatlarda öncelik hakkı esastır. Arama ruhsat dönemi; ön arama, genel arama ve detay arama olmak üzere üç dönemden oluşmaktadır. Ön arama ruhsat süresi tüm gruplar için 1 (bir) yıl, Genel arama dönemi II(b), III. ve V. Gruplar için 1 (bir) yıl, IV. ve VI. Gruplar için ise 2 (iki) yıldır. II(b), III. ve V. Gruplar için toplam arama ruhsat / sertifika süresi 2 (iki) yıl olup, söz konusu grup ruhsatlar için detay arama dönemi yoktur. IV. ve VI. Gruplar için detay arama ruhsat süresi (1+1+1+1) 4 yıl olup, söz konusu grup ruhsatlar için toplam arama ruhsat süresi en fazla 7 (yedi) yıldır.

Her arama dönemi sonunda ön / genel / detay arama faaliyet raporlarının verilmesi, asgari arama faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi zorunludur. Bu yükümlülüklerin yerine getirilmesi halinde bir üst arama dönemine geçilebilmektedir. Aksi takdirde arama ruhsatı teminat irad kaydedilerek ruhsat iptal edilmektedir.

Arama ruhsat süresi sonuna kadar, tespit edilen madenin rezerv bilgilerini de içeren arama faaliyet raporu ile en az bir maden mühendisi tarafından hazırlanan faaliyet sonrası işletme alanının çevre ile uyumlu hale getirilmesini de içeren, işletme projesi ve talep harcının ödendiğine dair belge ile müracaatta bulunulması halinde işletme ruhsatı hakkı doğmaktadır.

Arama ruhsat süresi sonunda işletme ruhsatı talebinde bulunulmayan arama ruhsatları iptal edilerek teminatı ruhsat sahibine iade edilmektedir.

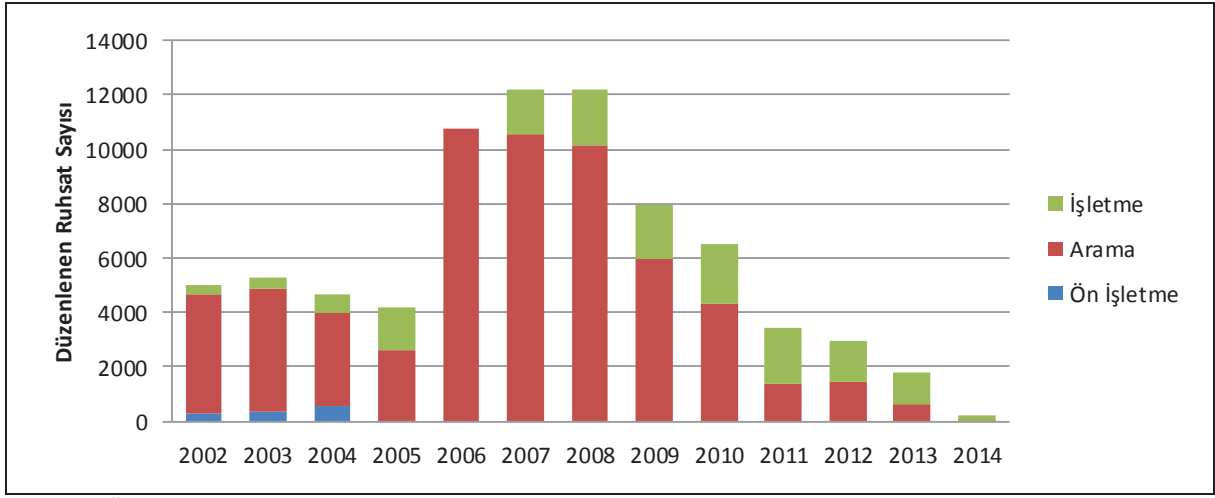
### **3. Maden Kanunundaki Değişikliklerin Etkileri**

Birçok madenin varlığını, yeterli düzeyde jeofizik, jeolojik etüd ile binlerce metre sondaj ve yoğun analiz çalışmaları yapmadan ortaya çıkarmak mümkün değildir. Bunun yanında bu çalışmalara ilişkin yapılan harcamalar sonucunda, maden bulunacağının da bir garantisi yoktur.

