

KÖPRÜLÜ ELMAS TEL KESME MAKİNESİ İLE ZİNCİRLİ KOLLU KESİCİ MAKİNEİNİN KESİM PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

İbrahim KILIÇ * 
Servet DEMİRDAG ** 

Alınma: 13.11.2020; düzeltme: 19.06.2021; kabul: 08.07.2021

Öz: Bu çalışmada mermer ocağında üretimde aktif olarak kullanılan köprülü elmas tel kesme makinesi ile zincirli kollu kesici makinenin kesim performansları karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda makinelerin kesimde harcadığı enerji, işçilik, sarf malzeme, gres kullanımı, elmas boncuk ve soketlerdeki aşınmalar, su tüketimi, kesim hızları, ilk yatırım maliyeti ve iki makinenin avantaj-dezavantajları gibi parametreler dikkate alınarak gerekli inceleme ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bütün bu değerlendirmeler sonucunda, köprülü elmas tel kesme makinesinin kesim işleminde daha verimli bir makine olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mermer, Köprülü Elmas Tel Kesme Makinesi, Zincirli Kollu Kesici Makine, Kesim Performansı

Comparison of Cutting Performance of Bridged Diamond Wire Cutting Machine and Chain Saw Machine

Abstract: In this study, the cutting performances of the bridge diamond wire cutting machine and the chain saw machine, which are actively used in the marble quarry, were compared. In this context, necessary examinations and evaluations were performed by taking into account parameters such as energy consumption, labor costs, consumables, use of grease, wear of diamond beads and sockets, water consumption, cutting speeds, initial investment costs and the advantages-disadvantages of the two machines. As a result of all these evaluations, it has been seen that the bridge diamond wire cutting machine is a more efficient machine in the cutting process.

Keywords: Marble, Bridged Diamond Wire Cutting Machine, Chain Saw Machine, Cutting Performance

* Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Bölümü, 32260, Çünür, Isparta.

** Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 32260, Çünür, Isparta.

İletişim Yazarı: İ.Kılıç (ibrahimkili015@gmail.com)

1. GİRİŞ

Mermer ocaklarında üretim aşamasında yaygın olarak elmas tel kesme makineleri ve kollu kesiciler kullanılmaktadır. Günümüzde en çok uygulanan yöntem ise elmas tel kesme yöntemidir. Elmas tel kesme yönteminde kullanılan makinelerin; raylı olabileceği gibi köprülü olan çeşitleri de mevcuttur. Raylı sistemlerde birbirine eklenebilen raylar mevcut olup, bu rayların üzerinde hareket edebilen bir güç ünitesi ve bu güç ünitesine bağlı düşeyde veya yatayda konumlandırılabilen kasnak yer almaktadır. Köprülü olan tel kesme makinelerinde ise, bir köprünün üzerinde hareket edebilen güç ünitesi ve bu güç ünitesine bağlı yatayda veya düşeyde konumlandırılabilen kasnak bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1:

a) Raylı elmas tel kesme makinesi b) Köprülü elmas tel kesme makinesi

Günümüzde raylı elmas tel kesme makineleri artık yerini köprülü elmas tel kesme makinelerine (KETK) bırakmaktadır.

Türkiye'deki mermer ocak işletmeciliğinde son 30-35 yılda kullanılmaya başlanan elmas tel kesme makine ve ekipmanları çok büyük gelişmeler göstererek mermer madenciliğinin vazgeçilmez makineleri haline gelmiştir. Mermer ocaklarında üretimin en üst seviyede gerçekleşmesini ve fire vermeden blok elde edilmesini sağlayan makinelerdir. Elmas tel kesme yöntemiyle blok üretiminin ana prensibini, mermer kütlesi içinde birbiri ile irtibatlandırılan yatay ve düşey deliklerin delinip, elmas telin bu deliklerden geçirilmesi ve delikler arasında kalan yüzeyin kesilmesi işlemleri oluşturmaktadır (Alkaçır, 2016).

Köprülü elmas tel kesme makinesinin avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir.

Avantajları;

- ✓ Kurulumunun basit olması, tek bir işçi ile makinenin kurulabilmesi
- ✓ Raylı makinelerdeki gibi ray ekleme sorununun olmaması
- ✓ Motor gücüne bağlı olarak istenilen uzunluklarda kesim yapabilmesi
- ✓ Hızlı kesim yapabildiğinden üretimde verimliliği arttırması
- ✓ Makine ağırlığının zincirli kollu kesicilere göre daha hafif olması
- ✓ Düz olmayan engebeli yerlerde, üzerinde bulunan otomatik ayaklar sayesinde kolayca teraziye alınarak düzgün kesimler yapabilmesi
- ✓ Kesim sonuna geldiğinde makinenin otomatik olarak kendini durdurması
- ✓ İlk yatırım maliyetlerinin düşük olması
- ✓ Bazı raylı makinelerdeki gibi volanın dışarıdan destek olmadan otomatik olarak döndürülebilmesi
- ✓ Kesimde malzeme kaybının az (10,55-11 mm) olması

Dezavantajları;

- ✓ İş güvenliği bakımından risklerin fazla olması

- ✓ Üretim işlemine başlamadan önce delik delme işleminin yapılması, elmas telin bu delinen deliklerden geçirilmesi işlemi ve kesime başlandığında ara sıra tel kısaltma işlemlerinin yapılması, buna bağlı bu işlemlerin zaman kayıplarına neden olması
- ✓ Su temini (Özçelik, 1999).
- ✓ Yetişmiş personelin gerekliliği (Özçelik, 1999).

Literatür araştırmalarında elmas tel kesme yöntemi hakkında çeşitli çalışmalara rastlamak mümkündür. Jain ve Rathore (2009), yumuşak, orta-sert ve sert dolomitik mermerde kesim alanının elmas tel kesme makinelerinin kesme performanslarına etkisini araştırmışlardır. Ataei ve diğ. (2012), İran’da bulunan doğaltaş ocaklarındaki 14 farklı kayaç üzerinde elmas tel kesme makinesinin kesme performansının tahmini üzerinde çalışmalarda bulunmuşlardır. Cardu ve diğ. (2014), İtalya ve Hindistan’da bulunan iki mermer ocağında kullanılan ağırlıklı olarak elmas tel kesme makinelerini dikkate alınarak elmas tellerin performans analizlerini ve özelliklerini kıyaslayan bir çalışma yapmışlardır. Demirdağ ve Gündüz (2001), Burdur bej mermer ocağında yaptıkları çalışmada, kesme işleminde kullanılan elmas telin kesim performansını ve aşınmalarını belirleyerek, yeni yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Özçelik (1999), elmas tel kesme makinelerinin mermer ocaklarındaki çalışma koşullarını ve kesme verimini etkileyebilecek parametrelerin ve değişkenlerin incelenmesiyle ilgili araştırma yapmıştır. Demirdağ (2001), bej mermer ocağında elmas telle kesim performansının analizlerini yaparak en uygun elmas tel ve boncuk çapının belirlenmesi konularında çalışmıştır. Özçelik (2008), mermer kesimi için tek telli elmas boncuk test makinesini geliştirmiştir. Kanbir ve Özçelik (2012), optimum çalışma koşullarını belirleyerek Afyon gri mermerinin kesiminde farklı amperaj ve dönme hızında kesimler yaparak kesilebilirlik abakları geliştirmişlerdir.

Mermer ocaklarında elmas tel kesme makineleri kadar kullanım alanı yaygın olmasa da ocak üretiminde verimliliği arttırmak ve hızlandırmak için zincirli kollu kesicilerin (ZKK) de kullanıldığı görülmektedir. Zincirli kollu kesicilerin, son yıllarda teknolojinin de gelişmesiyle birlikte mermer ocaklarında kullanımı gün geçtikçe artmaktadır (Şekil 2). Bu makineler üretimde tek başlarına kullanıldığı gibi, elmas tel kesme makineleriyle birlikte de kullanılmaktadırlar. Ocaklarda genellikle elmas tel kesme makineleri ile zincirli kollu kesicilerin birlikte kullanıldığı yöntemler yaygın bir şekilde görülmektedir.



