

İSCEHİSAR AKTAŞÖREN MEVKİİ MERMER OCAĞINDA KESME DÜZLEMİ SÜREKSİZLİKLERİNİN ELMAS TEL KESME VERİMLİLİĞİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

An Investigation of the Effect of Cutting Surface Discontinues on Diamond Wire Cutting Productivity in the Marble Quarry of Iscehisar Aktasoren Region, Turkey

Geliş (received) 24 Kasım (November) 2010; Kabul (accepted) 11 Mayıs (May) 2011

Metin ERSOY(*)
Zafer YÜKSEL(**)

ÖZET

Ülkemizde mermer ocaklarının büyük çoğunluğunda mermer blok üretimi elmas tel kesme yöntemi ile yapılmaktadır. Elmas tel kesme işleminde kesim hızını, elmas boncuk tüketimini ve blok verimini etkileyen jeolojik ve fiziko-mekanik birçok faktör vardır. Bu faktörlerin bilinmesi optimum çalışma parametrelerinin belirlenmesi, üretim kayıplarının en aza indirilmesi bakımından önemlidir.

Bu amaçla Afyonkarahisar ili, İscehisar ilçesi Aktaşören mevkiinde bulunan Üçkar Mermer ve Madencilik şirketine ait olan mermer ocağında yapılan üretim faaliyetleri incelenmiştir. Aynı ocak sınırı içinde Afyon İscehisar mermerlerinin en alt birimi olan Afyon Kaplan Postu (AKP) ve bir üst birimi Afyon Gri (AG) mermerlerinin üretiminin yapıldığı iki üretim basamağındaki elmas tel kesme performanslarının farklı olma sebepleri araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında sahanın jeolojik özellikleri, üretilen mermerlerin mineralojik-petrografik, fiziko-mekanik özellikleri ve üretim süreci incelenmiştir. Sonuç olarak kesme performansındaki ve blok verimindeki farklılığın süreksizlik düzlemlerindeki dolgu maddesinin farklı özelliklerinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mermer Ocağı, Verimlilik, Süreksizlik, Elmas Tel Kesme

ABSTRACT

In the most of the quarries in our country, diamond wire cutting method is used to produce marble blocks. In diamond wire cutting method, there are many geological, physical and mechanical factors which affect the cutting rate, diamond bead consumption and block productivity. It is important to know these factors to specify the optimum working parameters and to reduce the production losses to the lowest level.

For this purpose, the production operations in the marble quarry of Üçkar Madencilik located in Aktaşören region of İscehisar district of Afyonkarahisar province have been investigated. In the same quarry boundaries, the reasons of differences of diamond wire cutting performances were investigated in two benches, one of them is the lowest unit of Afyon İscehisar marbles and the other is higher one.

In the scope of this study, the geological properties of the research area and the mineralogical, petrographical, physical and mechanical characteristics of the marble have been analyzed. The results of this study show that the cause of the differences of cutting performance and block productivity is the result of the different characteristics of filling materials of discontinuities.

Keywords: Marble quarry, Productivity, Discontinuity, Diamond Wire Cutting

(*) Yrd. Doç. Dr. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksek Okulu, Ali Çetinkaya Kampüsü, 03100, AFYONKARAHİSAR, metinersoy@aku.edu.tr

(**) Maden Yüksek Mühendisi

1. GİRİŞ

Mermer ve doğaltaş kullanımı ve dolayısıyla üretimindeki artış, doğaltaş ocaklarında gerçekleştirilen üretim çalışmalarının optimizasyonunun araştırılmasını önemli kılmaktadır. Mermer ocak işletmeciliğinde amaç, mermer fabrikaları ve piyasanın istediği boyutlarda kırıksız ve çatlıksız blok çıkartmaktır (Ersoy, Yeşilkaya ve Dinçer 2010). Günümüzde mermer ocaklarının önemli bir kısmında üretim, elmas tel kesme makinesi ile yapılmaktadır. Üretim süresince, sahanın süreksizlik özelliklerinden yararlanılarak üretim hızı arttırılabildiği gibi, aynı süreksizlikler blok verimini de düşürebilmektedir. Üretimin minimum kayıplarla gerçekleştirilmesi, gerek üretici, gerekse ülke ekonomisi açısından son derece önemlidir.

Üretim esnasında doğaltaş bloklarının boyutlarını belirleyen en önemli yapısal özellik sahanın jeolojisidir. Jeolojik yapı; kaya kütlelerini tanımlar. Kaya kütlesi, süreksizlik ağı

ve kayaç malzemesinin birlikte oluşturduğu sistemdir. Süreksizlik sisteminin yapısal düzeni, kaya kütlelerinin deformasyonunu, dayanım ve geçirgenlik özelliklerini, yataklanma formasyonlarını ve ayrıca büyük miktarda mineral yatağının dağılımını ve gelişimini belirler (Palpström, 1995).

Çalışma alanında üretim süreci içerisinde, gerek delme gerekse elmas tel kesme çalışma parametreleri her bir formasyon için farklılık göstermektedir. Bu çalışmada mermer ocak işletmesinde farklı basamaklarda uygulanan üretim yöntemi incelenmiş ve kesme düzlemi süreksizliklerinin elmas tel kesme performansına etkileri araştırılmıştır. Elmas telli kesme yöntemi ile ilgili geçmişte birçok araştırma yapılmış olup bunlardan bazıları Çizelge 1 de verilmiştir. Bu çalışmanın önceki çalışmalardan en önemli farkı, gerek jeolojik gerekse fiziko-mekanik özellikleri birbirine çok yakın olan iki birimin üretim parametrelerinin farklılığının nedenlerinin incelenmesidir.

Çizelge 1. Bazı Araştırmacılar Tarafından Elmas Tel Kesme Yöntemi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Berry, 1989	Bu çalışmada elmas tel donanımlarının ocaklarda optimum kullanımı başlıklı çalışmada elmas telin verimli kullanımına etki eden faktörleri incelenmiştir. Bu amaçla, bilgisayar programı kullanarak, ocağın büyüklüğüne, basamak boyutlarına, üretilen ürünün maliyetine, fiyatına ve piyasa koşullarına göre en uygun teknolojinin seçimi gerçekleştirilmiş, traverten ve granit ocakları için yapılan çalışma sonuçları değerlendirilmiştir.
Ersoy, 1991	Çalışmada Konya-Ladik mermerlerinin jeomekanik özellikleri ve işletmeciliği konulu çalışmada gri ve beyaz renklerdeki iki mermer örneğinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş ve sınıflandırılmış, daha sonra mermer işletme yöntemi olarak elmaslı tel kesme yöntemi ile üretimi önerilmiştir.
Biasco, 1993	Sert taş ocakları için elmas tel konulu bu çalışmada plastik kaplı elmas telin güvenlik açısından gelişme kaydettiği, bununla birlikte güvenlik standartlarıyla ilgili yapılması gerekenler olduğunu belirtmiştir.
Urhan, Şişman, 1993	Blok mermer üretiminde elmaslı tel kesme kullanımı, uygulaması ve kesme veriminin optimizasyonu konulu yazıda, blok mermer üretiminde elmaslı tel kesme yöntemi ele alınmış, yöntemin uygulanabileceği ocak tipleri, ocağın kesime hazırlanması, deliklerin delinmesi, telin yerleştirilmesi ve kesimin yapılmasında dikkat edilecek konular verilmiştir.
Kekeç, 2001	Tel kesme makinelerinde elmaslı tellerde kesme performansının belirlenmesi üzerine bir inceleme başlıklı yüksek lisans tezinde, farklı mermer türlerinin üretiminin yapıldığı üç ayrı mermer ocak işletmesinde, sayalama kesimlerine ait gözlemsel ve analiz bulguları incelenerek sayalama randımanının belirlenmesine yönelik algoritmik yaklaşımlar geliştirilmiştir.
Demirdağ, 2001	Mermer işletmeciliğinde elmas tel kesim performansının araştırılması konulu yüksek lisans tezinde, Burdur Bej mermer ocağında yapılan saha çalışmalarında, üretime bağlı olarak gerek tel ömrü gerekse kapasite açısından incelemeler yapılmış, değişken parametre olarak elmas boncuktaki aşınma miktarı baz alınmıştır. Elde edilen veriler ışığında Burdur Bej mermeri için en uygun boncuk çapı belirlenmiştir.
Mancini, Cardu, Fomaro, Lovera, 2001	Çalışmada sert kayaçlarda elmas tel kullanımının patlatma yöntemine göre daha verimli olduğu için yaygın hale geldiği belirtilmiştir. Piedmont and Sardinia bölgesindeki birçok taş ocağında yapılan anket çalışması teknik ve ekonomik açıdan değerlendirilmiştir.
Özçelik, Kulaksız, Çetin, 2002	Yazarlar, elmas tel kesme işlemini üç farklı kayaç grubunda denemişler ve mineralojik ve petrografik özellikleriyle ilişki kurmuşlardır. Laboratuvar ve saha çalışmaları sonuçlarını istatistiksel olarak değerlendirerek aşınma oranı modeli geliştirmişlerdir.
Polat, 2002	Çalışmada elmas telle blok mermer üretiminde dokusal ve bileşimsel kayaç özelliklerinin ve kayaçların doku katsayısı değerlerinin, kesim sırasında elmas boncuklarda meydana gelen aşınmalara etkisi ve mermerlerin elmas telle kesimde dokusal özelliklerin etkisi ortaya konulmuştur.
Özçelik, 2003	Çalışmada andezit kesiminde elmas boncuk aşınmasının çok değişkenli istatistiksel analizi yapılmış, elmas tel kesme yönteminde maliyeti etkileyen birincil parametrenin boncuk aşınma oranı olduğunu belirtilmiştir. Farklı mekanik ve fiziksel özelliklerdeki andezit örnekleri üzerinde endüstriyel boyutta yatay ve düşey kesme deneyleri yapılarak makine ve kesme parametreleriyle istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir.

