

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AMASRA BÖLGESİNDE KULLANILAN ORTA AĞIRLIKTAKİ GALERİ AÇMA
MAKİNALARININ PERFORMANS VE
UÇ TÜKETİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUHAMMET AKKAŞ

MART 2019

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AMASRA BÖLGESİNDE KULLANILAN ORTA AĞIRLIKTAKİ GALERİ AÇMA
MAKİNALARININ PERFORMANS VE
UÇ TÜKETİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet AKKAŞ

DANIŞMAN: Doç. Dr. Okan SU

ZONGULDAK

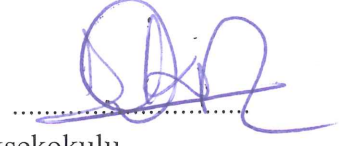
Mart 2019

KABUL:

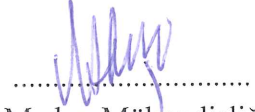
Muhammet AKKAŞ tarafından hazırlanan “Amasra Bölgesinde Kullanılan Orta Ağırlıktaki Galerî Açma Makinalarının Performans ve Uç Tüketimlerinin Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 29/03/2019

Danışman: Doç. Dr. Okan SU

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak Meslek Yüksekokulu,
Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü

**Üye:** Prof. Dr. Nuri Ali AKÇIN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği
Bölümü

**Üye:** Doç. Dr. Deniz TUMAÇ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.


..../..../20....



Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Muhammet AKKAŞ



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AMASRA BÖLGESİNDE KULLANILAN ORTA AĞIRLIKTAKİ GALERİ AÇMA MAKİNALARININ PERFORMANS VE UÇ TÜKETİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Muhammet AKKAŞ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Okan SU

Mart 2019, 229 sayfa

Madencilik ve tünel kazılarında daha hızlı ve ekonomik yollarla hedefe ulaşmak için çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir. Kollu galeri açma makineleri kullanım yerine ve amacına uygun seçildiği takdirde hızlı bir kazının yanı sıra emniyetli, esnek, taşınabilir ve ekonomik kazı imkanı sağlamaktadır. Farklı dayanım değerine sahip formasyonlarda ve kazı kesitlerinde kullanılabilir olmaları maden ve tünelcilik projelerine zaman ve maliyet yönünden olumlu etki etmektedir.

Türkiye'nin en büyük taşkömürü havzası olan Amasra Bölgesinde hazırlık galerileri sürmek amacıyla 1 adet DH R60T ve 2 adet DH R75T model travers tip kollu galeri açma makinası 2015 yılında Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş. tarafından satın alınmış ve kazıya başlanmıştır. Üç galeri açma makinası 2017 yılı sonuna kadarki 41 aylık kazı sonucunda toplamda 3182 m ilerlemiş ve ortalama 78 m/ay ilerleme kaydetmiştir. İlerleme miktarları ise 19,7 m/ay ile 146 m/ay arasında değişmiştir.

ÖZET (devam ediyor)

Bu tez çalışmasında, Amasra bölgesinde ki galeri açma makinalarının performans değerlendirilmesi, keski tüketimleri, net kazı hacimleri, spesifik enerji değerleri, makinadan faydalanma oranları gibi parametreler kazı sırasında kayıt altına alınarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, kayaçların eşdeğer kuvars içeriği ile farklı kesici uçların metalurjik özelliklerinin keski tüketimine etkileri, CAI değerleri, ortalama tane boyutu, arazideki Schmidt sertlik çekici değerleri ve bu değerlerin makine performansına ve spesifik enerjiye olan etkisi incelenmiştir. Bu bağlamda galeri açma makinalarının net kazı hacmi 10 m³/h – 112 m³/h arasında, spesifik enerji değeri ise 1,12 kWh/m³–7,19 kWh/m³ arasında değişiklik göstermiştir. Tüm galeri açma makinelerinde tüketilen ortalama birim keski tüketimi 0,1 adet/m³ olarak hesaplanmıştır. Makinadan faydalanma oranlarının ise % 2,49 - %21,3 arasında değiştiği görülmüştür.

Keskilerin kobalt yüzdesinin % 4,11 - % 11,31 arasında ve wolfram yüzdesinin ise % 77,24 - % 89,76 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kayaç türlerine göre keski tüketimi değerlerinin 0,002 – 0,737 adet/m³ arasında, kuvars içeriğinin ise % 44 - % 68 arasında değiştiği görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlara göre de kuvars içeriği ve kobalt içeriğinin keski tüketimlerinde önemli derecede etkili olduğu ispatlanmıştır. Arazide ölçülen Schmidt çekici sonuçlarından spesifik enerji ve net kazı hacmi ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen tüm bulgular ileride Zonguldak Taşkömürü Havzasında bir başka ocakta galeri açma makinesi kullanılması halinde çalışacak mühendisler için yol gösterecek ve ışık tutacaktır.

Anahtar Kelimeler: Net kazı hacmi, Keski tüketimi, Makinadan faydalanma oranı, Schmidt çekici, Spesifik enerji, Eşdeğer kuvars içeriği, Cerchar aşınma indeksi

Bilim Kodu: 607.01.03

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

ASSESSMENT OF PERFORMANCE AND PICK CONSUMPTION OF MEDIUM DUTY ROADHEADERS DRIVEN IN AMASRA COALFIELD

Muhammet AKKAŞ

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mining Engineering**

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Okan SU

March 2019, 229 pages

In mining and tunnel excavations, various technologies have been developed in order to reach the goals in faster and more economic ways. In case the roadheaders are selected properly for the purpose of excavation, they would provide safe, flexible, portable and economical performances as well as a faster excavation. Their usability in formations having various rock strengths and in different cross sections provide a positive impact in mining and tunneling projects in terms of time and costs.

In order to drive the development galleries in Amasra coalfield, which is the largest basin in Turkey, one DH R60T and two DH R75T model transverse type roadheaders have been purchased by Hattat Energy and Mining Company in 2015 and has begun to excavation. Three roadheaders advanced a total of 3182 m after 41 months of excavation until end of 2017 and recorded an average advance rate of 78 m/month. The average advance rate also varied between 19.7 m and 146 m per month.

ABSTRACT (continued)

In this thesis, the performance of roadheaders in Amasra coalfield and a number of parameters such as pick consumption, instantaneous cutting rate, specific energy, and machine utilization ratio were evaluated based on the records derived from roadheader excavations. In addition, the effects of equivalence quartz content and metallurgical properties of different bits on bit consumption, CAI values, average grain size, Schmidt hardness values in the field and their influence on machine performance and specific energy were taken into consideration. In this context, the instantaneous cutting rate of the machines ranged from 10 m³/h to 112 m³/h and the specific energy varied between 1,12 kWh /m³ and 7,19 kWh /m³. The average bit consumption in all machines was calculated to be 0,1 pick/m³. It was also found that the machine utilization ratio changed between 2.49% and 21.3%.

The cobalt percentage of picks ranged from 4.11% to 11.31% and the wolfram percentage varied between 77.24% and 89.76%. Considering different types of rocks, bit consumption values were found to be between 0.002 – 0.737 pick/m³ while the quartz content ranged from 44% to 68%. According to these results, it was proved that the quartz and cobalt contents are significantly affects the bit consumption rate. Schmidt hammer test results obtained in the field showed that there is a reasonable correlation between the specific energy and instantaneous cutting rate.

All these results will guide and shed light to the engineers who will drive a roadheader in another colliery located at the Zonguldak Hardcoal Basin in the future.

Keywords: Instantaneous cutting rate, Cutter consumption, Machine utilization ratio, Schmidt hammer, Specific Energy, Equivalent quartz content, Cerchar abrasivity index.

Science Code: 607.01.03

TEŞEKKÜR

Yazar, tez çalışmaları ve çalışma hayatı süresince her türlü desteğini sağlayan, daima yol gösterici olan ve tez çalışmalarında yönlendiren, tez danışmanım sayın Doç. Dr. Okan SU'ya teşekkürlerini sunar.

Ayrıca laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Ü. Gürkan BACAĞ'a, arkadaşlarım Arş. Gör. Haşim DURU ve Arş. Gör. Dr. Utku SAKIZ'a ve Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümündeki tüm hocalarına da teşekkürlerini bir borç bilir.

Yüksek lisans tez çalışmasında bana her türlü desteği veren ve şirket içindeki sorumluluklarıma yön veren Salih S. ŞENKAL'a, desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş. teknik personeline ve mesai arkadaşlarına verdikleri değerli bilgilerden ötürü teşekkürlerini sunar.

Tez aşamasında kendisini hiç yalnız bırakmayan, her türlü destek ve sevgisini gösteren sevgili eşi Yaprak Özdemir AKKAŞ'a ve sosyal hayattan kopmamasını sağlayan meslektaşısı Hüseyin IŞIK'a özel olarak teşekkürlerini sunar.

Son olarak hayatımın her alanında maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen ve bugünlere gelebilmemde büyük emekleri olan ailesine teşekkür eder.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xix
SİMGELER VE KISLATMALAR.....	xxi
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 MEKANİZE KAZI.....	3
2.1 KAYAÇLARIN KAZILABİLİRLİĞİ.....	4
2.2 KESKİ TİPLERİ.....	6
2.2.1 Tungsten Karbit Uçlar.....	9
2.2.2 Polikristalin Elmas Yapılı (PDC) Uçlar.....	10
BÖLÜM 3 KOLLU GALERİ AÇMA MAKİNALARI.....	13
3.1 KOLLU GALERİ AÇMA MAKİNALARININ YAPISI.....	14
3.1.1 Kesici Kafa.....	15
3.1.2 Kol.....	16
3.1.3 Kesici Kafa Redüktörü.....	17
3.1.4 Kesici Kafa Teleskobu.....	18
3.1.5 Kesikiler.....	19
3.1.6 Kesici Uç Tutucular.....	22
3.1.7 Yükleme Ünitesi.....	24

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.1.8 Yürüme Ünitesi	25
3.1.9 Aktarma Ünitesi	29
3.2 KOLLU GALERİ AÇMA MAKİNALARININ SINIFLANDIRILMASI	32
BÖLÜM 4 KOLLU GALERİ AÇMA MAKİNASI SEÇİM KRİTERLERİ.....	35
4.1 MAKİNE ÖZELLİKLERİNE VE KAYACA BAĞLI PARAMETRELER.....	35
4.2 MAKİNE ÖZELLİKLERİNDEN BAĞIMSIZ PARAMETRELER.....	42
4.3 İŞLETME MALİYETİ	42
BÖLÜM 5 KOLLU GALERİ AÇMA MAKİNALARI PERFORMANS TAHMİN YÖNTEMLERİ.....	43
5.1 TAM BOYUTLU DOĞRUSAL KESME DENEYİ	43
5.2 KÜÇÜK BOYUTLU DOĞRUSAL KESME DENEYİ.....	46
5.3 SCHMİDT ÇEKİCİ İLE PERFORMANS TAHMİNİ.....	47
5.4 KESKİ TÜKETİM TAHMİN YÖNTEMLERİ.....	52
5.4.1 Kuvars İçeriği.....	60
5.4.2 Eşdeğer Kuvars İçeriği.....	62
5.5 GÖRGÜL YAKLAŞIMLAR.....	70
BÖLÜM 6 AMASRA BÖLGESİNİN TANITIMI VE BÖLGEDE KULLANILAN MAKİNALAR	83
6.1 AMASRA BÖLGESİ VE JEOLJİK YAPISI	83
6.2 GALERİ AÇMADA KULLANILAN MAKİNALAR.....	88
6.2.1 DH R60T Galeri Açma Makinası.....	89
6.2.2 DH R75T Galeri Açma Makinesi.....	100
6.2.3 Kazıda Kullanılan Keskiler	104
6.2.3.1 DH R60T Kollu Galeri Açma Makinesinde Kullanılan Keskiler	104
6.2.3.2 DH R75T Kollu Galeri Açma Makinesinde Kullanılan Keskiler	110
6.3 AMASRA BÖLGESİNDE DAHA ÖNCE YAPILAN ÇALIŞMALAR	114

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 7 LABORATUVAR ÇALIŞMALARI.....	125
7.1 PETROGRAFİK ANALİZLER.....	125
7.2 EŞDEĞER KUVARS İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ	137
7.3 CERCHAR AŞINMA İNDEKSİ.....	139
7.4 KESKİLERİN METALURJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ	142
BÖLÜM 8 ARAZİ ÇALIŞMALARI.....	147
8.1 DH R60T KGAM PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ	147
8.2 1. DH R75T KGAM PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ	174
8.3 2.DH R75T KGAM PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ	191
8.4 GALERİ AÇMA MAKİNALARININ KARŞILAŞTIRILMASI	204
8.5 SCHMİDT ÇEKİCİ İLE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ.....	209
BÖLÜM 9 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	219
KAYNAKLAR.....	225
ÖZGEÇMİŞ	229



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Kazı maliyetinin tünel uzunluğuna bağlı olarak değişimi	4
Şekil 2.2 Mekanize kazıda kullanılan keski tipleri.	7
Şekil 2.3 Bir keskiye gelen kuvvetler.....	8
Şekil 2.4 Polikristalin elmas yapılı uçlar.....	11
Şekil 3.1 Bir kollu galeri açma makinasının parçaları	14
Şekil 3.2 Kesici kafa tipleri	15
Şekil 3.3 Kol gövdesi bölümleri.....	17
Şekil 3.4 Kesici kafa redüktörü	17
Şekil 3.5 Kesici kafa teleskobu.	18
Şekil 3.6 Radyal, ileri atımlı ve konik keskiiler	19
Şekil 3.7 Radyal ve ileri atımlı uçlar.....	20
Şekil 3.8 Konik keskiiler	20
Şekil 3.9 Kesici uç aşınma şekilleri	21
Şekil 3.10 Kesici ucun, uç tutucuya segmanla kilitlenmesi	23
Şekil 3.11 Uç kovana ve uç tutucu.....	23
Şekil 3.12 Yükleme grubu ünitesi ve yıldız çarklar	24
Şekil 3.13 Yengeç kollu yükleme ünitesi.....	25
Şekil 3.14 Çift zincirli toplayıcı	25
Şekil 3.15 Yürüyüş paleti ve gerdirme sistemleri	27
Şekil 3.16 Yürüyüş paleti genel görünümü	27
Şekil 3.17 Ağır makinalar için tasarlanmış geniş palet sistemi.....	28
Şekil 3.18 Ağır makinalar için tasarlanmış farklı palet sistemi	28
Şekil 3.19 Zincirli konveyör arka bölümü ve gerdirme silindiri.....	29
Şekil 3.20 Zincirli konveyör orta ve arka bölümü	30
Şekil 3.21 Zincirli konveyör gerdirme sistemi.....	30
Şekil 3.22 Zincirli konveyör genel görünümü	31
Şekil 3.23 Köprü bandı ön kesit görünümü.....	31
Şekil 3.24 Köprü bandı yan kesit görünümü ve akış şeması.....	32
Şekil 3.25 Kesici kafa gücü ile makine ağırlığı arasındaki ilişki	34
Şekil 3.26 Kesici kafa gücü ve makine ağırlığı arasındaki ilişki	34
Şekil 4.1 Kollu galeri açma makinesi seçim abağı.....	38
Şekil 4.2 Keski aşınma oranı abağı.	41
Şekil 4.3 Yüksek kaliteli 22 mm tungsten karbit çaplı kesici uçların çift tamburlu (travers) kesici kafa için düşük hızlı kazıda birim keski tüketimi.....	41
Şekil 5.1 Tam boyutlu doğrusal kesme deney aleti görünümü	44
Şekil 5.2 Spesifik enerji ve keskiiler arası mesafe / kesme derinliği ilişkisi.....	45

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.3 Küçük boyutlu doğrusal kesme deneyi	46
Şekil 5.4 Schmidt çekici genel kısımları ve parçaları	48
Şekil 5.5 Tek eksenli basınç dayanımı ve Schmidt sertliği arasındaki ilişki	48
Şekil 5.6 Net kazı hacmi ve Schmidt çekici değeri arasındaki ilişki.	50
Şekil 5.7 Çeşitli araştırmacılara göre kıyaslanan tek eksenli basınç dayanımı ve Schmidt çekici değeri arasındaki ilişki	51
Şekil 5.8 Laboratuvar spesifik enerjisi ve Schmidt çekici değeri arasındaki ilişki	51
Şekil 5.9 Tüm jeolojik koşullar ve KGAM için UCS - BCR ilişkisi	53
Şekil 5.10 Travers tip KGAM ve sedimanter kayaçlar için BCR – UCS/(PxW) ilişkisi	53
Şekil 5.11 Travers tip KGAM ve sedimanter kayaçlar için BCR – RCI ilişkisi	54
Şekil 5.12 RMBI ve PCR arasındaki ilişki.....	56
Şekil 5.13 PCI ve PCR arasındaki ilişki.....	56
Şekil 5.14 Ölçülen ve tahmin edilen keski tüketimi arasındaki ilişki	57
Şekil 5.15 Travers tip 300 kW KGAM için keski tüketim tahmini	58
Şekil 5.16 Eksenel tip 300 kW KGAM için keski tüketim tahmini.....	58
Şekil 5.17 Keski tüketimi ve CAI arasındaki ilişki.....	59
Şekil 5.18 Keski tüketiminin ekonomiklik sınırları	60
Şekil 5.19 Keski tüketimi ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki	61
Şekil 5.20 Eşdeğer kuvars içeriği ve CAI arasındaki ilişki.....	63
Şekil 5.21 Kumtaşı, metamorfik ve volkanik kayaçlar için CAI ve EQC ilişkisi.....	64
Şekil 5.22 CAI ve kuvars içeriği arasındaki ilişki.....	65
Şekil 5.23 CAI ve EQC arasındaki ilişki.....	65
Şekil 5.24 CAI ve Q arasındaki ilişki.....	66
Şekil 5.25 CAI ve Q arasındaki ilişki (çamurtaşı örnekleri çıkarıldığında).....	66
Şekil 5.26 CAI ve eşdeğer kuvars içeriği arasındaki ilişki	67
Şekil 5.27 Kuvars içeriği, eşdeğer kuvars içeriği (Q_{eq}) ve CAI arasındaki ilişki.	67
Şekil 5.28 Eşdeğer kuvars içeriği ve CAI arasındaki ilişki (çamurtaşı örnekleri çıkarıldığında)	68
Şekil 5.29 CAI ve RAI arasındaki ilişki.....	69
Şekil 5.30 Farklı kayaçlar için RAI değerleri	70
Şekil 5.31 Net kazı hacmi tahmin abağı.....	72
Şekil 5.32 Arazi net kazı hacmi ve spesifik enerji arasındaki ilişki.....	73
Şekil 5.33 Travers tip KGAM için net kazı hacmi tahmini	73
Şekil 5.34 Eksenel tip KGAM için net kazı hacmi tahmini	74
Şekil 5.35 Eickhoff ET 120 tip KGAM'ın kesme performansı	74
Şekil 5.36 Eklem aralığı ve net kazı hacmi arasındaki ilişki	75
Şekil 5.37 Tüm jeolojik koşullarda ve her tip KGAM'lar için ICR ve UCS ilişkisi	76
Şekil 5.38 Sedimanter kayaçlar için UCS ve ICR ilişkisi	76
Şekil 5.39 Travers tip KGAM ve evaporitik kayaçlar için ICR ve RPI ilişkisi	77

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.40 d=9 mm kesme derinliğinde tek eksenli basınç dayanımı ve optimum spesifik enerji arasındaki ilişki.....	77
Şekil 5.41 d=9 mm kesme derinliğinde optimum spesifik enerji ve Brezilyan çekme dayanımı arasındaki ilişki.....	78
Şekil 5.42 d=9 mm kesme derinliği için optimum spesifik enerji ve Statik elastisite modülü ilişkisi	78
Şekil 5.43 d=9 mm kesme derinliğinde optimum spesifik enerji ve Dinamik elastisite modülü ilişkisi	79
Şekil 5.44 Çeşitli araştırmacılar göre yapılan bu çalışmanın net kazı hacmi ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.....	79
Şekil 5.45 Tek eksenli basınç dayanımı ve net kazı hacmi arasındaki ilişki	80
Şekil 5.46 RMBI ve ICR arasındaki ilişki.....	81
Şekil 5.47 ICR ve ABS log RMBI arasındaki ilişki.....	81
Şekil 6.1 Amasra B sahası bölgesi	83
Şekil 6.2 Amasra bölgesi stratigrafik kesiti	85
Şekil 6.3 Sondaj lokasyon haritası	86
Şekil 6.4 Amasra B bölgesi doğu sahası işletme projesi.....	87
Şekil 6.5 İşletme sahalarının genel görünümü ve kuyular.	88
Şekil 6.6 Galeri açma makinası montaj planı.....	89
Şekil 6.7 Galeri kesitinin genel görünümü.....	91
Şekil 6.8 Galeri açma makinesi, köprü bandı, toz tutucu ve enerji treni planı.	92
Şekil 6.9 DH R60T KGAM kazı kesiti.	94
Şekil 6.10 DH R60T KGAM genel görünümü.	94
Şekil 6.11 DH R60T kazı şekilleri ve kesme kafası dönme yönü.....	95
Şekil 6.12 Galeri açma makinesi bağ kaldırma aparatı.....	96
Şekil 6.13 B24 galerisi tahkimat modeli kesiti.	97
Şekil 6.14 Kuru karışım beton santrali ön görünüm.	99
Şekil 6.15 Kuru karışım beton santrali yan görünümü.....	99
Şekil 6.16 DH R75T galeri açma makinesi kazı kesiti	100
Şekil 6.17 DH R75T kollu galeri açma makinası genel görünümü	101
Şekil 6.18 DH R75T kollu galeri açma makinesi kazı şekilleri	102
Şekil 6.19 Betek kesici uç.	104
Şekil 6.20 Betek kesici uç aşınma şekilleri.....	105
Şekil 6.21 AM105 Sandvik modifiye keski.....	106
Şekil 6.22 Technong kesici uç ve aşınma şekilleri.....	107
Şekil 6.23 Sunrise kesici uç ve aşınma şekilleri.....	108
Şekil 6.24 DH R60T model KGAM kesici uç kovanı ve tutucusu.	109
Şekil 6.25 DH R75T Betek keski teknik çizimi.	110
Şekil 6.26 DH R75T Sunrise keski teknik çizim.	111
Şekil 6.27 AM105 Sandvik keski teknik çizim.....	111

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 6.28 DH R75T Technong keski teknik çizimi.	112
Şekil 6.29 AM105 Sandvik CST keski teknik çizim.	112
Şekil 6.30 DH R75T China Coal keski teknik çizimi.	113
Şekil 6.31 DH R75T kesici uç tutucu ve kesici kafa teknik çizimleri.	114
Şekil 6.32 TTK'da galeri ilerlemeleri (Yaralı vd. 2018).	121
Şekil 6.33 TTK'da 2010-2017 yılları arasında fiili galeri ilerlemeleri ve gerçekleşen tüvenan üretim	121
Şekil 6.34 Karadon, Üzülmez, Kozlu ve Amasra Müesseselerine ait kömür çevre kayaçlarının CAI değerleri ile aşındırıcılık sınıflamaları	123
Şekil 6.35 Kollu galeri açma makinaları için tek eksenli basınç dayanımı ve kesici kafa gücüne bağlı olarak net kazı miktarı tahmin diyagramı	124
Şekil 6.36 CAI'ya bağlı olarak keski tüketim tahmini.....	124
Şekil 7.1 Feldispatlı litikarenit özelliğinde kaba taneli kumtaşı kayaç örneğinin mikroskop altındaki mineralojik bileşenleri.	127
Şekil 7.2 İnce taneli silttaşı mikroskop altındaki mineralojik bileşenleri.	128
Şekil 7.3 Feldspatlı litikarenitik kumtaşı kayaç örneğinin mikroskop altındaki mineralojik bileşenleri.....	129
Şekil 7.4 Feldispatlı litikarenit özelliğinde kaba taneli kumtaşı.	130
Şekil 7.5 Litik parçacıklı kumtaşı kayaç örneğinin mikroskop altındaki mineralojik bileşimi.	131
Şekil 7.6 Orta taneli feldispatlı litikarenitik kumtaşı mineralojik bileşenleri.	132
Şekil 7.7 İnce taneli silttaşı kayaç örneğinin mikroskop altındaki mineralojik bileşenleri... ..	133
Şekil 7.8 Feldispatlı litikarenit bileşimli kumtaşı kayaç örneğinin mineralojik bileşenleri... ..	134
Şekil 7.9 İnce taneli litikarenitik kumtaşı kayaç örneğinin mineralojik bileşenleri.....	136
Şekil 7.10 Numunelerin silis içeriğinin folk üçgeninde gösterilmesi.	136
Şekil 7.11 Eşdeğer kuvars içeriği ve arazideki keski tüketimi arasındaki ilişki.	140
Şekil 7.12 CAI ve ortalama tane boyutu arasındaki ilişki.....	140
Şekil 7.13 CAI ve keski tüketimi arasındaki ilişki.....	141
Şekil 7.14 CAI ve EQC arasındaki ilişki.	142
Şekil 7.15 Kobalt yüzdesi ve keski tüketimi arasındaki ilişki.....	144
Şekil 7.16 Wolfram yüzdesi ve keski tüketimi arasındaki ilişki.	145
Şekil 8.1 DH R60T kollu galeri açma makinesi aylık ilerlemeler.	148
Şekil 8.2 DH R60T'nin 1612 galerisindeki ilerlemelerinin plan görünüşü.	149
Şekil 8.3 DH R60T aylara göre ortalama net kazı hacimleri.	151
Şekil 8.4 DH R60T kayaç türlerine göre net kazı hacimleri.	152
Şekil 8.5 DH R60T aylık keski tüketimleri.....	154
Şekil 8.6 DH R60T kayaç türlerine göre keski tüketimleri.....	154
Şekil 8.7 DH R60T keski markalarında gerçekleşen keski tüketimleri.	156
Şekil 8.8 DH R60T keski markalarında gerçekleşen birim maliyetler.	156
Şekil 8.9 Kömürlü bir arında tavan ve taban taşı durumu.....	157

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 8.10 DH R60T Sunrise keski aşınma yüzdeleri.	158
Şekil 8.11 DH R60T Betek keski aşınma yüzdeleri.	158
Şekil 8.12 Betek kesici uçlar aşınma şekilleri.	159
Şekil 8.13 Sunrise kesici uçlar aşınma şekilleri.	159
Şekil 8.14 DH R60T kesici kafada kırılan kesici uç tutucular.	161
Şekil 8.15 Kırılan ve aşınan kesici uç tutucuların oksijen ile kesilmesi.	162
Şekil 8.16 DH R60T kesici kafa yüzeyinin spiral ile tıraşlanması ve düzlenmesi.	162
Şekil 8.17 DH R60T kesici kafa şablonu konumunun ayarlanması.	163
Şekil 8.18 DH R60T kesici uç tutucu açısının ve helis numarasının ayarlanması.	163
Şekil 8.19 DH R60T kesici uç tutucunun puntalanması.	164
Şekil 8.20 DH R60T aylık ortalama spesifik enerji değerleri.	166
Şekil 8.21 DH R60T kayaç türlerine göre ortalama spesifik enerji değerleri.	167
Şekil 8.22 DH R60T aylara göre makinadan faydalanma oranları.	169
Şekil 8.23 DH R60T makinadan faydalanma oranı ve ilerleme miktarı arasındaki ilişki.	169
Şekil 8.24 DH R60T Mayıs ve Haziran ayı performans değerlendirmesi.	170
Şekil 8.25 DH R60T Temmuz ve Ağustos ayı performans değerlendirmesi.	171
Şekil 8.26 1.DH R75T galeri açma makinesinin aylık ilerleme miktarları.	174
Şekil 8.27 1.DH R75T aylık ilerleme miktarları ve planı.	175
Şekil 8.28 1.DH R75T aylık ortalama net kazı hacimleri.	177
Şekil 8.29 1.DH R75T kayaç türlerine göre net kazı hacimleri.	177
Şekil 8.30 1.DH R75T aylık birim keski tüketimleri.	179
Şekil 8.31 1.DH R75T kayaç türlerine göre keski tüketimleri.	179
Şekil 8.32 1.DH R75T de kullanılan konik keski tüketimlerinin karşılaştırılması.	181
Şekil 8.33 1.DH R75T keski markaları ve maliyet karşılaştırmaları.	182
Şekil 8.34 1.DH R75T aylık ortalama spesifik enerji değerleri.	184
Şekil 8.35 1.DH R75T kayaç türlerine göre spesifik enerji değerleri.	184
Şekil 8.36 1.DH R75T aylara göre makinadan faydalanma oranları.	186
Şekil 8.37 1.DH R75T makinadan faydalanma oranı ve ilerleme miktarı arasındaki ilişkisi.	186
Şekil 8.38 Ekim ve kasım ayı performans değerlendirmesi.	187
Şekil 8.39 2.DH R75T aylara göre yapılan ilerlemeler.	192
Şekil 8.40 2.DH R75T aylık ortalama net kazı hacimleri.	192
Şekil 8.41 2. DH R75T kayaç türlerine göre net kazı hacimleri.	194
Şekil 8.42 Aylara göre spesifik enerji değerleri.	194
Şekil 8.43 2.DH R75T kayaç türlerine göre spesifik enerji değerleri.	196
Şekil 8.44 2.DH R75T aylara göre ortalama makinadan faydalanma oranları.	197
Şekil 8.45 MFO ve ilerleme miktarı arasındaki ilişki.	198
Şekil 8.46 2.DH R75T mart ayı performans değerlendirmesi.	198
Şekil 8.47 2.DH R75T nisan ayı performans değerlendirmesi.	199
Şekil 8.48 2.DH R75T aylara göre ortalama birim keski tüketimleri.	201
Şekil 8.49 2.DH R75T kayaç türlerine göre keski tüketimleri.	201

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 8.50 2.DH R75T keski markası ve kayaç türlerine göre keski tüketimleri.	202
Şekil 8.51 2.DH R75T keski markası ve kayaç türlerine göre maliyet karşılaştırması.....	203
Şekil 8.52 Galeri açma makineleri ve ortalama aylık ilerlemeler.	205
Şekil 8.53 Galeri açma makinelerinin ortalama birim keski tüketimleri.	206
Şekil 8.54 Galeri açma makinelerinin ortalama net kazı hacimleri.	207
Şekil 8.55 Galeri açma makinelerinin ortalama spesifik enerji değerleri.	207
Şekil 8.56 Galeri açma makinaları ve makinadan faydalanma oranları.	208
Şekil 8.57 Galeri açma makinaları aylık ilerleme miktarları ve MFO arasındaki ilişki	209
Şekil 8.58 Kayaç türleri ve ilerleme hızları.....	211
Şekil 8.59 Kayaç birimlerindeki ortalama ilerleme hızları.	213
Şekil 8.60 Kayaç birimleri içerisindeki keski tüketimleri.....	213
Şekil 8.61 Kayaç türlerinde ortalama spesifik enerji değerleri.	214
Şekil 8.62 Schmidt değeri ve ilerleme hızı ilişkisi.....	214
Şekil 8.63 Spesifik enerji ve Schmidt değeri arasındaki ilişki.	215
Şekil 8.64 Schmidt değeri ve keski tüketimi arasındaki ilişki.	216
Şekil 8.65 Keski tüketimi ve spesifik enerji arasındaki ilişki.	216

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Kayaç kazılabilirliği ile ilgili sabit, değişken ve yarı değişken parametreler	6
Çizelge 2.2 Tungsten karbid uç türleri	9
Çizelge 3.1 Tarihsel sınıflama.....	33
Çizelge 3.2 Kollu galeri açma makinası sınıflandırılması	33
Çizelge 4.1 Kazı makinelerinin performansını etkileyen parametreler.....	35
Çizelge 4.2 Kazı performansını etkileyen faktörler	37
Çizelge 4.3 Cerchar aşınma indeksi sınıflaması.....	40
Çizelge 5.1 Schmidt çekicine göre kaya sertliğinin sınıflandırılması	49
Çizelge 5.2 Schmidt çekici değeri ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki bazı bağıntılar	49
Çizelge 5.3 RAI için aşındırıcılık sınıflaması	69
Çizelge 5.4 Performans tahmin yöntemleri.....	71
Çizelge 6.1 Galeri açma makinası montaj termini.....	90
Çizelge 6.2 DH R60T KGAM teknik özellikleri	93
Çizelge 6.3 Kuru karışım püskürtme beton miktarları.....	98
Çizelge 6.4 DH R75T KGAM teknik özellikleri	103
Çizelge 6.5 Amasra bölgesindeki damarların mekanik dayanımlarının sınıflandırılması . . .	115
Çizelge 6.6 Kömür yan kayaçları üzerinde yapılan deney sonuçları	115
Çizelge 6.7 Kayaçların tek eksenli basınç dayanımı	116
Çizelge 6.8 Brazilian çekme dayanımı sonuçları	116
Çizelge 6.9 Taşkömürü havzasında çeşitli bölgelerden alınan örneklerin Cerchar aşınma indeksi değerleri	117
Çizelge 6.10 Amasra taşkömürü bölgesi Cerchar aşınma indeksi değerleri	117
Çizelge 6.11 Tek eksenli basınç dayanımı ve statik elastisite modülü	118
Çizelge 6.12 Brazilian dolaylı çekme dayanımı ve CAI değerleri.....	118
Çizelge 6.13 Nokta yükü dayanımı değerleri.....	119
Çizelge 6.14 Küçük boyutlu doğrusal kesme deneyi sonuçları	119
Çizelge 6.15 Performans tahmininde kullanılan ortalama formasyon özellikleri	120
Çizelge 7.1 Galerilerde numune alınan lokasyonlar.....	126
Çizelge 7.2 Eşdeğer kuvars içerikleri.....	137
Çizelge 7.3 Eşdeğer kuvars içeriği, tane boyutu, arazideki keski tüketimi ve CAI değerleri.	139
Çizelge 7.4 Kesici uçların metalurjik özellikleri ve yüzde değerleri.....	143
Çizelge 7.5 Keski markalarına göre yapılan ilerlemeler, keski tüketimleri ve metal yüzdeleri.....	143
Çizelge 8.1 DH R60T aylara ve yıllara göre ilerlemeler ve net kazı hacimleri.....	150
Çizelge 8.2 DH R60T aylara göre keski tüketimleri ve kazılan kayaç türleri.....	152
Çizelge 8.3 DH R60T model makinede kullanılan keskilerin maliyet karşılaştırılması.....	155
Çizelge 8.4 DH R60T Sunrise ve Betek keskilerin aşınma karşılaştırması.....	157
Çizelge 8.5 DH R60T aylara göre spesifik enerji değerleri.....	165
Çizelge 8.6 DH R60T makinadan faydalanma oranları.....	168
Çizelge 8.7 DH R60T galeri açma makinasında meydana gelen arızalar.....	172
Çizelge 8.8 1.DH R75T aylık ilerleme miktarları ve net kazı hacimleri.....	176
Çizelge 8.9 1.DH R75T aylık keski tüketimleri ve kullanılan markalar.....	178

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 8.10 1.DH R75T keski markalarının karşılaştırılması.	180
Çizelge 8.11 1.DH R75T aylara göre spesifik enerji değerleri.	183
Çizelge 8.12 1.DH R75T aylara göre makinadan faydalanma oranları.	185
Çizelge 8.13 1.DH R75T galeri açma makinasında meydana gelen arıza türleri ve süreler..	188
Çizelge 8.14 2.DH R75T aylık ilerlemeler ve net kazı hacimleri.	193
Çizelge 8.15 2.DH R75T aylara göre ortalama spesifik enerji değerleri.	195
Çizelge 8.16 2.DH R75T makinadan faydalanma oranları.	196
Çizelge 8.17 2.DH R75T aylık keski tüketimleri ve maliyetler.	200
Çizelge 8.18 2.DH R75T keski maliyetlerinin marklara göre karşılaştırılması.	202
Çizelge 8.19 Galeri açma makinalarının ilerleme ve keski tüketimlerinin karşılaştırılması..	204
Çizelge 8.20 Üst taban yolundan ölçülen ilerlemeler, kazı süreleri, kazı hacimleri ve ilerleme hızları.....	211
Çizelge 8.21 Keski tüketimleri, Schmidt değeri ve spesifik enerji değerleri.....	212
Çizelge 8.22 Kayaç birimlerinde gerçekleşen ortalama performans değerleri	212

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

σ_c	: tek eksenli basınç dayanımı
ϕ	: elektrik motoru güç etkeni
α	: kesme açısı

KISALTMALAR

AC	: Alternative Current
ATİ	: Amasra Taşkömürü İşletmesi
BCR	: Bit Consumption Rate
BTS	: Brazilian Tensile Strength
CAI	: Cerchar Abrasivity Index
CHD	: Cutter Head Diameter
DH	: Deilmann Haniell
DHMS	: Deilmann Haniell Mining Systems
DTA	: Differential Thermal Analysis
EQC	: Equivelant Quartz Content
ICR	: Instantaneous Cutting Rate
ISRM	: International Society of Rock Mechanics
KED	: Kol Eksenine Dik
KEP	: Kol Eksenine Paralel
KGAM	: Kollu Galeri Açma Makinası
MFO	: Makinadan Faydalanma Oranı
PC	: Pick Consumption
PCR	: Pick Consumption Rate
PDC	: Polycristalin Diamond Compact
PİK	: Pasa İrilik Katsayısı
R	: geri tepme

SİMGELER VE KISALTMALAR (devam ediyor)

RAI	: Rock Abrasivity Index
RCI	: Rock Cutting Index
RMBI	: Rock Mass Britleness Index
RMCI	: Rock Mass Cutting Index
RPI	: Rock Penetration Index
RQD	: Rock Quality Designation
SEM	: Scanner Electron Microscope
TBM	: Tunnel Boring Machine
TC	: Tool Consumption
UCS	: Unaxial Compressive Strength
XRD	: X Ray Diffraction

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte madencilik faaliyetlerinde hazırlık ve üretim faaliyetlerinde özel yazılım ve donanıma sahip kazı makinaları kullanılmaktadır. Özellikle ülkemizde ki havza madenciliğinde kollu galeri açma makinaları kullanımı klasik yöntemlerin yerini almaya başlanmıştır.

Kollu galeri açma makinaları ilk yatırım maliyetleri yüksek olmasına rağmen uzun metrajlı galerilerde klasik yöntemlere göre daha avantajlı ve ekonomik olmaktadır. Kazı sırasında galerinin düzgün açılması ve seri bir şekilde nakliyat yapılması galeri ilerlemelerinde avantaj ve artış sağlamaktadır.

Kayaçların mekanik özelliklerine göre kollu galeri açma makinaları hafif, orta ve ağır ağırlıklar da üretilmektedir. Bu sebepten dolayı makine seçiminde en uygun maliyetli makinayı seçmek için analizlerin ve deneylerin titizlikle yapılması gerekmektedir. Deneylerde yapılacak yanlışlıklar daha ağır tip tonajlı makinaların seçilip daha fazla maliyete sebebiyet verebilmektedir. Her türlü arazi şartlarının iyi bir şekilde fizibilite projeleri hazırlandıktan sonra araziye uygun makine seçimi yapılması en uygun yöntem olacaktır.

Ülkemizde örneğin Çayırhan ve Soma havzasındaki linyit madenlerinde kollu galeri açma makinaları kullanılmaktadır. Bunun yanında kısa mesafeli tünel projelerinde de tünel açma makinaları yerine kollu galeri açma makinaları tercih edilebilmektedir.

Zonguldak taşkömürü havzasında ise geçmişte kollu galeri açma makinaları kullanılmış fakat başarılı sonuçlar alınamamıştır. Amasra bölgesinde rödevans usulü ile Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş tarafından satın alınan üç adet kollu galeri açma makinasının uygulamalarında oldukça başarılı olmuştur.

Amasra bölgesinde yapılan çalışmalarda kollu galeri açma makinalarının ilerleme miktarları, kazı süreleri, net kazı hacimleri, makinadan faydalanma oranları, keski tüketimleri, spesifik enerji değerleri ve maliyetleri incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda laboratuvar ortamında kayaçların kuvars içeriği, CAI (Cerchar Aşınma İndeksi) değerleri tespit edilerek keski tüketimi ile ilişkilendirmeleri yapılmıştır. Bunun yanında konik tip kesici uçların tungsten karbür kısmının metalurjik özellikleri test edilerek keski tüketimleri ile ilişkileri incelenmiş, kobalt ve wolfram yüzdesinin keski tüketimine etkisi irdelenmiştir. Ayrıca, arazi ortamında Schmidt çekici deneyleri yapılarak net kazı hacmi ve spesifik enerjiye olan etkileri belirlenmiştir. En son olarak da havzada yapılan delme-patlatma ve kollu galeri açma makinalarının maliyetleri incelenerek karşılaştırmalar yapılmıştır.



BÖLÜM 2

MEKANİZE KAZI

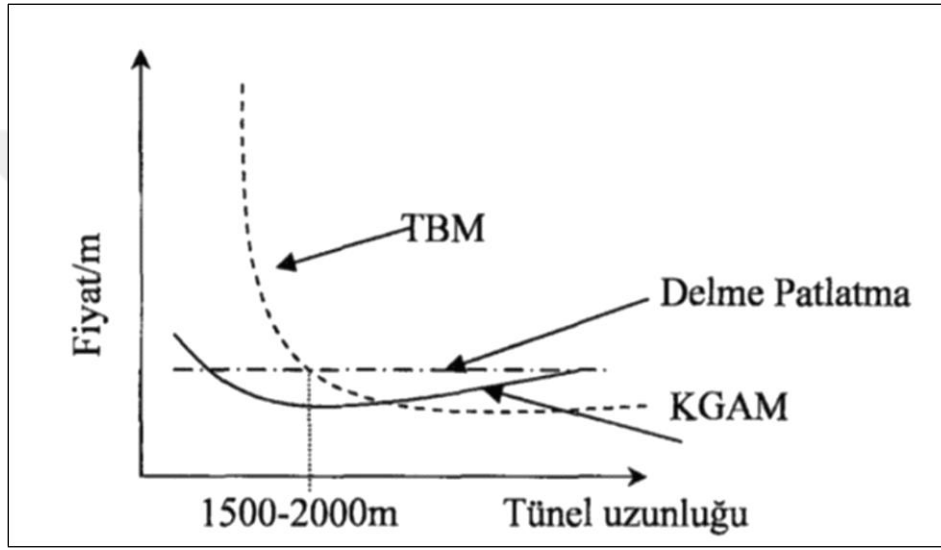
Yüksek yatırımlar gerektiren madencilik sektörünün her aşamasında, en uygun verimlilik düzeyini yakalamak ve işletme maliyetlerini düşürmek için makinalardan faydalanarak kazı yapmak kaçınılmaz hale gelmiştir.

Teknolojinin ilerlemesi sayesinde, madencilik çalışmaları ile geliştirilen kazı makinaları istenilen birçok amaca hizmet edebilmektedir. Nüfus artışı ve buna bağlı olarak yeni yerleşim alanlarının kurulması sonucunda özellikle büyük şehirlerde ulaşım sorunları ortaya çıkmıştır. Büyük şehirlerdeki trafik sıkışıklığının üstesinden gelmek ve hızlı bir ulaşımın sağlanması yer altı ulaşım sistemlerinin (tünel, metro) devreye sokulmasını bir zorunluluk haline getirmiştir. Bu yeraltı sistemlerinin yapılabilmesi için çeşitli kazı makinaları kullanılmaktadır. Özellikle şehirleşmenin olduğu bölgelerde açılan yeraltı boşlukları (metro vb.) için delme-patlatma metodu tercih edilmemektedir. Çünkü bu yöntemde patlatma nedeniyle tünel çevresinde zayıf zonlar oluşmakta ve tünel duyarlılığı azalmaktadır. Ayrıca istenilen boyutta düzgün bir tünel kesitinin elde edilmesi çok güç olmaktadır. Kazı makinaları kullanıldığında ise, bu tür sorunlarla daha az karşılaşılmaktadır.

Mekanize kazı; en az enerjiyi kullanarak çok fazla miktardaki kayayı kesmeyi hedefler. Bu amacı başarmak için, karakteristik kaya kırılma özelliklerinin kullanılması gerekmektedir. Özellikle de kayanın zayıflık düzlemleri dikkate alınmalıdır. Kaya özelliklerini, doğal arazi gerilme oranı, ısı, akışkanlık gibi birçok faktör etkilemektedir. Bunların arasında en önemlisi doğal arazi gerilmesidir.

Delme-patlatma yöntemi ile mekanize kazı sistemleri karşılaştırıldığında delme-patlatma yönteminin ilk yatırım maliyeti daha düşük olduğu bilinmektedir. Fakat bu tek başına yöntem seçimini belirlememektedir.

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi TAM (Tünel Açma Makinası) ile mekanize kazı yönteminde, birim maliyet tünel uzunluğu arttıkça azalmaktadır. Diğer mekanik kazı sisteminde en düşük maliyetin 1500 – 2000 m civarında olduğu görülmektedir. Mekanize kazı sistemleri, patlayıcı madde kullanılmadığı için daha güvenilir, daha az işgücü gerektiren dolayısıyla daha az işçi maliyeti ve daha düşük kaza oranının olduğu bir yöntem niteliğindedir. Patlayıcı madde kullanılmaması yeraltı açıklığı etrafındaki kaya kütlelerinin örselenmesini engellemekte, bu da tahkimat ve havalandırma maliyetlerini azaltmaktadır (Bilim 2007).



Şekil 2.1 Kazı maliyetinin tünel uzunluğuna bağlı olarak değişimi (Pakes 1991).

2.1 KAYAÇLARIN KAZILABİLİRLİĞİ

Kayaçların kazılabilirlik özelliklerini tespit etmek amacıyla bugüne kadar pek çok araştırma yapılmış, bazı temel kurallar belirlenerek, kullanılan kazı mekaniği prensipleri ortaya konulmuştur. Kömür, cevher ve yataşları öncelikle kazılabilirlik deneylerine tabi tutulmakta ve kazı makinalarının tariflenen kaya birimlerinde kullanılabilmesi için imalatçı firmalara gerekli ek tasarım bilgileri sağlanmaktadır.

Kazı mekaniği deneyleri gerçek boyutlu keskinlerin kullanıldığı tam boyutlu doğrusal kazı seti kullanılarak yapılan kesilebilirlik deneylerinden oluşmaktadır. Bu deneylerde kayacı kesmek için gerekli olan kesme kuvvetleri (Kesme kuvveti, FC; Normal kuvvet, FN) ve sarf edilen spesifik enerji (SE) belirlenir. Kazı deneyleri sonrasında ortaya çıkan pasaların bir elek seti ile

elenerek parça boyut dağılımı tespit edilerek buradan pasa irilik katsayısı (PİK) hesaplanmaktadır (Tunçdemir ve Bilgin 2002).

Jeolojik süreksizlikler ve yanal basınçlar kayaç kesilebilirliği üzerinde etki yapan parametrelerdendir. Balcı vd. (2004) bu parametrelerin kazı makinalarının performanslarının nasıl etkilediğini araştırmak için laboratuvar ölçekli bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda elde ettikleri sonuçlara göre, kesme yönüne dik ya da belirli bir açısı olan süreksizliklerin bulunduğu numunelerdeki süreksizlik aralığının artması ile kesme kuvveti ve normal kuvvetin arttığını belirlemişlerdir. Diğer taraftan kayaç içindeki süreksizlik sayısı arttıkça spesifik enerji düşmektedir. Bu araştırmada galeri veya tünel açma makinalarının ilerleme hızlarına jeolojik süreksizliklerin nasıl etkilediği belirlenirken yanal basınçların fazla olması durumunda kesici makinanın net ilerleme hızının azalacağı ifade edilmiştir.

Özçelik vd. (2000) Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi kayacın kazıcı makina tarafından kesilebilirliğini etkileyen birçok parametre olduğunu belirtmişlerdir. Bu parametreler genel olarak kesilecek malzemenin mühendislik özellikleri, kesme ekipmanının özellikleri ve kesme ortamındaki çalışma koşullarının teknik özellikleri olarak üç grup altında toplanabilir. Bu parametreler kayacın kazıcı makina tarafından kazılması esnasında etkin olup kazı kolaylığını ya da zorluğunu doğrudan etkilemektedirler.

Çizelge 2.1 Kayaç kazılabilirliği ile ilgili sabit, değişken ve yarı değişken parametreler (Özçelik vd. 2000).

a. Sabit Parametreler	b. Değişken veya yarı değişken parametreler
Kesilecek malzemenin mühendislik özellikleri <ul style="list-style-type: none">• Fiziko mekanik özellikler• Kimyasal özellikler• Mineralojik özellikler• Petrografik özellikler• Tane yönelmesi ve dolgulu dolgusuz• Süreksizlikler• Dokusal özellikler	Kesme ekipmanının özellikleri <ul style="list-style-type: none">• Disk çapı• Soket durumu• Metalurjik yapı• Tolerans limitleri• Elmas tipi ve oluşumu• Disklerdeki aşınma Kesme ortamında çalışma koşullarının teknik özellikleri <ul style="list-style-type: none">• Kesme Kuvveti• Su miktarı• İlerleme hızı• Motor devri• Çevresel hız• Kesme derinliği• Aşağı ve yukarı kesme parametreleri

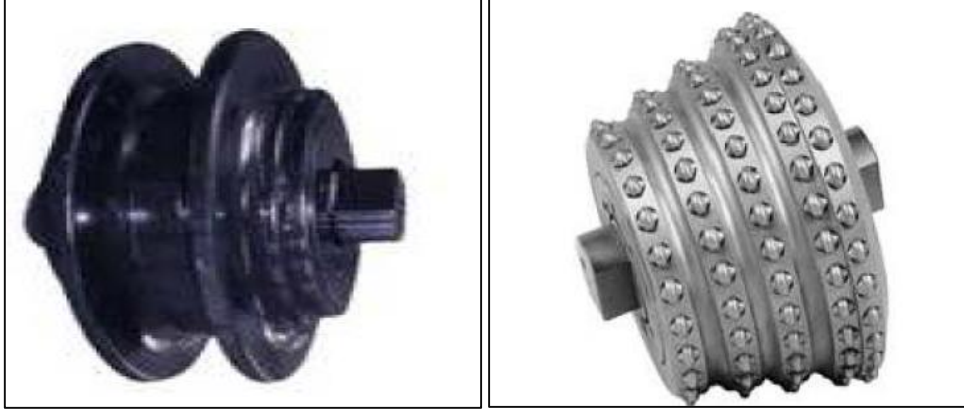
2.2 KESKİ TIPLERİ

Mekanize kazıda kullanılan keski tipleri Şekil 2.2’de gösterilmekte olup bu keskilerin tanımları ve kullanıldıkları yerler aşağıda belirtilmiştir (Bilgin 1989).



a) Konik keskiler

b) Kama keskiler



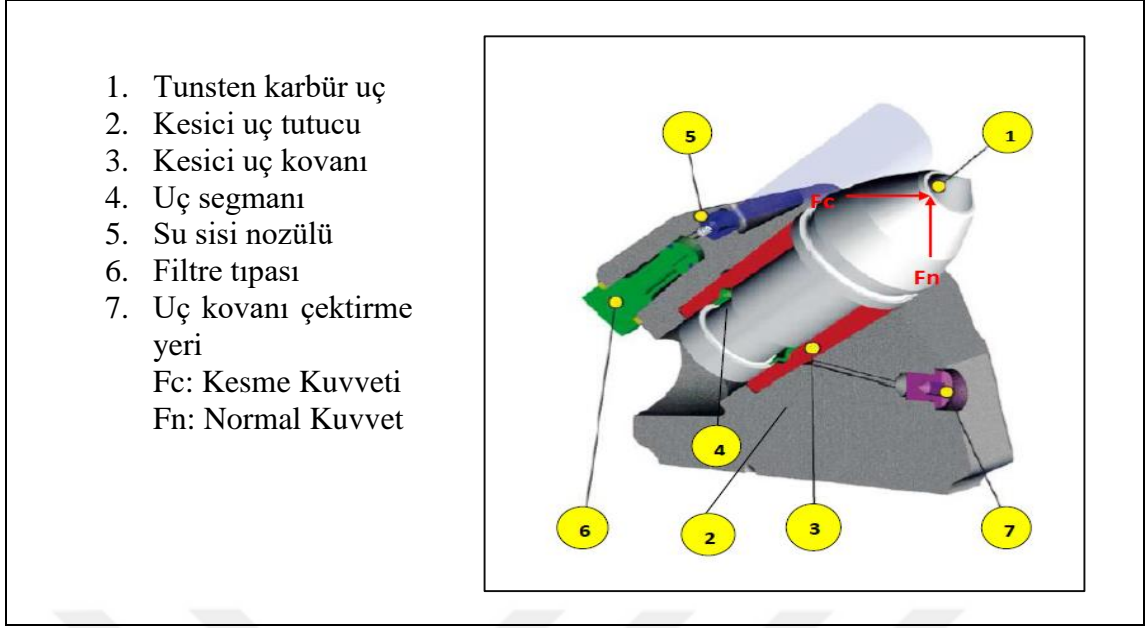
c) Disk keski

d) Kabaralı keski

Şekil 2.2 Mekanize kazıda kullanılan keski tipleri.

- i) Kama tipi keski: Tungsten karbid ve kobaltdan yapılan bu keski ucuz olduklarından ve bazı şartlarda daha verimli kazı yapabildiklerinden dolayı tercih edilmektedirler. Genelde sert ve aşındırıcı formasyonlarda pek verimli değildirler. Bu keski genelde kömürün ve yumuşak formasyonların kesiminde kullanılmaktadır. Kama keski radyal, öne eğimli ve konik uçlu keski olmak üzere 3'e ayrılırlar. Radyal tipi kama keskinin diğer keskilere kıyasla verimleri düşüktür. Ayrıca körlendikçe avantajları azalır. Çoğu zaman radyal keski yerine kalem uçlu keski tercih edilirler. Çünkü kalem uçlu keski kendi kendini bileyebilme özelliklerine sahiptirler. Böylece hem daha az körlenirler hem de ömürleri daha uzun olmaktadır. Bu tür keski genelde, kesici yükleyicilerde, kömür sabanlarında ve kollu galeri açma makinelerinde kullanılırlar.
- ii) Disk keski: Ucu sivriltilmiş serbest dönen bir disk şeklindedir. Kayaca batmaları için yüksek bir dikey kuvvete ihtiyaç gösterirler. Aşınmaları çok azdır ve kayacı öğütmek yerine keserek kazı yaptıklarından daha verimlidirler. Daha çok tam cepheli tünel açma makinalarında kullanılırlar.
- iii) Yıldız keski: Bu tür keski ilk olarak petrol sondajlarında kullanılmıştır. Bazı tünel açma makinalarında da uygulama alanı bulmuşlardır.
- iv) Kabaralı keski: Bir diske veya tambura serpiştirilmiş kabaralar şeklindedir. Genelde çok sert formasyonların kazısı için kullanılır. Kabaralı keski kayacı kesmeden çok kayacı öğüterek kazı işlemini gerçekleştirirler.

Keski kazı sırasında üç kuvvetin etkisinde kalır. Bunlar; kazı yönünde etkiyen kesme kuvveti, buna dik yönde etkiyen normal kuvvet ve bu iki kuvvetin bulunduğu düzleme dik olarak etkiyen yanal itme kuvveti olarak sıralanabilir. Bir keskiye gelen kuvvetler Şekil 2.3'de gösterilmiştir.






Şekil 2.3 Bir keskiye gelen kuvvetler.

Keskilerin aşınma özellikleri keskiyerin yapısal metalürjik özelliklerine, kayaçların dayanımları ile sert ve aşındırıcı mineral içeriklerine bağlıdır. Literatürde keskiye ait parametrelerden aşınmayı etkileyen özellikler olarak “bağlayıcı madde olan kobalt tozun miktarı, tungsten karbit ucun porozitesi, uçtaki karbon tozu miktarı ve tungsten tozunun tane boyutu” olduğu belirtilmektedir (Bilgin 1989).

Keskilerin aşınmasına sebep olan kayaç özellikleri; kayaçların basınç ve çekme dayanımları, sert minerallerin miktarı, tane boyutu ve tane şekilleri, dolgu malzemesi ve birbirleriyle bağlantı şekilleri olduğu ifade edilmektedir. Keskilerin aşınmasında makine ve işletme parametreleri de etkili olmaktadır. Bu parametreler, keskiyeri kesici kafaya yerleştirilme şekilleri, kesici kafa devir sayısı, kesme derinliği, keskinin kazı sırasında kat ettiği yol, uçların soğutma şekil ve miktarı gibi özellikleridir. Keskilerin aşınma şekilleri tungsten karbid ucun tamamen aşınması ve kopması, tungsten ucun simetrik ve asimetrik aşınması, konik kısmın aşınması ve keski yuvasına giren kısmın kopması şeklinde sınıflandırılmaktadır (Nishimatsu 1972). Dört farklı keski tiplerinin formasyon, basınç dayanımı ve kayaç tipleri göre sınıflandırılması Çizelge 2.2’de belirtilmiştir.

Çizelge 2.2 Tungsten karbid uç türleri (Sandvik 2012).

Formasyon	Tungsten Karbid	Tip	Tek eksenli Basınç Dayanımı (Mpa)	Cerchar Aşınma İndeksi	Açıklama
Yumuşak		Radyal	$\sigma_c < 30$	CAI < 1	Bu tip karbid uçlar uç yuvasında dönmezler. Uçlar stratejik olarak maksimum etki için farklı açılarda yerleştirilmiştir. Karbit tipin yüzeyi yüksek verim için özel bir açı ile dizayn edilmiştir. Radyal uçlarda kullanılır.
Orta -Sert		Şapka	$20 < \sigma_c < 50$	$1 < CAI < 2$	Artan uzama ve kesme direnci için ek bir lehimlemeye sahiptir. Metal aşınmasına karşı korumaya sahiptirler. Orta sertlikte kayalar için uygundur. Konik uçlarda kullanılır.
Sert		Geçme	$50 < \sigma_c < 120$	$2 < CAI < 4$	Metal aşındırma probleminin olmadığı yerlerde kazı için en uygundur. Bu tipler sert kayalar için uygundur. Konik uçlarda kullanılır.

2.2.1 Tungsten Karbit Uçlar

Tungsten karbid oldukça yüksek dayanım ve sertliğinden dolayı kayaları kesmek için en yaygın kullanılan malzemedir. Kazı makinasında kullanılan bir kesici ucun toplam ömrü, uç geometrisi, işletme faktörleri, uç ve kaya malzemeleri gibi parametrelere bağlı olarak ucun aşınma ve parçalama direncini etkiler. Bu parametrelerin anlaşılması iyi ilişkilendirilmemiştir ve uç ömrünün tahmini halen deneme ve yanılma sürecinde devam etmektedir. Fakat, uç aşınması ve kesme işleminin etkisinin ilişkilendirilmesinden yararlanılabilir.

Tungsten karbitin ömrü ve performansı etkileyen faktörler çoğunlukla imalat teknikleri ve içeriğindeki ham maddelere bağlıdır. Tungsten karbitin bileşenlerinin mikro yapısı ve alaşımı tungsten karbitin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirler.

Kobalt ve karbon elementleri sertlik, basınç dayanımı ve çapraz kırılma dayanımının uygunluğu ile tungsten karbit üretimindeki alaşım değişkenlerinin en önemlisidir. % 6' dan %15'e kadar değişen kobalt oranları ele alındığında saf tungsten mono karbitin teorik olarak içeriği

%6,12'dir. 6.00 ± 0.11 limitler içindeki karbonun eksikliği ve fazlalığı sertlik ve dayanım üzerindeki etkisi büyük bir öneme sahiptir.

Genel olarak demir, krom, nikel, sodyum ve sülfür gibi alaşımlama teknikleri dayanım ve sertliğin üzerinde zayıf bir oluşumla sonuçlanabilir. Titanyum karbitin az bir eklentisi (%3-%5 ağırlığında) kopma dayanımını etkilemeden sertlik artışı ve tane irileşmesi engellenebilir. Kopma dayanımı için istenen en iyi tane boyutu 1μ 'dan 3μ 'a kadar olduğu için tane boyutunun azalması ile basınç dayanımı ve sertliğin artması tane boyutu kontrolü için öneme sahiptir.

Alaşımların içindeki porozite imalatta istenmeyen bir parametredir. Yüksek porozite zayıf kopma dayanımı meydana getirir fakat sert metallerde, %99,5'a kadar yüksek yoğunluklarda başarılı olmuştur ve genellikle eşit oranlarda dağıtılan porozite bulunması o kadar çok zararlı değildir.

Daha yüksek kobalt içeriği de darbe arızasını engeller ama sertliğin daha düşük olması aşınmadan dolayı daha çok zarar görecektir.

Keski malzemelerinin mekanik, kimyasal ve metalürjik özellikleri çoğunlukla sıcaklığa bağlıdır ve kesme işlemi boyunca sıcaklık anormal bir şekilde artarak sertlik ve dayanım gibi keski özelliklerini etkiler.

Yeraltında keski hızları genel olarak 1m/s 'nin üzerindedir ve devamlı kazı süresince, keski tipleri 600°C 'den 900°C 'ye kadar sıcaklık artışı gösterebilir. Tungsten karbit uçlar yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya başlar. Bu yüzden istenmeyen nedenden bitlerin kırılması ve aşınması erken olur.

2.2.2 Polikristalin Elmas Yapılı (PDC) Uçlar

Sert kayaç kazı teknolojisi kazı işlemi sırasında daha hızlı, verimli ve uzun ömürlü olabilmesi için sentetik kesici uç malzemeleri araştırmaktadır. Aşınmaya göre polikristalin elmas yapılı (PDC) uçların tungsten karbite göre 5-6 kat daha çok sertliğe sahiptirler. Fakat, PDC kırılmalardan dolayı meydana gelen arızalarda çimentolaşmış tungsten karbitten daha hassastır, çünkü PDC'nin çatılma dayanıklılığı %6 kobalt içeren tungsten karbitin 10.8 ksi (1 ksi= 6.894757293 MPa)'ye göre kıyaslanırsa 6,8 ksi'dir. Standart aşınma, sondaj uçları içerisinde

uygulandığı zaman sentetik elmaslar için mümkündür. Fakat, bu elmaslar 750 °C'nin üzerinde termal bozulmaya fazla yatkındır.



a) PDC elmas uçlu bit

b) PDC elmas bitleri

Şekil 2.4 Polikristalin elmas yapılı uçlar.

Bu kesici uçlarla birlikte su jeti kullanımı alışılmış kaya kesmenin sınırlarını aşabilen bir teknolojiyi temsil eder. Su jeti ile kesmenin birçok avantajı; kesme kuvvetinin azaltılması, uç aşınmasının azaltılması, kazı boyunca kıvılcımları bertaraf etmesi ve sıcaklığı kontrol altına alması, tehlikeli tozun azaltılması ve kesme işlemini genel olarak iyileştirmektedir.

Su püskürtmeli kazı kömür tabakalı ve benzeri formasyonlarda başarı ile uygulanmıştır, fakat bu metodun sert kayalarda kullanımı minimum seviyelerdedir.



BÖLÜM 3

KOLLU GALERİ AÇMA MAKİNALARI

Kollu galeri açma makineleri ilk olarak 1950'li yıllarda kömür madenciliği endüstrisinde kullanılmak için geliştirildi. Günümüzde sadece kömür madenciliğinde değil aynı zamanda tünel projelerinde de önemli rol oynamaktadır. 1949'dan bu yana galeri açma makinelerinin tasarımı geliştirildi. Bu gelişimler makine ağırlığı, ölçüsü ve kesici kafa gücü bunlara ek olarak bomun tasarım gelişmeleri, kesici kafa, kesici uç, yükleme düzenekleri otomasyon ve kontrol özellikleri gibi tüm bu gelişmeler yüksek kazı oranı ve uzun ömürlü yüksek teknoloji makinaların gelişmesinde öncü olmuştur.

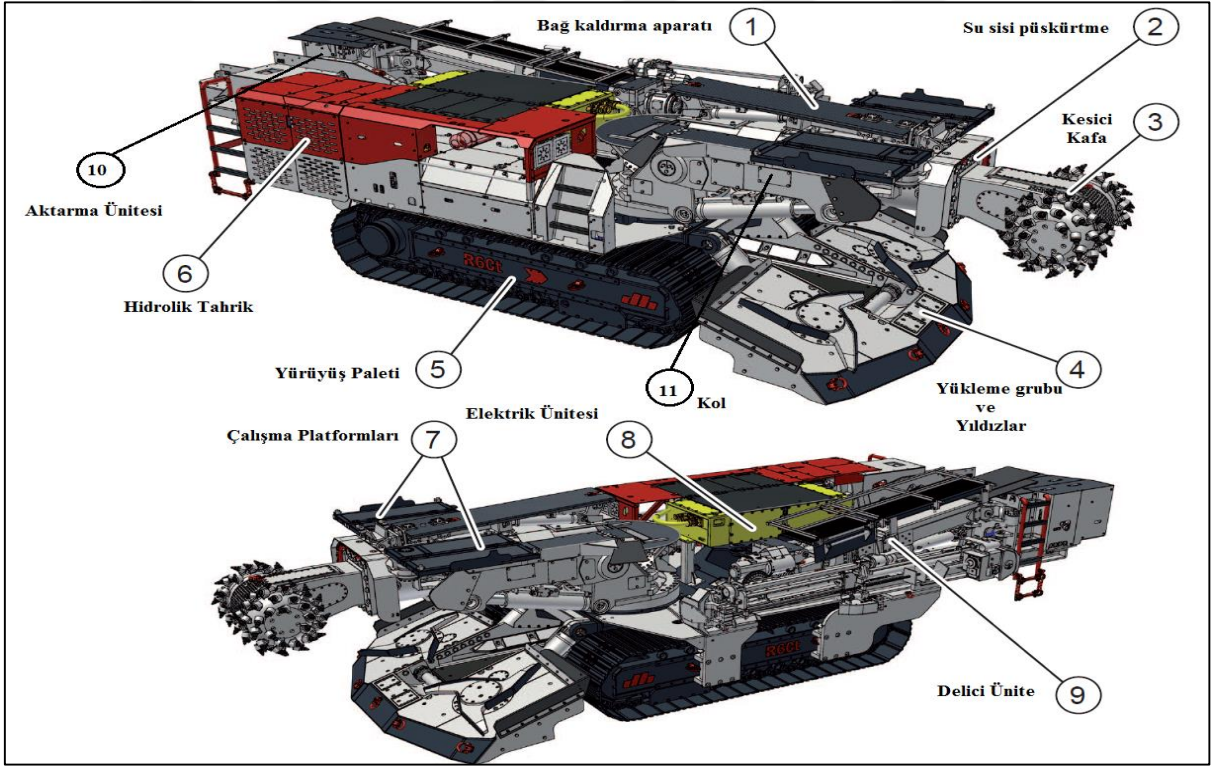
Genel olarak galeri açma makinaları iki çeşide ayrılabilir; kesici kafanın kol ekseninin etrafında dönen aksenal tip (KEP) ve kesici kafanın kol eksenine dik olan travers tip (KED) makinalardır. Galeri açma makinaları 30 tondan 120 tona, kesici kafa motor gücü 80 kW'tan 500 kW'a kadar çıkabilir (Çopur vd. 1998).

Kollu galeri açma makinaları genellikle ağırlıkları ve kesici kafa güçlerine göre sınıflandırılmaktadır. Bir makinanın ağırlığı arttıkça uygulayacağı güç ve kuvvet miktarı da artabileceğinden, bu makinalarda daha sert koşullarda kazı gerçekleştirilebilmektedir. Kayaç kazılabilirliği, kayacın mekanik, kütleli, jeoteknik ve kimyasal gibi birçok özelliğe bağlı olmaktadır. Literatürde genellikle makine ağırlıkları, güçleri ve kazabilecekleri kayacın tek aksenal basınç dayanımına göre sınıflama yapılmaktadır (Bilim 2007).

Kollu galeri açma makinalarının performans tahmini, tünel projelerinin karlılığının belirlenmesinde, net kazı hacmi, uç tüketim oranı ve makinadan yararlanma oranı önem arz etmektedir (Thuro ve Plinninger 1998). Ayrıca, kazı çalışmaları süresi için ve maliyetlerde önemli bir faktördür (Bilgin vd. 2002). Proje planı ve bütçe tahminlerinde makinadan faydalanma oranı (MFO) ve net kazı hacmi (ICR) tahminleri yol gösterici olmaktadır.

3.1 KOLLU GALERİ AÇMA MAKİNELERİNİN YAPISI

Kollu galeri açma makinesi bir bütün halde olmayıp birbirine bağlanan birçok parçadan oluşmaktadır. Bu sayede makinenin bir yerden başka bir yere nakliyesi kolay olmaktadır. Kollu galeri açma makinesi genel olarak kol ünitesi, yükleme ünitesi, malzeme aktarma ünitesi, yürüyüş ünitesi, hidrolik ve elektrik aksamlardan oluşmaktadır. Bunların dışında seçimli olarak kullanılabilen ek donanımlarda mevcuttur. Örneğin tahkimat direkleri ve boyundurukları kaldırmak için ek tertibatlar ve delici ekipmanlar da bulunmaktadır (Fowell vd. 1987). Son yıllarda galeri açma makinalarında otomasyon sistemleri mevcut olmakla birlikte elektromekanik sistemlerin tamamı bilgisayar ekranı üzerinden takip edilebilmektedir. Şekil 3.1’de bir kollu galeri açma makinesinin bölümleri gösterilmektedir.

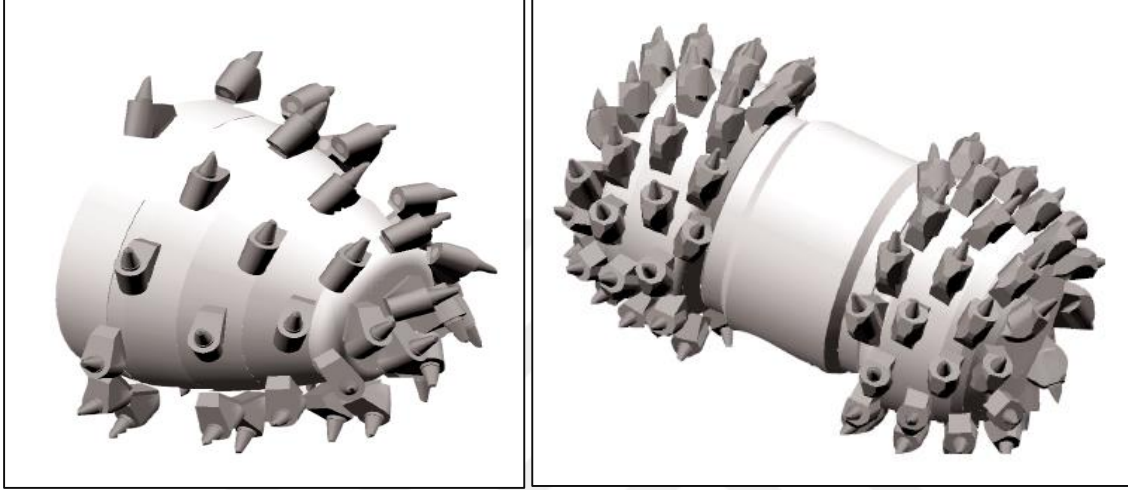


Şekil 3.1 Bir kollu galeri açma makinesinin parçaları (DH Mining Systems 2015).

Kazı işlemi kesici kafa ile gerçekleştirilerek, kazı sırasında açığa çıkan pasa bir yandan yükleme ünitesinde toplanarak yıldızlar yardımıyla makinenin içindeki zincirli konveyöre aktarılır ve buradan pasa nakli gerçekleştirilir. Makine yürüyüşü paletli sistemlerle sağlanarak ilerleme yapılır. Delici ünite de kullanılarak tavan ve kaya saplamalar, arın delikleri delme işleminden yararlanılmaktadır.

3.1.1 Kesici Kafa

Kazı işlemini gerçekleştiren parçadır. Kesici kafalar aksenal ve travers olarak iki tipe ayrılmaktadır. Aksenal olarak adlandırılan kesici kafalarda kesici kafa ile kol eksenine paraleldir. Travers tip kesici kafalarda ise kesici kafa eksenine kol eksenine diktir. Şekil 3.2’de örnek kesici kafa tipleri gösterilmektedir.



a) KEP (Eksenel) tip kesici kafa

b) KED (Travers) tip kesici kafa

Şekil 3.2 Kesici kafa tipleri (Aksoy 2010).

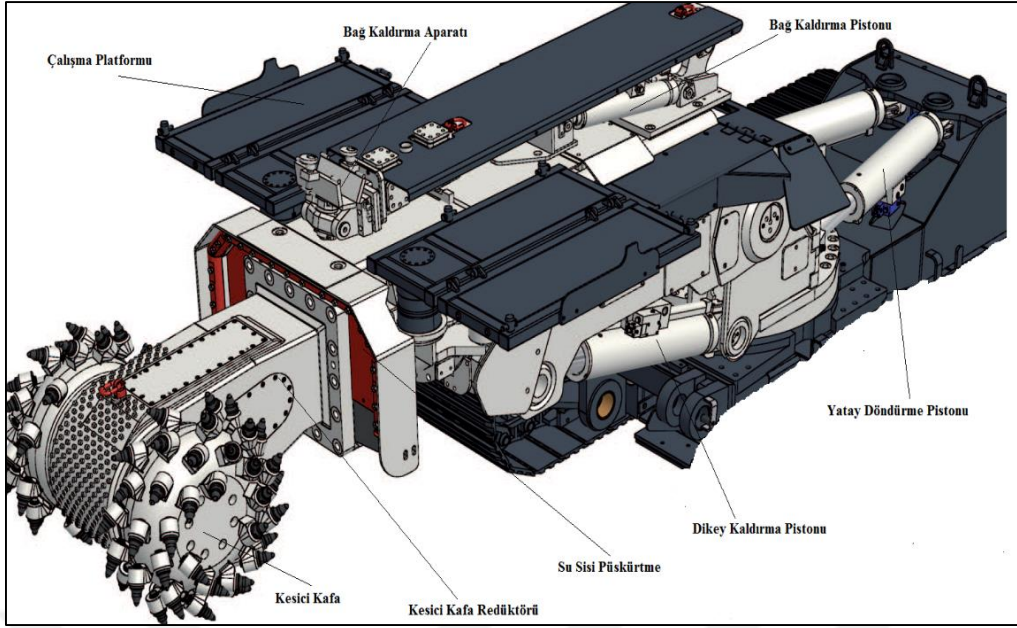
KED ve KEP tipi kesici kafalar arasında temel farklılıklar mevcuttur. Bu farklılıklar aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Yaralı 2009).

1. KED tipli kesici kafalarla sert kayalar da daha rahat kazı yapılabilmektedir.
2. KED tipli kesici kafalarda keskinin dizilim şekli KEP tipine oranla daha karmaşık olup en küçük bir tasarım hatası ile kazı önemli ölçüde verimsizleşir ve keski sarfiyatı çok artar.
3. KED tipi kesici kafalarda verimli bir kazı performansı koldaki kaldırma kuvvetlerine bağlı olurken KEP tiplerde ise asıl kesici kuvvet kafanın dönme hareketiyle sağlanmaktadır.
4. KEP tipli kesici kafaların içerisindeki kesme konumlarını rahatlıkla koruyabilirler. Buna karşın, KED tiplerde ise kesici kuvvetin kaldırma kuvvetine bağlı olması ve kayalarla temas yüzeyinin az olmasından ötürü arıza ve yanlara doğru kazma işlemleri daha hassas kontrol gerektirir.
5. KEP tipli kesici kafaların boyutlarından ötürü verimsiz bir kesme hareketinden verimli bir kesme performansına geçiş arasında çok hassas bir denge bulunmaktadır.

KEP tipi kesici kafalarda yanlardan etkiyen kesme kuvvetinin dengelenmesinde makinanın ağırlığından yararlanılmadığı ve böylece yan mahmuzların kullanılmak zorunda kalındığı ve bununla zaman kaybına yol açtığı belirtilmektedir. Geniş tünellerde ise yan mahmuzların tünel duvarına ulaşmayışı açısından KEP tipli kesici kafaların uygun olmadığı savunulmaktadır. Buna karşılık KEP tiplerin kesici kafa çaplarının küçük olmasından ötürü seçimli kazıya daha uygun olduğu ifade edilmektedir. KEP tipli kesici kafalarda arından kesilen malzeme yan tarafa doğru atılırken KED tiplerde ise kazılan malzeme hemen makinanın önüne atılmakta ve yüklemdeki zaman kayıpları önlenmektedir. Bu nedenle eşit kesme kapasite koşullarında KED tipli kesici kafalar %30 oranında daha fazla üretim ve ilerleme yapabildikleri gibi % 20-25 oranında ise daha hafif ağırlıkta olma avantajlarına sahip olduğu belirtilmektedir. Kazı hareketi açısından, KEP tipli kesici kafalarda arında istenildiği an istenilen yerin anında kazılması mümkündür. KED tiplerde ise bu mümkün olmayıp istenilen herhangi bir yerin kazısı için belli bir kesme kademelerinden geçişi gerektirir. Uygulamada genellikle kazı işlemine önce yumuşak kayaçtan başlanır, sonra sert malzemelere doğru gidilir. Çok katmanlı arınlarda ise iç içe geçmiş sert ve yumuşak kayalar için KEP tipi daha uygundur (Yaralı 2009).