Şekil 2:
Zincirli kollu kesici makine ve oluşturulan kesimler

Zincirli kollu kesiciler yapı itibariyle, ağaç kesen motorlu testerelere benzemektedir ve bu makinenin mermer ocaklarında mermer kesmek için uyarlanmış halidir. Mermer ocaklarında az kullanılmasının nedenlerinin en başında yüksek ilk yatırım maliyeti gelmektedir. Zincirli kollu kesicilerde kesme işlemi, kesici kol üzerinde kayarak hareket eden sonsuz bir zincir üzerinde bulunan kesicilerle gerçekleşmektedir. Zincirli kollu kesme makineleri ana gövde, kesici kol ve ray sistemi olmak üzere üç temel kısımda incelenebilir. Ana gövde tüm sistemin tahrik edildiği

elemanları içerir. Kesme işlemi gövdeye bağlı olan kesici kol tarafından gerçekleştirilmektedir. Kesici kolun dönme hareketi ana gövde tarafından sağlanırken, ileriye doğru yaptığı kesme işlemi ise bütünüyle ana gövdenin ray üzerindeki hareketiyle gerçekleşmektedir (Hekimoğlu, 2015).

ZKK makinelerinde kesim işleminden önce KETK makinesindeki gibi elmas telin deliklerden geçirilme işlemi yoktur. KETK ile birlikte kullanıldıklarında delik delme işleminin sadece yatay delik ile sınırlı olmasından dolayı zaman kayıpları daha az olmaktadır. Mermer ocağında ZKK makinesi KETK makinesindeki gibi bir kesim uzunluğuna sahip olmadığı için, kesim uzunluğu kol boyu ile sınırlı olmakta ve basamak yükseklikleri de makinenin kol boyu ile sınırlı olmaktadır. ZKK makinelerinin KETK makinelerindeki gibi elmas tel kopması olayı söz konusu olmadığından iş kazası olasılığı daha düşük olmaktadır. ZKK makinelerinin kullanıldığı ocaklarda üretimde daha çok elmas tel kesme makineleriyle birlikte kullanılmakta olduğu görülmektedir. Günümüzde üretimi yapılan ZKK makinelerinin kol uzunlukları 3,40-8,80 m aralığında ve kesme kalınlıkları (kesimlerdeki malzeme kaybı) ise 38-42 mm aralığındadır. Zincirli kollu kesme makinelerinin avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir.

Avantajları;

- ✓ Yüksek basamaklarda elmas boncuklu tel kesme makineleri ile birlikte kullanıldıklarında, tel geçirmek için gereken delik sayısını azaltarak zamandan ve işçilikten tasarruf sağlaması (Çopur ve diğ., 2008; Çalışkan, 2018)
- ✓ Yeni kesilecek olan basamağa yatay veya düşey olarak kolaylıkla giriş sağlayıp üçgen parça kesme işlemini ortadan kaldırdıkları için üretim ve zaman kayıplarını azaltması (Çopur ve diğ., 2008; Çalışkan, 2018)
- ✓ Kesim işleminden sonra doğrudan satılabilir ürün çıkarabilmesi (Çopur ve diğ., 2008; Çalışkan, 2018)
- ✓ Su tüketiminin olmaması
- ✓ İş güvenliği riski en düşük makinelerden biri olması

Dezavantajları;

- ✓ İlk yatırım maliyetinin yüksek olması
- ✓ Kesim yapılacak alanın temiz ve düz olmasının gerekliliği, engebeli yerlerde kesim yapmasının çok zor olması
- ✓ Makinenin kurulum süresinin köprülü elmas tel kesme makinesine göre daha çok zaman alması
- ✓ Kesim sırasında çok miktarda gres yağı tüketimi
- ✓ Kesme derinliğinin kol boyu ile sınırlı olması

Literatürde zincirli kollu kesicilerle ilgili çalışmalara çok az rastlanmaktadır. Mohammadi ve diğ. (2018), yapay sinir ağları yöntemi ile zincirli kollu kesici makinenin üretim hızını boyutsal olarak öngörmeye çalışmışlardır. Tumac (2014), farklı doğal taş numunelerinde Shore sertlik değerlerini belirleyerek zincirli kollu kesici makinelerin kesim performanslarını tahmin etmeye çalışmıştır. Çopur ve diğ. (2011), doğal taş ocaklarında ve laboratuvarında yaptıkları çalışmalar sonucunda kollu kesici makinelerin alansal net kesme oranının tahmini için iki ampirik model geliştirmişlerdir. Hekimoğlu (2012), zincirli kollu kesicilerin kesim performansı, kesme hızı ve keski aşınması konusunda çalışmalar yaparak keski konum ve sıralamalarında değişiklikler yapılması gerektiğini belirtmiştir. Sarıışık ve Sarıışık (2010) ve Sarıışık ve Sarıışık (2013), yurtiçinde üretilen yeni bir zincirli kollu kesicinin blok üretimi ve kesme performansını incelemişlerdir. Çopur (2010), farklı doğal taş ocaklarında zincirli kollu kesicilerin kesim performans analizlerini yapmıştır. Avunduk ve diğ. (2014), bej mermerinin mekanik özellikleri ile zincirli testereli ve elmas telli makinelerin kesme performansı arasındaki ilişkileri araştırmışlardır.

Çalışkan (2018), mermer ocaklarında kullanılan zincirli kesme makinelerinin performanslarının araştırılması hakkında bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada öncelikle dört farklı ocakta kullanılan kollu kesim makinelerinin özellikleri, keskinliği ve keski düzeni incelenmiş, farklı ocaklardaki dalış kesiminde, kol basıncı ve zincir dönüş hızı, ana kesimde ise zincir dönüş hızı ve makine yürüyüş hızı gibi parametreler değiştirilerek, kesme derinliğine bağlı olarak birim zamanda kesilen yüzey alanlarının ölçümleri, kesim hızı ve keski seti kesme derinliği hesaplanmıştır. Çelik ve diğ. (2017), raylı elmas tel kesme makineleri ile kollu kesicilerin birlikte kullanımını incelemişlerdir. Bunun için makinelerin kullanım şekli, delme/kesme hızları, sarf malzeme tüketimleri, harcanan iş gücü gibi verileri değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak en hızlı yöntemin B yöntemi olduğu (arka kesim 7,40 m kol boyuna sahip zincirli kollu kesme makinesi ile kesilirken alt ve yan kesimlerin elmas teller ile gerçekleştirildiği), en hızlı kesme makinesinin 7,40 m kol boyuna sahip zincirli kollu kesici olduğu, verimi artırmak için bir defada kesilen alanın en büyük olması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Bu çalışma kapsamında literatürde incelenen çalışmalardan farklı olarak günümüzde yaygın olarak kullanılan köprülü elmas tel kesme makinesi ve 7,20 m kol uzunluğuna sahip sadece düşey kesim yapabilen zincirli kollu kesici makine üzerinde karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılmıştır. Bu iki makinenin kesim performansları, enerji, işçilik, sarf-yedek malzeme giderleri, gres kullanımı, elmas boncuk ve soketlerdeki aşınmalar, su tüketimi, kesim hızları, ilk yatırım maliyeti ve iki makinenin avantaj-dezavantajları gibi parametreler dikkate alınarak inceleme ve ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar yardımıyla mermer ocaklarında yaygın olarak kullanılan yöntemler karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Çalışmanın yapıldığı doğal taş ocağı Burdur ili, Merkez İlçesi, Yaylabeli Köyü civarındadır. Ocak, Burdur İl merkezinin kuzey batısında kuş uçuşu 24,9 km mesafede olup en yakın yerleşim yeri olarak 1,72 km mesafede Yaylabeli Köyü bulunmaktadır (Şekil 3). Üretimi yapılan doğal taşta ait fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 1’de verilmiştir.