Turanboy, 2003	Bu çalışmada, kaya kütlelerinin içerisinde süreksizliklerle sınırlanmış doğal kaya bloklarının şekil, boyut ve dağılımları lineer ilişkiler ve çeşitli yaklaşımlarla incelenmiştir. Geliştirilen modelde, kullanılan verilerle, kaya kütesinin görünür yüzeyleri üzerindeki süreksizlikler arası mesafe ve eğim/eğim yönü değerleri verilmiştir.
Yavuz, 2003	Çalışmada blok mermer üretimini etkileyen jeolojik parametreleri birincil ve ikincil jeolojik parametreler olarak iki ana grup altında toplanabileceği, birincil jeolojik parametrelerin mermer ocakları içerisindeki blok boyutlarını direk olarak sınırlayan süreksizlik düzlemleri (ilksel tabakalanma, tektonik kırık ve çatlaklar), ikincil parametrelerin ise blok mermer üretimini esasında kayaç üzerinde oluşan gerilmeler neticesinde buldukları yüzeyler boyunca kırılmalara neden olan kapalı-kılcal süreksizlik düzlemleri, foliasyon düzlemleri ile kayaç içerisinde renk ve desen homojenitesini bozan dolomitik zonlar, kalsit-zımpara bant ve mercekleri ile ayrışma olduğu belirtilmiştir.
Tonçer, 2005	Yapmış olduğu doktora tezinde Diyarbakır Hani yöresindeki mermer ocaklarının blok alma olanakları, fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri açısından değerlendirilmesini incelemiştir.
Özçelik ve Bayram, 2006	Yazarlar, model elmas telli kesme makinesinin geliştirilmesi ve elmas telle blok doğaltaş üretiminde işletme ekonomisini en fazla etkileyen elmas boncuk aşınmalarının, kesilen kayaçların fiziki ve mekanik özelliklerinin yanı sıra kesme ekipmanının çalışma koşullarından kasnak devir hızı ve makine titreşimi ile olan ilişkilerini ortaya koymuşlardır.
Özçelik vd., 2006	Araştırmacılar model elmas telli kesme makinesiyle, farklı kasnak devir sayılarında, farklı mermer bloklarını kesmişler ve makinada oluşan titreşimleri, boncuk aşınmalarını izlemişlerdir.
Jain, Rathore, 2009	Mermer ocaklarında, kesme alanının elmas tel kesme makinesi performansı üzerine etkileri konulu çalışmada, Hindistan'daki mermer ocaklarında elmas tel kesme operasyonunda kesme alanının kontrol edilebilir bir parametre olduğu ve dolomitik mermer ocaklarının yaygın olduğunu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda basamak yüksekliğinin kesme performansında önemli bir parametre olduğunu ve çalışma sonuçlarının diğer tür mermerlerde de uygulanabileceğini belirtilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı Afyonkarahisar'ın İscehisar ilçesinin güneydoğusunda, 6 km uzaklıkta Bahçecik yolu üzerindeki Aktaşören mevkiinde bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Ocak, 1991 yılından bu yana aktif olarak çalışmaktadır. Ocağın genelinde dört basamak oluşturulmuş olup, ikinci basamakta AG ve dördüncü basamakta AKP mermerleri, elmas tel kesme yöntemi uygulanarak üretilmektedir. En üst birinci basamak çok çatlaklı olduğundan ve üçüncü basamakta da geçiş zonunun belirgin olmasından dolayı renk homojenliği sağlanamamakta ve sürekli üretim yapılamamaktadır (Şekil 2).



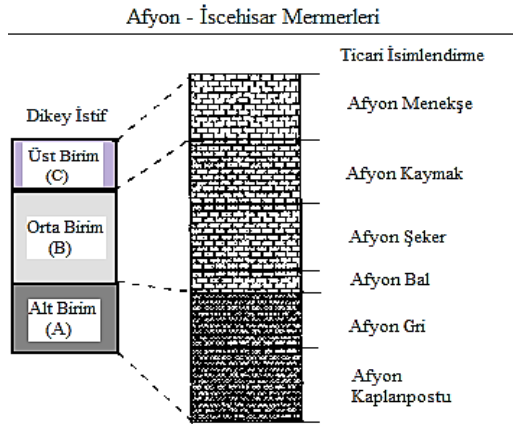
Şekil 2. Çalışma alanının genel görünüşü.

2.1 Çalışma Alanının Jeolojisi

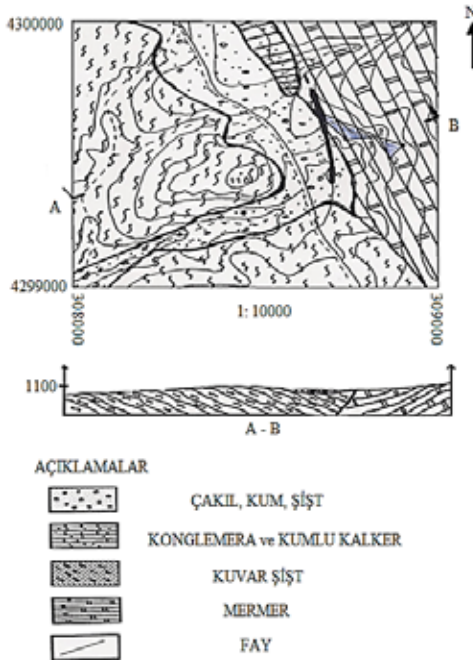
Afyonkarahisar çevresinde yüzeylenen kayaçlar Afyon Metamorfileri olarak adlandırılan temel kayaçlardan oluşmaktadır. Kökeni ağırlıklı olarak sedimanter olan bu kayaçlar, orta/yüksek sıcaklık ve basınç altında başkalaşıma uğramıştır. Alt ve Üst Metamorfiter şeklinde iki alt gruba ayrılan Afyon Metamorfileri farklı litolojilerden oluşmaktadır. İscehisar Mermeri, metamorfik temel in en üst birimini oluşturmaktadır. Kökeni kireçtaşı (karbonat) olan mermerler jeolojik olarak farklı renk, tane boyu, mineralojik bileşim göstermekte ve bu özellikler açısından üç farklı birime ayrılmaktadır (Sümer vd., 1997).

İnceleme alanı; "Afyon Mermerleri" olarak bilinen birim beyaz, sarımsı, bej, boz renkli, kalın

tabakalı olup adını, mostra yakınındaki İscehisar ilçesinden almıştır. İscehisar mermerleri; beyaz, gri, alacalı (Kaplan Postu), krem renkli, kalın-çok kalın tabakalanmalı yapıya sahip, büyük bloklar elde edilebilen, ince kristalli değerli bir mermerdir. Birim Afyon Metamorfileri içinde mercek şeklinde olup kalınlığı en fazla 300 metre kadardır. İscehisar ilçe merkezinin güneyinde, KB-GD doğrultusu boyunca 6 km. uzunluğunda 1,5 km. genişliğindeki bir alanda yayılım göstermektedir. Birim, Afyon Metamorfileri ile aynı yaştaadır (Güleç, 1972).



Şekil 3. Afyonkarahisar-İscehisar yöresinde mermerlerin dikey stratigrafik kesiti ve ticari olarak adlandırılması (Sümer vd,1997).



Şekil 4. Üçkar mermer ocağına ait İR: 73072 ruhsat numaralı sahanın jeoloji haritası.

Afyonkarahisar İscehisar mermerleri, mineralojik bileşimlerine göre değişik renk ve desen sergilemektedir. Birim A (Afyon Kaplan Postu, Afyon Gri) mermer istifinin tabanında yer alır. AKP gri renktedir, iri beyaz renkli kalsit mercekleri mermere desen kazandırmıştır. Birim B (Afyon Bal, Afyon Beyaz ve Afyon Kaymak) ince taneli kalsit kristallerinden oluşurlar (Şekil 3, Şekil 4) Orta seviyeyi karakterize eden bu mermerlerde belirgin bir desen gözlenmemektedir. Üst seviyeyi oluşturan Birim C (Afyon Menekşe) ise mor, eflatun renge sahiptir. Mermer oluşumunun son seviyesinde gelişen çatlaklar ise daha sonra sarı demir oksit ve beyaz kalsit damarlarıyla dolmuş ve bazı mermer türleri desenli bir görünüm kazanmıştır (Sümer vd., 1997).

2.2 İşletme Yöntemi

İnceleme alanında mermer üretimi; sahanın genelinde hâkim olan ana süreksizliklere göre açık ocak üretim yöntemlerinden elmas tel ile kesme yöntemiyle basamaklar halinde yapılmaktadır. Elmas tel kesme makinası 60 HP gücünde elektrikli bir motora sahip olup 80 cm çaplı kasmağı 1200 dev/ dk döndürebilmektedir. Kesimlerde kullanılan elmas tel ise 32 m uzunluklu olup her metrede 33 adet sinterize elmas boncuk, 3 adette bir sıkma atılarak hazırlanmıştır.