3.1.2 Kol

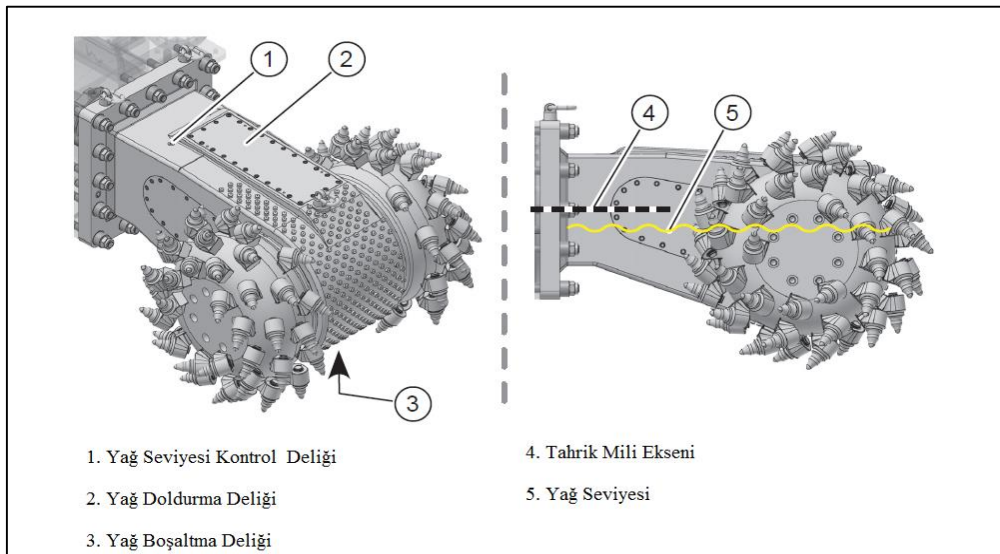
Kol kesici kafanın hareketini ve bu hareketten doğan kuvvetleri karşılayan bölümlerden oluşur. En arkada kolu makine gövdesindeki platforma bağlayan hareket pistonları ve bunların önünde kesici kafanın tahriğini sağlayan bir elektrik motoru ve aktarma organları bulunur (Yaralı 2009). Kolda; yatay, sağa ve sola döndürme ve dikey yukarı ve aşağı kaldırmak için dört adet piston bulunmaktadır. Bunun yanında ek olarak teleskobik kollu makinalarda kesici kafanın ileri ve geri hareketini sağlayan iki adet piston bulunmaktadır. Teleskobik kol sayesinde kazı sırasında makinayı yürütmeye gerek kalmadan teleskop vasıtasıyla kesici kafa ilerletilebilir. Şekil 3.3'te kollu galeri açma makinesine ait bir kol gövdesi gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Kol gövdesi bölümleri (DH Mining Systems 2015).

3.1.3 Kesici Kafa Redüktörü

Kesici kafa redüktörü içerisinde dişli, mil ve rulman sistemlerinden oluşan mekanizma mevcuttur. Redüktörün arkasında elektrik motoru mevcut olup, motordan gelen enerji ile birlikte motora bağlı olan şaft ve kaplin sistemleriyle birlikte kuvvet aktarımı redüktör içerisindeki dişli ve mil sistemlerini hareketlendirerek kesici kafanın dönme hareketi sağlanır. Şekil 3.4’te örnek bir kesici kafa redüktörü gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Kesici kafa redüktörü (DH Mining Systems 2015).

3.1.4 Kesici Kafa Teleskobu

Kesici kafa teleskobu kesici kafanın yürüyüş sistemlerini ilerletmeden direkt olarak kazı sırasında kesici kafanın arında ilerlemesini sağlayan sistemdir. Teleskop kullanımı arında kazı sırasında büyük kolaylık sağlamaktadır. Arındaki kazı sırasında baskı kuvvetini ayarlayarak makinanın kazı verimini artırmaktadır. Teleskop yaklaşık olarak 60 cm'ye kadar açılabilir. Teleskobun ileri ve geri hareketini sağlayan teleskoba bağlı iki adet piston bulunmaktadır. Teleskobun ileri ve geri hareketinin kolaylaştırmak ve içerisindeki keçe ve O-ringlerin zarar görmemesi için otomatik olarak gresleme sistemleri de bulunmaktadır. Teleskop sistemleri greslenmediği zaman teleskop hareket etme kabiliyetini kaybederek arızalar meydana gelmektedir. Teleskop içerisindeki parçaların değiştirilmesi uzun zaman gerektirdiğinden ilerleme miktarlarında da düşüşler gözlenmektedir. Şekil 3.5'te örnek bir kesici kafa teleskobu gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Kesici kafa teleskobu.

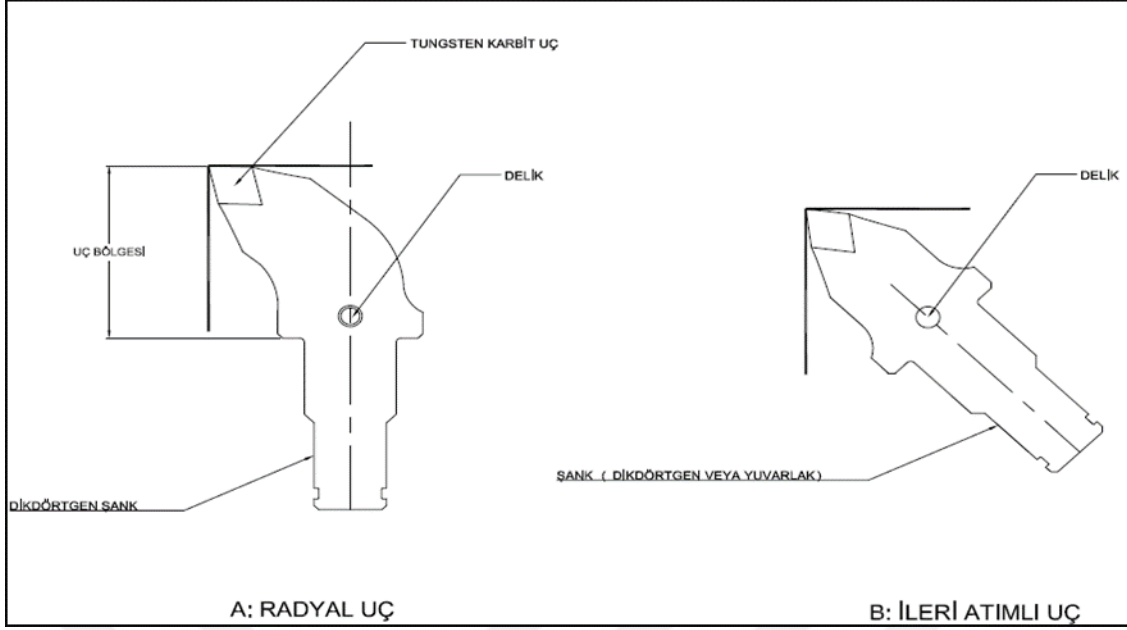
3.1.5 Keskiler

Kollu galeri açma makinalarında kullanılan keski kama ve kalem uçlu keski olmak üzere iki ayrı tipte sınıflandırılmaktadır. Ancak kama tipi olanlar radyal (radial), ileri atımlı (forward attack) olarak da ayrılırlar. Radyal uçlar kesme sırasında sabit durmaktadır. İleri atımlı uçların kamaları yaklaşık 45° geriye açılı bir şekilde kesmektedir. Radyal ve ileri atımlı uçlar kama tip olarak kullanılmaktadır. Bu uçlar kömür ve yumuşak kayalarda kullanılmaktadır. Kalem uçlu keski kesici uç tutucuya sabit olmayıp kesme sırasında uç yuvasının içinde dönme hareketi yapmaktadır. Kalem uçlu keski konik tiptedir. Kalem uçlu keski kömür, yumuşak, orta-sert ve sert kayalarda kullanılabilir (Doğrugöz ve Bölükbaşı 2012). Şekil 3.6'da radyal, ileri atımlı ve konik keski gösterilmiştir.

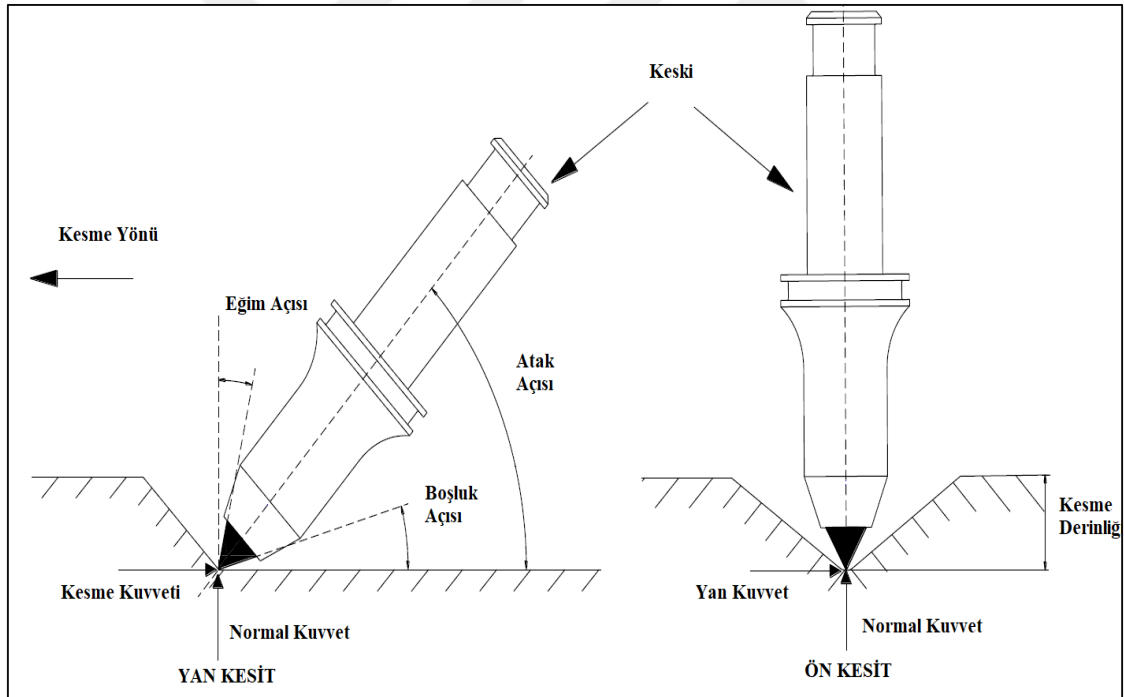


Şekil 3.6 Radyal, ileri atımlı ve konik keski (Doğrugöz ve Bölükbaşı 2012).

Radyal ve ileri atımlı uçlar konik keskiye göre arına daha az kuvvet uygularlar. Radyal uçlar kesici – yükleyicilerde de kullanılabilir. İleri atımlı uçlar, kalem uçlar ile birlikte eksenleri aynı yöneldiğinden dolayı teğetsel (tangential) uçlar olarak ta adlandırılmaktadır. Uç tipinin geometrisi ve tasarımı radyal uçlara benzemektedir (Fowell vd. 1987). Radyal uçların, ileri atımlı uçlardan bir diğer farkı da uç yuvasına giren kısmın farklı olmasıdır. Radyal atımlı uçların gövdesi dikdörtgen olup, ileri atımlı keski yuvarlak ve dikdörtgen olabilir. Şekil 3.7'de radyal ve ileri atımlı keski arasındaki farklar görülmektedir. Şekil 3.8'de ise konik keski gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Radyal ve ileri atımlı uçlar.

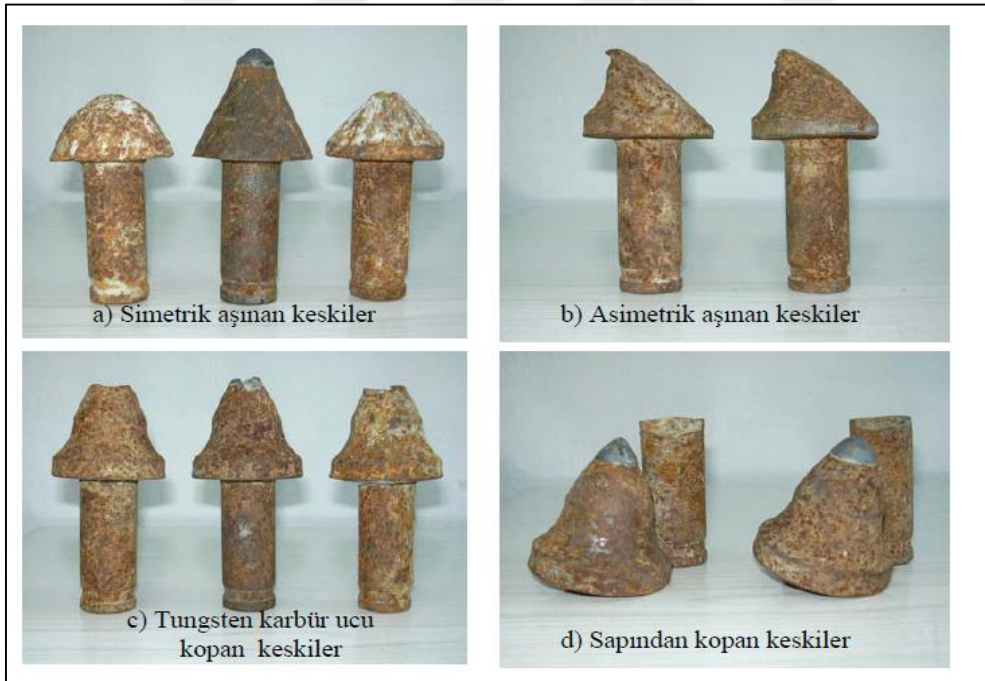


Şekil 3.8 Konik keski (Shao 2016).

Konik uçlu keski teğetsel uçlar arasında sınıflandırılmıştır ve genel olarak konik uçlu biçiminde olduğundan dolayı 'konik uçlu keski' olarak da bilinmektedir. Konik keski bir silindirik gövde içerisinde simetrik olarak konik bir tungsten karbit uç içermektedir, bu yüzden uç eksenini konik tip ile aynı eksen doğrultusunda.

Pratik uygulamalarda konik keskiiler diğer tip uçlara göre yuva içerisinde dönme hareketi yaptığından dolayı daha uzun ömürlüdürler. Üç farklı uç üzerinde yapılan laboratuvar araştırmaları kalem uçlu keskiilerin en yüksek kesme kuvvetine sahip olduğunu göstermiştir. Fakat, uçların kesmesinin 600 m sonra körelme meydana geldiğinde en düşük kuvvete sahip olmuştur. Konik uçlu keskiilerin kesintisiz daha uzun kullanım ömrü sağlar ve bu yüzden kullanım sırasında yuva içerisinde döndüklerinden dolayı verimli bir kazı işlemi gerçekleşir. Her zaman olmasa da pratikte işlemsel ve tasarım nedenlerinden dolayı uç dönmemektedir. Dalma açısının uç dönmesine yardımcı olabileceği iddia edilmektedir. Bu açının optimum değeri şu an mevcut olmamakla birlikte kesme kafasının türüne göre değiştiği bildirilmektedir (Fowell vd. 1987).

Konik uçlu keskiilerin uç yuvasında dönmemesi tungsten karbitin kırılmasına ve ucun simetrik aşınmasına neden olmaktadır. Bu durum bazen ucun gövdesinin kırılmasına bile neden olabilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Kesici uç aşınma şekilleri (Tumaç 2004).

Kesme hizasının tanjantı ve uç eksenini arasında olan açı kalem uçlu keskiilerin performansını etkileyen diğer bir parametredir. Bu açı uç ve kaya arasında iyi bir temas sağlar ve ucu doğru kesme açısında konumlandırılmaz ise etkili uç geometrisini önemli ölçüde değiştirecektir.

Kinematik gereksinimler de hesaba katılır ve bu açının 50 ° olması önerilir çünkü bu değere sahip en düşük kesme kuvvetleri 75 ° konik açılı uçlar ile üretilmiştir. Sert kayaç kazısında konik açı artırıldığında ve sonuç olarak eğim açısı daha küçük olur. Temizleme açısının değerini karşılamak için, atak açısı 90 ° konik açıdan daha büyük olur. Atak açısının en az 55 ° olması gerekmektedir. Yüksek dönüş hızında bu açının 48°'yi aşmaması gerektiği de bildirilmektedir (Fowell vd. 1987).

3.1.6 Kesici Uç Tutucular

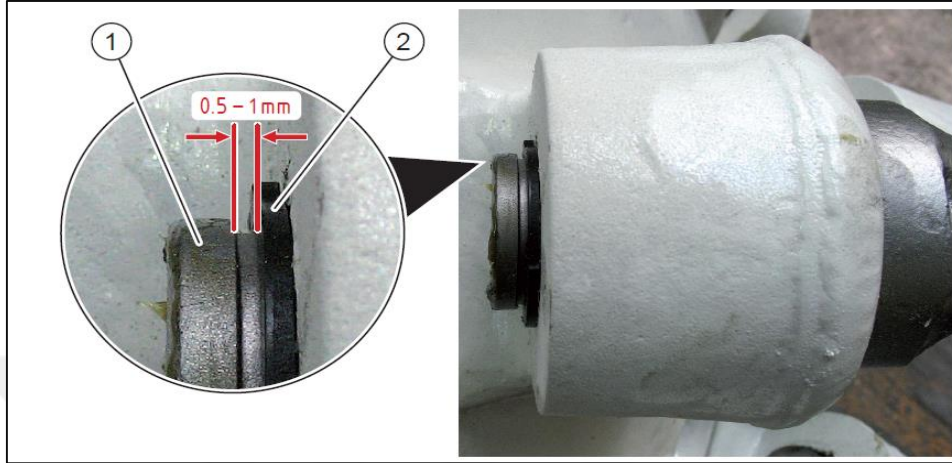
Kesici uç tutucular veya uç yuvaları kesici kafada tambura uçları yerleştirmek için takılan kısımlardır. Uçların dayanıklılığı ve kazının etkisi önemli derecede uç yuvalarının performansına dayalıdır. Uçlar ve yuvalar birbirine uyacak ölçüde tasarlanırlar. Yuvada uygun olmayan bir gevşeklik uç tutucunun kırılmasına ve deforme olmasına neden olabilir. Uçlar yuvalardan kolaylıkla düşebilir ve kaybolabilir. Çeşitli araştırmacıların deneyimlerine göre verimli bir kazı için aşağıdaki faktörlerin göz önünde bulundurulması düşünülmelidir.

1. Uç tutucu ölçüsü; yeterli güçte olmaları kaydıyla, küçük boyutlu uç yuvalarına göre iki kat daha fayda sağlanabilir. Öncelikle uç tutucular kesici kafanın burun kısmında fazla yer kaplamazlar ve dolayısıyla uç yuvalarının etkileşim problemi azaltılabilir. Buna ek olarak kanatlar arasında geniş mesafelere izin vererek, yükleme için malzemenin serbestçe akmasına yardımcı olabilirler.
2. Uç tutucu şekli: Uç tutucu şekli aşağıdakilerle ilişkilidir. Üst kısımdan aşağıya doğru sivri uç tutucuları, altına doğru daha iyi uyması bulundu.
3. Uç kilitleme mekanizması: Bu kısım önemlidir çünkü uç tutucuya sıkı bir şekilde tutturulmalıdır. Kilitleme mekanizması aşınmış ve kırılmış uçların kolayca ve hızlı bir şekilde çıkarılması için uygun olmalıdır. Buna ek olarak kilitleme sistemi kolaylıkla zarar görmemelidir.

Radyal ve ileri atımlı uçlar için kullanılan çeşitli kilitleme mekanizmaları mevcuttur. Bu tez çalışmasında konik uçlu keski ele alınacağından dolayı konik uçlar için kullanılan uç tutucular belirtilmiştir.

Konik uçlu keski uç tutucunun içinde dönme hareketini sağlamak için yuvarlak gövdeye sahiptir. Bu uç tutucular bazı durumlarda yuvarlak şekilleri ile ileri atımlı uçlar için

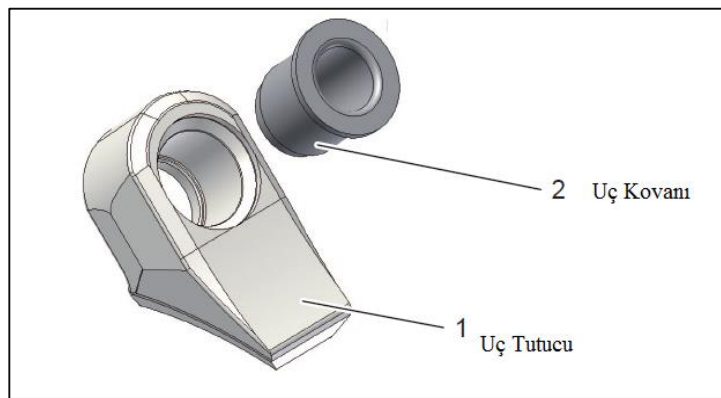
tasarlanmıştır. Ayrıca, farklı boyutlardaki konik uçlu keskiler bir adaptör yardımıyla aynı uç tutucu içerisine sabitlenebilir; bu nedenle aynı kesici kafa ve tambur üzerindeki farklı uçların kullanımını mümkündür. Konik uçlu keskilere ait kilitleme mekanizma tipleri; segmanlı, segman klipsi, yuvarlak pim ve hortum kelepçesi şeklindedir (Fowell vd.1987).



1) Kesici uç 2) Emniyet segmanı

Şekil 3.10 Kesici ucun, uç tutucuya segmanla kilitlenmesi (DH Mining Systems 2015).

Kesici uçlar uç tutucunun içerisinde dönmesiyle birlikte uç tutucularda zamanla aşınmalar meydana gelmektedir. Aşınma sonucunda kesici uçlarda boşluklar meydana gelerek verimli kazı yapamamaktadırlar. Bu gibi durumlarda Şekil 3.10'da görüldüğü gibi ek bir emniyet segmanı takılması gerekmektedir. Bu segman takıldığında boşluğun 0,5 – 1 mm olması gerekmektedir (DH Mining Systems 2015).



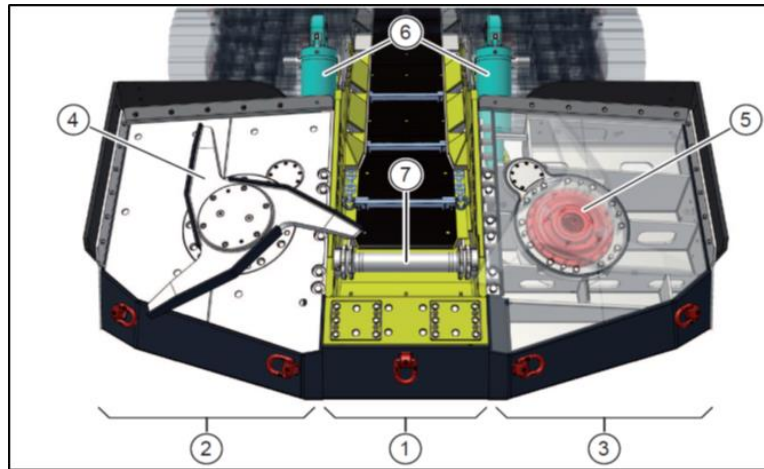
Şekil 3.11 Uç kovani ve uç tutucu (DH Mining Systems 2015).

Şekil 3.11’de görüldüğü gibi uç kovanları uç tutuculara sökülüp takılabilmektedir. Uç kovanları aşınıp çapı genişlediği zaman uç kovanlarını uç tutucudan söküp takmak için gres pompası ve çekirme aletleri kullanılmaktadır.

3.1.7 Yükleme Ünitesi

Yükleme ünitesi makinenin ön kısmında bulunmakta olup kazılan pasanın toplanması ve nakliyatı için kullanılmaktadır. Makinenin önünde toplanan pasalar yükleme ünitesi (apron) da birikerek yıldızlar vasıtasıyla zincirli konveyöre aktarılır. Bu kısım makinenin en geniş kısmıdır. Yükleme kapasitesini artırabilmek için yanlara ek parçalarda konulabilmektedir. Yükleme ünitesinde yıldız redüktörü, yıldızlar ve besleme tablasından oluşmaktadır. Yükleme ünitesi yukarı ve aşağıya, ileri ve geriye hareket ettirilebilen sistemlere sahip olabilmektedir. Yıldızlar kendi sistemine ait elektrik motoru veya makinenin ana hidrolik motoruna bağlı olan bir hidrolik pompa vasıtasıyla ile çalıştırılabilmektedir. Yıldızlar yengeç kollu, yıldız çarklar, tek veya çift zincirli olabilmektedir.

Yıldızların rahat dönebilmesi için yıldızların orta kısmında elle gres yapılması için aparatlar kullanılmaktadır. Yıldız redüktörlerinde ise bakımlar için yağ kullanılmaktadır. Gresleme ve yağlama gibi bakımların yapılmaması, yıldızların arızalanmasına ve dönmemesine neden olabilmektedir. Buna ek olarak kazı esnasında yıldızlar sürekli çalışır durumda olması gerekmektedir. Şekil 3.12 - 3.14’de çeşitli yükleme üniteleri gösterilmektedir.



(1) Yükleme ünitesi orta parça (2) Sağ yan parça (3) Sol yan parça (4) Yıldız çark (5) Yıldız redüktörü (6) Kaldırma silindirleri (7) Zincirli konveyör kuyruk tamburu

Şekil 3.12 Yükleme grubu ünitesi ve yıldız çarklar (DH Mining Systems 2015).



Şekil 3.13 Yengeç kolları yüklemesi (Sandvik 2014).



Şekil 3.14 Çift zincirli toplayıcı (Ersoy 2014).

3.1.8 Yürüme Ünitesi

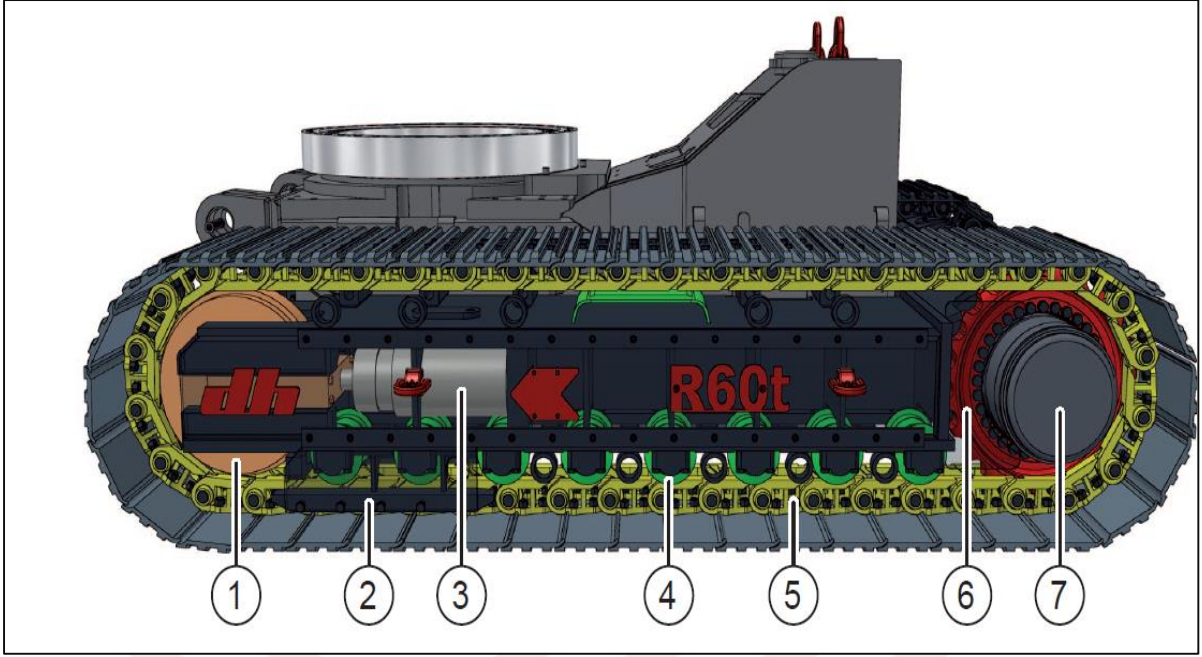
Yürüme ünitesi makinenin ileri – geri ve sağa – sola manevra hareketini sağlayan sistemlerdir. Yürüme üniteleri lastik tekerlekli ve paletli sistemler olarak kullanılabilir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan sistemler paletli sistemlerdir (Fowell vd. 1987). Yürüyüş ünitesi çoğu kez gerek makinenin yanlış kullanılmasından ve gerekse dizayn şeklinden dolayı en çok tamir ve bakım gerektiren kısımlardan birisidir. Pratikte yürüyüş ünitesinin aşağıdaki özelliklerde olması istenir (Yaralı 2009).

1. Makinanın zemine uyguladığı basıncın düşük olması: Yumuşak ve sulu zeminlerde makinenin batması söz konusudur. Bu nedenle makinadaki toplam ağırlığın zemin üzerine daha geniş alanlara yayılmasını sağlamak için özellikle ağır makinalarda palet boyutları geniş tutulur.

2. Makinanın normal yürüyüş hızının yüksek olması: Bu durumda gereksiz boşta hareket zamanı azalır ve geniş tünellerde daha seri manevra hareketi elde edilerek, tabanda kalan kazılmış malzemenin temizlenmesi daha verimli olarak yapılır. Uygulamada bulunan makinaların normal yürüyüş hızları 10 m/dakika civarındadır (Yaralı 2009).

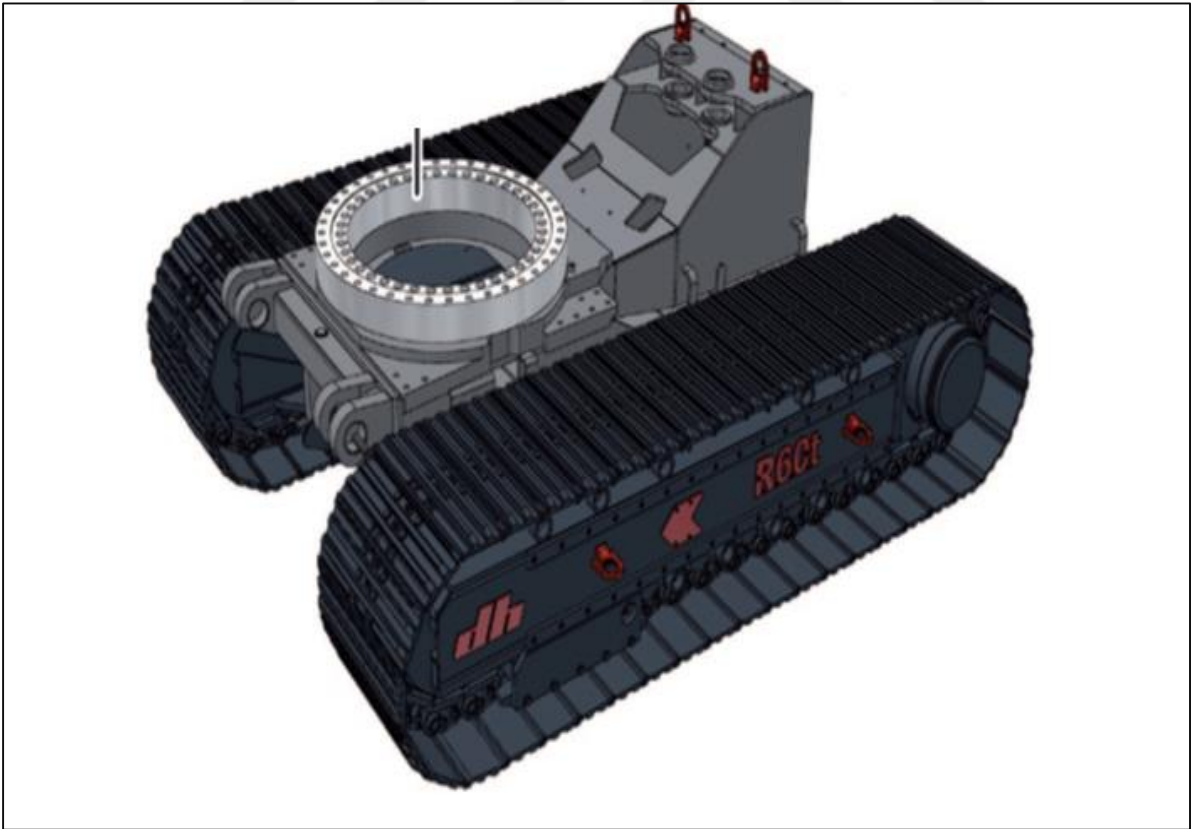
Yürüyüş paletlerinde bulunan zincir takımları zamanla gevşemeler göstermektedir. Gevşeyen zincir sistemlerinin bu durumda gerdirilmesi gerekmektedir. Gerdirilmeyen zincir sistemlerinde zincir baklaları kırılma göstermektedir. Bu nedenlerden dolayı zincir baklasının değişimi uzun süreler alabilmektedir. Palet sisteminde genel olarak 1 -1,5 m uzunluktaki mesafede 2 – 3 cm sarkma tespit edildiğinde zincir düzeneğinin gerdirilmesi gerekmektedir (DH Mining Systems 2015). Gerdirme işlemi ne çok ne de fazla olmalıdır. Gerdirmenin fazla olması durumunda yürüyüş paletleri istikamet tamburları ve cer dişlisi zarar görmektedir. Özellikle eğimli galeri ilerlemelerinde palet gerdirme işlemlerinin sürekli takip edilmelidir.

Galeri açma makinesinin kazı sırasında kesici kafadaki tüm keskiyerler aktif olarak bir arada kesme yaptıklarından dolayı yürüyüş hızına ve kesici kafa geometrisine bağlı olarak makine ve yürüyüş ünitesi en çok bu hareket sırasında yüksek kesme kuvvetlerine maruz kalmaktadır (Yaralı 2009). Şekil 3.15’de bir yürüyüş ünitesine ait parçalar ve gerdirme sistemi, Şekil 3.16’da yürüyüş paletleri ve bağlı olduğu gövdenin görünümü, Şekil 3.17’de ağır tip bir kollu galeri açma makinesine ait hidrolik motorlu yürüyüş ünitesi ve Şekil 3.18’de ise ağır tip bir kollu galeri açma makinesi ait yürüyüş sistemi gösterilmektedir.

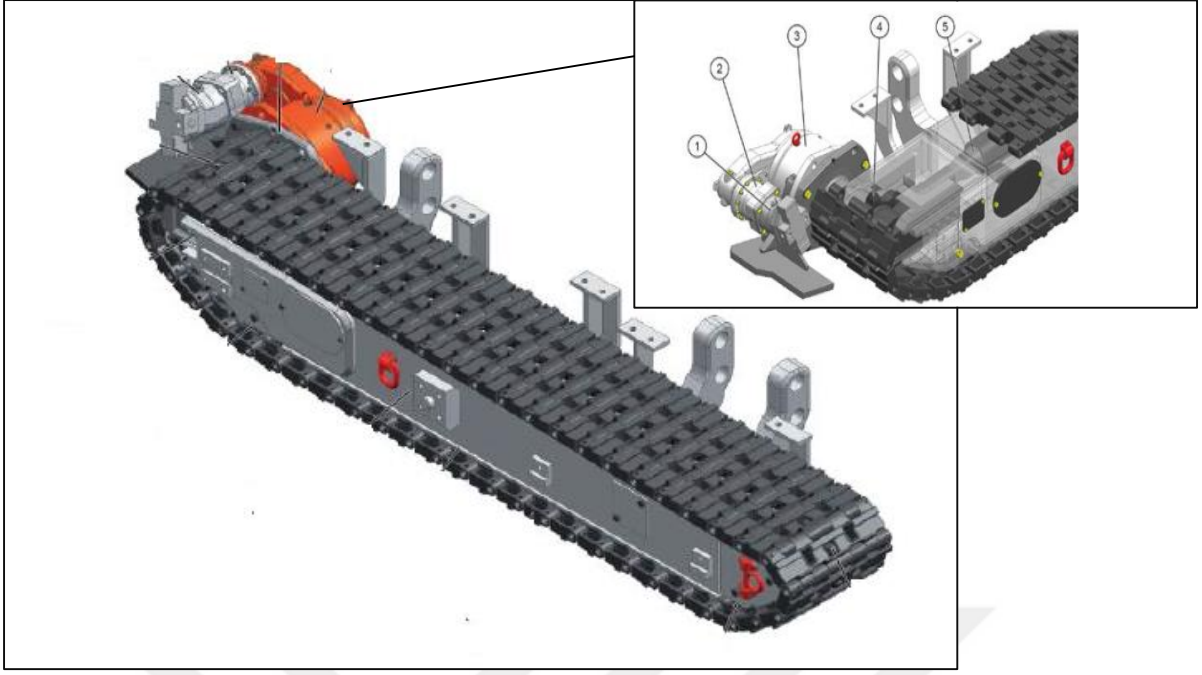


- 1) İstikamet tamburu 2) Kılavuz 3) Gerdirme silindiri 4) Yürüyüş makaraları 5) Palet zinciri 6) Cer dişlisi 7) Yürüyüş redüktörü

Şekil 3.15 Yürüyüş paleti ve gerdirme sistemleri (DH Mining Systems 2015).

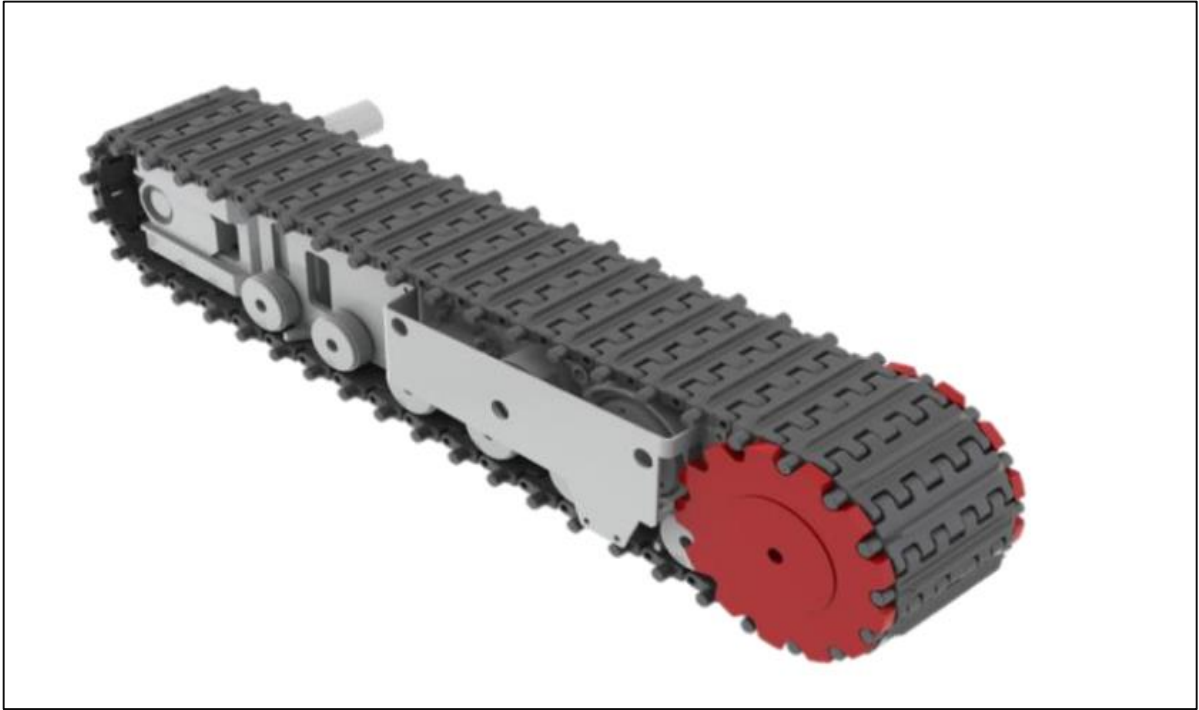


Şekil 3.16 Yürüyüş paleti genel görünümü (DH Mining Systems 2015).



- 1) Hidrolik motor
- 2) Çok diskli fren
- 3) Yürüyüş redüktörü
- 4) Çok diskli fren
- 5) Gerdirme silindiri

Şekil 3.17 Ağır makinalar için tasarlanmış geniş palet sistemi (Sandvik 2014).



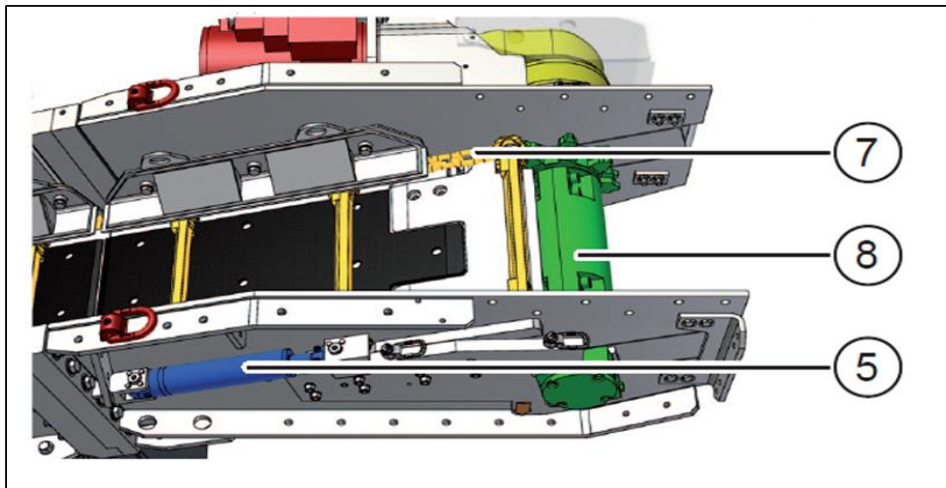
Şekil 3.18 Ağır makinalar için tasarlanmış farklı palet sistemi (Sandvik 2013).

3.1.9 Aktarma Ünitesi

Makine önünde toplanan malzemeler yükleme tablasında yıldızların çalışması vasıtasıyla makinede bulunan zincirli konveyörle köprü bandına nakledir ve buradan da vagonlara, ana bant sistemlerine veya tünel işlerinde kamyonlara nakledir. Özellikle tünel işlerinde köprü bantlarına gerek olmayıp direk zincirli konveyörlerle kamyonlara nakledilir.

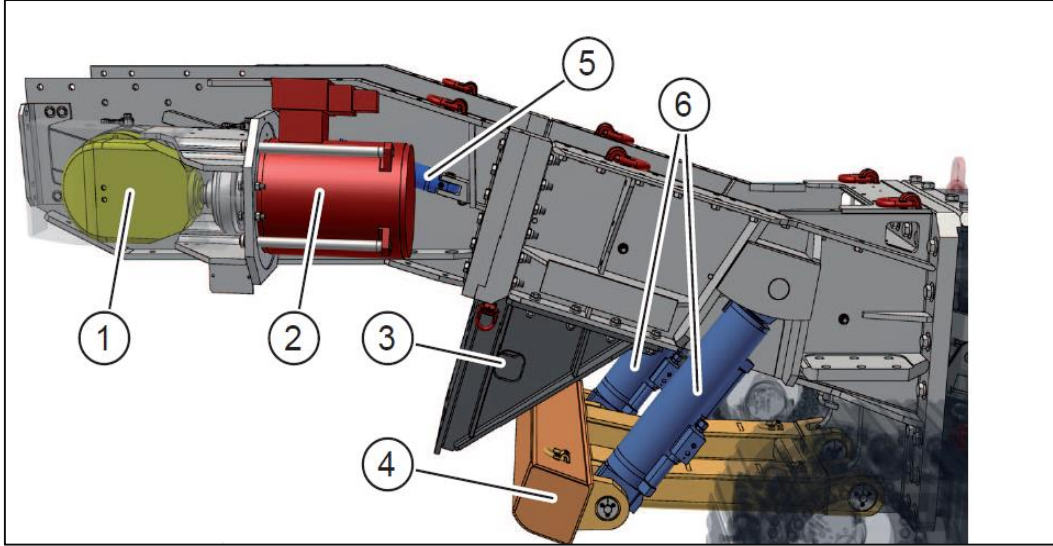
Zincirli konveyör besleme tablasında kuyruk tamburu ve arka kısmında redüktöre bağlı olan bir tahrik dişlisine sahip olan sistemlerdir. Zincirli konveyör genel olarak ön, orta ve arka parça olmak üzere üç parçanın montajıyla bir araya getirilir. Zincirli konveyörde zincir takımında zincirler, zincir kilitleri ve zincir paletlerinden oluşur. Zincirlerin zamanla uzamasıyla zincir boşlamaktadır ve tahrik dişlisinden atlamaktadır. Bu gibi durumları gidermek için zincirli konveyörün arka kısmında iki pistondan oluşan gerdirme sistemi bulunmaktadır.

Galeri açma makinasına bağlı olan köprü bantları makine ile birlikte ilerlemekte ve bağlara asılı olan monoray vasıtasıyla köprü bantları makine ile birlikte hareket etmektedir. Köprü bantları zincirle monoraya asılarak askı makaraları vasıtasıyla monoray üzerinde hareket etmektedir. Şekil 3.19'da aktarma ünitesinin en arka kısmı olan tahrik dişlileri, zincirler ve gerdirme silindirleri, Şekil 3.20'de ise zincirli konveyör elektrik motorları ve orta konveyör kısmı gösterilmektedir.



5) Gerdirme silindiri 7) Zincir takımı 8) Tahrik dişlisi

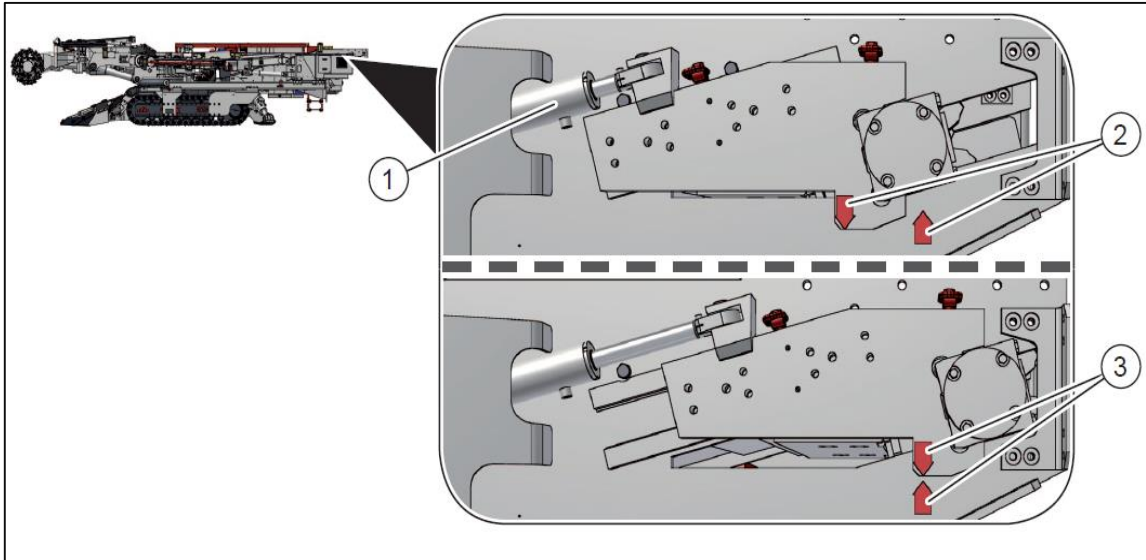
Şekil 3.19 Zincirli konveyör arka bölümü ve gerdirme silindiri (DH Mining Systems 2015).



- 1) Redüktör 2) Elektrik motoru 3) Köprü bandı konsolu 4) Destek 5) Gerdirme silindiri 6) Destek silindirleri

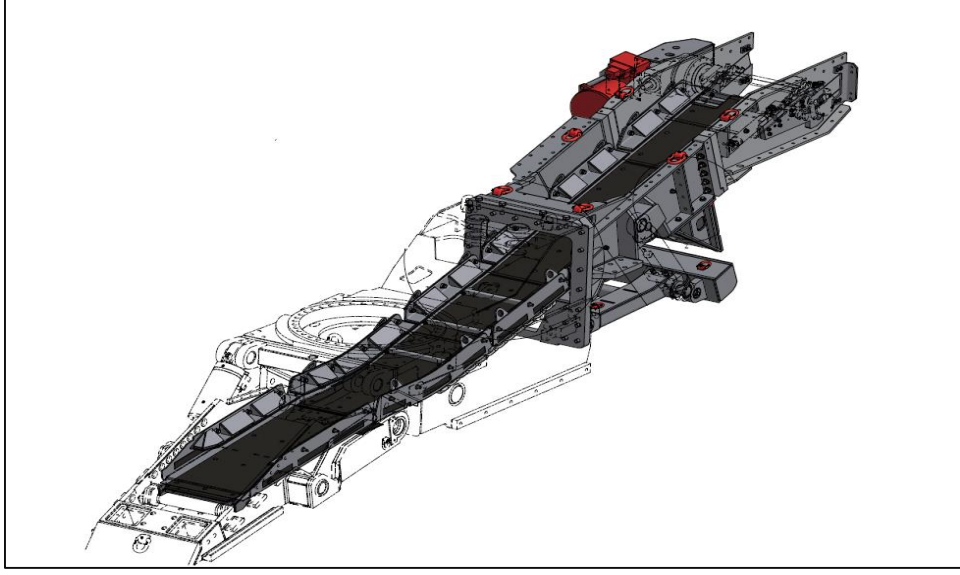
Şekil 3.20 Zincirli konveyör orta ve arka bölümü (DH Mining Systems 2015).

Şekil 3.21’de konveyör zincirlerinin gergin olup olmadığını gösteren sistem gösterilmektedir. Bu sistem sayesinde zincirleri uzaması rahat bir şekilde görülmektedir. Zincirin uzaması ile birlikte zincirler kısaltılarak uygun gerginlik sağlanabilmektedir. Şekil 3.22’de ise zincirli konveyörün tam görünümü gösterilmektedir.



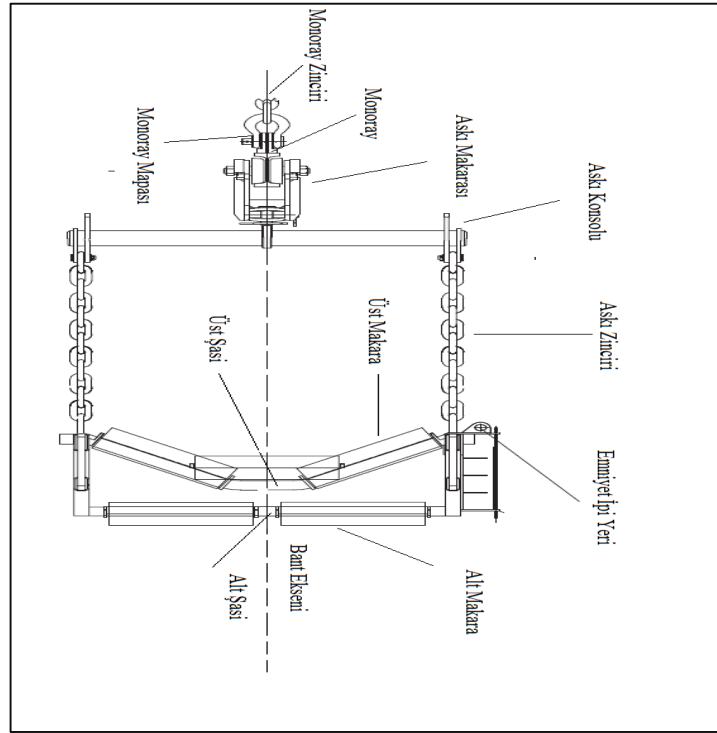
- 1) Gerdirme silindiri
2) Gerdirme silindiri içeri çekilmiş oklar aynı yönde değil (Zincirli konveyör gergin)
3) Gerdirme silindiri dışarı sürülmüş oklar aynı yönde (Zincirli konveyör gergin değil)

Şekil 3.21 Zincirli konveyör gerdirme sistemi (DH Mining Systems 2015).

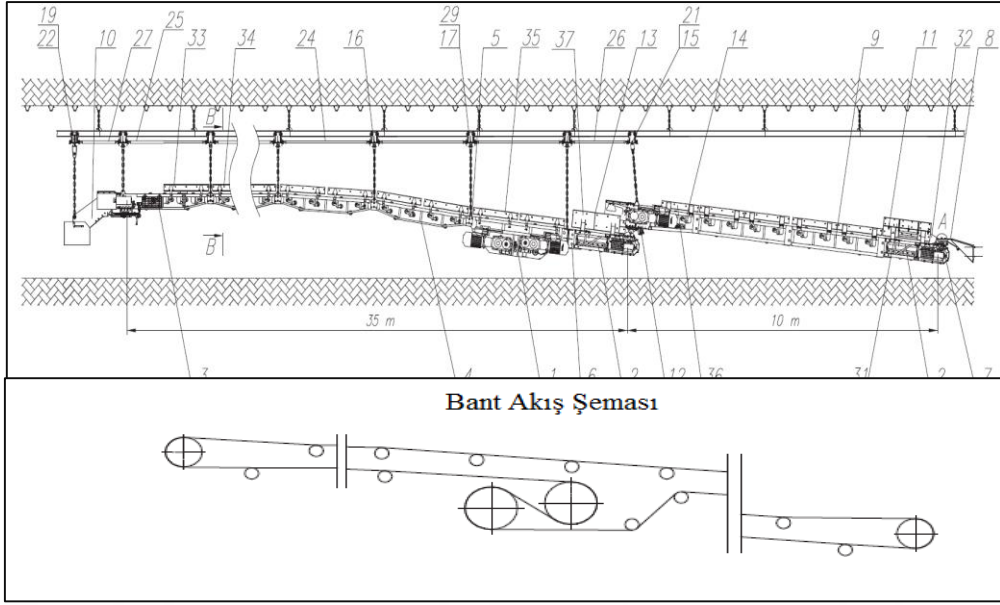


Şekil 3.22 Zincirli konveyör genel görünümü (DH Mining Systems 2015).

Şekil 3.23’de kollu galeri açma makinesinin arka tarafına monte edilen köprü bandına ait ön kesit gösterilmektedir. Köprü bantları galeri açma makinesi ile ana bantlara posta aktarmak için kullanılan bir ara aktarma sistemidir. Şekil 3.24’de köprü bandı genel görünümü, bant akış şeması ve askı sistemleri gösterilmiştir.



Şekil 3.23 Köprü bandı ön kesit görünümü (Sigma 2015).



Şekil 3.24 Köprü bandı yan kesit görünümü ve akış şeması (Sigma 2015).

3.2 KOLLU GALERİ AÇMA MAKİNALARININ SINIFLANDIRILMASI

Kollu galeri açma makinaları çeşitli kademelerde sınıflandırılmaktadır. Bunlar, tarihsel olarak ortaya çıkış zamanları, kayaç kazabilme ve ağırlıklarına göre adlandırılmaktadır. Çizelge 3.1’ de tarihsel olarak sınıflama belirtilmiştir (Bölükbaşı 1986).

Birinci nesil galeri açma makinaları 1960’lı yıllarda Batı Avrupa’da ortaya çıkmıştır. Bu tür makinalar 9 tona yakın olarak üretildi ve 40 MPa basınç dayanımına sahip yumuşak kayaçları kesebilmektedir.

İkinci nesil galeri açma makinaları 1970’li yıllarda geliştirildi. Bu makinalar genel olarak 22 – 37 ton ağırlıktadır. Makinaların bazıları silis oranı düşükse 85 MPa basınç dayanımına kadar sahip kayaçları kesebilmektedir.

Üçüncü nesil galeri açma makinaları 1976’lı yıllarda ağır tonajlı olarak geliştirildi. Bu makinalar 45 – 70 ton arasındaki ağırlıkta ve 100 MPa basınç dayanımına sahip kayaçları kesebilmektedir.

Dördüncü nesil galeri açma makinaları 2000’li yıllarda 120 ton ağırlığa kadar ulaşmıştır. Bu gibi makinalar 100 MPa tek eksenli basınç dayanımı ve formasyonlar düşük RQD, eklem veya

yataklanmalar mevcut ise 160 MPa basınç dayanımına kadar sahip kayaları kesebilmektedir. (Çopur vd. 1998, Thuro and Plinninger 1998, Keleş'ten, 2005). Çizelge 3.2'de kollu galeri açma makinesine ait sınıflama gösterilmektedir.

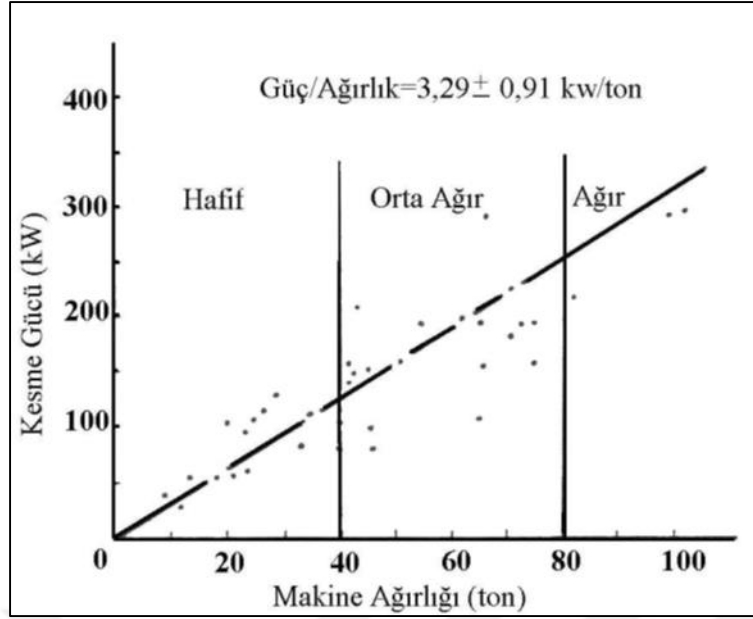
Çizelge 3.1 Tarihsel sınıflama (Ersoy 2014).

Tarih	Yıllar	Ağırlık (ton)	UCS (MPa)
1. Nesil	1960	~ 9	< 40
2. Nesil	1970	22 - 37	< 85 (Silis düşükse)
3. Nesil	1976	45 - 70	< 100
4. Nesil	2000	~ 120	< 160 (RQD düşükse)

Çizelge 3.2 Kollu galeri açma makinası sınıflandırılması (Ersoy 2014).

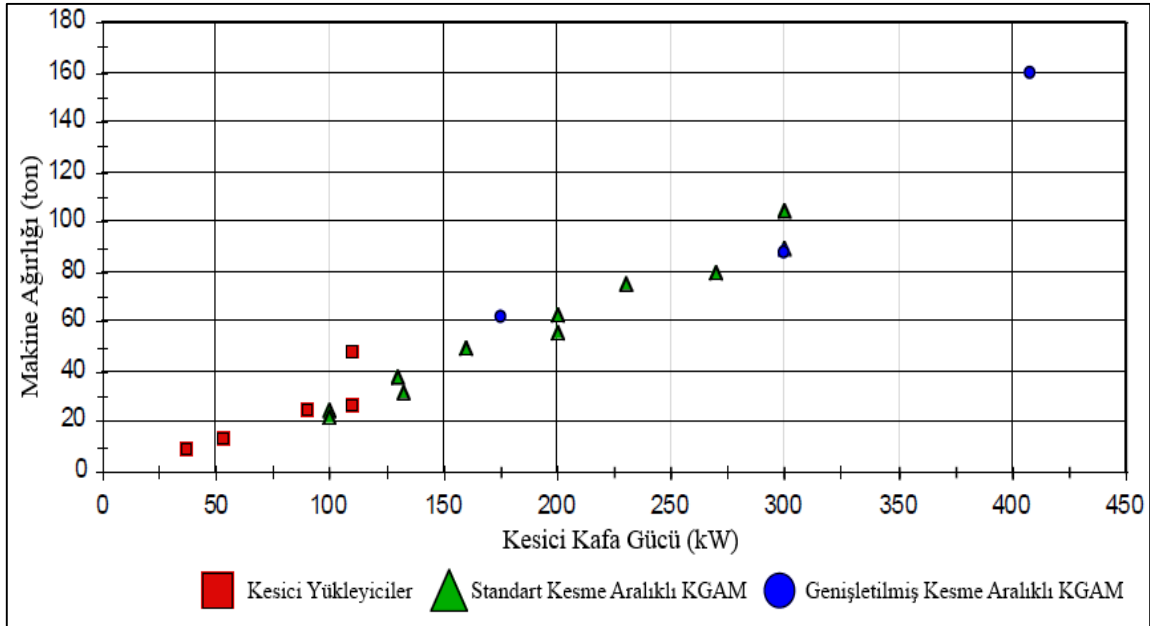
Sınıf	Ağırlık (ton)	Kesici Kafa Gücü (kW)	Standart Kesme Aralığı		Genişletilmiş Kesme Aralığı	
			Maksimum Kazı Kesiti (m ²)	Maksimum UCS (MPa)	Maksimum Kazı Kesiti (m ²)	Maksimum UCS (MPa)
Hafif	8-40	50-170	~ 25	60-80	~40	20-40
Orta	40-70	160-230	~ 30	80-100	~ 60	40-60
Ağır	70-110	250-300	~ 40	100-120	~ 70	50-70
Çok Ağır	>110	350-400	~ 45	120-140	~ 80	80-110

Yukarıda da belirtildiği üzere galeri açma makinasının ağırlığı ile kesme gücü arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Şekil 3.25). Kazılacak kayacın dayanımı arttıkça daha ağır makine kullanımını gerektirir. Bu da kesme gücünün artmasına sebebiyet verir. Bu sayede 100 MPa'a kadar dayanımdaki kayalar dahi iyi bir performansla kazılabilmektedir.



Şekil 3.25 Kesici kafa gücü ile makine ağırlığı arasındaki ilişki (Bilgin 1994).

Makinenin kesici kafa gücü en önemli faktör olmakla birlikte, toplam kurulu güç ve makine ağırlığı makinenin sınıflandırılmasında önemlidir (Fowell vd. 1987). Birçok projeden alınan farklı kazı koşullarında makine seçiminde yardımcı olmak için hazırlanan, kesici kafa motor gücü ve makine ağırlığı arasındaki ilişkiler Şekil 3.26'da gösterilmiştir.



Şekil 3.26 Kesici kafa gücü ve makine ağırlığı arasındaki ilişki (Ersoy 2014).

BÖLÜM 4

KOLLU GALERİ AÇMA MAKİNASI SEÇİM KRİTERLERİ

Kollu galeri açma makinesi seçimi makinenin faaliyete ve satın alma öncesinde gerçekleştirilen en önemli çalışmalardır. Makine seçiminin yanlış olması işletme maliyetlerindeki giderleri artırarak kar oranını düşürecektir. Bu yüzden çok iyi bir makine seçimi yapmak için kaya parametreleri ve makine parametreleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi gerekmektedir.

4.1 MAKİNE ÖZELLİKLERİNE VE KAYACA BAĞLI PARAMETRELER

Makine seçimini ve performansını etkileyen faktörler iki ana faktöre bağlı olarak değişmektedir. Birincisi, makinaya bağlı olan faktörler; ikincisi ise kayaca bağlı fiziksel ve mekanik özellikler, işletme faktörleri ve formasyonun kütleli özelliklerine bağlıdır.

Çizelge 4.1 Kazı makinelerinin performansını etkileyen parametreler (Sutoh vd. 2010).

A. MEKANİK PARAMETRELER	B. JEOLJİK PARAMETRELER
1. Makine parametreleri	1. Kaya kalite değeri (RQD)
a. Makine tipi	a. Süreksizlikler
b. Makine ağırlığı ve boyutları	b. Eklem takımları
c. Pasa toplama ve taşıma kapasitesi	c. Hidrojeolojik durumlar
d. Makine ömrü	d. Jeolojik arızalar
e. Makine toplam gücü	
2. Kesici kafa parametreleri	2. Kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri
a. Kesici kafa tipi ve boyutu	a. Kayaç kesme parametreleri (<i>Spesifik enerji, kesme kuvvetleri vs.</i>)
b. Kesici kafa boyutları	b. Dayanım özellikleri (<i>Basınç ve çekme dayanımı, kohezyon, elastik değeri</i>)
c. Kesici kafa gücü ve dönüş hızı	c. Yüzey sertliği (<i>Shore ve schmidt çekici deneyi</i>)
d. Kesici kafa tasarımı	d. Kaya dokusu (<i>Porozite, kuvars içeriği, tane boyutu ve mikro çatlaklar</i>)
e. Keski dağılımı ve sayısı	e. Aşınma özelliği (<i>Cerchar aşınma indeksi</i>)
f. Kesici uç tipi	f. Sismik özellikler (<i>P ve S dalgası</i>)
g. Kesici uç boyutları	g. Diğer özellikler (<i>Yoğunluk ve nem içeriği</i>)

İlk yatırım maliyetleri çok yüksek olan kazı makinalarının seçimi, yatırım yapacak olan firmanın proje bitim süresinin belirlenmesinde önemli bir faktör olmaktadır. Kazı performansının tahmininin teknik, ekonomik olarak uygulanabilirliğin ve kazı hızlarının önceden belirlenmesi olarak tanımlanır ve kazı işlerinin ekonomik olarak değerlendirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Bu faktör ise mekanize kazı sistemlerinde kullanılacak olan makinanın seçiminde kaya kütlesi ve çevre özelliklerine uygun olarak yapılmasını ve bu tip makinaların verimli bir şekilde çalışmasını sağlamakta ve mekanize kazıyı diğer kazı sistemlerine göre avantajlı duruma getirmektedir (Balcı vd. 2004, Akkaş'tan 2010).

Seçilen kollu galeri açma makinalarının kazı hızının ve keski tüketiminin ne olacağını önceden belirlemek oldukça önemlidir. Deneysel yöntemlerle, spesifik enerjinin belirlenmesi gerçeğe en yakın sonuçlar vermektedir. Kayaçla ilgili etkenler; keski seçiminden başlayarak, keskinin aşınması ve kesme performansını belirlemede en başta gelir. Burada; kayacın mineralojik bileşimi, mekanik özellikleri ve kaya kütlesi özellikleri sıralanabilir (Yaralı 2008, Akkaş'tan 2010).

Makina performans tahmini için, kazılacak malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri, kaya kütlesi ve makina karakteristikleri hakkında bilgi ve veri toplamak önemli faktörlerdir. Bu üç grup arasındaki bağlantı keski ile kaya, kaya ile makina etkileşimi hakkında bilgi sağlamakta ve performans tahmininde yol göstermektedir.

Kazı performansı; kesici kafa tasarımı, keski tipi ve makina gücü gibi makine parametreleri tarafından etkilenmektedir. İkinci olarak, jeoteknik parametreler keski aşınması ve kesme performansını etkilemektedir. Kazı boyunca bakım onarımın aksatılmaması, seçilen kazı yönteminin başarıyla uygulanması için gerekli olan iş planlarının yapılması ve lojistik desteğin gerçekleştirilmesi de kazı performansına etki etmektedir.

Kazı performansını etkileyen parametreleri, mekanik, jeoteknik ve işletme faktörleri olarak ayırarak Çizelge 4.2'de detaylı bir biçimde görmek mümkün olmaktadır. (Tunçdemir 2002).

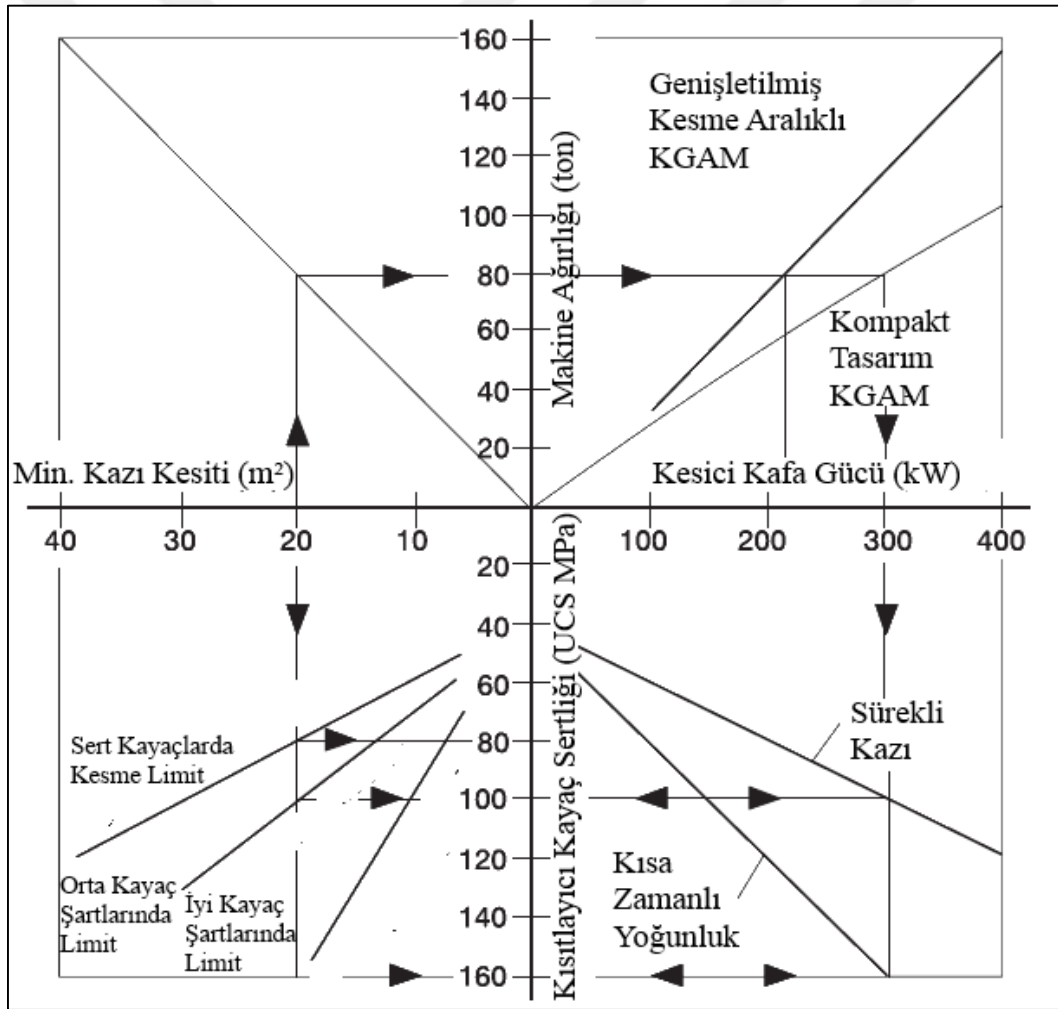
Çizelge 4.2 Kazı performansını etkileyen faktörler (Tunçdemir 2002).

Performansı etkileyen mekanik parametreler		
Kesici Kafa	Kesici uç sayısı	
	Kesici uç tipi	Radyal/ileri atımlı/ kalem uçlu
		Kesici uç geometrisi
		Uç bileşimi
Kesici kafa tasarımı		
Stabilite	Kesici kol silindirin itme kuvveti	
	Kesici kafanın dönme hızı	
	Kesici kafa motor gücü	
	Makinanın sağlamlığı	
İşletme özellikleri	Kazının şekli	
	Operatör tecrübesi	
Performansı etkileyen jeoteknik parametreler		
Malzeme özellikleri	Kesilebilirlik	
	Aşındırma	Sürtünme etkisi
		Darbe etkisi
		Isı etkisi
Dağılma özelliği		Şlam oluşturma
Kütle özellikleri	Süreksizlikler	Hacimsel sıklık
		Yönlenme
		Kesme dayanımı
	Karışık arın	
Formasyon değişimi		
Çevre özellikleri	Su	Yer altı suyu
		Makine suyu
	Galeri geometrisi	Boyut
		Şekil
		Eğim
Yerinde gerilmeler		
Performansı etkileyen işletme parametreleri		
Tahkimat	Tipi, miktarı	
	Bağ atım şekli	
	Mekanizasyon	
	Diğer	Çimentolama
Kamalama		
Pasa nakliyatı	Arında	Makine önünde
		Makine çevresinde
		İkincil kırma
	Arın gerisinde	Konveyör
		Kamyon
Vagon		
Yardımcı ekipmanlar	Havalandırma	
	Toz bastırma	Su/pompa
		Fantüp
	Hat ve kablo uzatımı	Enerji kablosu
		Haberleşme kablosu
Konveyör		
Ray		
İşçilik	Bulunabilirlik	
	Deneyim, yetenek	
	Arına ulaşım	Arına uzaklık/ulaşım süresi
Ulaşım yöntemi		
Organizasyon	Yönetim	Prim Sistemi
		İletişim
	Vardiya	Toplam süre
		Verimli süre
Son kullanım	Mühendislik toleransı	Galeri eğimi
		Galeri İstikameti
İş önceliği	Kazının ortamdaki diğer işlerle ilişkisi	
Su	Su atımı ve drenaj	

Kazılan formasyonlarda maksimum kazı performansına ulaşabilmek için bu formasyon için gerekli olan en uygun makinenin seçimi ile mümkündür. Bunun için makinenin kazı performansını etkileyen parametrelerin bilinmesi gerekmektedir (Thuro and Plinninger 1999).

Kollu galeri açma makinesi seçilirken göz önünde tutulması gereken en önemli özellik kayacın tek eksenli basınç ve çekme dayanımıdır. Kayaca ait bu mekanik özelliklerin fikir vermesinin yanında, tek başına yeterli bir kriter olmadığı da bilinmektedir (Ersoy 2014).

Kazı yapılacak kayacın kazı şartlarına bağlı olarak kollu galeri açma makinesinin ağırlığı, kesici kafa gücü ve kazı kesitiyle ilişkilendirilerek oluşturulmuş abak Şekil 4.1’ de belirtilmiştir.



Şekil 4.1 Kollu galeri açma makinesi seçim abağı (Ersoy 2014).

Kesilebilirlik konusunda en önemli parametrelerden bir tanesi spesifik (özellik) enerjidir. Kesme deneyleri yapılarak kayacın spesifik enerjisi belirlenip kayaçlar için bir kesilebilirlik

sınıflandırılması oluşturulur. Bu verilere dayanarak en uygun kollu galeri açma makinesinin seçilmesinin yanı sıra kesici uç tüketimleri ile ilgili tahminler yapılabilmektedir (Ersoy 2014).

Kesilebilirliğin yanı sıra kayacın aşındırıcılık değeri makine seçimine etki eden önemli faktörlerdendir. Kayaçların aşındırıcılık özelliği delinebilirliği ve kazılabilirliği etkilediğinden, kazılan m³ kayaç başına keskinin aşınmasının belirlenmesi gereklidir. Keski ucu aşınmasının; makinenin ilerleme hızına, uygulanan kuvvetlere ve enerji sarfiyatına olumsuz etkileri olacaktır. Körelmiş keskinin ile daha fazla kesme kuvveti harcanmakta ve daha az ilerleme kaydedilmektedir (Fowell ve Johnson 1991, Yaralı'dan 2016). Mekanik kazı sistemlerinde, kayaçla devamlı temasta olan herhangi bir keski, bir süre sonra aşınmakta ve kullanılmaz hale gelmektedir. Keski masrafları tüm kazı maliyetinin 1/3'üne vardığı durumlara da rastlanmaktadır (Bilgin 1982). Bu nedenle bir kazı sistemi tasarımı yapılmadan, kazı yapılacak formasyonların mekanik ve petrografik özelliklerinin bilinmesi ve ne kadar keski harcanacağı tahmin edilerek makine tipinin iyi tespit edilmesi gerekmektedir (Bilgin 1989).

Bir mekanik kazıda, keski tüketiminin fazla olması sadece keski tüketim maliyetlerini değil, onarım ve keskinin değiştirme sürelerinin artmasından dolayı oluşan kazı maliyetlerini de olumsuz etkileyecektir. Kayaçların aşındırıcılıklarının belirlenmesine yönelik birçok deney yöntemi önerilmiş olmasına rağmen kabul görmüş deney yöntemi oldukça az sayıdadır. Literatüre bakıldığında, birçok mekanize kazı makinesi üreticisi ile araştırmacının makine performans analizlerinde Cerchar ve Schimazek aşınma indeksleri ile Norveç aşınma deneyi sonuçlarını kullandığı görülmektedir (Yaralı 2016).

Madencilik ve tünelcilik uygulamalarında kullanılan keskindeki aşınmaya etki eden parametreler üzerinde çeşitli çalışmalar yapılarak aşınmaya etkili olan başlıca parametreler; kayacın dayanımı ve sertliği, mineral bileşimi, mineral tanelerinin boyutu, kesici uç geometrisi, kesme derinliği ve kesme hızı, keskinin oluşturdukları darbe yükleri, kesme tipi veya keskinin hareket şekli, keskiye veya kayaç yüzeyine uygulanan soğutma sıvısı, etkin kesme ve ufalanma, keskinin kalitesi, tungsten karbürün metalürjik yapısı, kazı şartları ve işletme faktörü etkili olmaktadır (Yaralı 2016).

Günümüzde Cerchar aşınma indeksi (CAI) indeks deneyi için kullanılmakta olan çeşitli sınıflandırma sistemleri bulunmaktadır. ISRM (2015), tarafından önerilen Cerchar aşınma indeksine göre aşındırıcılık sınıflaması Çizelge 4.3'te verilmiştir.