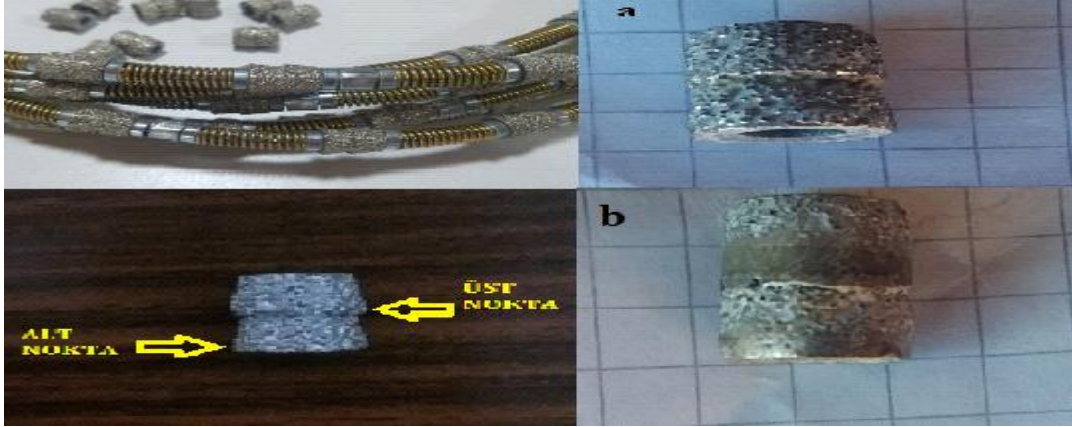
Şekil 3:

(a) Bej mermer ocağının Google Earth görüntüsü, (b) Bej mermer, (c) Ocağın görünümü

Tablo 1. Kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri

Özellik	Ortalama	Standart
Sertlik (Mohs)	3,5-4	TS 6809
Özgül ağırlık (g/cm ³)	2,715±0,006	TS EN 1936
Görünür yoğunluk (g/cm ³)	2,674±0,007	TS EN 1936
Açık gözeneklilik (%)	0,401±0,012	TS EN 1936
Toplam gözeneklilik (%)	1,51	TS EN 1936
Aşınma dayanımı (Metod-B/Böhme) (cm ³ /50cm ²)	14,16±3,79	TS EN 14157
Basınç dayanımı (MPa)	140±20	TS EN 1926
Yoğun yük altında bükülme dayanımı (MPa)	9±2	TS EN 12372

Çalışma kapsamındaki ocakta vakumlu lehimli çift soketli elmas tel kullanılmaktadır (Şekil 4). Elmas boncuğun türü Elektroliz, Lehimli Elmas boncuk olarak adlandırılmaktadır. Ocakta vakumlu lehimli elmas telin kullanım amacı diğer tellere göre daha hızlı kesim yapması ve sürekli olarak kesim yaptığı için halata fazla yük binmediğinden elmas tel ile 15-20 arası kesim yapabilmektedir. Halata fazla yük binmediği için telin dizime gönderilme süresi uzamakta, böylelikle telden daha fazla yararlanma olanağı sağlanmış olmaktadır ve 1 m elmas tel ile 55 m² kesim yapılmaktadır. Elmas boncuğun üzerindeki elmaslar yüzeyde gözle görülebilmektedir. Elmasların yüzeyde olmasından dolayı elmas telde kesim hızı ilk başta yüksek olmakta daha sonra elmas boncuk aşındıkça elmas telin kesim hızı düşmektedir. Elmas boncuklar aşındıkça alttan yeni elmas taneleri gelmemektedir. Kesimde kullanılan çift soketli elmas telde aşınma (elmas boncuk üzerinde bulunan elmas taneciklerinin kesim esnasında oluşan sürtünmeden kaynaklı olarak elmas taneciklerinin zamanla yok olması), konik şeklinden dolayı yukarıdan aşağıya doğru gerçekleşmektedir. Elmas boncuk tamamen bitip kullanılamaz hale geldiğindeki görünüm Şekil 4'te verilmiştir. Elmas telin üst noktasıyla alt noktası aynı çapta olup 10,75 mm'dir.



Şekil 4:
Vakumlu lehimli elmas tel: a) Kullanılmamış elmas boncuk, b) Bitmiş elmas boncuk

Ocakta elmas tel kesme yöntemiyle mermer blok üretimi yapılabilmesi için öncelikle deliklerin delinmesi gereklidir. Bunun için Gemsa marka delik delme makinesi kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5:
Delik delme makinesi

Ocakta kullanılan delme makinesi 22 kW gücünde bir elektrikli motora, 23 kW gücünde dizel motora ve 8 bar basınca sahiptir. Manuel kontrol paneli yardımıyla yukarı-aşağı hareket sistemi buradan sağlanmaktadır. Kesim işlemleri için ise köprülü elmas tel kesme makinesi ile zincirli kollu kesici makine kullanılmıştır. Ocakta ağırlıklı olarak köprülü elmas tel kesme makineleri kullanılmakta ve üretim genel olarak bu makineler ile yapılmaktadır. Kesim işlemi yapılacak olan alana köprülü elmas tel kesme makinesi getirilir ve kesim yönü doğrultusunda (alt ya da yan) makinenin volanı kumanda yardımıyla otomatik olarak kesim yapılacak doğrultuya çevrilir. Daha sonra kesim için deliklerden geçirilmiş olan elmas tel makinenin kasnağına dolanır. Makine kesim yaparken kesim yerinde oluşacak dalgalanmaları önlemek için makine üzerinde bulunan pistonlar yardımıyla teraziye alınır ve teraziye alındıktan sonra makine çalıştırılarak kesim işlemine geçilmektedir. KETK makinesine ait özellikler Tablo 2’de verilmiştir.

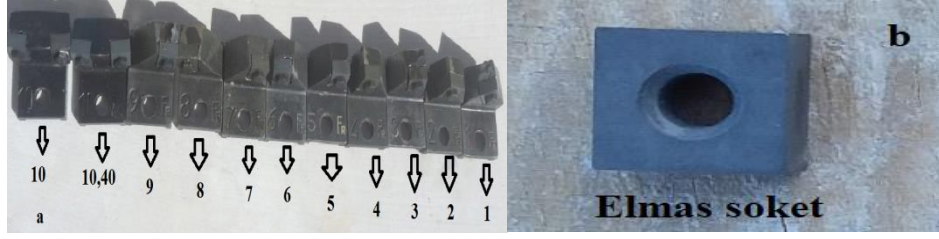
Tablo 2. KETK makinesinin özellikleri (Dilmer, 2019)

Ana motor gücü	55 kW 1000 d/dk	Kurulum	Kumandalı hidrolik ayaklar
Yürüyüş motoru	0.75 kW 1400 d/dk	Kesme kapasitesi	12-25 m ² /sa (kayacın sertliğine göre)
Çevirme motoru	0.75 kW 1400d/dk	Tel kapasitesi	80-150 m
Hidrolik motoru	2,2 kW 1400 d/dk	En*boy*yükseklik	1250x6520x2190 mm
Makine kontrolü	Kablolu uzaktan kumanda	Ağırlık	3200 kg
Elektrik donanımı	380 V 3 faz yıldız üçgen	Yardımcı kasnaklar	(500mm)-(300mm)
Kasnak çapı	800 mm	Kesme yöntemi	3 yönlü kesim yöntemi

Ocakta kesimler için kullanılan bir diğer makine zincirli kollu kesicilerdir. Zincirli kollu kesiciyle yapılacak olan kesim yeri önceden belirlenir ve kesim yapılacak yer loder (lastikli yükleyici) yardımıyla temizlenir. Makinenin kurulacağı yer aynadan 3 m içeriden kesim yapılacak şekilde, kesilecek yer işaretlenir ve makine loder (lastikli yükleyici) yardımıyla çok dikkatli bir şekilde taşınarak kesim yerine yerleştirilir. Makinenin kesim yerine yerleştirilmesinden sonra her biri 4 m uzunluğunda iki ray atma işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra raylar ve makine teraziye alınır. Bunun amacı kesim ilerledikçe her yerde aynı derinlikte kesim yapabilmektir. Makine teraziye alındıktan sonra rayların üzerinde bulunan deliklerden geçirilmek üzere mermer yüzeyine yaklaşık 10 cm kadar bir delme işlemi yapılarak “T” şeklindeki demir kazıklar ile makine sabitlenmiş olur ve kesim sırasında makinenin sağa sola oynaması önlenmiş olur. Bütün bu işlemlerden sonra makine dalışa verilerek kesim işlemine başlanır. Genelde kesim işlemi bittikten sonra makinede genel bakım yapılmaktadır. Bu bakımda elmas çevirimi veya değişimi, varsa kırılmış pabuç değişimi, talaş temizliği, makine ray temizliği, cıvata, pim ve bakla bakımı ve gres yağı kontrolü gibi işlemler yapılmaktadır.