2010 yılında maden kanununda yapılan değişiklikler doğrultusunda, maden aramalarına ilişkin fiziki çalışmaların miktarında (harcama tutarları, jeolojik-jeofizik çalışmalar ve sondaj çalışmaları) kanun öncesine kıyasla önemli oranda artış gerçekleşmiştir. Önümüzdeki yıllarda da bu trendin devam etmesi ve Türkiye'nin maden varlıklarına ilişkin daha ayrıntılı verilerin elde edilmesi beklenmektedir. 2010 yılında çıkan kanun ile getirilen düzenlemeler ve yükümlülükler sonucunda spekülasyon amaçlı olarak ruhsatların elde tutulması zorlaşmıştır.

Getirilen düzenleme ile arama dönemleri belirli bir kısma ayrılmakta ve her yıl asgari harcama tutarından az olmamak üzere mali harcamaların gerçekleşmesi ve belgelenmesi gerekmektedir. Yükümlülükleri yerine getirilen arama ruhsatları, bir üst arama aşamasına geçirilmektedir. Aksi durumlarda arama ruhsatları iptal edilmektedir. Uygulamada, üzerine gerekli arama yatırımları yapılmayan ruhsatların iptal ya da terk edildiği gözlenmektedir. Sonuçta da arama ruhsat sayılarında yıllar bazında büyük ölçüde bir azalma olmuştur.

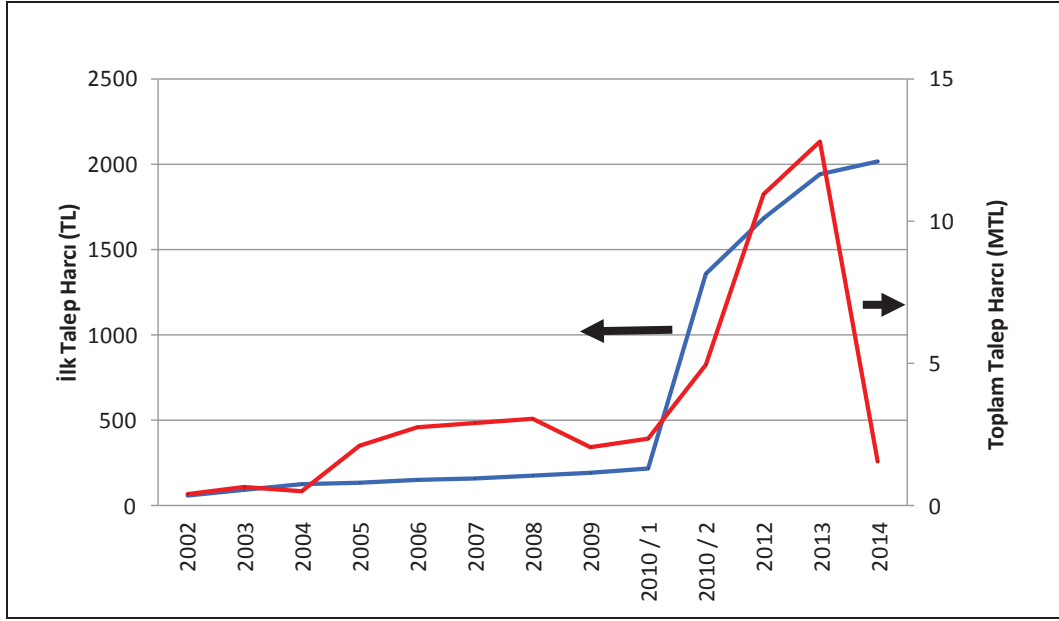
Ruhsatların üzerinde ciddi yatırımlar yapacak, uzun soluklu bir pozisyon ve planlama sahibi, ciddi bir ekibi ve risk sermayesi olan yatırımcılar ile spekülatif amaçlı kişiler arasında belirgin farklar oluşmuştur. Aşağıda Şekil 2'de yıllar bazında ruhsat sayılarındaki değişim görülmektedir.