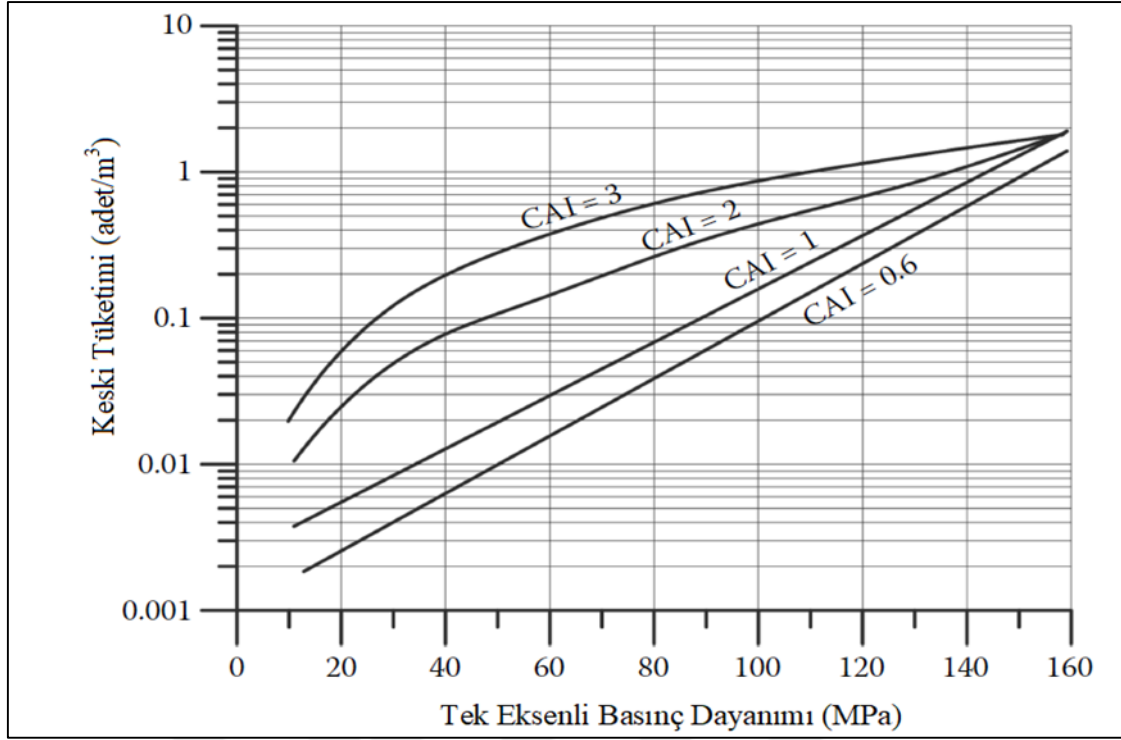
Çizelge 4.3 Cerchar aşınma indeksi sınıflaması (Yaralı 2016).

CAI	Sınıfı
0,1 – 0,4	Aşırı düşük
0,5 – 0,9	Çok düşük
1,0 – 1,9	Düşük
2,0 – 2,9	Orta
3,0 – 3,9	Yüksek
4,0 – 4,9	Çok Yüksek
≥ 5,0	Aşırı Yüksek

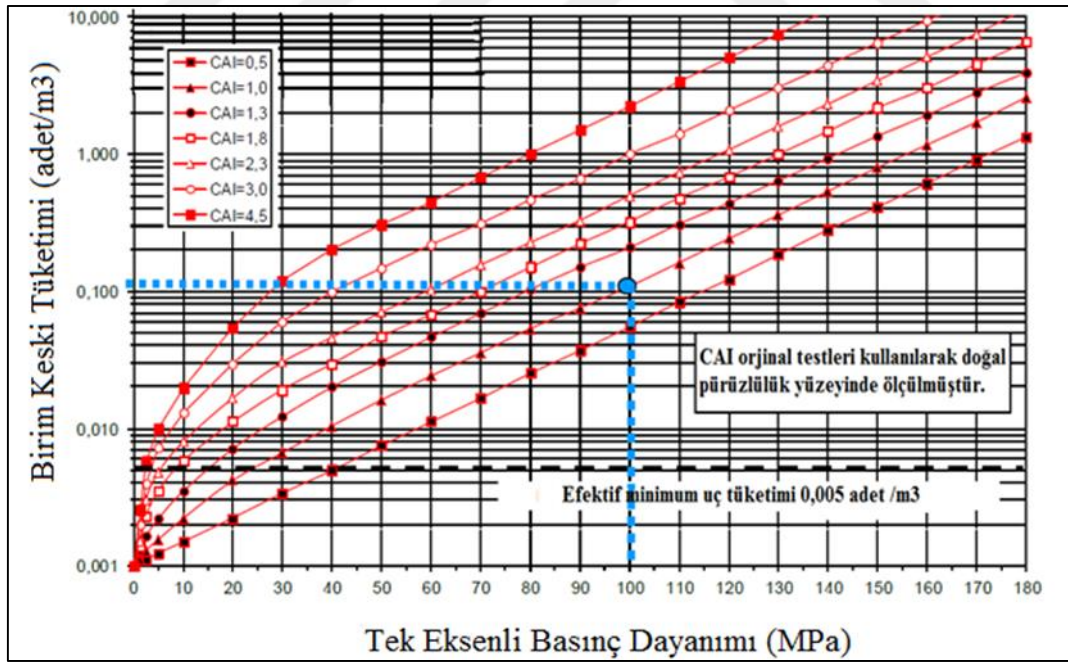
Birçok araştırmacı kayaçların petrografik özellikleri (kuvars ve diğer aşındırıcı minerallerin miktarı, kuvars ortalama tane boyutu, kayacın çimentolanma derecesi ve çimento türü, vb.), fiziksel (porozite, yoğunluk) ve mekanik özellikleri (dayanım, sertlik) ile Cerchar aşınma indeksi (CAI) arasındaki ilişkileri araştırmışlardır.

Cerchar aşınma indeksi deneyi basit ve tekrarlanabilirliği yüksek bir deney yöntemi olmasına rağmen birçok parametre bu deney yöntemini ve sonuçları etkilemektedir. Bu parametreler; farklı deney aleti kullanımı, farklı metalürjik özellikte ve sertlikte uç kullanımı, örnek yüzeyinin pürüzlü veya düzgün kullanımı, aynı yönde veya farklı yönlerde çizme işleminin yapılması, Cerchar aşınma indeks deneyinde kullanılmış ve aşınmış ucun mikroskop altında farklı konumlarda değerlendirilmesi (yatay ve düşey konumda), çizme mesafesi, uçlara uygulanan kuvvettir (Yaralı 2016).

Plinninger (2004) tarafından da belirtildiği gibi CAI değerleri kullanılarak Şekil 4.2-4.3'den keski tüketimi değerleri tahmin edilebilmektedir (Ersoy 2014).



Şekil 4.2 Keski aşınma oranı abağı (Bilgin vd. 2005).



Şekil 4.3 Yüksek kaliteli 22 mm tungsten karbit çaplı kesici uçların çift tamburlu (travers) kesici kafa için düşük hızlı kazıda birim keski tüketimi (Sandvik 2012).

4.2 MAKİNE ÖZELLİKLERİNDEN BAĞIMSIZ PARAMETRELER

Kollu galeri açma makinesi ile kazı yapılmasında kazının randımanlı bir şekilde yapılması için birçok faktörde bulunmaktadır. Örnek olarak, çalışılacak olan kazı kesiti, yapılacak olan tahkimat sistemi, havalandırma sistemleri ve nakliyat sistemleri de etkili olmaktadır. Bu sistemlerin bir bütün halinde düzgün bir şekilde işletilmesi kazı verimini oldukça etkilemektedir. Makine arkasına kurulan toz bastırma sistemlerinin verimli bir şekilde çalışması için havalandırma sistemlerinin (vantüp çapı, hava miktarı, fan gücü vs.) olacak şekilde uygun seçim yapılmalıdır. Tahkimat sisteminde kaya saplama, tavan saplama, TH bağlar mevcut olması durumunda makine seçiminde bu tahkimat sistemlerine yardımcı olan (delici ve bağ kaldırma sistemi) seçilmesi ilerleme hızlarının artışına etki etmektedir. Nakliyat sistemlerinde ise eğimli galerilerde bant sistemlerinin kurulması ve düz galerilerde vagon veya bant ile ilerlemenin yapılması, monoray sistemlerinin kurularak malzeme ve ekipmanların naklinin gerçekleşmesi gibi faktörler makine seçiminde etkili olmaktadır.

4.3 İŞLETME MALİYETİ

Kollu galeri açma makinesi seçiminde işletme maliyeti önemli bir faktördür. İlk yatırım maliyetinin yüksek olmasıyla birlikte diğer klasik kazı sistemlerine nazaran yapılan yatırımlara göre avantaj sağlaması gerekmektedir. Özellikle yapılan yatırımdan sonra makinadan faydalanma oranının yüksek olması ve klasik yöntemlere göre hak ediş maliyetinin düşük olması işletme maliyeti açısından önemlidir. Bunun yanında makinenin işletmeye alınmasıyla birlikte kesici uç maliyetleri en büyük paya sahip olmaktadır. Kazı sırasında arızalanan pistonlar, yağ sarfiyatları, zincirler, zincirli konveyör dişlisi, yıldızlar, paletler, titreşimlerden kaynaklanan arızalar, kesici uç tutucu kırılmaları gibi arızalar meydana gelerek yedek parça değişimleri yapılarak zamanla maliyet artışları yaşanmaktadır. İlerlemelerin duraksamaması açısından yedek parça stokunun geniş tutulması önceden yatırım yapılarak hazırda bulundurulması iş hızını artıran önemli faktörlerin başında gelmektedir.

BÖLÜM 5

KOLLU GALERİ AÇMA MAKİNALARI PERFORMANS TAHMİN YÖNTEMLERİ

Mekanik kazı, güvenli ve ekonomik olmasının yanında verimli madencilik yapabilmesi, esnek kullanım şartlarına sahip ve hareket kabiliyetinin yüksek olması, sert ve aşındırıcı kayaları kazabilme yeteneğinden dolayı tercih edilmektedir.

Bir jeolojik formasyonun kayaç kütlesi özellikleri (çatlak sayısı ve sıklığı, yataklanma düzlemleri, doğrultuları, hidrojeolojik şartlar, yatak geometrisi vs.) ve sağlam kaya özellikleri (kesilebilirlik, aşındırıcılık, dayanım, doku, sertlik vs.) mekanik kazıcıların seçiminde, performans tahminlerinde ve kesici kafa tasarımlarında başlıca parametreleri oluşturur. Herhangi bir formasyonu kazmak için kullanılacak bir mekanik kazıcının performans tahmini kazının ekonomikliğini belirlemede ana faktörlerden biridir. Kazı performansı tahmininde değişik metotlar vardır. Gerçekçi sonuçlar için kestirim birkaç metot uygulanarak yapılmalıdır. Bu metotlar, tam boyutlu kesme deneyleri, küçük boyutlu kesme deneyleri (karot kesme), görgül yaklaşımlar, yarı teorik yaklaşımlar ve arazide gerçek bir makine kullanımı olarak bölümlere ayrılabilir (Tunçdemir ve Bilgin 2002).

5.1 TAM BOYUTLU DOĞRUSAL KESME DENEYİ

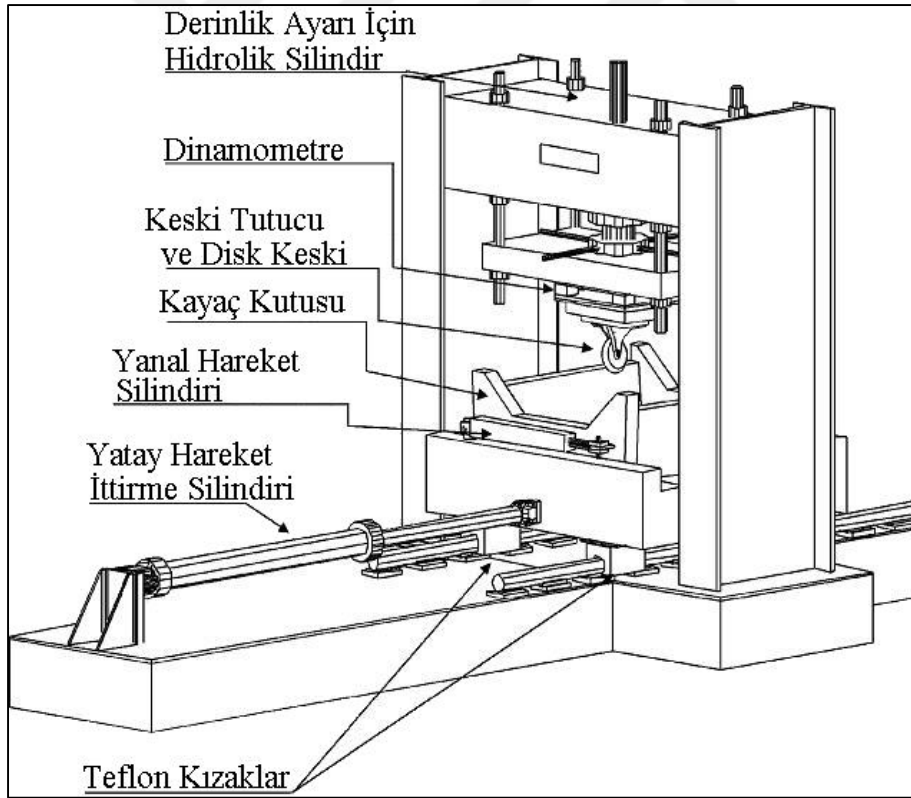
Tam boyutlu doğrusal kesme deneyi, en az 30x50x50 cm boyutlarındaki büyük bir kaya bloğunun gerçek boyutlu bir keski ile hazırlanmasından dolayı kesin sonuçlar verebilen bir yaklaşımdır. Deney setinin görünümü Şekil 5.1'de gösterildiği gibi bu deneyler farklı kesme derinliklerinde ve farklı keski arası mesafe kullanılarak kesme kuvveti, yan kuvvetler ve spesifik enerji hesaplanabilmektedir (Özdemir 1995, Ersoy 2014). Bu deney setinde yük göstergesi ile donatılarak kullanılan yüksek kaliteli alüminyum blok ile 500 kN'a kadar olan itme kuvvetleri kayıt edilebilmektedir. Hidrolik silindir vasıtasıyla numunenin erken kırılmasını engelleyen beton kalıp içinde bulunduğu kutu hareket ettirilebilmektedir.

Dinamometreye doğrudan bağlı olan keski ile kesim yapılabilir. Hidrolik silindirler vasıtasıyla kesme derinliği ayarlanabilir. Kesme derinliği kesim yaparken sabit kalacak şekilde mekanik bir aygıt ile ayar yapılabilir (Balcı 2009, Ersoy 2014).

Bu deneyden elde edilen sonuçlar ile makine gücü ve net kazı hacmi tahmini yapılabilir. Net kazı hacmi hesaplamalarında kesici kafa gücünün kayaca iletme oranı da göz önünde bulundurulmalıdır. Galeri açma makinelerinde bu katsayı 0,45 – 0,55 olarak alınmaktadır (Rostami vd. 1994, Ersoy 2014). Net kazı hacmi formülü Eşitlik 5.1'deki gibi olmaktadır.

$$ICR = k \times \frac{P}{SE_{opt}} \quad (5.1)$$

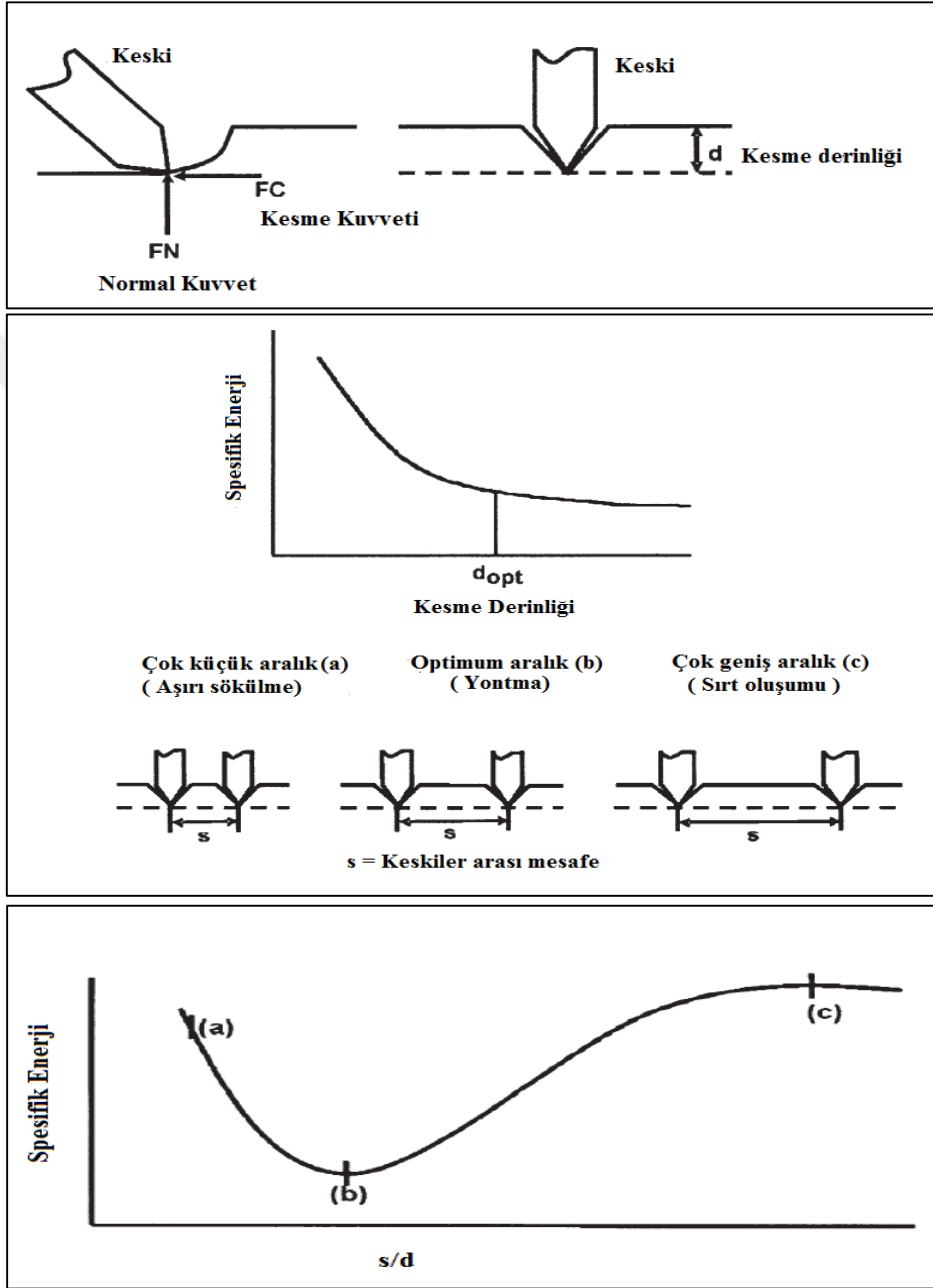
Burada, ICR = Net kazı hacmi (m³/h), k = Enerji transfer katsayısı, P = Kesici kafa gücü (kW), SE_{opt} = Optimum spesifik enerji (kWh/m³) olarak belirtilmektedir.



Şekil 5.1 Tam boyutlu doğrusal kesme deney aleti görünümü (Tunçdemir 2002).

Keskiler arası mesafe ve kesme derinliğinin spesifik enerjiye etkisi Şekil 5.2'deki gibi gösterilmektedir. Keskiler arası mesafe çok küçük ise (a), kayadaki aşırı sökülmeden dolayı

kesme verimli değildir. Keski arası mesafe çok büyük ise (c), kaya parçası çok rahat bir şekilde koparılamadığından dolayı kesme verimli değildir. Minimum spesifik enerji kesme derinliği oranında optimum aralık ile elde edilir (b). Keski arası mesafenin kesme derinliğine oranı genellikle 1 ile 5 arasındadır (Balcı vd. 2004).



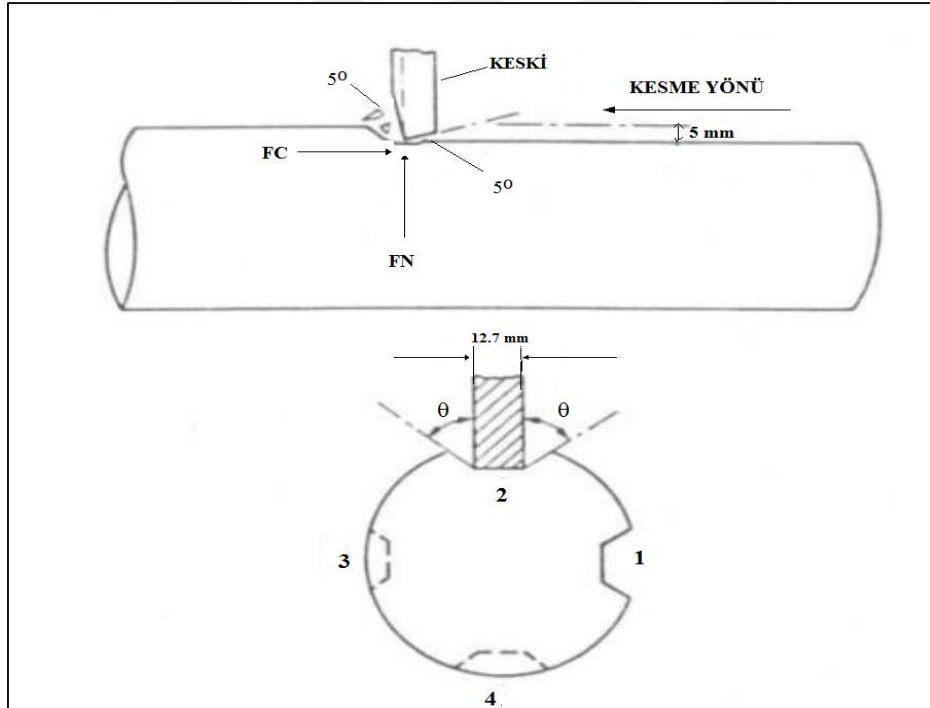
Şekil 5.2 Spesifik enerji ve keski arası mesafe / kesme derinliği ilişkisi (Balcı vd. 2004).

Şekil 5.2’de en uygun kesme aralığı spesifik enerjinin minimum değerinde olduğu aralık (b) ile gösterilen durumdur.

5.2 KÜÇÜK BOYUTLU DOĞRUSAL KESME DENEYİ

Bu tahmin yöntemi; 1977’de Mc-Feath Smith ve Fowell tarafından detaylı bir şekilde tartışılmıştır. Bu yöntem arazide ve laboratuvarında birçok kayaç üzerinde yapılan deneyler ve gözlemler sonucunda oluşturulmuş, en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Mc-Feath Smith ve Fowell 1977, Dursun’dan 2012).

Bu deneyde bir kayaç bloğu veya karot numunesi standart bir kama tipi ($-\theta$ kesme açısı, 50° temizleme açısı) keski ile 5 mm kesme derinliğinde yardımsız (etkileşimsiz olarak) kesilir. Keskiye etki eden kuvvetler üç boyutlu olarak ölçülür ve spesifik enerji (kesme kuvveti, kırıntı ağırlığı ve kesme uzunluğunun fonksiyonu) olarak hesaplanır. Deneylerden elde edilen sonuçlar, kazıcı makine seçimi ve tasarımı, performans (üretim, kazı, kesme hızı) tahmini, optimizasyonu ve maliyet tahmini amaçlarına yönelik olarak fizibilite ve planlama olarak kullanılabilir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Küçük boyutlu doğrusal kesme deneyi (Bilgin vd. 1988, Dursun’dan 2012).

R.J Fowell ve I. McFeath Smith (1977) galeri açma makinelerinin performanslarını 10 yıl boyunca yerinde tespit etmiş ve aldıkları karot numunelerini laboratuvar ortamında test

etmişlerdir. Geliştirdikleri deney setinde keskiye gelen kuvvetlerini belirlemişler ve Eşitlik 5.2'den de spesifik enerjiyi tespit edebilmişlerdir (Bilgin vd. 2006).

$$SE = \frac{FC}{Q} \quad (5.2)$$

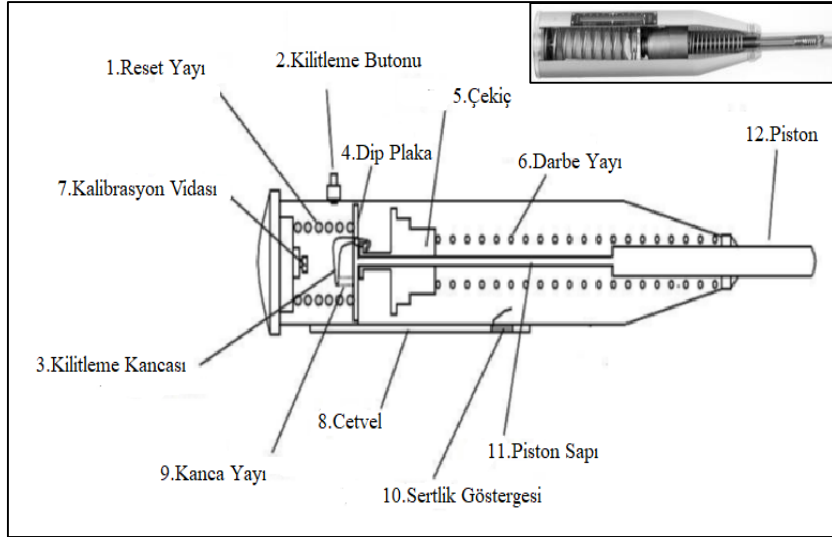
Burada SE=Spesifik enerji (MJ/m³), FC=Kesme kuvveti (kN) ve Q=Birim kazı hacmini (m³/km) olarak belirtilmektedir.

5.3 SCHMİDT ÇEKİCİ İLE PERFORMANS TAHMİNİ

Kaya mühendisliğinde kaya malzemesinin yenilme özelliklerinin belirlenmesinde ve kaya kütle sınıflamalarında önemli bir parametre olan tek eksenli basınç dayanımının ölçümü ve tahmini yaygın olarak kullanılmaktadır (Dehghan vd. 2009). Ucuz, kolay, pratik, hasarsız bir deney yöntemi olan Schmidt çekici ile sertlik tayini ise kaya ve betonların sertlik dayanımlarının tayininde ve tek eksenli basınç dayanımlarını dolaylı yoldan tahmin etmede sıklıkla kullanılmaktadır. Tek eksenli basınç dayanımı tahmininde kullanılan Schmidt çekici gibi dolaylı yöntemler, tek eksenli basınç dayanımına kıyasla daha basit, daha hızlı ve daha ekonomiktir (Kahraman 2001, Karaman vd. 2011).

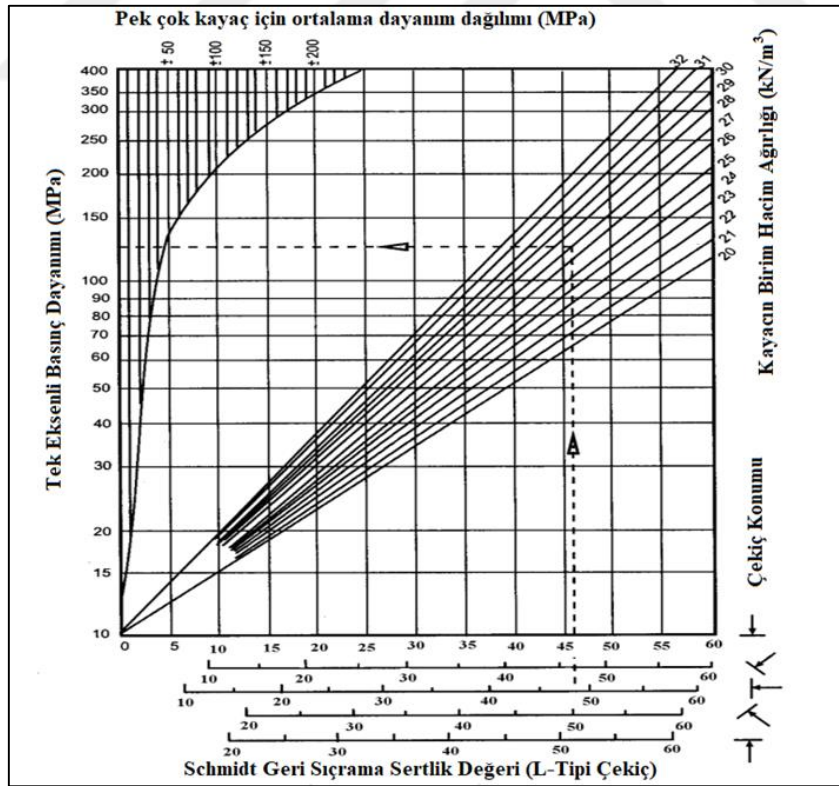
Schmidt çekici ile makine performans tahmini bazı araştırmacılar açısından ilgi çekici olmuştur. Bilgin vd. (2002) metro tünellerinin açılmasında kullanılan darbeli kırıcıların kayacın RQD değerine bağlı olarak Schmidt çekici verilerinden performans tahminleri yapılabileceğini göstermişlerdir. Kahraman vd. (2004) 13 farklı karbonatlı kayacın geniş çaplı dairesel testere ile kesilebilirliğine ve üretim hızını eğrisel regresyon analiziyle geliştirdikleri modellerden güvenilir bir şekilde tahmin edilebildiğini belirlemişlerdir.

Schmidt çekiçleri darbe enerjilerine göre sınıflandırıldığında 2'ye ayrılmaktadır. Bunlar; L ve N tipi çekiçlerdir. L tipi çekiçlerin darbe enerjisi 0,735 Nm'dir ve N tipi Schmidt çekicinin darbe enerjisi 2,207 Nm'dir. Ancak laboratuarda karot numuneleri üzerine sertlik deneyi yapılırken N tipi çekiç yerine L tipi çekiç kullanılmaktadır. Schmidt çekici görünümü Şekil 5.4'te gösterilmiştir (Yaşar 2017).



Şekil 5.4 Schmidt çekici genel kısımları ve parçaları (Yaşar 2017).

Schmidt çekici tahmin yönteminde ISRM (1981) standartlarına göre numune üzerine Schmidt çekici ile 20 farklı noktaya tek vuruş yapılarak en büyük 10 vuruş değerinin ortalaması alınır ve Şekil 5.5’de verilen abaktan tek eksenli basınç dayanımı değeri tahmin edilir.



Şekil 5.5 Tek eksenli basınç dayanımı ve Schmidt sertliği arasındaki ilişki (Deer ve Miller 1966, Karaman vd. 2011).

Kayaç sertlik sınıflaması da Çizelge 5.1’ de yapılmıştır. Bu sınıflamaya göre kayaçlar yumuşak, az yumuşak, az sert, sert, oldukça sert ve çok sert olarak tanımlanabilmektedir (Karaman vd. 2011).

Çizelge 5.1 Schmidt çekicine göre kaya sertliğinin sınıflandırılması (ISRM 1978).

Schmidt Sertlik Değeri	Sınıflandırma
0-10	Yumuşak
10-20	Az Yumuşak
20-40	Az Sert
40-50	Sert
50-60	Oldukça Sert
>60	Çok Sert

Çeşitli araştırmacılar tek eksenli basınç dayanımının tahmin edilebilmesi için birtakım bağıntılar önermişlerdir. Bu bağıntılar Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Schmidt çekici değeri ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki bazı bağıntılar (Yaşar 2017).

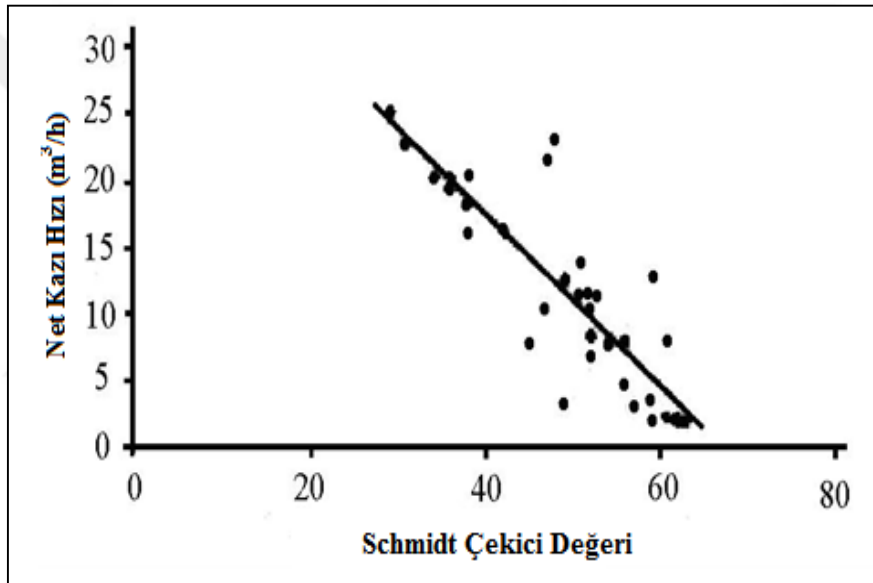
Araştırmacı	Eşitlik	Kayaç türü
Singh vd. (1983)	$\sigma_c = 2 \times R$	Sedimanter kayaçlar
Haramy ve De Marco (1985)	$\sigma_c = 0,99 \times R - 0,38$	Kömür
O’Rourke (1989)	$\sigma_c = 4,85 \times R$	Kumtaşları
Sachpazis (1990)	$\sigma_c = 4,29 \times R - 67,52$	Karbonatlar
Gökçeoğlu (1996)	$\sigma_c = 0,0001 \times R^{3,2658}$	Marn
Yaşar ve Erdoğan (2004)	$\sigma_c = 4 \times 10^{-6} \times R^{4,29}$	Karbonatlar
Aydın ve Basu (2005)	$\sigma_c = 1,45 \times e^{(0,07 \times R)}$	Granitler
Yağız (2009)	$\sigma_c = 0,0028 \times R^{2,584}$	Karbonatlar

Burada, R= Schmidt çekici değeri σ_c = Tek eksenli basınç dayanımını belirtmektedir.

Schmidt çekici kayanın tek eksenli basınç dayanımı ve diğer mekanik özelliklerini bulmak, bozunma durumu, kayanın süreksizliklerini belirlemek, maden tavanı kontrolü, kollu galeri açma makineleri ve TBM performansı, delici makine delme oranı, kaya sökülebilirliği, kaya

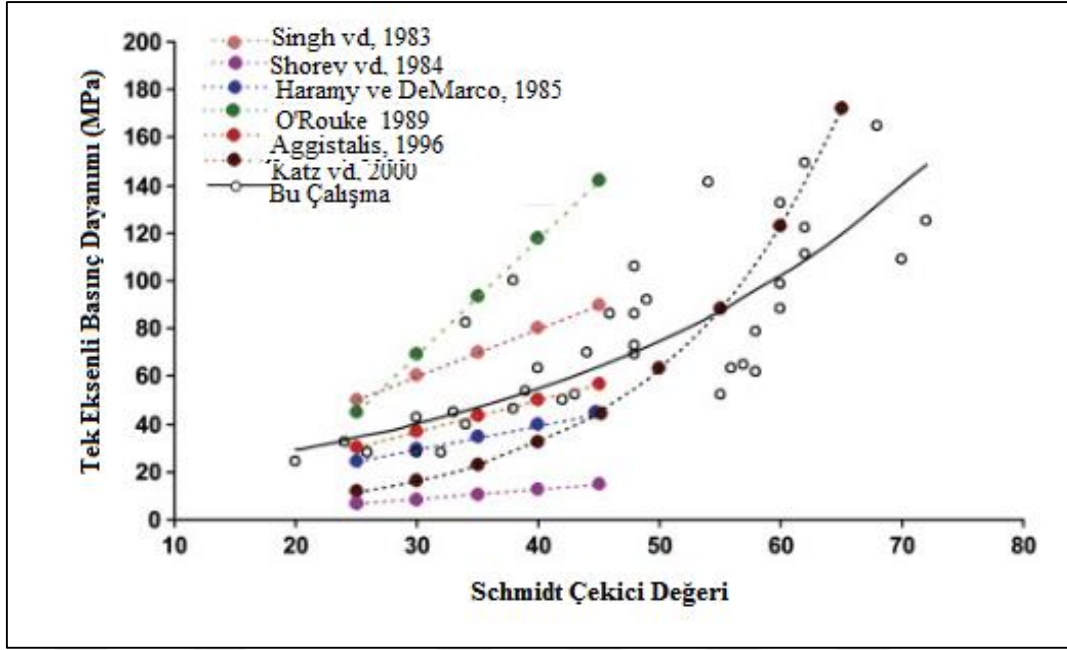
deformasyon katsayısı, kayaç aşındırıcılığı, kaya agregasının aşındırma direnci, kaya kazısı için bir sınıflama parametresi olarak, granit döşeme karolarının sınıflama sertliği ve galerilerdeki yerinde gerilme tahmininde gibi alanlarda kullanılmaktadır (Göktan ve Güneş 2005, Bilim 2007).

Göktan ve Güneş (2005), Schmidt çekici test yönteminin makine ile kaya kesilebilirliğini anlamak için kullanışlı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Kaya litolojisinin çeşitliliğini anlamak için arazideki Schmidt çekici değerlerini toplayarak bir kollu galeri açma makinesinin kesme oranları ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, Şekil 5.6'da görüldüğü gibi doğrusal bir ilişki bulmuşlardır (Bilim 2007).



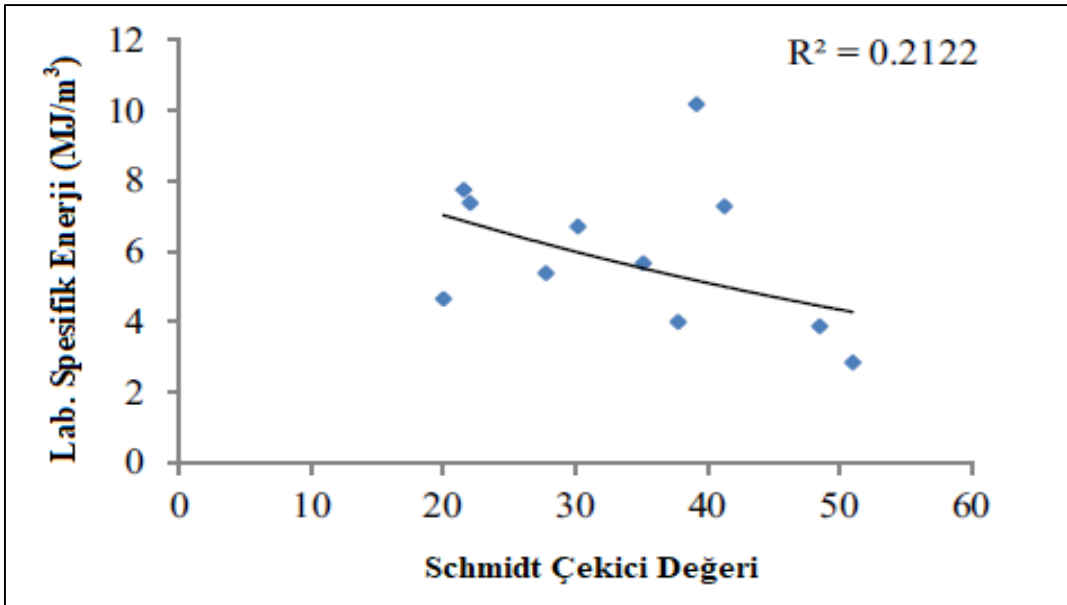
Şekil 5.6 Net kazı hacmi ve Schmidt çekici değeri arasındaki ilişki (Göktan ve Güneş 2005, Bilim 2007).

Tandon ve Gupta (2013) kuvarsit, gnays, metamorfik, granitik ve dolomitik kayaçlar gibi 36 adet farklı örnek üzerinde Şekil 5.7'de görüldüğü gibi schmidt çekici değerleri ile tek eksenli basınç dayanımı arasında ilişki kurmuştur (Tandon ve Gupta 2013).



Şekil 5.7 Çeşitli araştırmacılara göre kıyaslanan tek eksenli basınç dayanımı ve Schmidt çekici değeri arasındaki ilişki (Tandon ve Gupta 2013).

Doğruöz vd. (2017) Beypazarı Çayırhan kömür madeninde 11 adet kayaç örneği üzerinde çalışmalar yapmıştır. Çalışmalar sonucunda Schmidt çekicinin laboratuvar ortamındaki spesifik enerjisi ilgili ilişkisi Şekil 5.8’de verilmiştir (Doğruöz vd. 2017).



Şekil 5.8 Laboratuvar spesifik enerjisi ve Schmidt çekici değeri arasındaki ilişki (Doğruöz vd. 2017).

5.4 KESKİ TÜKETİM TAHMİN YÖNTEMLERİ

Keski tüketimi kazı performansında kollu galeri açma makinelerinde önemli bir yere sahiptir. Keski seçiminin kesici kafada belirli açı ve konumda yerleştirilmiş uç tutucularına uygun seçilmesi gerekmektedir. Keski seçiminin düzgün bir şekilde yapılmaması kesici kafa uç tutucularında kırılmalara neden olmakla birlikte kazı verimini etkilemektedir. Keski seçiminde özellikle boy, çap, tungsten karbit çapı ve uzunluğu, metal içeriği, kayacın mekanik, fiziksel ve aşınma özelliklerin dikkate alınması gerekmektedir. Keski tüketimi sarf malzemeler olduğundan dolayı maliyet açısından dolayı özellikle sert ve dayanımı yüksek kayalarda büyük bir artış gösterdiğinden keski tüketiminin doğru bir şekilde tahmin edilmesi önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

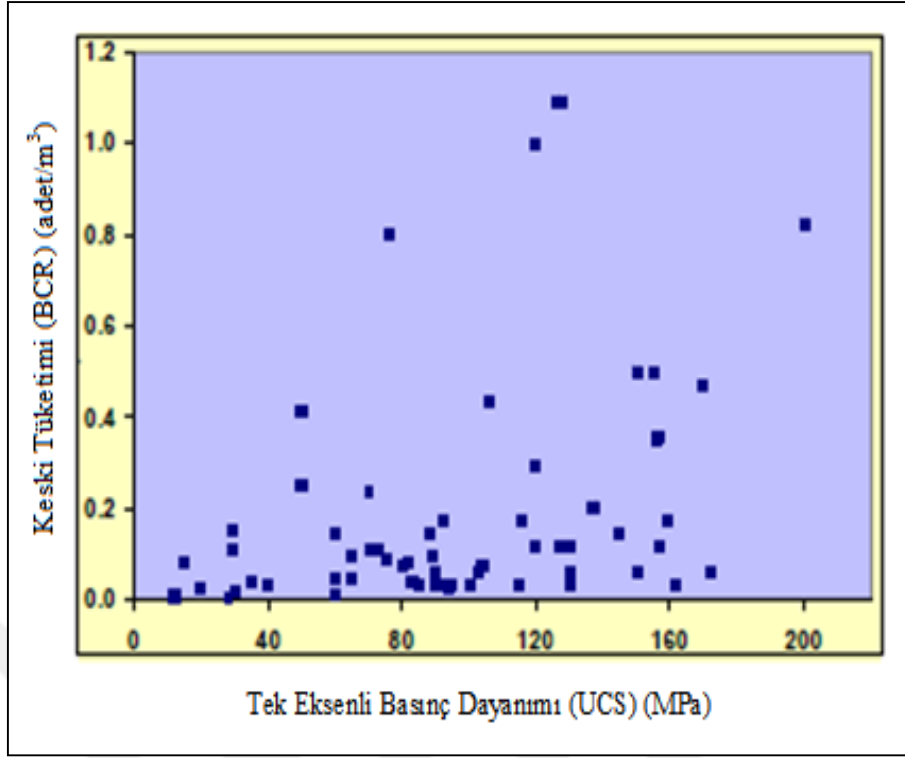
Çopur vd. (1998) travers tip kollu galeri açma makineleri için verileri değerlendirerek tek eksenli basınç dayanımı, makine ağırlığı, kesici kafa ve çapını göz önünde bulundurarak Şekil 5.9 ve 5.10'daki gibi ilişki elde etmiştir. Daha büyük kesici kafa çapları genel olarak daha yumuşak ve az aşındırıcı kayalar için kullanıldığı için kesici kafa çapı ayrıca normal bir parametre olarak ta kullanılabilir. Kesici kafa çapı normal bir parametre olarak alınır, Şekil 5.11' deki gibi daha iyi bir ilişki elde edilebilir. Bu durumda, tahmin edilen Eşitlik (5.3) ve (5.4) olarak belirtilebilir (Çopur vd. 1998).

$$BCR = 897.06. (RCI)^2 + 6.1769 (RCI) \quad (5.3)$$

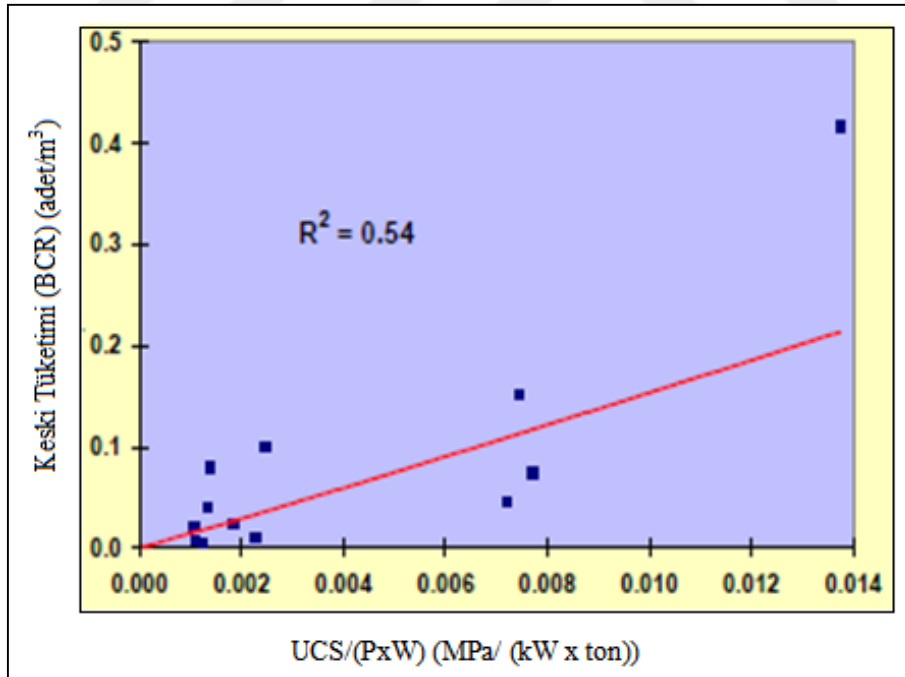
$$RCI = \frac{UCS}{P.W.CHD} \quad (5.4)$$

Burada, BCR= Birim keski tüketimi (adet/m³), RCI= KGAM keski indeksi, UCS= Tek eksenli basınç dayanımı (MPa), W=KGAM ağırlığı (ton), P=Kesici kafa gücü (kW), CHD= Kesici kafa çapı (m) olarak belirtilmektedir.

Kayacın kuvars içeriği ve tane boyutu gibi bazı parametreler sınıflandırmak ve verileri normalleştirmek için kullanılırsa, bu eşitliğin doğruluğu daha çok artabilir. Şekil 5.9'da tüm jeolojik koşullar ve kollu galeri açma makinesi için keski tüketimi ve tek eksenli basınç dayanımı ilişkisi gösterilmiştir. Şekil 5.10'da ise travers tip kollu galeri açma makinesi ve sedimanter kayalar için keski tüketimi ve tek eksenli basınç dayanımı ile makine gücü – ağırlık ilişkisi gösterilmiştir (Çopur vd. 1998).

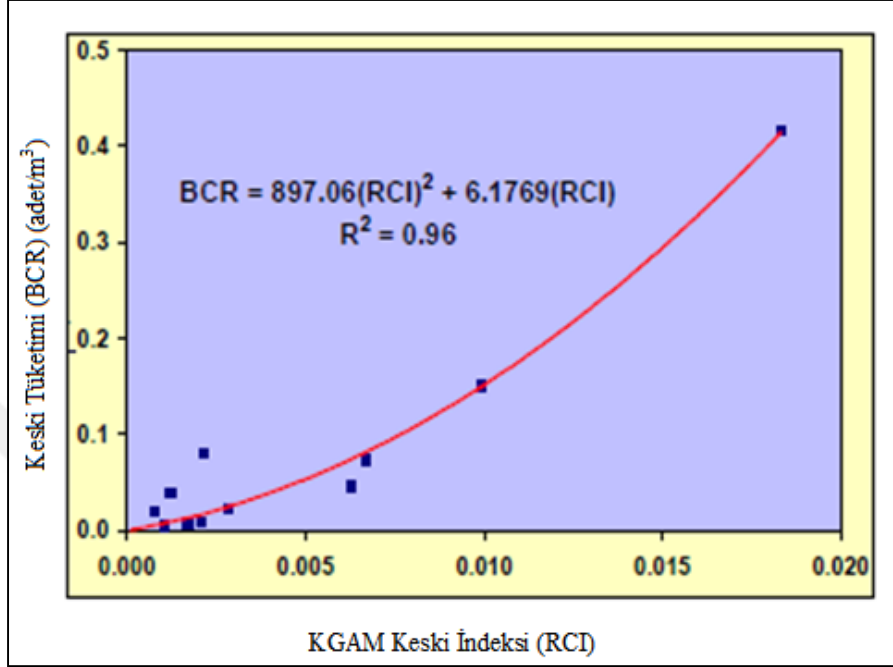


Şekil 5.9 Tüm jeolojik koşullar ve KGAM için UCS - BCR ilişkisi (Çopur vd. 1998).



Şekil 5.10 Travers tip KGAM ve sedimanter kayaçlar için BCR – UCS/(PxW) ilişkisi (Çopur vd. 1998).

Şekil 5.11’de travers tip bir kollu galeri açma makinesi için keski tüketimi ve kollu galeri açma makinesi keski indeksi arasındaki ilişki gösterilmiştir. İlişkide toplanan verilere bağlı olarak artan polinomsal bir ilişki elde edilmiştir.



Şekil 5.11 Travers tip KGAM ve sedimanter kayaçlar için BCR – RCI ilişkisi (Çopur vd. 1998).

Sadece kazı hızları ve süreksizlikler değil, aynı zamanda uç tüketimleri kazı performansını ve maliyetleri belirler. Formasyonun kazılabilirliğini tam olarak değerlendirmek için uç tüketim değerlerinin ayrıca tahmin edilmesi gerekmektedir. Herhangi bir uç tipi gözetmeksizin Eşitlik (5.5) gibi tahmin edilebilir (Özdemir 1998, Bilgin vd. 2010).

$$BCR = K_1 \times K_2 \times \frac{CAI}{4} \quad (5.5)$$

Burada BCR = Birim keski tüketimi (adet/m³), CAI = Cerchar aşınma indeksi, K₁ = Kesici kafa dönme hızı ile ilişkili 1,0-1,2 arasında bir katsayı K₂ = Uç soğutma ve toz bastırma için su püskürtme ile ilişkili 0,85 – 1,0 arasında bir katsayı olarak belirtilmektedir (Özdemir 1998, Bilgin vd. 2010).

Ocak vd. (2007), İstanbul Kadıköy –Kartal metro hattında kullanılan 74 ton ağırlığında 170 kW kesici kafa gücüne sahip travers tip bir kollu galeri açma makinesinde konik uç tüketim tahmini Eşitlik (5.6) geliştirmiştir (Ocak vd. 2007, Bilgin 2010).

$$BCR = 0,001 \cdot UCS^{0,9765} \quad (5.6)$$

Burada BCR = Birim keski tüketimi (adet/m³), UCS = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa) olarak belirtilmektedir.

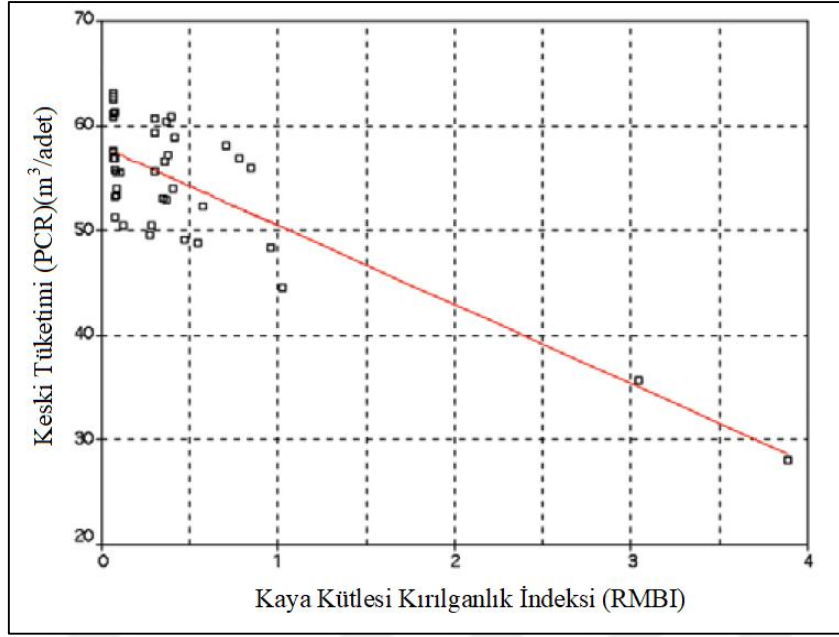
Ebrahimabadi vd. (2011) Dosco MD 1100 model 82 kW kesici kafa gücüne sahip eksenel tip kollu galeri açma makinelerinde yaptığı birçok analiz ve çalışmalar sonucunda, uç tüketim indeksi uç veya uç tüketim miktarları ile iyi bir ilişkiye sahip olan bir parametre olarak Eşitlik (5.7) ve (5.8) de belirtilmiştir.

$$PCI = e^{RMBI} \cdot \left(\frac{UCS}{P} \right) \quad (5.7)$$

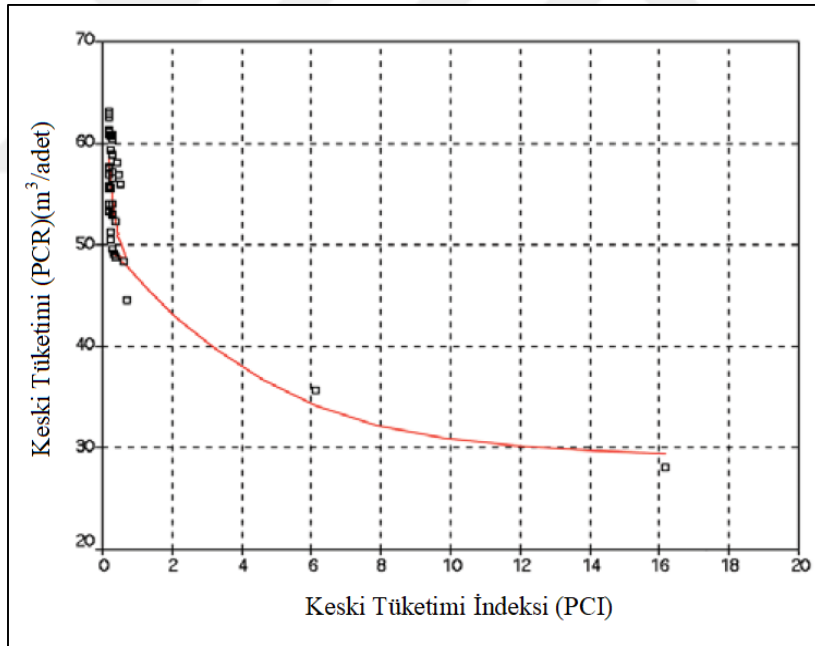
$$PCR = 45.10 \cdot PCI^{-0,5} \quad (5.8)$$

Burada, PCI=Uç tüketim indeksi, PCR= Uç tüketim miktarı (m³/keski), P= Kesici kafa gücü (kW), UCS = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa), RMBI = Kaya kütlesi kırılgenlık indeksi dir.

Şekil 5.12’de görüldüğü gibi kaya kütlesi kırılgenlık indeksi ile keski tüketimi arasında doğrusal azalan bir ilişki elde edilmiştir. Şekil 5.13’te ise keski tüketim indeksi ile keski tüketimi arasında üstel azalan bir ilişki elde edilmiştir.

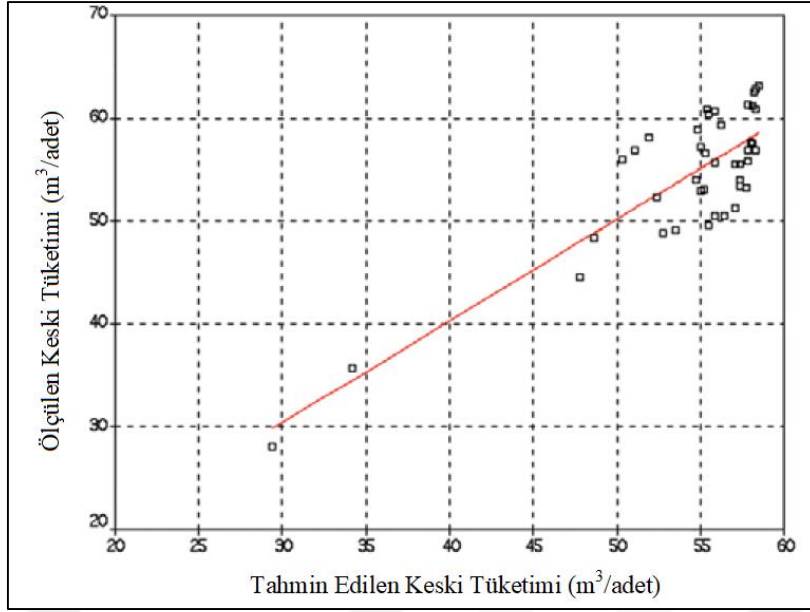


Şekil 5.12 RMBI ve PCR arasındaki ilişki (Ebrahimabadi vd. 2011).



Şekil 5.13 PCI ve PCR arasındaki ilişki (Ebrahimabadi vd., 2011).

Şekil 5.14'de görüldüğü gibi net kazı hızı, ölçülen ve tahmin edilen keski tüketimi arasında çok yakın bir ilişki mevcuttur. Ayrıca bu model kollu galeri açma makinelerinin performans değerlendirmesinde başarılı bir şekilde uygulanabilmektedir (Ebrahimabadi vd. 2011).



Şekil 5.14 Ölçülen ve tahmin edilen keski tüketimi arasındaki ilişki (Ebrahimabadi vd. 2011).

Sutoh vd. (2014), kesici kafa güç değeri 300 kW olan travers tip kollu galeri açma makinesinin verilerini RQD, CAI (Cerchar Aşınma İndeksi) ve UCS (Tek eksenli basınç dayanımı) değerlendirilerek Şekil 5.15 ve Şekil 5.16’da görüldüğü gibi travers tip kesici kafaya sahip kollu galeri açma makineleri için uç tüketim tahmin diyagramı oluşturmuştur. Ayrıca bu yaklaşım travers tip kollu galeri açma makineleri için daha verimli uç tüketim tahmin etmek için kullanılabilir.

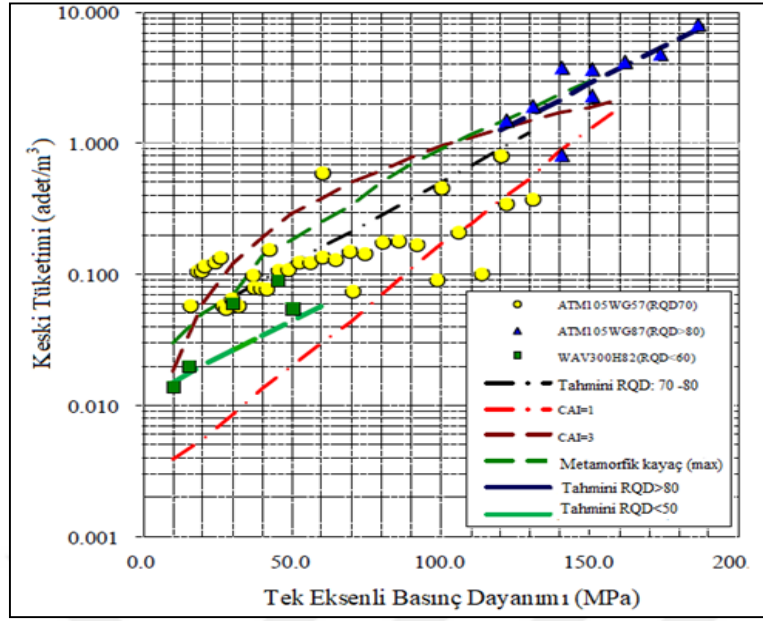
Yapılan çalışmada belirlenen olası parametre analizi ve arazi performans verisinin normalleştirilmesi ve sınıflandırması yapılan travers tip kollu galeri açma makinesi için Eşitlik (5.9) – (5.11) elde edilerek ampirik bir uç tüketim tahmin modeli oluşturulmuştur (Sutoh vd. 2014).

$$PC_{RQD} = a_{RQD}^{PC} \cdot e^{b_{RQD}^{PC} \cdot UCS} \quad (5.9)$$

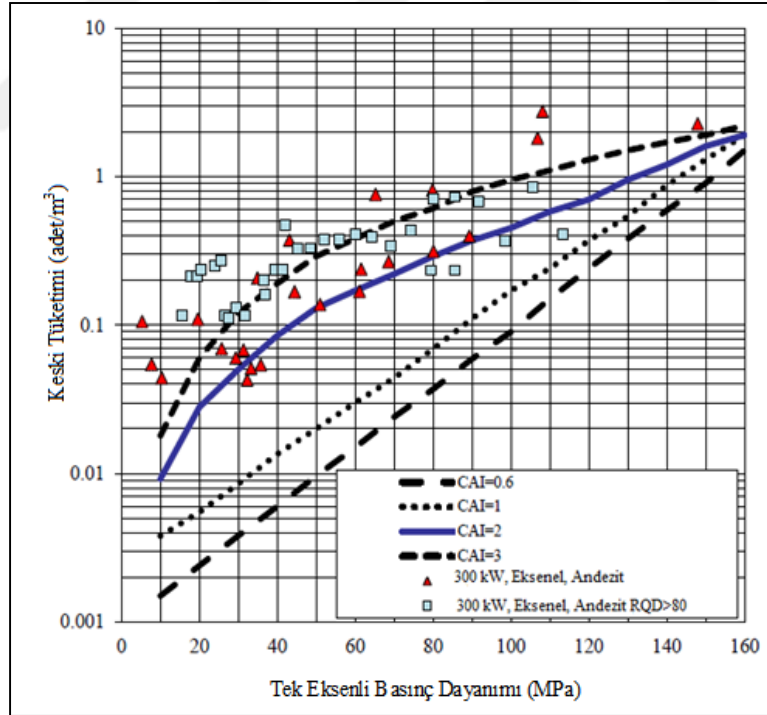
$$a_{RQD}^{PC} = 0.001 \cdot RQD - 0.0396 \quad (5.10)$$

$$b_{RQD}^{PC} = 0.5909 \cdot RQD^{-0.712} \quad (5.11)$$

Burada, PC_{RQD} = Uç tüketimi (adet/m³), UCS = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa), a_{RQD}^{PC} , b_{RQD}^{PC} = Katsayı fonksiyonu, RQD = Kaya kalite göstergesi’dir.



Şekil 5.15 Travers tip 300 kW KGAM için keski tüketim tahmini (Sutoh vd. 2014).



Şekil 5.16 Eksenel tip 300 kW KGAM için keski tüketim tahmini (Sutoh vd. 2014).

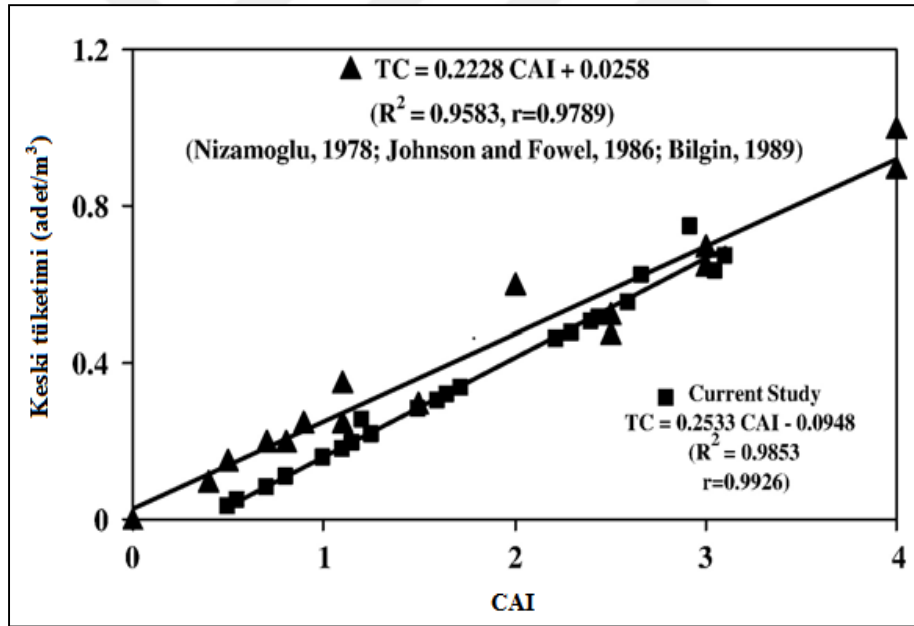
Yaralı (2008) Zonguldak ve Amasra taşkömür havzasında çeşitli işletmelerden ve kotlardan alınan 29 adet örnek üzerinde çalışmalar yapmıştır. Yapılan testler sonucunda elde edilen CAI değerlerini Nizamoğlu (1978) ve Fowell ve Johnson (1991) keski tüketimi ve CAI arasında

kıyaslayarak Şekil 5.17’de görüldüğü gibi ilişki elde etmiştir. Burada ki ilişkiye göre eşitlik (5.12) elde edilmiştir (Yaralı 2008). Bu eşitlik Şekil 5.17’ye göre Nizamoğlu (1978) ve Johnson (1991) arasındaki ilişki ile paralel olduğu görülmektedir.

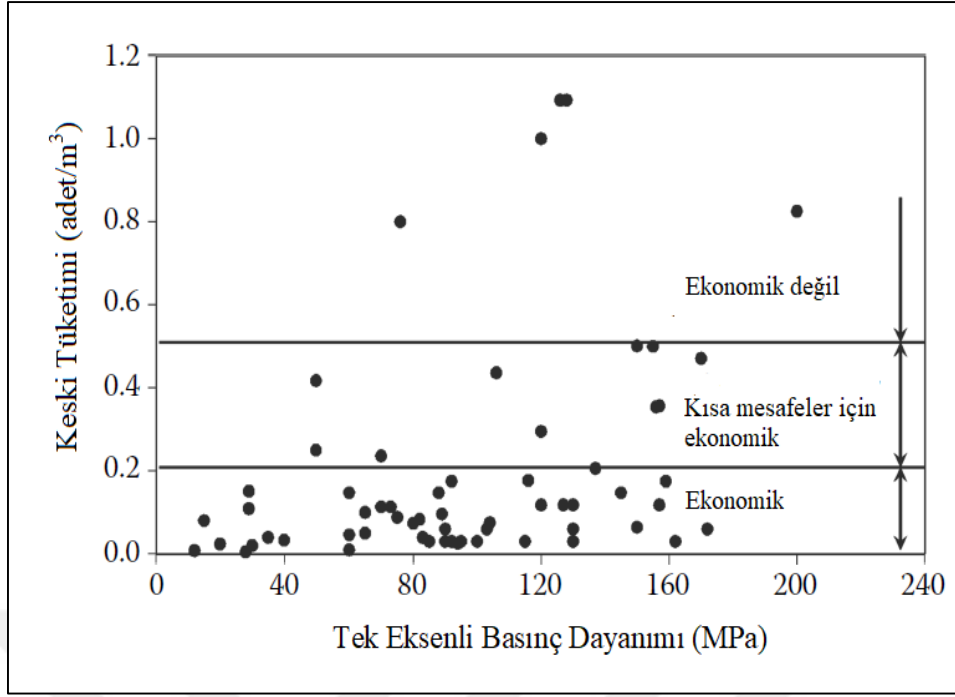
$$TC=0,2228 CAI + 0,0258 \quad (5.12)$$

Burada TC= Keski tüketimi (adet/m³), CAI= Cerchar aşınma indeksi olarak belirtilmektedir.

Keski tüketimi 0,5 adet/m³’ten fazla ise proje ekonomik değildir. Keski tüketimi 0,2-0,5 adet/m³ arasında ise proje maliyeti kritiktir. Proje uzunluğu çok kısa ise keski tüketimi göz ardı edilebilir ve proje maliyetleri yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir. Keski tüketimi 0,2 adet/m³’ten az ise kazı hiçbir ciddi problem olmadan gerçekleşecektir. Şekil 5.18’de keski tüketiminin ekonomik sınırları belirtilmektedir (Ocak ve Bilgin 2010).



Şekil 5.17 Keski tüketimi ve CAI arasındaki ilişki (Yaralı 2008).



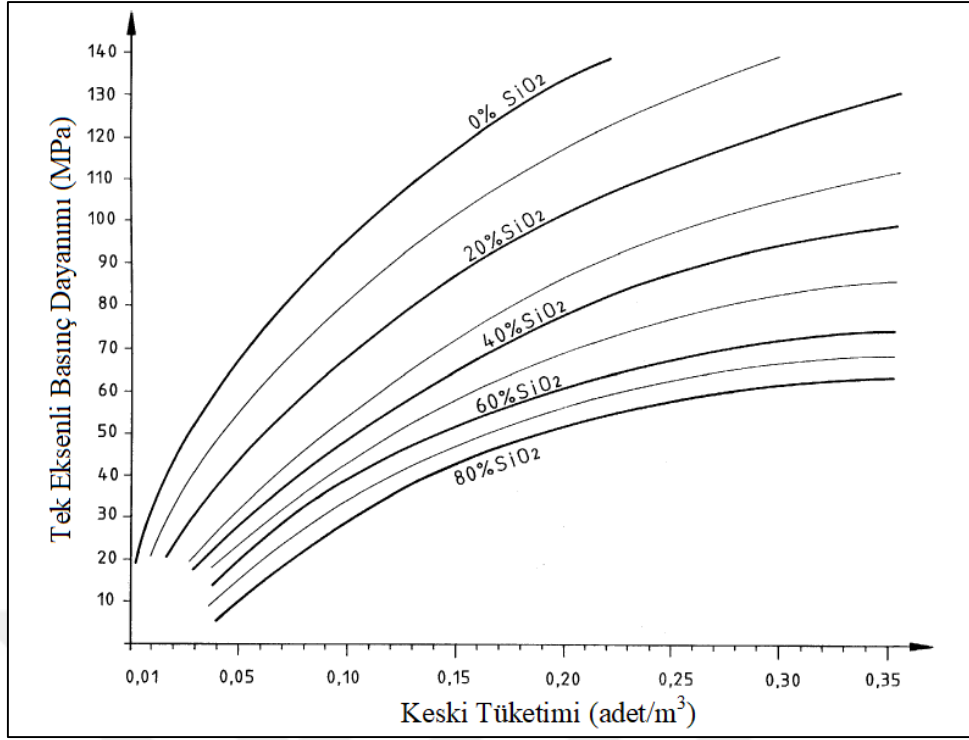
Şekil 5.18 Keski tüketiminin ekonomiklik sınırları (Ocak ve Bilgin 2010).

5.4.1 Kuvars İçeriği

Kazı performansı temel olarak makroskobik özelliklerinden etkilenirken, uç aşınması eşdeğer kuvars içeriği gibi kaya malzemelerinin ağırlıklı olarak mikroskobik özelliklerinden etkilenmektedir.

Sadece birkaç araştırmacı kayacın mineral içeriği ve aşındırıcılığı arasındaki ilişkiler üzerinde çalışmış ve şimdiye kadar tam olarak ilişki anlatılamamıştır. Cerchar aşınma indeksi ve keski tüketimi arasındaki ilişki Verhoef (1997) tarafından sağlanarak sadece temsili bir diyagram yayınlanarak küçük bir veri elde edilmiştir. Şimdiye kadar tek eksenli basınç dayanımı ve kuvars içeriği arasındaki ilişki güvenilir verilere dayanarak gösterilmemiştir. Şekil 5.19'da keski tüketimi tahmini için basit bir diyagramı göstermektedir (Thuro and Plinninger 1999).

Diyagram birçok kayaç koşulları üzerinde çalışılmış görünmesine rağmen, korelasyon sadece kaya malzemesinin kazısı ve döküntüsü için geçerlidir. Kesici kafa arındaki blokları koparıyorsa ve sarsıntılı hareket ediyorsa, keski aşınması daha yüksek olabilir.



Şekil 5.19 Keski tüketimi ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki (Thuro and Plinninger 1999).

Örneğin, Nuremberg yeraltı madeninde kumtaşı, kiltası ve silttaşı içerisinde kazı boyunca çalışmalar yapılırken kollu galeri açma makinesi günde 508 adet gibi yoğun bir keski tüketimi meydana gelmiştir. Keski tüketimi normal kumtaşı içerisinde 0,1 adet/m³ olması gerekirken 4 adet/m³ değerine ulaşmıştır. Kullanılan 100 keski incelendiğinde, çoğu sert metal olduğundan, keskinin çoğunun basınç dayanımının yüksek ve aşındırıcı olmasından dolayı gövdesinden kırıldığı görülmüştür (Thuro and Plinninger 1999).

Türkiye’de yapılan kollu galeri açma makineleri çalışmalarında Türkiye Taş Kömürü Kurumu’nda galeri açma faaliyetleri gösteren özel bir firmada 18 m² kesitli galeride basınç dayanımı 100 MPa üzerindeki kumtaşı içerisinde, 160 kW kesici kafa gücüne sahip KSP – 42 model eksenel tip kollu galeri açma makinesi ile yapılan yerinde kazı testleri sonucunda 2 saat deneme kazısı yapılarak 2 günde 2 m ilerleme yapılmış ve 540 adet keski tüketimi olmuştur. 1 m³ kayaç kazısı için 15 adet keski harcanmıştır (Akçın ve Akkaş 2011).

Kumtaşı örnekleri; mikroskopik açıdan incelendiğinde kayacın hacim olarak ortalama % 45’ini çimento ve %55’ini ana kum boyutu mineral-tane bileşenleri ve kaya parçacıkları oluşturduğu gözlenmiştir. Ana bileşen içinde %63 oranında kuvars (SiO₂) olduğu belirlenmiştir.

Konglomera örneklerinin ise gri ve koyu gri tonlarda, kırıntılı-klastik özellikli, taneleri yarı yuvarlak ve yarı köşeli bileşenli, iri kum ve çakıl boyu aralığında, farklı litolojik ve tane boyu bileşenli, polijenetik ve heterojen karakterli çakıl tanelerinden oluşmuş tortul bir kayaç olduğu tespit edilmiştir. Çimento ve tane dağılım oranları dikkate alındığında, %60 oranında bulunan tane çakıl kesiminin %65'i SiO₂ ve %40 oranında bulunan çimento kesiminin %70'i SiO₂ bileşenlidir. Çimento ve tane bazında, ağırlıklı dağılım oranlarına göre hesaplandığında, kayaç toplamında yaklaşık %67 oranında SiO₂ içeriği olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla makineyle kazı çalışmalarında yüksek bir keski tüketiminin olacağı görülmüştür (Akçın ve Akkaş 2011).

Yapılan arazi çalışmalarına bakıldığında Şekil 5.19'da görülen tek eksenli basınç dayanımı, SiO₂ ve birim keski tüketimi diyagramının çokta yeterli olmadığı ve sonuçların uyuşmadığı görülmektedir.

5.4.2 Eşdeğer Kuvars İçeriği

Kayaç aşındırıcılığı bir metal yüzey üzerinde bir kayacın aşındırıcılık etkisi olarak tanımlanır. Aşındırıcılık birçok zemin türlerinde kesici uçların aşınmasına etki etmektedir. Aşındırıcılık için göz önünde bulundurulması gerek en önemli özellikler kayaç tipi, mineral içeriği, tane dağılımı, aşındırıcı mineralin boyutu, kayacın dayanım ve yoğunluğu, kayaç taneleri arasındaki ilişkilerin dayanımıdır. Sedimenter kayaçlar için tane boyutu, sertlik, doku, çimento içeriği, basınç ve çekme dayanımı, aşınma ve yuvarlaklık kesici uçların aşınmasına etki etmektedir (Moradizadeh vd. 2016).