Makinede tek tip pabuç ve soket kullanılmaktadır. Pabuçlar kare şeklinde geometriye sahiptirler. 1 numaradan başlayarak 10 numaraya kadar olmak üzere numaralandırılmışlardır. Kollu kesicide elmas dizilimi 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10,40-10 ve 1-2-3-4-5-1-6-7-8-9-10,40-10

olarak bulunmaktadır. Zincirli kollu kesicide kullanılan soket ve dizilimleri Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6:

a) Katerler, b) Kare elmas soket

Kare elmas soketlerin 8 köşesi de kullanılmaktadır. Kesim işlemi bittikten sonra bakım işlemi esnasında köşesi aşınmış olan elmaslar sağlam yüzeydeki köşelerine çevrilmektedir. Kare elmaslar, elmas kırılmaları olduğu zaman yeni elmas takılmakta ve her kırılan elmas yerine yeni bir elmas takılması maliyetleri arttırmaktadır. ZKK makinelerde ilk yatırım, harcanan gres miktarı, değişen elmaslar, değişen pabuç değişimi, makinenin harcadığı elektrik, bakım maliyeti, değişen pim ve bakla maliyeti, işçilik maliyeti gibi parametreler en önemli maliyet unsurlarını oluşturmaktadır.

2.2. Metot

Ocak işletmeciliğinde uzun yıllardır elmas tel kesme makineleriyle blok mermer üretimi yapılmaktadır. İlk olarak raylı elmas tel kesme makineleri kullanılarak blok mermer üretimi yapılırken teknolojinin gelişmesiyle beraber ocaklarda köprülü elmas tel kesme makineleri kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda teknolojinin de gelişmesiyle beraber elmas tel kesme makinelerine alternatif olarak zincirli kollu kesme makineleri mermer ocak işletmeciliğinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu makineler tek başlarına da kullanılabilen gibi elmas tel kesme makineleriyle de uyumlu bir şekilde kullanılmaktadırlar. Zincirli kollu kesiciler, elmas tel kesme makineleriyle birlikte kullanıldıklarında elmas tel kesmede kesimden önce delinen 3 adet delik sayısını bire indirerek hem zaman hem de delme işlemi maliyetinden tasarruf sağlamaktadır.

Günümüzde doğal taşta artan taleplere göre yeni ocaklar açılmakta, bu artan taleplere ürün yetiştirebilmek ve buna bağlı olarak üretimi arttırmak gerekmektedir. İşletmeler üretimi arttırmada elmas tel kesme makinelerini ve zincirli kollu kesicileri kullanılmaktadırlar. Bu çalışma kapsamında üretimde kullanılan makinelerin kesimlerdeki hızı, su tüketimleri, harcadıkları enerji, gres tüketimi, işçilik, elmaslardaki aşınmalar gibi parametreler belirlenerek hangi makinenin daha verimli olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

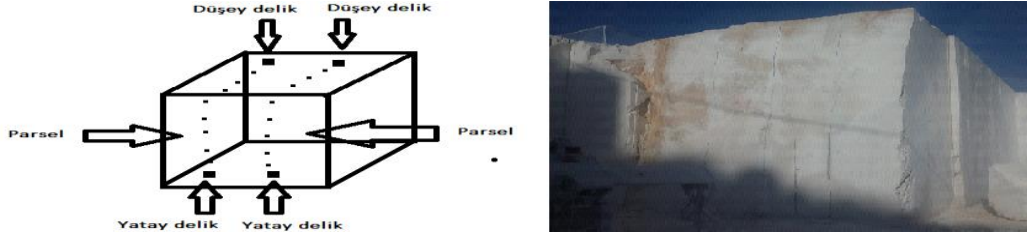
3. BULGULAR

Bu bölümde ocakta kullanılan zincirli kollu kesici ve köprülü elmas tel kesme makinesinin kesim performanslarını belirlemek için elde edilen sayısal bulgular irdelenerek makinelerin performansları ve verimlilikleri belirlenmiştir.

3.1. Köprülü elmas tel kesme makinesiyle üretim

KETK makinesinde kesime başlanmadan önce delik delme makinesi ile yatay ve düşey delikler delinmektedir. Kesilecek alanda parsel (köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesim yapılmadan önce delme makinesiyle delinen dilim sayısı) sayısına bağlı olarak delinecek delik sayısı artmaktadır (Şekil 7). Ocak içerisinde kesim uzunlukları, süreksizlik ve tabaklanma durumlarına göre değişkenlik göstermektedir. Köprülü elmas tel kesme makinesiyle oluşturulan

parseller Şekil 7’de gösterilmiştir. Ocakta parselleme işlemi genel olarak en az 3, en fazla 6 parselle kadar yapılmaktadır. 4 parsel olarak hazırlanacak olan yerde ilk olarak 4 adet düşey delik delinmekte olup bu deliklerin boyu 7 m’dir. Düşey deliklerde 1 delik için harcanan süre yaklaşık 105 dk’dır. Toplamda ise 420 dk’lık süre belirlenmiştir. Düşey delikler bittikten sonra yatay deliklere geçilmektedir. Yatay deliklerde delik boyu 6 m ile 22 m arasında değişmektedir.



Şekil 7:

Kesim için hazırlanan parselin şematik görünümü ve KETK ile oluşturulan kesimler

1 adet yatay (boğazlama) delik 12 m uzunluğundadır ve delinmesi için 180 dk süre geçmektedir. Toplam geçen süre yatay delikler için 900 dk olarak belirlenmiştir. Delik delme işleminde düşey deliklerde (Dd) delme işlemine geçene kadar harcanan süre 1 delik için ortalama 10 dk’dır ve 4 düşey delik için toplam 40 dk hazırlık olmaktadır. Yatay delikler (Yd) için ise 1 delik için geçen hazırlık süresi ortalama 25 dk’dır ve toplamda 125 dk’lık süre gerekmektedir olup kesime hazırlanan yer için hazırlık ve delme işlemi ile birlikte geçen toplam süre yaklaşık 1485 dk’dır. Delik delme işlemi bittikten sonra elmas tel deliklerden geçirilmiş ve tel geçirildikten sonra makine kesim için yerine konumlandırılarak kesime başlanmıştır. Kesime başlanmadan önce makinenin kurulumu için geçen süre ortalama 10 dk olmaktadır. Bu çalışma kapsamındaki düşey kesim için toplam 4744 m²’lik yüzey alanına ait kesme ve delme verileri Tablo 3-5’te verilmiştir.

Köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesilecek yer için delme işlemi yapılmaktadır. Bu kapsamda köprülü elmas tel kesme makinesiyle düşey olarak kesilen toplam 4744 m² alan için toplam 1049,1 m delik delme işlemi yapılmış olup bu delme işlemi için 131,35 sa zaman harcanmış ve delme hızı 7,98 m/sa olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. KETK makinesinin elmas tel kesim sonuçları

KESİM İŞLEMİ										
Kesim (YAN)	Kesilen yüzey alanı (m ²)	Kesim yapılan bölgenin hacmi (m ³)	Kesim süresi (sa)	Kesim hızı (m ² /sa)	Kullanılan su miktarı (ton)	Birim alanda harcanan su (ton/m ²)	Malzeme kaybı (m ³)	Makine kurulum süresi (dk)	Soket çapı (mm)	
1-12	min.	60	180	3	15,2	0,320	0,005	0,49	10	10,50
	maks.	156	468	10	20	1,080	0,007	1,68	17	10,75
	ort.	97,3	292	5,8	16,8	0,630	0,006	1,05	13,5	10,65
	SS	37,7	113,2	2,3	1,4	0,250	0,001	0,41	2,7	-
13-24	min.	52	156	5	10	0,320	0,006	0,76	10	10,20
	maks.	126	378	12	17	1,290	0,011	1,35	18	10,50
	ort.	96,3	288,8	7,7	13	0,826	0,009	1,02	13,9	10,35
	SS	22,5	67,5	2,3	2,4	0,244	0,001	0,24	3	-
25-36	min.	56	168	5	9	0,540	0,008	0,59	10	9,90
	maks.	112	336	11	14	1,142	0,012	1,03	15	10,50
	ort.	77,9	233,8	7,6	10,5	0,778	0,010	0,83	12,2	10,20
	SS	18,7	56,2	2,1	1,45	0,194	0,001	0,20	1,9	-

37-52	min.	64	192	6	8	0,647	0,010	0,63	10	9,70
	maks.	154	462	16	11	1,727	0,001	1,52	15	10,20
	ort.	92,9	278,6	9,9	9,6	1,065	0,011	0,92	13,3	9,95
	SS	29,3	87,9	3,4	1,1	0,370	0,001	0,29	1,7	-
Genel	min.	52	156	3	8	0,320	0,005	0,01	10	9,70
	maks.	156	468	16	20	1,520	1,727	1,68	18	10,75
	ort.	91,2	273,7	7,9	12,5	0,825	0,009	0,96	13,2	10,28
	SS	28,3	85,0	3,0	3,2	0,320	0,002	0,30	2,3	-

Tablo 4. KETK makinesi için elektrik ve işçilik sonuçları

ELEKTRİK ve İŞÇİLİK				
Kesim (YAN)		Birim enerji gideri (TL/m ²)	Toplam enerji maliyeti (TL)	İşçilik maliyeti (TL)
1-12	min.	1	60	135
	maks.	1,35	200	270
	ort.	1,2	116,7	157,5
	SS	0,10	46,6	52,6
13-24	min.	1,15	60	135
	maks.	2	234	270
	ort.	1,59	153,8	146,3
	SS	0,28	44,8	39,0
25-36	min.	1,43	100	135
	maks.	2,29	220	270
	ort.	1,95	151,7	146,3
	SS	0,24	41,3	39,0
37-52	min.	1,82	120	135
	maks.	2,45	320	270
	ort.	2,11	197,5	202,5
	SS	0,21	68,5	69,7
Genel	min.	1	60	135
	maks.	2,45	120	270
	ort.	1,71	154,9	163,1
	SS	0,42	59,7	57,5

Tablo 5. KETK makinesi için delik delme işlemi sonuçları

DELİK DELME İŞLEMİ											
Kesim (YAN)	Dd	Yd	Delme Sayısı	Toplam Delme Sayısı	Delik Boyu (m)	Toplam Delik Boyu (m)	Delme Süresi (dk)	Toplam Delme Süresi (dk)	Hazırlık Süresi (dk)	Toplam hazırlık (dk)	
1-12	min.	1	1	2	5	14	40	105	300	30	85
	maks.	1	1	2	11	30,5	125	230	938	45	180
	ort.	1	1	2	7,3	21,3	76,9	160,4	576,9	39,6	122,9
	SS	0	0	0	2,1	5,7	30,0	43,2	224,8	7,2	31,8
13-24	min.	1	1	2	5	15	50	113	375	30	84
	maks.	1	1	2	11	25	125	188	938	40	178
	ort.	1	1	2	7,2	21,3	74,3	160,3	557,8	34,8	115,9
	SS	0	0	0	1,6	3,14	19,7	23,6	148,0	3,6	27,1
25-36	min.	1	1	2	5	15	36	113	270	30	80
	maks.	1	1	2	9	22	95	165	713	40	140
	ort.	1	1	2	6,7	18,1	61	136	457,7	33,3	107,1
	SS	0	0	0	1,67	2,6	23,3	19,3	175,3	3,9	23,4

37-52	min.	1	1	2	5	16	38	120	285	30	80
	maks.	1	1	2	11	29	95	217,5	712,5	60	150
	ort.	1	1	2	6,8	20,0	65,0	150,1	487,7	40,3	118,1
	SS	0	0	0	1,9	3,9	19,8	28,9	148,7	11,0	27,3
Genel	min.	1	1	2	5	14	36	105	270	30	80
	maks.	1	1	2	11	30,5	125	230	938	60	180
	ort.	1	1	2	7,0	20,2	69,3	151,7	520,0	37,0	116,0
	SS	0	0	0	1,8	4,1	23,5	88,5	176,3	7,9	27,3

Çalışma kapsamında köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesim yapılırken ilk kesimde yeni elmas tel kullanılmış olup diğer kesimlerde aynı elmas tel, dizim işleminden geldikten sonra kullanılmaya devam edilmiştir. 1, 2 ve 3. kesim işlemlerinde köprülü elmas tel kesme makinesi 80 A (amper) ile çalıştırılmıştır. Son kesimde ise makine 75-80 A arasında çalıştırılmıştır. Bunun nedeni elmas boncuklarda aşınmanın fazla olması ve boncukların yavaş yavaş kesim kabiliyetini kaybetmesinden dolayı boncukların kesim yapamayarak çelik halata yük binmesi ve tel kopmalarına neden olmasıdır. Yukarıda verilen tablolarda görüldüğü gibi yan kesimlerde kesim hızı daha yüksektir. Bunun nedeni, elmas telin yan kesimlerde kesilen kütlelerin ağırlığına bağlı olarak gerilmelere maruz kalmaması ve dolayısıyla kesim hızı yüksek olmaktadır. Alt kesimde ise elmas tel kesilen kütlelerin ağırlığına bağlı olarak gerilmelere maruz kaldığından dolayı elmas teldeki aşınmalar daha fazla olmakta ve kesim hızı düşmektedir. Kesim işlemlerinde köprülü elmas tel kesme yöntemine ait ilk yatırım, yedek ve sarf malzeme maliyetleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. KETK yönteminin ilk yatırım, yedek ve sarf malzeme maliyetleri

Gider	Miktar	Maliyet (TL)
KETK	1 adet	80000
Kasnak (80 cm)	1 adet	450
Lastik	1 adet	42
Çelik halat	1 m	7,5
Pul	1 adet	0,013
Yay	1 adet	0,032
Sıkma	1 adet	0,032
Yeni elmas tel	1 m	70
Elektrik enerjisi	1 kWsa	0,50
İşçilik	1 gün	135

Köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesim yapılırken kesim işlemi boyunca elmas tel 3 defa dizime gönderilmiş ve elmas tel 5'li dizim yapılmıştır. Elmas telin dizim işleminden kaynaklanan maliyetler Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Dizime giden elmas tellerin dizim maliyetleri

Dizim	Malzeme	Miktar	Maliyet (TL)	Toplam Maliyet (TL)
1. Dizim	Halat	90 m	$90 \cdot 7,5 = 675$	959,9
	Pul	4500 adet	$4500 \cdot 0,013 = 58,5$	
	Yay	2250 adet	$2250 \cdot 0,032 = 72$	
	Sıkma	450 adet	$450 \cdot 0,032 = 14,4$	
	İşçilik	1 işçi	140	
2. Dizim	Halat	80 m	$80 \cdot 7,5 = 600$	868,8
	Pul	4000 adet	$4000 \cdot 0,013 = 52$	
	Yay	2000 adet	$2400 \cdot 0,032 = 64$	
	Sıkma	400 adet	$400 \cdot 0,032 = 12,8$	
	İşçilik	1 işçi	140	