Sahada genel üretim yönü K30D, basamak doğrultusu ise K45D şeklindedir. Süreksizlik yönelimlerinin belirgin olduğu zonlarda üretim, süreksizlik düzlemlerine göre yapılmakta ve düzlemler boyunca zaman zaman kesme yapılmadan bloklar ayrılabilir. Bu yüzden daha hızlı çalışılabilir. Alt basamaklara doğru mermerleşme Afyon Gri den Afyon Kaplan Postuna geçmektedir. Ana hatlarıyla üretim dört aşamada gerçekleştirilir (Yüksel, 2010);

Planlama ve Hazırlık: Bu aşamada kesilecek kütlenin boyutu ana süreksizliklere göre belirlenir. Daha az kesim işlemi yapılması amacıyla ana süreksizliğin geçtiği doğrultuya yakın blok boyutu tespiti yapılır ve kesimi planlanan kütlenin etrafı temizlenir.

Delme: Kesilecek kütlede blok boyutu tespiti yapıldıktan sonra kesimde kullanılacak elmas telin aynadan kesilecek kütlenin sınırlarından geçmesi amacıyla yatay ve düşey delikler açılır. Delme işlemi delik delme makinesi (vagondrill)

ile yapılır. Yatay ve düşey delme işleminde sahadaki süreksizliklerin farklı yönlendirmelerinden dolayı bazı durumlarda olumsuz sonuçlar (yatay ve dikey deliklerin birbirine kavuşmaması gibi) meydana gelebilmektedir.

Elmas Tel Kesme: Aynadan kesilecek kütlelerin sınırlarını belirleyen yatay ve düşey delme işlemlerinden sonra elmas teline bu deliklerden geçirilmesi ve elmas tel kesme makinesine koşulması işlemi yapılır. İlk olarak yatay alt kesim yapılır. Elmas tel kesme makinesi yatay kesim pozisyonuna getirilerek raylar üzerine yerleştirilir ve elmas tel makinesine yük verilerek geriye doğru hareket etmesi sağlanır. Makinenin geriye doğru hareket etmesi ve elmas teline kesme işlemini yapmasından dolayı kesim ilerledikçe makine durdurulur ve elmas tel kısaltılır. Bu işlem kesim bitinceye kadar tekrarlanır. Yatay kesim işleminden sonra düşey kesimler yapılır. Düşey kesim işleminde de yatay kesimdeki gibi makine geriye doğru hareket ettiğinde aynı işlemler bu kesimde de uygulanır. Süreksizlik yapısına göre düşey kesimlerden bir tanesi yapılmayabilir. Bunun nedeni kesimi planlanan kütlelerin sınırlarının bir yanının ana süreksizliğe dayanmasıdır. Yatay ve düşey kesimi gerçekleştiren kütlelerin ana süreksizliğin dayandığı sınırdan çökmesi sağlanır. Ana süreksizlik boşluğu hidrolik ayırıcıların boyutlarının sığabileceği kadar boşaltılır ve kesilen kütle ana kütlede ayrılır.

Blok Ebatlama: Ana kütlede ayrılan kesilmiş kütlelerin ticari blok boyutuna getirilmesi için küçük elmas tel kesme makineleri olarak da adlandırılan sayalama makineleri ile dilimlendirme işlemine tabi tutulur. Sayalama makineleriyle ticari blok üretimi yapılırken diğer süreksizlik düzlemleri (çatlak, eklem, yataklanma düzlemleri vb.) göz önüne alınır ve üretilen ticari bloklar seleksiyonu yapıldıktan sonra stok sahasına taşınır.

3. YÖNTEM VE BULGULAR

İnceleme beş ana bölüme ayrılmıştır. İlk olarak çalışma sırasında takip edilen aşamalar; bölge jeolojisinin araştırılması, laboratuvar çalışmaları, üretim aşamalarının incelenmesi, tektonik yapının belirlenmesi ve bulguların değerlendirilmesi şeklinde sıralanabilir.

3.1 Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma kapsamındaki test ve deneylerin çoğunluğu Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır. İncelenen malzemenin özelliklerini tayin etmek üzere, TS 699 standardına göre birim hacim ağırlık, hacimce ve ağırlıkça su emme, görünür porozite, doluluk oranı, gerçek porozite ve sürtünme sonucu aşınma kaybı (böhme), TS EN 1936 standardına göre özgül ağırlık (yoğunluk), TS EN 12407 standardına göre mineralojik ve petrografik inceleme, TS EN 1926 standardına göre tek eksenli basınç dayanımı, TS EN 14579 standardına göre tek eksenli yük altında eğilme dayanımı ve TS EN 14205 standardına göre de SHIMADZU marka HMV Micro Hardnes Tester cihazıyla knoop sertliği tayini deneyleri yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda elde edilen veriler Çizelge 2 de verilmiştir.

Veriler incelendiğinde AKP ve AG mermerlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından birbirine benzer malzemeler olduğu söylenebilir. Ancak aşınma dayanımlarında belirgin bir farklılık görülmektedir.

Çizelge 2. AKP ve AG Numunelerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

	AKP	AG
Görünür porozite (%)	0,3878	0,3629
Doluluk oranı (%)	99,74	99,78
Gerçek porozite (%)	0,2573	0,2189
Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)	2,79	2,68
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	2,797	2,694
Su emme (Ağırlıkça) (%)	0,139	0,135
Su emme (Hacimce) (%)	0,325	0,363
Knoop sertliği	132 HK- 3	123 HK- 3
Mohs sertliği		
Yüzey sertliği	42	40
Basınç dayanımı (MPa)	103,917	96,991
Eğilme dayanımı (MPa)	15,48	16,85
Aşınma oranı (cm ³ /50cm ²)	34,1	48,1

Mineralojik ve petrografik incelemeler, 3'er adet ince kesit üzerinde Nikon marka LV100POL model polarizan mikroskop cihazıyla gerçekleştirilmiştir.

AKP mermerinin polarizan mikroskoptaki incelemesine göre, gronoblastik dokulu kalsit

minerallerinden oluştuğu görülmüştür. Kristallerin mozaik dokulu rombedral dilinimli ve bol ikizli oldukları gözlenmiştir. Örneklerde, kalsit minerallerinden başka muskovit mineralinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca mineralojik bileşiminde nadiren demir minerali olan hematite rastlanmıştır (Şekil 5).

AG mermerinin polarizan mikroskoptaki incelemesine göre de, kalsit minerallerinden oluştuğu, kalsit minerallerinin mozaik dokulu, kristal kenar sınırlarının ve rombohedral dilinim izlerinin belirgin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6).

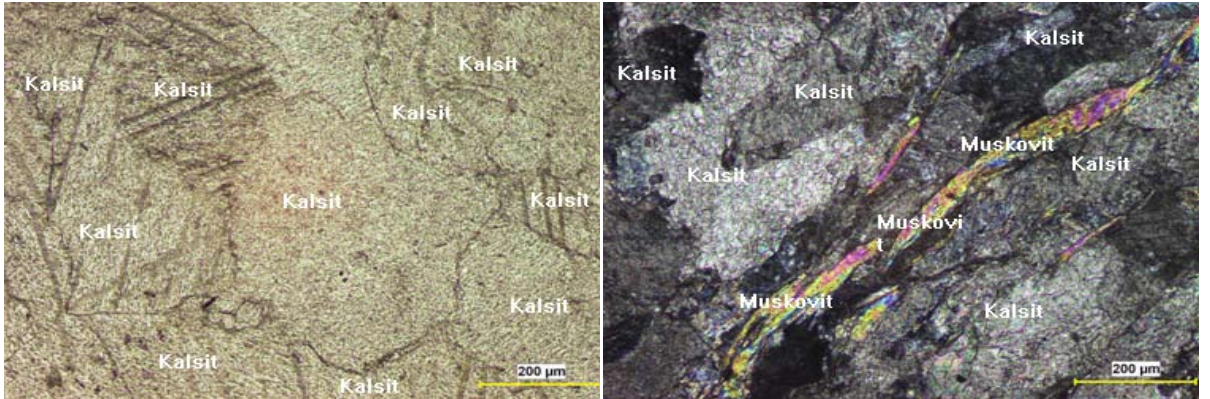
İki türün arasındaki fark AKP mermerinde muskovit ve nadiren hematit görülmesidir.