Şekil 2. Ön işletme, arama, ön-genel-detay arama ve işletme ruhsat sayılarının yıllara göre dağılımı

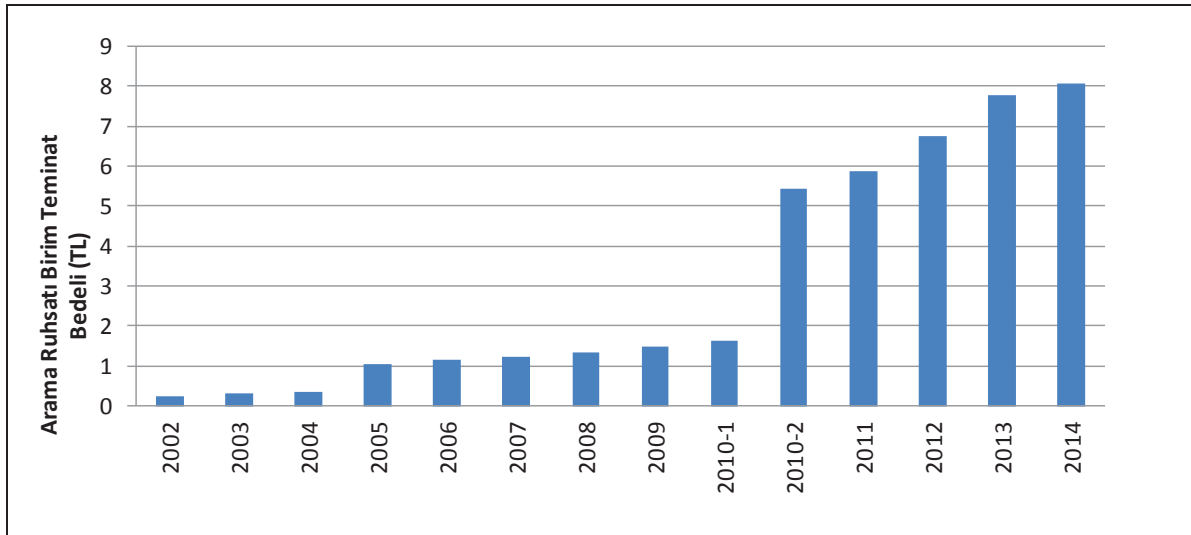
2010 yılındaki değişiklikler doğrultusunda, ruhsatların iptal/terk edilmesi sonucunda arama ruhsatı (belirli bir alanda maden arama faaliyetlerinde bulunulabilmesi için verilen yetki belgesi) ve işletme ruhsatı (işletme faaliyetlerinin yürütülebilmesi için verilen yetki belgesi) sayılarında 2010'u takip eden yıllarda yüksek miktarda düşüşler olduğu görülmektedir. 2007-2008 yıllarında 12.000 üzerinde takip eden arama ruhsatı sayısı 2010'da 4.300'e kadar düşmüş, sonrasında ise 1.500'lerde seyretmiştir. Arama ruhsat sayılarının azalmasının ana sebebi ilk müracaat harcı (6 kat) + teminat + harç bedellerinin toplamının, 5995 sayılı Kanun öncesine göre kıyaslandığında yaklaşık 10 kat artmasıdır.

Bunun yanında 2010 yılında çıkan kanun değişikliği öncesine kadar 217,25 TL olan ilk talep harç miktarı yeni kanundan sonra 1.361,65'e çıkarılmış (Harçlar Kanunu Genel Tebliği, 2009) ve yeniden değerlendirme oranları nisbetinde artırılmak suretiyle 2013 yılında 1.939,30'a, 2014 yılında 2.016,00 TL'ye ulaşmıştır. İlk talep harçlarındaki bu artış, toplam talep harçlarının da önce artışına neden olmuş, daha sonra da toplam talep harç miktarında hızlıca düşme görülmüştür.