Bruland (1998) Vickers sayılarını hesaplayarak mineral bileşenlerinin kayaçların aşındırıcılık üzerine etkisini araştırmıştır. Eşdeğer kuvars içeriği kayacın sertliğini tespit etmek için kullanılan başka bir yöntemdir. Bu yöntem Eşitlik 5.13'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$EQC = \sum_{i=1}^n A_i \cdot R_i(\%) \quad (5.13)$$

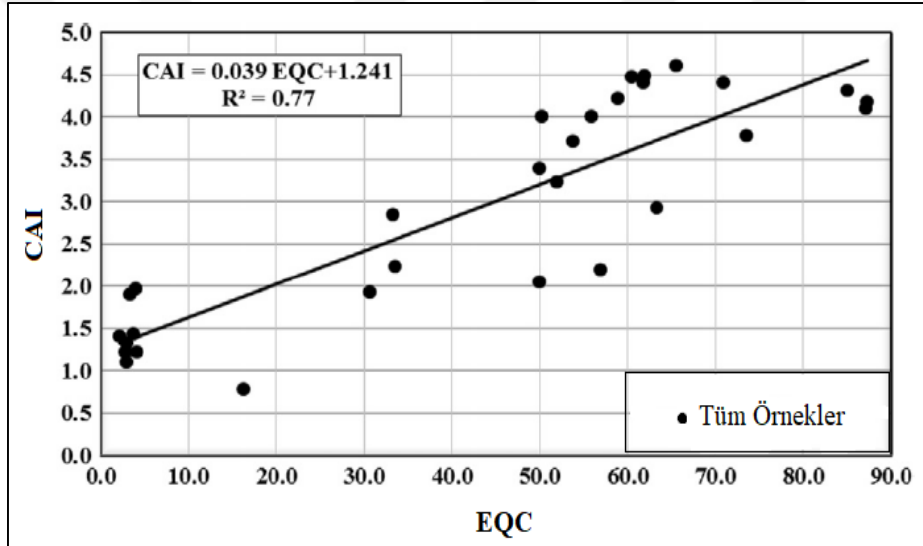
Burada EQC = Eşdeğer kuvars içeriği, A_i = Kayaç içerisindeki tüm minerallerin yüzde oranları, R_i = Kuvars içeriğine bağlı Rosiwal Sertliği'dir.

Moradzadeh vd. (2016) İnan'da farklı jeolojik formasyonlardan alınan 8 adet metamorfik, 10 adet volkanik ve 18 adet sedimanter kayalarđı inceleyerek petrografik analizleri ve CAI testleri yaparak çeşitli ilişkiler elde etmişlerdir. Bu ilişkiler sonucunda tüm örnekler için Eşitlik 5.13'ü elde etmişlerdir.

$$CAI = 1.241 + 0.039 EQC\% \quad (5.14)$$

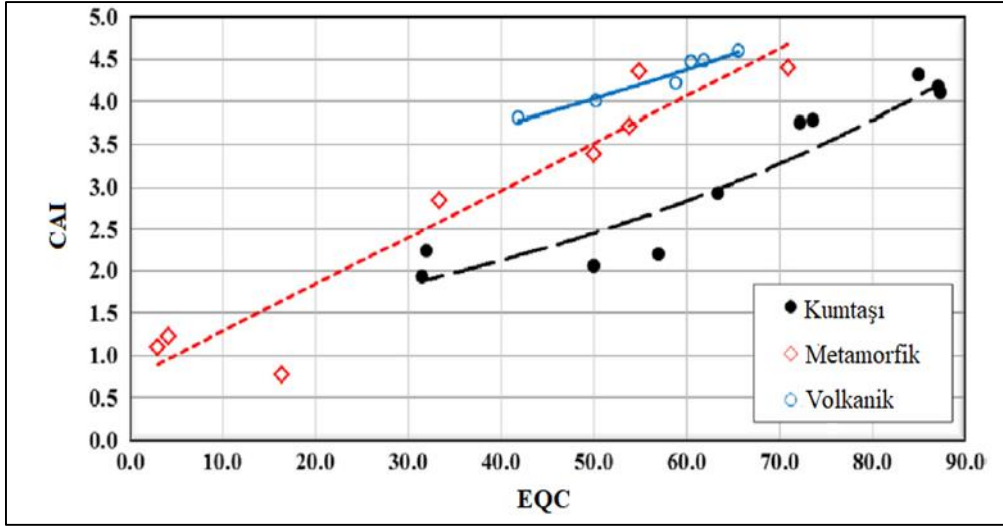
Burada, CAI=Cerchar aşındıcılık indeksi, EQC=Eşdeğer kuvars içeriği olarak belirtilmektedir.

Elde edilen bu Eşitlik 5.13 Şekil 5.20'deki grafikten elde edilmiştir. Şekil 5.20'ye göre CAI ve EQC arasında doğrusal artan bir ilişki elde edilmiştir.



Şekil 5.20 Eşdeğer kuvars içeriği ve CAI arasındaki ilişki (Moradzadeh vd. 2016).

Şekil 5.21'de ise kumtaşı, metamorfik ve volkanik kayaların CAI ve EQC arasındaki ilişkiler gösterilmiştir.

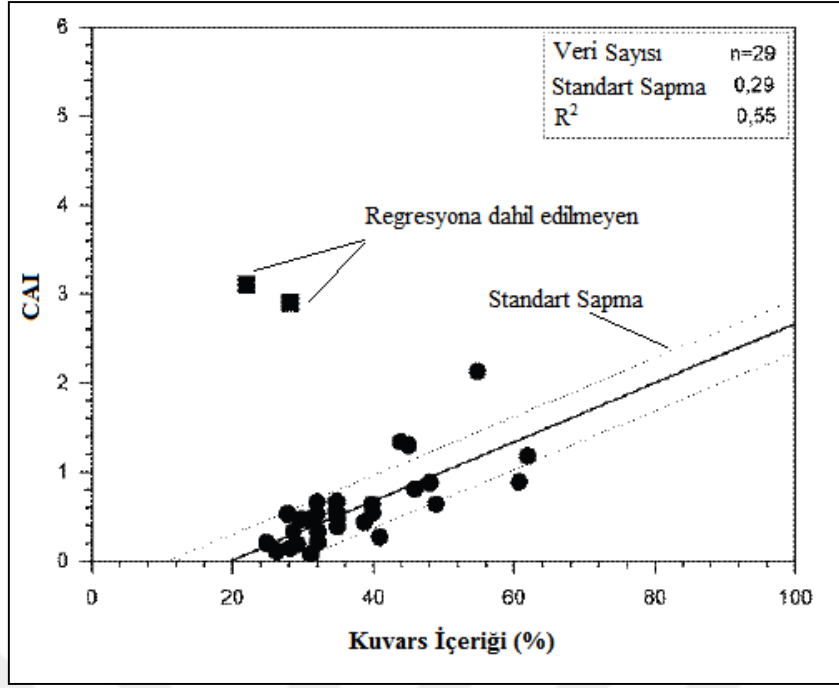


Şekil 5.21 Kumtaşı, metamorfik ve volkanik kayalar için CAI ve EQC ilişkisi (Moradizadeh 2016).

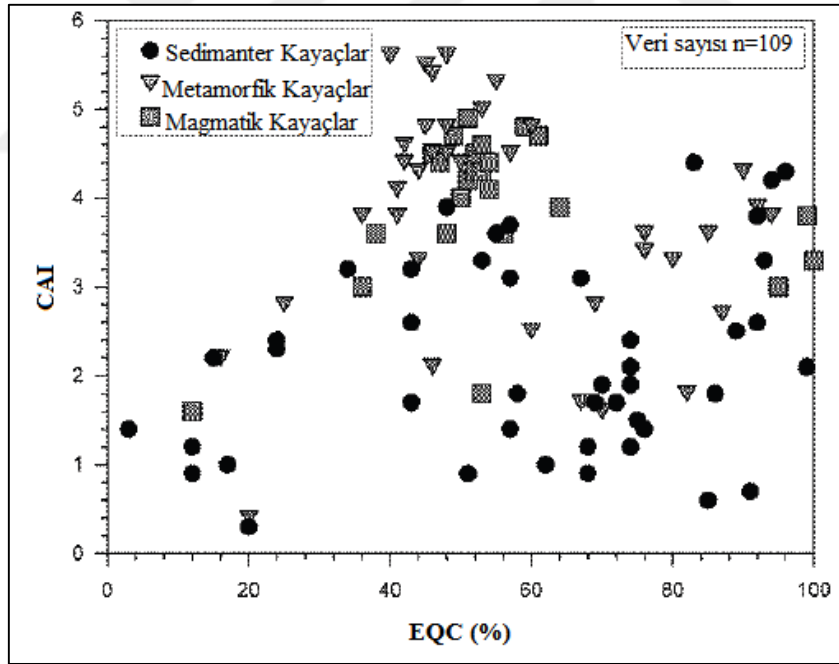
West (1989), Cerchar aşınma indeksi değerini etkileyen ana jeolojik parametrenin kuvars içeriği olduğunu önermiş ve düşük aşındırıcılık ile 29 veri üzerinde uygun bir ilişki bulmuştur (Şekil 5.22). Bu öneri doğrultusunda Kasling (2000), Münih Teknik Üniversitesi'nde bir araştırma programı yürütmüştür. Aşındırıcılığı çok çeşitli 109 farklı örnek üzerinde Cerchar aşınma indeksi testi kullanarak ve bunlara ek olarak standart sert kayaç parametreleri, tek eksenli basınç dayanımı, young modülü, brazilian çekme dayanımı bununla birlikte petrografik ince kesitleri araştırmıştır. West'in önerisine karşı bu kayıtlar Şekil 5.23'de görüldüğü gibi sadece eşdeğer kuvars içeriği Cerchar aşınma indeksi deneyinin aşınma değerlerini yorumlamak için uygun olmadığını göstermektedir. Ameen ve Waller (1994) tarafından sunulan aşındırıcı mineral içeriği ve CAI gibi benzer ilişkiler de doğrulanmamıştır (Plinninger ve Thuro 2004).

Şekil 5.22 incelendiğinde CAI ve EQC arasında doğrusal artan bir ilişki elde edilmiştir. İlişkide regresyon analizi yapılmış ve regresyona iki değer dahil edilmemiştir. Bu değerlerin çıkarılması ile birlikte $R=0,55$ değeri elde edilmiştir.

Şekil 5.23 incelendiğinde ise sedimanter, metamorfik ve magmatik kayalar olmak üzere toplam 109 kayaç üzerinde yapılan CAI ve EQC arasındaki ilişkiye bakıldığında anlamlı bir ilişkinin olmadığı görülmektedir.



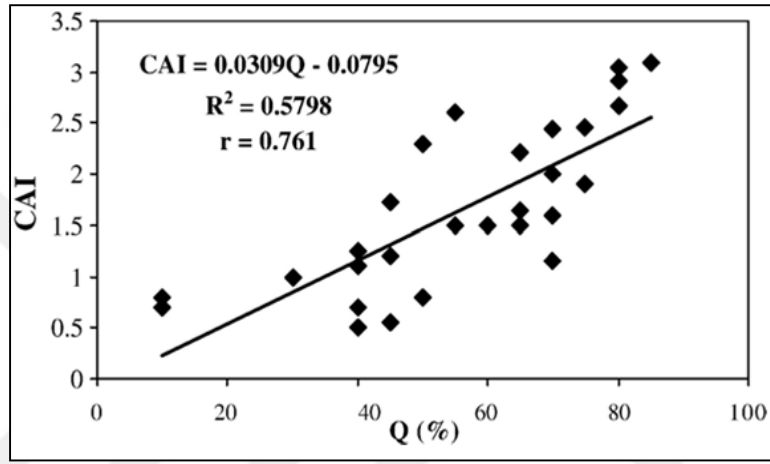
Şekil 5.22 CAI ve kuvars içeriği arasındaki ilişki (Plinninger ve Thuro 2004).



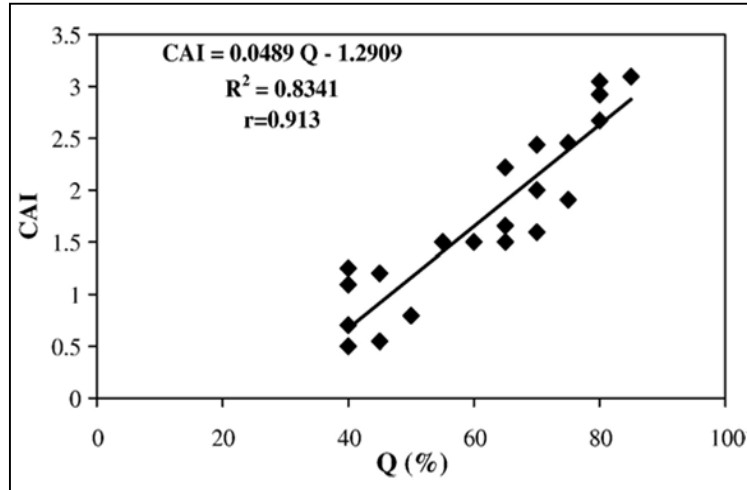
Şekil 5.23 CAI ve EQC arasındaki ilişki (Plinninger ve Thuro 2004).

Yaralı (2008), Zonguldak ve Amasra bölgesinde çeşitli formasyon ve kotlardan örnekler olarak 29 adet kaya örneği üzerinde Zeiss Axioplan polarize mikroskobu kullanarak mineralojik ve petrografik ince kesit tayini için hazırlamıştır. Bu örneklerin tanımlanması bu kayaç tiplerinin mineralojik ve petrografik özellikleri arasındaki ilişkiyi kıyaslamak için yürütülmüştür. Ayrıca,

minerallerin oranları polarize mikroskobun dijital modeli kullanılarak standart Chayes yöntemi ile ölçüldü (Yaralı 2008). Mineral içeriği, tane boyutu ve biçimi, kaya dokusu, yuvarlaklık durumları, çimento içeriği ve minerallerin yönelimi tespit edildi. Model analizinden elde edilen veri sınıflandı ve Wentworth (1922) tarafından önerilen kumtaşı sınıflaması ve tane boyutuna göre sınıflanmıştır. Testler sonucunda 10'dan 85'e kadar çeşitli kuvars içeriği değerleri elde edilmiştir. Örneklerin Q (kuvars içeriği yüzde) ve CAI değerleri arasındaki ilişki Şekil 5.24'te gösterilmiştir. Şekil 5.25'te ise çamurtaşı örneklerinin çıkarılmasıyla birlikte daha iyi bir doğrusal ilişki elde edildiği görülmüştür (Yaralı 2008).



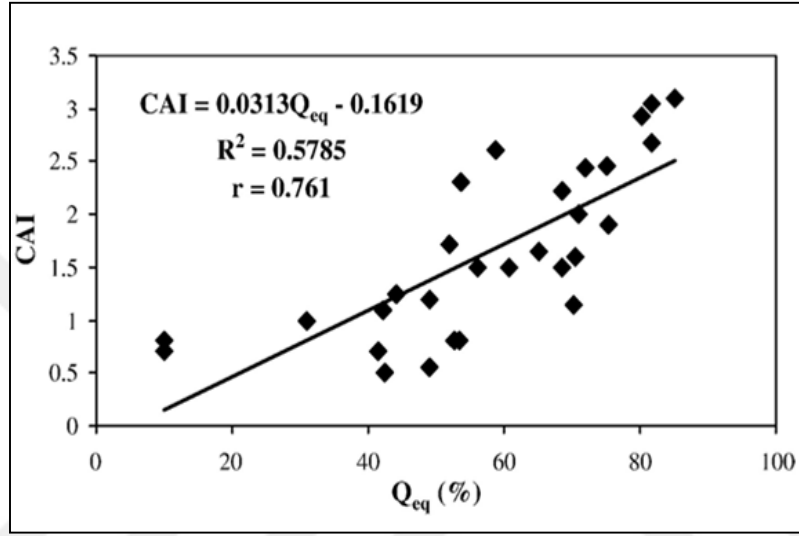
Şekil 5.24 CAI ve Q arasındaki ilişki (Yaralı 2008).



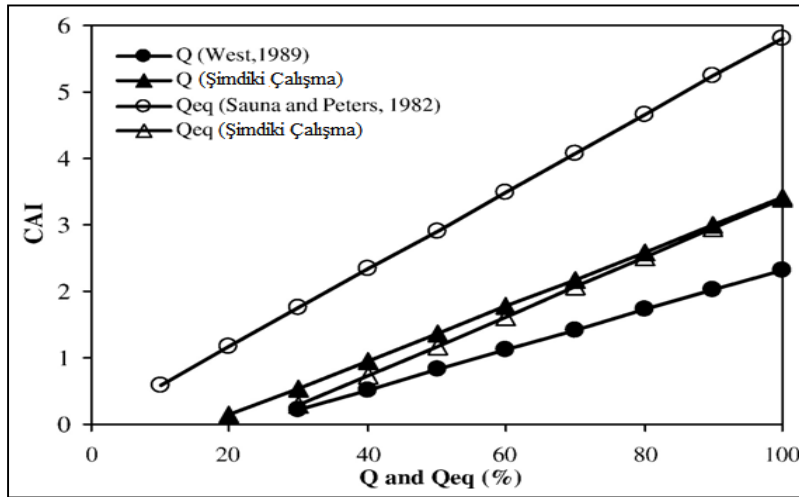
Şekil 5.25 CAI ve Q arasındaki ilişki (çamurtaşı örnekleri çıkarıldığında) (Yaralı 2008).

Şu zamana kadar yapılan bulgular West (1989)'un çalışmaları ile bağdaştırılmıştır. Fakat, CAI analizi EQC (eşdeğer kuvars içeriğine) dayandırılırsa, diğer mineraller (kuvars hariç) CAI ya

olan etkisi daha az olduğundan veri daha iyi bir şekilde kıyaslanamayabilir. Yaralı (2008), CAI ve EQC içeriği arasındaki ilişkiyi Şekil 5.26'daki gibi ilişkilendirmiştir. Kömür kayaçlarının petrografik özelliklerine dayanarak eşdeğer kuvars içeriği ve CAI arasındaki ilişki kuran Suana ve Peters (1982) verisi ve yapılan çalışmanın kıyaslaması Şekil 5.27'te gösterilmiştir. Yukarıda belirtildiği gibi eşdeğer kuvars içeriği, CAI aşınma değerlerinin belirlenmesinde tek başına yeterli değildir (Plinninger 2003, Yaralı 2008).

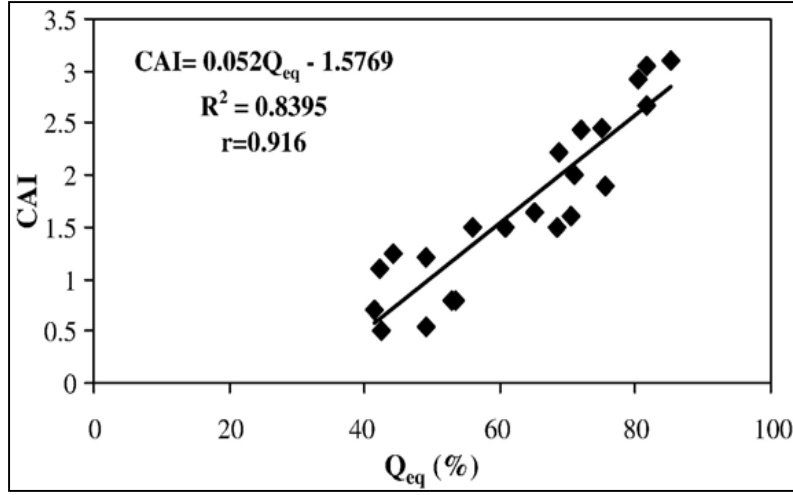


Şekil 5.26 CAI ve eşdeğer kuvars içeriği arasındaki ilişki (Yaralı 2008).



Şekil 5.27 Kuvars içeriği, eşdeğer kuvars içeriği (Q_{eq}) ve CAI arasındaki ilişki (Yaralı 2008).

Şekil 5.28'de ise çamurtaşı örnekleri çıkarıldığında EQC ve CAI arasında daha anlamlı bir ilişki elde edilmiştir.



Şekil 5.28 Eşdeğer kuvars içeriği ve CAI arasındaki ilişki (çamurtaşı örnekleri çıkarıldığında (Yaralı 2008).

Kayaç aşındırıcılığı madencilik ve tünelticilik alanlarında kaya keskinin aşınmasını tanımlamak için yaygın kullanılan önemli bir parametredir. Kayaç kazısında kullanılan keskinin aşınması kazı sürecinin performansı ve çalışma periyodunu etkileyen masraflı ve kritik bir performans parametresi olarak tanımlanabilir. İşletmelerde keskinin maliyeti tüm proje yönetimi ve kazının ekonomikliğine etki etmektedir. Kazı sırasında keskinin aşınma davranışını anlamak için birkaç ucuz ve güvenilir araştırma yöntemleri kayaç aşındırıcılığını tespit etmek için kullanılmaktadır. Kayaç aşındırıcılık indeksi (RAI) ve Cerchar aşındırıcılık indeksi (CAI) kayaç aşındırıcılığını tahmin etmek için kullanılır. RAI çeşitli kayaç türlerinin tek eksenli basınç dayanımı (UCS) ve eşdeğer kuvars içeriği (EQC) ile hesaplanır. Bu hesaplama Eşitlik (5.14)'te belirtilmiştir (Bharti vd. 2017).

$$RAI = \sum_{i=1}^n A_i \cdot S_i \cdot UCS \quad (5.15)$$

Burada, RAI= Kayaç aşındırıcılık indeksi, A_i = Kayaç içerisindeki tüm minerallerin yüzde oranları, R_i = Kuvars içeriğine bağlı Rosiwal Sertliği, UCS = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa), n= Tüm minerallerin sayısı olarak belirtilmektedir.

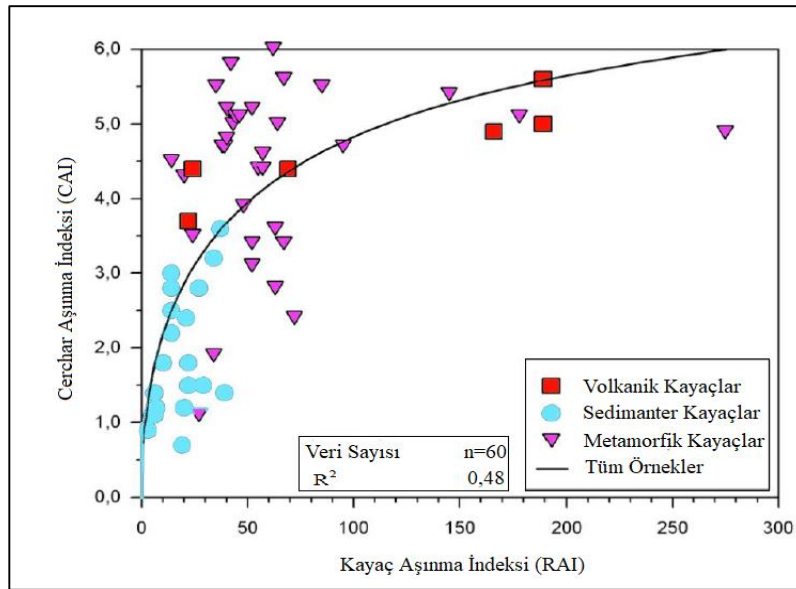
RAI (Kayaç Aşındırıcılık İndeksi) farklı kayaçlar içerisinde yapılan kazılarda keski aşınma oranını tahmin etmek için kullanılan yeni bir jeoteknik aşınma indeksidir. Fakat, RAI pahalı bir testtir çünkü tek eksenli basınç dayanımı için iyi ölçeklendirilmiş birçok örnek ve kayaç içerisindeki birçok sert mineralin (kuvars içeriği, lal vb,) yüzde oranlarının belirlenmesi

gerekmektedir. Genellikle analiz için petrografik ince kesit, X-ışını kırılması (XRD) ve farklı termal analizler (DTA) kullanılarak mineral içerikleri belirlenebilmektedir. Bu analizler kil ve silt içeriği yüksek değilse çok pahalı değildir (Prietro 2012). Plinninger (2002) RAI için aşındırıcılık sınıflandırmasını Çizelge 5.3’deki gibi belirtmiştir.

Çizelge 5.3 RAI için aşındırıcılık sınıflaması (Plinninger vd. 2002, Bahrti’den 2017).

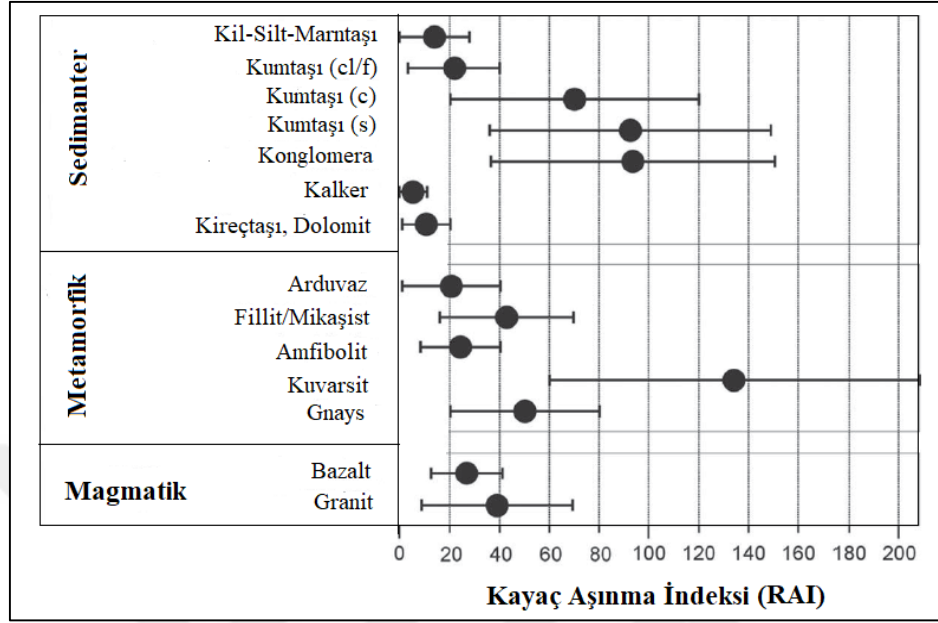
RAI	Aşındırıcılık Sınıflaması
<10	Aşındırıcı değil
10-30	Çok az aşındırıcı
30-60	Aşındırıcı
60-120	Çok aşındırıcı
>120	Aşırı aşındırıcı

Plinninger (2002), 60 adet örnekten oluşan sedimanter, metamorfik ve magmatik kayaç türlerini teste tabi tutarak CAI ve RAI arasında Şekil 5.29’ daki gibi ilişki elde etmiştir (Plinninger ve Thuro 2004).



Şekil 5.29 CAI ve RAI arasındaki ilişki (Plinninger 2004, Prietro 2012).

Sedimanter, metamorfik ve magmatik kökenli kayalar için belirlenen bazı RAI değerleri de Şekil 5.30'da gösterilmiştir (Plinninger 2010).



Şekil 5.30 Farklı kayalar için RAI değerleri (Plinninger 2010).

Schumacher (2004), CAI ve RAI arasında pratik bir ilişki kurarak EŞitlik 5.16'yı elde etmiştir.

$$CAI = 0,9 \cdot \sqrt[3]{RAI} \quad (5.16)$$

Burada, CAI= Cerchar aşınma indeksi, RAI= Kayalar aşınma indeksi olarak belirtilmektedir.

5.5 GÖRGÜL YAKLAŞIMLAR

Ampirik performans tahmin modelleri, temel olarak geçmiş deneyimlere ve daha önce bu konular hakkında çalışma yapılarak elde edilen verilerden yararlanarak türetilmiŐtir. Yaygın bir Şekilde kullanılmakta olan bu yöntemler ile tamburlu, spiral tipli kollu galeri açma makinesi ve hidrolik kırıcıların net kazı hacimleri tahmin edilebilmektedir (Bilgin vd. 1990, Bilim 2005).

Bu yöntemlerin tutarlılığı ve güvenilirliği değerlendirilen verilerin kalitesine ve kapsamına bağlıdır. Ayrıca arazide birebir yapılan çalışmaların ve kaydedilen verilerin bu yöntemlerle kıyaslanması yöntemlerin güvenilirliği açısından önem arz etmektedir. Kollu galeri açma

makinelere ait çeşitli araştırmacılar tarafından birçok performans tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler Çizelge 5.4’de gösterilmiştir.

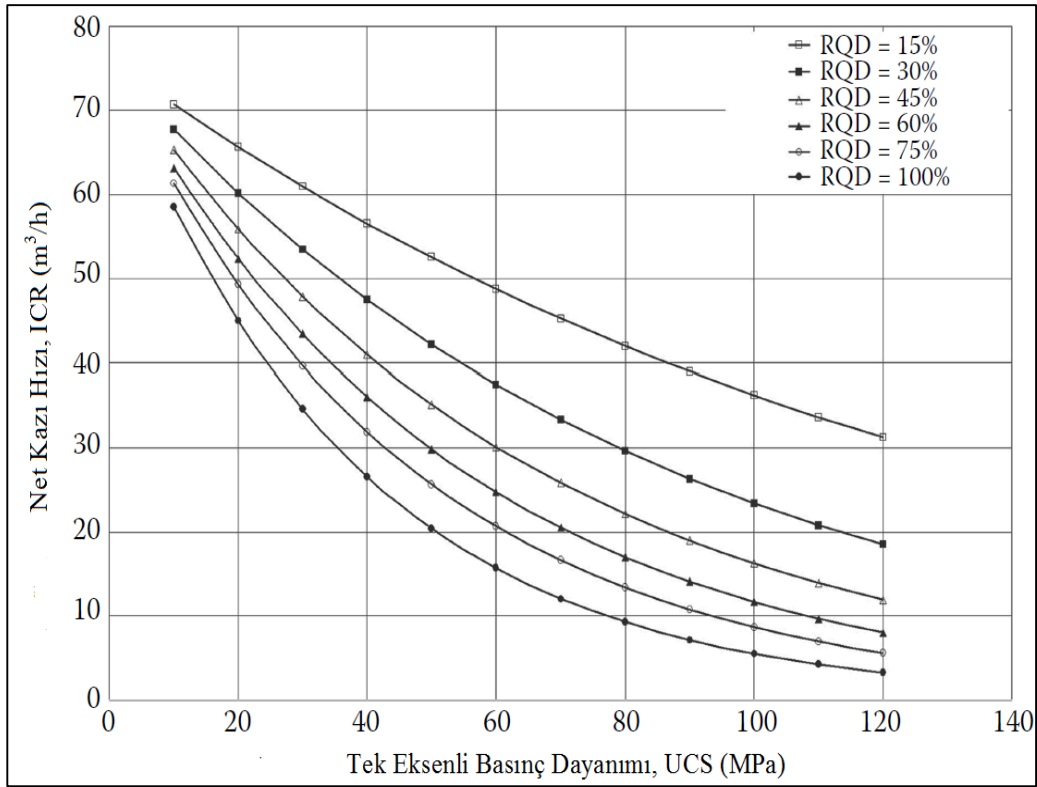
Çizelge 5.4 Performans tahmin yöntemleri.

Referans	Tahmin Yöntemi	Açıklama
Bilgin vd. 1990	$ICR = 0,28 \times P \times (0,974)^{RMCI}$ $RMCI = UCS \times \left(\frac{RQD}{100}\right)^{2/3}$	Birçok maden ve tünel projelerinde yerinde deneyler yapılarak gözlemlenmiştir ve eksenel tip makineler için geliştirilmiştir.
Gehring 1989	$ICR = \left(\frac{719}{UCS^{0,78}}\right) \times t_2$	AlpineMiner AM100 travers tip 250 kW gücündeki kesici kafaya sahip bir makinenin performansına dayanır.
	$ICR = \left(\frac{1739}{UCS^{1,13}}\right) \times t_1$	AlpineMiner AM100 eksenel tip 230 kW gücündeki kesici kafaya sahip bir makinenin performansına dayanır.
Thuro 1999	$ICR = 75,7 - 14,3 \times \ln(UCS) \times t_3$	Atlas Copco Eickhoff ET 120 travers tip 132 kW kesici kafa gücündeki makine performansına dayanır.
Çopur 1998	$ICR = 24,511 \times e^{(0,0023)} \times RPI$ $RPI = P \times \frac{W}{UCS}$	Evaporitik kayalar için 200 kW kesici kafa gücüne sahip travers tip makine performansına dayanır.
Balcı vd. 2004	$ICR = 0,8 \times \frac{P}{0,41 \times UCS^{0,67}}$	Farklı kayalar için d=9 mm için Travers tip kesici kafa için geliştirilmiştir.
	$ICR = 0,8 \times \frac{P}{0,37 \times UCS^{0,86}}$	Farklı kayalar için d=5 mm için Travers tip kesici kafa için geliştirilmiştir.
Ocak vd. 2007	$ICR = 510588 \times UCS^{(-2,1799)}$	İstanbul Kadıköy – Kartal metrosu 170 kW kesici kafa gücündeki makine performansına dayanır.
Ebrahimabadi vd. 2011	$ICR = 30.75 \times RMBI^{0,23}$ $RMBI = e^{\left(\frac{UCS}{BTS}\right)} \times \left(\frac{RQD}{100}\right)^3$ $ICR = 9.07 \times \ln(RMBI) + 29,73$	İran Tabas Kömür madeninde Dosco HD 1100 eksenel tip 82 kW kesici kafa gücündeki makine performansına dayanır.

Burada, ICR = Net kazı hacmi (m³/h), P = Kesici kafa gücü (kW), RMCI = Kayaç kazılabilirlik indeksi, UCS = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa), t= Güç düzeltme faktörü, RPI = KGAM delme indeksi, W = Makine ağırlığı (Metrik Ton), RMBI = Kayaç kırılgenlik indeksi BTS = Tek eksenli çekme dayanımı (MPa)’dır.

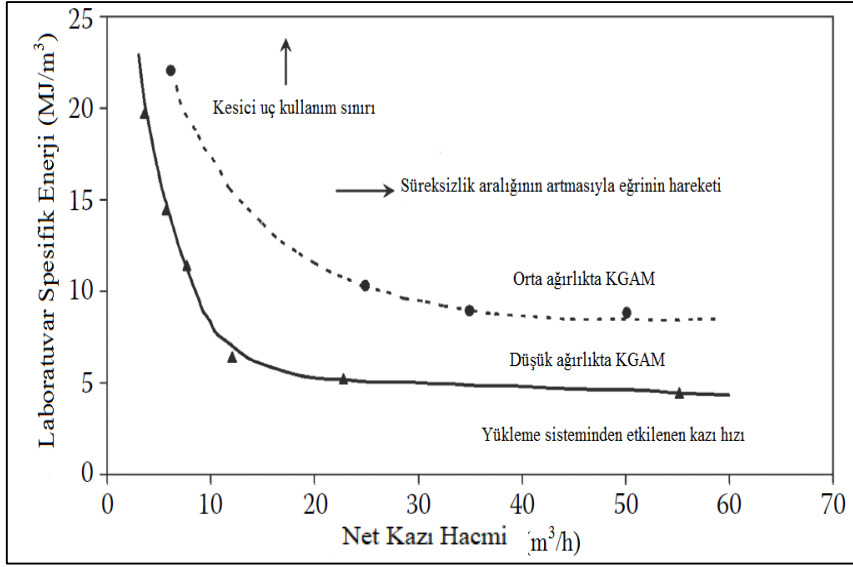
Bu yöntemlerden Bilgin vd. (1990) yöntemi eksenel tip kesici kafalar için düşünülmüş olsa da kayaç kazılabilirlik indeksi göz önünde bulundurulduğundan diğer yöntemlere kıyasla daha fazla yaygın kullanılmaktadır.

Kollu galeri açma makinesi farklı kaya kütleleri ve tabakalar içerisinde kazı yaptığı için Bilgin vd. (1996) maden plancıları için bir abak geliştirmişlerdir. Şekil 5.31’de görüldüğü gibi farklı tek eksenli basınç dayanımları ve kayaç kalite değerleri yardımıyla farklı jeolojik durumlar ve kesici kafa gücü için bu abak kullanılabilir (Bilgin vd. 1996).



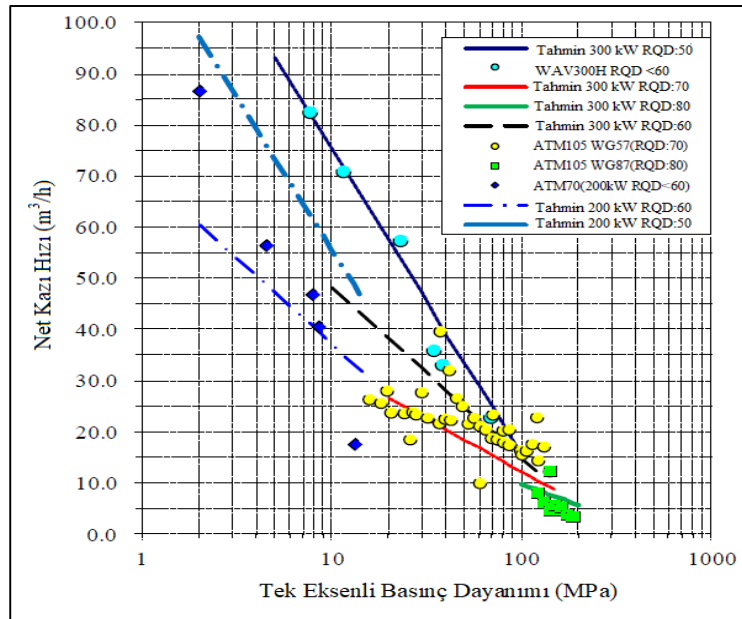
Şekil 5.31 Net kazı hacmi tahmin abağı (Bilgin vd. 1996).

Mekanik kazıda net kazı hacmi, kazı boyunca duraksamalar hariç ve sadece kazı süresini kapsayarak elde edilen kazı oranıdır. Kollu galeri açma makinelerinin net kazı hacimleri ile laboratuvar ortamında tam boyutlu doğrusal kesme deneyi sonucunda elde edilen spesifik enerji değeri ile ters orantılıdır. Rostami vd (1994) eksenel tip bir kesici kafaya sahip kollu galeri açma makinesinin laboratuvar ortamındaki spesifik enerji ve arazideki kazı hacmi arasındaki ilişkiyi Şekil 5.32’ deki gibi belirtmişlerdir (Rostami vd. 1994, Bilgin’den 2010).

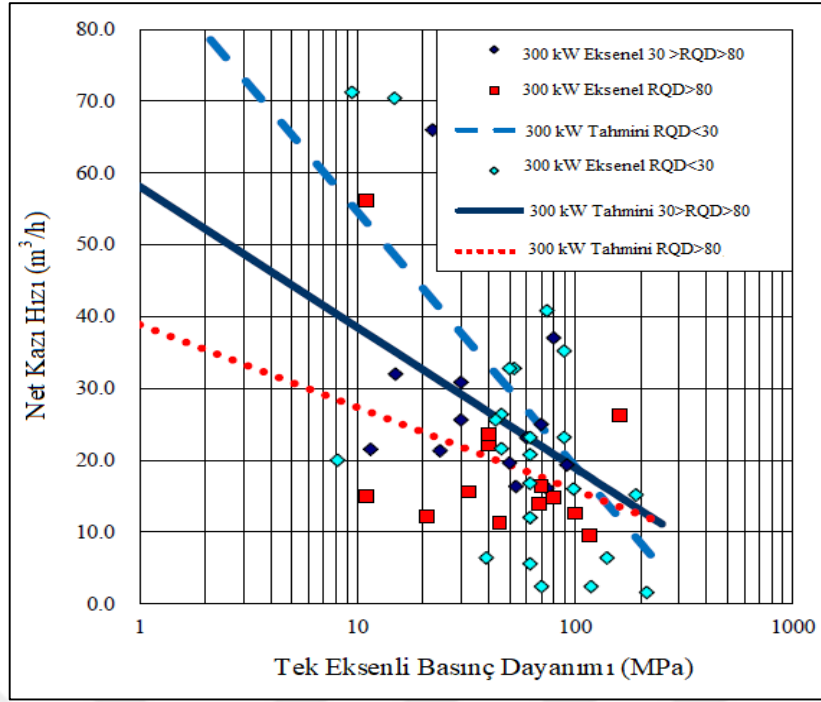


Şekil 5.32 Arazi net kazı hacmi ve spesifik enerji arasındaki ilişki (Rostami vd. 1994, Bilgin'den 2010).

Sutoh vd (2014) birçok tünel projelerindeki 200 ve 300 kW kesici kafa gücündeki travers ve aksenel tip kollu galeri açma makinelerini incelemiştir. Bu veriler Japon inşaat yapılarından alınarak farklı jeolojik koşullarda ve farklı kesici kafalardaki makine verileri değerlendirilerek RQD ve tek aksenli basınç dayanımı arasındaki ilişkiler yan etken faktörleri de dikkate alınarak Şekil 5.33 ve Şekil 5.34' de görüldüğü gibi travers ve aksenel tip kesici kafa tipindeki kollu galeri açma makinelerinin net kazı hacmi tahminleri gösterilmiştir.

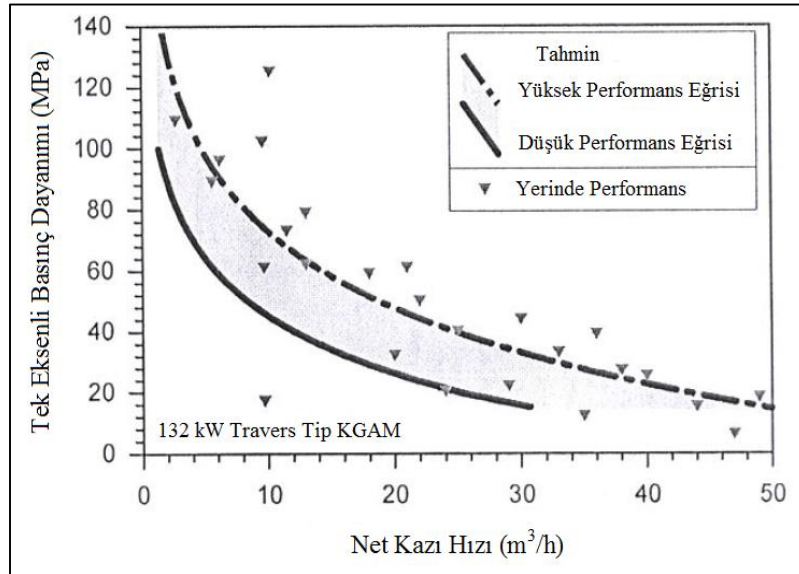


Şekil 5.33 Travers tip KGAM için net kazı hacmi tahmini (Sutoh vd. 2014).



Şekil 5.34 Eksenel tip KGAM için net kazı hacmi tahmini (Sutoh vd. 2014).

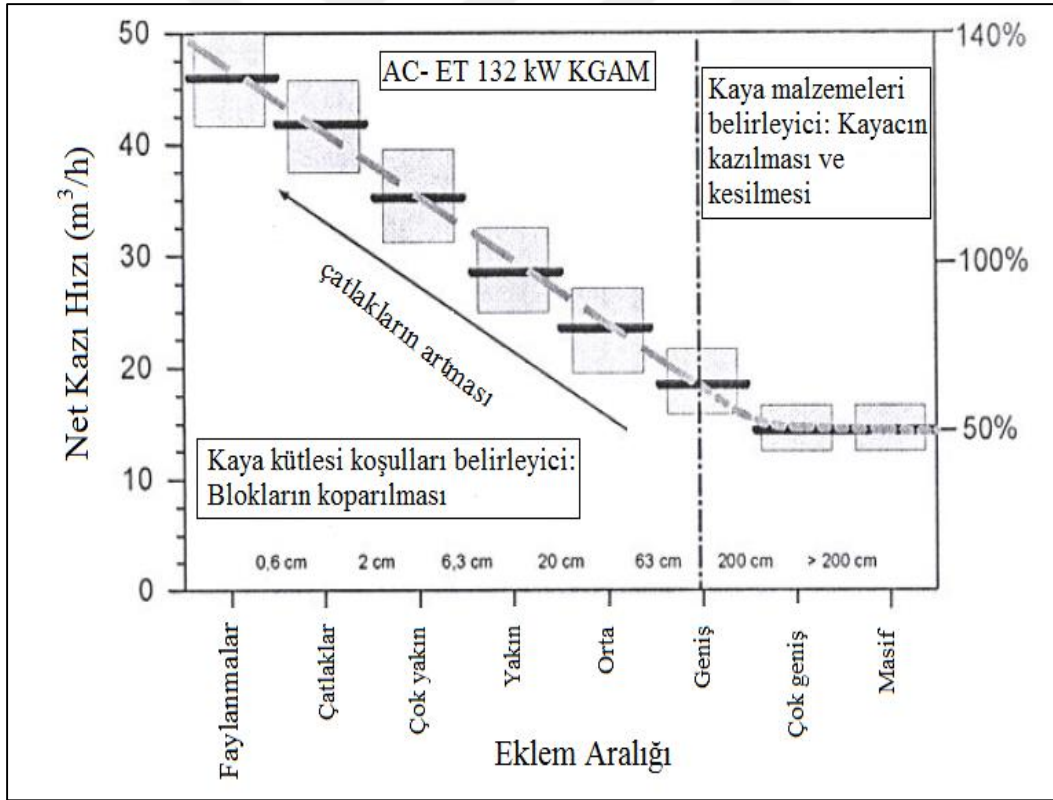
Thuro vd (1999) tek eksenli basınç dayanımından kazı performansını tahmin edebilmek için Şekil 5.35'deki gibi makine tedarikçisinin bir diyagramını kullanmıştır. Bu diyagramda Zeulenroda kanalizasyon tüneline tahmini ve yerinde kesme performansının tek eksenli basınç dayanımıyla ilişkisi gösterilmiştir. Burada farklı kayaç tiplerinin spesifik davranışlarıyla ilişkisi kurulan tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin büyük bir değişimi belirtilmiştir.



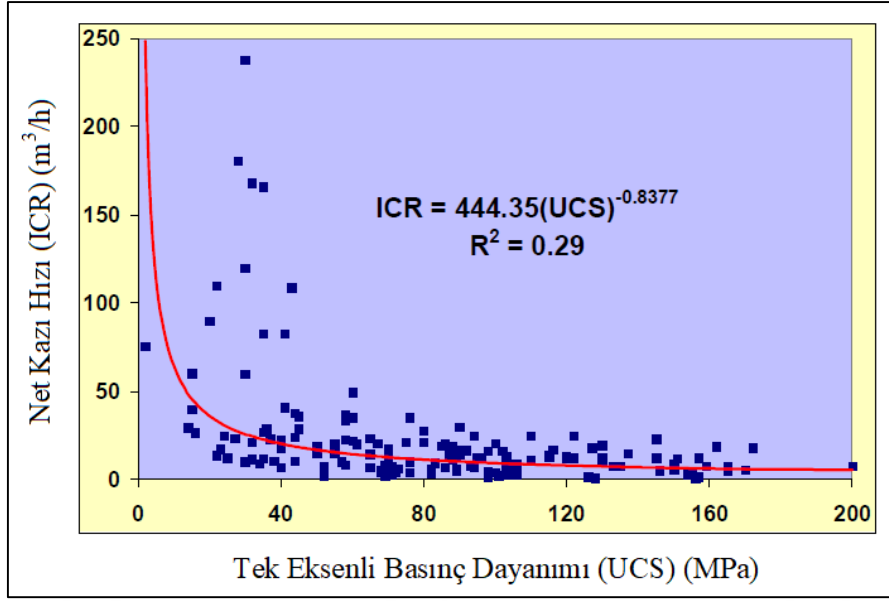
Şekil 5.35 Eickhoff ET 120 tip KGAM'in kesme performansı (Thuro and Plinninger 1999).

Thuro ve Plinninger (1999) iki tahmin eğrisi iki neden için belirtilmiştir. Şekil 5.36'de görüldüğü gibi süreksizlik aralığı çok geniş ise tahmin için düşük performans eğrisi kullanılır veya süreksizlik aralığı çok küçük ise yüksek performans eğrisi kullanılır. Kayaç masif olduğu sürece, malzemeyi kesmek zordur ve kazı performansı düşüktür.

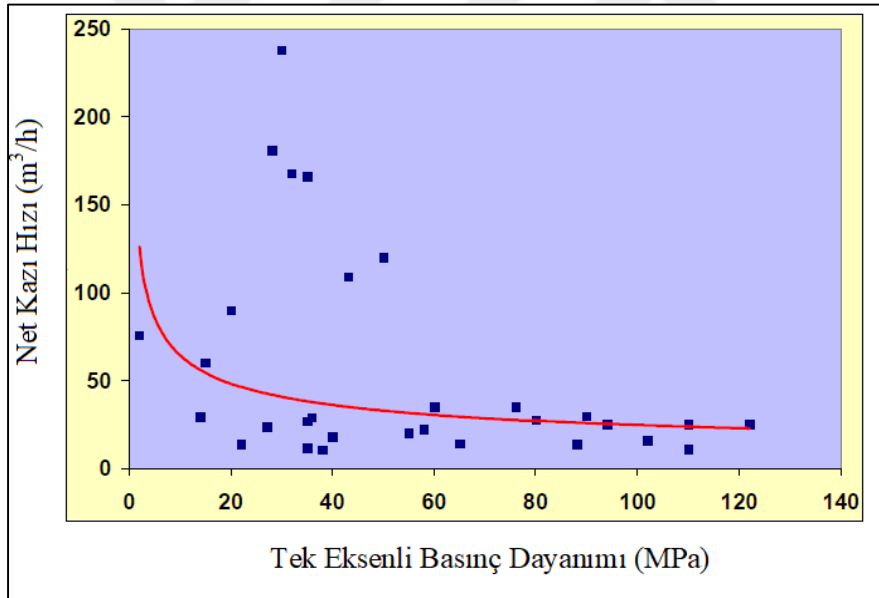
Çopur vd. (1998) tek eksenli basınç dayanımı ve net kazı hacmi arasındaki değişimini tüm jeolojik koşullar ve her tip kollu galeri açma makineleri için mevcut arazi performans verilerine dayanarak Şekil 5.37'deki gibi belirtmiştir. Beklenildiği gibi, veriler tek eksenli basınç dayanımı ve net kazı hızı arasında herhangi bir eğilim göstermesine izin vermeyen düşük bir korelasyon katsayısı ile önemli bir dağılım göstermektedir. Sedimanter kayalarda transvers tip kollu galeri açma makineleri verilerini ayırdıktan sonra, Şekil 5.39'da görüldüğü gibi dağılım çok daha küçük olmaktadır. Buna rağmen, korelasyon katsayısı düşük olmakla birlikte bu iki değişken arasındaki herhangi bir ilişkinin kesin bir ifadesi yoktur (Çopur vd. 1998).



Şekil 5.36 Eklem aralığı ve net kazı hacmi arasındaki ilişki (Thuro and Plinninger 1999).

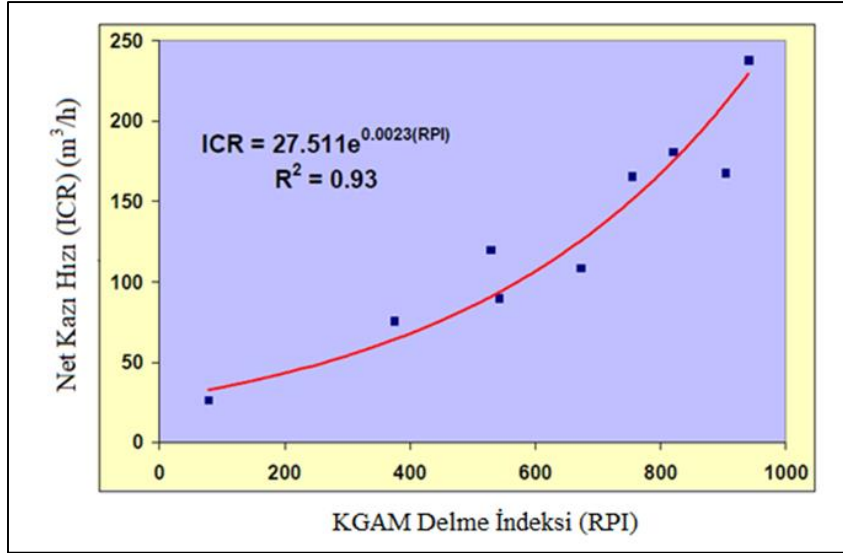


Şekil 5.37 Tüm jeolojik koşullarda ve her tip KGAM'lar için ICR ve UCS ilişkisi (Çopur vd. 1998).



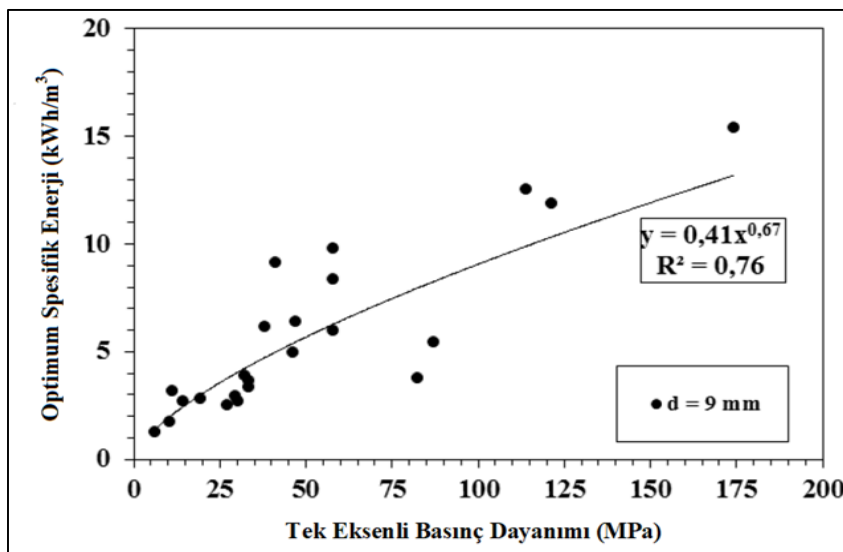
Şekil 5.38 Sedimanter kayaçlar için UCS ve ICR ilişkisi (Çopur vd. 1998).

Çopur vd (1998) 50 ton ağırlığında 200 kW gücünde ve 1 m çapında kesici kafaya sahip travers tip KGAM ile trona mineralinin kazısını incelemiştir. Tronanın ortalama tek eksenli basınç dayanımı 30 MPa'dır. Evaporatik kayaçlar için net kazı hızı tahmini delinebilirlik indeksine (RPI) göre Şekil 5.39'da belirtilmiştir. Bu yöntem tek eksenli basınç dayanımı 60 MPa'a kadar olan kayaçlar için geçerlidir (Çopur vd. 1998).

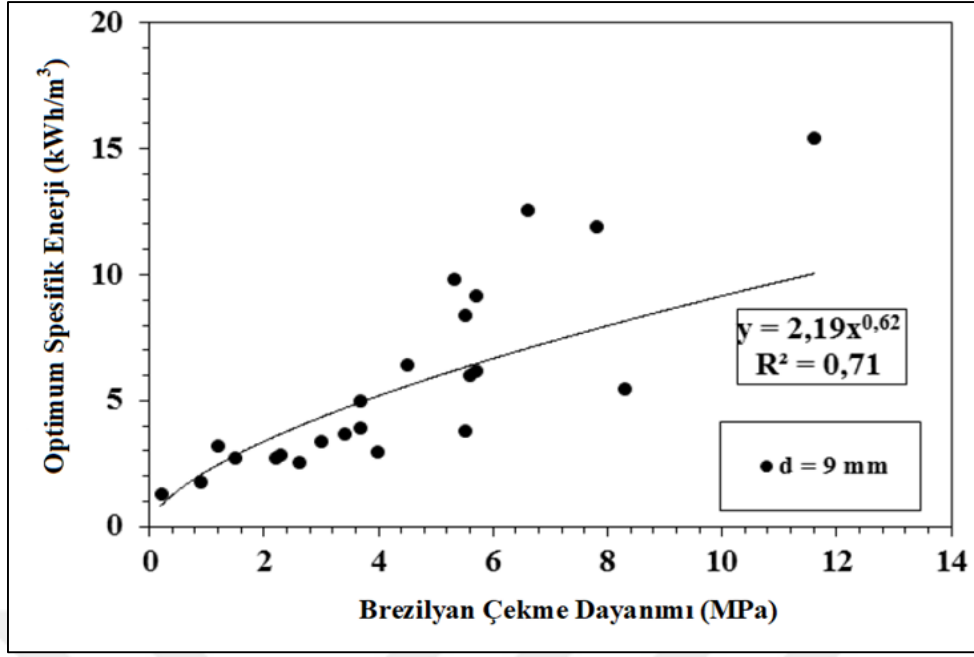


Şekil 5.39 Travers tip KGAM ve evaporitik kayalar için ICR ve RPI ilişkisi (Çopur vd. 1998).

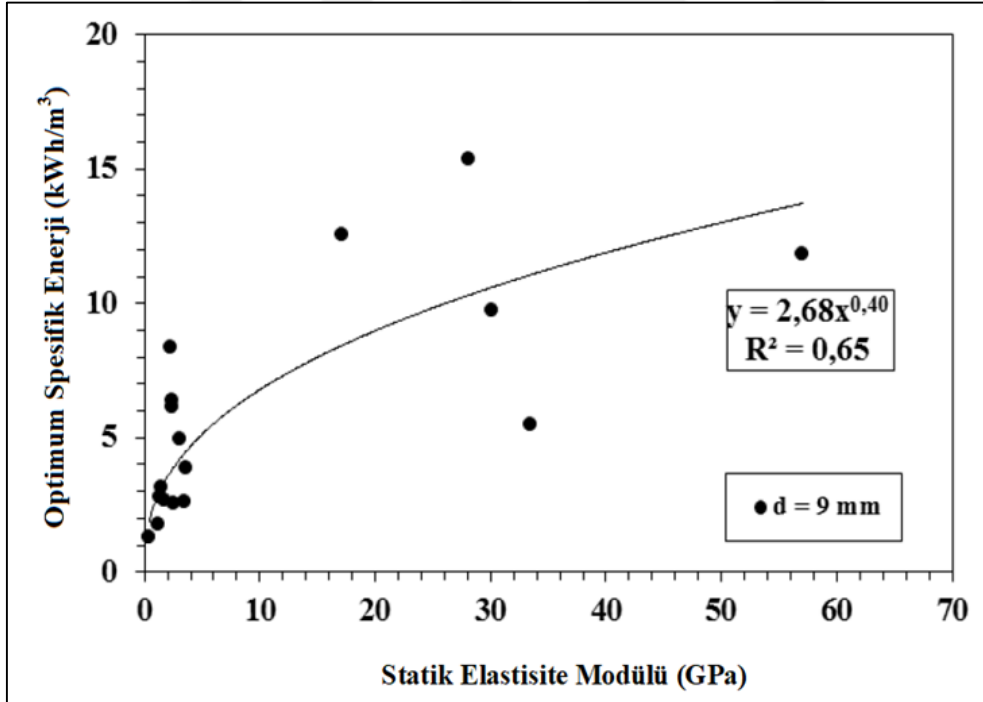
Balcı vd. (2004) Türkiye'deki işletilen madenlerden bakır, trona, kromit, tüfit, kıltaşı ve kumtaşı gibi 23 farklı kayaç üzerinde tam boyutlu doğrusal kesme deneyi gerçekleştirmiştir. Optimum spesifik enerji değerleri her bir örnek için elde edilmiştir. Fiziksel ve mekanik özellikleri aynı bloklardan elde edilen karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Optimum spesifik enerji ve kayaç mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiş ve optimum spesifik enerji ve kayaç mekanik özellikleri arasında güçlü bir ilişki olduğu bulunmuştur (Şekil 5.40-5.44).



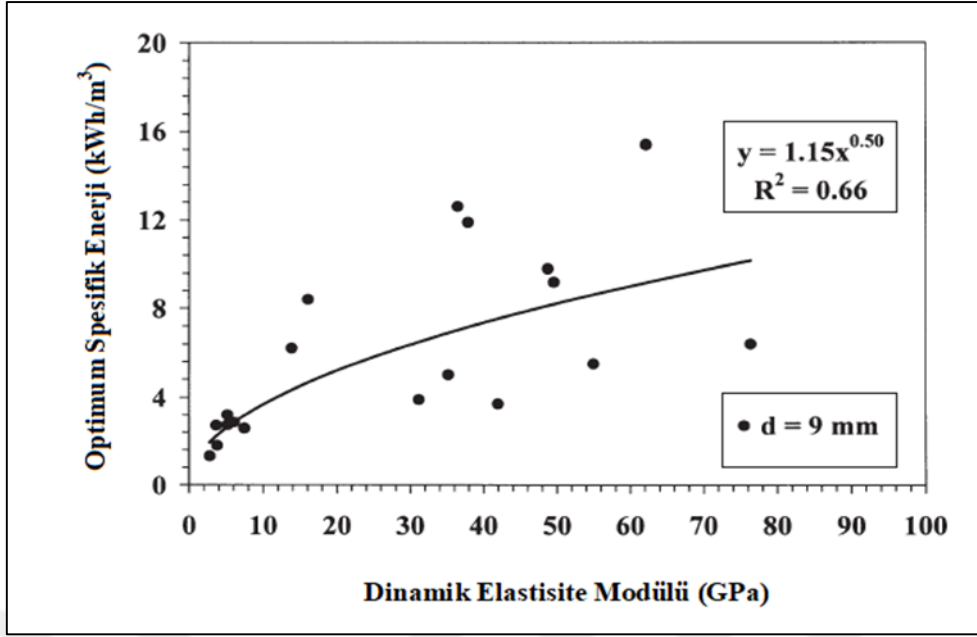
Şekil 5.40 $d=9 \text{ mm}$ kesme derinliğinde tek eksenli basınç dayanımı ve optimum spesifik enerji arasındaki ilişki (Balcı vd. 2004).



Şekil 5.41 d=9 mm kesme derinliğinde optimum spesifik enerji ve Brezilyan çekme dayanımı arasındaki ilişki (Balcı vd. 2004).

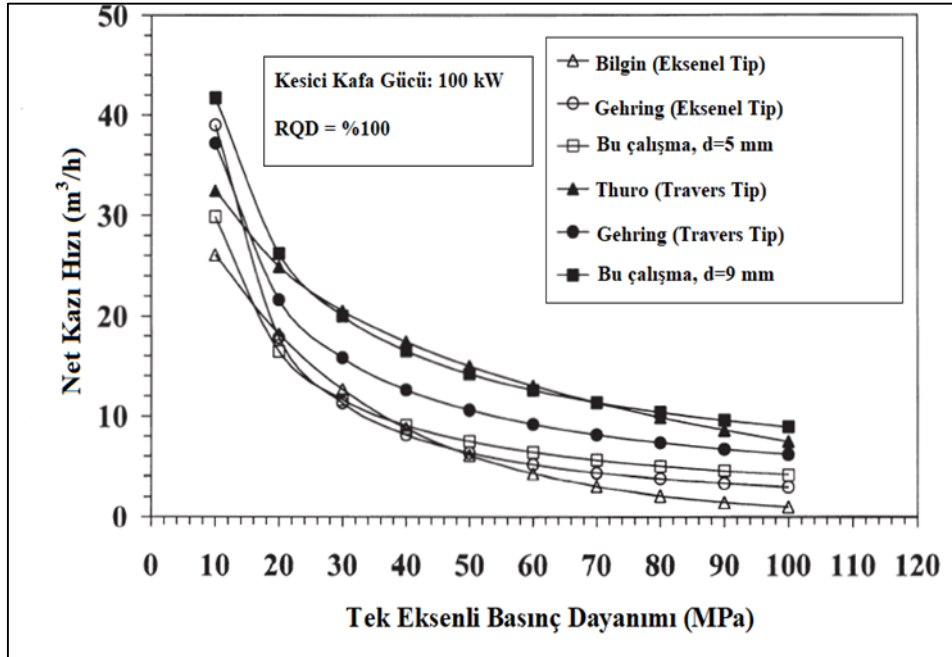


Şekil 5.42 d=9 mm kesme derinliği için optimum spesifik enerji ve Statik elastisite modülü ilişkisi (Balcı vd. 2004).



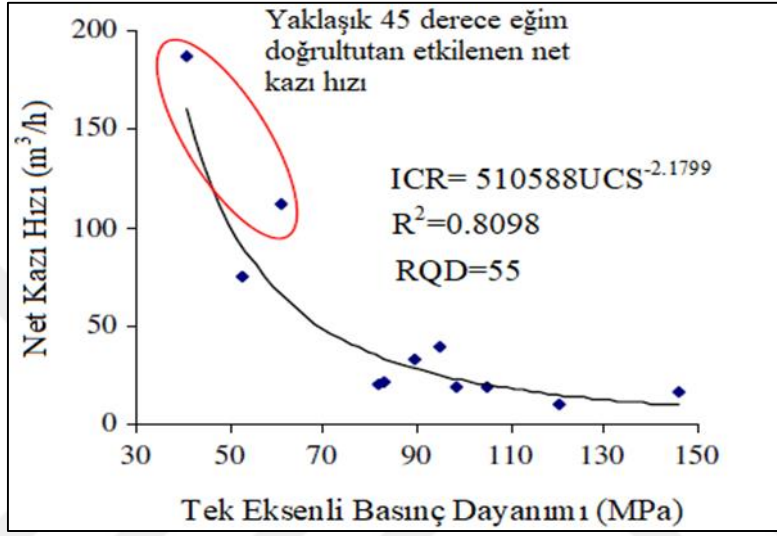
Şekil 5.43 d=9 mm kesme derinliğinde optimum spesifik enerji ve Dinamik elastisite modülü ilişkisi (Balcı vd. 2004).

Travers tip kesici kafalar için Gehring ve Thuro tarafından geliştirilen yöntemlere yakın sonuçlar Şekil 5.44'de gösterildiği gibi d=9 mm kesme derinliğindeki ilişkilerle elde edilmiştir (Balcı vd. 2004).



Şekil 5.44 Çeşitli araştırmacılar göre yapılan bu çalışmanın net kazı hacmi ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki (Balcı vd. 2004).

Ocak vd. (2007) İstanbul Kartal – Kadıköy metro hattında 74 ton ağırlığında 170 kW kesici kafa gücüne sahip travers tip bir kollu galeri açma makinesi performansını inceleyerek tek eksenli basınç dayanımı ve net kazı hacmi arasında ilişkileri incelemiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen grafik Şekil 5.45’de gösterilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı ile net kazı arasında kurulan bu ilişki diğer performans tahmin yöntemleriyle paralellik göstermektedir (Ocak vd. 2007).

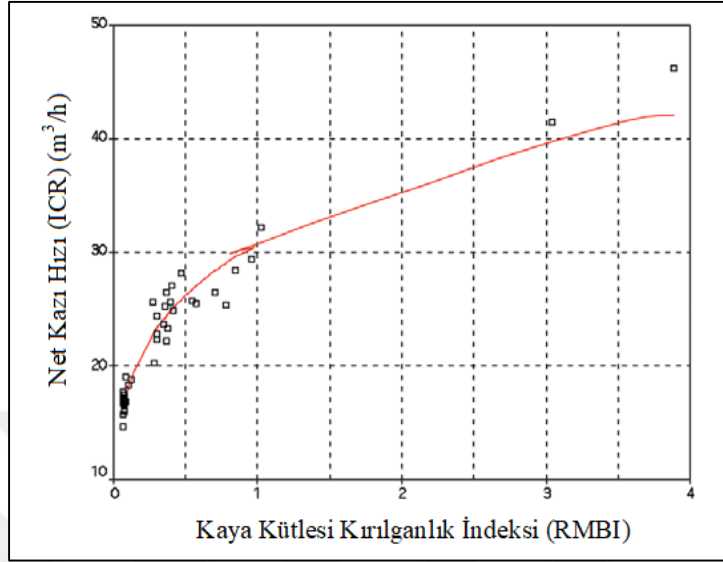


Şekil 5.45 Tek eksenli basınç dayanımı ve net kazı hacmi arasındaki ilişki (Ocak vd. 2007).

Ebrahimabadi vd (2011) İran Tabas kömür madeninde 34 ton ağırlığındaki Dosco MD1100 model 82 kW kesici kafa gücüne sahip eksenel tip kollu galeri açma makinesinin performansını incelemiştir. Kömür madeninden kapsamlı bir şekilde arazi verileri ve 62 kesme olayı için jeolojik parametreler değerlendirilerek veriler kayıt edilmiştir. Sonuç olarak, kollu galeri açma makinelerinin performansını tahmin etmek için kırılgenlik indeksine dayanan bir model geliştirilmiştir. Kaya kütlesi kırılgenlik indeksi (RMBI), kollu galeri açma makineleri üzerindeki kaya kütlesi karakteristiklerini ve etkilerini araştırmak için tanımlanır. Sonuçlar kaya kütlesi kırılgenlik indeksinin (RMBI) net kazı hacmi ile yüksek bir şekilde ilişkisi olduğunu göstermiştir (Ebrahimabadi vd. 2011).

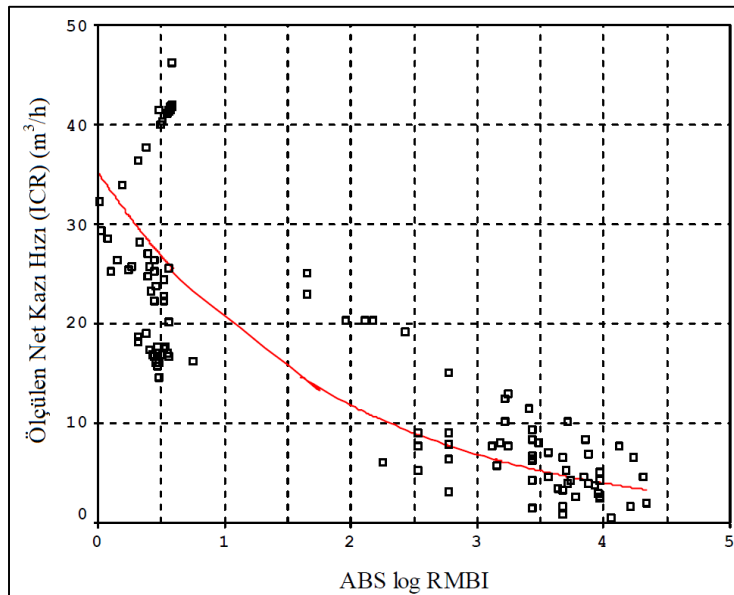
Toplanan verilerle birlikte parametreler arasındaki ilişkiyi incelemek üzere istatistiksel analiz yapılmıştır. Kaya kütlesi kırılgenlik indeksi verilerine dayanarak Şekil 5.46’da görüldüğü gibi net kazı hacmi (ICR) ve kaya kütlesi kırılgenlik indeksi (RMBI) arasındaki ilişki incelendiğinde herhangi bir eğim göstermeden zayıf bir korelasyon elde edilmiştir. Bu parametreler arasında

güvenilir bir ilişki ve daha kesin bir sonuç bulmak için daha başka bir analize ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (Ebrahimabadi vd. 2012).



Şekil 5.46 RMBI ve ICR arasındaki ilişki (Ebrahimabadi vd. 2012).

Kapsamlı modelleme ve analiz sonrasında Şekil 5.47’de görüldüğü gibi RMBI logaritmasının mutlak değerleri ($|\log RMBI|$) ölçülen ICR değerleri ile daha yüksek korelasyona sahip olduğu bulunmuştur.



Şekil 5.47 ICR ve ABS log RMBI arasındaki ilişki (Ebrahimabadi vd. 2012).



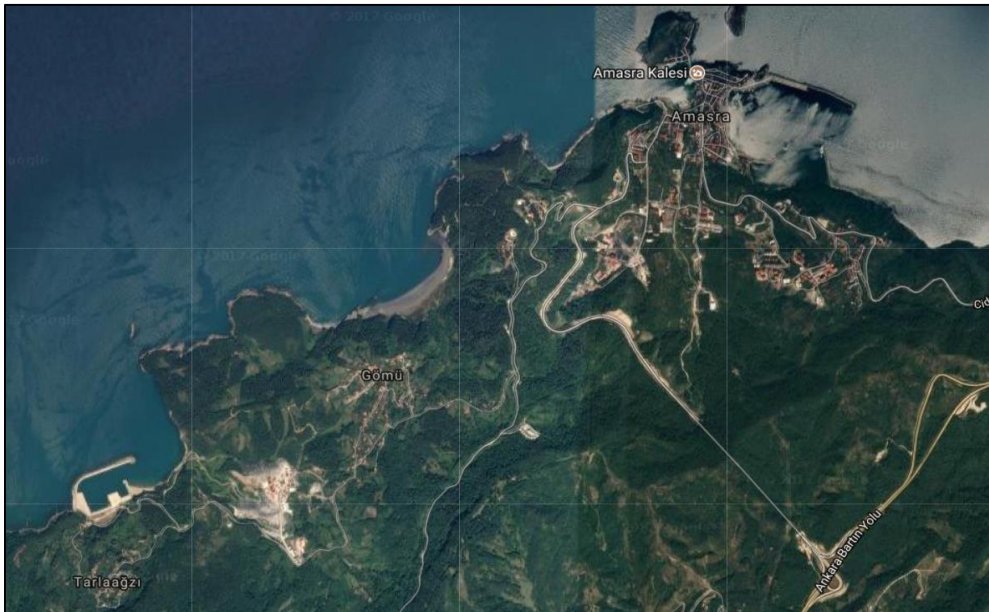
BÖLÜM 6

AMASRA BÖLGESİNİN TANITIMI VE BÖLGEDE KULLANILAN MAKİNALAR

Üretim çalışmalarına 1848 yılında özel kişilerce başlanan Türkiye'nin en büyük taşkömürü rezervlerine sahip Amasra bölgesi 1953 yılında EKİ Müessesesine devredilmiştir. Havzada üretim 1984 yılından bu yana Türkiye Taşkömürü Kurumu'na bağlı Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi tüzel kimliği ile devam etmektedir. 2005 yılından bu yana ise -400 kotunda Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş. tarafından hazırlık işleri sürdürülmektedir.

6.1 AMASRA BÖLGESİ VE JEOLJİK YAPISI

Amasra ilçesi, Bartın ili sınırları içerisinde bulunmakta ve 50 km²'lik alana sahiptir (Şekil 6.1). Bölgede ki üretim sahası A ve B sahası olmak üzere iki sahaya ayrılmakla birlikte B sahasının tamamında ve A sahası -400 kotu altındaki kömürler Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş' ye rödevans usulü verilmiştir.



Şekil 6.1 Amasra B sahası bölgesi

Amasra Taşkömürü Bölgesinde Paleozoyik yaşlı birimler, Karbonifer ve Permien yaşlı formasyonlar ile temsil edilirler. Havzada Karbonifer yaşlı dolomit, kireçtaşı, dolomitik kireçtaşlarını içeren Yılanlı Formasyonu, Culm Fasiyesi özelliğini gösteren bitkili kıltaşı, silttaşı, kumtaşı ve ince kömür damarlarından oluşan, Namuriyen yaşlı Alacağzı Formasyonu, akarsu fasiyesi özelliği gösteren konglomera, kumtaşı, silttaşı, kıltaşı ve kömürden meydana gelen Westfaliyen A yaşlı Kozlu Formasyonu ve akarsu fasiyesi özelliğini gösteren konglomera, kumtaşı genellikle silttaşı, kıltaşı ve kömürden oluşan Westfaliyen BCD yaşlı Karadon Formasyonunu içerir.

Kömür üretiminin yapıldığı bu birimler alttan üste doğru iki formasyondan oluşmaktadır. Bunlar Kozlu Formasyonu (Westfaliyen A) ve Karadon Formasyonu (Westfaliyen BCD)'dir. Westfaliyen A'da en belirgin sedimenter yapılar teknesi çapraz tabakalanma, paralel laminalanma ve katmanlanma, aşındırılmalı taban, derecelenme, kil ve kömür gecikme çökeli, bitki kök, iz v.s. fasiyesi özellikleri ile belirlenen Kozlu Formasyonunda örgülü ve menderesli akarsu sistemlerinin egemen olduğu görülmektedir.

Westfaliyen B alt sınırı, Kozlu Formasyonu ile tam olarak ayrılamamaktadır. Litolojik olarak gri, koyu gri renkli kumtaşları, silttaşı, kıltaşı ve kömür damarlarından meydana gelmiştir. Bu birim içerisinde kalınlıkları 0,05 - 0,90 m arasında değişen kömür damarları geniş bir yayılım göstermektedir. Westfaliyen B biriminin ortalama kalınlığı 200 m civarındadır.

Westfaliyen C, Westfaliyen B ve Westfaliyen D birimleri arasında yer alır. Alt sınırı kılavuz seviye olarak aldığımız, jeofizik kuyu loglarında radyoaktivitesi yüksek olarak görülen ve karotlu sondajlarda şiferton olarak tespit edilen refrakterkildir. Litolojik olarak gri, gri beyaz renkli konglomera ve kumtaşı ile siyah, gri, koyu gri renkli kıltaşı, silttaşı ve kömürden oluşmuştur. Sondajlarda siyah, kahve renkli, sütlü kahve renkli şiferton seviyeleri ile sütlü kahve renkli siderit seviyeleri gözlenmiştir. AmasraTaşkömür İşletmesi Müessesesi'nde bu birim içerisinde 5 adet ekonomik kömür damarı işletilmektedir.