AKP ve AG mermerlerinin içerdiği kalsit mineralleri tane boyut analizi yapılmıştır. AKP mermerinde kalsit minerallerinin tane boylarının

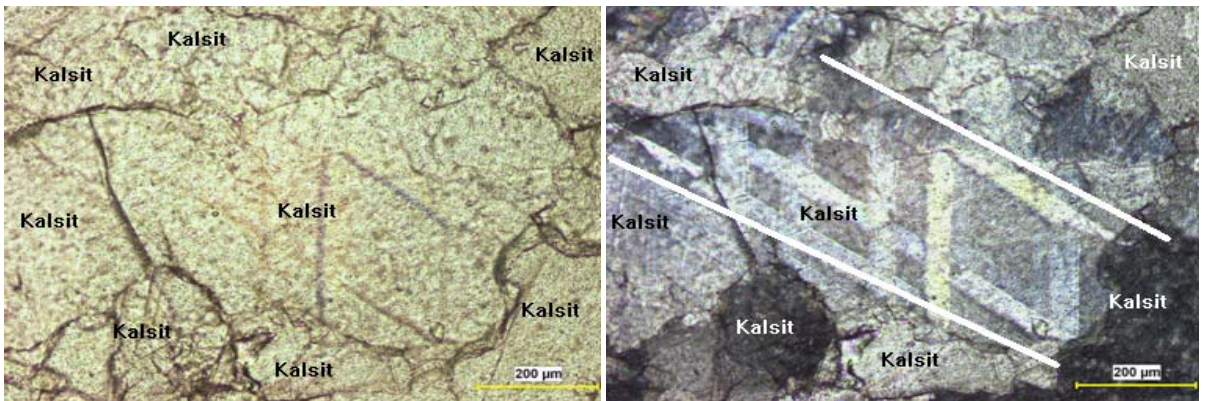
25,3-875,1 µm arasında değiştiği ve ortalama tane boyutunun 222,2 µm, AG mermerinde ise 120,4-1149,6 µm arasında değiştiği ve ortalama tane boyutunun 477,9 µm olduğu görülmüştür. Örneklere ait tane boyut dağılımları Şekil 7 ve Şekil 8 de verilmiştir.

Kimyasal özelliklerin belirlenmesi amacıyla Çanakkale Seramik fabrikası laboratuvarlarındaki Rigaku marka sys 3270 model XRF cihazı kullanılmıştır. Analiz her bir numuneden 3'er takım olmak üzere toplam 6 kez yapılmış ve bu ölçümlerin ortalamaları değerlendirilmiştir. Numunelerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

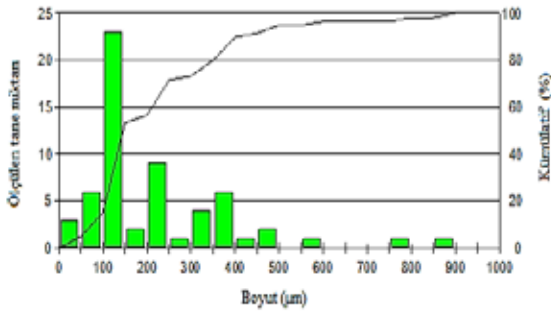
XRF sonuçlarına göre her iki mermer çeşidinin kimyasal içerik bakımından benzer olduğu söylenebilir.



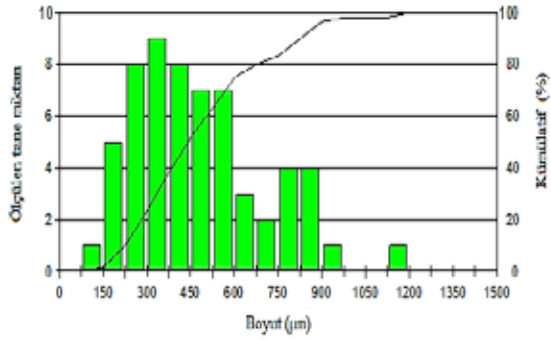
Şekil 5. AKP numunelerin polarizan mikroskopta görünüşü.



Şekil 6. AG numunelerin polarizan mikroskopta görünüşü.



Şekil 7. AKP Kalsit minerali tane boyut dağılımı.



Şekil 8. AG Kalsit minerali tane boyut dağılımı.

Çizelge 3. AKP ve AG Mermerlerinin Kimyasal İçeriği

%	AKP	AG
SiO ₂	0,17	0,14
Al ₂ O ₃	0,03	0,043
TiO ₂	0,02	0,013
Fe ₂ O ₃	0,11	0,08
CaO	55,75	57,7
MgO	0,03	0,03
Na ₂ O	0,02	0,013
K ₂ O	0,08	0,036
K.K	44,19	42,27

3.2 Üretim Aşamalarının İncelenmesi

İnceleme sahasında farklı bölgelerdeki mermer üretimi sonucunda elde edilen blok verimini ve elmas tel kesme rejimini belirlemek amacıyla belirli zaman aralıklarında her basamak için 15'er kesim periyodundan oluşan bir çalışma gerçekleştirilmiştir. İncelemeye, planlama aşamasından, blokların stok alanına taşınması ve mermer işleme tesislerine gönderilmek

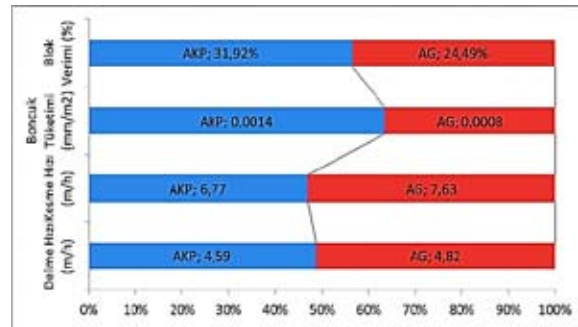
için kamyonlara yüklenmesine kadar devam edilmiştir. Çalışma sırasında seçilen ölçüm noktaları aşağıda sıralanmıştır.

- Kesimlerin yapıldığı basamaklardaki süreksizliklerin belirlenmesi,
- Her kesim için açılan deliklerin boyları, delme zamanı ve tij devirleri
- Elmas tel kesim alanı, hızı, tel uzunluğu, tel gerdirme amperajı ve boncuk aşınmaları
- Kesilen kütle ana kayaktan ayrılması, dilimlenmesi, blokların düzeltilmesi (sayalama) ve blok veriminin hesaplanması

Çalışma ile ilgili süreçler ve zaman periyotları Ek 1 de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre AKP ve AG basamaklarındaki işlem sürelerinin birbirlerine yakın olduğu ve zamanın çoğunun kesme ve delme işlemleri için harcandığı görülmektedir.

Delme, kesme, boncuk tüketimi ve elde edilen blok verimi ile ilgili veriler de Ek 2 de verilmiştir. Veriler ışığında AKP basamağında ortalama delme hızı 4,59 m/h, AG basamağında ise 4,82 m/h olarak gerçekleşmiştir. Ortalama kesme hızları ise AKP basamağında 6,77 m²/h, AG basamağında 7,63 m²/h dir. Ortalama boncuk tüketimleri AKP mermerin kesiminde 0,0014 mm/m², AG mermeri kesiminde 0,0008 mm/m² olarak gerçekleşmiştir. Başka bir ifade ile delme ve kesme hızları AG basamağında yükselirken, metrekare bazında boncuk tüketiminde azalma görülmüştür (Şekil 9).

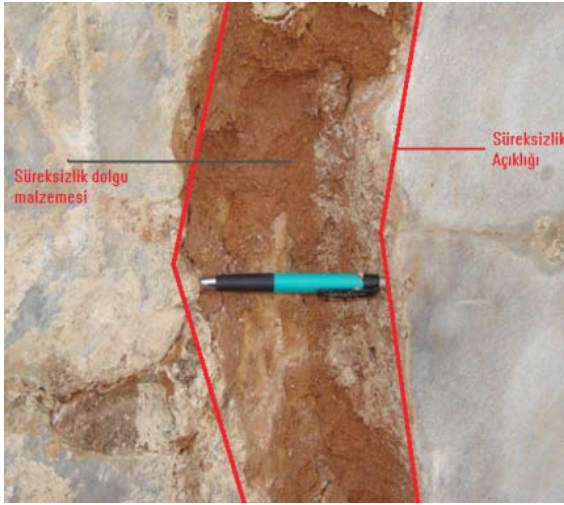
Ocak işletmeciliğinde en önemli faktör blok verimidir. Yapılan incelemede blok verimi AKP basamağında daha yüksek hesaplanmıştır.



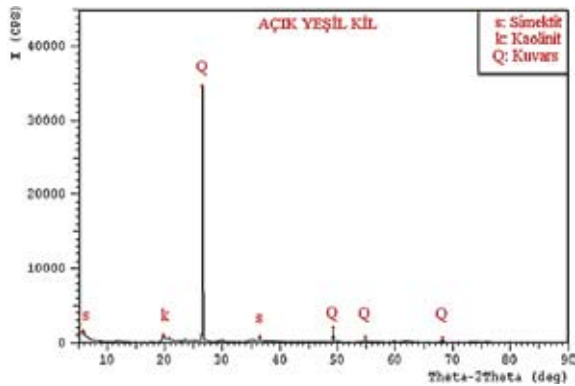
Şekil 9. AKP ve AG üretim verileri.

3.3 Tektonik Yapının Belirlenmesi

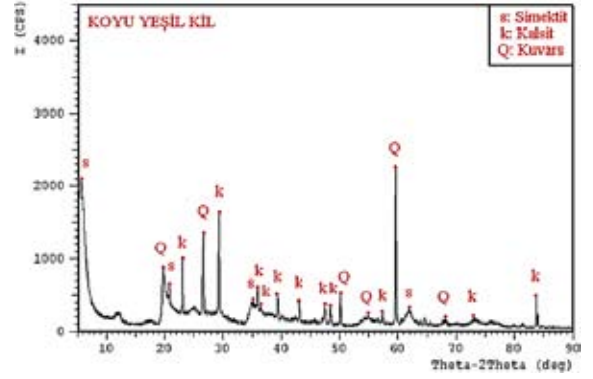
Bölgenin tektonik yapısı, AKP ve AG basamaklarındaki mevcut süreksizlik yapılarının jeolog pusulası ve şerit metre ile ölçülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Ölçümler birer hat boyunca, her bir ana süreksizlik düzlemi istasyon noktası kabul edilerek gerçekleştirilmiş ve her iki basamak için gül diyagramları çizilmiştir. Ayrıca A.K.Ü TUAM laboratuvarlarında, süreksizlik açıklığındaki dolgu malzemesinin, XRD'si yapılmıştır. Şekil 10 da ocak aynasındaki ölçümler sırasında süreksizlik açıklığı ve dolgu maddesi, Şekil 11, 12 ve 13 de, XRD grafikleri, Ek 3 ve Ek 4 te de süreksizlik doğrultu ve eğimleri verilmiştir.