Şekil 3. 2002-2014 yıllarındaki ilk talep ve toplam talep harçları

Aynı zamanda 2002’de 0,25 TL x ruhsat hektarı olan ve 2010’a kadar yıllık ufak artışlarla 1,63 TL x ruhsat hektarı’na yükselen arama ruhsatı birim teminatları, 2010 yılında yapılan değişiklikle 5,45 TL x ruhsat hektarı’na çıkarılmış ve takip eden yıllarda ise arttırmaya devam edilmiştir. 2013 yılında 7,76 TL, 2014 yılında 8,05 TL x ruhsat hektarı’na kadar ulaşmıştır. Ayrıca 2010 yılından sonra, birim değer ile birim alanın çarpımları sonucu elde edilecek miktarın, 2010 yılı için 10.000 TL, 2011 yılı için 10.770 TL, 2012 yılı için 11.875 TL, 2013 yılı için 12.802 TL ve 2014 yılı için 13.306 TL’den az olamaz ibaresi getirilmiştir.

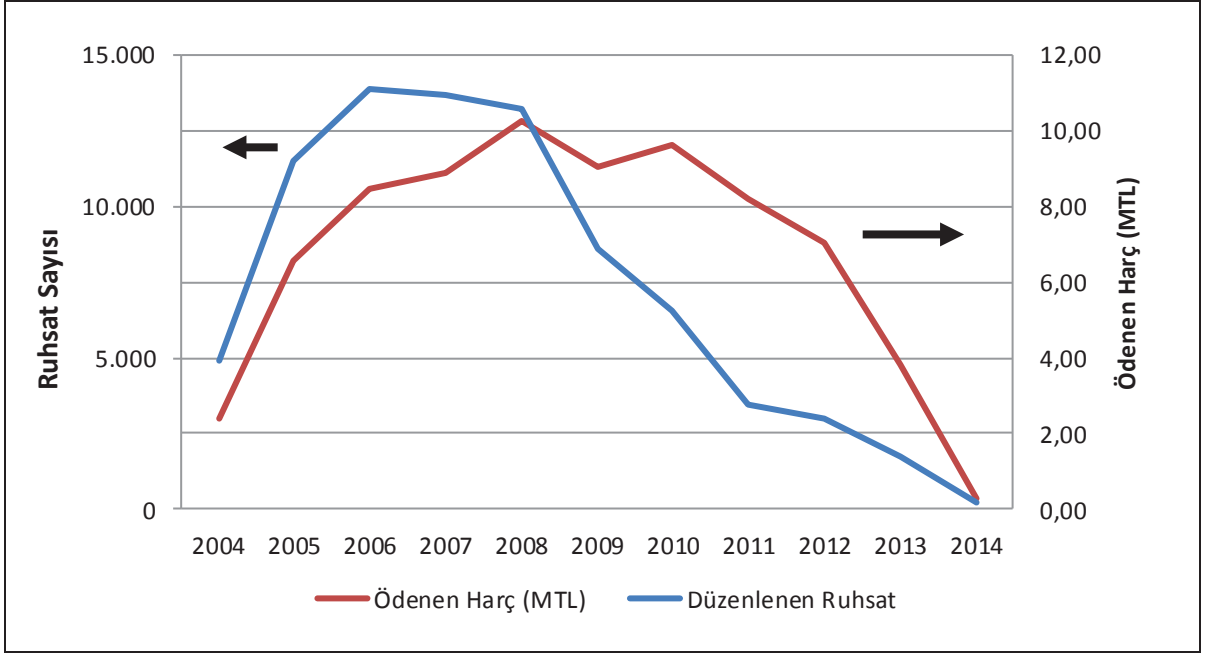


Şekil 4. 2002-2013 yılları arasındaki birim arama ruhsat teminat bedelleri (2010a 5995’ten önceki ve 2010b 5995’ten sonraki bedelleri göstermektedir)

2005-2006 arası yaşanan ruhsat sayılarındaki hızlı artıştan sonra 2007 yıllarında ruhsat sayılarındaki artış trendi durmuş ancak sonraki yıllarda yerini hızlı bir düşüşe bırakmıştır.