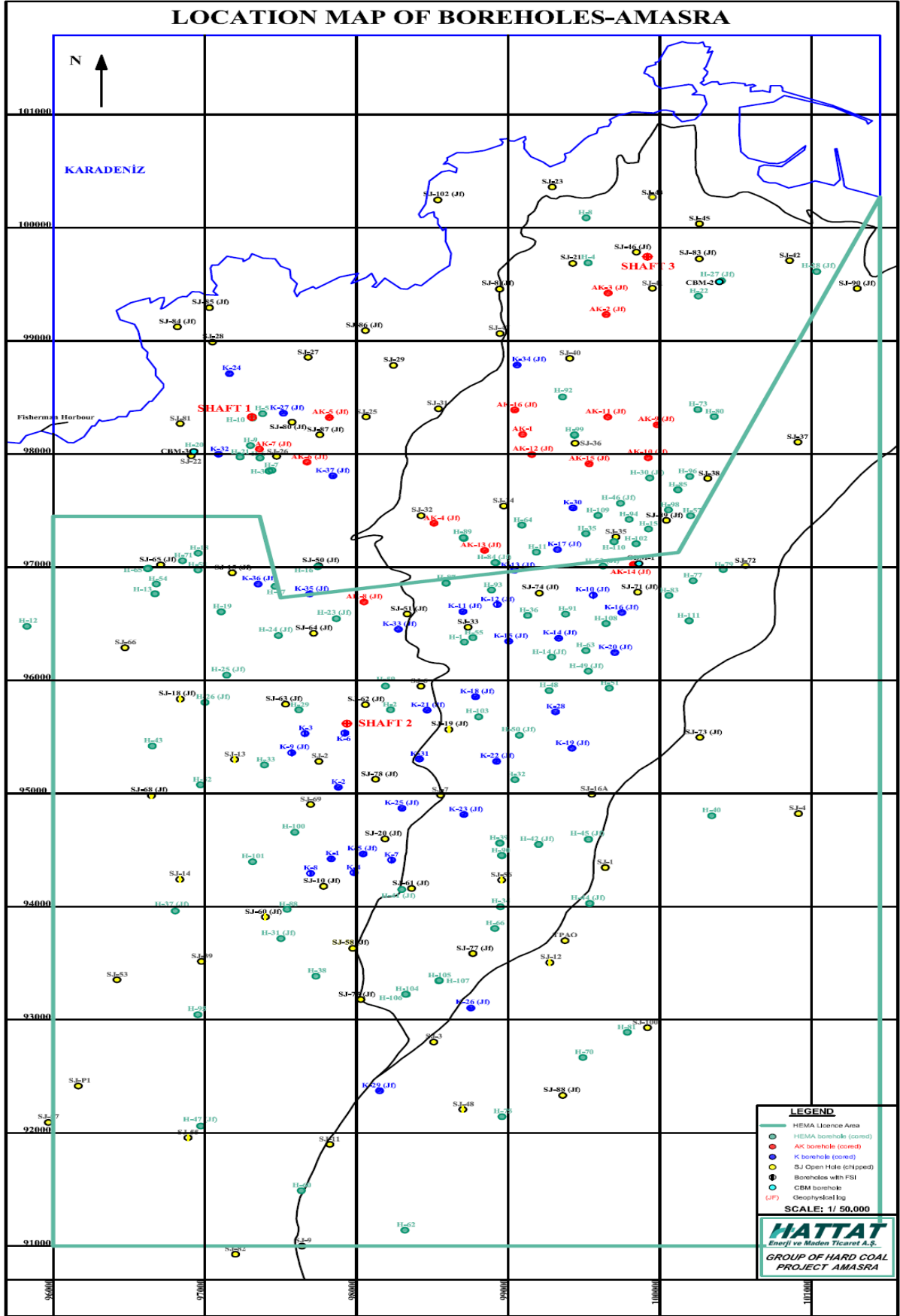
Tavan damarı (3 no'lu damar) içindeki refrakter kil seviyesi Westfaliyen C birimi içinde ikinci bir kılavuz seviye olarak değerlendirilmiştir. Bu kilde yapılan X ışını analizinde, illit, kaolinit, kuvars mineralleri tespit edilmiştir. Bu seviyenin kalınlığı 0,05-0,35 m arasında değişmektedir ve rengi beyaz, grimsi beyaz renktedir. Tavan damarı bu ikinci kılavuz seviye sayesinde makro olarak tanınmaktadır. Amasra Taşkömürü Bölgesi B sahası projesinde açılan galeriler

Westfaliyen C sahası içinde açılmış olup genel olarak kömür, şiferton, kilitaşı, siltaşı, kumtaşı ve konglomera gibi kayaçlar kesilmiştir (Hema 2012). Şekil 6.2’de Amasra bölgesine ait stratigrafik kesit gösterilmektedir.

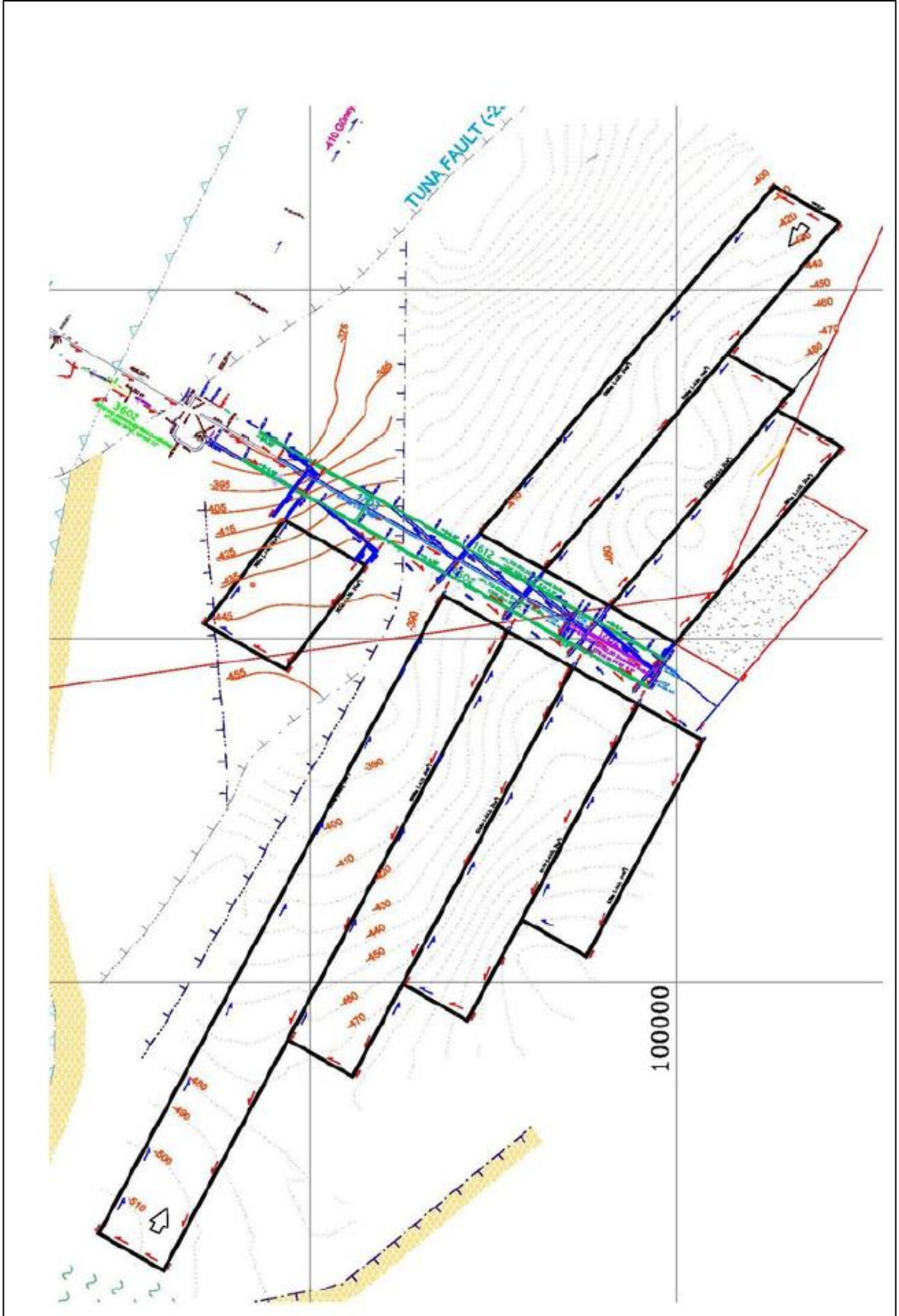
BARTIN - AMASRA HAVZASI GENELLEŞTİRİLMİŞ STRATİGRAFİ KESİTİ																						
ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON ADI	KALINLIK	RUMUZ	SÜTUN KESİTİ	LİTOLOJİ AÇIKLAMA	OROJENEZ VE FAZLAR													
SYNOZOYK	MİOSEN																					
P A L E O Z O Y İ K	K A R B O N İ F E R	ÜST KARBONİFER	WESTFALİYEN B-C-D	KARADON	200-750 m.	Kka		Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı, Kömür	Asturiyen													
								WESTFALİYEN A		KOZLU	100-1000 m.	Kk	Konglomera, Kumtaşı, Kilitaşı, Kömür									
								NAMURİYEN		ALACAĞZI	200-570 m.	Ka	Kumtaşı, Kilitaşı, Kömür									
								ÜST KARBONİFER		YILANLI	?	Dy	Dolomitik kireçtaşı									
								PERMIYEN														
								M E S O Z O Y İ K		K R E T A S E	ALTT KRETASE	BAHRELVİYEN	GÖMÜ	35-500 m.	JKz		Kireçtaşı	Palatiniyen				
																	AFRİNYEN		AMASRA AHAYLAR	5-350 m.	Krc	Kumlu kireçtaşı
																	SANTONİYEN		DİNLENCE	30-350 m.	Krd	Marnlı kireçtaşı
																	KAMPAZYEN		UĞURLAR	10-130 m.	Kri	Marnlı kireçtaşı
																	KAMPAZYEN		KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Andezit
KAMPAZYEN	KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Marnlı kireçtaşı																		
KAMPAZYEN	KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Marnlı kireçtaşı																		
KAMPAZYEN	KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Marnlı kireçtaşı																		
KAMPAZYEN	KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Marnlı kireçtaşı																		
KAMPAZYEN	KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Marnlı kireçtaşı																		
S Y N O Z O Y İ K	K R E T A S E	ALTT KRETASE	BAHRELVİYEN	GÖMÜ	35-500 m.	JKz		Kireçtaşı	Laramiyen													
								AFRİNYEN		AMASRA AHAYLAR	5-350 m.	Krc	Kumlu kireçtaşı									
								SANTONİYEN		DİNLENCE	30-350 m.	Krd	Marnlı kireçtaşı									
								KAMPAZYEN		UĞURLAR	10-130 m.	Kri	Marnlı kireçtaşı									
								KAMPAZYEN		KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Andezit									
								KAMPAZYEN		KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Marnlı kireçtaşı									
								KAMPAZYEN		KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Marnlı kireçtaşı									
								KAMPAZYEN		KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Marnlı kireçtaşı									
								KAMPAZYEN		KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Marnlı kireçtaşı									
								KAMPAZYEN		KAZPINAR	60-200 m.	Kkz	Marnlı kireçtaşı									

Şekil 6.2 Amasra bölgesi stratigrafik kesiti (Hema 2015).

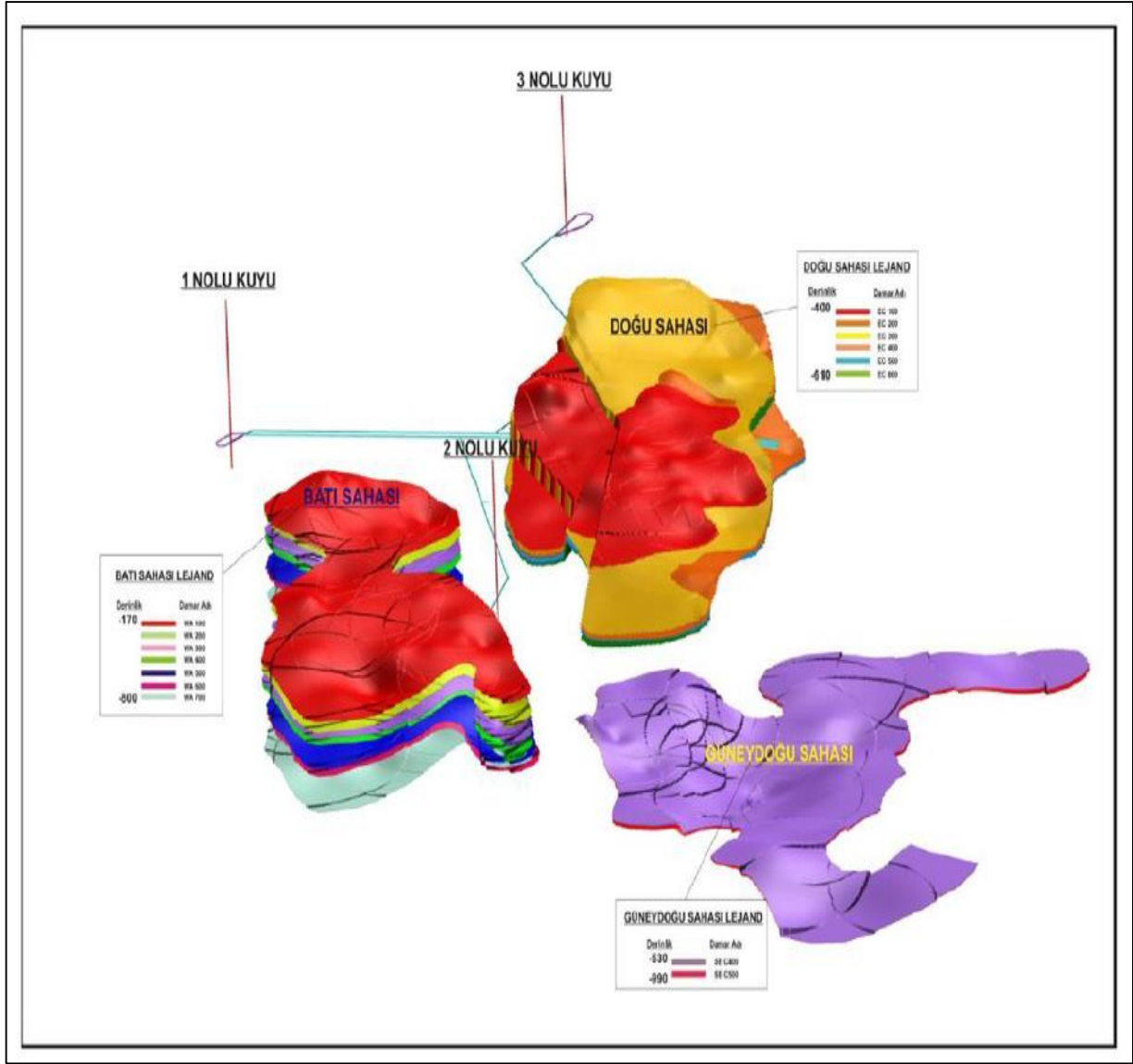
Amasra B bölgesinde 2006 – 2017 yılları arasında toplam 112 adet sondaj yapılarak kesilen kömür damarlarına göre ana galeri, rekup, nefeslik, taban yolları ve kömür panoları projelendirilmiştir. Bölgede şu zamana kadar yapılan sondajlar ve işletme projesi sırasıyla Şekil 6.3 ve Şekil 6.4-6.5’de belirtilmiştir.



Şekil 6.3 Sondaj lokasyon haritası (Hema 2015).



Şekil 6.4 Amasra B bölgesi doğu sahası işletme projesi.



Şekil 6.5 İşletme sahalarının genel görünümü ve kuyular.

Amasra B bölgesi doğu sahasının projelendirilmesi ile birlikte galeriler delme-patlatma yöntemiyle açılmaya başlanmıştır. 2014 yılında 1 adet DH R60T ve 2 adet DH R75T model galeri açma makinesi satın alınarak üç adet galeri 2015 yılında makineler ile açılmaya başlanmıştır.

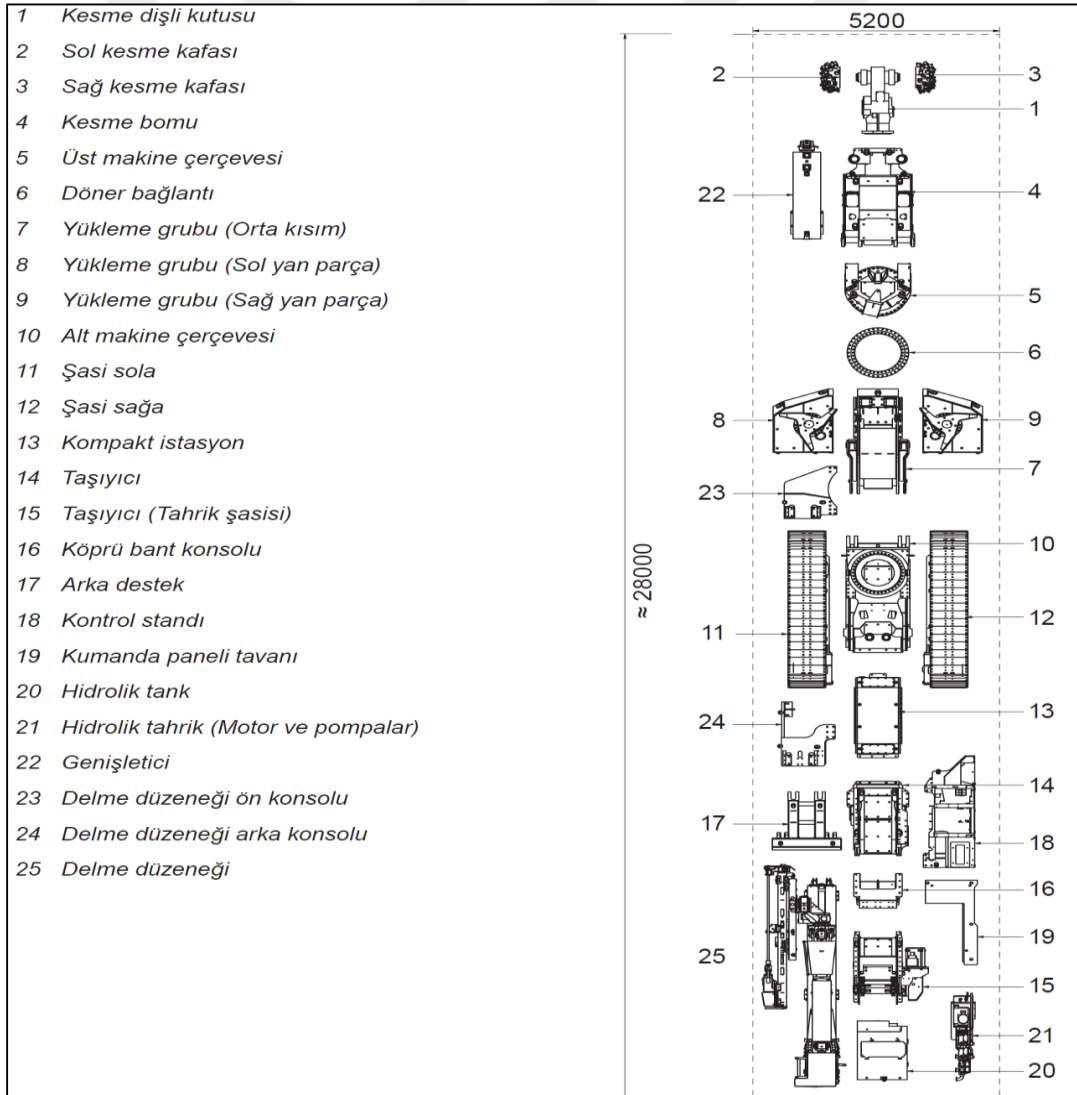
6.2 GALERİ AÇMADA KULLANILAN MAKİNALAR

Amasra B bölgesinde ana galeri, rekup ve taban yollarında kullanılmak üzere Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş. tarafından 1 adet DH R60T ve 2 adet DH 75T model galeri açma makinesi satın alınmıştır. 2015 yılından bu yana çeşitli galerilerde kazı yapan bu makinelerin keski

tüketimleri, spesifik enerjileri, makinadan yararlanma oranları, arızalar, net kazı hızları ve maliyet analizleri incelenmiştir.

6.2.1 DH R60T Galeri Açma Makinası

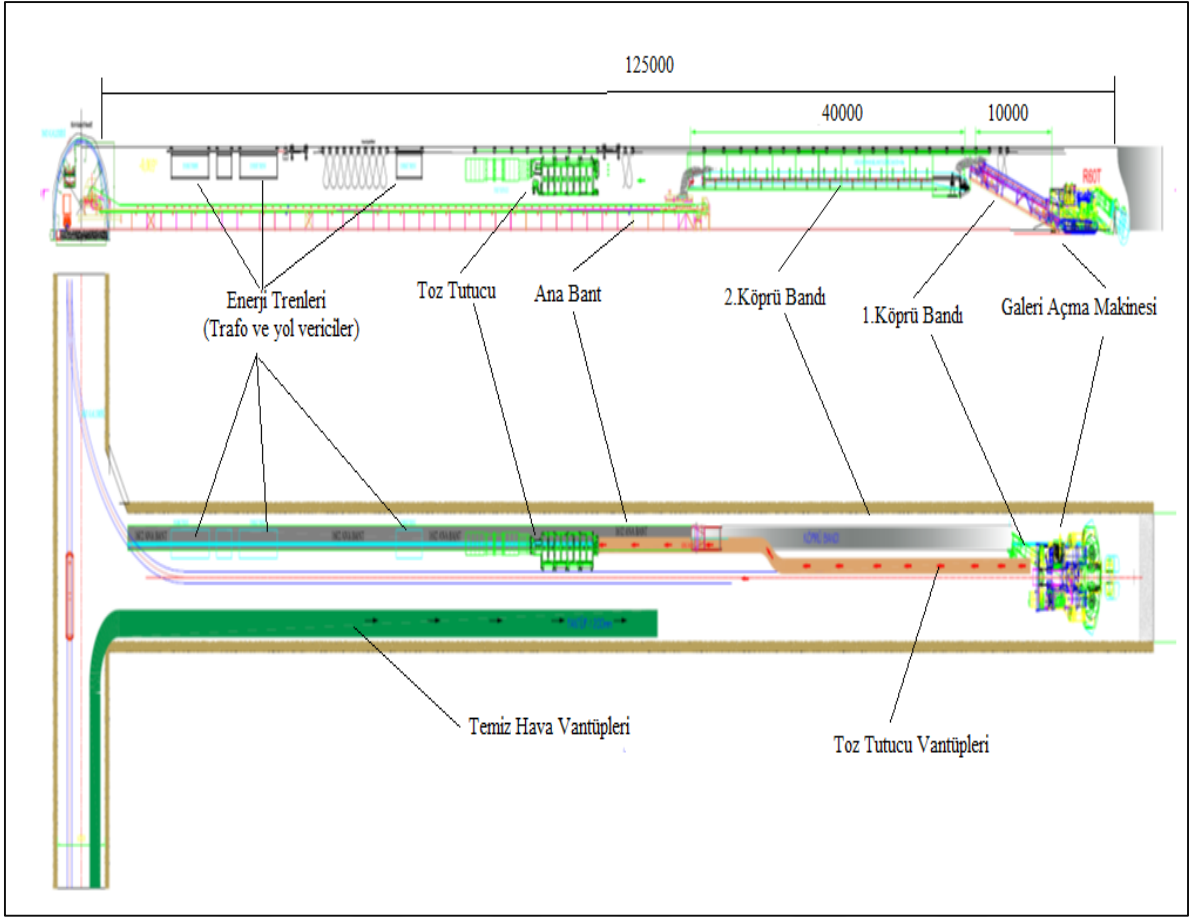
Galeri açma makinelerinin yedek parçaları montaj için 1 ve 3 no'lu kuyudan indirilmiştir. DH R60T ve birinci R75T yedek parçalar montaj sırasına göre 3 no'lu kuyudan indirilip trikolarla montaj yerine götürülerek üç vardiya boyunca ortalama 14 iş gününde tamamlanmıştır. İkinci R75T model makine ise 1 no'lu kuyudan indirilerek makine montaj cebinde montajı tamamlanmıştır. Montaj planı Şekil 6.6' da gösterilmiş ve buna göre yapılan montaj termin planı Çizelge 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.6 Galeri açma makinası montaj planı (DHMS 2015).

Çizelge 6.1 Galeri açma makinası montaj termini.

Galeri Açma Makinesi Montaj Termini ve Planı							
Sıra No.	Tarih	Parça No.	Vardiya	Yapılacak İş	Kafes Altında İnecek Parça	Triko Sayısı	
1	1	5.12.2016	1,2,3,4,5,6,8,9	07:30-15:30	Parçaların Kuyudan İndirilmesi		3
				15:30-23:30	Montaj Yerine Nakliyatı ve İndirilmesi		
2	2	6.12.2016	7,10,11,12,13,14	07:30-15:30	Parçaların Kuyudan İndirilmesi	10,14	3
				15:30-23:30	Montaj Yerine Nakliyatı ve İndirilmesi		3
3	3	7.12.2016	15-16, 17,18-21,19,20	07:30-15:30	Parçaların Kuyudan İndirilmesi		
				15:30-23:30	Montaj Yerine Nakliyatı ve İndirilmesi		3
4	4	8.12.2016	22,23,24,25	07:30-15:30	Parçaların Kuyudan İndirilmesi	25	3
				15:30-23:30	Montaj Yerine Nakliyatı ve İndirilmesi		
5	1	9.12.2016	6,10,11,12	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 1.Gün		
6	2	10.12.2016	23,7,8,9	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 2.Gün		
7	3	11.12.2016	5,14,	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 3.Gün		
8	4	12.12.2016	24,17	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 4.Gün		
9	5	13.12.2016	4	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 5.Gün		
10	6	14.12.2016	1,2,3	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 6.Gün		
11	7	15.12.2016	22,18	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 7.Gün		
12	8	16.12.2016	20,21	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 8.Gün		
13	9	17.12.2016	13,25	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 9.Gün		
14	10	18.12.2016	15,16	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 10.Gün		
15	11	19.12.2016	Köprü Bantları	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 11.Gün		3
16	12	20.12.2016	Toz Tutucular	Üç Vardiya	Montaj Çalışması 12.Gün	Toz Tutucu	2



Şekil 6.8 Galeri açma makinesi, köprü bandı, toz tutucu ve enerji treni planı.

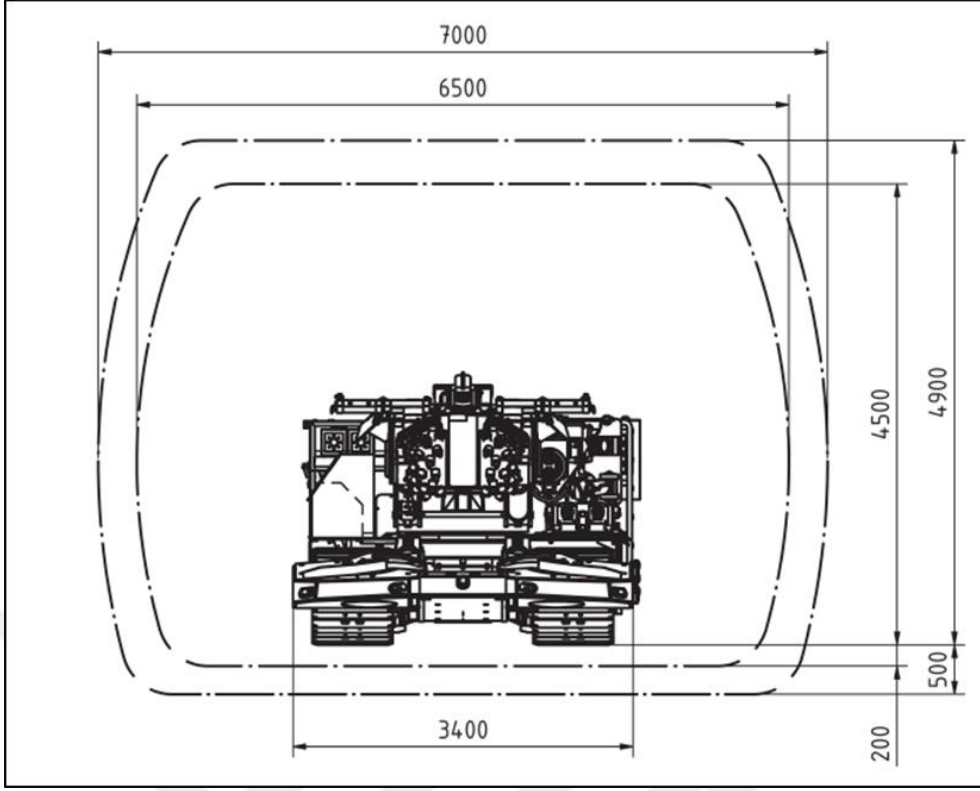
DH R60T model kollu galeri açma makinesinin teknik özelliklerine bakıldığında tek eksenli basınç dayanımı 100 MPa olan kayalara kadar verimli kazı yapabilmektedir. Kazı kesiti 14-31 m²'ye kadar kazabilmektedir. Kesici kafa motor gücü 160 kW olmakla birlikte sensörler vasıtasıyla 120 A akıma ulaştığında makine kendini otomatik olarak kapatmaktadır.

Galeri açma makinalarının üzerinde sensörler bulunmaktadır. Bu sensörler vasıtasıyla bilgisayar üzerinden makinenin hava ve su basınçları, yağ sıcaklıkları ve seviyeleri, motorların çektiği akımlar, makinada meydana gelen arızalar, hidrolik sistemlere ait olan basınç göstergeleri gösterilmektedir. Makinada izin verilen parametre değerleri yüksek veya düşük olduğunda makina bilgisayarı üzerinden görülerek müdahale edilebilmektedir. Çizelge 6.2'de DH R60T teknik özellikleri verilmiştir.

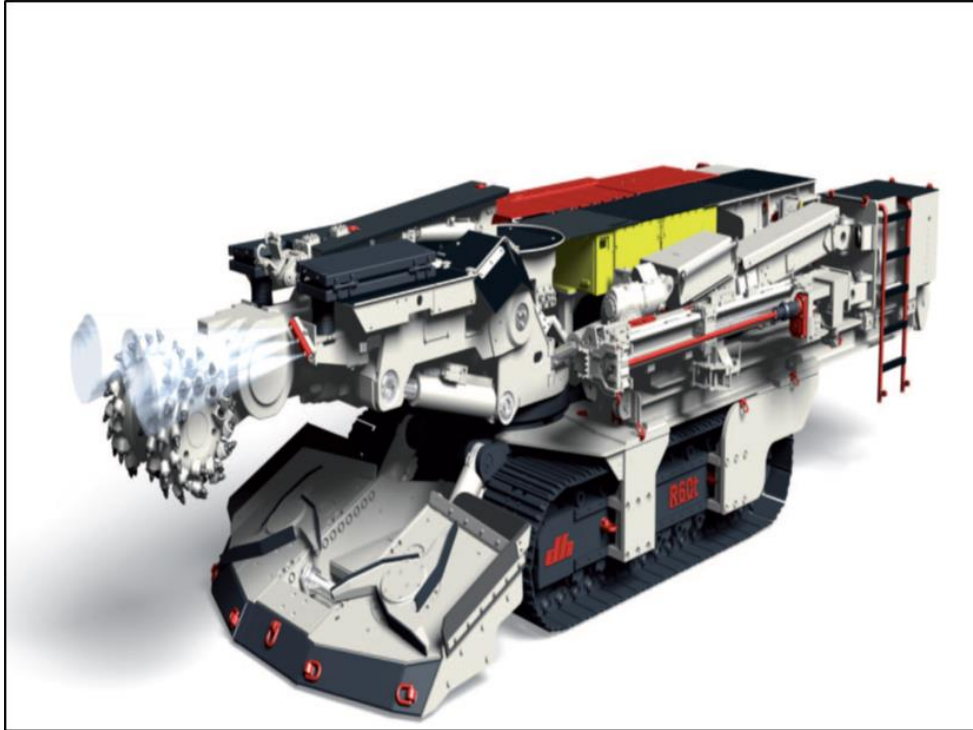
Çizelge 6.2 DH R60T KGAM teknik özellikleri (DHMS 2015).

1	Model	DH R60T
2	İmal yılı	2014
3	Çalışma eğimi	Enine: $\pm 8^\circ$ Boyuna: $\pm 18^\circ$
4	Makine ağırlığı	69 ton
5	Kazı kesiti	14 -31 m ²
6	Kesebileceği kayaç dayanımı	100 MPa
7	Kesici kafa gücü	160 kW (AC)
8	Toplam güç	305 kW
9	Soğutma sistemi	Su Soğutmalı
10	Kesici kafa devri	64,9 dev/dk
11	Kesici kafa kesme hızı	2,9 m/s
12	Keski sayısı	2x42=84 adet
13	Kesici kafa tipi	Travers (Çift Tamburlu)
14	Kesici kafa çapı	0,85 m
15	Su sisi püskürtme hava basıncı	Min: 2,4 bar Max:4 bar
16	Su sisi püskürtme su debisi	Min: 18 lt/dk Max: 60 l/dk
17	Konveyör tipi	Çift Zincirli
18	Konveyör kapasitesi	350 m ³ /h
19	Konveyör hızı	0,8 m/s
20	Konveyör motor gücü	45 kW (Su Soğutmalı)
21	Hidrolik pompa (Vidalı) (4 Pompalı)	1 ve 2.Pompa (Eksenel) (200 l/dk) 3 ve 4.Pompa (İçten Dişli) (93 l/dk) Min: 240 bar Max: 280 bar
22	Hidrolik motor	100 kW (AC)
23	Hidrolik tank kapasitesi	650 litre
24	Hidrolik sıcaklık	Max: 70°C
25	Su giriş basıncı	Min: 10 bar Max: 40 bar Debi: 40 -100 l/dk
26	Hava giriş basıncı	Min: 2,4 bar Max: 8 bar Debi: 16 m ³ /dk

Şekil 6.9 ve Şekil 6.10'da sırasıyla kazı kesitleri ve makine genel görünümü gösterilmektedir.

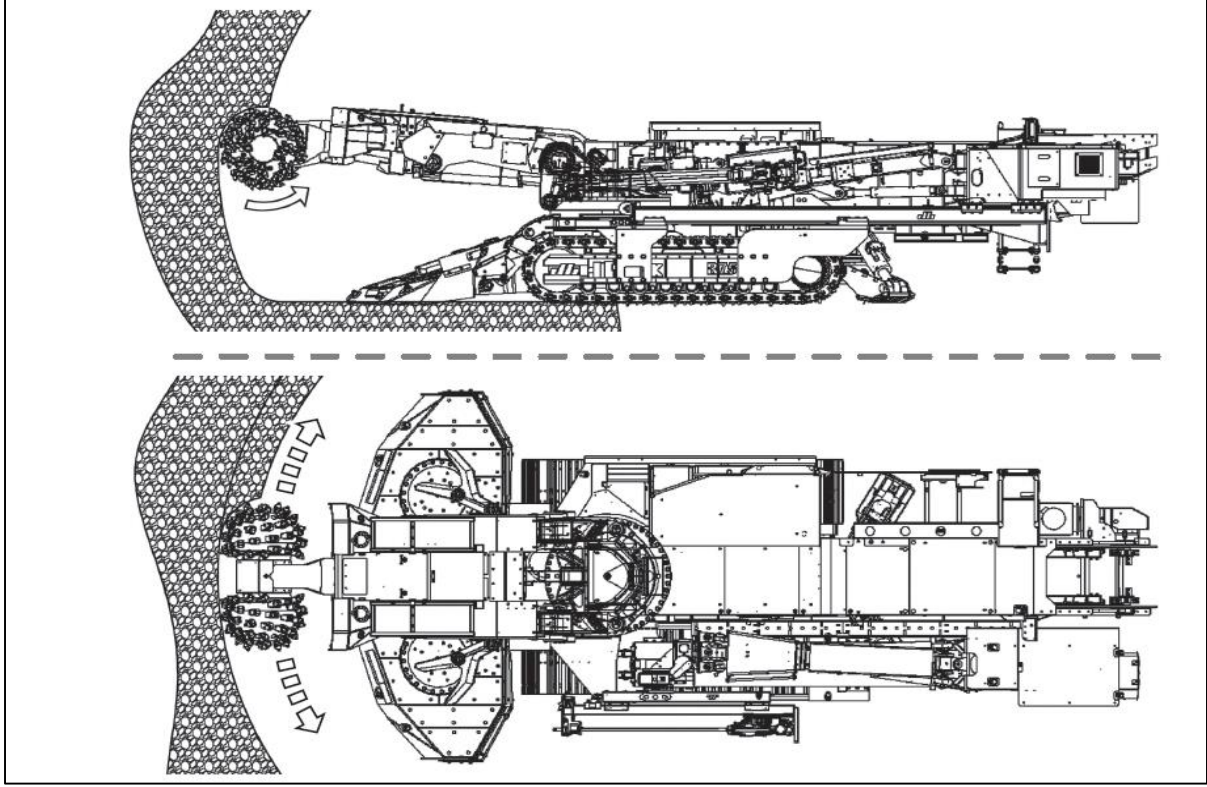


Şekil 6.9 DH R60T KGAM kazı kesiti. (DHMS 2015).



Şekil 6.10 DH R60T KGAM genel görünümü (DHMS 2015).

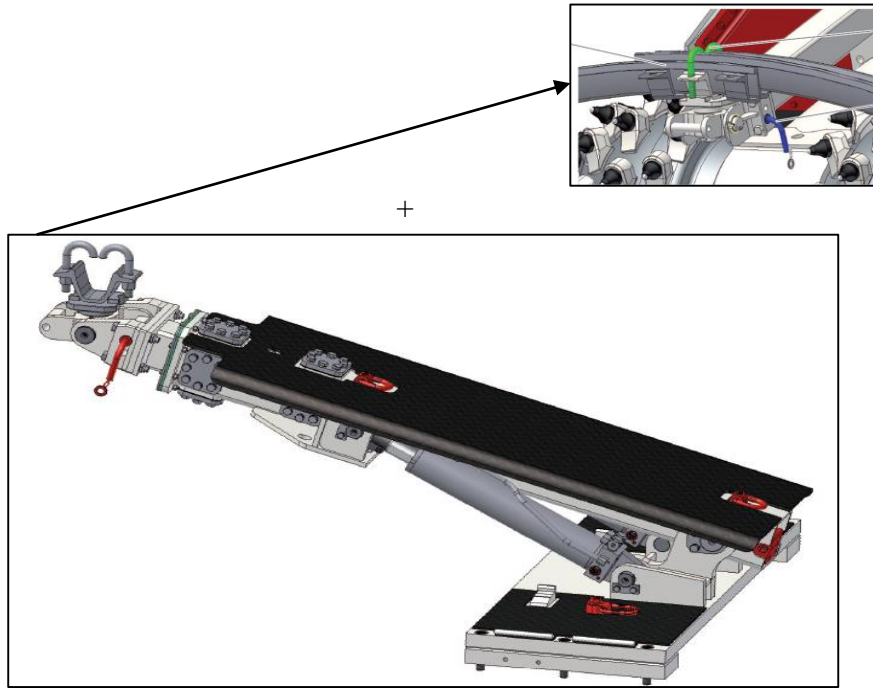
Şekil 6.11’de DH R60T kazı şekilleri ve kesici kafa dönme yönü gösterilmektedir. Travers tip kesici kafada yatay şekilde kazı yapılması daha uygundur. Dikey veya çapraz yönde kazılar galeri açma makinesinin verimli kazı yapmasını düşürmektedir.



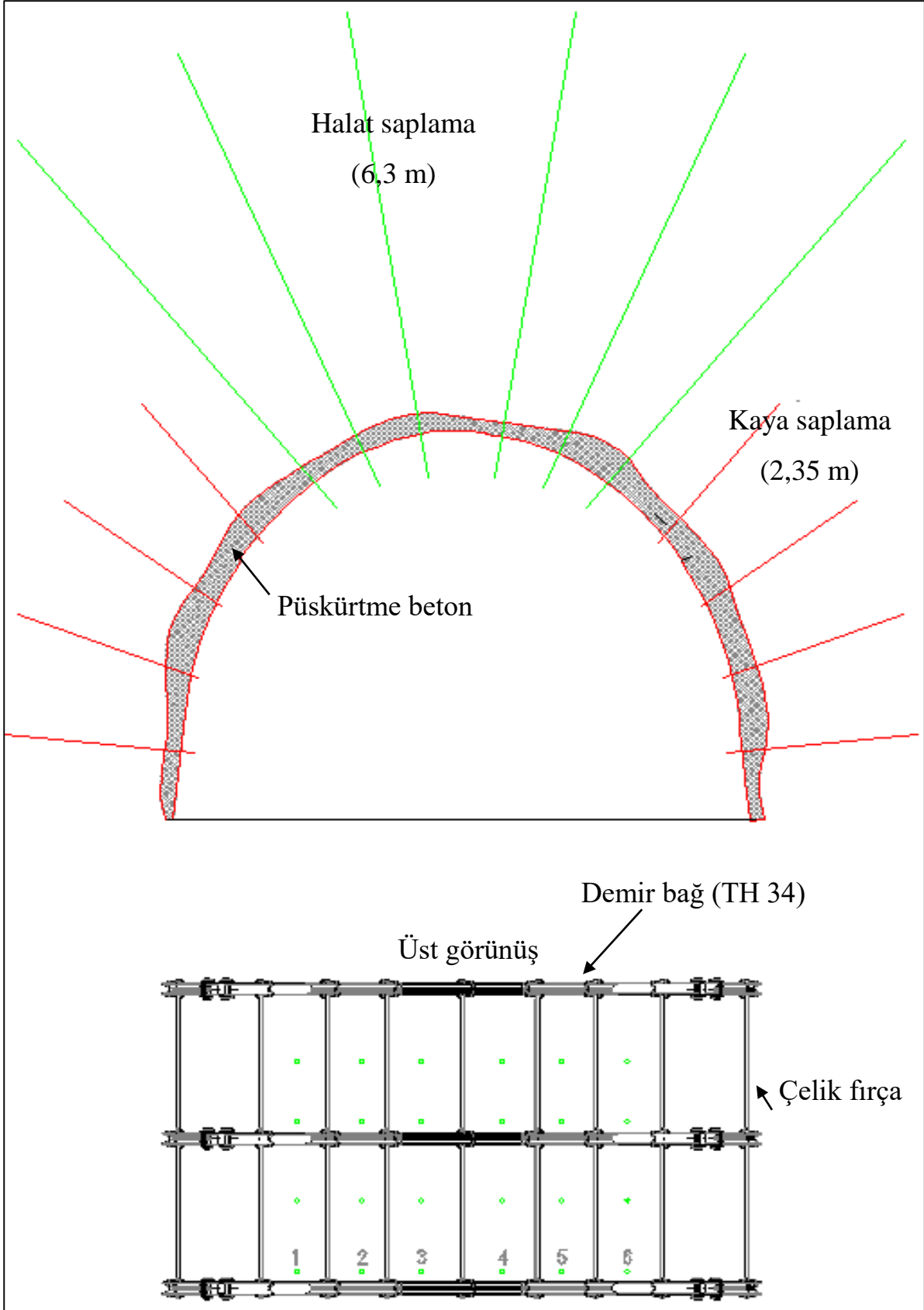
Şekil 6.11 DH R60T kazı şekilleri ve kesme kafası dönme yönü (DHMS 2015).

Kollu galeri açma makinesi üç vardiya boyunca kazı yapmıştır. Kazı sırasında her vardiyada 1 operatör, 2 mekanikçi ve 2 elektrikçi tertip edilerek, makinede meydana gelen arızaları kayıt altına almış ve tamir-bakım-onarım işlerini gerçekleştirmiştir. Kazıdan sonra halat saplama, kaya saplama ve TH34 demir bağ tahkimatlarını gerçekleştirmek için 5 işçi tertip edilmiştir. Galeri açma makinesi arında kazı yaparken ilk önce B24 kesitli galerinin üst yarısı kazılmış ve kazılan postanın üzerine çıkarak darbesiz halat saplama makinesi ile tavana $\phi=28$ mm çapında delik delinmiş, $\phi= 15,24 \times 6000$ mm uzunluğunda halat saplama tahkimatı yapılmıştır. Halat saplama tahkimatı tamamlandıktan sonra alt yarı kazısı yapılmış ve posta alma işlemi yapılarak yan cidarlara $\phi=32$ mm martoperfaratör ile delik delinerek $\phi=23 \times 2350$ mm kaya saplama yapılmıştır. Halat ve kaya saplama tahkimatı yapılırken $\phi=25 \times 500$ mm boyutlarında reçine kullanılarak tavan ve yan cidarlara halat ve kaya saplama tutturulmaktadır. Galeri açma makinesi üzerinde hidrolik delici bulunmakla birlikte, halat ve kaya saplama delici ile

yapılabilmektedir. Reçineler; kaya saplama ve halat saplama yapılırken deliğin içinde dağılmaktadır ve kayadaki çatlaklara yayılarak kayayı tutmaktadır. Reçineler zeminin durumuna göre halat saplama için ortalama 4 adet, kaya saplama için ise ortalama 2 adet kullanılmaktadır. Bu işlemlerin yapılmasından önce ilk olarak $\phi = 6 \times 1700 \times 3600$ boyutlarında galeri cidarı için 5 adet çelik hasır kullanılmıştır. Kaya saplama ve halat saplama işlerinin tamamlanmasından sonra TH34 demir bağ tahkimat montajı yapılmaktadır. Montajda 3 adet alttan tırnaklı ve 3 adet üstten tırnaklı olmak üzere 6 adet kelepçe ve 12 adet L köşebent çelik fırça kullanılmaktadır. TH34 demir bağın üst kemer montajı galeri açma makinesi üzerinde mevcut olan bağ kaldırma aparatı ile gerçekleştirilmektedir. Şekil 6.12 de bağ kaldırma aparatı ile bağ montajı gösterilmektedir. Bağ kaldırma aparatı TH montaj süresinde zaman kazandırarak makinadan faydalanma oranını artırmaktadır. TH34 demir bağ tahkimatının montajından sonra köprü bantları, toz tutucular ve enerji trenlerinin hat üzerinde yürütülmesi için monoray rayı montajı yapılmaktadır. Bu işlerin tamamı arın ile en son TH34 demir bağ tahkimatı arasında 6 m açıklık olacak şekilde yapılmaktadır. Bunun yanında toz tutucuların gerisinden ise püskürtme beton tahkimatı yapılmaktadır. Püskürtme beton tahkimatında beton santralinde hazırlanan kum, çakıl, çimento ve hızlandırıcı karıştırılarak vagonlarla yeraltına indirilmektedir. Püskürtme beton ortalama $5 \text{ m}^3/\text{m}$ civarında kullanılmaktadır. Şekil 6.13'de Amasra taş kömürü işletmesindeki tahkimat modeli ve Şekil 6.14'te galeri kesiti gösterilmiştir.



Şekil 6.12 Galeri açma makinesi bağ kaldırma aparatı.



Şekil 6.13 B24 galerisi tahkimat modeli kesiti.

Kollu galeri açma makinesi ile kazı işlemi ve sırasıyla, çelik hasır montajı, halat saplama, kaya saplama, TH demir bağ montajı, monoray montajı tamamlandıktan sonra geriden püskürtme beton işlemi yapılmaktadır. Yerüstünde bulunan beton santralinde kuru karışım hazırlanarak yeraltında püskürtme yapılacak bölgeye nakledilmektedir. Burada aliva (püskürtme beton makinası) ile püskürtme beton işlemi yapılmaktadır. Yerüstü tesislerinde hazırlanan püskürtme beton karışım miktarları Çizelge 6.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3 Kuru karışım püskürtme beton miktarları.

Malzeme	Miktar (kg)	Yüzde (%)
Kum (0-5 mm)	620	52
Çakıl (5-12 mm)	270	23
Çimento	250	21
Hızlandırıcı	50	4
TOPLAM	1190	100

Çizelge 6.3’de karışım malzemeleri bir mikser içinde karıştırılan miktarlardır. Bir mikser 0,6 m³ hacme sahiptir. Bir kuru karışım vagonuna ortalama 3 mikser kuru karışım konulmaktadır. Çimento işletmede bulunan 34 ton kapasiteye sahip silolara silo bas sistemi ile doldurulmaktadır. Kum, çakıl ve çimento beton santralinde karıştırıldıktan sonra bant sistemi ile vagonlara boşaltılır. Bir kuru karışım vagonuna 25 kg ağırlığındaki 2 paket hızlandırıcı ise kuru karışım vagonlarının üzerine işçiler tarafından yüklenir ve kuyudan yeraltına gönderilir. Yeraltına gönderilen yandan boşaltmalı kapaklara sahip olan kuru karışım vagonlarının içindeki karışım yere boşaltılarak alivaya dökülür ve galeri cidarına püskürtme beton yapılmaktadır. Yer altında kullanılan püskürtme beton miktarı %30 geri tepme oranı ile birlikte ortalama 5 m³/m’dir. Kömürlü formasyonların geçildiği bölgelerde püskürtme beton yapılması, kömürün hava ile temasının kesilmesini sağlayarak kömürün kendiliğinden yanmasını engellemektedir. Bunun yanında sulu ve çok zayıf zeminlerde arına ön püskürtme beton uygulanarak galerideki su geliri azaltılır ve güvenli bir şekilde tahkimat yapılması sağlanmaktadır. Şekil 6.19 ve Şekil 6.20’de kuru karışım beton santrali gösterilmektedir.



Şekil 6.14 Kuru karışım beton santrali ön görünüm.

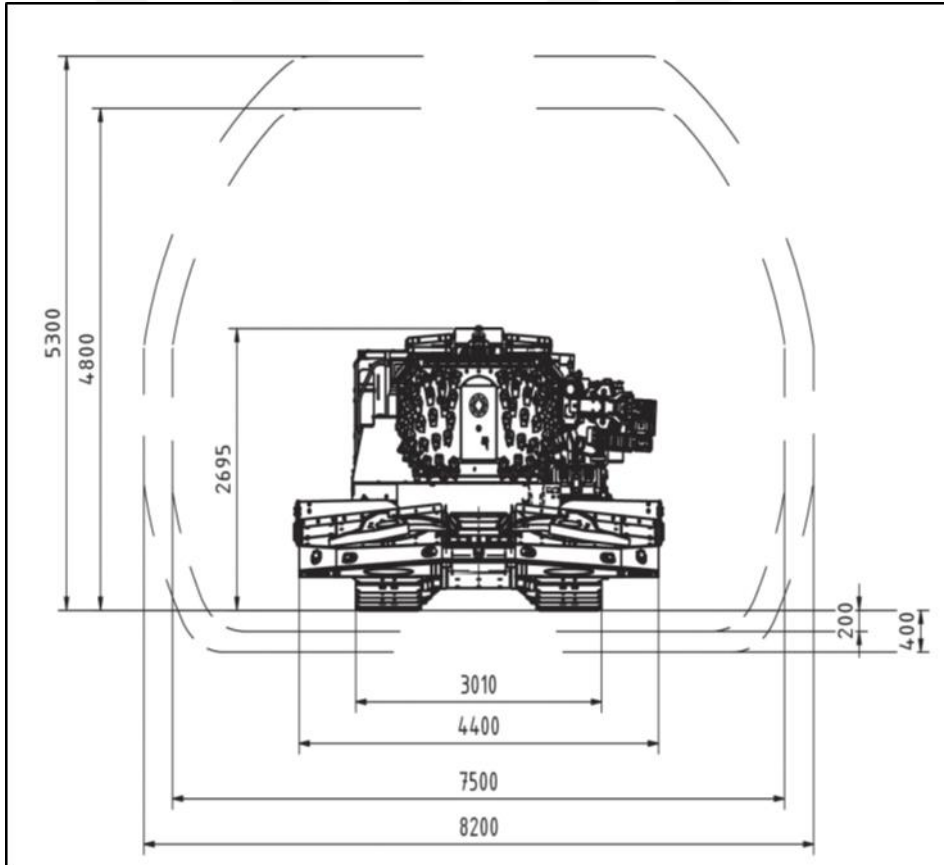


Şekil 6.15 Kuru karışım beton santrali yan görünümü.

Yapılan bu tahkimat sistemlerinin tümü makinadan faydalanma oranını etkilemektedir. Özellikle zayıf zonlarda halat ve kaya saplamaların artırılması, bağ aralarının azaltılması makineden faydalanma oranının azalmasına neden olmaktadır. DH R60T model galeri açma makinesinin yanında, işletmede iki adet DH R75T model galeri açma makinesi kullanılmaktadır.

6.2.2 DH R75T Galeri Açma Makinesi

DH R75T galeri açma makinesi DH R60T galeri açma makinasına göre daha büyük boyutlarda ve daha yüksek kesme gücüne sahiptir. DH R75T galeri açma makinesi kazı kesiti olarak daha büyük kazı kesitine sahiptir. Şekil 6.21’de DH R75T galeri açma makinesinin kazabileceği minimum ve maksimum kazı kesiti gösterilmiştir.



Şekil 6.16 DH R75T galeri açma makinesi kazı kesiti (DHMS 2015).

Minimum kesit kollu galeri açma makinesinin teleskop ünitesi kapalıyken gerçekleşen kazı kesitidir. Maksimum kesit ise kollu galeri açma makinesinin teleskop ünitesinin 60 cm uzunluğunda açılarak yapılan kazı kesitidir. Şekil 6.22’de DH R75T kollu galeri açma makinasının genel görünümü verilmiştir.

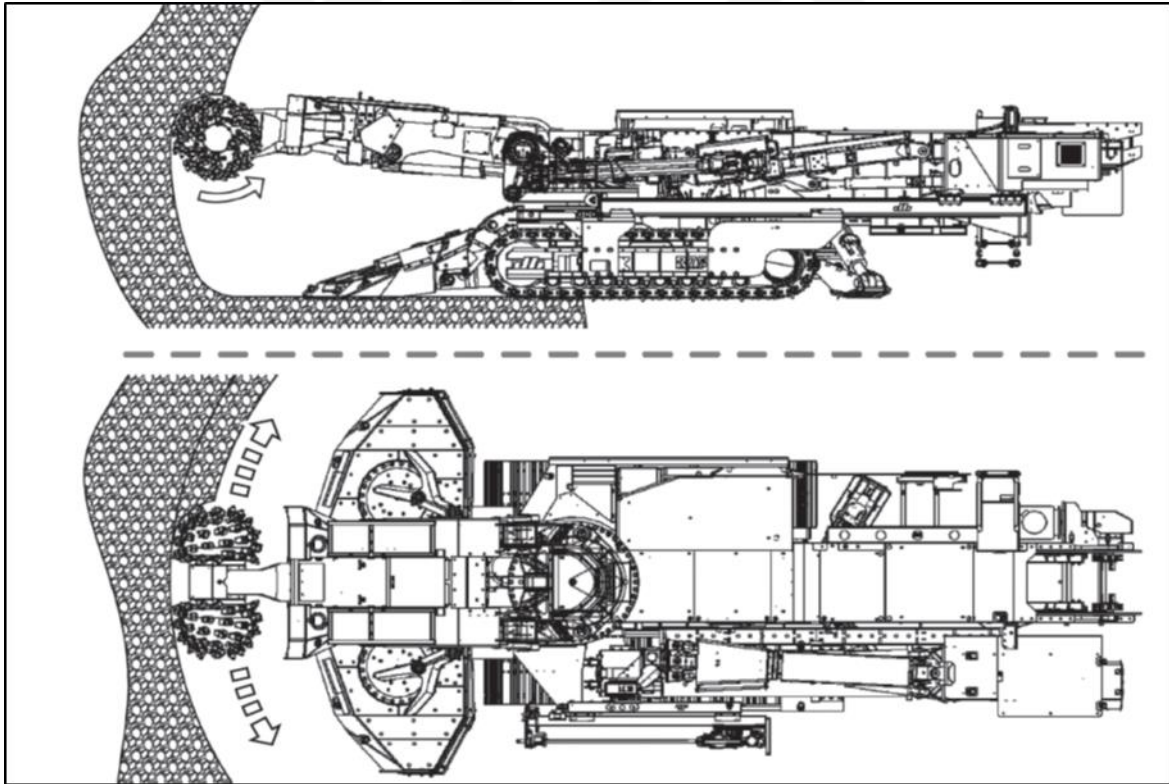


Şekil 6.17 DH R75T kollu galeri açma makinası genel görünümü (DHMS 2015).

Şekil 6.22’ye bakıldığında galeri açma makinelerinin birçok fonksiyonu kumanda sistemiyle hareket ettirilmektedir. Makine üzerindeki silindirlere sensörler bulunmaktadır ve bu sensörler kumandadan gelen komutlarla silindirlere hareket ettirmektedir. Diğer tüm ünitelerde de kesici kafa, otomatik gresleme sistemi, yıldızlar, platformlar, zincirli konveyör, yürüyüşler ve delici sistemlerin hepsinde sensörler ve elektrovalfler vasıtasıyla kumanda ile hareket ettirilmektedir. Galeride açma makinesindeki tüm arızaların hepsi bilgisayar ekranından okunarak arızanın elektrik mi, yoksa mekanik mi olduğu kolaylıkla anlaşılabilir. Örnek olarak, kesici kafadaki bulunan ve ayarlanabilen parametreler bilgisayara girilerek yağ sıcaklık değeri, kesici kafa motoru amper değeri, yağ basınç değeri ve kesici kafa üzerinde bulunan metan sensörü değerleri maksimum seviyeye ayarlanır ve bu seviyeye ulaştığında galeri açma makinesi otomatik olarak kendiliğinden kapanmaktadır. Galeride açma makinesinin bu özellikleri tüm fonksiyonlar için geçerli olmakla birlikte arıza mesajlarının verilmesiyle önceden önlem

alınarak arızalar giderilmektedir ve yedek parça maliyetlerini, arıza süresini minimum değerlere indirmektedir.

Kollu galeri açma makinesinin arında sağa-sola veya yukarıdan aşağıya doğru kazı yapmaktadır. Genel olarak sert kayaç türlerinde yukarıdan aşağıya, yumuşak kayaç türlerin de ise sağa-sola doğru kazı yapılmaktadır. Bunun nedeni bu tip kesici kafaya sahip makinelerde kesici kafaların merkezinde civatalar monte edildiğinden dolayı sert kayaç türlerinde sağa-sola kazı yapılırken kesici kafaya gelen kuvvetlerde artış gösterdiğinden civata kesmeleri diğer kazı yöntemine göre daha fazla görülmektedir. Kazı arınında kömür-silttaşı-kumtaşı gibi birden fazla kayaç türü mevcut ise önce kömür sonra silttaşı ve en son kumtaşı kazılmaktadır. Bu durumda kazı kolaylığı sağlanarak makine de minimum düzeyde enerji sarfiyatı düşmekte ve kazı veriminde artış görülmektedir. Şekil 6.23’de DH R75T model galeri açma makinesine ait kazı şekilleri gösterilmektedir.



Şekil 6.18 DH R75T kollu galeri açma makinesi kazı şekilleri (DHMS 2015).

DH R75T kollu galeri açma makinesi hidrolik, elektrik ve otomasyon sistemlerine sahiptir. Her bir sistemin ve fonksiyonların değerleri galeri açma makinesi üzerindeki bilgisayar ekranından

takip edilebilmektedir. Amasra bölgesinde kullanılan bu tip makinelerin hepsi uzaktan kumanda ile kontrol edilmektedir. Çizelge 6.4’de DH R75T kollu galeri açma makinesine ait teknik özellikler belirtilmiştir.

Çizelge 6.4 DH R75T KGAM teknik özellikleri (DHMS 2015).

1	Model	DH R75T
2	İmal yılı	2015
3	Çalışma eğimi	Enine: $\pm 8^\circ$ Boyuna: $\pm 18^\circ$
4	Makine ağırlığı	79 ton
5	Kazı kesiti	14 -38 m ²
6	Kesebileceği kayaç dayanımı	120 MPa
7	Kesici kafa gücü	200 kW (AC)
8	Toplam güç	355 kW
9	Soğutma sistemi	Su Soğutmalı
10	Kesici kafa devri	52,4 dev/dk
11	Kesici kafa kesme hızı	3,1 m/s
12	Keski sayısı	2x55=110 adet
13	Kesici kafa tipi	Travers (Çift Tamburlu)
14	Kesici kafa çapı	1,14 m
15	Su sisi püskürtme hava basıncı	Min: 2,4 bar Max:4 bar
16	Su sisi püskürtme su debisi	Min: 18 lt/dk Max: 60 l/dk
17	Konveyör tipi	Çift Zincirli
18	Konveyör kapasitesi	350 m ³ /h
19	Konveyör hızı	0,8 m/s
20	Konveyör motor gücü	45 kW
21	Hidrolik pompa (Vidalı) (4 Pompalı)	1 ve 2.Pompa (Eksenel) (200 l/dk) 3 ve 4.Pompa (İçten Dişli) (120 l/dk) Min: 240 bar Max: 280 bar
22	Hidrolik motor	110 kW (AC)
23	Hidrolik tank kapasitesi	850 litre
24	Hidrolik sıcaklık	Max: 70°C
25	Su giriş basıncı	Min: 10 bar Max: 40 bar Debi: 45 -70 l/dk
26	Hava giriş basıncı	Min: 2,4 bar Max: 8 bar Debi: 16 m ³ /dk

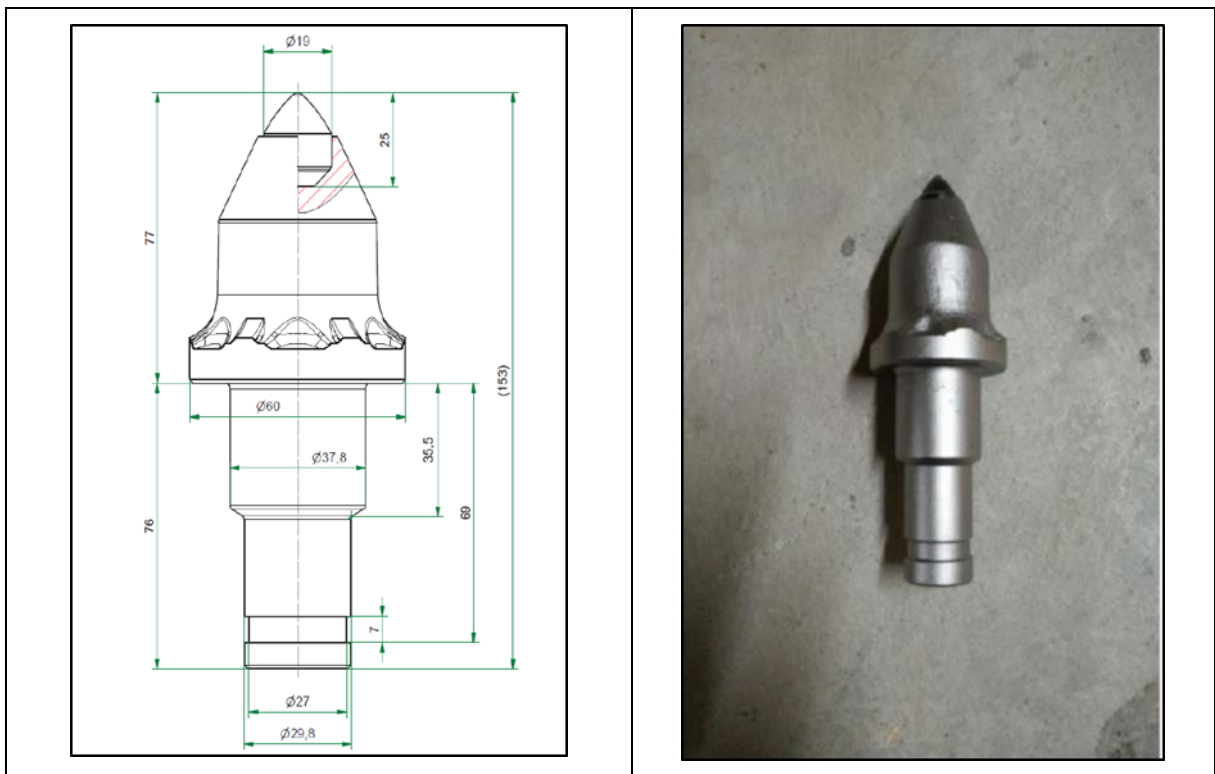
6.2.3 Kazıda Kullanılan Keskiler

Amasra bölgesinde kullanılan galeri açma makinelerinde çok farklı türlerde ve metal alaşımlarında keski kullanılmıştır. Bu keski türlerinin sarfiyatları ve aşınma dereceleri ölçülerek çeşitli testler yapılmıştır. Bu sonuçlara göre en uygun maliyetli ve kaliteli uç seçilmiştir. DH R60T, DH R75T ve AM105 model galeri açma makinelerinde farklı tip keski kullanılmaktadır. Burada AM105 galeri açma makinesinin keski modifiye edilerek DH R60T ve DH R75T galeri açma makineleri içinde kullanılmıştır.

6.2.3.1 DH R60T Kollu Galeride Açma Makinesinde Kullanılan Keski

DH R60T model kollu galeride açma makinesinde Betek, Technong, Sunrise ve AM105 modifiye tip keski kullanılmıştır. Bu keski türlerinin özellikleri ve teknik resimleri sırasıyla belirtilmiştir.

Betek keski, DH R60T model kollu galeride açma makinesinde kullanılan 34MnCrB₄ + Ti metal alaşımı, tungsten karbür ucu 19 mm genişliğinde, 25 mm uzunluğundadır. Betek uçlarına ait aşınma şekilleri ve teknik çizimleri Şekil 6.19 ve 6.20’de gösterilmektedir.



a) Betek Keski Teknik Çizim

b) Betek Kesici Uç

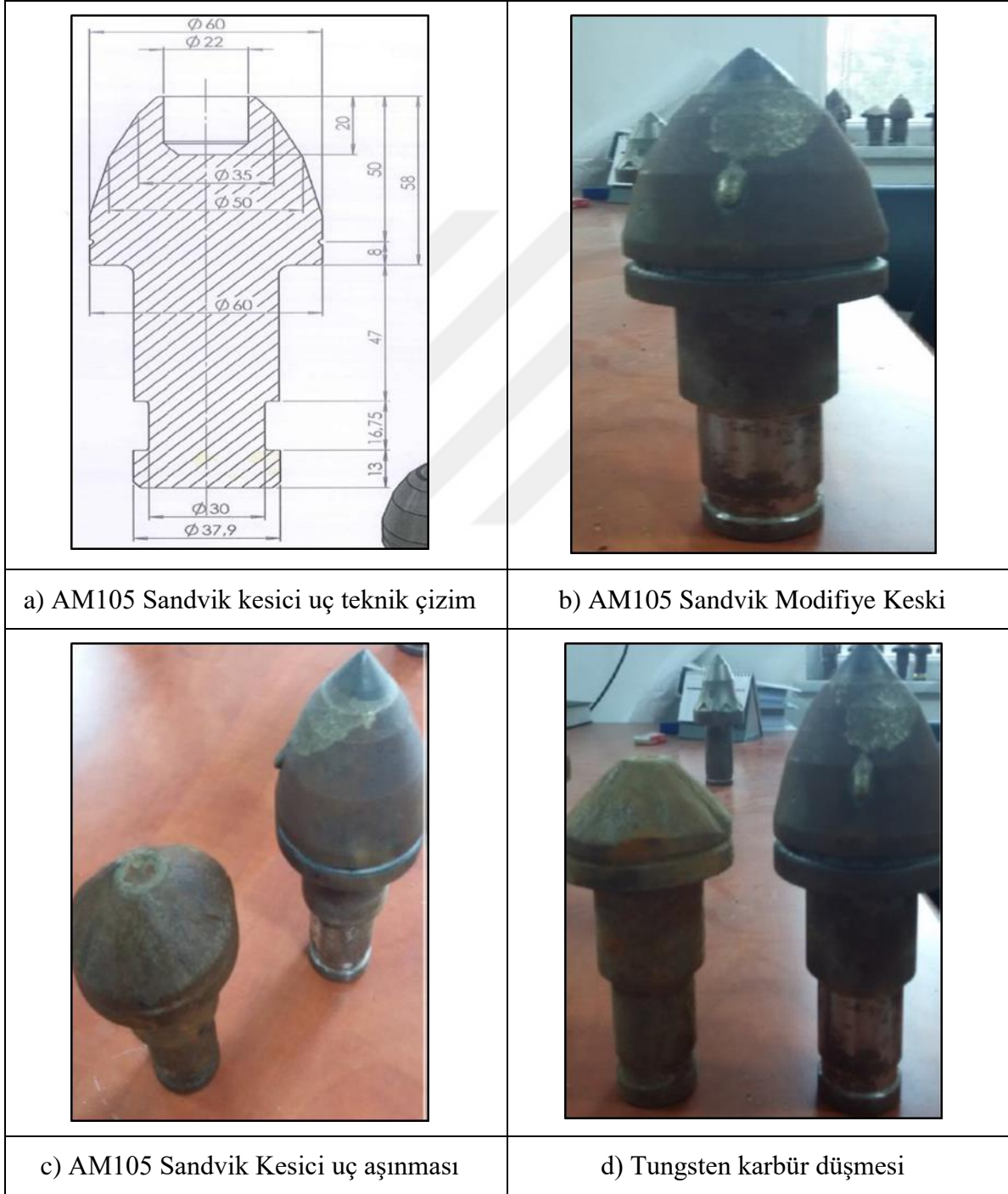
Şekil 6.19 Betek kesici uç.



Şekil 6.20 Betek kesici uç aşınma şekilleri.

AM105 modifiye keskiiler, DH R60T kollu galeri açma makinesinde AM105 kollu galeri açma makinesinde kullanılan ve DH R60T kollu galeri açma makinesi için torna ve CNC tezgahında biçimlendirilerek tasarlanan kesici uçlardır. AM105 modifiye keskiiler $34MnCrB_4 + Ti$ metal alaşımına sahip olup, tungsten karbür genişliği 22 mm, uzunluğu ise 28 mm'dir. Bu tip kesici uçlar genel olarak ağır tip kollu galeri açma makinalarında kullanılmaktadır. Stoklarda bulunan bu keskiiler DH R60T orta ağırlıktaki galeri açma makinesinde denenmiştir. Denemeler

sonucunda bu tip uçların kumtaşı gibi sert kayaç birimlerinde kullanılması durumunda kesici kafa uç yuvalarında hasara ve kırılmalara yol açtığı tespit edilmiştir. Bu uçlar DH R60T galeri açma makinesinde genel olarak silttaşı ve kömür gibi yumuşak kayaç türlerinde hem randımanlı kazı, hemde uzun bir ömüre sahip olarak kullanım imkanı bulmuştur. Şekil 6.21’de AM105 modifiye keskilere ait teknik çizim ve resimler gösterilmektedir.



Şekil 6.21 AM105 Sandvik modifiye keskilere.

Technong kesici uçlar, DH R60T model galeri açma makinesinde kullanılan $42CrMo_4$ metal alaşımı olup tungsten karbür genişliği 19 mm, uzunluğu ise 26 mm'dir. Technong ucun aşınma şekilleri ve teknik çizimleri Şekil 6.22'de gösterilmektedir.

<p>a) Technong kesici uç teknik çizim</p>	<p>b) Technong kesici uç</p>	<p>c) Technong kesici uç aşınma şekli</p>
<p>d) Technong kesici uç aşınma şekli</p>	<p>e) Tungsten karbür uç düşmesi</p>	<p>f) Tungsten karbür uç düşmesi</p>

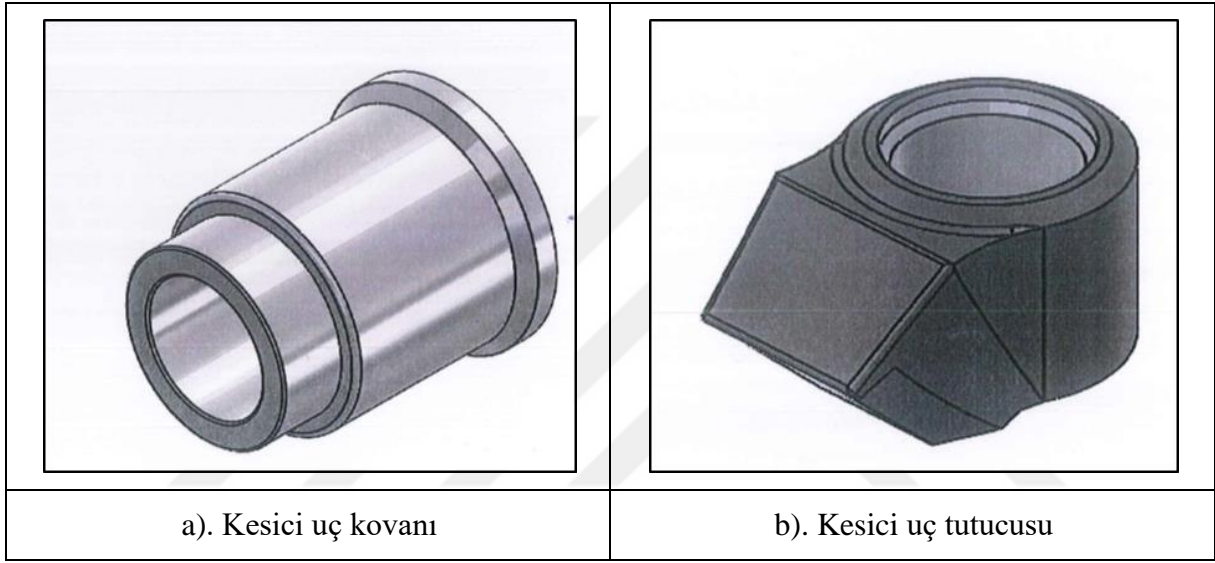
Şekil 6.22 Technong kesici uç ve aşınma şekilleri.

Sunrise keskiler, DH R60T model galeri açma makinesinde kullanılan 42CrMo₄ metal alaşımlı olup, tungsten karbür genişliği 19 mm, uzunluğu ise 25 mm'dir. Sunrise keskilerin teknik çizim ve aşınma şekilleri Şekil 6.23'de gösterilmiştir.

<p>a) Sunrise keski teknik çizim (oluksuz)</p>	<p>b) Sunrise kesici uç</p>	<p>c) Sunrise keski aşınması</p>
<p>d) Tungsten karbür kırılması</p>	<p>e) Sunrise keski aşınması</p>	<p>f) Tungsten karbür kırılması</p>

Şekil 6.23 Sunrise kesici uç ve aşınma şekilleri.

DH R60T model galeri açma makinesi performans değerlendirmesinde çeşitli markalarda keskiiler denenmiştir. Galeri açma makinesinde konik keskiiler kullanılmıştır. Galeri açma kazı sırasında 4 farklı keskii denenmiştir. Bu uçların seçiminde keski ölçülerinin uç yuvasına hatasız oturması en önemli faktörlerden biridir. En az 0,1 mm ölçü fazlalığı veya azlığı satın alınacak keskiilerin fiyatlarında ve kesici kafaya vereceği randıman açısından çok önemlidir. Kesici uç yuvasına uygun olmayan ölçülerdeki keskiiler kazı sırasında dönmez ve kesici uç yuvasına zarar vererek uç yuvası kırılmalarına neden olur. Bu sebepten ötürü kesici kafa yuvasına seçilecek olan uç için Şekil 6.24’de ki şekillere göre kesici uç seçilmiştir.



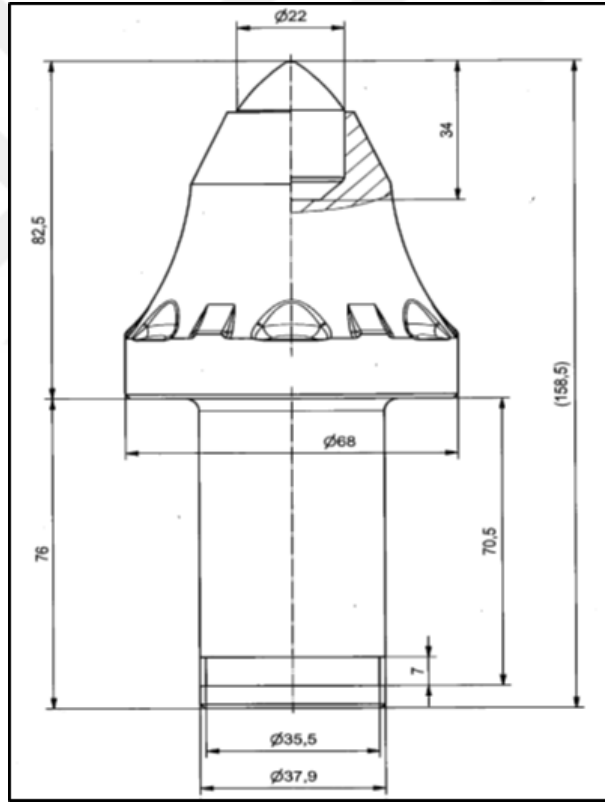
Şekil 6.24 DH R60T model KGAM kesici uç kovanı ve tutucusu.

Şekil 6.24’de görüldüğü gibi kesici uç kovanı ve tutucuları kesici uçların arında kazı yapabilmeleri için gerekli olan malzemedir. Kesici uç kovanı kesici uç tutucuya sıkı geçme olarak monte edilir. Kesici uçlar kesici uç kovanı içerisinde dönerek arında kazı yapmaktadırlar. Kesici uç tutucuların kesici kafa üzerindeki dizilimleri çok önemlidir. En ufak bir tasarım hatası kesici uç tutucuların kırılmasına, kazının verimsiz olmasına, kesici uçların asimetrik aşınmasına ve tungsten karbür uçların kırılmasına neden olmaktadır. DH R60T model kollu galeri açma makinesinde sağ ve sol kesici kafa tamburunda 3 helis ve 14 adet kesici uç tutucu olmakla birlikte sağ ve sol tamburda toplamda 84 adet kesici uç tutucu bulunmaktadır. Kesici uç tutucuların her biri özel açılarla ve doğrultularda yerleştirilerek kesici uç tutucular kesici kafaya gaz altı kaynağı ile monte edilmektedir. Kesici uç tutucuları kesici kafaya kaynak yapmak için kesici kafa şablonu kullanılmaktadır.