3. Dizim	Halat	70 m	$70*7,5 = 525$	777,7
	Pul	3500 adet	$3500*0,013 = 45,5$	
	Yay	1750 adet	$1750*0,032 = 56$	
	Sıkma	350 adet	$350*0,032 = 11,2$	
	İşçilik	1 işçi	140	
TOPLAM				2606,4

Çalışma boyunca köprülü elmas tel kesme makinesi ile toplam 4744 m²'lik alan kesilmiştir. Bu alanın kesimi için makine 674 sa çalışmıştır. Makinenin kesim hızı 11,54 m²/sa olarak hesaplanmıştır. Çalışma boyunca kesilen 4744 m²'lik alan için toplamda 43,87 ton su kullanılmıştır. Birim alanda (m²'de) harcanan su miktarı 0,00925 ton olarak hesaplanmıştır. Toplam kesim işlemi boyunca 35 adet köprülü elmas tel kesme makinesi kasnak lastiği değişimi yapılmıştır. Bir adet lastik fiyatı 42 TL olup toplam kasnak lastiği maliyeti ise 1470 TL olarak hesaplanmıştır. Kesim sırasında ortaya çıkan toplam malzeme kaybı 49,58 m³ olarak belirlenmiştir. Buradan; kayacın birim satış fiyatı 180 \$/ton olarak kabul edilirse malzeme kaybı maliyeti 24095,88 \$ veya 176622,8 TL olarak hesaplanmıştır (Dolar kuru 6,83 TL olarak baz alınmıştır). Çalışmada 1 m²'lik alanın kesimi için gerekli elektrik enerjisi 1,73 kWsa olarak hesaplanmıştır. Birim m²'de harcanan enerji maliyeti 0,865 TL olarak hesaplanmıştır. Toplam kesilen yüzey alanı 4744 m² için harcanan enerji gideri ise, 4103,56 TL olarak hesaplanmıştır. Köprülü elmas tel kesme makinesinin amortisman hesabı yıllık olarak hesaplanırsa; amortisman oranı 1/ekonomik ömür olarak hesaplanır. Köprülü elmas tel kesme makinesinin ekonomik ömrü olarak 10 yıl, ilk yatırım maliyeti olarak 80000 TL alınmıştır. Buradan 1/10=0,1 veya %10 olarak bulunur ve makinenin yıllık amortisman değeri 80000*0,1=8000 TL olarak hesaplanmıştır. Makinenin 10 yıllık kullanımından sonra parçalarının yedek parça olarak değerlendirilebileceği düşünüldüğünden hurda değeri 0 kabul edilmiştir.

3.2. Zincirli kollu kesici ile üretim

Zincirli kollu kesicilerle üretimde kesim yapılacak alan kesinlikle temiz olmalıdır. Zincirli kollu kesicilerle üretimde delik delme makinesiyle delme işlemi bire düşmektedir. Elmas tel kesme yöntemi ile kombine çalışan Zincirli kollu kesicilerde sadece yatay delik delinmektedir. Zincirli kollu kesici ile oluşturulan parseller Şekil 2'de görülmektedir.

Zincirli kollu kesici kesime başlamadan önce yatay delik delinmektedir. Bunun amacı hem kesim sırasında kesilen alanın içine yağmur suları dolduğunda bu delikten suyu tahliye etmek hem de delik delme makinesinin delme işlemi sırasında kesilen alan içerisinde taş parçalarının kalması ile kapak oluşturmasını engellemektir. Eğer delme işlemi kesim işlemi başladıktan sonra yapılacak olursa kesilen alan içerisinde kapak oluşmakta ve oluşan bu kapak elmas tel kesme makinesiyle kesim yapılacağı zaman elmas telin deliklerden geçirilmesini zorlaştırmaktadır. Delme makinesi ile delinen alana kesim yapmak için zincirli kollu kesici kesim yerine getirilerek makinenin kurulumu yapılmıştır. Zincirli kollu kesici makine kurulum işleminde makinenin zincir dönüş hızı % 20, makinenin yürüyüş hızı da 7 cm/dk olarak ayarlanıp dalış işlemine başlanmış ve makinenin dalış işlemi 330 dk olarak belirlenmiştir. Dalış işlemi bittikten sonra makine kesim işlemine geçmiş ve yürüyüş hızı 4 cm/dk, zincir dönüş hızı % 60 olarak ayarlanarak kesim işlemi gerçekleştirilmiştir. Kesim işleminde makine 45 A akım değerinde çalışmıştır. Kesim işlemlerinde kesilen yere göre makinenin ayarlarını yükseltme ya da düşürme işlemleri yapılmıştır. Makinenin kesim açısı arttıkça zincirin alt kısımlarına toz dolmaya başlamış ve bu durum zincirin aşırı gerilmesine ve makinenin yağlamayı daha zor ve fazla yapmasına neden olmuştur. Kesim açısı düştükçe makinenin kesim hızı artmış ve makinenin yağlama işlemini kolay ve az yaptığı gözlenmiştir.

Makine kesimdeyken zincir hızı artırıldığında makine yürüyüşü ve zincir hızının orantılı çalışmaması nedeniyle makinenin bir müddet sonra titremeye başladığı gözlenmiştir. Buna bağlı

olarak zincir kopmaları, soketlerin daha fazla aşınmasına, kırılmasına, katerlerin aşınmasına veya kırılmalarına yol açmaktadır. Çalışma kapsamındaki toplam 3689,9 m²'lik alan için kesme verileri Tablo 8'de verilmiştir. ZKK yöntemine ait maliyetler ise Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 8. Zincirli kollu kesici kesme verileri

Kesim (YAN)	Hazırlık (dk)	Kesim Alanı (m ²)	Kesme Süresi (sa)	Kesim Hızı (m ² /sa)	Malzeme Kaybı (m ³)	Gres (kg)	Soket Köşesi Kesimleri (m ²)	En (mm)	Boy (mm)	Yükseklik (mm)	İşçilik Maliyeti (TL)	Enerji Maliyeti (TL)	
1-11	min.	45	93	21	3,8	3,9	10,2	375,9	6,80	12,90	12,9	393,8	577,5
	maks.	78	238,5	44	5,6	10,0	26,2	592,5	6,85	13	13	825	1210
	ort.	58,3	164,0	34,3	4,8	6,9	18,0	450,9	6,83	12,95	12,95	642,6	942,5
	SS	8,0	44,2	8,1	0,5	1,9	4,9	173,0	0,01	0,03	0,02	151,2	221,7
12-23	min.	45	52	6	3,5	2,2	5,7	411,2	6,80	12,9	12,85	150	165
	maks.	60	370,7	61	8,7	15,6	40,7	499,4	6,85	13	13	1143,8	1677,5
	ort.	55	157,2	30,8	5,5	6,6	19,1	471,6	6,81	12,97	12,91	578,1	847,9
	SS	4,8	102,6	18,4	1,4	4,4	11,3	21,4	0,01	0,03	0,04	344,3	504,9
Genel	min.	45	52	6	3,5	2,2	5,7	375,9	6,80	12,9	12,85	150	577,5
	maks.	78	370,7	61	8,7	15,6	40,7	592,5	6,85	13	13	1143,8	1677,5
	ort.	56,6	160,6	32,6	5,1	6,7	18,6	461,2	6,82	12,96	12,93	610,4	895,2
	SS	6,6	78,5	14,2	1,1	3,3	8,7	40,0	0,02	0,03	0,03	266,0	390,1

Tablo 9. ZKK makinesinin ilk yatırım, yedek ve sarf malzeme maliyetleri

Gider	Miktar	Maliyeti (TL)
ZKK	1 adet	1500000
Elmas	1 adet	2,5 € (2,5*8 = 20 TL)/adet
Gres	1 varil	1750
Elektrik enerjisi	1 kWsa	0,5
Pabuç	1 adet	10
Hidrolik yağı	270 l	270 l*10,63 TL/l = 2870
Rediktör yağı	10 l	10 l*12,50 TL/l = 125
680 yağ	76 l	76 l*13,70 TL/l = 1041,2
İşçilik	1 gün	150