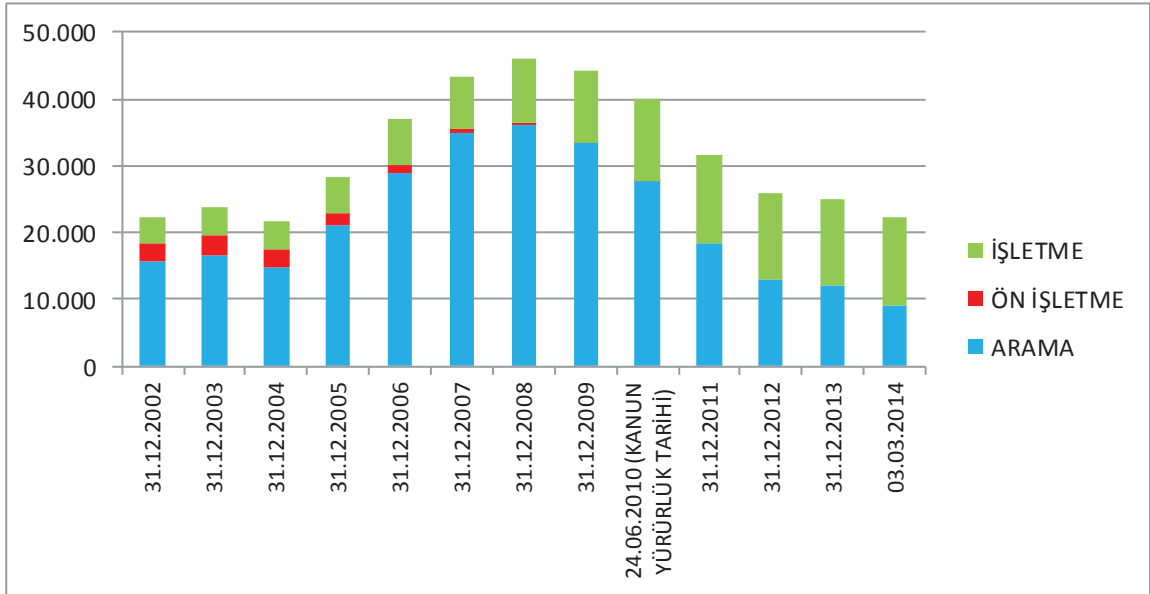
Toplam ödenen harç bedeli de 2010’dan sonra hızlıca düşmüştür.





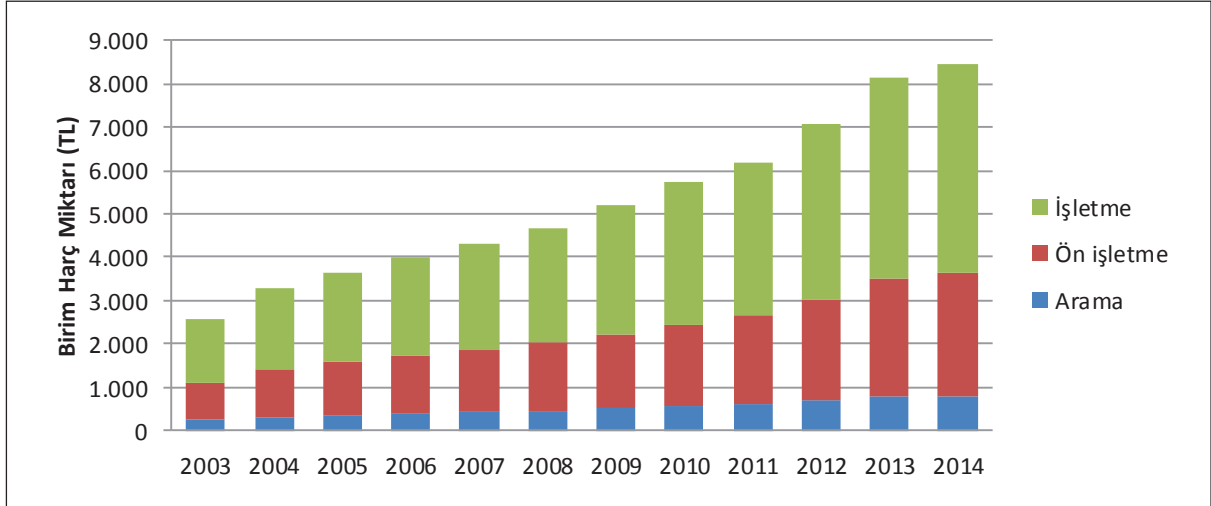
Şekil 5. 2002-2012 yılları arasında düzenlenen ruhsat sayıları ve ödenen harç bedelleri

Harç adedine bakıldığında 2008'e kadar bir yükseliş yaşanırken 2010'dan sonra düşüşe geçtiği görülmektedir.