6.2.3.2 DH R75T Kollu Galeri Açma Makinesinde Kullanılan Keski

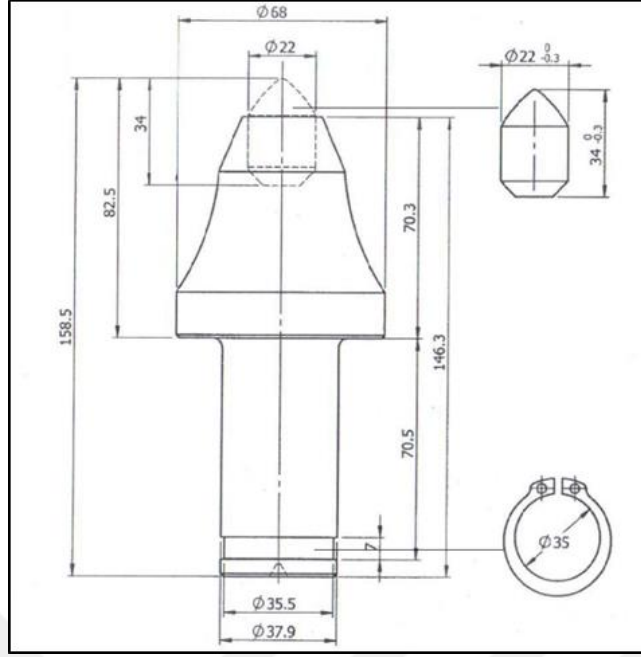
Amasra B bölgesinde toplamda iki adet DH R75T model kollu galeri açma makinesi ile kazı yapılmıştır. Bu galeri açma makinelerinde Betek, Technong, Sunrise, AM105 Sandvik, CST ve China Coal olmak üzere 6 farklı marka konik keski denemeleri yapılmıştır. Bu keski teknik çizimleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Betek keski, DH R75T model kollu galeri açma makinesinde kullanılan 34MnCrB₄+Ti alaşıma sahip olmakla birlikte tungsten karbür genişliği 22 mm, uzunluğu ise 34 mm'dir. Betek marka keskinin teknik çizimi Şekil 6.25'de gösterilmiştir.



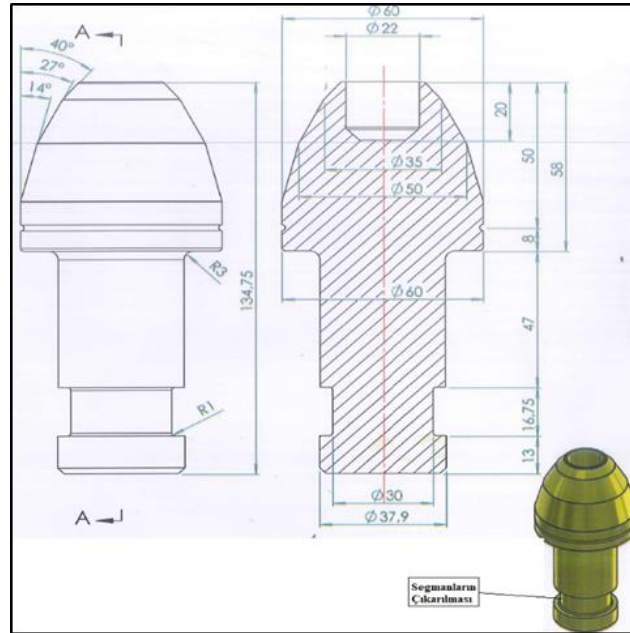
Şekil 6.25 DH R75T Betek keski teknik çizimi.

Sunrise keski, DH R75T kollu galeri açma makinesinde kullanılan 42CrMo₄ metal alaşımına sahip olmakla birlikte tungsten karbür genişliği 22 mm, uzunluğu ise 34 mm'dir. Sunrise keski teknik çizimi Şekil 6.26'da gösterilmiştir.



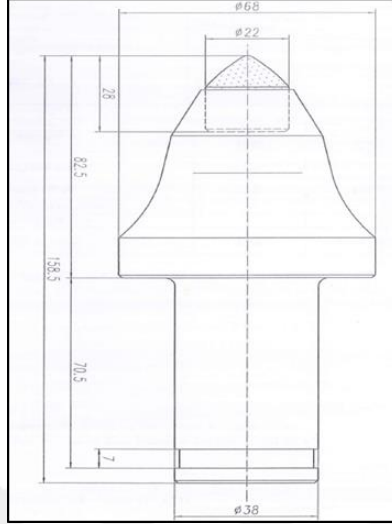
Şekil 6.26 DH R75T Sunrise keski teknik çizim.

AM105 Sandvik keski, DH R75T model makinede keski sadece segmanları sökölerek kesici uç yuvasına oturtulmuştur. Bu keski metal alaşımı 34MnCrB₄+Ti olmakla birlikte tungsten karbür genişliği 22 mm, tungsten karbür uzunluğu ise 28 mm'dir. AM105 Sandvik keskiye ait teknik çizim Şekil 6.27'de gösterilmiştir.



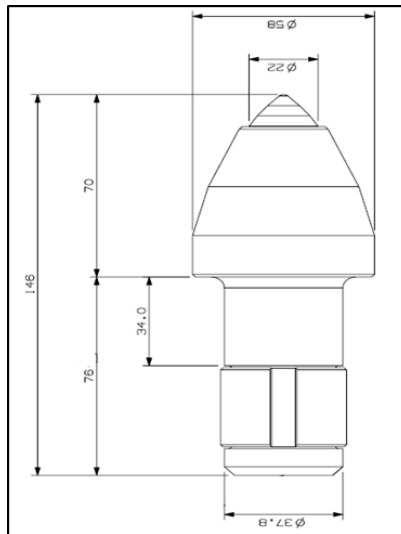
Şekil 6.27 AM105 Sandvik keski teknik çizim.

Technong keskiler, DH R75T model kollu galeri açma makinesinde kullanılan $42CrMo_4$ metal alaşımına sahip olmakla birlikte tungsten karbür genişliği 22 mm, uzunluğu ise 28 mm'dir. Technong keskinin teknik çizimi Şekil 6.28'de gösterilmiştir.



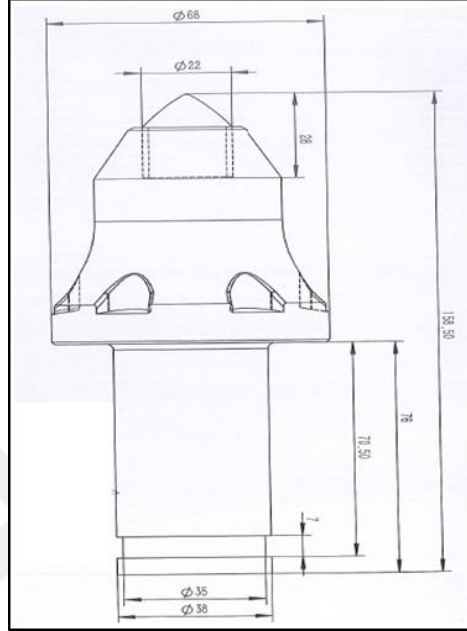
Şekil 6.28 DH R75T Technong keski teknik çizimi.

AM105 Sandvik CST keskiler, DH R75T model galeri açma makinesinde segmanları sökülerek kullanılan $34MnCrB_4+Ti$ metal alaşımına sahip olmakla birlikte tungsten karbür genişliği 22 mm, uzunluğu ise 28 mm'dir. AM105 Sandvik CST keski teknik çizimi Şekil 6.29'da verilmiştir.



Şekil 6.29 AM105 Sandvik CST keski teknik çizim.

China coal keski, DH R75T kollu galeri açma makinesinde kullanılan $42CrMo_4$ alaşıma sahip olmakla birlikte tungsten karbür genişliği 22 mm, uzunluğu ise 28 mm'dir. China coal keski teknik çizimi Şekil 6.30'da gösterilmiştir.



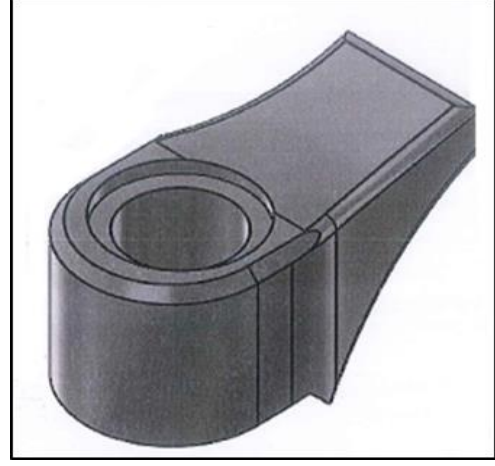
Şekil 6.30 DH R75T China Coal keski teknik çizimi.

DH R75T model galeri açma makinesi performans değerlendirmesinde DH R60T ile aynı markalarda keski kullanılmıştır. Galeri ilerlemesi sırasında 6 farklı keski denenmiştir. DH R75T model galeri açma makinesinin kesici uç tutucusu ve uç kovanı ölçü açısından DH R60T model galeri açma makinesinden farklıdır.

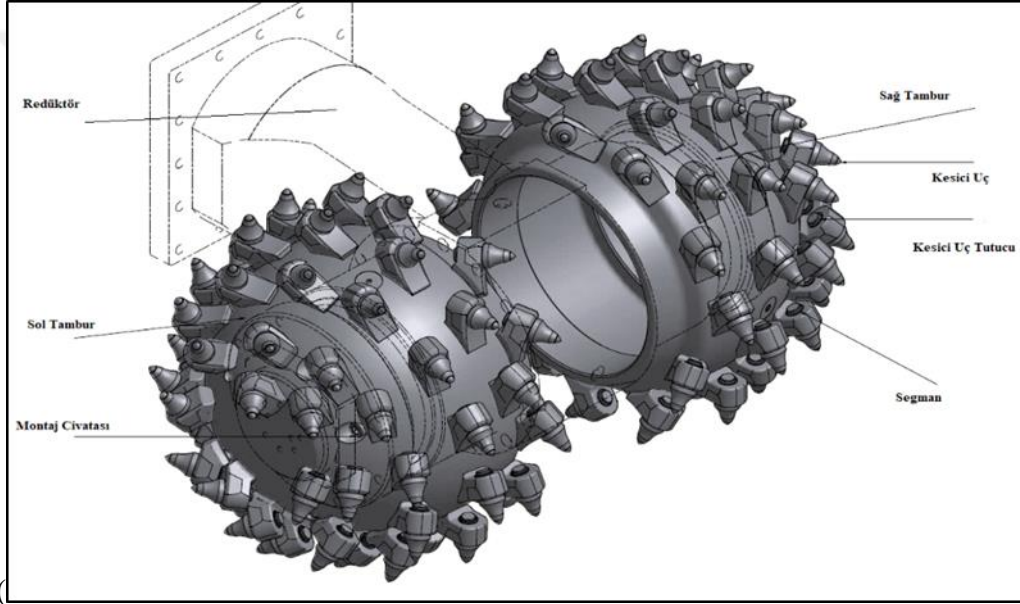
Kesici uç kovanları, uç tutuculara sıkı geçme olarak monte edilmektedir. Sıkı geçme olarak monte edilmeyen uç kovanları zamanla kazı sırasında kesici uç tutucudan ayrılarak düşmektedir. Kesici uç kovanlarının içerisinde dönerak kazı yapan keski zamanla kesici uç kovanını aşındırarak kesici uç kovanlarının iç çapı genişleme göstermektedir. Bu gibi durumlarda kesici uç kovanları sökölerek yerine yeni bir kesici uç kovanı monte edilebilmektedir. Kesici uç kovanı sıkı geçme işlemleri için özel çektrime aletleri kullanılarak, kesici uç tutucuya kesici uç kovanı sıkı geçme olarak montaj yapılmaktadır. Şekil 6.31'de kesici uç tutucu, kovan ve kesici kafa teknik çizimleri gösterilmiştir.



a) Kesici uç kovanı



b) Kesici uç tutucu



c) DH R75T kesici kafa tamburları ve keski dizilimleri.

Şekil 6.31 DH R75T kesici uç tutucu ve kesici kafa teknik çizimleri.

6.3 AMASRA BÖLGESİNDE DAHA ÖNCE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Amasra bölgesi kömürleri ve yan kayaçlarının mekanik özellikleri ve kesilebilirlikleri ile ilgili daha önce çalışmalar yapılmıştır. Bilgin vd. (1988) Amasra bölgesindeki kömür damarlarını mekanik dayanımları açısından sınıflandırma yapmıştır.

Çalışma sonucunda kömür numunelerine Schmidt çekici, Darbe dayanımı, konik delici ve basınç dayanımı deneyleri yapılarak yerinde dayanım ve parça dayanımlarının ayrı ayrı ele alınması gerekliliği vurgulanmıştır. Çizelge 6.5'te belirtilmiştir (Bilgin vd. 1988, Ersoy 2016).

Çizelge 6.5 Amasra bölgesindeki damarların mekanik dayanımlarının sınıflandırılması (Bilgin vd. 1988, Ersoy'dan 2016).

Damar	Yerinde Dayanım		Parça Dayanımı	
	Schmidt Çekici	Sınıf	Schmidt Çekici	Sınıf
Tavan Damar	45	Çok Sert	73	Çok Sert
Alt Kurudere	45	Çok Sert	62	Sert
Taşlı Damar	42	Çok Sert	69	Sert
Kalın Damar	41	Çok Sert	72	Çok Sert
Çınarlı	32	Sert	75	Çok Sert

Bu çalışmaya ek olarak Bilgin vd (2010) tarafından Amasra bölgesinde -236 kotunda Tavan damarda, -135 katında Taşlı damarda Schmidt çekici ile yerinde deneyler yapılmış, sırasıyla $47\pm 8,1$ MPa ve $43\pm 7,0$ MPa basınç dayanımı bulunmuştur (Ersoy 2016).

Kömür yan kayaçları üzerinde yapılmış çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalarda ocağın 11 farklı bölgesinde incelemeler yapılmış ve numuneler alınarak değerlendirilmiştir (Çizelge 6.6).

Çizelge 6.6 Kömür yan kayaçları üzerinde yapılan deney sonuçları (Ersoy 2016).

Ölçüm Yeri	Basınç Dayanımı (MPa)	Kayaç Türü
+ 100 A5 Batı Rekubu	84,6	Sert Kumtaşı
+ 100 B5 Doğu Rekubu	50	Kumtaşı
+ 40 A5 Sondaj Yeri	85,2	Sert Kumtaşı
61120 Kuzey Lağımı	90	Sert Kumtaşı
+ 100 Batı Rekubu	48	Çamurtaşı
+ 40 Batı Rekubu	53	Konglomera
+ 40 Batı Rekubu	53	Kumtaşı
4 Doğu Rekubu	45,9	Kumtaşı
4 Doğu Rekubu	39,4	Şist
-30/61103 Sağ Tb (Tavan Damar)	24,8	Şist
- 30/1103 Sağ Tb (Kalın Damar)	34,9	Şist
0/61183 T.Sol Tb.	47,2	Şist
+ 100 Kavşak	47,7	Kumtaşı

Bilgin vd. (2010) tarafından belirtildiği üzere bölgedeki tavan ve taban kayaçlarının basınç dayanımı 70-100 MPa değerleri arasında değişmektedir. Bu çalışmalardan yola çıkarak Amasra bölgesindeki kömür yan kayaçlarının da, özellikle kumtaşı kayaçlarının basınç dayanımlarının yüksek olduğu söylenebilir (Ersoy 2016). Çizelge 6.7 ve 6.8’de ise Sandvik firmasının yapmış olduğu kayaçların mekanik değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 6.7 Kayaçların tek eksenli basınç dayanımı (Sandvik 2016).

Kayaç Türü	En Düşük Değer	En Yüksek Değer	Ortalama değer
Kumlu Şist	35,5	77,61	54,2
Kumlu Şist	58,97	87,46	73,22
Kumlu Şist	71,79	110,78	89,74
Kumlu Şist	51,72	66,27	59
Şistli Kumtaşı	20,21	135,41	98,91
Şistli Kumtaşı	96	125,61	110,89
Kumtaşı	48,35	104,82	76,78
Kumlu Şist	53,85	88,97	74,09
Konglomera	68,22	90,05	79,18
Arenitik Kumtaşı	31,27	31,27	31,27
Kumtaşı	84,48	156,08	122,69
Kumtaşı	92,4	111,94	99,13

Çizelge 6.8 Brazilian çekme dayanımı sonuçları (Sandvik 2016).

Kayaç Türü	En Düşük Değer	En Yüksek Değer	Ortalama değer
Kumlu Şist	5,28	7,81	6,34
Kumlu Şist	4,1	8,02	6,37
Kumlu Şist	8,03	13,53	10,5
Kumlu Şist	4,05	7,42	6,00
Şistli Kumtaşı	3,3	10,45	7,47
Şistli Kumtaşı	3,11	7,17	5,13
Kumtaşı	6,64	13,27	9,39
Kumlu Şist	6,69	7,69	7,19
Konglomera	2,47	6,16	3,99
Arenitik Kumtaşı	0,62	2,78	1,85
Kumtaşı	8,07	13,13	11,57
Kumtaşı	8,47	9,41	8,92
Kumtaşı	1,61	3,17	2,55

Çizelge 6.9 ve Çizelge 6.10’da sırasıyla taşkömürü havzasından alınan örneklerin çeşitli araştırmacılar tarafından değerlendirilmesi ve Sandvik firmasına ait değerler verilmiştir.

Çizelge 6.9 Taşkömürü havzasında çeşitli bölgelerden alınan örneklerin Cerchar aşınma indeksi değerleri (Ersoy 2016).

Kayaç Türü	Bölge	CAI	Referans
Orta taneli kumtaşı	TTK Kozlu -560	3,95	Yaralı 2010
Kumtaşı	TTK Kozlu	3,4	Yaralı 2010
İnce taneli siltaşı	TTK Kozlu	1,55	Yaralı 2010
Kumtaşı	TTK Üzülmöz	2,1 (5 değer in ort)	Yaralı 2005
İnce taneli siltaşı	TTK Üzülmöz	1,1 (4 Değer in ort)	Yaralı 2005
İnce taneli kumtaşı	TTK Karadon	2,8 (5 değer in ort)	Yaralı 2005
İnce taneli kumtaşı	TTK Kozlu	2,3 (5 değer in ort)	Yaralı 2005
İnce taneli siltaşı	TTK Amasra - A	0,8 (2 değer in ort)	Yaralı 2005
İnce taneli kumtaşı	TTK Amasra - B	3,1 (4 değer in ort)	Bilgin 2013
İnce taneli siltaşı	TTK Amasra - B	1,4 (4 değer in ort)	Bilgin 2013

Çizelge 6.10 Amasra taşkömürü bölgesi Cerchar aşınma indeksi değerleri (Sandvik 2016).

Kayaç Türü	En Düşük Değer	En Yüksek Değer	Ortalama değer
Kumlu Şist	0,63	0,97	0,82
Kumlu Şist	0,71	1,27	1,05
Kumlu Şist	0,39	0,68	0,53
Kumlu Şist	0,19	0,59	0,37
Şistli Kumtaşı	0,88	1,88	1,49
Şistli Kumtaşı	0,42	0,58	0,51
Kumtaşı	1,41	1,87	1,58
Kumlu Şist	0,2	0,59	0,4
Konglomera	1,88	2,86	2,57
Arenitik Kumtaşı	0,56	1,09	0,8
Kumtaşı	1,64	3,47	2,63
Kumtaşı	1,54	2,34	1,97
Kumtaşı	2,54	3,56	2,98

Amasra bölgesi için önceki yıllarda yapılmış çalışmalara ek olarak, Hattat Enerji ve Maden Ticaret A.Ş.'nin çalıştığı sahayı temsilen kömür ve yan kayaç blok numuneleri alınmış ve İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kazı ve Mekanizasyon Laboratuvarları'nda bazı kesilebilirlik, fiziksel ve mekanik özellik deneyleri yapılmıştır. Deneyler küçük boyutlu doğrusal kesme, tek eksenli basınç dayanımı, statik elastisite modülü, dolaylı (Brazilyan) çekme dayanımı, Cerchar aşınma indeksi ve nokta yük deneylerini kapsamaktadır (Ersoy 2016).

Tek eksenli basınç dayanımı ile statik elastisite modülü deney sonuçları Çizelge 6.11'de ve çekme dayanımı ile Cerchar aşınma deney sonuçları ise Çizelge 6.12'de verilmiştir.

Bu sonuçlara göre tek eksenli basınç dayanımı 22,5 MPa ile 88,5 MPa arasında, statik elastisite modülü 6,03 ile 19,16 MPa arasında, Brazilian dolaylı çekme dayanımı 0,5 MPa ile 3,49 MPa arasında ve CAI değeri ise 1,5 – 2,3 arasında değişmektedir.

Çizelge 6.11 Tek eksenli basınç dayanımı ve statik elastisite modülü (Ersoy 2016).

Numune	Yoğunluk (g/cm ³)	UCS (MPa)	Statik Elastisite (GPa)
Silttaşı	2,56	31,2	9,43
Silttaşı	2,55	88,1	19,16
Silttaşı	2,52	27,5	7,4
Silttaşı	2,79	22,5	6,03
Kumtaşı	2,47	23,2	9,43
Kumtaşı	2,49	37,7	7,89
Kumtaşı	2,48	48,7	8,93
Kumtaşı	2,47	37,3	6,34

Çizelge 6.12 Brazilian dolaylı çekme dayanımı ve CAI değerleri (Ersoy 2016).

Numune	BTS (MPa)	CAI
Silttaşı	3,03	1,60
Silttaşı	0,50	1,70
Silttaşı	1,77	1,50
Kumtaşı	2,69	1,80
Kumtaşı	2,41	2,00
Kumtaşı	2,52	1,80
Kumtaşı	3,11	2,30
Kumtaşı	3,45	1,80
Kumtaşı	3,49	2,00

Nokta yük dayanımı deney sonuçları ise aşağıda Çizelge 6.13' de verilmiştir. Deneylerde yüklemeyi takiben numune yüksekliklerinin aynı kaldığı kabul edilmiştir. Nokta yük dayanımı deneylerinde yükleme kuvveti tabakalanma düzlemine dik olarak uygulanmıştır.

Çizelge 6.13 Nokta yükü dayanımı değerleri (Ersoy 2016).

Numune	Nokta Yük İndeksi (MPa)	Düzeltilmiş Nokta Yük İndeksi (MPa)	Dönüştürülmüş Basınç Dayanımı (MPa)
Kömür	0,22	0,22	5,3
Kömür	0,17	0,20	4,8
Kömür	0,18	0,22	5,2
Kömür	0,16	0,18	4,3
Kömür	0,14	0,17	4

Spesifik enerji, birim hacimdeki kayayı kesmek için harcanan enerji olarak tanımlanır ve mekanize kazı sistemlerinin performanslarını hesaplamak, kıyaslamak ve optimum kesme geometrisini belirlemek için kullanılan en önemli parametrelerden biridir (Çizelge 6.14). (Ersoy 2016).

Çizelge 6.14 Küçük boyutlu doğrusal kesme deneyi sonuçları (Ersoy 2016).

Numuneler	Yoğunluk (g/cm ³)	Kesme derinliği (mm)	Spesifik enerji (MJ/m ³)	Ort. Spesifik enerji (MJ/m ³)	Ort. Spesifik enerji (kWh/m ³)
Kumtaşı (Karot)	2,48	4	19,85	16,19	4,5
		4	13,86		
		4	26,35		
Kumtaşı (Blok)	2,48	5	24,74	20,65	5,74
		5	25,22		
		5	14,31		
Kömür (Blok)	1,20	5	18,32	7,49	2,08
		3	9,72		
		3	7,91		
		5	7,99		
		5	7,8		
Silttaşı (Karot)	2,6	5	3,23	6,34	1,76
		7	3,03		
		7	3,73		
Silttaşı (Blok)	2,6	5	28,28	22,2	6,17
		3	12,39		
		5	35,43		
Silttaşı (Blok)	2,6	5	14,25	16,96	4,71
		5	16,58		
		5	18,02		
		5	16,97		

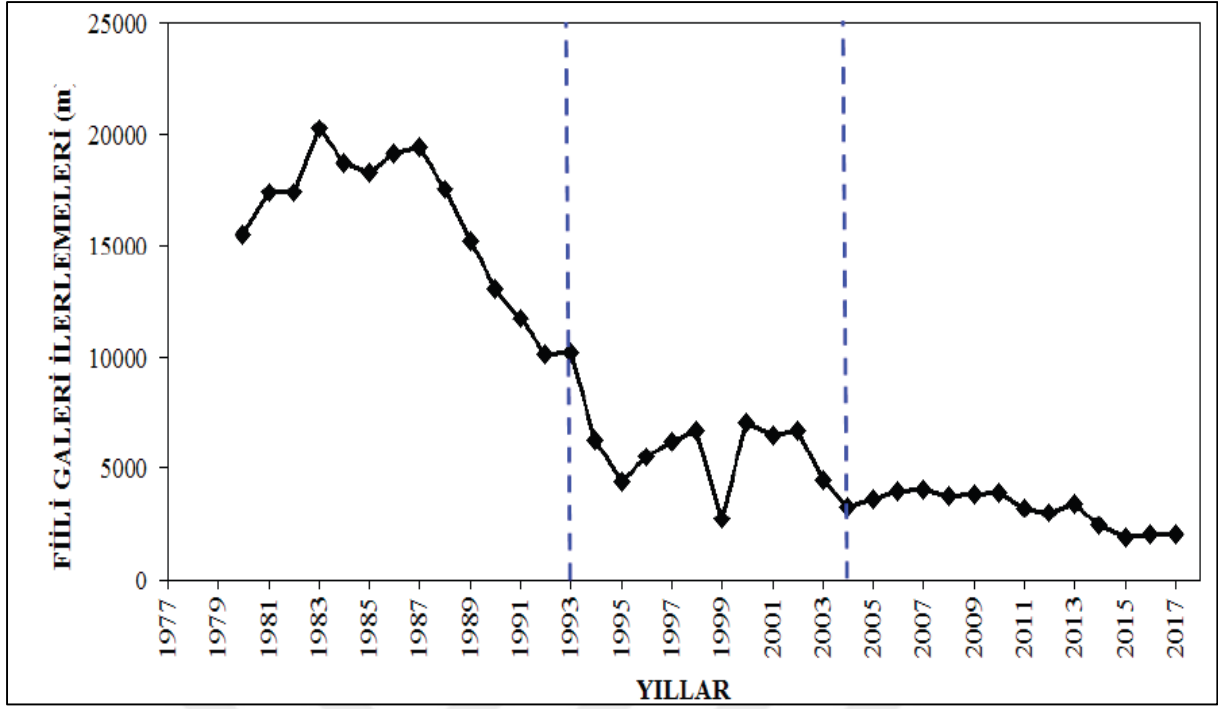
Laboratuvarda yapılmış fiziksel, mekanik deneyler ve küçük boyutlu doğrusal kesme deneyleri sonucunda performans tahmininde bulunmak üzere Çizelge 6.15 'de verilen ortalama formasyon özellik kabulleri alınmıştır.

Çizelge 6.15 Performans tahmininde kullanılan ortalama formasyon özellikleri (Ersoy 2016).

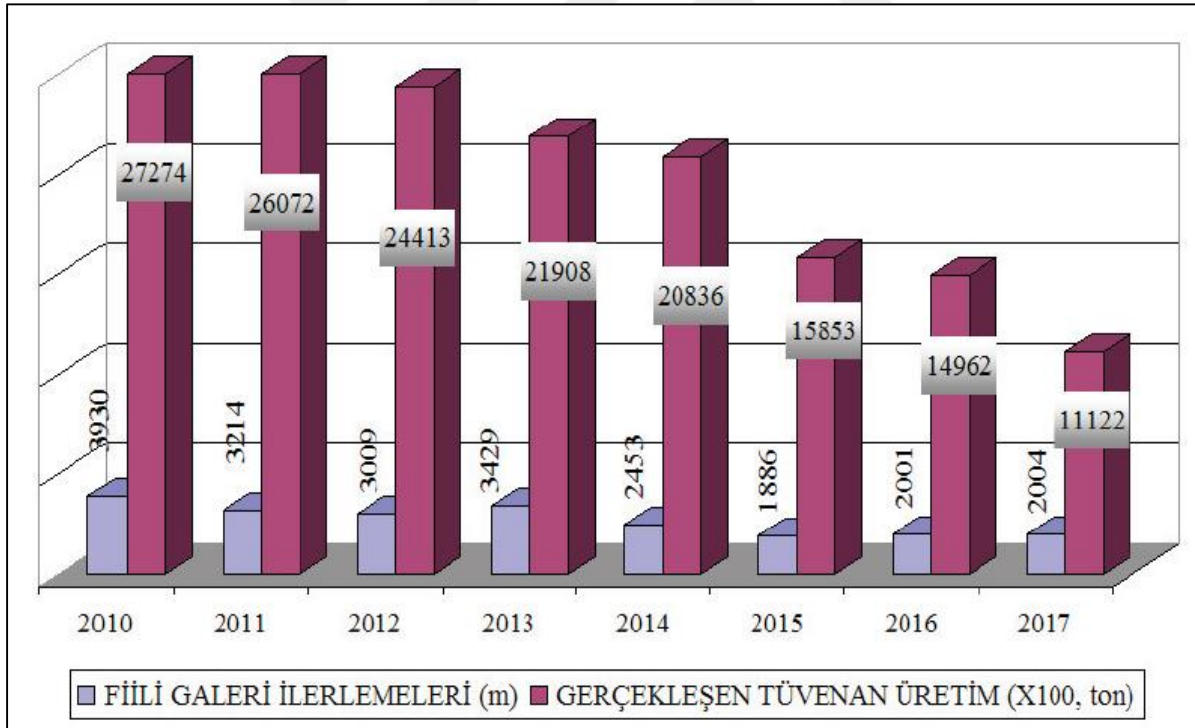
Numuneler	Ort. Spesifik Enerji (MJ/m ³)	Ort. Spesifik Enerji (kWh/m ³)	UCS (MPa)	BTS (MPa)	Ort. CAI	Statik Elastisite (GPa)
Kumtaşı (Karot)	16,19	4,5	42,9	3,3	2,1	7,64
Kumtaşı (Blok)	20,65	5,74	37,7	2,4	2	7,89
	7,49	2,08				
Kömür (Blok)	6,34	1,76	4,7	0,8	0,5	-
	2,53	0,7				
Silttaşı (Karot)	22,2	6,17	59,7	3,8	1,5	14,3
Silttaşı (Blok)	16,96	4,71	25	1,6	1,6	6,72

Performans tahminlerinde kullanılan bu ortalama değerlerin yanı sıra, RQD değeri tüm formasyonlar için %80 kabul edilmiştir. RQD değeri azaldıkça formasyon kazısının kolaylaşacağı göz önüne alınırsa masif formasyonlar için geliştirilen performans tahmin yöntemlerinden elde edilecek sonuçların yerinde kazı şartları için bir alt limit oluşturacağı söylenebilir (Ersoy 2016).

Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK), 1970-80'li yıllara kadar delme-patlatma yöntemiyle taş içinde yılda 15-20 km ve damar içinde 40-50 km hazırlık çalışmaları yürütürken, bu rakamlar 1993 yılından sonra azalmaya başlamış, 2014 yılından itibaren yaklaşık 2 km'ye kadar düşmüştür (Şekil 6.32). Hazırlık galerileri ilerlemelerinin düşmesine paralel olarak tüvenan kömür üretiminde azalmıştır (Şekil 6.33). Bu durum hazırlıkların zamanında yetişmemesine yol açmış ve yer yer üretim zorlamaları yaratmıştır. Tabi ki, bunda ocakların giderek derinleşmesi ve yaygınlaşmasının yanında kalifiye hazırlık işçilerinin sayısının azalmasının da önemli bir etkisi olduğunu belirtmek yerinde olur (Akçın vd. 2009, Yaralı vd. 2018).



Şekil 6.32 TTK'da galeri ilerlemeleri (Yaralı vd. 2018).



Şekil 6.33 TTK'da 2010-2017 yılları arasında fiili galeri ilerlemeleri ve gerçekleşen tüvenan üretim (Yaralı vd. 2018).

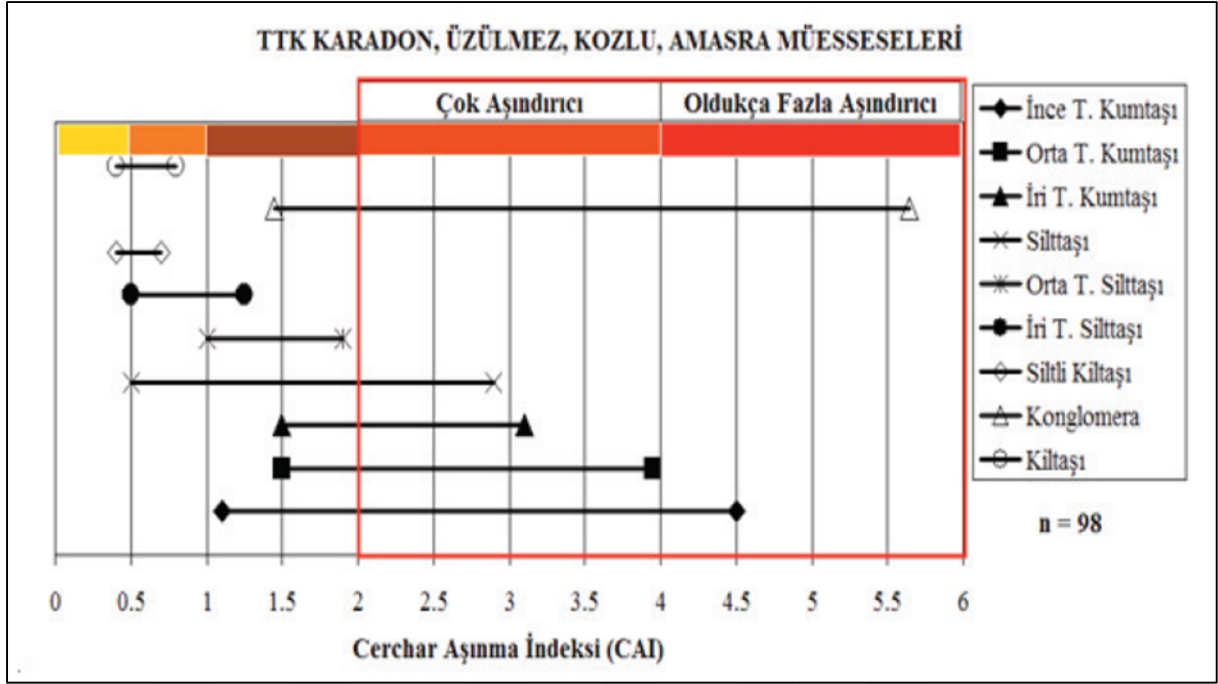
Yaralı (2008), Bilgin vd. (2010) ve Ersoy vd. (2016) tarafından havzada kollu galeri açma makinasının kullanılabilirliği konusunda yaptıkları çalışmalara göre uygun makina seçilmesi

durumunda yüksek ilerlemeler elde edilecek şekilde uygulanabilirliğini ortaya koymuştur. Bu çalışmalarda havza kömür çevre kayaçlarının kazısında güçlü (200 kW'ın üzerinde) ve ağır tip kollu galeri açma makinalarının kullanılabileceğini ifade edilmiştir. Ancak, aşındırıcılığa bağlı olan keski tüketiminin yüksek olacağı tespit edilmiştir. Buna en güzel olarak Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş'nin halen Amasra'da sürdürdüğü galerilerde 1 adet R60T, 2 adet R75T ve 1 adet Am105 kollu galeri açma makinası kullanılmaktadır. Sürülen formasyonlar ağırlıklı olarak kıltaşı ve silttaşının yanı sıra yer yer kumtaşı ve konglomera olmasına rağmen günlük ilerlemeler ortalama 4-5 m/gün civarındadır (Yaralı vd. 2018).

Zonguldak Havzası kömür çevre kayaçları üzerinde yapılan çalışmalar sonucu elde edilen dayanım ve aşınma sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre galeri ilerlemelerinde KGAM kullanılması yönünde öneriler sunulması amaçlanmıştır (Yaralı vd. 2018).

Karadon, Üzülmez ve Kozlu Müesseselerine ait kömür çevre kayaçlarının tek eksenli basınç dayanımlarının 60 ile 150 MPa arasında, silttaşlarının ise 30 ile 80 MPa arasında değiştiği görülmektedir. Bilgin ve Shariar (1988) tarafından yapılmış çalışmalarda şist, kumtaşı, konglomera ve çamurtaşından oluşan numunelerin basınç dayanımlarının 24 ile 90 MPa arasında değiştiği saptanmıştır. Bir başka çalışmada ise tavan ve taban basınçlarının 70 – 100 MPa değerleri arasında değiştiği belirtilmiştir. (Bilgin vd. 2010, Yaralı vd. 2018).

Yaralı vd. (2018), TTK Üzülmez, Karadon ve Kozlu Müesseselerine ait 98 adet kömür çevre kayacı için farklı çalışmalardan elde edilen CAI değerleri ile CERCHAR (1986)'ya göre aşındırıcılık sınıflaması Şekil 6.34'te gösterilmiştir. Şekil 6.34 incelendiğinde silttaşlarının aşındırıcı – çok aşındırıcı sınıfında, kumtaşlarının ise çok aşındırıcı sınıfında yer aldığı görülmektedir. Amasra Bölgesi kayaçları için Cerchar aşındırıcılık indeks değerlerinin 0,8 – 3,1 arasında olduğu saptanmıştır. Yaralı (2004), Yaralı ve Akçın (2005), Yaralı vd. (2008a), Yaralı vd. (2008b) ve Yaralı vd. (2014) yaptıkları petrografik analizlere göre silttaşları içinde kuvars oranlarının %30 ile %70, kumtaşları içinde kuvars oranının ise %40 ile %85 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Buna göre bazı kömür çevre kayaçlarının (silttaşı-kıltaşı) dayanımlarının orta dayanım sınıfında olmasına rağmen içindeki kuvars oranının fazla olması durumu söz konusudur.



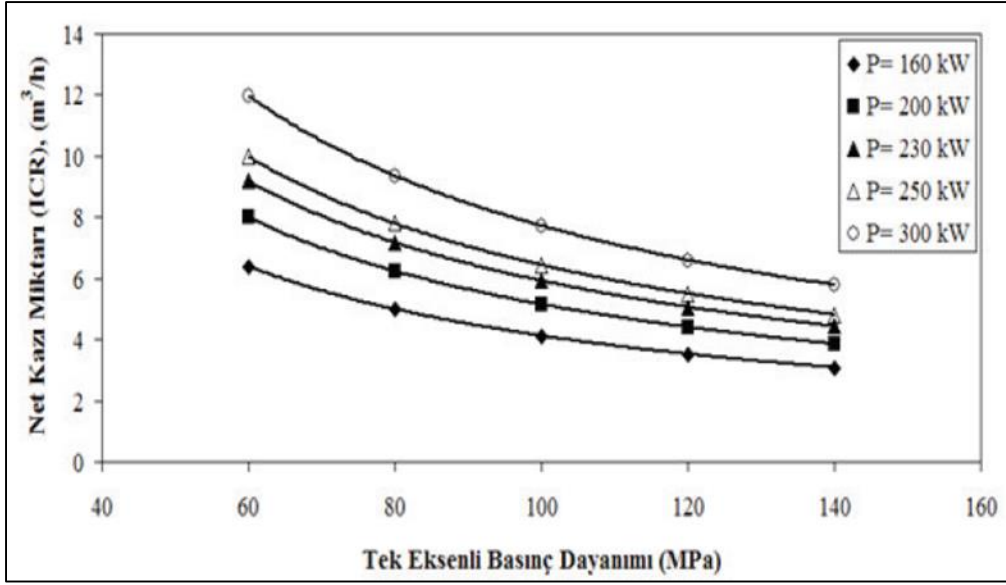
Şekil 6.34 Karadon, Üzülmöz, Kozlu ve Amasra Müesseselerine ait kömür çevre kayaçlarının CAI değerleri ile aşındırıcılık sınıflamaları (Yaralı vd. 2018).

Bilgin vd. (2006), 22 farklı kayaç örneği üzerinde yapılan tam boyutlu kesme deneyleri sonucunda kayacın tek eksenli basınç dayanımı ile spesifik enerji arasındaki ilişkiyi ($R^2=0,7599$) veren görgül bir bağıntı geliştirmişlerdir (Eşitlik 6.1).

$$SE_{opt.}=0,0826\sigma_c+1.424 \quad (6.1)$$

Burada, $SE_{opt.}$ =Optimum spesifik enerji (kWh/m^3), σ_c = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa) olarak belirtilmektedir.

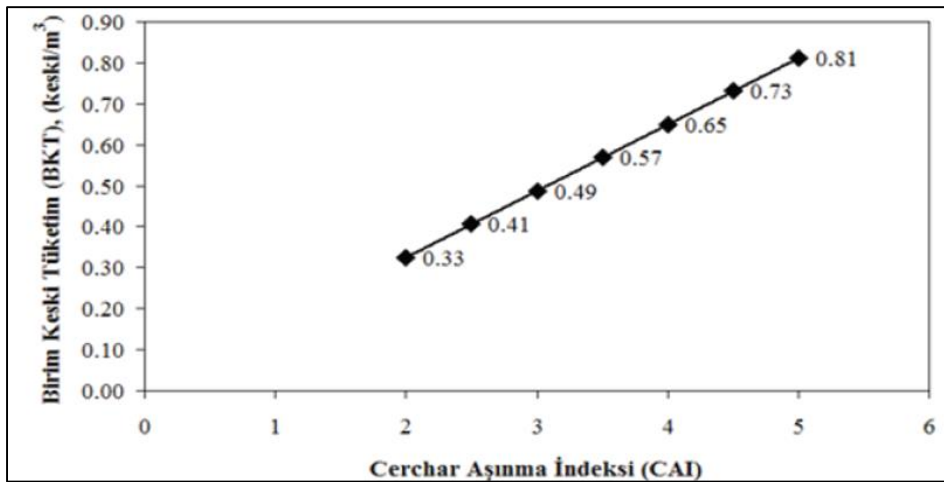
Zonguldak Havzası kömür çevre kayaçlarının tek eksenli basınç dayanımlarının 60 MPa ile 140 MPa arasında değişmektedir. Eşitlik 6.1 ve Eşitlik 5.1 kullanılarak tek eksenli basınç dayanımı ile farklı kesme güçlerinde kollu galeri açma makinası kullanılması durumuna göre net kazı miktarı tahmin nomogramı Şekil 6.35'te gösterilmiştir. (Enerji transfer katsayısı ortalama olarak 0,5 alınmıştır).



Şekil 6.35 Kollu galeri açma makinaları için tek eksenli basınç dayanımı ve kesici kafa gücüne bağlı olarak net kazı miktarı tahmin diyagramı (Yaralı vd. 2018).

Kollu galeri açma makinalarından yararlanma oranı %20 ile %40 arasında değişiklik göstermektedir. Bu açıklama ışığı altında KGAM yapılacak galeri ilerlemelerinde en iyi ihtimalle $12 \text{ m}^3/\text{h}$, en kötü durumda ise $6 \text{ m}^3/\text{h}$ kazı yapabileceklerdir (Yaralı vd. 2018).

Kayaçların kazılabilirliklerinin hakkında daha kesin bir yargıya varabilmek için keski tüketimlerinin de tahmin edilmesi gerekmektedir. Konik ve radyal tip keski için keski tüketim tahmini (Eşitlik 5.5) hesaplanabilir. Buna göre CAI'da ki değişime bağlı olarak KGAM'lar ile yapılacak galeri ilerlemelerinde $0,33$ ile $0,81$ adet/ m^3 'lük keski tüketimi olacağı (Şekil 6.36) tahmin edilmektedir (Yaralı vd.2018).



Şekil 6.36 CAI'ya bağlı olarak keski tüketim tahmini (Yaralı vd. 2018)

BÖLÜM 7

LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Amasra bölgesinde galeri içerisinde çeşitli metrajlardan alınan kayaç örneklerinin petrografik analizleri yapılarak kuvars ve feldspatlı (aşındırıcı) mineral içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca, Cerchar aşınma indeksi deneyleri de yapılarak keski tüketimi ve kuvars içeriği ile ilişkilendirilmiştir. Son olarak galeri açma makinesinde kullanılan kesici uçların Eren Enerji laboratuvarında portatif XRF elementel cihazı kullanılarak analizleri yapılmış ve metal içeriklerinin yüzdesi belirlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler arazi çalışmaları sonuçları ile birlikte değerlendirilmiş ve korelasyonlar yapılarak çeşitli ilişkiler araştırılmıştır. Bunun yanında araştırmacıların önceki yıllarda yaptığı çalışmalarla kıyaslamalar yapılmıştır.

7.1 PETROGRAFIK ANALİZLER

Amasra taşkömürü bölgesinde galeri açma makineleri ile kazı yaparken 100 m aralıklarla araziden numune alınmıştır. Bu numunelerin petrografik analizleri yapılarak içerisindeki aşındırıcı mineral oranları ve ortalama tane boyutları belirlenmiştir. Çünkü kayaçların aşındırıcılığında eşdeğer kuvars içeriği, aşındırıcı mineral içeriği, tane dağılımı, tane boyutu, çimentolanma derecesi, aşındırıcı mineral boyutu, sertlik, kayaç dokusu ve yuvarlaklık gibi parametreler kesici uçların aşınmasına etki etmektedir.

Amasra bölgesinde nefeslik ve ana galerilerde makineyle kazı sırasında 100 m aralıklar ile 9 adet blok numune alınmıştır (Çizelge 7.1). Numunelerden kibrit kutusu büyüklüğünde küçük parçalar kesilerek İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği İncekesit Laboratuvarı'nda mineralojik ve petrografik inceleme amacıyla ince kesitleri hazırlanmıştır. Sonrasında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında ince kesitleri hazırlanan örneklerin LEICA DM710 polarizan petrografik mikroskopta mineralojik inceleme ve petrografik tanımlamaları yapılmıştır.

Çizelge 7.1 Galerilerde numune alınan lokasyonlar.

Kod	Galeri	Metraj (m)	Kayaç
K1	1612	0 - 100	Şeyl
K2	1612	100 - 200	İnce Taneli Silttaşı
K3	1612	200 - 300	Kumtaşı
K4	1612	300 - 400	İri Taneli Kumtaşı
K5	1612	400 - 500	Kumtaşı
K6	1631 Üst Taban Yolu	50 - 80	Orta Taneli Kumtaşı
K7	1631 Üst Taban Yolu	80 - 160	İnce Taneli Silttaşı
K8	1631 Üst Taban Yolu	160 - 260	Kumtaşı
K9	3704 Galerisi	1850	İnce Taneli Kumtaşı

• **Seyl (killi-silttaşı) (K1)**

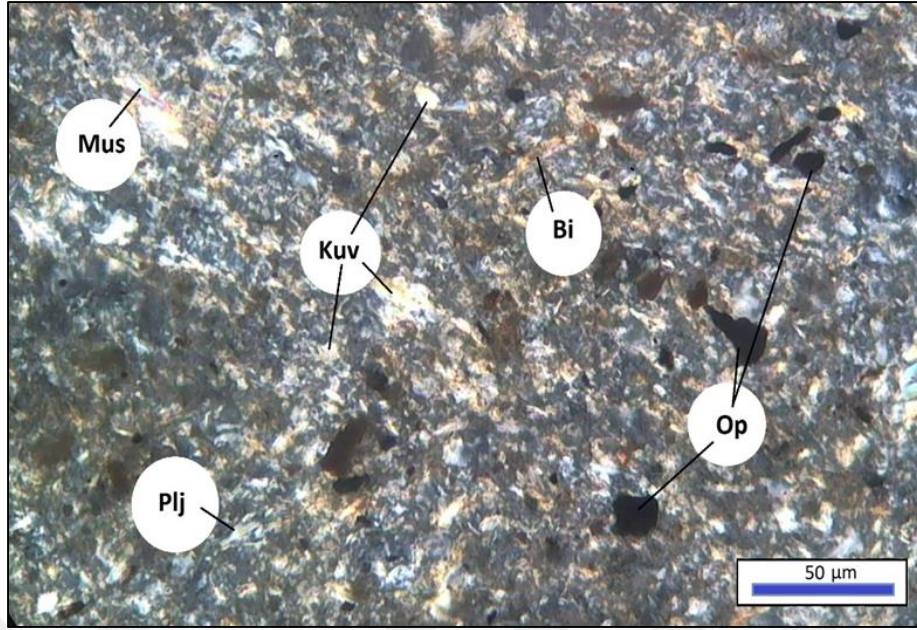
Doku; Çok ince taneli killi hamur içerisinde dağılım sunan ince silt boyutunda (0,02-0,035 mm) taneler (kuvars, mika, feldispat) gözlenmiştir. Hamur ve tane oranı dikkate alındığında tane oranı; %50-60 dır. Silisli bir çimento egemendir (Şekil 7.1).

Kuvars; 0,015-0,030 mm, (%30-35) öz şekilsiz, ayırık parçacıklı tanecikler şeklinde, öz şekilsiz, yarı yuvarlak tanelerde dissemine dağılım mevcut.

Mika (Biyotit); 0,030-0,036 mm %20-25, yarı öz şekilli, yarı köşeli taneler şeklinde. (%20-25)

Killi hamur; tane Boyu <0,004 mm'dir. (Kil boyutu) hamuru oluşturan taneler silis bileşenli olup, mineralojik olarak; kuvars, mika, feldispat ve az oranda hematit-limonit (demir oksit) minerallerinden oluşmaktadır. Killi hamur oranı: %35-40'dır.

Opak Mineral; tane boyutu 0,07- 0,108 mm (manyetit, hematit, pirit) (%10)'dur.



Şekil 7.1 Feldispatlı litikarenit özelliğinde kaba taneli kumtaşı kayaç örneğinin mikroskop altındaki mineralojik bileşenleri.

- **İnce Taneli Silttaşı (K2)**

Doku: İnce taneli öz şekilsiz kuvars, mika (Biyotot), feldispat (Plajioklaz-albit-ortoklaz) ve opak mineraller kırıntılı (detritik) doku altında laminalı (ince tabakalı-yönlü) bir dağılım şeklinde izlenmiştir. Laminalı-kırıntılı /detritik doku hakimdir. Doku; silisli, tane oranı %70-75'tir (Şekil 7.2).

Mineralojik Bileşim;

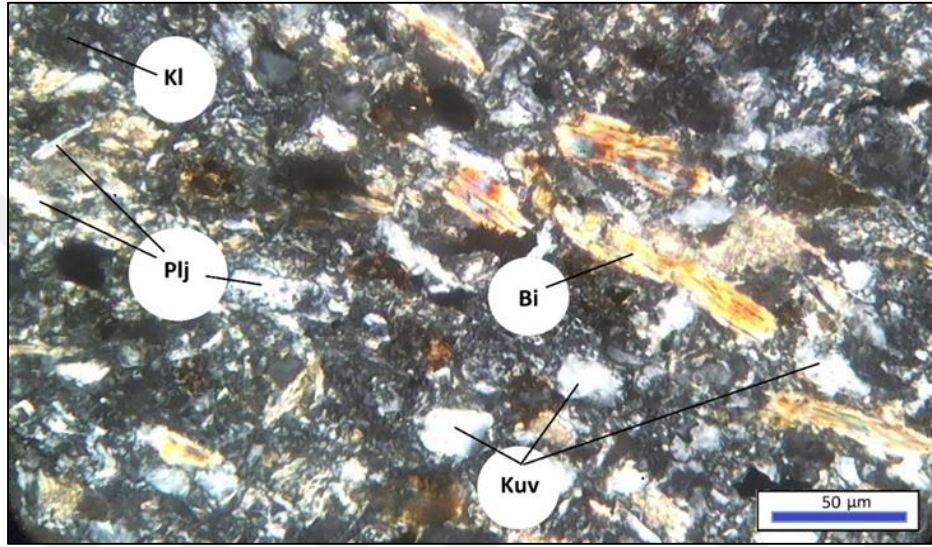
Kuvars (Kuv): Köşeli, yarı köşeli, öz şekilsiz kuvars taneleri şeklindedirler. Tane boyutu 0,125-0,30mm (%40); 0,025-0,05mm (%10)'dur.

Feldispat; (Albit; Plj ve ortoklaz), (%8); yarı öz şekilli, yarı köşeli kristal tanelerinden oluşmaktadır. Tane boyutu 0,05-0,08 mm (%5), 0,025-0,035 mm (%3)'dür.

Biyotit (Bi); Kısmen kloritleşmiş ve opaklaşmış, yarı öz şekilli, yarı köşeli, çoğunlukla yönlü (laminalı) dizilime uyumlu kristal taneleri şeklindedir. Tane boyutu 0,125-0,25 mm, (%25)'tir.

Serisit; Feldispatlar üzerinde ayrışma sonucu gelişen mika türüdür. %5-8 oranında, tane boyutu 0,01-0,05 mm (%5-8) şeklindedir.

Opak Mineral (Op); (Manyetit-Pirit) (%5-7); kübik öz şekilli ve yarı köşeli, dissemine taneler şeklinde laminalanmaya uyumlu dizilmiş tanecikler şeklinde izlenmiştir. Tane boyutu 0,020-0,05 mm (%5), 0,125-0,25 mm (%2) şeklindedir.



Şekil 7.2 İnce taneli silttaşı mikroskop altındaki mineralojik bileşenleri.

- **Feldspathic Litharenitic Sandstone (K3)**

Doku: Kırıntılı doku emen olup (Detritik) dokuda yarı köşeli –köşeli kuvars, feldispat ve mika mineralleri silisli bir hamurda laminalı (çok ince tabakalı) şekilde dağılım sunmaktadır. Tane oranı ortalaması %50 olarak belirlenmiştir. Tanelerde boylanma derecesi “kötü” dür (Şekil7.3).

Mineralojik Bileşim:

Kuvars (Kuv): Yarı köşeli, köşeli (%50) – Öz şekilsiz teneler şeklinde

Tane Boyu (tb- oranı): 0,25mm (%40) - 0,05 mm (% 10)

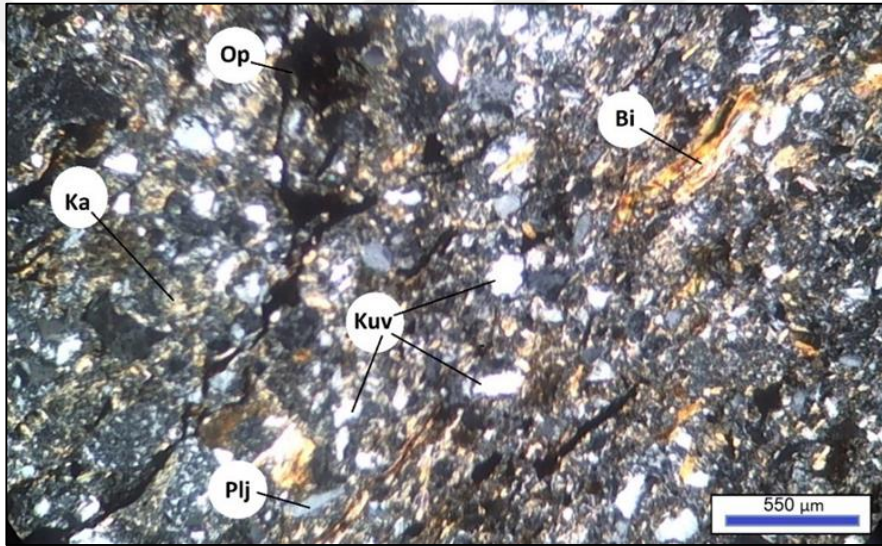
Feldispat (Plj): Yarı köşeli (%15) - yarı öz şekilli taneler şeklinde 0,025 mm (% 10) 0,05 mm (%5)

Mika: (Biyotit Bi; Kloritleşmiş) (%10) Yarı köşeli; Yarı öz şekilli 0,035 mm (%5) 0,005 mm (%5)

Opak Mineral (Op): (%5) - (Manyetit + Pirit); Yarı köşeli – köşeli, yarı öz şekilli 0.45-0.5 mm (%3) 0,08-0,1 mm (%2)

Kalsit /Aragonit (Ka): Yarı öz şekilli, yarı yuvarlak taneli, (%5) 0,25-0,35 mm, (%5)

Litik kaya parçası: Öz şekilsiz, köşeli, yarı köşeli. Magmatik (Volkanik) ve Metamorfik kayaç parçaları; (%15).



Şekil 7.3 Feldspatlı litikarenitik kumtaşı kayaç örneğinin mikroskop altındaki minerolojik bileşenleri.

- **Feldspatlı litikarenit özelliğinde kaba taneli kumtaşı (K4)**

Doku: Kırıntılı – kataklastik (tektonit) doku egemen olup, dokuda öz şekilsiz, kırıklanmış ve tane boyu ufalmış kuvars, alkali feldispat (ortoklaz, mikroklin), mika (biyotit), magmatik ve metamorfik kaya parçaları (litik parçalar) silisli hamur içinde dağılım sunmaktadırlar (Şekil 7.4).

Mineralojik Bileşim:

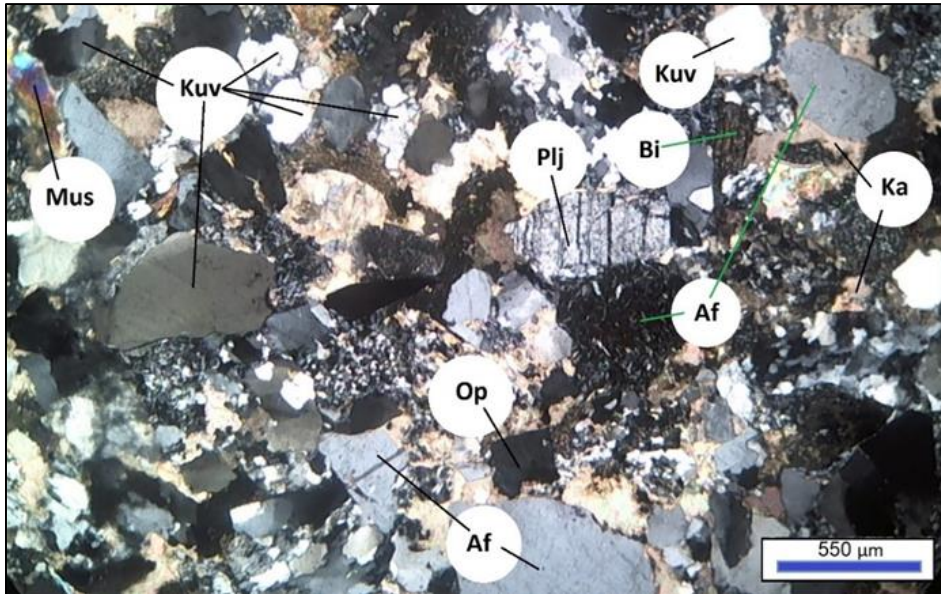
Kuvars (Ku): %50; Öz şekilsiz, yarı köşeli, dalgalı sönümlü, kataklastik deforme parçacıklar şeklindedirler. 0,75-1,2 mm (%20), 0,25-0,35 mm (%20), 0,05-0,20 mm (%10)

Feldispat; (Ortoklaz/%10 + Albit/%5 + Mikroclin/%5); Toplam: %15; ortoklaz; 0,25-0,5 mm (%10),

Albit; 0,25 mm (%5) Mikroclin 0,25 mm (%5) Öz şekilsiz, yarı öz şekilli, köşeli, yarı köşeli taneler şeklinde. Magmatik-Metamorfik Kaya kırıntıları (Litik kaya parçaları); %10 0,25-0,8 mm %10; mika; (Biyotit- kloritleşmiş) ; 0,1-0,5 mm (%10); yarı öz şekilli, yarı köşeli.

Opak Mineral; 0,2-0,3 mm (%5) /Manyetit/Kubik ve köşeli taneler şeklinde. Glokonit: %2-3 tane boyu: 0,08-0,1 mm öz şekilsiz.

Kalsit; %10, tane boyu: 0,35-0,70 mm yarı yuvarlak taneler şeklinde. Kayaçta tane oranı; %75 oranında. Doku; silisli-kırıntılı kataklastik (tektonit) doku egemen, çimento; silis.



Şekil 7.4 Feldispatlı litikarenit özelliğinde kaba taneli kumtaşı.

- **Litik parçacıklı kumtaşı (K5)**

Doku: Kırıntılı- detritik dokulu, yarıköşeli-köşeli feldispat, litik kaya parçacıkları, yarı köşeli biyotit gelişigüzel dağılım sunmaktadırlar (Şekil 7.5).

Mineralojik Bileşim:

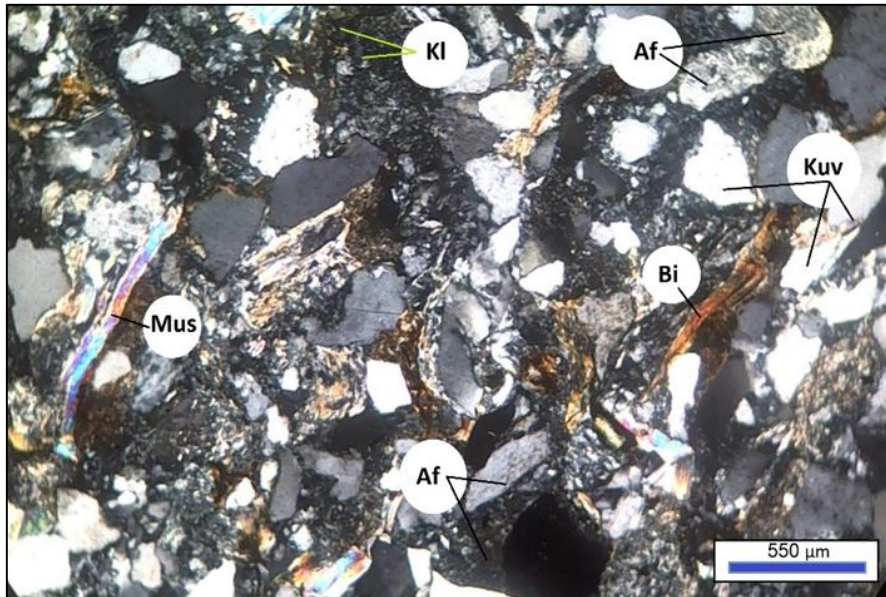
Kuvars: %50; öz şekilsiz, yarı yuvarlatılmış, yarı köşeli taneli, tane boyu-oran; 0,05-0,02 mm (%10), 0,30-0,20 mm (%40)

Feldispat: %15, ortoklaz ve albit türü egemendir. Tane boyu-oranı; 0.025-0.035 mm (%15) 0,05-0,08 mm (%5)

Mika; (Biyotit; Kloritleşmiş) (%10) yarı köşeli; yarı öz şekilli 0,025-0,04 mm (%5) 0,25-0,35 mm (%5), opak mineral (%5) (Manyetit); yarı öz şekilli-kübik, keskin köşeli taneler şeklinde; dissemine dağılımlı. 0,25 mm (%3) 0,05 mm (%2)

Litik kaya parçaları; (%7), öz şekilsiz, tane boyu 0,25-0,3 mm, genelde volkanik ve metamorfik kaya kırıntılarından oluşmaktadır.

Kalsit- Aragonit; (%5-8); B: 0,25-0,35 mm (%5-8); yarı öz şekilli, yarı yuvarlak taneli.



Şekil 7.5 Litik parçacıklı kumtaşı kayaç örneğinin mikroskop altındaki mineralojik bileşimi.

- **Orta taneli feldispatlı litikarenitik “kumtaşı” (K6)**

Doku: Kırıntılı-detritik doku altında öz şekilsiz-yarı öz şekilli kuvars, feldispat, mika ve opak mineraller dağılım sunmaktadırlar. Hamur; silislidir. Silisli doku, tane oranı; %70-75’dir (Şekil 7.6).

Mineralojik Bileşim:

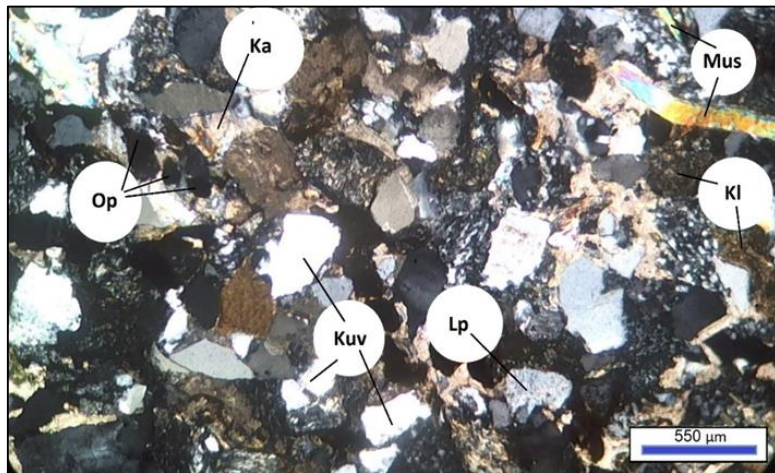
Kuvars; Tane boyu 0,15-0,25 mm (%30) 0,025-0,05 mm (%20) özşekilsiz, kırıklanmış taneler şeklinde, yarı köşeli tane şekline sahipler.

Mika (Muskovit): Tane boyutu 0,08-0,12 mm (%2) lifi, yarı özşekilli kristaller şeklindedir. Tane boyutu 0,01-0,3 mm (%8)’dir.

Klorit; Kloritleşmiş biyotitler şeklindedirler (%10). Tane boyutu 0,3-0,4 mm (%5); 0,025-0,04 mm (%5)’dir.

Feldispat (Albit): Tane boyutu 0,12-0,25 mm (%10); yarı öz şekilli, yarı köşeli kristal taneleri şeklindedir.

Litik Kaya Parçaları (%7-8); Tane boyutu 0,125-0,25 mm’dir. Öz şekilsiz, yarı köşeli taneler şeklindedir. Opak Mineral (%2-3): Manyetit-Hematit; tane boyutu 0,007-0,015 mm’dir.



Şekil 7.6 Orta taneli feldispatlı litikarenitik kumtaşı mineralojik bileşenleri.

- **İnce taneli silttaşı (K7)**

Doku: Eş tane boylu-kırıntılı (detritik) doku altında köşeli, yarı köşeli biyotit, feldispat ve kuvars kristalleri kısmen yönelimli şekilde dizilim sunmaktadırlar (Şekil 7.7).

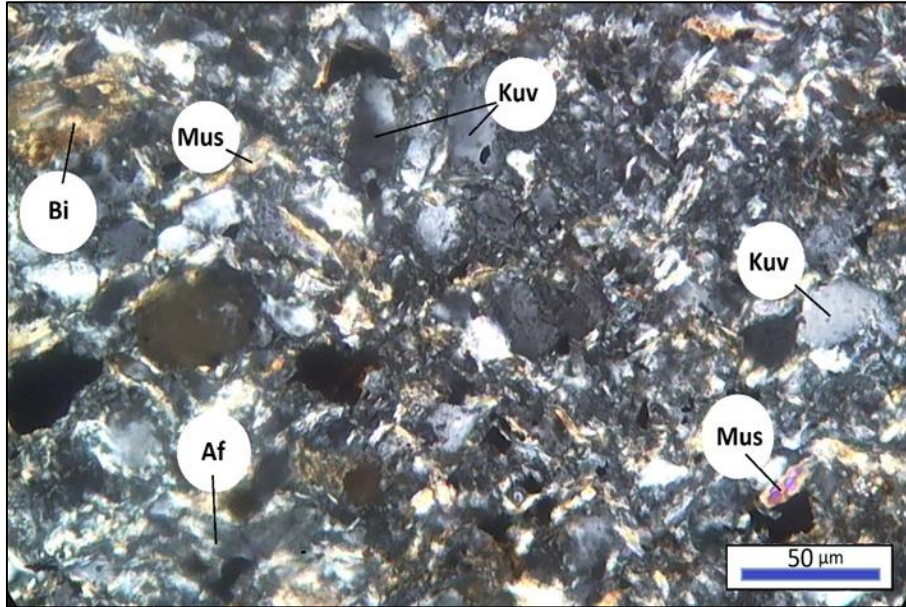
Kuvars: Yarı köşeli, köşeli (%45) –Öz şekilsiz teneler şeklinde Tane Boyu (tb- oranı): 0,025-0,05 mm (%45)

Feldispat: Yarı köşeli (%20) - yarı öz şekilli taneler şeklinde 0,025-0,035 mm. (%20)

Mika: (Biyotit; Kloritleşmiş) (%10) yarı köşeli; yarı öz şekilli 0,05 mm (%5) 0,02-0,035 mm (%5)

Opak mineral: (%5)- (Manyetit + Pirit); Yarı köşeli – köşeli, yarı öz şekilli, saçınımlı taneler şeklinde 0,020-0,03mm (%5)

Litik kaya parçası: (%10) 0,03-0,05 mm



Şekil 7.7 İnce taneli silttaşı kayaç örneğinin mikroskop altındaki mineralojik bileşenleri.

- **Feldispatlı litikarenit bileşimli kumtaşı (K8)**

Doku; kataklastik (Tektonit-kırıntılı) kırıntılı/detritik doku egemen olup, dokuda yarı köşeli,- yarı yuvarlak kuvars, yarı köşeli feldispat, litik kaya parçaları ve mika mineralleri kataklastik-kırıntılı bir doku içinde dağılım sunmaktadırlar. Dokuya ait hamur; silislidir (Şekil 7.8).

Mineralojik Bileşim;

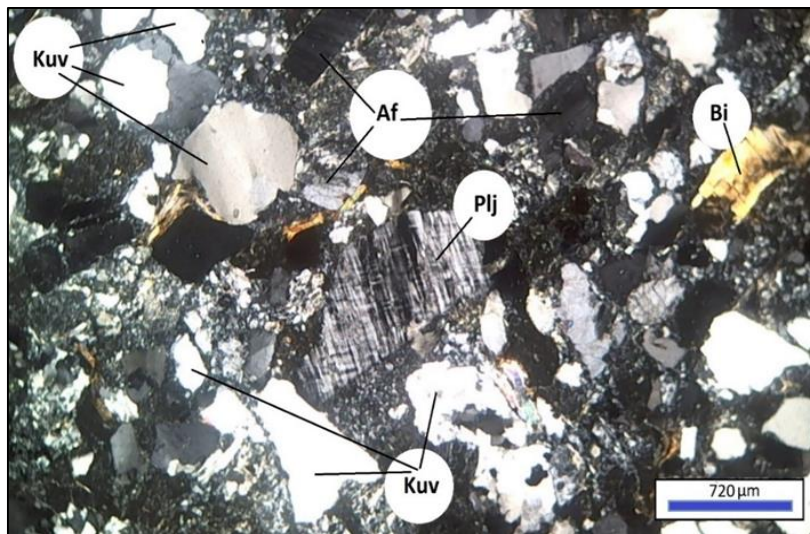
Kuvars; Tane boyutu: 0,25-0,7 mm (%30-35), 0,01-0,05 mm (%10-15)'dir.

Feldispat; (Albit - Oligoklaz, Ortoklaz) (%10) Albit - Oligoklaz, (%8-10) Ortoklaz. Toplam: (%20)' dir. Tane boyutu: 0,3-0,5 mm (%10), 0,065-0,1 mm (%10)'dur.

Litik Bileşenler; (Magmatik / volkanik ve metamorfik kaya parçası): (%14), tane boyutu: 0,25-0,4 mm (%14), köşeli - yarı köşeli, öz şekilsiz taneler şeklindedir.

Opak Mineral (Manyetit): (%2-3), tane boyutu: 0,1-0,3 mm (%2-3), yarı öz şekilli, yarı köşeli kristal taneleri şeklindedir.

Mika; (Muskovit-Biyotit) (%18), ince-uzun, lifi-yapraksı, yarı öz şekilli, yarı köşeli taneler şeklindedir.



Şekil 7.8 Feldispatlı litikarenit bileşimli kumtaşı kayaç örneğinin mineralojik bileşenleri.

İnce taneli, litikarenitik kumtaşı (K9)

Doku: Kırıntılı /detritik doku egemen olup, öz şekilsiz, yarı köşeli kuvars, yarı öz şekilli, yarı köşeli feldispat ve mika mineralleri laminalı bir dağılım sunmaktadırlar. Kayaç dokusunda laminalanma olup, hamur silisli ve demir oksitli bileşene sahiptir (Şekil 7.9).

Mineralojik Bileşim;

Kuvars; Yarı köşeli-köşeli, çevresi hematit (Fe_2O_3) ile kuşatılmış demir ve silis katkılı doku içinde ayırık, dissemine parçacıklar şeklinde dağılım sunarlar. Tane boyutu 0,075-0,125 mm (%30), 0,01-0,025 mm (%15)'dir.

Biyotit; Çoğunlukla kloritleşmiş (ayırışma sonucu) lifi, yarı öz şekilli, ufak öz şekilsiz taneler şeklindedirler, Optikçe pleokroitler ve yüksek rölyefe sahiptirler. Tane boyutu 0,025-0,125 mm (%15)'dir.

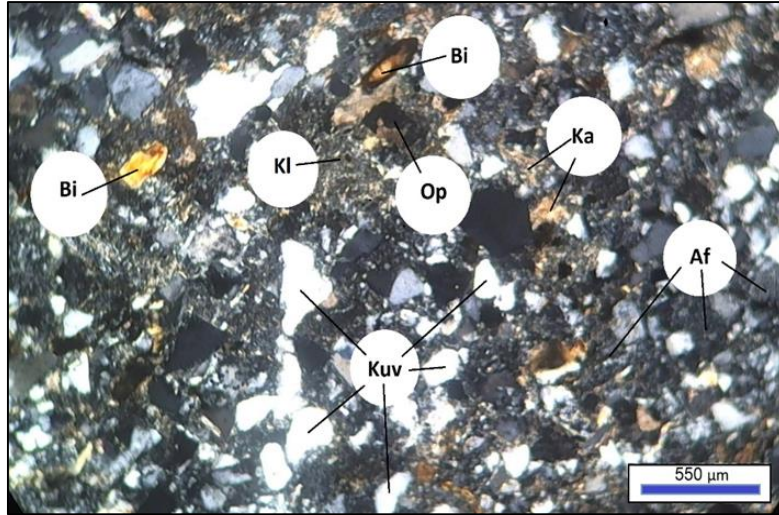
Muskovit; Çoğunlukla ince uzun lifsi- yapraksı kristaller şeklinde olup, herhangi bir bozuşma veya dönüşüm sergilemezler (taze yüzeyli) pleokroizma yoktur ve rölyefleri oldukça düşüktür. Tane boyutu 0,025-0,125 (%15)'dir.

Feldispat (Ortoklaz-Albit); (%10) yarı öz şekilli, yarı köşeli kristal taneleri şeklindedirler. Herhangi bir ayırışma- bozuşma göstermezler. Tane boyutu: 0,125-0,25 mm (%5), 0,025-0,035 mm (%5)'tir.

Litik kaya parçası: (%8), tane boyutu; 0,020-0,04 (%2), 0,125-0,25 (%6)

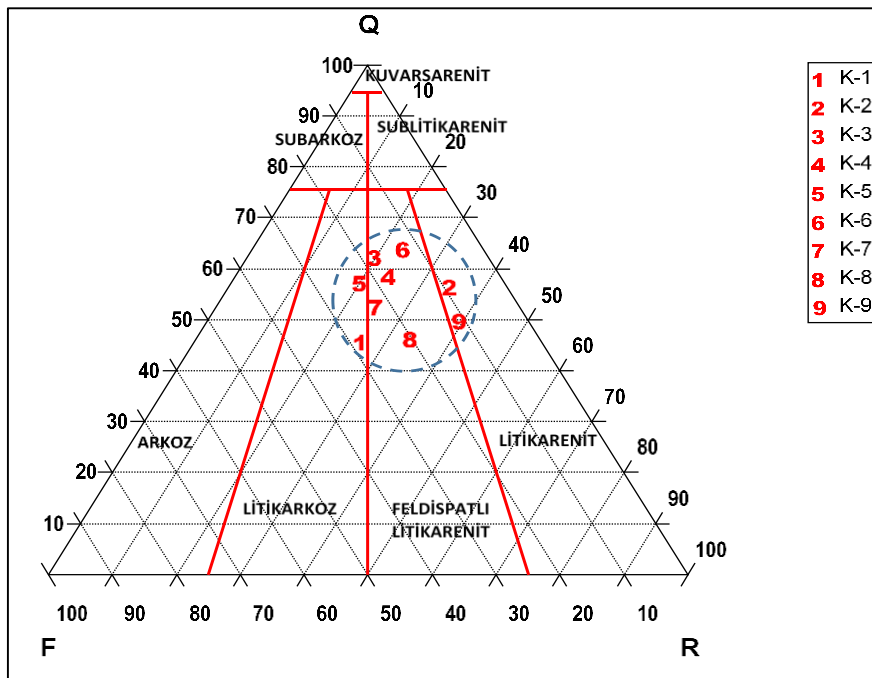
Opak Mineral (Manyetit-Hematit): (%3-5) manyetit; köşeli, yarı köşeli kristaller şeklinde ve hematit ise kuvars tanelerinin çevresinde haleler şeklindedir.