Şekil 10. Ocak aynasında süreksizlik açıklığı ve dolgu malzemesi görünümü.

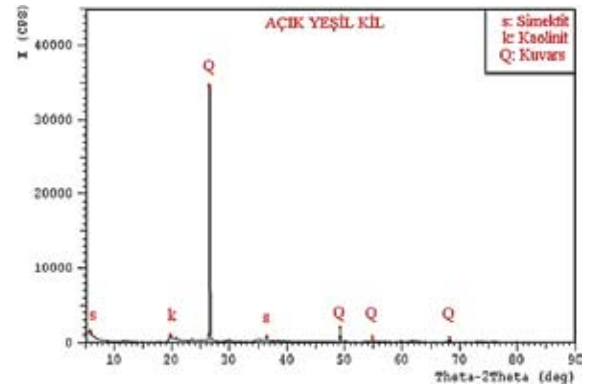


Şekil 11. AKP mermerinin süreksizliklerinde bulunan dolgu maddesinin XRD grafiği.



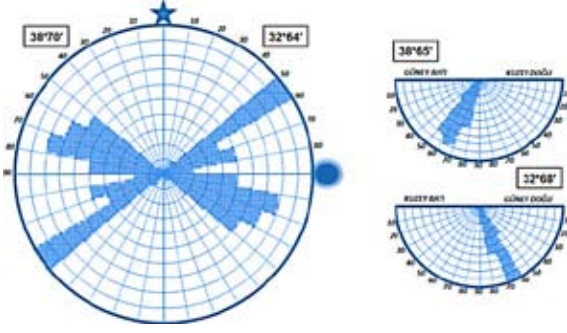
Şekil 12. AKP mermerinin süreksizliklerinde bulunan dolgu maddesinin XRD grafiği.

AKP basamağında süreksizlik açıklıklarının 1-3 mm arasında değiştiği ve süreksizlik dolgu maddesinin kil, kil+toprak ve topraktan oluştuğu belirlenmiştir. Dolgu maddesine ait XRD verileri dolgunun yapısında yüksek miktarda kuvars, kalsit ve simektit minerallerinin olduğunu göstermektedir.



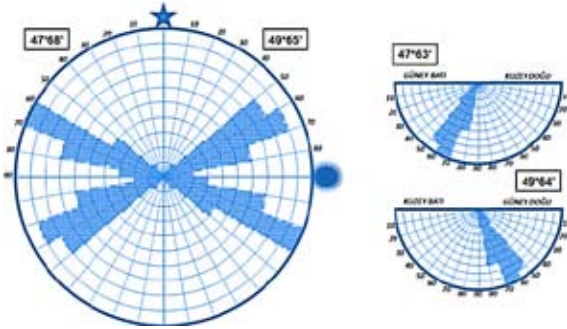
Şekil 13. AG mermerinin süreksizliklerinde bulunan dolgu maddesinin XRD grafiği.

Bu basamakta yapılan ölçümlerde 70 adet süreksizlik (eklem, çatlak vb) tespit edilmiştir. Süreksizliklerden elde edilen gül diyagramlarına göre AKP mermerinin üretildiği basamakta K50-60D ve K50-80B konumlu olmak üzere iki yönlü süreksizlik doğrultusu, bu süreksizliklerin eğimlerinin sırasıyla 60-70GD ve 50-80GB olduğu tespit edilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. AKP basamağı süreksizlik doğrultu ve eğimleri.

AG mermerinin üretildiği basamakta yapılan incelemede 96 adet süreksizlik (eklem, çatlak vb) ve süreksizlik açıklıklarının ise 1,5-4 mm arasında değiştiği belirlenmiştir. Süreksizliklerden elde edilen gül diyagramlarına göre AG mermerinin üretildiği basamakta K50-60D ve K60-70B konumlu olmak üzere iki yönlü süreksizlik doğrultusu, bu süreksizliklerin eğimlerinin sırasıyla 50-70GD ve 50-70GB olduğu tespit edilmiştir (Şekil 15). Ayrıca süreksizlik açıklıklarındaki dolgu maddesinin analizinde az miktarda kaolinit, kuvars, simektit ve kalsit minerallerine rastlanmıştır.



Şekil 15. AG basamağı süreksizlik doğrultu ve eğimleri.

Bununla birlikte basamaklarda her bir kesim için süreksizlik aralıkları hesaplanmış, ortalama süreksizlik aralığının AKP basamağında 1,15 m, AG basamağında 0,89 m olduğu görülmüştür (Ek 3, Ek 4).

4 BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SONUÇ

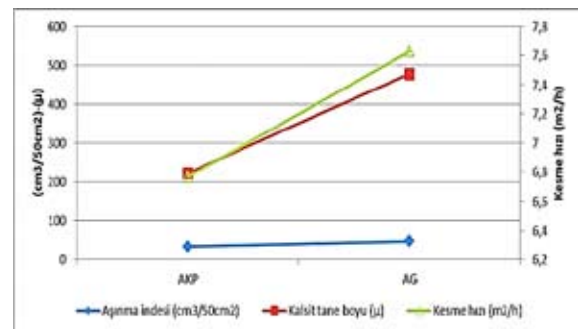
AKP ve AG mermerlerinin kimyasal, mineralojik ve fiziko mekanik özelliklerine göre benzer oldukları, farklılığın kuvars içeriği, kalsit tane

boyu ve aşınma oranı olduğu anlaşılmıştır. Üretim yapılan basamaklar arasındaki farklılık ise, süreksizlik aralıkları, süreksizlik dolgu maddesi ve özellikleridir (Çizelge 4).

Çizelge 4. AKP ve AG Basamaklarındaki Farklılıklar

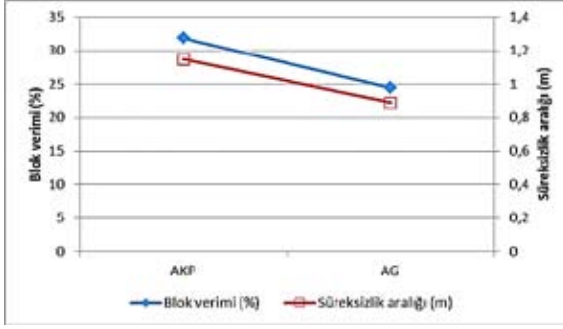
	AKP	AG
Süreksizlik dolgusu	Kil+toprak ve yüksek miktarda kuvars, kalsit, simektit	Kil+toprak ve az miktarda kuvars, kaolinit, kalsit, simektit
Süreksizlik aralığı (m)	1,15	0,89
Delme hızı (m/h)	4,59	4,82
Kesme hızı (m ² /h)	6,77	7,63
Boncuk tüketimi (mm/m ² boncuk)	0,0014	0,0008
Blok verimi (%)	31,92	24,49
Aşınma oranı (cm ³ /50cm ²)	34,1	48,1
Kalsit tane boyu (μ)	222,2	477,9

Her iki malzemenin aşınma oranlarının (AKP:34.1, AG:48.1), mineral içeriklerinin (AKP de muskovit varlığı) ve kalsit tane boylarının (AKP:222.2, AG:477,9) farklılığı elmas tel kesme verimliliğine etki eden unsurlardır (Şekil 16).



Şekil 16. AKP ve AG mermerlerinde kesme hızı, aşınma oranı ve kalsit tane boyu.

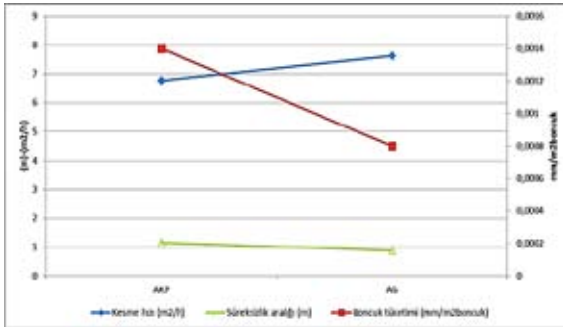
Bununla birlikte süreksizlik aralığı daha büyük olan AKP basamağındaki blok verimi (1,15 m, 31,92%) de AG basamağına (0,89 m, 24,49%) göre daha yüksek gerçekleşmiştir (Şekil 17). Süreksizliklerin azalmasıyla blok veriminin artacağı beklenen bir sonuçtur.



Şekil 17. AKP ve AG basamaklarında ortalama süreksizlik aralığı ve blok verimi.

Bunların dışında performansa etki eden esas unsurun süreksizliklerin aralığı ve süreksizlik dolgu maddesinin özellikleri olduğu fikri öne çıkmaktadır.