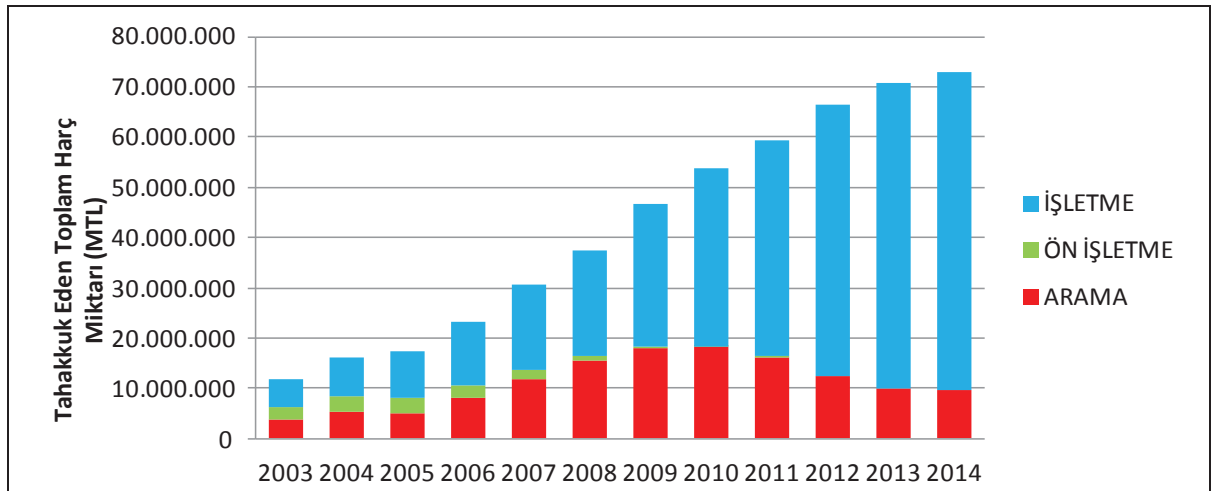
Şekil 6. 2002-2014 yılları arasındaki harç adetleri

Harç miktarına bakıldığında ise trendde bir değişiklik olmamıştır.



Şekil 7. 2002-2012 yılları arasındaki harç miktarları

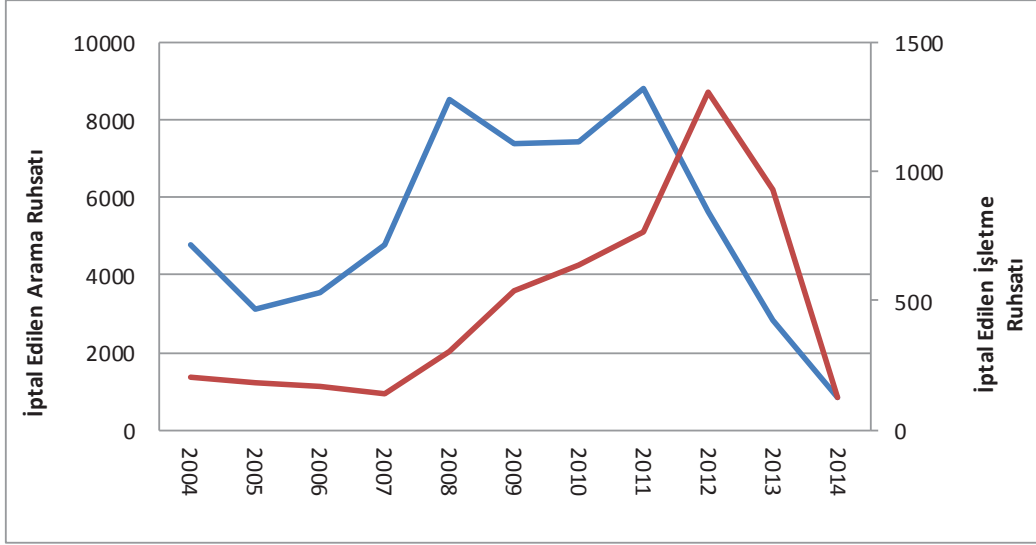
Dolayısıyla tahakkuk edilen toplam harç miktarına bakıldığında kanun değişiklikleri doğrultusunda 2002 - 2010 yılları arasında az fakat sürekli bir şekilde artan harç miktarı, 2010 kanun değişikliğinden sonraki yıl içerisinde %60'lık bir artış göstermiştir. Ayrıca önceki yıllardaki harç miktarları çoğunlukla arama, ön işletme ve işletme ruhsatlarından oluşurken 2010'dan sonra bu arama ve işletme ruhsatlarından elde edilmiştir. (2012 %15 arama ve %85 işletmeden oluşmaktadır).