Kalsit; (%3), yarı öz şekilli, yarı yuvarlak kristal taneleri şeklinde gelişmiş güzel dağılım sunarlar. Tane boyutu 0,025-0,01 mm (%3)'dür.



Şekil 7.9 İnce taneli litikarenitik kumtaşı kayaç örneğinin mineralojik bileşenleri.

İnce kesit incelemeleri sonucunda kayaç numunelerine ait kayaç yapıcı mineral verileri Folk (1974)'e ait üçgen sınıflamasında gösterilmiştir (Şekil 7.10). Bu bağlamda Amasra bölgesinden derlenen kayaç örneklerinin kuvars içeriğinin %44-68, feldspat içeriğinin ise %30-40 arasında değiştiği izlenmektedir. Kayaç örneklerinde bulunan silis grubuna ait kayaç yapıcı minerallerden kuvars ve feldspat içeriğinin yüksek olması galeri açma makinalarının keski tüketiminde önemli bir etken olmaktadır.



Şekil 7.10 Numunelerin silis içeriğinin folk üçgeninde gösterilmesi.

7.2 EŞDEĞER KUVAR S İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

Petrografik analizlerde her bir aşındırıcı mineralin türü ve yüzde oranları belirlenmiştir. Bu oranlarından yararlanarak Rosiwal aşındırıcılık katsayısı yüzde olarak belirlenmiş ve buna göre her bir kayacın eşdeğer kuvars içeriği yüzdesi hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 7.2’de verilmiştir. Eşdeğer kuvars içeriğinin hesaplanması ile birlikte elde edilen sonuçlar arazideki keski tüketimleri ve Cerchar Aşınma İndeksi değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca kayaçların tane boyutlarında belirlenerek tane boyutunun Cerchar Aşınma İndeksi değerlerine etkisi incelenmiştir.

Çizelge 7.2 Eşdeğer kuvars içerikleri.

Kod	Aşındırıcı Mineral	Oran (%)	Rosiwal Aşındırıcılık Katsayısı (%)	Eşdeğer Kuvars İçeriği (Q _{eqv}) (%)	Ortalama Tane Boyu (d _{ort}) (mm)
K1	Kuvars	30	100	30	0,023
	Mika (Biyotit)	20	55	11	0,033
	Killi hamur	40	4	1,6	
	Opak mineral (Manyetit)	10	16	1,6	
	TOPLAM	100		44	0,03
K2	Kuvars	50	100	50	0,250
	Feldispat (Albit)	8	40	3,2	0,065
	Mika (Biyotit)	25	55	13,75	0,188
	Opak mineral (Manyetit)	7	16	1,12	
	Serisit	10	4	0,4	
	TOPLAM	100		68	0,17
K3	Kuvars	50	100	50	0,250
	Feldispat	15	32	4,8	0,025
	Mika (Biyotit)	10	55	5,5	0,035
	Opak mineral (Manyetit)	5	16	0,8	
	Kalsit	5	2	0,1	
	Litik kaya parçası	15	1	0,15	
	TOPLAM	100		61	0,10
K4	Kuvars	50	100	50	0,725
	Feldispat	20	32	6,4	0,375
	Mika (Biyotit)	10	55	5,5	0,300

Çizelge 7.2 (devam ediyor).

K4	Opak mineral (Manyetit)	7	16	1,12	
	Kalsit	10	2	0,2	
	Glokoni	3	1	0,03	
	TOPLAM	100		63	0,47
K5	Kuvars	50	100	50	0,250
	Feldspat	20	32	6,4	0,030
	Mika (Biyotit)	10	55	5,5	0,035
	Opak mineral (Manyetit)	5	16	0,8	
	Kalsit	8	2	0,16	
	Litik kaya parçası	7	1	0,07	
	TOPLAM	100		63	0,11
K6	Kuvars	50	100	50	0,108
	Feldspat (Albit)	10	40	4	0,185
	Biyotit	10	55	5,5	0,039
	Mika (Muskovit)	10	4	0,4	
	Opak mineral (Manyetit)	4	16	0,64	
	Kalsit	8	2	0,16	
	Litik kaya parçası	8	1	0,08	
	TOPLAM	100		61	0,11
K7	Kuvars	50	100	50	0,038
	Feldspat	25	32	8	0,030
	Mika (Biyotit)	10	55	5,5	0,050
	Opak mineral (Manyetit)	5	16	0,8	
	Litik kaya parçası	10	1	0,1	
	TOPLAM	100		64	0,04
K8	Kuvars	45	100	45	0,530
	Feldspat (Albit)	20	40	8	0,400
	Opak mineral (Manyetit)	3	16	0,48	
	Mika (Muskovit)	18	4	0,72	
	Litik kaya parçası	14	1	0,14	
	TOPLAM	100		54	0,47
K9	Kuvars	45	100	45	0,117
	Feldspat (Albit)	10	40	4	0,218
	Mika (Biyotit)	15	55	8,25	0,075
	Opak mineral (Manyetit)	4	16	0,64	
	Kalsit	3	2	0,06	
	Mika (Muskovit)	15	4	0,6	
	Litik kaya parçası	8	1	0,08	
	TOPLAM	100		59	0,14

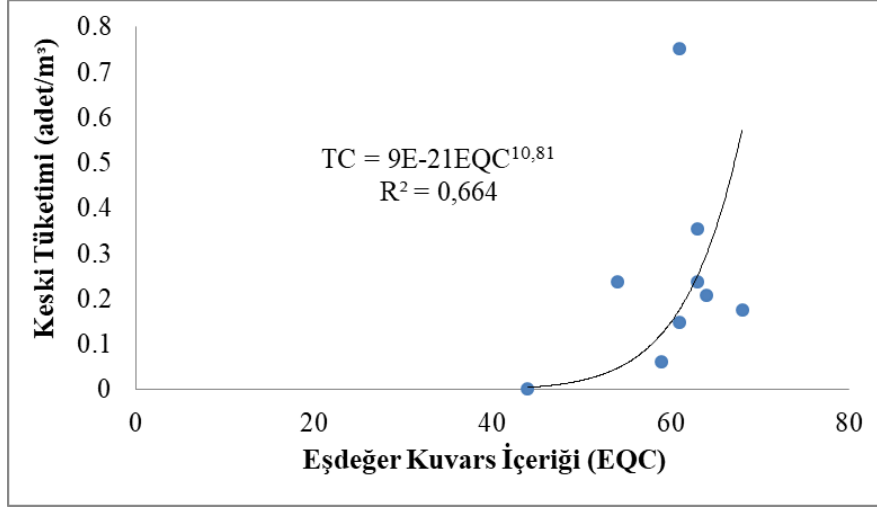
7.3 CERCHAR AŞINMA İNDEKSİ

Galeri açma makinaları kazı yaparken her 100 m’de keski tüketimleri de kayıt altına alınmıştır. Bunun yanında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mekanizasyonu ve Teknolojisi Laboratuvarında Cerchar aşınma indeksi deneyleri yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda toplanan arazide toplanan veriler ve laboratuvarında belirlenen Cerchar aşınma indeks değerleri Çizelge 7.3’de sunulmuştur.

Çizelge 7.3 Eşdeğer kuvars içeriği, tane boyutu, arazideki keski tüketimi ve CAI değerleri.

Kod	Kayaç türü	Eşdeğer kuvars içeriği (%)	Tane boyutu (mm)	Keski tüketimi (adet/m ³)	CAI
K1	Şeyl	44	0,03	0,002	0,41
K2	İnce Taneli Siltaşı	68	0,17	0,176	0,99
K3	Kumtaşı	61	0,10	0,148	1,02
K4	İri Taneli Kumtaşı	63	0,47	0,237	3,81
K5	Kumtaşı	63	0,11	0,355	1,25
K6	Orta Taneli Kumtaşı	61	0,11	0,751	0,91
K7	İnce Taneli Siltaşı	64	0,04	0,208	0,54
K8	Kumtaşı	54	0,47	0,238	3,75
K9	İnce Taneli Kumtaşı	59	0,14	0,062	0,89

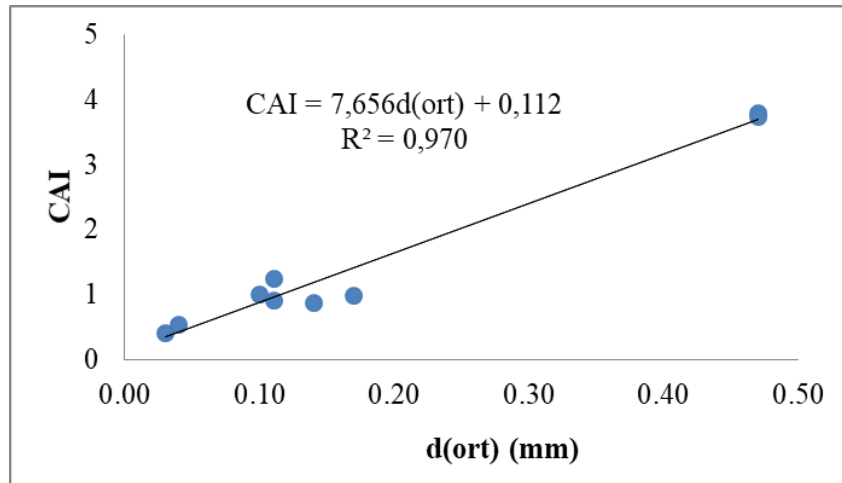
Çizelge 7.3 incelendiğinde kumtaşı örneklerinin ana galeri ve taban yollarındaki kuvars içerikleri, tane boyutları ve Cerchar Aşınma İndeksi değerleri farklılıklar göstermektedir. Değerlere bakıldığında eşdeğer kuvars içeriği en düşük değerde olan % 44 ile şeyl ve en yüksek değer olan %68 ile ince taneli siltaşı sahiptir. Bu değerler arazideki keski tüketimleri ile karşılaştırıldığında Şekil 7.11’deki gibi bir ilişki elde edilmiştir. Buna göre eşdeğer kuvars içeriği (EQC) ile keski tüketimi arasında $R=0,81$ olan bir korelasyon ortaya konmuştur.



Şekil 7.11 Eşdeğer kuvars içeriği ve arazideki keski tüketimi arasındaki ilişki.

Şekil 7.11’de görüldüğü gibi eşdeğer kuvars içeriği ve arazideki keski tüketimi arasında üstel artan bir ilişki görülmektedir. Amasra bölgesindeki kayaların silisyum içeriği %44 – % 68 arasında değişkenlik göstermektedir. Kuvars içeriği arttıkça buna bağlı olarak keski tüketimi de artış göstermiştir. K6 numaralı örneğin keski tüketiminin yüksek olması kayacın orta taneli olması, tek eksenli basınç dayanımı, RQD ve keski markasından kaynaklanmaktadır. Özellikle bu kayaç biriminde RQD değeri yüksektir. Burada ki sonuçlar kayaların eşdeğer kuvars içeriğinin keski tüketimini önemli derecede etkilediği görülmektedir.

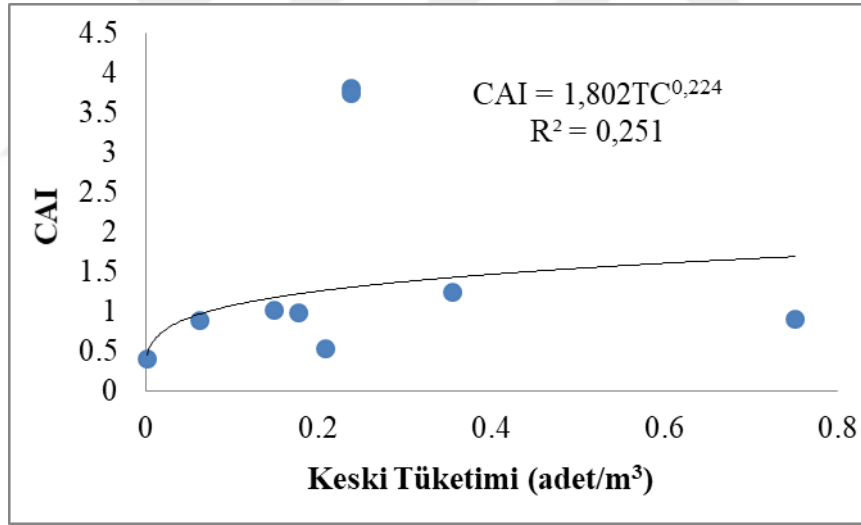
Cerchar aşınma indeksi ve ortalama tane boyutu arasındaki ilişki incelendiğinde ise Şekil 7.12’deki gibi doğrusal bir ilişki elde edilmiştir.



Şekil 7.12 CAI ve ortalama tane boyutu arasındaki ilişki.

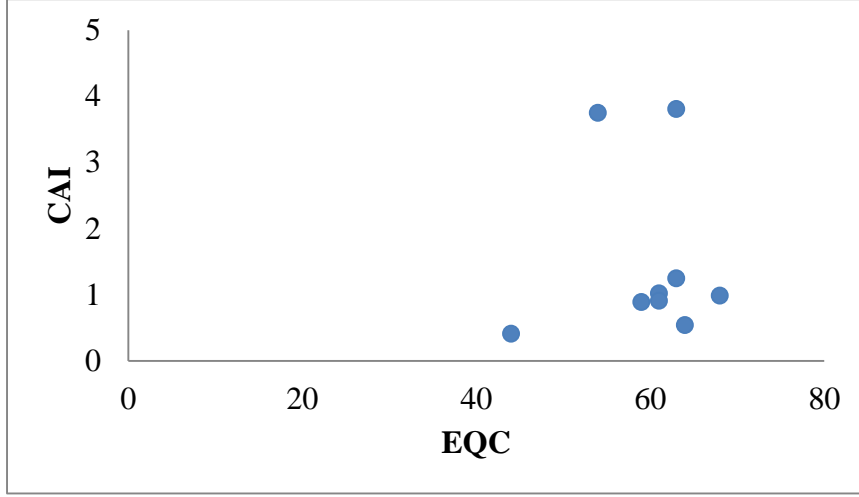
Bu şekilden CAI ve d_{ort} arasında artan bir ilişki olduğu görülmektedir. Korelasyon katsayısının $R=0,98$ olduğu göz önüne alınırsa kayaç içerisindeki tane boyutlarının CAI değerini önemli bir oranda etkilediği görülmektedir. Bu durum laboratuvar ortamında yapılan deneylerde, iri tanenin üzerinden kesilmesi veya çizilmesi durumunda keskinin daha fazla aşınacağını gösterir. Arazi koşullarında ise orta ve iri taneli kumtaşlarında genel olarak CAI değerinin yüksek çıkması bu sonucun bir göstergesidir.

Şekil 7.13’de ise CAI ve keski tüketimi arasındaki ilişki gösterilmiştir. Buna göre CAI ve keski tüketimi arasında korelasyon katsayısının düşük olduğu üssel artan bir ilişki bulunmuş olsa da, en yüksek iki CAI değeri çıkarıldığında ilişki katsayısı ($R=0,50$) yükselmektedir. Dolayısı ile CAI değerinin keski tüketiminde etkili olduğu görülmekle birlikte yapılan deneyler göstermektedir ki kayaç içerisindeki silisyum içeriğinin uçların aşınmasında Cerchar aşınma indeksi değerinden daha belirleyici olduğu görülmektedir. Çünkü CAI deneyinde sadece aşındırıcı mineraller değil, aynı zamanda tanecikler arasındaki bağ malzemesi de çizilmektedir.



Şekil 7.13 CAI ve keski tüketimi arasındaki ilişki.

Diğer taraftan CAI ve EQC arasındaki ilişki dikkate alındığında Şekil 7.14’de bu iki değer arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı görülmektedir. K4 ve K8 örneğinde CAI değerinin yüksek çıkması kayaçların ortalama tane boyutundan kaynaklanmaktadır.



Şekil 7.14 CAI ve EQC arasındaki ilişki.

EQC değeri arttıkça CAI değerinin de üssel olarak artıyor gibi görünse de $R=0,24$ gibi bir ilişki katsayısının olması CAI ve EQC değerleri arasında anlamlı ve kullanılabilir bir ilişki olmadığını göstermektedir. Anlamlı ilişkilerin kurulabilmesi için daha çok değişik kayaç türlerinde deneyler yapılması gerekmektedir. Bunun yanında daha önce çalışmalarını birçok kayaç üzerinde denenen böyle bir ilişki Plinninger ve Thuro (2004) yılında yapmış olduğu çalışma ile de (Şekil 5.23) benzerlik göstermektedir.

7.4 KESKİLERİN METALURJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Amasra bölgesinde galeri açma makineleri ile yapılan çalışmalarda DH R60T ve DH R75T galeri açma makinelerinde toplam olarak beş markanın (Betek, Sandvik, Sunrise, CST ve China Coal) ucu kullanılarak 6 farklı konik uç üzerinde denemeler yapılarak vardiyalara göre keski tüketimleri ve kazı yapılan kayaç birimleri kayıt altına alınmıştır. Bu keski DH R60T ve DH R75T galeri açma makinalarında farklı zamanlarda denenmiştir.

Kesici uçların tungsten karbit kısmı ana gövdesinden kesilerek ayrılmış ve Eren Enerji Termik Santral laboratuvarında taşınabilir XRF (x-ray fluorescence) elemental analiz test tabancası kullanılarak uç içerisindeki metal alaşımları belirlenmiştir. Buna göre tungsten karbit ve diğer elementlerin metalürjik yüzde oranları tespit edilmiştir (Çizelge 7.4).

Çizelge 7.4 Kesici uçların metalurjik özellikleri ve yüzde değerleri.

Element	BETEK (R75T)	BETEK (R60T)	SANDVIK (R75T)	SUNRISE (R75T)*	SUNRISE (R75T)**	CST (R75T)	CHINA COAL (R60T)
Co	9,38	8,25	4,11	7,3	5,79	11,31	5,52
Cu	0,09	0,35	0,13	0,11	0,08	0,61	1,51
Fe	2,03	9,96	11,07	7,33	2,32	10,15	3,65
Hf	0,27	0,28	0	0,23	0,26	0	0,14
Hg	0,37	0,29	0,34	0,35	0,4	0,26	0,32
Mg	0	0	0	0	0	0	
Ni	0,34	0,43	0,25	0,39	0,11	0,13	0,55
Pt	0,06	0,08		0,11	0,12	0	
S	0	0	0	0,4	0,87	0	
Si	0	0	0,59	0,15	0	0	1,37
W	87,2	80,18	83,51	83,57	89,76	77,24	85,5
Zn				0,06	0,18	0,31	0,57
Cd					0,1	0	
Cr	0,27						
Mn		0,18					
Al							0,88
TOPLAM	100	100	100	100	100	100	100

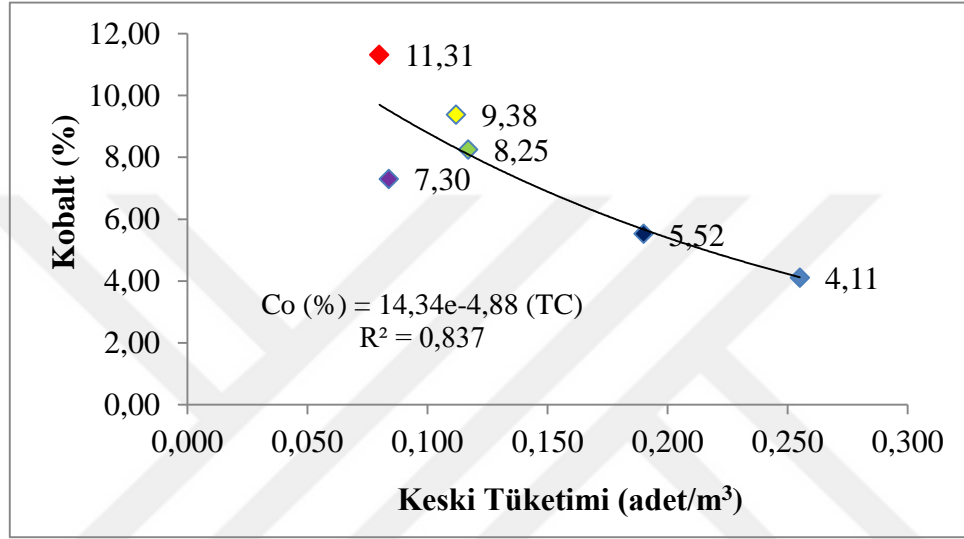
*orijinal keskidir **güçlendirilmiş keskidir.

Metal içeriklerine bakıldığında keski tüketimleri açısından önemli bir faktör olarak karşımıza çıkan kobalt, wolfram, demir vb. metal elementleri önem taşımaktadır. Özellikle kobalt ve wolfram oranının keski türüne aşınmasında önemli bir etken olduğu görülmektedir. Keski türüne göre yapılan ilerlemeler ve keski tüketim değerleri ile metal yüzdesi değerleri Çizelge 7.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.5 Keski markalarına göre yapılan ilerlemeler, keski tüketimleri ve metal yüzdeleri.

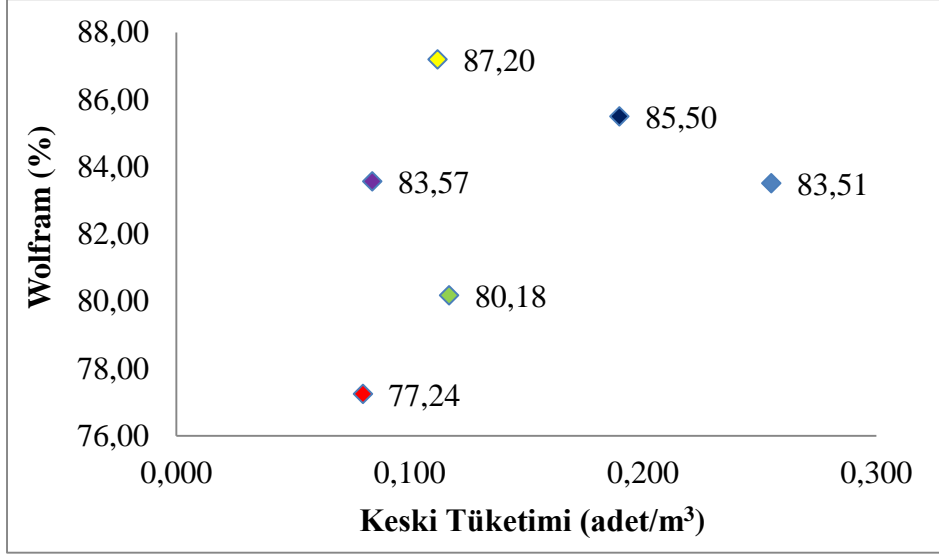
Keski Markası	İlerleme (m)	Keski tüketimi (adet/m ³)	Co	W
Betek R60T	502	0,117	8,25	80,18
Betek R75T	361	0,112	9,38	87,20
Sandvik R60T-R75T	505,5	0,445	4,11	83,51
Sunrise R75T	679	0,084	7,30	83,57
CST R75T	245	0,080	11,31	77,24
China Coal R60T	24,5	0,190	5,52	85,50

Keski markalarından Betek, Sandvik ve Sunrise silttaşı ve kumtaşı kayaç birimleri içerisinde kazı yapmıştır. CST keskiiler sadece silttaşı, China Coal ise konglomera ve silttaşı kayaç birimleri içerisinde kazı yapmıştır. Bu bağlamda CST model keski haricinde çoğu keski aynı kayaç birimleri içerisinde deneme imkanı bulunmuştur. Bu sonuçlara göre kobalt yüzdeleri ve galeri açma makinelerinin keski tüketimleri ile metal yüzdeleri arasında istatistiksel bir analiz yapıldığında kömür yan kayaçları için Şekil 7.15 ve Şekil 7.16'daki gibi ilişkiler elde edilmiştir.



Şekil 7.15 Kobalt yüzdesi ve keski tüketimi arasındaki ilişki.

Şekil 7.15'de görüldüğü gibi kobalt yüzdesi ve keski tüketimi arasında $R=0,91$ oranında üssel azalan bir ilişki elde edilmiştir. Bu ilişkide kobalt yüzdesi azaldıkça keski tüketiminde artış gözlemlenmektedir. Bunun yanında bu ilişkide arazideki keski tüketimleri tespit edilerek kobalt yüzdesi kömür yan kayaçları için tahmin edilebilmektedir. Kobalt yüzdesi ve keski tüketimi arasındaki ilişkilerin daha iyi analiz edilebilmesi için farklı markalar üzerinde, değişik arazi yapılarında daha çok denemeler yaparak bu ilişki daha çok kuvvetlendirilebilir. Şekil 7.16'da ise kobalt içeriğinin yanında önemli bir metal olan wolfram içeriğinin keski tüketimi ile olan ilişkisi incelenmiştir.



Şekil 7.16 Wolfram yüzdesi ve keski tüketimi arasındaki ilişki.

Şekil 7.16'ya göre wolfram yüzdesi ve keski tüketimi arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Bu bağlamda iki grafikteki ilişkiler arasında kıyaslama yapıldığında, kobalt yüzdesinin keski tüketimi üzerinde wolframdan daha etkili olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, uç yapısında önemli bir etkisi olan karbon içeriğinin de tespit edilerek kobalt ve wolfram ile birlikte değerlendirilmesi daha anlamlı olacaktır.



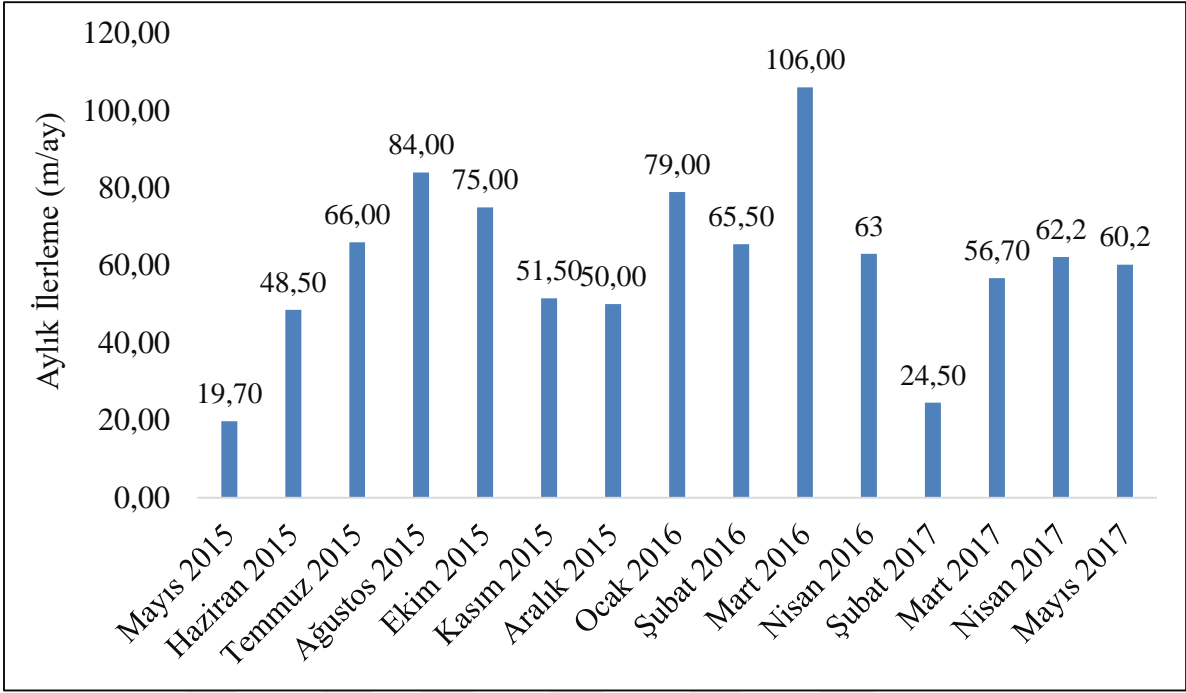
BÖLÜM 8

ARAZİ ÇALIŞMALARI

Arazi çalışmaları kapsamında Amasra bölgesindeki galeri ilerlemelerinde kullanılan DH R60T ve 2 adet DH R75T model galeri açma makinelerinin performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Bu süreç içerisinde galeri açma makinelerinin keski tüketimleri, arıza ve bakım süreleri, tahkimat süreleri, kazı hızları, makineden yararlanma oranları ve kesici kafa amper değerleri ölçülerek spesifik enerji değerleri hesaplanmıştır. Bunun yanında üç adet galeri açma makinesinin performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Arında Schmidt çekici ölçümleri yapılarak sertlik değerlerinin kazı hızına ve spesifik enerjiye etkisi incelenmiştir.

8.1 DH R60T KGAM PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

DH R60T galeri açma makinesi kazı işlemine başladıktan sonra 1612 no'lu galeride 12 ayda toplam 707 m ilerleme kaydederek aylık ortalama 59 m ilerleme yapmıştır. Formasyonların çok sert olmasından dolayı bazı kesimlerde delme – patlatma yapılmış olup çıkan posta galeri açma makinesi ile alınmıştır. Kumtaşı gibi dayanımı yüksek ve aşırı uç tüketimlerinin olduğu 200 m'lik kısımda kesici kafanın zarar görmemesi, kesici uç tutucuların kırılmaması ve uç sarfiyatlarını minimum düzeyde tutabilmek için arında galeri açma makinesi ile silttaşı ve kömür kazısı, kumtaşında ise delme - patlatma ile kazı yapılmıştır. 700 m' den sonra galeri sağ tarafında 12 m uzunluğunda yarım kesit cep açılarak galeri açma makinesi buraya park edilerek bakım ve onarımları yapıldıktan sonra rekup ve taban yolları için hazır bekletilmiştir. Bu galeri açma makinesi ile en yüksek ilerleme 106 m ile Mart ayı içerisinde gerçekleşmiştir. En düşük ilerleme ise 19,7 m ile Mayıs ayında gerçekleşmiştir. İlerlemeler ilk aylarda düşük olmasına rağmen sonraki dört ayda sürekli olarak artmıştır. İlk aylarda ilerlemelerin düşük olması operatör ve bakım ekiplerinin makineyi tanıma aşamasında olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 8.1'de galeri açma makinesi ile yapılan aylık ilerlemeler gösterilmiştir.

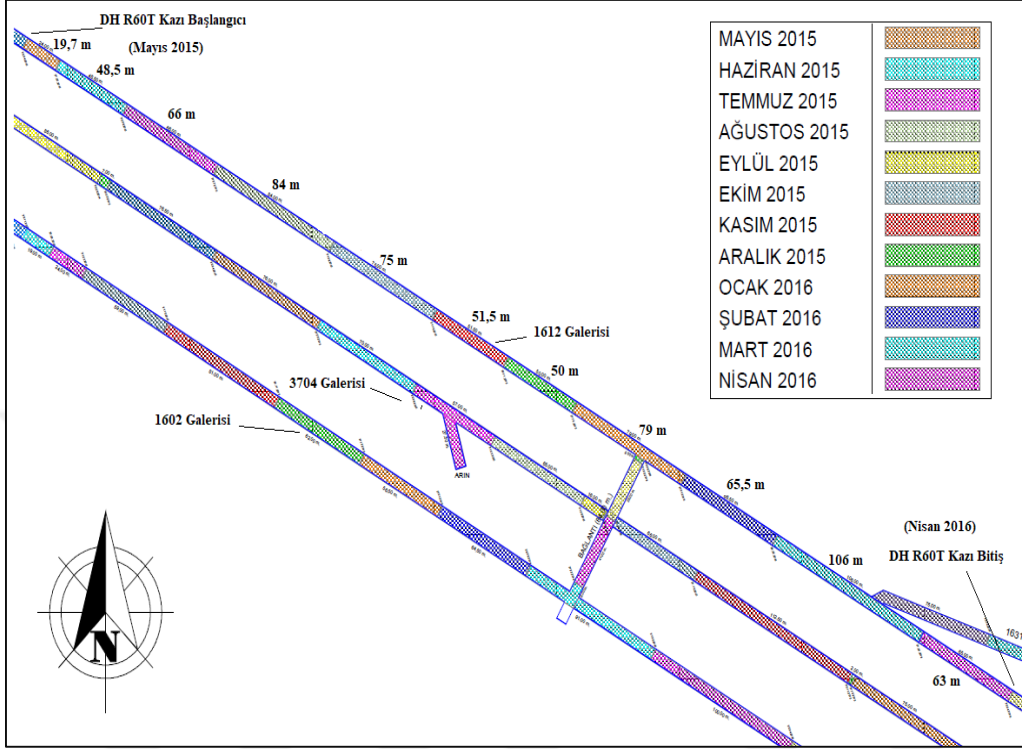


Şekil 8.1 DH R60T kollu galeri açma makinesi aylık ilerlemeler.

Şekil 8.1’de görüldüğü gibi makinenin ilk kazıya başlaması ile birlikte personelin makineyi yeni tanınması ve alışmasından dolayı galeri ilerlemesi düşük olmasına rağmen daha sonraları ilerleme miktarlarında artışlar görülmüştür. Kasım ve Aralık ayında kumtaşı kazıya başladıktan sonra makinede kesici uç tutucu kırılmaları meydana gelerek ilerleme miktarlarında azalmalar görülmüştür. Galeriyi açma makinesinin siltaşı ve kömürde kazıya girilmesiyle 106 m’ye varan ilerlemeler kaydedilmiştir.

Kumtaşı gibi sert ve aşındırıcı kayaların olduğu bölgelerde ilerleme miktarlarında düşüş olmuştur. Bunların nedenleri; kazı hızının düşmesi, kesici uç tutucularda kırılmalar olması, makinadaki titreşimlerin fazla olmasından kaynaklı arızaların meydana gelmesi ve bakım-onarım sürelerinin artması gibi etkenlerdir. Kumtaşı hem kesici uç sarfiyatlarının, hem de arızaların minimize edilmesi için delme-patlatma yöntemi ile kazı yapılması ve ortaya çıkan postanın galeriyi açma makinesi ile alınması uygun görülmüştür. Delme-patlatma işlemi yapılırken makine en az 15 m geriye çekilerek patlatma işlemi yapıldıktan sonra galeriyi açma makinesi ile posta alınmıştır. Delme – patlatma yapıldıktan sonra galeriyi açma makinesi ile posta alınırken açığa çıkan iri taşların konveyörlere zarar vermesi sonucunda zincirlerde uzama ve kopmalar, konveyör tahrik dişlisi kırılmaları ve bant konveyörlerde yırtılmalar ve kopmalar

görülmüştür. Bu sebeplerden dolayı ilerlemelerde azalmalar meydana gelmiştir. Şekil 8.2’de DH R60T model kollu galeri açma makinesinin aylık ilerlemeleri plan üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 8.2 DH R60T'nin 1612 galerisindeki ilerlemelerinin plan görünüşü.

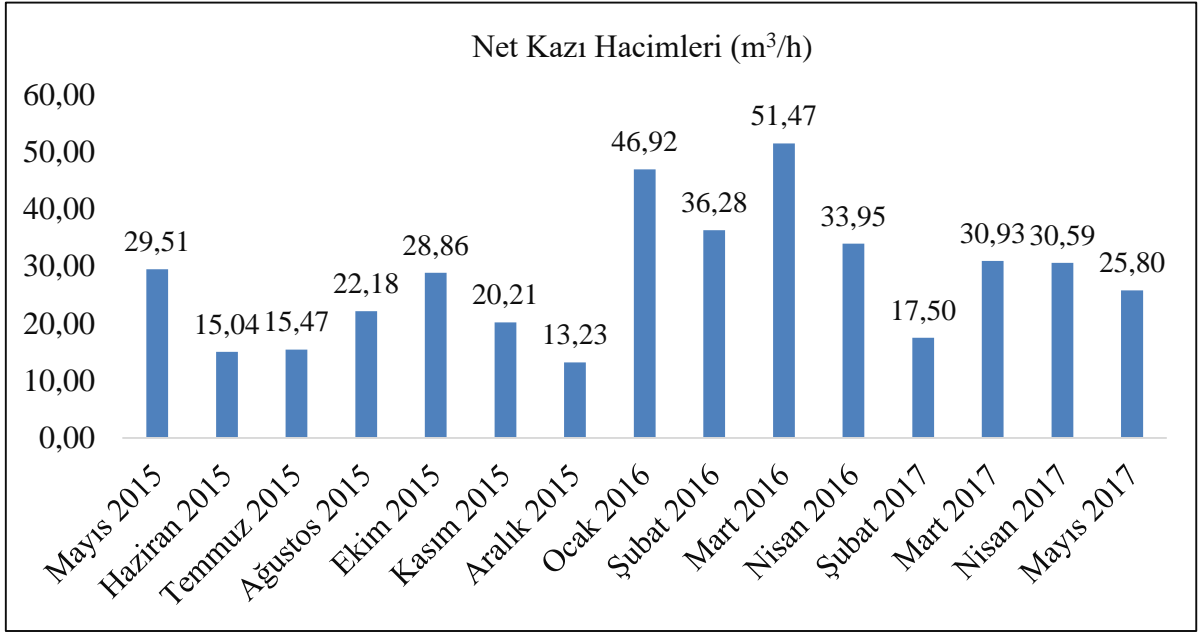
Şekil 8.2’de plan üzerinde gösterilen birimlerde kumtaşı, siltaşı, kömür ve kıltaşı kayaç türlerine rastlanmıştır. Kömür ara kesmelerinde ise şiferton kayaç türüne de yer yer rastlanmıştır. Bu kayaç birimlerinde makine kazı yaparken makinenin bir saat içerisindeki net kazı hacimleri yerinde ölçülerek her vardiya kayıt altına alınmıştır. Bununla birlikte makinenin kesici kafa motorundaki akım değerleri de izlenmiş ve net kazı hacimlerinden ile birlikte değerlendirilerek spesifik enerji değerleri kumtaşı, siltaşı, kıltaşı ve kömür kayaç türlerinde hesaplanmıştır. Arızalar, tamir ve bakım, tahkimat ve diğer bekleme süreleri de kayıt altına alınmış ve makinadan faydalanma oranı hesaplanmıştır.

Keski tüketimleri ise ayrı ayrı markaların denemeleri yapılarak kayıt altına alınmıştır. Keski sarfiyatları galeri açma makinesinin ana sarf malzemelerinden biri olduğundan ayrı ayrı maliyet hesaplamaları yapılmış en ekonomik, en uzun ömürlü ve en kaliteli kesici uç seçimi belirlenmiştir. Çizelge 8.1’de aylara göre kazılan kayaç birimleri, ilerleme miktarları ortalama kazı süreleri ve net kazı hacimleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.1 DH R60T aylara ve yıllara göre ilerlemeler ve net kazı hacimleri.

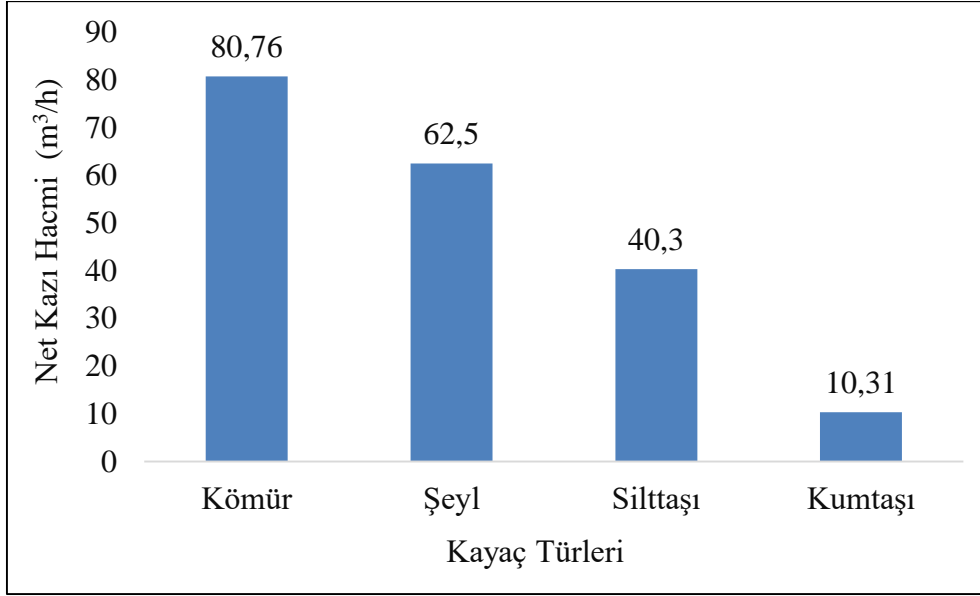
AYLAR	2015	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Delme-Patlatma (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)
3	Mart			7,00			
4	Nisan			37,50			
5	Mayıs	Kiltaşı	19,70		591,00	21,46	29,51
6	Haziran	Silttaşı - Kumtaşı	48,50		1455,00	96,77	15,04
7	Temmuz	Kumtaşı	66,00		1980,00	128,02	15,47
8	Ağustos	Silttaşı - Kiltaşı	84,00		2520,00	113,62	22,18
10	Ekim	Kumtaşı - Silttaşı	75,00		2250,00	77,95	28,86
11	Kasım	Kumtaşı	16,50	31,50	495,00	24,49	20,21
		Kumtaşı	3,50		105,00	9,53	11,02
12	Aralık	Kumtaşı	6,00	44,00	180,00	13,61	13,23
2015 YILI TOPLAM - ORTALAMA			319,20	75,50	8937,60	485,44	18,41
AYLAR	2016	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Delme-Patlatma (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)
1	Ocak	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	25,00	54,00	750,00	15,98	46,92
2	Şubat	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	15,50		465,00	12,82	36,28
		Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	42,00	8,00	1.260,00	25,87	48,70
3	Mart	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	44,00	62,00	1.320,00	25,65	51,47
		Kumtaşı - Silttaşı	28	20	840,00	24,74	33,95
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı	13	2	390,00	11,94	32,65
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı		45			
6	Haziran	Kumtaşı - Silttaşı		64,5			
7	Temmuz	Silttaşı		76			
8	Ağustos	Silttaşı		41			
9	Eylül						
10	Ekim						
11	Kasım						
12	Aralık						
2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			167,50	372,50	5.025,00	117,01	42,95
2015 - 2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			486,70	448,00	13962,60	602,45	23,18
AYLAR	2017	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Delme-Patlatma (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)
2	Şubat	Konglomera - Silttaşı	24,50		735,00	42,00	17,50
3	Mart	Silttaşı	56,70		1701,00	55,00	30,93
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı	62,2		1866,00	61,00	30,59
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı	60,2		1806,00	70,00	25,80

Çizelge 8.1'e bakıldığında galeri açma makinesi 2015 – 2016 yılları arasında Amasra 1-3 no'lu kuyu bölgesi galerilerinde toplam 11 ay çalışmıştır. Bu çalışma süresi sonrasında galeri açma makinesi sökülerek başka bir galeri için hazırlanmıştır. 2017 yılında ise galeri açma makinesi Kazpınar 2 no'lu kuyu bölgesi galerilerinde çalışmaya başlamıştır. Bu galeride ise 4 aylık çalışma performansı incelenebilmiştir. Galeri açma makinesinin 15 aylık çalışma süresi boyunca net kazı hacimleri Şekil 8.3'te gösterilmiştir.



Şekil 8.3 DH R60T aylara göre ortalama net kazı hacimleri.

Şekil 8.3'de belirtildiği gibi kazılan kayaç birimlerine bakıldığında net kazı hacimleri değişimini göstermektedir. Kazı yapılan 1 yıl boyunca ortalama net kazı hacmi 27,86 m³/h'dir. Net kazı hacimlerinin kazılan kayaç birimlerine göre değişmektedir. Bunun yanında, tahkimat süresi, arıza ve bakım süresi, nakliyat gibi faktörler net kazı hızını etkilemektedir. Kayaç birimlerine göre ortalama net kazı hacmi kumtaşında 10,31 m³/h, silttaşında 40,3 m³/h, şeyilde 62,5 m³/h ve kömürde ise 80,76 m³/h olarak belirlenmiştir. Net kazı hacimleri her bir kayaç birimi için ayrı ayrı ele alındığında ortalama değerler Şekil 8.4'de belirtilmiştir. Bu değerlerden arında kömürlü kayaç birimi içerisinde kumtaşı ve silttaşı da mevcut olmakla birlikte, galeri arının da kömür kalınlığı diğer kayaç birimleri kalınlığından daha fazla olduğundan kömür kayaç biriminde net kazı hacmi olarak alınmıştır.



Şekil 8.4 DH R60T kayaç türlerine göre net kazı hacimleri.

Kesilen her bir kayaç birimi için keski tüketimleri kayıt altına alınarak hangi kayaç birimi içerisinde ne kadar keski tüketildiye her vardiya kayıt altına alınmıştır. Çizelge 8.2’de aylara ve kayaç türlerine göre keski tüketimleri verilmiştir. Şekil 8.2’de ise aylara göre ortalama keski tüketimleri istatistiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 8.2 DH R60T aylara göre keski tüketimleri ve kazılan kayaç türleri.

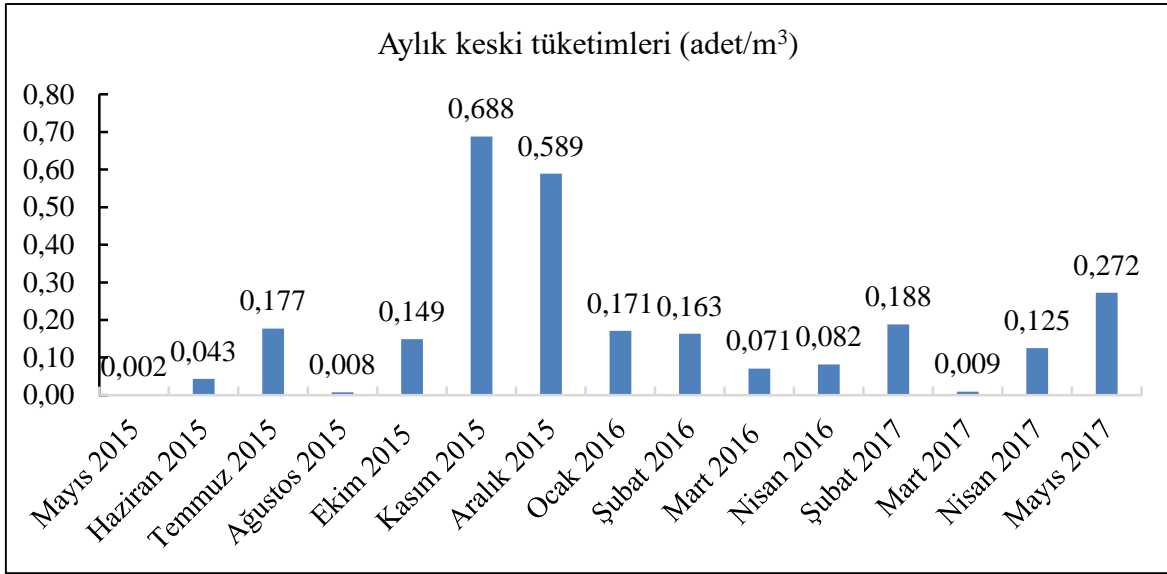
AYLAR	2015	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Delme-Patlatma (m)	Kazı Hacmi (m³)	Keski Markası	Keski Tüketimi (adet)	Birim Keski Tüketimi (adet/m³)
3	Mart			7,00				
4	Nisan			37,50				
5	Mayıs	Kiltaşı	19,70		591,00	Betek	1,00	0,002
6	Haziran	Silttaşı - Kumtaşı	48,50		1455,00	Betek	62,00	0,043
7	Temmuz	Kumtaşı	66,00		1980,00	Betek	350,00	0,177
8	Ağustos	Silttaşı - Kiltaşı	84,00		2520,00	Betek	20,00	0,008
10	Ekim	Kumtaşı - Silttaşı	75,00		2250,00	Betek	335,00	0,149
11	Kasım	Kumtaşı	16,50	31,50	495,00	Betek	238,00	0,481
11	Kasım	Kumtaşı	3,50		105,00	Am105 Sandvik	94,00	0,895
12	Aralık	Kumtaşı	6,00	44,00	180,00	Am105 Sandvik	106,00	0,589

Çizelge 8.2 (devam ediyor).

AYLAR	2016	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Delme-Patlatma (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Keski Markası	Keski Tüketimi (adet)	Birim Keski Tüketimi (adet/m ³)
1	Ocak	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	25,00	54,00	750,00	Technong	131,00	0,17
2	Şubat	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	15,50		465,00	Technong	119,00	0,26
3	Mart	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	42,00	8,00	1.260,00	Sunrise	78,00	0,06
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı	28	20	840,00	Sunrise	78	0,09
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı	13	2	390,00	Betek	26	0,07
6	Haziran	Kumtaşı - Silttaşı		45				
7	Temmuz	Silttaşı		64,5				
8	Ağustos	Silttaşı		76				
9	Eylül			41				
10	Ekim							
11	Kasım							
12	Aralık							

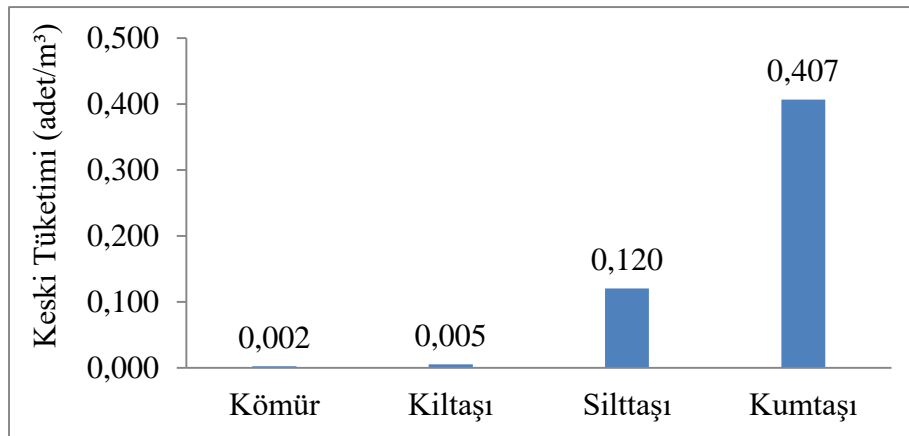
AYLAR	2017	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Delme-Patlatma (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Keski Markası	Keski Tüketimi (adet)	Birim Keski Tüketimi (adet/m ³)
2	Şubat	Konglomera - Silttaşı	24,50		735,00	China Coal	138,00	0,19
3	Mart	Silttaşı	56,70		1701,00	Betek	16,00	0,01
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı	62,2		1866,00	Betek	234	0,13
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı	60,2		1806,00	Betek	492	0,27

Çizelge 8.2'deki değerler toparlandığında Şekil 8.5'de daha ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 8.5 DH R60T aylık keski tüketimleri.

DH R60T galeri açma makinesinin çalıştığı 15 ay boyunca ortalama keski tüketimi 0,183 adet/m³ olarak belirlenmiştir. Bu değerlere kümülatif olarak bakıldığında genel olarak 0,5 adet/m³'ün altında olduğu için ekonomik bir kazı yapıldığı söylenebilir. Diğer bir yandan Kasım ve Aralık aylarında kumtaşı kayaç birimlerinde kazı yapıldığından keski tüketimleri biraz yükselmiştir. Bu durumlarda delme-patlatma ile yapmak ekonomik açıdan daha uygundur. Bu süreç içerisinde keski tüketimleri kayaç bazında ayrı ayrı incelendiğinde Şekil 8.6'da ki değerler elde edilmiştir.



Şekil 8.6 DH R60T kayaç türlerine göre keski tüketimleri.

DH R60T model galeri açma makinesinde en az 200 adet ve en çok 1006 adet olmak üzere toplamda 1706 adet deneme amaçlı olmak üzere, bu uçların her biri mümkün olan kayaç birimlerinde denenmiştir. Deneme sırasında kullanılacak olan keski komple kesici kafaya yerleştirilmiştir ve tamamı tükenene kadar vardiyalık ve günlük keski tüketimleri kayıt altına alınmıştır. En uygun ve ekonomik kesici uç tercihinin yapılabilmesi için denemeye tabi tutulan keski uçlar hakkında Çizelge 8.3’de belirtildiği gibi maliyet sonuçları elde edilmiştir.

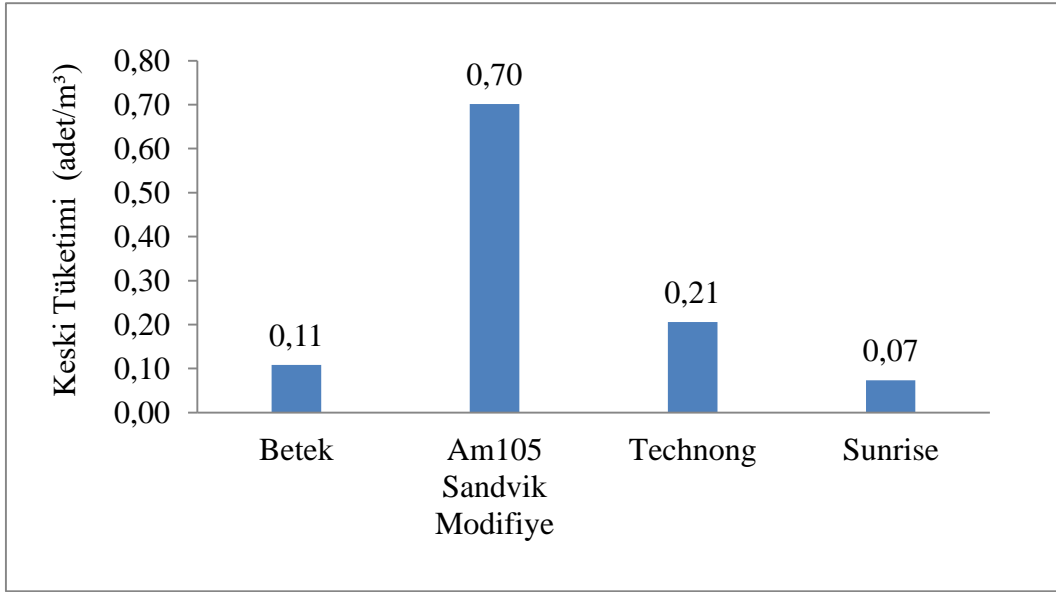
Çizelge 8.3 DH R60T model makinede kullanılan keski maliyet karşılaştırılması.

Keski Markası	Metal Alaşımı	Kayaç Türleri	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Keski Tüketimi (adet)	Birim Keski Tüketimi (adet/m ³)	Birim Maliyet (TL/adet)	Toplam Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ³)
Betek	34MnCrB ₄ +Ti	Kumtaşı-Silttaşı-Kıltaşı	309,7	9291	1006	0,11	37,05	37.272,30	4,01
Am105 Sandvik Modifiye	34MnCrB ₄ +Ti	Kumtaşı	9,5	285	200	0,70	39,36	7.872,00	27,62
Technong	42CrMo ₄	Kumtaşı-Silttaşı-Kömür	40,5	1215	250	0,21	36,47	9.117,50	7,50
Sunrise	42CrMo ₄	Kumtaşı-Silttaşı-Kömür	114	3420	250	0,07	33,2	8.300,00	2,43

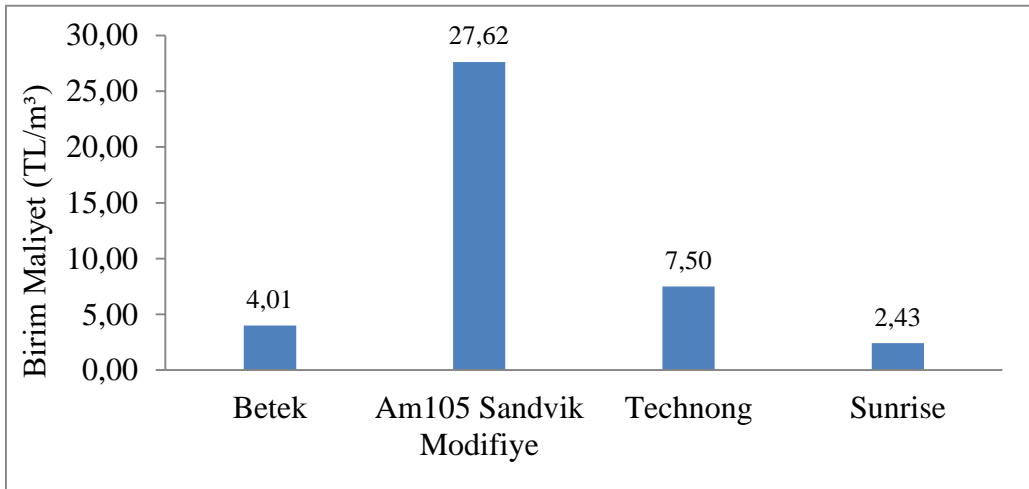
*1 dolar=2,873 TL, 1 Euro=3,091 TL, 1 Yuan=0,453 TL

Çizelge 8.3 incelendiğinde aynı metal alaşıma sahip Betek ve AM105 Sandvik modifiye uçlarının keski tüketimlerine bakıldığında Betek ucun keski tüketimi daha fazla olduğu görülmektedir. Aynı metal alaşımına sahip Technong ve Sunrise kesici uçlar karşılaştırıldığında

aynı kayaç birimleri içerisinde en uygun maliyetli 2,43 TL/m³ ile Sunrise kesici uç tercih edilmiştir. Birim maliyetler ise o dönemki dolar, euro ve yuan kurları baz alınarak değerlendirilmiştir. Kazılan kayaç türleri aynı olmadığından ve yeterli sayıda AM105 Sandvik kesici uç olmadığından ilk etapta aynı kayaç birimleri içerisinde deneme fırsatı bulunamamıştır. AM105 Sandvik kesici uçları aynı kayaç birimleri içerisinde DH R75T model kollu galeri açma makinesinde de denenmiştir. Bu makinelerin performans testi değerlendirildiğinde ve DH R60T kollu galeri açma makinesi ile karşılaştırıldığında ileriki bölümlerde detaylı olarak verilecektir. Şekil 8.7 ve Şekil 8.8’de sırasıyla keski tüketimleri ve maliyetleri gösterilmiştir.

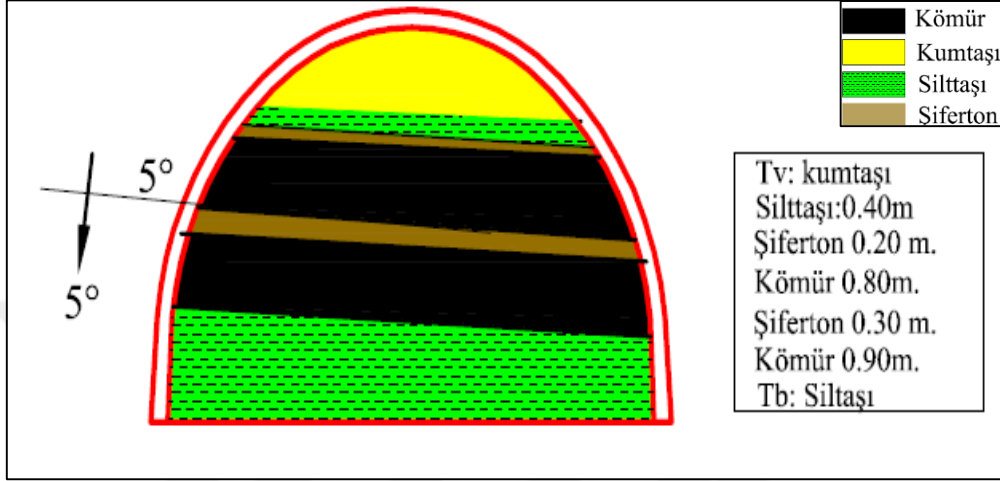


Şekil 8.7 DH R60T keski markalarında gerçekleşen keski tüketimleri.



Şekil 8.8 DH R60T keski markalarında gerçekleşen birim maliyetler.

Şekil 8.6’da görüldüğü gibi kesilen kayaç türlerine göre bakıldığında keski tüketimlerinin en çok olduğu kayaç türü kumtaşı ve silttaşı, en az olduğu kayaç türü ise kömür ve kıltaşı kayalarındır. Kömürlü formasyonlar geçilirken tavanda kumtaşı ve tabanda silttaşı formasyonları ile kazı yapılmıştır. Örnek bir kömür arını Şekil 8.9’da gösterilmiştir.



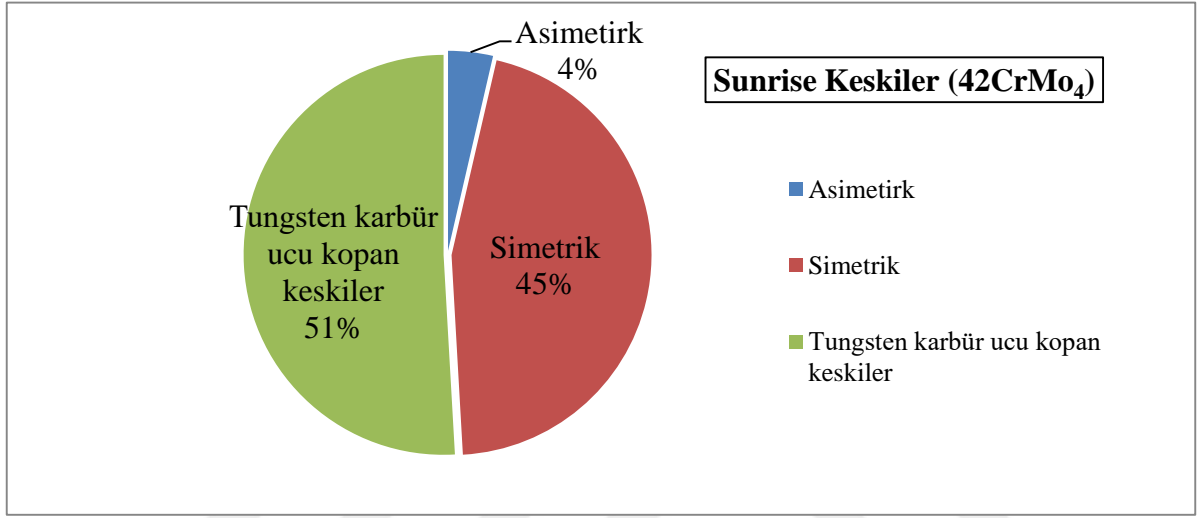
Şekil 8.9 Kömürlü bir arında tavan ve taban taşı durumu.

DH R60T kollu galeri açma makinesinin kesici uçlarının karşılaştırılmasının yanında farklı metal alaşımına sahip Betek ve Sunrise konik keskinlerin simetrik ve asimetric aşınma ile tungsten karbür ucu kopan keskinlerin karşılaştırılması gösterilmiştir (Çizelge 8.4).

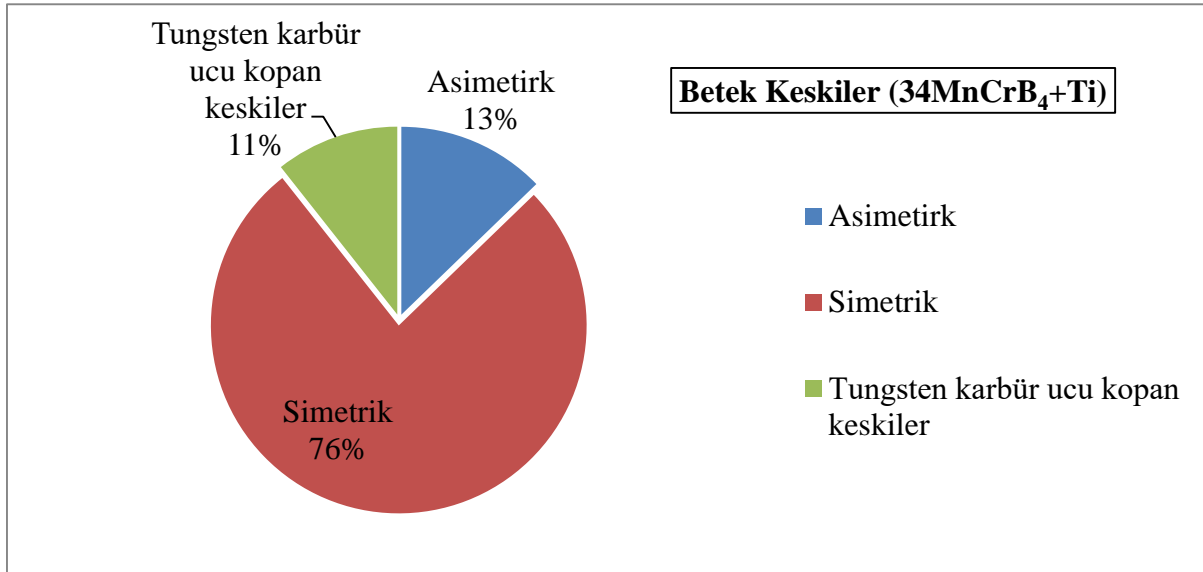
Çizelge 8.4 DH R60T Sunrise ve Betek keskinlerin aşınma karşılaştırması.

SUNRİSE KESKİLER		Yüzde (%)
Asimetrik	16	3,62
Simetrik	201	45,48
Tungsten karbür ucu kopan keskinler	225	50,90
TOPLAM	442	100
BETEK KESKİLER		Yüzde (%)
Asimetrik	24	12,77
Simetrik	144	76,60
Tungsten karbür ucu kopan keskinler	20	10,64
TOPLAM	188	100

Çizelge 8.4'e bakıldığında Sunrise keski için 442 adet ve Betek keski için 188 adet aşınmış keski kontrol edildiğinde üç adet aşınma şekli görülmüştür. Tungsten karbür ucu sapından kopan keskiye rastlanmamıştır. Keski aşınmaları Betek keskilerde büyük oranda asimetrik olurken, Sunrise keskilerde tungsten karbit ucu tamamen aşınmadan tungsten karbit kısmı yerinden kopan keskiler daha ağırlıklıdır. Şekil 8.10 ve Şekil 8.11'deki grafiklerde sırasıyla yüzde oranları gösterilmiştir.



Şekil 8.10 DH R60T Sunrise keski aşınma yüzdeleri.



Şekil 8.11 DH R60T Betek keski aşınma yüzdeleri.

Aşınmış kesici uçlar kontrol edilirken asimetrik aşınanlar bir bölüme, simetrik aşınanlar bir bölüme ve tungsten karbür ucu kopan kesikler bir bölüme dizilmiştir. Şekil 8.12’de Betek marka kesici uçlara ait fotoğraflar ve Şekil 8.13’de ise Sunrise keskilere ait fotoğraflar gösterilmektedir.



Şekil 8.12 Betek kesici uçlar aşınma şekilleri.



Şekil 8.13 Sunrise kesici uçlar aşınma şekilleri.

Farklı metal alaşımlarına sahip Betek ve Sunrise kesici uçları karşılaştırıldığında Sunrise kesici uçlarda tungsten karbit kopmalarının fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedenlerinin en başında tungsten karbit uç kısmının gövde kısmına kaynağının düzgün yapılmaması ve düzgün yerleştirilmemesinden kaynaklanmaktadır. Betek kesici uçlarda ise simetrik aşınma yüzdesi çok fazla ve istenilen aşınma şekli görülmektedir. Sunrise ve Betek maliyet açısından karşılaştırıldığında ise Betek kesici uçlarının Sunrise kesici uçlara göre pahalı olduğu ve aşınma ömrünün Sunrise kesici uçlara göre daha kısa olduğu yapılan denemeler sonucunda belirlenmiştir.

Keskilerin aşınma türlerinde tercih edilen şekil simetrik aşınmadır. Simetrik aşınma kesici ucun uç yuvasında düzgün bir şekilde döndüğünün göstergesidir. Asimetrik aşınma ise kesiklerin uç yuvasında dönmediğinin ve sabit bir yerde kalarak kazı yaptığını göstermektedir. Bu gibi durumlarda kesici uç tutucularda kırılmalar ve çatlamlar meydana gelmektedir. Kesici uç tutucu kırılmaları sonucunda kesici uç tutucuların dizilimi karmaşık bir yapıya sahip olduğundan kesici uç tutucu kaynağının doğru pozisyonda ve açıda kesici kafaya kaynak yapılması önemli bir faktördür.

Kesici uç tutucular kesici kafaya gaz altı kaynağı ile 300 °C sıcaklıkta yapılması gerekmektedir. Kaynağın standart sıcaklıkta ve uygun bir şekilde yapılmaması kesici uç tutucunun yerinden çıkmasına neden olabilmektedir. Kesici uç tutucu düzgün bir şekilde kesici kafaya monte edilmediği takdirde kesici uca gelen kuvvetler değişmekte, asimetrik aşınmalar meydana gelmekte ve kesici uç tutucularda kırılmalar meydana gelmektedir.

Amasra bölgesinde kullanılan kollu galeri açma makinelerinde kazı sırasında kesici uç tutucu kırılmaları yaşanmıştır. Kesici uç tutucular kırıldığı zaman kesici kafa çıkarılarak yerine yedek kesici kafa takılır. Arızalı olan kesici kafaya ise uç tutucu monte edilerek kesici kafa şablonu ile kaynak yapılır. Kesici kafadaki kesici uç tutucular belirli bir düzen içerisinde yerleştirilmişlerdir. Kesici kafada sağ ve sol tamburda 3 helis bulunmaktadır ve her bir helisteki uç tutucuların açısı ve pozisyonu ayrı olarak tasarlanmıştır.

İlk olarak kesici uç tutucu kırıldığında kesici kafa yatay veya dikey pozisyonda kırık olan kısım kesilerek tıraşlama yapıp düzeltilir. Bu işlem bittikten sonra şablon kullanımına geçilir. Kesici kafa yatay konuma getirilerek şablon kesici kafaya yerleştirilir ve kesici uç tutucu şablonla

hangi helisteki pozisyon ve numaraya ait ise oraya getirilir ve punta atılır. Punta atıldıktan sonra kat kat kaynak yapılır ve kesici uç tutucu kesici kafaya monte edilir.

Kesici uç tutucu kırılmasından kaynak yapılmasına kadar olan yapılan işlemler aşağıdaki şekiller ile anlatılmaktadır. Şekil 8.14'de kesici kafada kırılan kesici uç tutucular gösterilmektedir.



Şekil 8.14 DH R60T kesici kafada kırılan kesici uç tutucular.

Şekil 8.14'de görüldüğü gibi kesici uç tutucuları kırılmıştır ve kesici kafa sökülerek kırılan, aşınan, deformasyona uğrayan ve içerisinde sökülemeyen aşınmış uç kalan kesici kafa komple kesici uç tutucular kesilerek ve yeniden yurt içinden imal edilen kesici uç tutucular kesici kafaya kaynak yapılarak monte edilir. İşlerin arında aksamaması için yedek kesici kafa makineye monte edilmiştir. Kesici uç tutucular sırasıyla oksijen ile kesilerek kesici kafa yüzeyinin girintili, çıkıntılı ve pürüzsüz bir yüzey oluşturmayacak şekilde kesim yapıldıktan sonra spiral ile kesici kafa yüzeyi tıraşlanır ve düzgün bir yüzey elde edilir. Bu işlemlerin hepsi tamamlandıktan sonra sol kesici kafa için 1. helisin 1 numaralı kesici uç tutucusundan başlanıp 14 numaralı kesici uç tutucuya kadar kaynak yapılarak monte edilir. Aynı işlemler 2. ve 3. helis için devam eder ve kesici kafa uç tutucularının sol kesici kafaya montajı tamamlanmış olur. Sol kesici kafa ile sağ kesici kafanın helis açıları birbirinden farklı olmakla birlikte aynı işlemler sağ kesici kafa içinde uygulanmaktadır. Şekil 8.15'de kırılan ve aşınan kesici uç tutucuların oksijen ile kesilmiş hali gösterilmektedir.



Şekil 8.15 Kırılan ve aşınan kesici uç tutucuların oksijen ile kesilmesi.

Kesici uç tutucular oksijen kaynağı ile kesildikten sonra spiral tıraşlama makinesi ile Şekil 8.16'da görülen oksijen ile kesilen kısımların yüzeyi düzleştirilerek kesici uç tutucu kaynak ile montaj için hazır hale getirilir.



Şekil 8.16 DH R60T kesici kafa yüzeyinin spiral ile tıraşlanması ve düzlenmesi.

Kesici kafa yüzeyi spiral ile tıraşlandıktan ve düzlendikten sonra kesici kafa şablonu ile kesici uç tutucular kaynak yapılır. Şekil 8.17'de kesici kafa şablonu yerleştirilmesi gösterilmiştir.

Kesici kafaya şablon yerleştirildikten sonra kırılan kesici uç tutucunun olduğu bölgede açısı ayarlanır ve kaynak yapılır.



Şekil 8.17 DH R60T kesici kafa şablonu konumunun ayarlanması.

Kesici kafa tamburunda bulunan ok işareti ile aynı hizada olacak şekilde şablondaki 360° lik açıya denk gelecek şekilde ayarlanır. Bu ayarlardan sonra kırılan kesici uç tutucunun açısına ve helis numarasına bakarak kesici uç tutucuya punta atılır. Punta atıldıktan sonra kesici uç tutucu şablondan çıkarılarak kaynak yapılmaya başlanır. Şekil 8.18’de kesici kafa şablonu ve bir adet kırılan uç tutucunun yeri ve Şekil 8. 19’da ise punta atılan kesici uç tutucu gösterilmektedir.



Şekil 8.18 DH R60T kesici uç tutucu açısının ve helis numarasının ayarlanması.



Şekil 8.19 DH R60T kesici uç tutucunun puntalanması.

Kesici kafada kesici uç tutucuların konumunun düzgün yerleştirilmesi kesici kafanın randımanlı çalışması için en önemli konulardan bir tanesidir. Kesici kafada bir adet kesici uç tutucunun düzgün konumlandırılmaması kesici kafaya gelen kuvvetleri önemli derecede etkilemekte ve diğer kesici uç tutucuları da zamanla kırılmasına sebep olmaktadır. Bunun yanında kuvvetlerin değişmesi spesifik enerjiyi de etkilemektedir.

Kesici kafa kuvvetlerinin değişmesiyle birlikte kesici kafa elektrik motoru akım değerleri de değişmektedir. Her vardiya makine üzerindeki bilgisayar monitöründen kesici kafa amper değerleri kayıt altına alınmaktadır. Kumtaşı, silttaşı, kiltası ve kömürlü formasyonlarda girilerek spesifik enerji değerleri Eşitlik 5.1'den hesaplanmaktadır. Bu eşitlikteki kesici kafa gücü (kW) bu tip makinelerde üç fazlı alternatif akım motoru kullanıldığından dolayı AC motorlar için Eşitlik 8.1 kullanılarak hesaplanır.

$$P = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \cos\phi \quad (8.1).$$

Burada, P = Güç (watt), I = Akım (amper), V= Gerilim (volt), Cosφ= Gerilim ve akım arasındaki faz farkı olarak belirtilmektedir.

Elektrik ekibi her vardiya boyunca makine bilgisayar üzerinde kesici kafa motoru amper değerleri alınarak, makinenin kesme sırasında sarf ettiği spesifik enerji (kWh/m³) değeri

hesaplanmıştır. Kesici kafa motoru üzerinde $\cos\phi= 0,80$ olarak belirtilmektedir. Voltaj değeri ise ortalama 980 V olarak alınmıştır. Elde edilen verilerin Eşitlik 5.1'e göre hesaplandığında elde edilen sonuçlar Çizelge 8.5'de sunulmuştur.

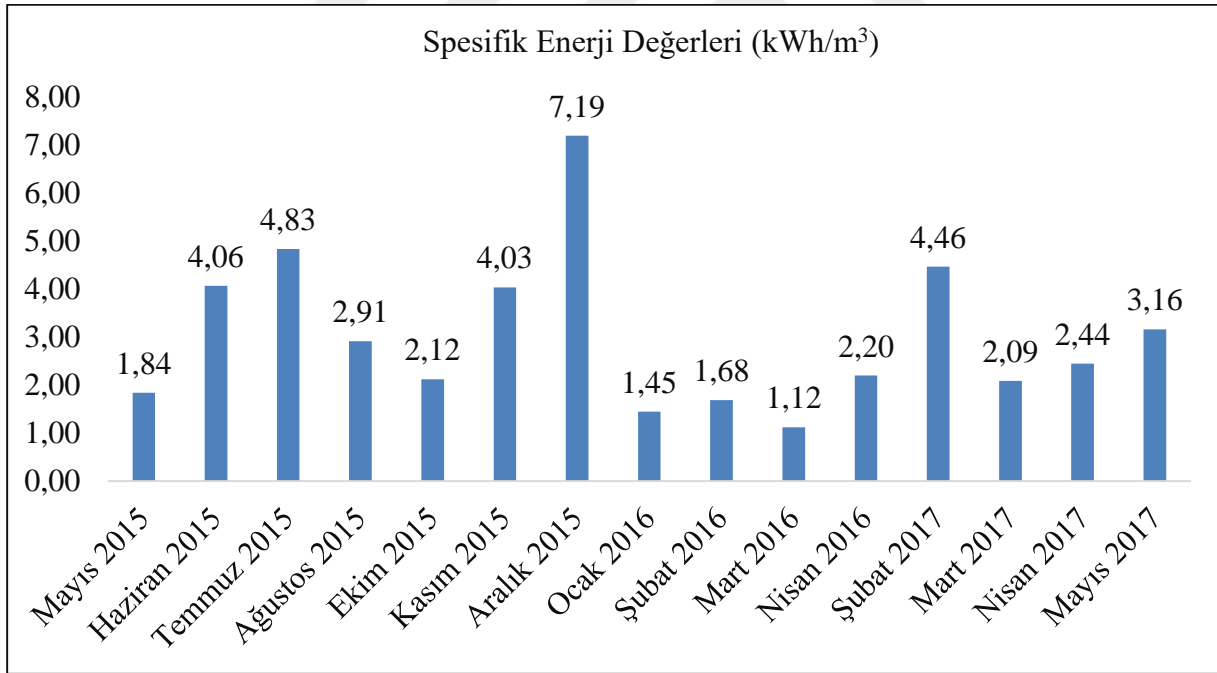
Çizelge 8.5 DH R60T aylara göre spesifik enerji değerleri.