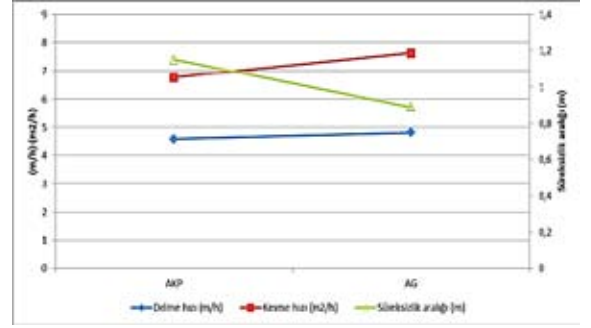
AKP basamağındaki süreksizliklerde görülen yüksek miktardaki kuvars, kesme sırasında germe amperajının en çok 34 ampere çıkarılabildiğine neden olmuş (AKP: 30-34, AG: 34-38 amper), dolayısıyla kesme hızını düşürmüştür, elmas boncuklardaki aşınmayı artırarak boncuk tüketiminin de artmasına neden olmuştur. Boncuk tüketimi ve süreksizlik aralığı incelendiğinde ise AKP basamağında süreksizlik aralıkları daha geniş olmasına rağmen boncuk aşınmasının da daha yüksek olduğu görülmektedir. Burada gerek hız gerekse aşınmada birincil etkenin süreksizlik dolgu maddesinin özellikleri, yani yüksek kuvars içeriği olduğu düşünülmektedir (Şekil 18).



Şekil 18. AKP ve AG basamaklarında kesme hızı, süreksizlik aralığı ve boncuk tüketimi.

Delme işlemi sırasında yapılan ölçümler sonucunda, AKP (4,59 m/h) ve AG (4,82 m/h) birimlerindeki delme hızlarında daha az farklılık görülmüştür. Delme işleminde 90 cm çapında bir alanın parçalanarak yerinden alınması söz konusu olup süreksizlikler kısa bir süre içerisinde geçilebilmektedir. Tel kesmede ise

süreksizlik açıklığındaki dolgu malzemesi kesme alanına yayılabilmekte ve kesim yapılan alanın büyük bir bölümünü etkileyebilmektedir. Dolayısıyla süreksizlik dolgu maddesinin delme performansına etkisi, kesme işlemindeki kadar olamamıştır (Şekil 19).



Şekil 19. AKP ve AG basamaklarında ortalama süreksizlik aralığı, delme hızı ve kesme hızı.

Sonuç olarak elmas tel kesme işleminde, malzemenin fiziksel, mekanik ve mineralojik özelliklerinin etkileri yanı sıra süreksizlik dolgu maddesinin ve özelliklerinin de önemli rol aldığı söylenebilir. Dolayısıyla, üretimde elmas boncuk seçiminde ve makinanın kesme parametrelerinin belirlenmesinde, süreksizlik düzlemlerine yerleşen dolgu maddesinin özelliklerinin araştırılması, buna uygun malzeme ve çalışma parametrelerinin belirlenmesi, optimum üretimin sağlanabilmesi açısından önemlidir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, İR: 73072 ruhsat numaralı Uçkar mermer ocağı yetkililerine ve çalışanlarına teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Berry, P., 1989; Optimum Use of Diamond Wire Equipment in Stone Quarrying, 21st International Symposium 1986-Application of Computers and Operations Research, Las Vegas, 351-365
- Biasco, G., 1993; Diamond Wire for Quarrying Hard Rocks, Industrial Diamond Review, 5, 252-255.
- Demirdağ, S., 2001; Mermer İşletmeciliğinde Elmas Telle Kesim Performansının Araştırılması,

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72 s.

Ersoy, H. T., 1991; Lâdik (Konya) Mermerlerinin Jeomekanik Özellikleri ve İşletmeciliği, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98 s.

Ersoy, M., Yeşilkaya, L., Dinçer, A. L., 2010; Mermer Ocak İşletmeciliğinde Yeraltı Üretim Tekniği Ve Avantajları, Mersem'7 Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi, 14-15 Ekim, Afyonkarahisar, 215-234.

Güleç, K., 1972; Afyon - İncehisar Mermerlerinin Jeolojik Yapısı ve Mühendislik Özellikleri, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Jain, S.C., Rathore, S.S., 2009; Role of Cut Size Area on the Performance of Diamond Wire Saw Machine in Quarrying of Marble, International Journal of Mining, Reclamation and Environment, **23(2)**, 79-91.

Kekeç, N., 2001; Tel Kesme Makinelerinde Elmaslı Tellerde Kesme Performansının Belirlenmesi Üzerine Bir İnceleme, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 123 s.

Mancini, R., Cardu, M., Fomaro, M., Lovera, E., 2001; Technological and Economic Evolution of Diamond Wire Use in Granite or Similar Stone Quarries, 17th International Mining Congress and Exhibition of Turkey- IMCET2001, 543-548.

Özçelik, Y., Bayram, F., 2006; Model Elmas Telli Kesme Makinesinin Oluşturulması, Mersem'2006-Türkiye V. Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 241-250.

Özçelik, Y., Bayram, F., Yaşıtılı, N. E., Yılmazkaya, E., Kanbir, E. S., Hanecioğlu, B., Bektaşoğlu İ., Ergül, A., Gürsel, M., 2006; Elmas Telli Kesmede Kasnak Devir Hızının Kesme Performansına Etkisinin İncelenmesi, Mersem'2006-Türkiye V. Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 219-228.

Özçelik, Y., 2003; Multivariate Statistical Analysis of the Wearing on Diamond Beads in the Cutting of Andesitik Rocks, Key Engineering Materials Vol 250, 118-130.

Özçelik, Y., Kulaksız, S., Çetin, M. C., 2002; Assesment of the Wear of Diamond Beads in the Cutting of Different Rock Types by the Ridge Regression, Journal of Materials Processing Technology, 127, 392-400.

Palmström, A., 1995; RMI – a rock mass characterization system for rock engineering purposes. Doktora Tezi, Oslo Uni., Norveç.

Polat, E., 2002; Mermerlerin Elmas Tel ile Kesiminde Dokusal Özelliklerin Etkisinin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 110 s.

Sümer, E., Tolluoğlu A.Ü., Erkan, Y., 1997; Mermer Üretiminde Jeolojik Verilerin Önemi ve Afyon-İncehisar Mermerlerinde Üç Boyutlu Modelleme, Türkiye II. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, 35-43.

Tonçer, M., 2005; Diyarbakır Hani Yöresindeki Mermer Ocaklarının Blok Alma Olanakları, Fiziksel, Kimyasal Ve Mekanik Özellikleri Açısından Değerlendirilmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 136 s.

TS 699 Doğal Yapı Taşları İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri.

TS EN 12407 Doğal Taşlar Deney Metotları, Petrografik İnceleme.

TS EN 14205 Doğal Taş Deney Metotları, Knoop Sertliğinin Tayini.

TS EN 14579 Doğal Taşlar Deney Metotları, Tek Eksenli Yük Altında Eğilme Dayanım Tayini.

TS EN 1926 Doğal Taşlar Deney Metotları, Basınç Dayanımı Tayini.

TS EN 1936 Doğal Taşlar Deney Metotları, Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik.

Turanboy, A., 2003; Süreksizliklerle Sınırlandırılmış Kaya Bloklarının Üç Boyutlu Gösterimi ve Dağılımları, Mersem'2003, Türkiye IV Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 291-292.

Urhan, E., Şişman A. N., 1993; Blok Mermer Üretiminde Elmaslı Tel Kesme Kullanımı, Uygulaması ve Kesme Veriminin Optimizasyonu, Madencilik, **32(3-4)**, 23-30.

Yavuz, B. A., 2003; Mermer Ocaklarında Blok Mermer Üretimini Etkileyen Jeolojik Parametreler, Mermer Meslekiçi Eğitim Semineri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No: 74, 13-19 Ocak, Ankara, 52-64.

Yüksel, Z., 2010; İncehisar Aktaşören Mevkii Mermer Ocağında Sahanın Jeolojik Özelliklerinin Elmas Tel Kesme Performansına Etkisi, Afyon Kocatepe Üniv. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi.