Şekil 8. 2002-2012 yılları arasındaki tahakkuk eden toplam harç miktarı

Bunun yanında iptal edilen ruhsat sayıları karşılaştırıldığında 2010 yılı değişikliklerinden sonra iptal edilen arama ruhsatı sayılarında önce küçük çaplı bir yükseliş sonrasında da keskin bir düşüş yaşanmıştır.

İptal edilen arama ve işletme ruhsat sayılarının sayısının düşmesinin ana sebebi; ruhsata sahip olma toplam bedelinin yaklaşık 10 kat artmasıdır.

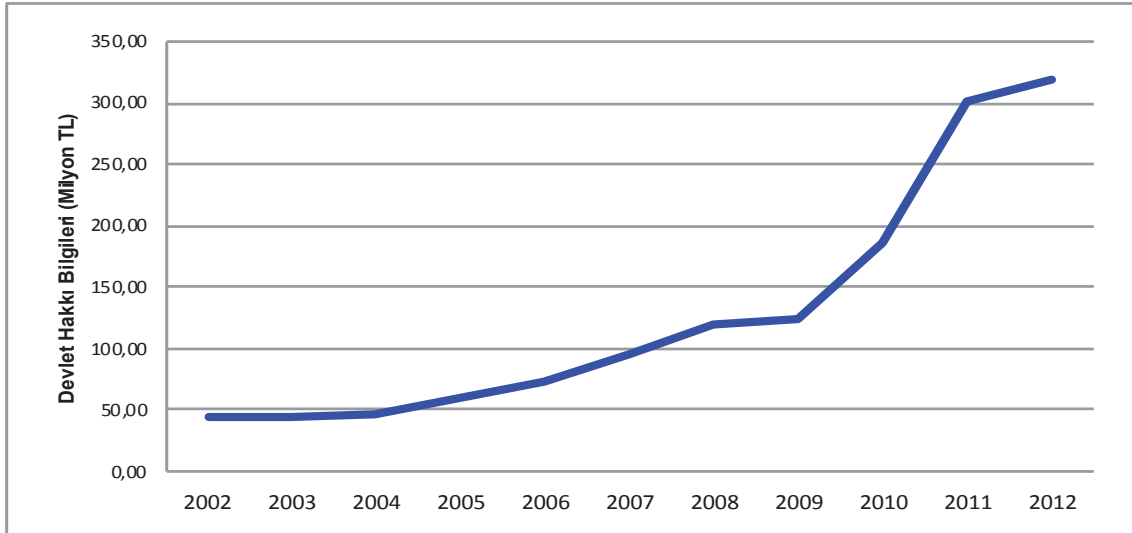


Şekil 9. 2002-2012 yılları arasında iptal edilen arama ve işletme ruhsat adetleri

#### Kurul İşlemleri:

Madencilik yatırımları ile diğer yatırım çakışmasını kamu yararı bağlamında gidermeye dönük 5177 sayılı kanun döneminde başlatılan uygulama, 5995 sayılı kanun ile daha da geliştirilmiştir (Finans Gündem, 2013).