Çalışma boyunca ZKK ile kesilen toplam alan 3689,9 m²'dir. Bu alanın kesimi için ZKK toplam çalışma süresi 747 saat olup ZKK'nın kesim kapasitesi 4,94 m²/sa olarak hesaplanmıştır. Kesim sırasında ortaya çıkan toplam malzeme kaybı 154,97 m³ olarak bulunmuştur. Buradan; kayacın birim satış fiyatı 180 \$/ton alınacak olursa malzeme kaybı maliyeti 75315,42\$ veya 514,404 TL olarak hesaplanmıştır. Zincirli kollu kesici ile yapılan kesimde toplam 3689,9 m²'lik alan kesilmiş ve bu kesim boyunca harcanan gres miktarı 428 kg'dır. Kesim işlemi boyunca birim alanda (m²'de) harcanan gres 0,12 kg/m² olarak, toplam gres maliyeti 4161 TL olarak hesaplanmıştır. Birim alan için gerekli elektrik enerjisi tüketimi 9,79 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Enerji maliyeti 4,895 TL/m² olarak ve toplam kesim boyunca harcanan elektrik

enerjisi gideri 18062 TL olarak hesaplanmıştır. Zincirli kollu kesici makinesinin amortisman hesabı yıllık olarak hesaplanırsa; amortisman oranı 1/ekonomik ömür olarak hesaplanır. Zincirli kollu kesici makinenin ekonomik ömrü olarak 10 yıl, ilk yatırım maliyeti olarak 1500000 TL alınmıştır. Buradan $1/10=0,1$ veya %10 olarak bulunur ve makinenin yıllık amortisman değeri $1500000*0,1=150000$ TL olarak hesaplanmıştır. Makinenin 10 yıllık kullanımından sonra parçalarının yedek parça olarak değerlendirileceği düşünüldüğünden hurda değeri 0 kabul edilmiştir.

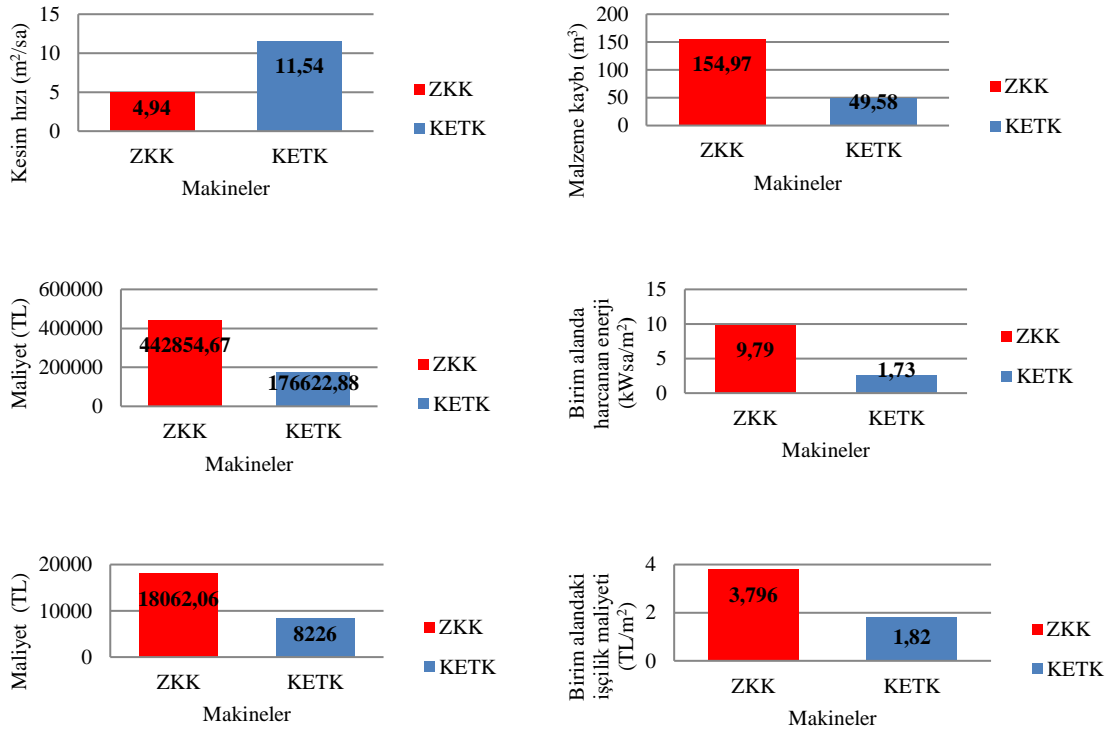
3.3. Kesme makinelerinin karşılaştırılması

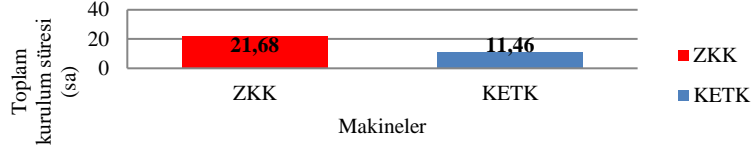
İki yöntemin kesme verileri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Kesme makinelerine ait veriler

Makineler	Kesim hızı (m ² /sa)	Toplam malzeme kaybı (m ³)	Malzeme kaybı maliyeti (TL)	Birim alan kesimi için gerekli harcanan enerji (kWsa/m ²)	Toplam elektrik maliyeti (TL)	Birim alandaki işçilik maliyeti (TL/m ²)
ZKK	4,94	154,97	442854,67	9,79	18062,06	3,796
KETK	11,54	49,58	176622,88	1,73	8226	1,821

Köprülü elmas tel kesme ve Zincirli kollu kesicilere ait kesim performans ve maliyetlerle ilgili değerlendirmelerin grafiksel gösterimleri Şekil 8'de verilmiştir.





Şekil 8:
Makinelere ait kesim performansı ve maliyet analizleri

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan inceleme ve hesaplamalar sonucunda KETK kesim hızı 11,54 m²/sa, ZKK kesim hızı 4,94 m²/sa olarak bulunmuştur. Buna göre köprülü elmas tel kesme makinesi ile yapılan kesim daha verimli olarak belirlenmiştir. Makinelerin kesim boyunca toplam kurulum sürelerine bakıldığında köprülü elmas tel kesme makinesinde 4744 m²'lik alanın kesimi boyunca kurulum için 688 dk'lık (11,46 sa) zaman harcanmıştır. Birim alan için gerekli kurulum süresi (m²'de) 8,696 m²/sa olarak hesaplanmıştır. Zincirli kollu kesme makinesi ile toplam 3689,9 m²'lik alanın kesimi boyunca kurulum için 1301 dk'lık (21,68 sa) zaman harcanmıştır. Birim alanın (m²'de) kesimi için gerekli kurulum süresi 21,1514 m²/sa olarak hesaplanmıştır. Buna göre köprülü elmas tel kesme makinesinin kurulum olarak daha pratik olduğu görülmektedir. Köprülü elmas tel kesme makinesinde toplam 4744 m²'lik alan için toplam işçilik maliyeti 8640 TL olarak bulunmuş olup m²'de 3,796 TL işçilik yapılmıştır. Zincirli kollu kesicide toplam 3689,9 m²'lik alan için toplam işçilik maliyeti 14006,6 TL olarak bulunmuş olup m²'de 3,796 TL olarak işçilik hesaplanmış olup yaklaşık iki kat daha fazla işçilik maliyeti ortaya çıkmaktadır.

Diğer maliyetler olarak köprülü elmas tel kesme makinesi ile toplam 4744 m²'lik alanın kesimi boyunca (elektrik enerjisi, kasnak lastiği, elmas tel dizimi, malzeme kaybı, amortisman) 192802,76 TL bulunmuştur. Zincirli kollu kesici ile toplam 3689,6 m²'lik alanın kesimi boyunca diğer maliyetler (elektrik enerjisi, gres, malzeme kaybı, amortisman) 615077,84 TL olarak bulunmuştur. Buna göre köprülü elmas tel kesme makinesinin daha ekonomik olduğu görülmüştür.

Köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesim işlemi için delik delme işlemleri gerektiğinden, zincirli kollu kesme yönteminde ise delik delmeye gerek olmadığından iş gücü ve zaman bakımından tasarruf sağlanmaktadır. Çalışma kapsamında köprülü elmas tel kesme makinesi avantajlı gibi değerlendirilse de elmas tellerin kopmasından dolayı iş güvenliği açısından zincirli kollu kesici makinenin daha güvenli bir yöntem olduğu görülmüştür. Zincirli kollu kesici makine ile kesim işleminde kesici takımı soğutmak için gres kullanılmakta olup, köprülü elmas tel kesme makinesinde ise su kullanıldığından köprülü elmas tel kesme makinesinin daha çevreci olduğu görülmektedir.

Bütün bu değerlendirmeler sonucunda, köprülü elmas tel kesme makinesinin kesim işleminde daha pratik, ekonomik ve verimli bir makine olduğu kanaati oluşmuştur. Bu çalışmada verilen rakamsal değerler, yalnızca çalışmanın yapıldığı mermer ocak işletmesine ait olup aynı veya farklı tür doğal taş işleyen farklı ocaklarda daha farklı rakamsal veriler ve bunlara bağlı olarak kesim performansları elde edilebilir. Bu nedenle farklı kayaç türleri için de kesim performans ve birim maliyet analizlerinin teknik elemanlar tarafından yapılarak kayaç türlerine göre en uygun kesim yöntemleri belirlenebilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar(lar), bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

YAZAR KATKISI

1. Yazar İbrahim KILIÇ çalışmaların kavramsal ve/veya tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, veri toplama, veri analizi ve yorumlama, makale taslağının oluşturulması, fikrinsel içeriğin eleştirel incelenmesi, son onay ve tam sorumluluk gibi kriterlerde bulunmuştur.

2. Yazar Prof.Dr. Servet DEMİRDAĞ çalışmaların kavramsal ve/veya tasarım süreçlerinin belirlenmesi, makale taslağının oluşturulması, fikrinsel içeriğin eleştirel incelenmesi, son onay ve tam sorumluluk gibi kriterlerde bulunmuştur.

KAYNAKLAR

1. Alkaçır, İ.E. (2016) Bej Mermer Ocağında Elmas Tel Kesim Performans Etüdü,*Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta,177s.
2. Ataei, M., Mikaiel, R., Sereshki, F. and Ghaysari, N. (2012) Predicting The Production Rate of Diamond Wire Saw Using Statistical Analysis, *Arab J Geosci* 5, 1289–1295 (2012). <https://doi.org/10.1007/s12517-010-0278-z>.
3. Avunduk, E., Tumac, D., Basyigit, M., Er, S., Copur, H. ve Balci, C. (2014) Cutting Performance of Chain Saw and Diamond Wire Machines in Beige Marble Quarry, *ISRM International Symposium - 8th Asian Rock Mechanics Symposium*, ARMS 2014 pp. 1573-1578.
4. Cardu, M., Giraudi, A., Murthy, V., Choudhary, B., Shukla, A. (2014) Rock Characterization and Wire Performances for Dimension Stone Cutting by Diamond Wire Saw, *MT Scientific*, (5), 25-37. Retrieved From <https://dergipark.org.tr/en/pub/mtb/issue/32059/3>.
5. Çalışkan, M.A. (2018) Mermer Ocaklarında Kullanılan Zincirli Kesme Makinelerinin Performanslarının Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, 119s. Isparta.
6. Çelik, M.Y., Ersoy, M.,Yeşilkaya, L. ve Kayı, Z. (2017) Mermer Ocaklarında Elmas Tel Kesme ve Zincirli Kollu Kesme Makinelerinin Birlikte Kullanımının İncelenmesi, *Politeknik Dergisi*, 20(2), 459-473. <https://doi.org/10.2339/2017.20.2.459-473>
7. Çopur, H. (2010) Linear Stone Cutting Tests With Chisel Tools for Identification of Cutting Principles and Predicting Performance of Chain Saw Machines, *International Journal of Rock Mechanics And Mining Sciences* 47 (1), pp. 104-120. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2009.09.006>
8. Çopur, H., Balci, C., Tumac, D. ve Bilgin, N. (2011) Field And Laboratory Studies on Natural Stones Leading to Empirical Performance Prediction of Chain Saw Machines, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 48(2), 269-282. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2010.11.011>
9. Çopur, H., Bilgin, N., Balci, C. ve Tumaç, D. (2008) Doğal Taş Madenciliğinde Kullanılan Zincirli Kesme Makinelerinin Kazı Performanslarının Optimizasyonu, TÜBİTAK Rapor No 105M017, 224s.
10. Demirdağ, S. (2001) Mermer İşletmeciliğinde Elmas Telle Kesim Performansının Araştırılması, *Yüksek lisans Tezi*, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 61s.
11. Demirdağ, S. ve Gündüz, L. (2001) Blok İşletmeciliğinde Elmas Tel ve Boncuk Performans Analizi, *Türkiye III. Mermer Sempozyumu*, 3-5 Mayıs 2001, Afyon.

12. Hekimoğlu, O.Z. (2012) Mermer ve Doğal Taş Kesiminde Kullanılan Zincirli Kollu Makinelerinin Kesme Verimliliklerinin Araştırılması, *Mersem 2012*, 8. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi, 13-15 Aralık 2012, Afyonkarahisar, 569-574.
13. Hekimoğlu, O.Z. (2015) Zincirli Kollu Mermer ve Doğaltaş Kesme Makinelerinin Bazı Dinamik, Kinematik ve Tasarım Özellikleri, *Türkiye 5. Uluslararası Maden Makineleri Sempozyumu ve Sergisi*, 1-2 Ekim 2015, Eskişehir.
14. <https://www.dilmermakine.com.tr/kategori/koprulu-makineler>, Erişim Tarihi: 15.12.2019. Konu: *Dilmer makine*.
15. Jain, SC. and Rathore, SS. (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. <https://doi.org/10.1080/17480930802673336>
16. Kanbir, E. S. ve Özçelik, Y. (2012) Development of Cuttability Charts for A Marble Cutting with Diamond Wire in Quarry, Proceedings Of 22nd MERSEM - 8. *International Marble And Natural Stone Congress Afyonkarahisar, Turkey*, pp. 345-353.
17. Mohammadi, J., Ataei, M., Kakaei, R.K., Mikaeil, R. and Haghshenas, S.S. (2018) Prediction of The Production Rate of Chain Saw Machine Using The Multilayer Perceptron (MLP) Neural Network, *Civil Engineering Journal*, Vol. 4, No. 7, July, 2018. <https://doi.org/10.28991/cej-0309196>
18. Özçelik, Y. (2008) Development of A Single Diamond Bead Test Machine for Marble Cutting, (IDR) *Ind. Diamond Rev.* 68 56-62.
19. Özçelik, Y. (1999) Mermercilikte Elmas Tel Kesme Makinelerinin Çalışma Koşullarının İncelenmesi, *Doktora Tezi*, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 242s.
20. Sarıışık, A. ve Sarıışık, G. (2010) Efficiency Analysis of Armed-Chained Cutting Machines in Block Production in Travertine Quarries, *The Journal Of The Southern African Institute Of Mining And Metallurgy*, 110, pp.473-480.
21. Sarıışık, A. ve Sarıışık, G. (2013) Investigation of The Cutting Performance of The Natural Stone Block Production in Quarries with Armed-Chain Cutting Machine, Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers, Part C: *Journal Of Mechanical Engineer*. <https://doi.org/10.1177%2F0954406212460151>
22. Tumaç, D. (2014) Predicting The Performance of Chain Saw Machines Based on Shore Scleroscope Hardness, *Rock Mech Rock Eng.* 47(2): 703–715. <https://doi.org/10.1007/s00603-013-0416-5>