Ek 1. Üretim Süreçleri ve Harcanan Zaman

SÜREÇLER	ALT SÜREÇLER	AKP	AG	AKP%	AG%
DELME DÜŞEY	Çalışma alanının temizlenmesi	18,53	23,07	0,83%	1,05%
	Delici makinanın taşınması	12,80	12,53	0,57%	0,57%
	Delici makinanın kurulması	23,93	24,73	1,07%	1,12%
	Delme İşlemi	102,13	104,60	4,56%	4,74%
	Delicinin faaliyet sonu sökülmesi	39,40	42,00	1,76%	1,90%
	Delicinin taşınması (yerdeğiştirilmesi)	10,60	13,00	0,47%	0,59%
DELME YATAY (Aynaya dik)	Delici makinanın kurulması	20,60	20,13	0,92%	0,91%
	Delme İşlemi	55,27	57,67	2,47%	2,61%
	Delicinin faaliyet sonu sökülmesi	23,00	24,60	1,03%	1,11%
	Delicinin taşınması (yerdeğiştirilmesi)	11,47	12,20	0,51%	0,55%
DELME YATAY (Aynaya paralel)	Delici makinanın kurulması	22,07	22,73	0,98%	1,03%
	Delme İşlemi	63,47	65,93	2,83%	2,99%
	Delicinin faaliyet sonu sökülmesi	27,80	24,60	1,24%	1,11%
KESME YATAY	Delicinin taşınması	11,07	12,27	0,49%	0,56%
	Elmas telin hazırlanması	0,00	0,00	0,00%	0,00%
	Rayların ve telin taşınması	10,87	11,47	0,49%	0,52%
	Rayların döşenmesi	8,93	8,47	0,40%	0,38%
	Makinanın taşınması ve yerleştirilmesi	13,40	16,67	0,60%	0,76%
	Su ve enerji tesisatının kurulması	8,33	6,33	0,37%	0,29%
	Telin deliklerden geçirilmesi, burulması, eklenmesi	21,40	23,07	0,96%	1,05%
	Yön makaralarının yerleştirilmesi	0,00	0,00	0,00%	0,00%
	Ön yükleme1	3,73	3,67	0,17%	0,17%
	Normal kesim1	86,93	82,00	3,88%	3,72%
	Duraklama1	14,00	12,73	0,62%	0,58%
	Ön yükleme2	2,20	1,86	0,10%	0,08%
	Normal kesim2	84,33	84,87	3,76%	3,85%
	Duraklama2	14,36	14,17	0,64%	0,64%
	Ön yükleme3	2,50	1,70	0,11%	0,08%
	Normal kesim3	85,36	78,83	3,81%	3,57%
	Kesimin sonlandırılması ve telin kayaçtan çıkarılması	5,67	6,93	0,25%	0,31%
	Su ve enerji tesisatının sökülmesi	5,00	6,13	0,22%	0,28%
	Makinanın sökülmesi ve taşınması	13,80	13,67	0,62%	0,62%
	Rayların sökülmesi ve taşınması	6,07	6,47	0,27%	0,29%
KESME DÜŞEY (Aynaya dik-Profil)	Elmas telin hazırlanması	0,00	0,00	0,00%	0,00%
	Rayların ve telin taşınması	9,21	12,07	0,41%	0,55%
	Rayların döşenmesi	6,07	8,73	0,27%	0,40%
	Makinanın taşınması ve yerleştirilmesi	12,86	16,40	0,57%	0,74%
	Su ve enerji tesisatının kurulması	6,43	6,53	0,29%	0,30%
	Telin deliklerden geçirilmesi, burulması, eklenmesi	24,07	24,40	1,07%	1,11%
	Yön makaralarının yerleştirilmesi	0,00	0,00	0,00%	0,00%
	Ön yükleme1	4,29	3,53	0,19%	0,16%
	Normal kesim1	98,21	98,20	4,38%	4,45%
	Duraklama1	14,57	14,67	0,65%	0,66%
	Ön yükleme2	2,54	2,27	0,11%	0,10%
	Normal kesim2	96,36	104,27	4,30%	4,72%
	Duraklama2	14,29	14,73	0,64%	0,67%
	Ön yükleme3	2,33	1,92	0,10%	0,09%
	Normal kesim3	96,14	101,60	4,29%	4,60%
	Kesimin sonlandırılması ve telin kayaçtan çıkarılması	6,36	7,20	0,28%	0,33%
	Su ve enerji tesisatının sökülmesi	4,64	5,53	0,21%	0,25%
	Makinanın sökülmesi ve taşınması	12,93	13,60	0,58%	0,62%
	Rayların sökülmesi ve taşınması	5,93	6,27	0,26%	0,28%

	Elmas telin hazırlanması	0,00	0,00	0,00%	0,00%
	Rayların ve telin taşınması	10,42	12,43	0,47%	0,56%
	Rayların döşenmesi	8,50	7,50	0,38%	0,34%
	Makinanın taşınması ve yerleştirilmesi	14,50	14,43	0,65%	0,65%
	Su ve enerji tesisatının kurulması	6,00	6,21	0,27%	0,28%
	Telin deliklerden geçirilmesi, burulması, eklenmesi	25,42	23,71	1,13%	1,07%
	Yön makaralarının yerleştirilmesi	0,00	0,00	0,00%	0,00%
	Ön yükleme1	4,17	3,64	0,19%	0,16%
KESME DÜŞEY (Aynaya paralel-arka)	Normal kesim1	117,17	105,36	5,23%	4,77%
	Duraklama1	17,25	14,29	0,77%	0,65%
	Ön yükleme2	2,73	2,00	0,12%	0,09%
	Normal kesim2	116,75	118,29	5,21%	5,36%
	Duraklama2	17,50	15,86	0,78%	0,72%
	Ön yükleme3	2,00	1,58	0,09%	0,07%
	Normal kesim3	113,50	120,29	5,07%	5,45%
	Kesimin sonlandırılması ve telin kayıktan çıkarılması	6,75	6,29	0,30%	0,29%
	Su ve enerji tesisatının sökülmesi	5,75	4,93	0,26%	0,22%
	Makinanın sökülmesi ve taşınması	13,33	13,14	0,59%	0,60%
Rayların sökülmesi ve taşınması	6,00	6,29	0,27%	0,29%	
KÜTLENİN ÖTELENMESİ	Ayırıcının hazırlanması	18,47	19,73	0,82%	0,89%
	Bom yerlerinin açılması	40,87	39,13	1,82%	1,77%
	Yastığın yerleştirilmesi	0,00	0,00	0,00%	0,00%
	Blok önüne pasa dökümü	18,87	17,80	0,84%	0,81%
	Öteleme ve dolgu	15,33	16,67	0,68%	0,76%
	Devrilme	46,20	49,33	2,06%	2,24%
	Malzemenin toplanıp taşınması	15,40	13,20	0,69%	0,60%
KÜTLENİN DÜZELTİLMESİ (Dilimleme)	Kesme makinasının hazırlanması	13,67	13,20	0,61%	0,60%
	Yüzey kesimi	68,87	55,60	3,07%	2,52%
	Çevirme-Devirme	34,40	17,60	1,54%	0,80%
	Kesme makinasının toplanması	12,00	11,33	0,54%	0,51%
BLOK TAŞINMASI	Ocak stok alanına	10,87	16,33	0,49%	0,74%
BLOKLARIN DÜZELTİLMESİ (Sayalama)	Sayalama makinasının hazırlanması	11,40	12,40	0,51%	0,56%
	Yüzey kesimi	141,80	110,53	6,33%	5,01%
	Çevirme-Devirme	20,13	27,20	0,90%	1,23%
	Sayalama makinasının toplanması	10,93	11,20	0,49%	0,51%
YÜKLEME	Taşıyıcı araca	27,53	18,48	1,23%	0,84%
TOPLAM SÜRE	TOPLAM	2240,73	2206,99	1	1

Ek 2. İnceleme Alanı Delme, Kesme, Boncuk Tüketimi, Blok Verimi ve Süreksizlik Verileri

Blok No	DELME					KESME					BONCUK TÜKETİMİ					BLOK VERİMİ					SÜREKSİZLİK		
	Tij Devri (dvd/dk)	Uzunluk (m)	Süre (dk)	Ort. Delme Hızı (m/h)	Germe (Amper)	Kesilen Alan (m ²)	Süre (dk)	Ort. Kesme Hızı (m ² /h)	Çap (d.) (10.84 mm)	Aşınma (mm/boncuk)	Ort. Aşınma (mm/m ² boncuk)	Kesilen Hacim (m ³)	Blok (m ³)	Blok Verimi	Ort. Blok Verimi (%)	Ort. Blok Verimi (%)	Ort. Aralık (m)	Dogru					
AKP1	19	17	245		32	92	913		10,48	0,36		160	50,7	31,69%									
AKP2	20	24	293		34	191	1789		10,36	0,12		504	125,55	24,91%									
AKP3	22	17	245		32	92	820		10,28	0,08		160	56,55	35,34%									
AKP4	20	16	248		31	83	780		10,16	0,12		140	52	37,14%									
AKP5	19	14	253		32	61	594		10,1	0,06		84	35,06	41,74%									
AKP6	21	16	174		31	48	408		10,08	0,02		140	47,6	34,00%									
AKP7	19	14,5	161		32	42	388		10,06	0,02		98	33,72	34,41%									
AKP8	21	15	165	4,59	32	72	605	1327/11768*60	6,77	1327/11,82		112	38,08	34,00%	801,24/2735*100	31,92%	80,5/70	1,15					
AKP9	22	16	187		30	83	686		9,98	0,04		140	43,68	31,20%									
AKP10	20	20	271		31	133	1075		9,2	0,78		294	70,56	24,00%									
AKP11	20	23	321		30	175	1336		9,16	0,04		441	98,78	22,40%									
AKP12	24	13	152		33	30	308		9,14	0,02		63	17,47	27,73%									
AKP13	22	14	180		34	61	600		9,12	0,02		84	30,53	36,35%									
AKP14	21	17	230		31	70	580		9,1	0,02		147	43,84	29,82%									
AKP15	24	17	188		32	94	906		9,02	0,08		168	57,12	34,00%									
TOPLAM			3313			1327	11768		1,82			2735	801,24										
AG1	23	18	195		37	104	788		10,74	0,1		192	41,85	21,80%									
AG2	23	15,5	198		35	46	400		10,66	0,08		112	26,65	23,79%									
AG3	22	19	223		38	116	928		10,54	0,12		224	59,16	26,41%									
AG4	21	23	260		36	176	1354		10,38	0,16		450	98,28	21,84%									
AG5	23	16	198		36	80	645		10,32	0,06		128	36	28,13%									
AG6	22	19	254		35	118	936		10,27	0,05		240	72	30,00%									
AG7	21	14	239		34	57	452		10,25	0,02		72	19,57	27,18%									
AG8	24	18	240		37	105	798		10,21	0,04		200	36	18,00%	778,95/3378*100	24,49%	85,5/96	0,89					
AG9	23	20	251		34	132	992		10,15	0,06	1634/1,29	288	60,76	21,10%									
AG10	25	15	187		34	68	520		10,12	0,03		96	31,32	32,63%									
AG11	23	24	317		37	192	1458		9,8	0,32		512	99	19,34%									
AG12	23	20	219		37	131	1090		9,74	0,06		280	62	22,14%									
AG13	22	21	264		37	144	1168		9,67	0,07		320	64	20,00%									
AG14	22	16,5	197		34	86	661		9,6	0,07		144	38,61	26,81%									
AG15	23	16	181		36	79	655		9,55	0,05		120	33,75	28,13%									
TOPLAM			3423			1634	12845		1,29			3378	778,95										