Son olarak, maden istihracı ile sağlanacak gelirden devlet payına düşen kısımda (devlet hakkı) da 2010 yılında değiştirilen kanun sonucunda, bazı gruplardaki devlet hakkı oranlarının artırılması ve yıllık devlet hakkının o yıla ait işletme ruhsat harcından az olamayacağı kanunla hüküm altına alınmasından dolayı keskin bir artış görülmektedir.



Şekil 10. 2002-2012 yılları arasındaki devlet hakkı

#### 4. Sonuç

Bilindiği üzere kendi kaynaklarını yok sayan ve kullanmayan bir ülkenin kalkınması mümkün değildir. Madenler kalkınmanın temel unsurları arasında büyük önem taşımakta ve yaşam seviyelerinin belirleyicisi olarak kabul edilen sanayi, enerji ve tarım sektörlerinin temellerini oluşturmaktadır. Türkiye sahip olduğu doğal kaynaklar bağlamında birçok ülkeye kıyasla çok

daha şanslı olmasına rağmen şu ana kadar bu kaynakları yeterince iyi aramamış ve değerlendirememiştir. Arama çalışmaları, dünya madenciliğinde zirve yapmış Kanada gibi ülkelerin oldukça gerisindedir.

Madenlerin, ülkenin ekonomisi ve teknolojisinin gelişimi, büyümenin hızlanması ve ülke refahının artması açısından çok önem taşıması nedeniyle etkili biçimde aranmasını, en kısa zamanda bulunmasını ve kullanılmasını teşvik edecek planların yapılması ve var olan planların geliştirilmesi gerekmektedir.

2010 yılındaki maden kanun değişikliği ile ruhsat edinme ve ruhsatı tutma maliyetlerinin artması, ruhsatların üzerinde ciddi yatırımlar yapılması gerekliliğinden dolayı arama ve işletme ruhsat sayılarında büyük ölçüde azalmalar olmuştur. Arama dönemindeki ruhsatların spekülasyon amaçlarla tutulması zorlaştırılmıştır. Finansman yeterliliği olan, kurumsal yapılar diğerlerine göre gelişmiş olanlar bu alanda varlıklarını koruyabilmişlerdir.

Arama ruhsatı ve işletme ruhsatı teminat bedelleri arttırılmıştır. Aynı şekilde ilk talep harçları, yıllık ruhsat harç bedelleri de arttırılmıştır ve önceki döneme göre devletin bu alanlarda gelirlerinde artış gözlenmiştir. Arama faaliyetlerinin özendirilmesi, ruhsat güvencesinin arttırılması, bürokrasinin azaltılması, yasal, teknolojik ve idari önlemler ile arama ve işletme dönemi yatırım ortamının iyileştirilmesi durumunda önümüzdeki yıllarda yerli ve yabancı sermaye akışında ve maden ürünleri üretiminde büyük artışlar sağlanabilir. Dünyada madencilik faaliyetleri bilimsel veriler ışığında derin madencilik yapılırken ülkemizde mostra madenciliğinden bilimsel veriler ışığında arama ve derin madencilik sistemine geçişi bu kanun ile hedeflenmektedir.

### **Kaynaklar**

- 3213 Numaralı Maden Kanunu, Kabul Tarihi: 4.6.1985. Resmi Gazetede Yayınlanma Tarihi: 15/06/1985 (18785 sayılı).
- 5177 sayılı “Maden Kanununda ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun” Resmi Gazetede Yayınlanma Tarihi: 05/06/2004 (25483 sayılı).
- 5995 sayılı “Maden Kanununda ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” Resmi Gazetede Yayınlanma Tarihi: 24/06/2010 (27621 sayılı).
- 60 seri nolu Harçlar Kanunu Genel Tebliği. Resmi Gazetede Yayınlanma Tarihi: 31/12/2009.
- Başol, K., Durman, M., Çelik, M. Y., 2005, Kalkınma sürecinin lokomotifi: Doğal kaynaklar, Muğla Üniversitesi, SBE Dergisi Bahar 2005, Sayı 14.
- Madencilik Sektörü Raporu (2002 – 2010) TMMOB Maden Mühendisleri Odası 36 s.
- Yıldırım M. H., Maden sektöründe devrim gibi kararlar, Hüseyin Gökçe ile Finans Gündem / Dünya Gazetesi. 21/01/2013.