Kil+toprak ve az miktarda kuvars, kaolinit, kalsit, simektit

Kil+toprak ve yüksek miktarda kuvars, kalsit, simektit

Ek 3. Afyon Kaplan Postu Basamağı Süreksizlik Ölçümleri

AKP Basamağı Süreksizlik Ölçümleri											
No	Ölçme Noktası (m)	Doğrultu	Eğim	Açıklık (mm)	Dolgu Maddesi	No	Ölçme Noktası (m)	Doğrultu	Eğim	Açıklık (mm)	Dolgu Maddesi
1	0	K53D	70GD	2	Kil	36	34,5	K83B	77GB	100	Kil
2		K76B	55GB	2	Kil	37		K63B	54GB	1,5	Toprak
3		K54D	72GD	2	Kil	38		K57D	66GD	2	Kil+Toprak
4		K58D	63GD	2	Kil	39		K52D	70GD	2	Kil
5	5	K85B	75GB	220	Kil	40		K71D	66GD	2	Kil
6		K54B	55GB	3	Toprak	41	38,5	K71D	68GD	240	Toprak
7		K54D	67GD	3	Toprak	42		K81B	83GB	1	Kil
8		K61B	70GB	3	Toprak	43		K77B	70GB	1	Kil
9		K56B	50GB	3	Toprak	44		K70B	63GB	1	Kil
10	13	K75D	65GD	430	Kil+Toprak	45	42,5	K81D	69GD	160	Kil
11		K64D	55GD	3	Kil+Toprak	46		K60D	72GD	1	Kil
12		K59D	80GD	3	Kil+Toprak	47		K58B	68GB	1	Kil
13		K57B	50GB	2	Kil+Toprak	48		K58D	73GD	1	Kil
14		K54B	72GB	2	Kil+Toprak	49		K50D	57GD	1	Kil
15		K80D	70GD	3	Kil+Toprak	50	49,5	K66B	74GB	490	Kil+Toprak
16		K71B	53GB	3	Kil+Toprak	51		K84B	58GB	1	Toprak
17	18	K80B	70GB	260	Kil	52		K53D	83GD	2	Kil+Toprak
18		K58B	73GB	2	Toprak	53		K73B	64GB	2	Kil+Toprak
19		K61D	50GD	2,5	Toprak	54	58,5	K71B	76GB	550	Kil+Toprak
20		K54B	60GB	2,5	Toprak	55		K57D	74GD	2	Kil
21		K56B	63GB	2,5	Toprak	56		K64D	68GD	3	Kil
22	22	K66D	88GD	130	Toprak	57	62	K80B	70GB	130	Kil
23		K60D	65GD	3	Kil	58		K82B	54GB	2	Kil
24		K65D	58GD	3	Kil	59		K77B	50GB	2	Kil
25		K72B	70GB	3	Kil	60		K75B	63GB	1	Kil
26	26	K72B	82KB	190	Kil	61		K67D	70GD	1,5	Kil
27		K80D	60GD	1,5	Kil	62	65,5	K88B	72GB	160	Kil
28		K64B	56GB	2	Kil	63		K88D	55GD	1,5	Kil
29		K59D	74GD	2	Kil	64		K69B	68GB	2	Kil+Toprak
30		K53D	80GD	2	Kil	65		K79D	76GD	2	Kil+Toprak
31	32,5	K73B	69GB	220	Kil	66	72	K74D	66GD	380	Kil+Toprak
32		K62B	55GB	1	Kil	67		K66B	50GB	1	Kil
33		K70B	55GB	1	Kil	68		K58D	52GD	2	Kil
34		K55D	70GD	2	Kil	69		K82B	70GB	2	Kil
35		K60B	60GB	2	Kil	70	80,5	K63B	80GB	350	Kil+Toprak

Ortalama Süreksizlik Aralığı

80,5/70=1,15 m

Ek 4. Afyon Gri Basamağı Süreksizlik Ölçümleri

AG Basamağı Süreksizlik Ölçümleri											
No	Ölçme Noktası (m)	Doğrultu	Eğim	Açıklık (mm)	Dolgu Maddesi	No	Ölçme Noktası (m)	Doğrultu	Eğim	Açıklık (mm)	Dolgu Maddesi
1	0	K52D	57GB	3	Kil	49		K71D	65GD	3	Kil
2		K71B	61GB	3	Kil	50		K80B	60GB	2	Kil
3		K67B	54GB	3,5	Kil	51	42,5	K54B	76GB	160	Kil+Toprak
4		K61D	62GD	3,5	Kil	52		K82D	50GD	2	Toprak
5		K57B	52GB	3	Kil	53		K54D	60GD	2	Kil+Toprak
6		K53B	58GB	3	Kil	54		K67B	70GB	2	Kil+Toprak
7	6	K72B	68GB	370	Kil	55		K70D	80GD	2	Kil
8		K62B	71GB	3	Kil+Toprak	56		K80D	54GD	3	Toprak
9		K66D	63GD	3	Kil+Toprak	57		K77B	53GB	3	Toprak
10		K68D	73GD	2	Kil+Toprak	58		K54D	61GD	3	Toprak
11		K81B	64GB	2	Kil+Toprak	59		K64D	57GD	3	Kil
12	10	K68D	74GD	140	Kil	60		K67B	50GB	3	Kil
13		K57D	53GD	4	Kil+Toprak	61	48,5	K71D	67GD	220	Kil
14		K53B	47GB	4	Kil+Toprak	62		K69B	75GB	1,5	Kil
15		K68D	64GD	2	Kil	63		K67D	57GD	1,5	Kil
16		K58D	55GD	2	Kil	64	52,5	K87B	74GB	130	Kil
17		K67D	61GD	4	Kil+Toprak	65		K58D	67GD	2	Kil
18		K58D	71GD	4	Kil+Toprak	66		K53B	63GB	2	Kil
19		K63B	62GB	4	Kil+Toprak	67		K56D	74GD	2	Kil
20		K77B	56GB	4	Toprak	68		K61B	60GB	2	Kil
21		K71D	49GD	4	Toprak	69		K63B	51GB	2	Kil
22		K72B	61GB	4	Toprak	70		K67B	56GB	2	Kil
23	17	K85B	75GB	450	Kil+Toprak	71		K73B	59GB	3	Toprak
24		K75B	65GB	3	Kil	72		K56D	54GD	3	Toprak
25		K65D	51GD	3	Kil	73	60,5	K81D	77GD	410	Kil+Toprak
26		K53B	64GB	3	Kil	74		K81D	59GD	1,5	Kil
27		K61D	61GD	3	Kil	75		K57D	67GD	2	Toprak
28		K65B	53GB	3	Kil	76		K73D	50GD	2	Toprak
29		K73B	66GB	3	Kil	77		K63D	81GD	2	Toprak
30		K82B	70GB	3	Kil	78		K79D	53GD	2	Kil
31	24,5	K70B	67GB	300	Kil+Toprak	79		K77B	80GB	2	Kil
32		K63D	72GD	3	Kil	80	67,5	K64B	70GB	270	Kil
33		K57D	62GD	3	Kil	81		K65B	75GB	1,5	Kil
34		K66D	68GD	3	Kil	82		K60D	83GD	2	Kil
35		K76B	63GB	3	Kil	83		K68B	59GB	2	Kil
36		K74B	50GB	3	Kil	84		K71D	60GD	2	Kil
37		K60D	63GD	3	Kil	85		K62B	50GB	3	Toprak
38	28,5	K66B	78GB	180	Kil	86		K50D	70GD	3	Toprak
39		K61D	54GD	3	Kil	87	75,5	K54B	69GB	470	Kil+Toprak
40		K68B	51GB	4	Kil	88		K57D	60GD	2	Kil
41		K60D	71GD	4	Kil	89		K81B	75GB	2	Kil
42		K71D	61GD	3,5	Kil	90		K88D	63GD	3	Kil
43		K50B	61GB	3,5	Kil	91		K74D	64GD	3	Kil
44	34,5	K73D	74GD	290	Kil	92	79	K61D	71GD	150	Kil+Toprak
45		K64D	57GD	2	Kil	93		K77D	64GD	1,5	Kil
46		K67B	59GB	3	Kil	94		K64B	50GB	2	Kil
47	38,5	K64B	71GB	130	Toprak	95		K75B	60GB	2	Kil
48		K55D	80GD	3	Kil	96	85,5	K67B	63GB	170	Kil

Ortalama Süreksizlik Aralığı

85,5/96=0,89 m