AYLAR	2015	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	Ort. Amper (A)	Kesici Kafa Güç (kW)	Spesifik Enerji (kWh/m ³)
3	Mart								
4	Nisan								
5	Mayıs	Kiltaşı	19,70	591,00	21,46	29,51	80	108,63	1,84
6	Haziran	Silttaşı - Kumtaşı	48,50	1455,00	96,77	15,04	90	122,21	4,06
7	Temmuz	Kumtaşı	66,00	1980,00	128,02	15,47	110	149,37	4,83
8	Ağustos	Silttaşı - Kiltaşı	84,00	2520,00	113,62	22,18	95	129,00	2,91
10	Ekim	Kumtaşı - Silttaşı	75,00	2250,00	77,95	28,86	90	122,21	2,12
11	Kasım	Kumtaşı	16,50	495,00	24,49	20,21	120	162,95	4,03
		Kumtaşı	3,50	105,00	9,53	11,02	150	203,69	9,24
12	Aralık	Kumtaşı	6,00	180,00	13,61	13,23	140	190,11	7,19
AYLAR	2016	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	Ort. Amper (A)	Kesici Kafa Güç (kW)	Spesifik Enerji (kWh/m ³)
1	Ocak	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	25,00	750,00	15,98	46,92	100	135,79	1,45
		Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	15,50	465,00	12,82	36,28	90	122,21	1,68
2	Şubat	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	42,00	1.260,00	25,87	48,70	95	129,00	1,32
3	Mart	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	44,00	1.320,00	25,65	51,47	85	115,42	1,12
		Kumtaşı - Silttaşı	28	840,00	24,74	33,95	110	149,37	2,20
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı	13	390,00	11,94	32,65	115	156,16	2,39

Çizelge 8.5 (devam ediyor).

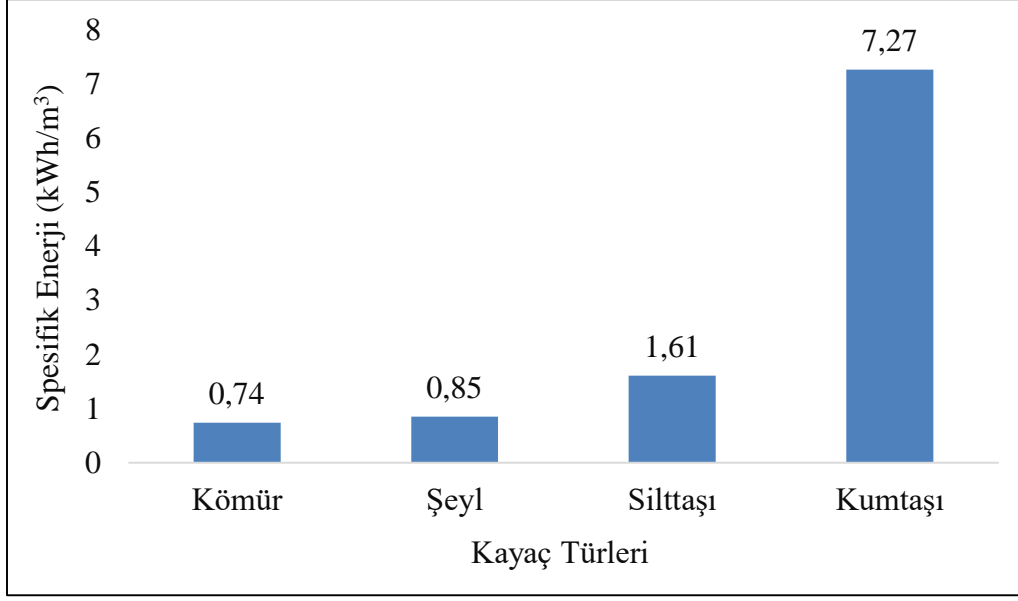
AYLAR	2017	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	Ort. Amper (A)	Kesici Kafa Güç (kW)	Spesifik Enerji (kWh/m ³)
2	Şubat	Konglomera - Silttaşı	24,50	735,00	42,00	17,50	115	156,16	4,46
3	Mart	Silttaşı	56,70	1701,00	55,00	30,93	95	129,00	2,09
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı	62,2	1866,00	61,00	30,59	110	149,37	2,44
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı	60,2	1806,00	70,00	25,80	120	162,95	3,16

Çizelge 8.5’de görüldüğü gibi galeri açma makinesinin aylık ortalama spesifik enerji değerleri kazılan kayaç türlerine göre hesaplanmıştır. Spesifik enerji değerleri kazılan kayaç türüne göre değişkenlik göstermektedir. Galeri açma makinesinin kumtaşı, silttaşı, şeyl ve kömür kayaçlarındaki ayrı ayrı ortalama spesifik enerji değerleri Şekil 8.20’de gösterilmiştir.



Şekil 8.20 DH R60T aylık ortalama spesifik enerji değerleri.

Galeri açma makinesindeki 15 aylık çalışma süresince ortalama spesifik enerji değeri 3,03 kWh/m³ olarak belirlenmiştir. Her bir kayaç türü içerisinde ölçülen ortalama spesifik enerji değerleri göze alındığında Şekil 8.21’de ki gibi değerler elde edilmiştir.



Şekil 8.21 DH R60T kayaç türlerine göre ortalama spesifik enerji değerleri.

Şekil 8.21’de görüldüğü gibi kumtaşı gibi dayanımı yüksek kayaçlarda spesifik enerji değeri de yüksek değerlerdedir. Bu tür kayaçlarda makine aşırı güç sarf etmekle beraber titreşimlere de maruz kalmaktadır. Kumtaşı içerisinde yapılan kazılarda otomatik kapatmaya ayarlanan 120 Amper değerini aştığında kesici kafa otomatik olarak durmaktadır. Bu sebepten dolayı kesici kafada emniyet açısından ara ara duraksamalar meydana gelmiştir. Ayrıca titreşimlerin çok yüksek olmasından dolayı kumtaşı kayacında makinede hortum patlaması, yağ kaçaqları, rekor ve civata gevşemelerinden kaynaklanan arızalar meydana gelmiştir.

Galeri açma makinesinin çalışma süresi boyunca arızalar, bakım süreleri, halat saplama, kaya saplama, TH bağ tahkimatları makinadan faydalanma oranını etkilemiştir. Bu süre zarfında tüm bunların süreleri kaydedilerek makinadan faydalanma oranları belirlenmiştir. Makinadan faydalanma oranı madencilik faaliyetlerinde %20-%35 arasındadır. Tahkimat süreleri çıkarıldığında ise %30-%50 arasında değerleri görmektedir. (Bilgin vd. 2005). Makinadan faydalanma oranı Eşitlik 8.2’ye göre hesaplanarak aylık olarak Çizelge 8.6’da gösterilmiştir.

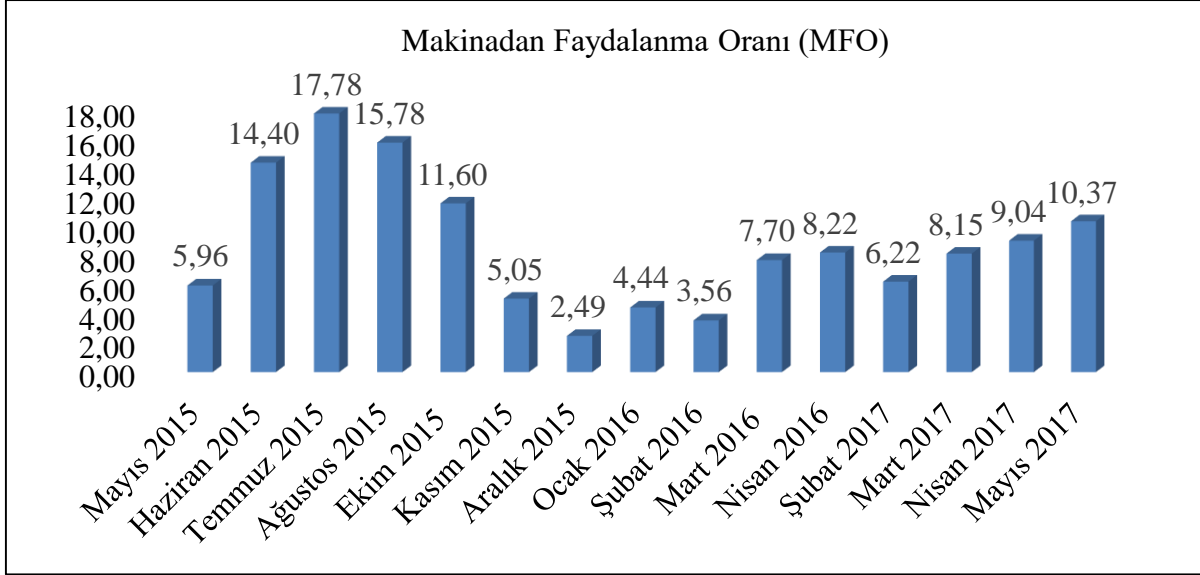
$$V_{\text{kazı acmi}} = \text{ICR} \times \text{MFO} \times S_{\text{gün}} \times H_{\text{vardiya}} \quad (8.2)$$

Burada; $V_{\text{kazı hacmi}}$ = Günlük kazı hacmi ($\text{m}^3/\text{gün}$), ICR = Net kazı hacmi (m^3/h), MFO = Makinadan faydalanma oranı (%), $S_{\text{gün}}$ = Bir gündeki vardiya sayısı (vardiya/gün), H_{vardiya} = Bir vardiyadaki çalışma süresi (saat/vardiya) olarak belirtilmektedir (Bilgin vd. 2005).

Çizelge 8.6 DH R60T makinadan faydalanma oranları.

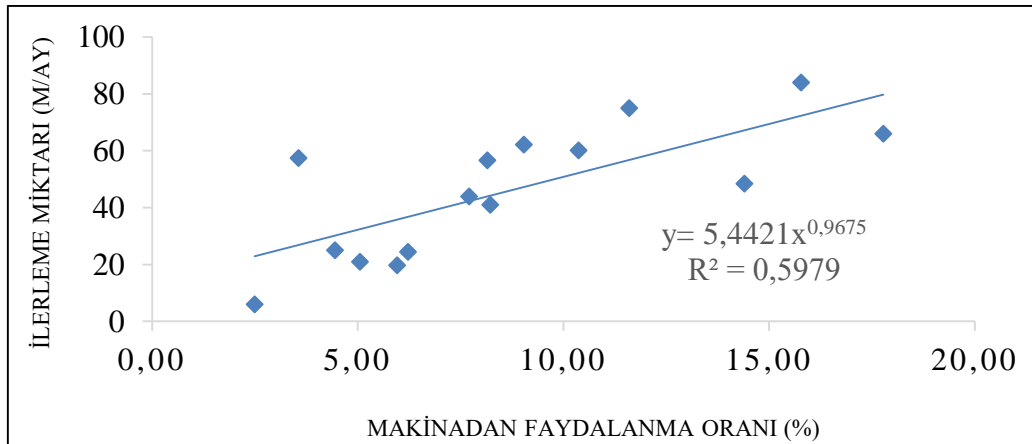
AYLAR	2015	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	(MFO) (%)
3	Mart						
4	Nisan						
5	Mayıs	Kiltaşı	19,70	591,00	21,46	29,51	5,96
6	Haziran	Silttaşı - Kumtaşı	48,50	1455,00	96,77	15,04	14,40
7	Temmuz	Kumtaşı	66,00	1980,00	128,02	15,47	17,78
8	Ağustos	Silttaşı - Kiltaşı	84,00	2520,00	113,62	22,18	15,78
10	Ekim	Kumtaşı - Silttaşı	75,00	2250,00	77,95	28,86	11,60
11	Kasım	Kumtaşı	16,50	495,00	24,49	20,21	5,67
		Kumtaşı	3,50	98,00	9,53	11,02	4,44
12	Aralık	Kumtaşı	6,00	168,00	13,61	13,23	2,49
AYLAR	2016	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	(MFO) (%)
1	Ocak	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	25,00	750,00	15,98	46,92	4,44
2	Şubat	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	15,50	465,00	12,82	36,28	3,56
		Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	42,00	1.260,00	25,87	48,70	7,70
3	Mart	Kumtaşı- Silttaşı - Kömür	44,00	1.320,00	25,65	51,47	8,22
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı	28	840,00	24,74	33,95	10,31
		Kumtaşı - Silttaşı	13	390,00	11,94	32,65	7,11
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı					
6	Haziran	Kumtaşı - Silttaşı					
7	Temmuz	Silttaşı					
8	Ağustos	Silttaşı					
9	Eylül						
10	Ekim						
11	Kasım						
12	Aralık						
2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			167,50	5.025,00	117,01	42,95	6,89
2015 - 2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			486,70	13.627,60	602,45	23,18	8,33
AYLAR	2017	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı hacmi (m ³ /saat)	(MFO) (%)
2	Şubat	Konglomera - Silttaşı	24,50	735,00	42,00	17,50	6,22
3	Mart	Silttaşı	56,70	1701,00	55,00	30,93	8,15
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı	62,2	1866,00	61,00	30,59	9,04
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı	60,2	1806,00	70,00	25,80	10,37

Çizelge 8.6’da görüldüğü gibi makinadan faydalanma oranları %2,49-%17,78 arasında değişmektedir. Aylık olarak makinadan faydalanma oranı Şekil 8.22’de daha belirgin olarak gösterilmiştir.



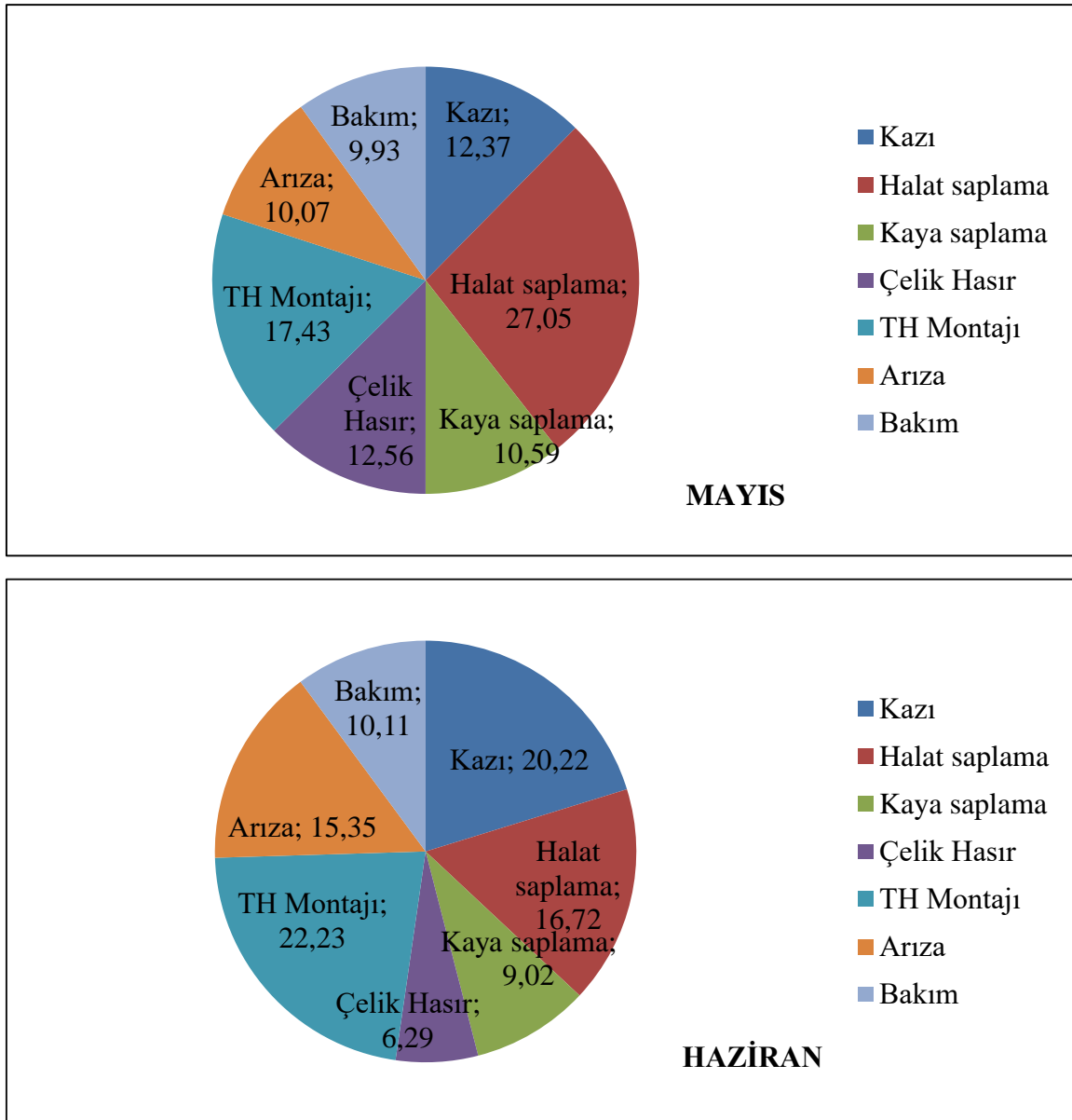
Şekil 8.22 DH R60T aylara göre makinadan faydalanma oranları.

Şekil 8.22’de görüldüğü gibi makinadan faydalanma oranı maksimum %17,78 olarak görülmektedir. Ortalama makinadan faydalanma oranı ise %8,72 olarak belirlenmiştir. Aylık ilerleme miktarları ile makinadan faydalanma oranları korelasyon analizi yapıldığında Şekil 8.23’deki gibi bir ilişki ortaya konmuştur.

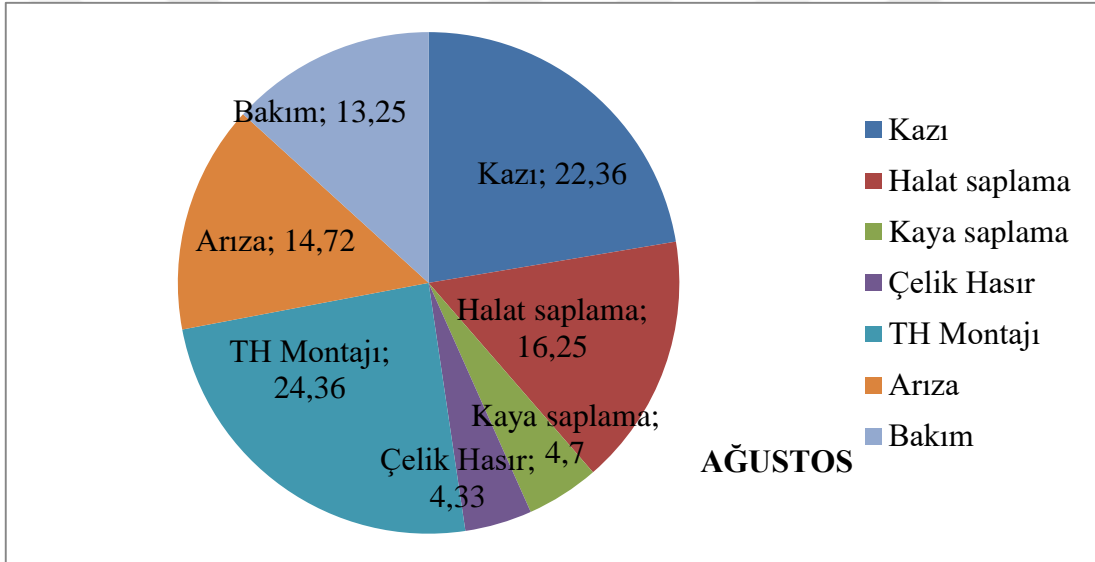
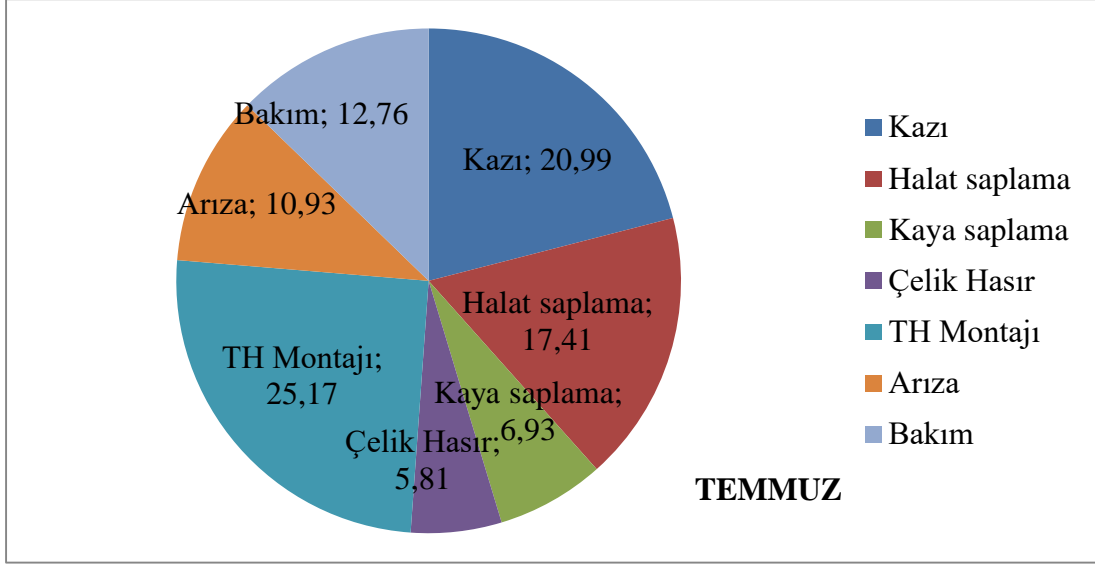


Şekil 8.23 DH R60T makinadan faydalanma oranı ve ilerleme miktarı arasındaki ilişki.

Şekil 8.23’de görüldüğü gibi makinadan faydalanma oranı ve aylık ilerleme miktarı arasında kurulan ilişkiye göre $R=0,77$ gibi bir oran ortaya çıkmıştır. Burada MFO (makinadan faydalanma oranı) belirtmektedir. Buna göre makinadan %25 oranında faydalanabilmek için en az 120 m ilerleme yapılması gerekmektedir. Amasra bölgesindeki bu makine ile yapılan maksimum ilerleme miktarı ise 106 m’dir. Makinadan faydalanma oranına etki eden en önemli faktörler tahkimat, bakım ve arızalara harcanan sürelerdir. DH R60T model galeri açma makinesinin performans değerlendirmesine bu açıdan bakıldığında makinenin ilk 4 aya ait arıza, bakım, tahkimat ve kazı süreleri değerlendirilerek Şekil 8.22 ve Şekil 8.23’de yüzde (%) olarak gösterilmiştir.



Şekil 8.24 DH R60T Mayıs ve Haziran ayı performans değerlendirmesi.



Şekil 8.25 DH R60T Temmuz ve Ağustos ayı performans değerlendirmesi.

Şekil 8.24 ve Şekil 8.25'e bakıldığında TH montajı ve kaya saplama diğer tahkimat elemanlarına göre daha uzun sürede yapılmaktadır. Toplam tahkimat süresi %45-%65 arasında değişmektedir. Buda bize göstermektedir ki galeri ilerlemelerinde toplam zamanın yarısı tahkimata harcanmaktadır. Kazıya harcanan süre %17-%25 arasında değişmektedir. Diğer arıza ve bakım süreleri ise %20-%25 arasında değişmektedir. Arıza ve bakım sürelerine bakıldığında makinaya ayrılan bakım süresi toplam süresinin %9-%13 arasında değiştiği görülmektedir. Arıza süresi ise %10-%15 arasındadır. Bu sonuçlarda bize galeri açma makinesine bakımlarının ve kontrollerinin düzenli bir şekilde yapılması gerektiğini göstermektedir. Galeri açma makinesinde meydana gelen genel arızalar ve süreleri Çizelge 8.7'de verilmiştir.

Çizelge 8.7 DH R60T galeri açma makinasında meydana gelen arızalar.

Arıza Türü	Ort. Süre (dk)	Nedenler	Çözümler
1 Su yetersizliği	60	Depoda suyun bitmesi ve belediyedeki suların kesilmesi	Yeraltına devir daim tankının kurulması ve yedek deponun monte edilmesi
2 Hava yetersizliği	40	Hava hatlarının içerisinde su birikmesi, filtrelerin tıkanması, kompresördeki suların birikmesi	Kompresör bakımları, hava hatlarının uzatılması, filtrelerin temizlenmesi, yedek kompresör, hava hatlarına filtre konulması
3 Hortum kaçakları ve patlakları	30	Titreşimler, yüksek sıcaklık, yüksek basınç,	Hortumun değiştirilmesi, yedek hortum bulundurulması, dayanıklı hortum kullanımı
4 Zincirli konveyörde taş sıkışması	25	Kazı sırasında kavlaklanmalar ve kavlakların düşmesi, delme patlatma sonucu çıkan iri taşlar	Kesici kafa ile posta alınmadan iri taşların kırılması
5 Kesici uç yuvalarının kırılması	800	Kesici kafa uçlarının zamanında değiştirilmemesi, zemin sertliği, operatör tecrübesizliği	Yedek kafanın temini ve hazır bulundurulması, kırılan yuvanın şablonla kaynaklarının yapılması
6 Kesici kafa redüktör merkez civatalarının kesmesi ve civataların yuvada kalması	1250	Kesici kafa arın taramasının düzgün yapılmaması, civataların kalitesizliği, doğru torklamama	Civata boyutlarının büyütülmesi, orijinal civata kullanımı, doğru tarama yapılması, doğru torklama
7 Köprü bandı kayış kopması ve yırtılması	550	Kayıştta meydana gelen aşırı sürtünme, kayışın talazlıklara takılması, bant ayarının düzgün yapılmaması	Köprü bandının istikametinde gitmesi, monorayların düzgün bağlanması, kayış ayarının ve gerdirmelerinin düzgün yapılması, talazlıkların düzgün takılması
8 Kesici kafa sıcaklık sensör arızası	100	Kablo bağlantılarının çıkması hasar görmesi	Kabloların kontrol edilmesi ve değiştirilmesi yerine takılması
9 Köprü bandı elektrik motoru flanş kırılması	750	Makinanın geri çekilmesi esnasında flanşın bağlara vurması	Geri manevra yaparken kontrollü olunması, motorun muhafazaya alınması, koruma yapılması
10 Hidrolik yağ sıcaklığı artışı	110	Makinanın ısınması, filtrelerin tıkanması, yağın kirlenmesi ve ısınması	Komple yağın değiştirilmesi, yağ eklenmesi, filtrelerin temizlenmesi ve değiştirilmesi, yağın soğumasının beklenmesi
11 Kesici kafa bomu silindir arızası	160	Keçelerin arızalanması, yağ içindeki pislikler, hortum patlakları, tapadan yağ kaçması, valflerin arızalanması	Silindirin değiştirilmesi, valflerin temizlenmesi ve değiştirilmesi, tapaların değiştirilmesi, yağın değiştirilmesi

Çizelge 8.7 (devam ediyor).

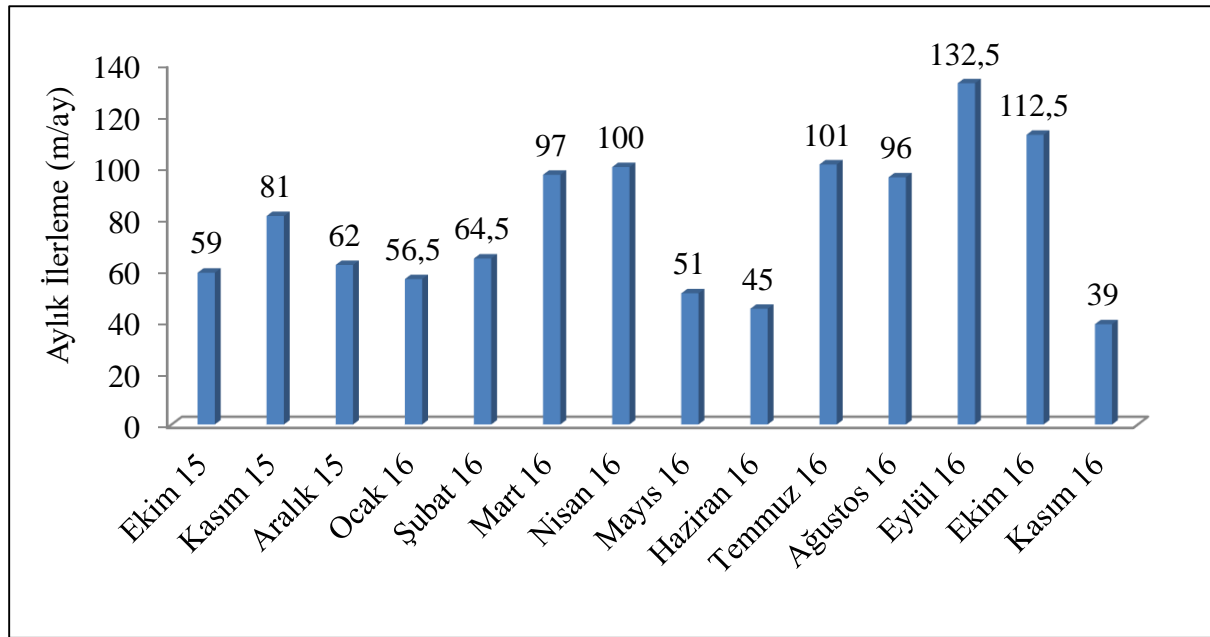
12	Zincirli konveyör döküş dişlisi dış kırılması	175	Zincir uzamaları ve zincir kilitlerinin civatalarının gevşemesi, taş sıkışmaları, zincir gerdirme düzeneğinin çalışmaması, gerdirme yapılmaması, zincirin diş yuvasına oturmaması	Yedek döküş dişlisi temini, eski dişliye diş kaynağı yapılması, zincir takımının komple değişimi, gerdirme ayarlarının düzgün yapılması
13	Kumanda paneli arızası	120	Ana kartın zarar görmesi, sigorta yanması, kumanda içi kablo bağlantılarının gevşemesi ve kopması, kumandaya su kaçması, kumanda bataryasının arızalanması,	Yedek kumandanın devreye alınması, kartın ve sigortaların değiştirilmesi, su altında çalışmama ve kumandanın muhafazaya alınması, kumandanın doğru kullanılması, resetlenmesi,
14	Köprü bandı ek yeri kopması	140	Köprü bandı ek yerinin aşınması, menteşe çivilerinin düzgün çakılmaması, menteşelerin talazlıklara takılması	Köprü bandı kayışı menteşe çivilerin düzgün çakılması, ek yeri bağlantılarının düzgün yapılması, çivilerin eksiksiz takılması,
15	Zincirli konveyör sacının yukarı kalması ve makine kontrol panelinin yukarı kalkması kabloların ve soketlerin zarar görmesi	4000	Patlatma sonucu iri taşların açığa çıkması, patlatma delik aralarının fazla delinmesi, delik sayısının azaltılması	İri taşların zincirli konveyöre girmeden kırılması, patlatma delik aralarının azaltılması, delik sayısının artırılması
16	Su sisi püskürtme sistemi arızası	90	Su yetersizliği, filtrelerin tıkanması, şartlandırıcı yağının kirlenmesi, su sisi püskürtme sisteminin komple kirlenmesi	Su sisi püskürtme şartlandırıcı yağının değiştirilmesi ve temizliği, Su sisi püskürtme memelerinin temizlenmesi, kesici kafaya giden su sisi hortumunun değiştirilmesi ve kontrolü
17	Platform döner motor yağ kaçırması	130	Platform döner motorundaki keçelerin zarar görmesi,	Yedek döner motorun takılması, eski döner motorun keçelerinin değiştirilmesi,
18	Kesici kafa redüktörü keçe ve V-ringlerin zarar görmesi	1600	Kesici kafaya gres basılmaması	Kesici kafanın gresleme noktalarından greslenmesi, yedek keçe ve V-ring temini

Çizelge 8.7’de görüldüğü gibi makinede birçok arıza meydana gelmiştir. En çok meydana gelen arızalar hava ve su yetersizliği olmakla birlikte, kesici kafa uç yuvası kırılmaları, kesici kafa civata kesmeleri ve zincirli konveyör dişlisi dış kırılmaları, hortum patlakları, meydana gelen

genel arızalardır. Bu arızaların minimuma indirilmesiyle birlikte makine performanslarında büyük artışlar sağlanacaktır.

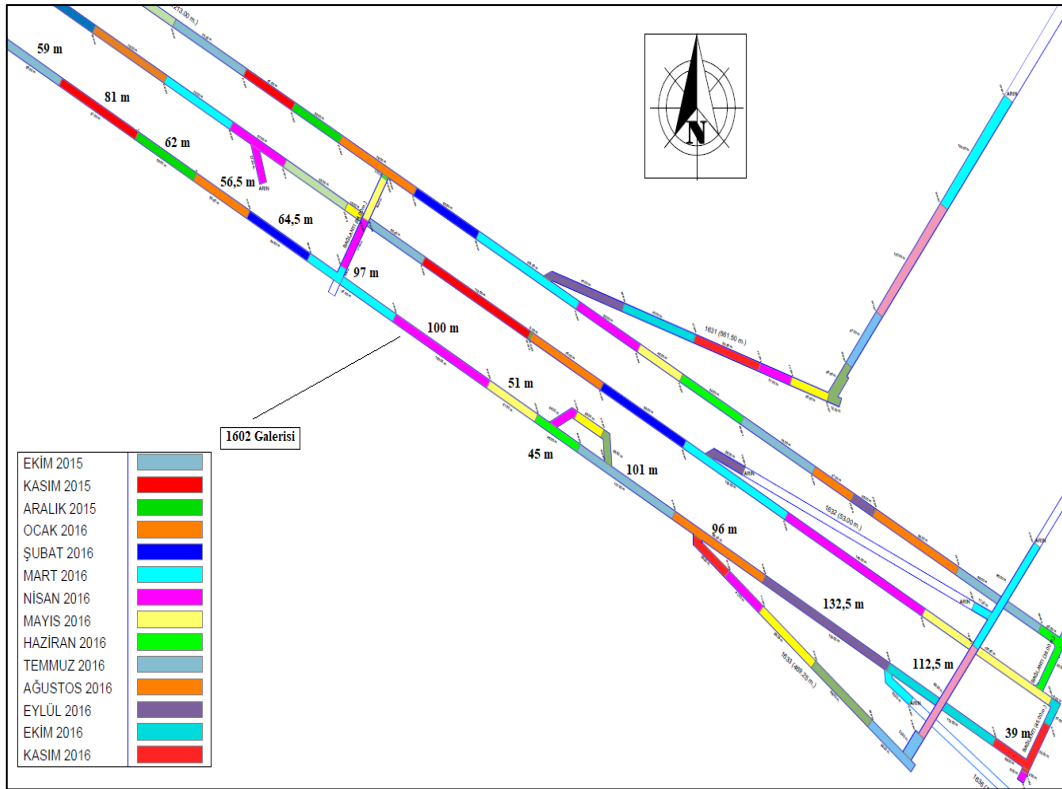
8.2 1. DH R75T KGAM PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Amasra bölgesinde iki adet DH R75T galeri açma makinesi bir yıl boyunca işletmede galeri ilerlemelerinde kullanılmıştır. Bu makinaların bir adedi yani 1. DH R75T model 1602 no'lu galeride 14 ayda toplam 1042 m kazı yaparak ayda ortalama 74 m ilerleme kaydetmiştir. 2. DH R75T model galeri açma makinesi ise 3704 ve 1631 no'lu üst taban yollarında toplamda 13 ayda 1115 m kazı yaparak ayda ortalama 86 m ilerleme kaydedilmiştir. Yürüyüş, delici makine, zincirli konveyör ve köprü bandı sistemlerinin tümü DH R60T model ile aynı özelliklere ve fonksiyonlara sahiptir. 1.DH R75T model galeri açma makinesi ilerleme miktarları günlük 3 vardiya boyunca kayıt altına alınmıştır. Bu süreçte keski tüketimleri, kesici kafa motoru akım değerleri, farklı markalarda keski denemeleri, arıza ve bakım süreleri, tahkimat süreleri, makinadan yararlanma oranı ve net kazı hızları değerlendirilmiştir. Kumtaşı gibi sert formasyonlarda uç sarfiyatlarını düşürmek için ara ara delme – patlatma gerçekleştirilmiştir. Şekil 8.26'de 1.DH R75T model galeri açma makinesinin aylık ilerleme miktarları gösterilmiştir.



Şekil 8.26 1.DH R75T galeri açma makinesinin aylık ilerleme miktarları.

Şekil 8.26'de görüldüğü gibi aylık ilerleme miktarları 39,5 m ile 132,5 m arasında değişmektedir. En son ay yapılan ilerlemede galeriler birleştiği için makine kazı işlemlerini bitirip başka bir galeride kullanılmak üzere hazırlanmaya başlanmıştır. Mayıs ve haziran ayında silttaşı ve kömür gibi kayaçlara rastlanmasına rağmen aylık ilerlemelerinin düşük olmasının nedeni bu aylarda bu makinede meydana gelen yürüyüş paletindeki zincir baklası kırılmalarıdır. Ortalama üç günde bir kez bakla kırıldığından tamir, bakım ve onarımdan dolayı çok fazla zaman kaybedilmiştir. Bu tür arızaların çok yaşanmasından dolayı komple yürüyüş paletlerinin çıkarılıp baklaların birbirine eklenmesi ve yedeklerinin takılması üç gün sürmüştür. Buna ek olarak aynı aylarda galeri içerisinde sulu zeminde ilerlenmesinden dolayı kumanda paneline su girmiş ve kumanda paneli devreleri zarar görmüştür. Bununla birlikte panelin ana kart sigortası yanmış ve yazılımları zarar görmüştür. İki adet arızalı kumandadan sağlam olan parçalar birbirlerine monte edilerek bir adet çalışan kumanda yapılarak çalışır hale getirilmiştir. Kumanda arızasının giderilmesi iki gün sürmüştür. Yürüyüş paletlerinin komple değiştirilmesi ve kumanda arızalarının giderilmesinden sonra ilerleme miktarlarında büyük miktarda artış gözlenmiştir. Bu aydan sonraki 4 ay içinde ortalama 110 m ilerleme kaydedilmiştir. Şekil 8.27'te aylık ilerleme miktarları plan üzerinde gösterilmiştir.



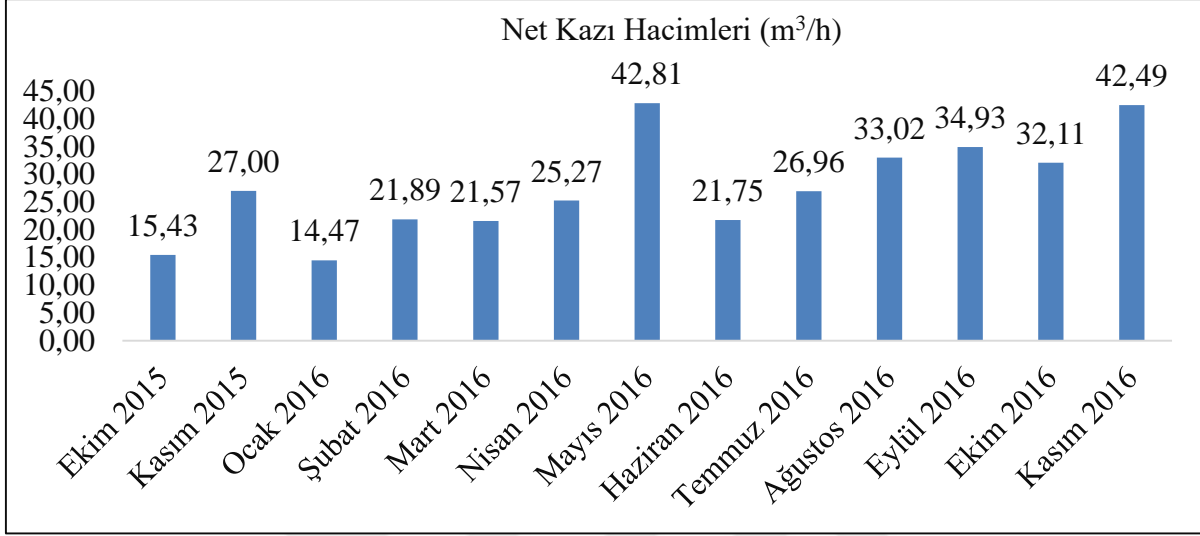
Şekil 8.27 1.DH R75T aylık ilerleme miktarları ve planı.

Şekil 8.27’de plan üzerinde gösterilen birimlerde kumtaşı, silttaşı, kömür ve kıltaşı kayaç türlerine rastlanmıştır. Kömür ara kesmelerinde ise şiferton kayaç türüne de yer yer rastlanmıştır. Bu kayaç birimlerin makine kazı yaparken net kazı hacimleri yerinde ölçülerek makinenin bir saat içerisindeki kazı hacimleri her vardiya kayıt altına alınmıştır. Bu net kazı hacimlerinden yola çıkılıp makinenin kesici kafa motorundaki akım değerleri alınarak spesifik enerji değerleri kumtaşı, silttaşı, kıltaşı ve kömür kayaç türlerinde hesaplanmıştır. Arızalar, tamir ve bakım, tahkimat ve diğer bekleme süreleri de kayıt altına alınarak makinadan faydalanma oranı hesaplanmıştır. Çizelge 8.8’de 1.DH R75T galeri açma makinesine ait aylık ilerleme miktarları ve net kazı hacimleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.8 1.DH R75T aylık ilerleme miktarları ve net kazı hacimleri.

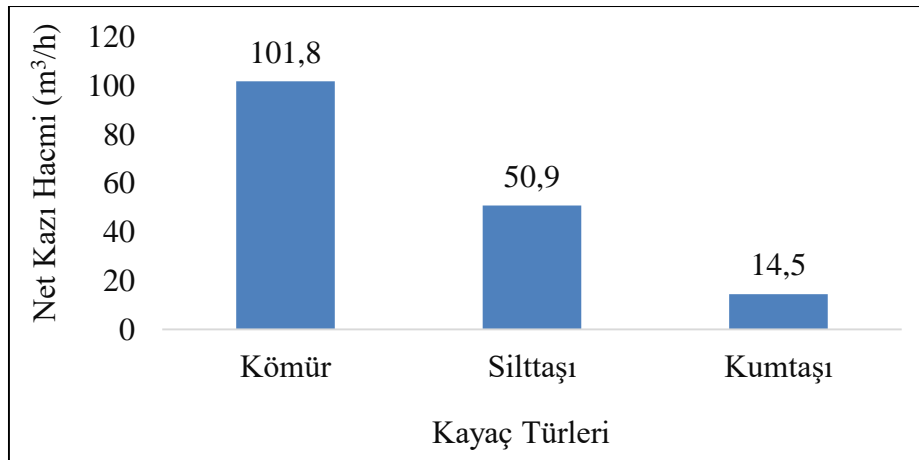
AYLAR	2015	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Delme-Patlatma (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)
	9	Eylül	Kumtaşı - Silttaşı		52	0	0
10	Ekim	Kumtaşı - Silttaşı	59		1770	114,71	15,43
11	Kasım	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	77	4	2310	85,55	27,00
12	Aralık	Kumtaşı	0	62	0	0	0,00
2015 YILI TOPLAM - ORTALAMA			136	118	4080	200,26	20,37
AYLAR	2016	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Delme-Patlatma (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)
	1	Ocak	Kumtaşı	8	48,5	240	16,58
2	Şubat	Kumtaşı - Silttaşı	62,5	2	1875	85,64	21,89
3	Mart	Kumtaşı - Silttaşı	71	26	2130	98,76	21,57
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı	0	68	0	0	0,00
		Kumtaşı - Kömür	23	9	690	27,30	25,27
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	51		1530	35,74	42,81
6	Haziran	Kumtaşı - Silttaşı	37		1110	37,01	29,99
		Kumtaşı	8		240	17,76	13,51
7	Temmuz	Kumtaşı	25		750	38,09	19,69
		Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	76		2280	66,61	34,23
8	Ağustos	Silttaşı - Kömür	96		2880	87,23	33,02
9	Eylül	Silttaşı - Kömür	132,5		3975	113,79	34,93
10	Ekim	Silttaşı	112,5		3375	105,1	32,11
11	Kasım	Silttaşı	39		1170	27,53	42,49
2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			634,5	153,5	19035	758,14	25,11
2015 - 2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			770,5	271,5	23115	958,40	24,12

Çizelge 8.8'e bakıldığında net kazı hacimleri 13,51– 42,81 m³/h arasında değişkenlik göstermiştir. Net kazı hacimleri özellikle siltaşı ve kömür kayaç birimlerinde yükselmiştir. Galeri açma makinesinin kazı boyunca gerçekleştirdiği ortalama net kazı hacmi 24,12 m³/h olarak hesaplanmıştır. Şekil 8.28'da aylık net kazı hacimleri gösterilmiştir.



Şekil 8.28 1.DH R75T aylık ortalama net kazı hacimleri.

Kazılan kayaç birimlerinde ayrı ayrı olarak net kazı hızları tespit edilmiştir. Kumtaşı, siltaşı ve kömür kayaç biriminde yapılan net kazı hızlarının ortalama değerleri Şekil 8.29'da belirtilmiştir. Buna göre en yüksek net kazı hacmi kömürde, en az ise kumtaşında olduğu görülmektedir.



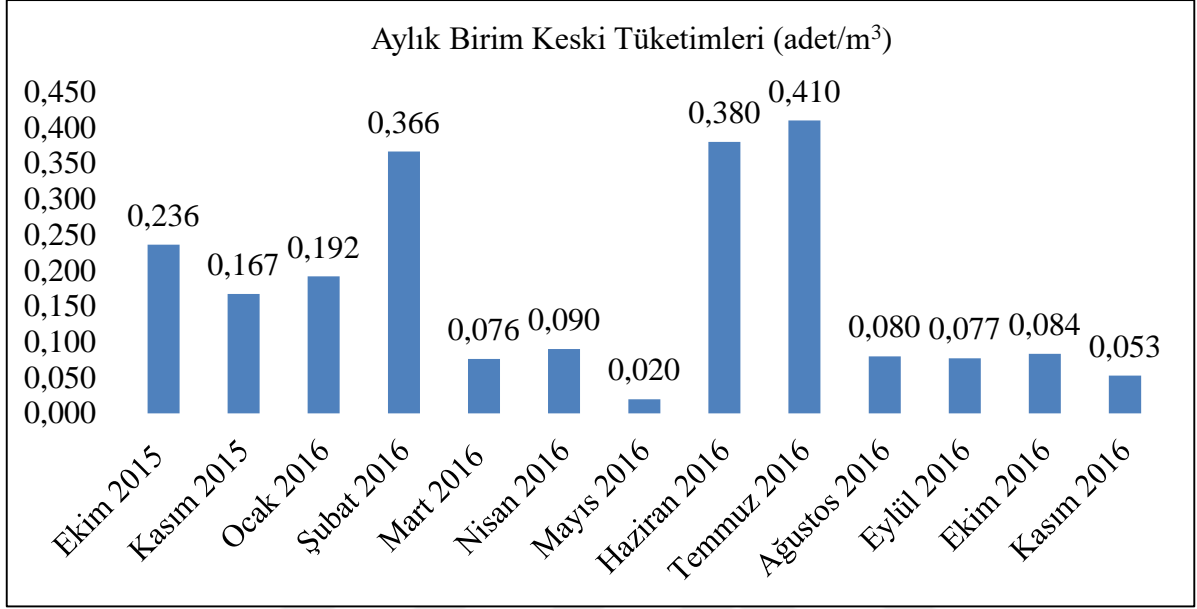
Şekil 8.29 1.DH R75T kayaç türlerine göre net kazı hacimleri.

Kesilen her bir kayaç birimi için keski tüketimleri kayıt altına alınarak hangi kayaç birimlerinde hangi markadan ne kadar keski tüketimi gerçekleştiği Çizelge 8.9'da gösterilerek belirtilmiştir.

Çizelge 8.9 1.DH R75T aylık keski tüketimleri ve kullanılan markalar.

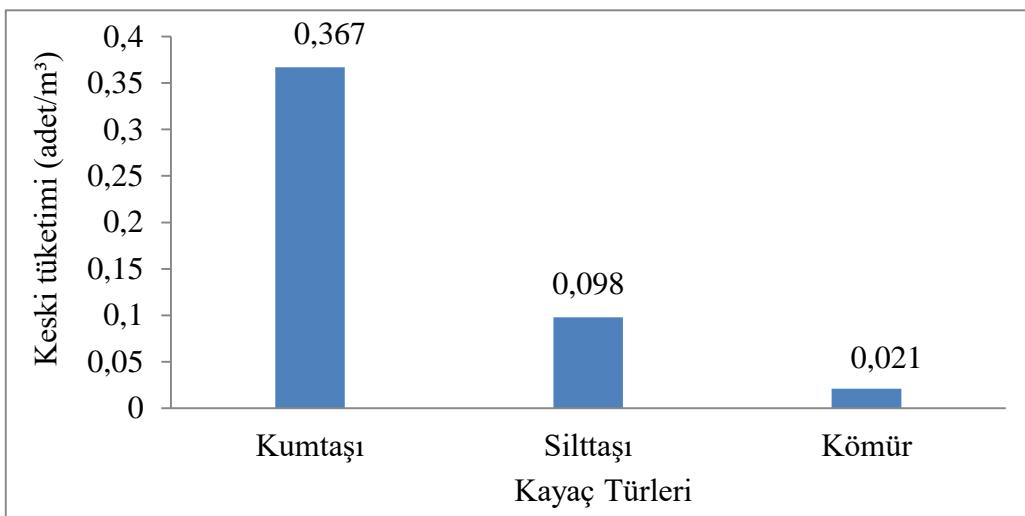
AYLAR	2015						
	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Keski Markası	Keski Tüketimi (adet)	Birim Keski Tüketimi (adet/m ³)	
9	Eylül	Kumtaşı - Siltaşı	0	0	Betek	0	0
10	Ekim	Kumtaşı - Siltaşı	59	1770	Betek	418	0,24
11	Kasım	Kumtaşı - Siltaşı - Kömür	77	2310	Betek	386	0,17
12	Aralık	Kumtaşı	0	0	Betek	196	0,00
2015 YILI TOPLAM - ORTALAMA			136	4080		1000	0,20
AYLAR	2016						
	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Keski Markası	Keski Tüketimi (adet)	Birim Keski Tüketimi (adet/m ³)	
1	Ocak	Kumtaşı	8	240	AM105 Sandvik	46	0,19
2	Şubat	Kumtaşı - Siltaşı	62,5	1875	AM105 Sandvik	687	0,37
3	Mart	Kumtaşı - Siltaşı	71	2130	AM105 Sandvik	162	0,08
4	Nisan	Kumtaşı - Siltaşı	0	0	AM105 Sandvik	190	0,00
		Kumtaşı - Kömür	23	690	Sunrise	64	0,09
5	Mayıs	Kumtaşı - Siltaşı - Kömür	51	1530	Sunrise	34	0,02
6	Haziran	Kumtaşı - Siltaşı	37	1110	Sunrise	277	0,25
		Kumtaşı	8	240	Technong	32	0,13
7	Temmuz	Kumtaşı	25	750	Technong	218	0,29
		Kumtaşı - Siltaşı - Kömür	76	2280	China Coal	270	0,12
8	Ağustos	Siltaşı - Kömür	96	2880	China Coal	230	0,08
9	Eylül	Siltaşı - Kömür	132,5	3975	AM105 (CST)	306	0,08
10	Ekim	Siltaşı	112,5	3375	AM105 (CST)	282	0,08
11	Kasım	Siltaşı	39	1170	Sunrise	62	0,05
2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			634,5	19035		2860	0,13
2015 - 2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			770,5	23115		3860	0,17

Şekil 8.30'da aylık keski tüketimleri ayrıntı olarak gösterilmiştir. Buna göre keski tüketimleri ayda 0,020 – 0,41 adet/m³ arasında değişkenlik göstermektedir. Keski tüketimlerinin ortalama değeri 0,172 adet/m³'tür.



Şekil 8.30 1.DH R75T aylık birim keski tüketimleri.

Şekil 8.31'de ise galeri açma makinesinin kumtaşı, siltaşı ve kömür kayaç birimlerinin ayrı ayrı olarak birim keski tüketimleri gösterilmiştir.



Şekil 8.31 1.DH R75T kayaç türlerine göre keski tüketimleri.

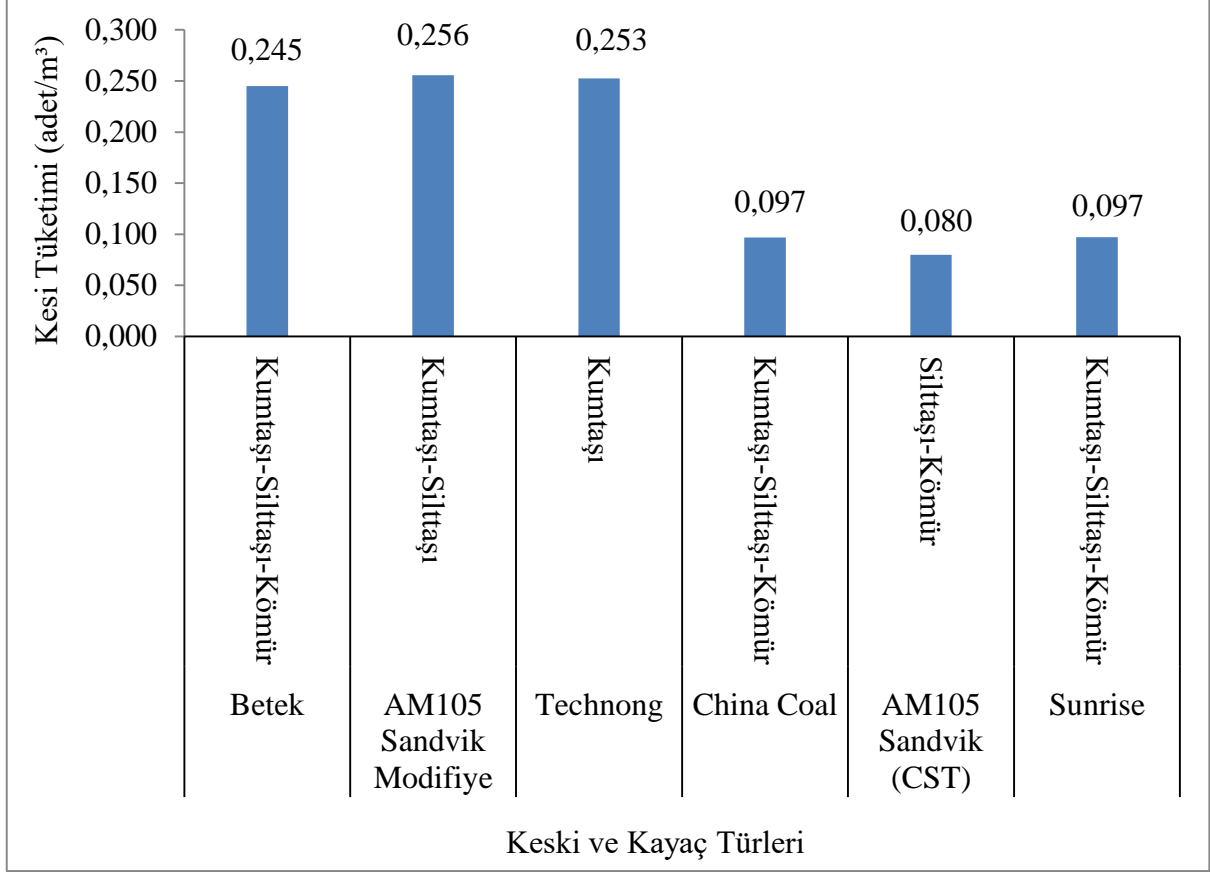
1.DH R75T model galeri açma makinesinde en az 250 adet deneme amaçlı olmak üzere bu uçların her biri mümkün olan kayaç birimlerinde denenmiştir. Denemeye tabi tutulan kesici uçlar ve maliyetleri hakkında Çizelge 8.10’da belirtildiği gibi sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 8.10 1.DH R75T keski markalarının karşılaştırılması.

Keski Markası	Metal Alaşımı	Kayaç Türleri	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Keski Sarfiyatı (adet)	Birim Keski Tüketimi (adet/m ³)	Birim Maliyet (TL/adet)	Toplam Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ³)
Betek	34MnCrB ₄ +Ti	Kumtaşı-Silttaşı-Kömür	136	4080	1000	0,25	57.82	57.828,40	14,17
Am105 Sandvik Modifiv	34MnCrB ₄ +Ti	Kumtaşı-Silttaşı	141,5	4245	1085	0,26	39.35	42.700,18	10,05
Technong	42CrMo ₄	Kumtaşı	33	990	250	0,25	47,72	11.931,00	12,05
China Coal	42CrMo ₄	Kumtaşı-Silttaşı-Kömür	172	5160	500	0,09	42,60	21.300,50	4,12
AM105 Sandvik (CST)	34MnCrB ₄ +Ti	Silttaşı-Kömür	245	7350	588	0,08	30,04	17.664,70	2,40
Sunrise	42CrMo ₄	Kumtaşı-Silttaşı-Kömür	150	4500	437	0,09	40,13	17.517,50	3,89

*1 dolar= 2,972 TL, 1 Euro=3,228 TL, 1 Yuan=0,454 TL

Çizelge 8.10'a bakıldığında keski markalarının kayaç birimlerinde ne kadar keski tüketimi gerçekleştirdiği Şekil 8.32'de gösterilmiştir.

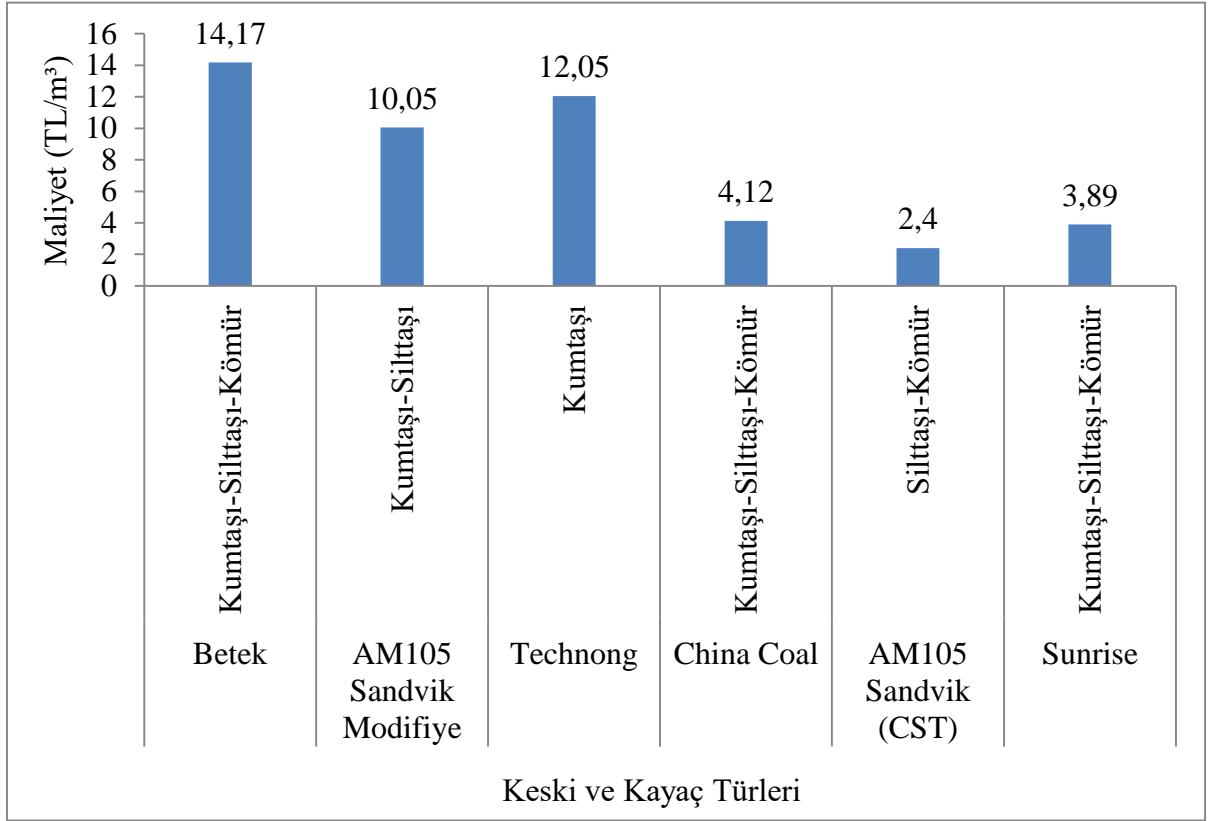


Şekil 8.32 1.DH R75T de kullanılan konik keski tüketimlerinin karşılaştırılması.

Şekil 8.32 incelendiğinde metal alaşımı 42CrMo₄ olan Technong, Sunrise ve China Coal keski arasında aynı kayaç birimleri içerisinde kazı fırsatı bulunan Sunrise ve China Coal uçları karşılaştırıldığında keski tüketimleri 0,097 adet/m³ olduğu görülmektedir. Technong keski ise kumtaşı kayaç biriminde mevcut uçlar ile 0,253 adet/m³ olarak belirlenmiştir. Aynı model keski DH R60T model galeri açma makinesinde tüm kayaç birimlerinde deneme fırsatı bulunduğundan bu makine ile kazıda keski tüketimi 0,210 adet/m³ olarak belirlenmiştir. Tüm kayaç birimlerinde deneme fırsatı bulunan bu metal alaşımına sahip keski seçiminde keski seçimi için maliyet önemli bir faktörü önemli bir rol oynamaktadır.

Metal alaşımı 34MnCrB₄+Ti olan Betek, AM105 Sandvik modifiye ve AM105 Sandvik (CST) keskilere bakıldığında aynı kayaç türleri içerisinde deneme fırsatı bulunan Betek ve AM105 Sandvik modifiye keski karşılaştırıldığında Betek keski 0,245 adet/m³ ve AM105 Sandvik

modifiye keski 0,256 adet/m³ olarak belirlenmiştir. Keski tüketim değerleri her iki makine için çok yakın olduğundan burada da bu metal alaşıma sahip keski için maliyet faktörü öne çıkmaktadır. AM105 Sandvik (CST) keski için kumtaşı kayaç birimi içerisinde deneme fırsatı bulunmadığından en düşük keski tüketimi bu marka keski meydana geldiği görülmüştür. Şekil 8.33’de keski markalarının deneme fırsatı bulunan kayaç türleri içerisindeki maliyet karşılaştırmaları gösterilmiştir.



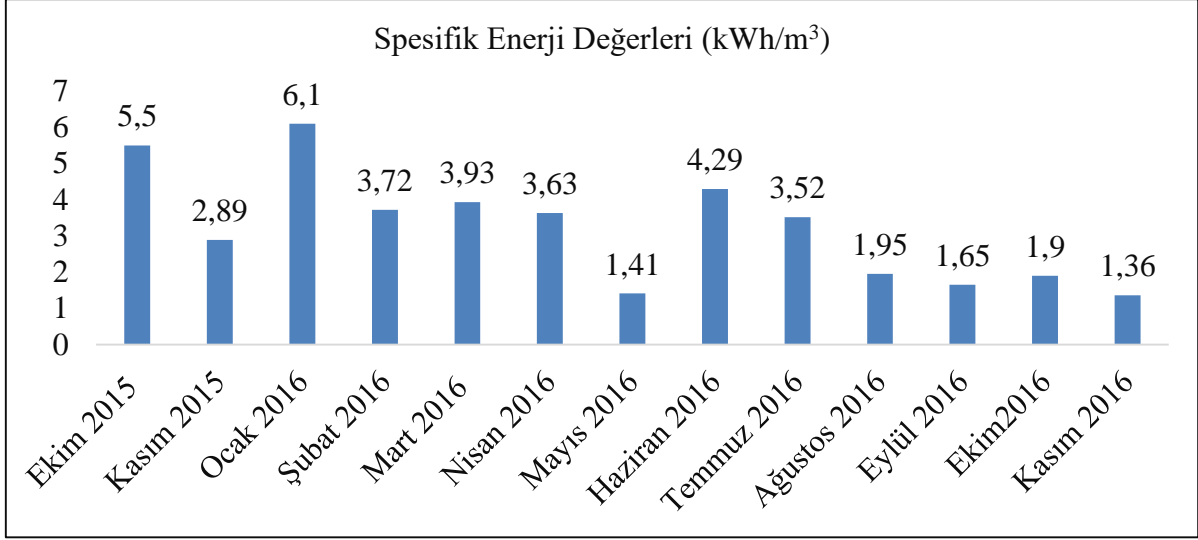
Şekil 8.33 1.DH R75T keski markaları ve maliyet karşılaştırmaları.

Şekil 8.33’de görüldüğü gibi keski maliyetleri karşılaştırıldığında 1.DH R75T keski için en uygun maliyet AM105 Sandvik (CST) olmasına rağmen bu tip keski kumtaşı gibi sert kayaç birimi içerisinde kazı yapmadığından dolayı en uygun keski Sunrise olarak uygun görülmektedir. Bunun yanında kumtaşı gibi sert kayaçlarda kazı yapan aynı metal alaşımına sahip Betek, AM105 Sandvik karşılaştırıldığında AM105 keskinin daha uygun görülmektedir. Betek keski markası en yüksek maliyet oranına sahip keskidir. Betek keski pahalı olmasına rağmen simetrik aşınma ve tungsten karbür ucunun kırılmaması açısından diğer uçlara nazaran daha kalitelidir. Çizelge 8.11’de aylara göre spesifik enerji değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.11 1.DH R75T aylara göre spesifik enerji değerleri.

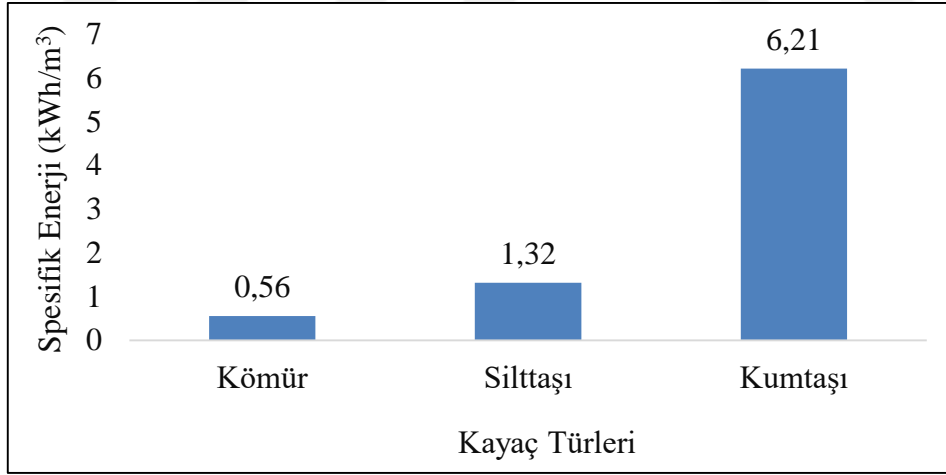
AYLAR	2015	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	Ort. Amper (A)	Kesici Kafa Güç (kW)	Spesifik Enerji (kWh/m ³)
9	Eylül	Kumtaşı - Silttaşı		0	0	0	0		0
10	Ekim	Kumtaşı - Silttaşı	59	1770	114,71	15,43	125	169,74	5,5
11	Kasım	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	77	2310	85,55	27,00	115	156,16	2,89
12	Aralık	Kumtaşı	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00
2015 YILI TOPLAM - ORTALAMA			136	4080	200,26	20,37	120	162,95	4,19
AYLAR	2016	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	Ort. Amper (A)	Kesici Kafa Güç (kW)	Spesifik Enerji (kWh/m ³)
1	Ocak	Kumtaşı	8	240	16,58	14,47	130	176,53	6,10
2	Şubat	Kumtaşı - Silttaşı	62,5	1875	85,64	21,89	120	162,95	3,72
3	Mart	Kumtaşı - Silttaşı	71	2130	98,76	21,57	125	169,74	3,93
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00
		Kumtaşı - Kömür	23	690	27,30	25,27	135	183,32	3,63
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	51	1530	35,74	42,81	90	122,21	1,41
6	Haziran	Kumtaşı - Silttaşı	37	1110	37,01	29,99	125	169,74	2,83
		Kumtaşı	8	240	17,76	13,51	150	203,69	7,53
		Kumtaşı	25	750	38,09	19,69	155	210,48	5,34
7	Temmuz	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	76	2280	66,61	34,23	125	169,74	2,48
8	Ağustos	Silttaşı - Kömür	96	2880	87,23	33,02	95	129,00	1,95
9	Eylül	Silttaşı - Kömür	132,5	3975	113,79	34,93	85	115,42	1,65
10	Ekim	Silttaşı	112,5	3375	105,1	32,11	90	122,21	1,90
11	Kasım	Silttaşı	39	1170	27,53	42,49	85	115,42	1,36
2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			634,5	19035	758,14	25,11	116,43	157,72	3,37

Çizelge 8.11'e bakıldığında 1. DH R75T model kollu galeri açma makinesi için kesici kafa amper değerleri kayıt altına alınarak spesifik enerji değerleri hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre değerler analiz edildiğinde Şekil 8.34'de spesifik enerji değerleri aylık olarak gösterilmiştir.



Şekil 8.34 1.DH R75T aylık ortalama spesifik enerji değerleri.

Şekil 8.33'e bakıldığında spesifik enerji değerinin 1,41-6,1 kWh/m³ arasında değiştiği görülmektedir. Galeri açma makinasının tüm kazı boyunca ortalama spesifik enerji değeri 3,78 kWh/m³ olarak belirlenmiştir. Kayaçların ayrı ayrı spesifik enerji değerleri ise Şekil 8.35'de gösterilmiştir.



Şekil 8.35 1.DH R75T kayaç türlerine göre spesifik enerji değerleri.

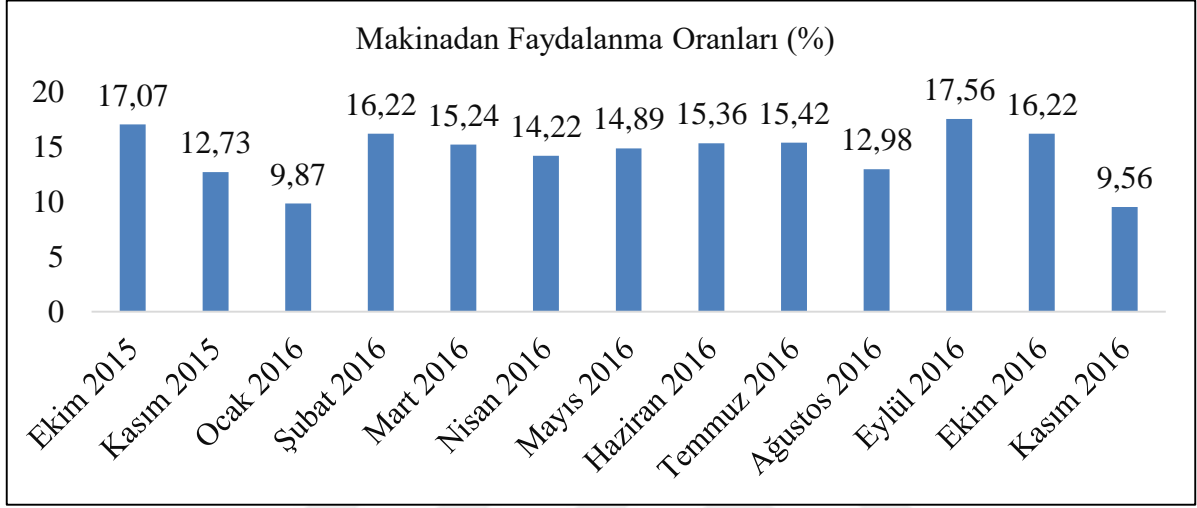
1.DH R75T model kollu galeri açma makinesi Ekim ayında kazıya başlayarak her türlü kayaç içerisinde 30 günlük çalışma süresi boyunca makineden faydalanma oranı hesaplanmıştır. Günlük iş organizasyonları 3 vardiya devam etmekle birlikte, bir vardiyada çalışma süresi 7,5 saat sürmektedir. Kazı süresi, halat saplama ve kaya saplama süresi, çelik hası süresi, TH

montajı, arıza ve bakım süreleri ayrı ayrı kayıt altına alınarak Çizelge 8.12’de görüldüğü gibi makinadan faydalanma oranları belirlenmiştir.

Çizelge 8.12 1.DH R75T aylara göre makinadan faydalanma oranları.

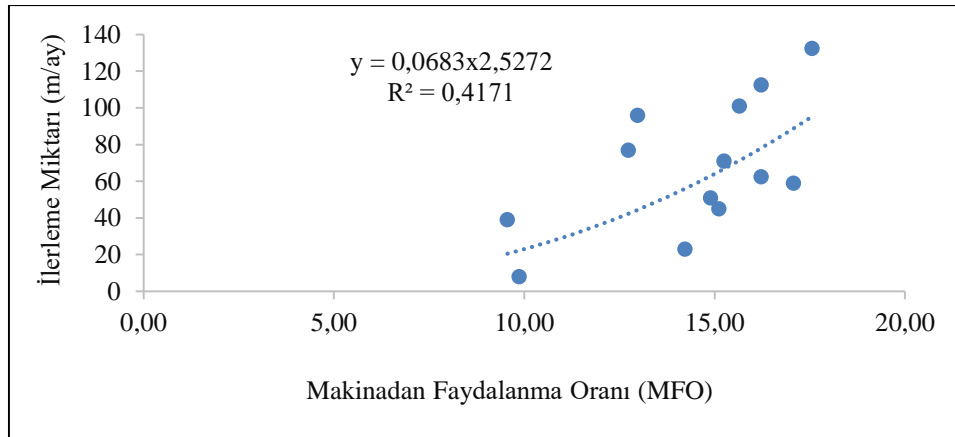
AYLAR	2015						
		Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	(MFO) (%)
9	Eylül	Kumtaşı - Siltaşı		0	0	0	0
10	Ekim	Kumtaşı - Siltaşı	59	1770	114,71	15,43	17,07
11	Kasım	Kumtaşı - Siltaşı - Kömür	77	2310	85,55	27,00	12,73
12	Aralık	Kumtaşı	0	0	0	0,00	0
2015 YILI TOPLAM - ORTALAMA			136	4080	200,26	20,37	14,90
AYLAR	2016						
		Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	(MFO) (%)
1	Ocak	Kumtaşı	8	240	16,58	14,47	9,87
2	Şubat	Kumtaşı - Siltaşı	62,5	1875	85,64	21,89	16,22
3	Mart	Kumtaşı - Siltaşı	71	2130	98,76	21,57	15,24
4	Nisan	Kumtaşı - Siltaşı	0	0	1	0,00	0,00
		Kumtaşı - Kömür	23	690	27,30	25,27	14,22
5	Mayıs	Kumtaşı - Siltaşı - Kömür	51	1530	35,74	42,81	14,89
6	Haziran	Kumtaşı - Siltaşı	37	1110	37,01	29,99	15,42
		Kumtaşı	8	240	17,76	13,51	14,80
		Kumtaşı	25	750	38,09	19,69	15,87
7	Temmuz	Kumtaşı - Siltaşı - Kömür	76	2280	66,61	34,23	15,42
8	Ağustos	Siltaşı - Kömür	96	2880	87,23	33,02	12,98
9	Eylül	Siltaşı - Kömür	132,5	3975	113,79	34,93	17,56
10	Ekim	Siltaşı	112,5	3375	105,01	32,11	16,22
11	Kasım	Siltaşı	39	1170	27,53	42,49	9,56
2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			634,5	19035	758,14	25,11	13,45
2015 - 2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			770,5	23115	958,40	24,12	14,17

izelge 8.15 incelendiğinde makinadan faydalanma oranı yumuşak kayalarda düşük değerlerdedir. Burada kazı süresi az olmasına rağmen halat saplama, kaya saplaması sayılarının artırılması, bağ aralarının 50 cm aralığına düşmesi ve arızaların da yaşanması ile makinadan faydalanma oranı düşmüştür. Şekil 8.36’de aylara göre makinadan faydalanma oranları gösterilmiştir.



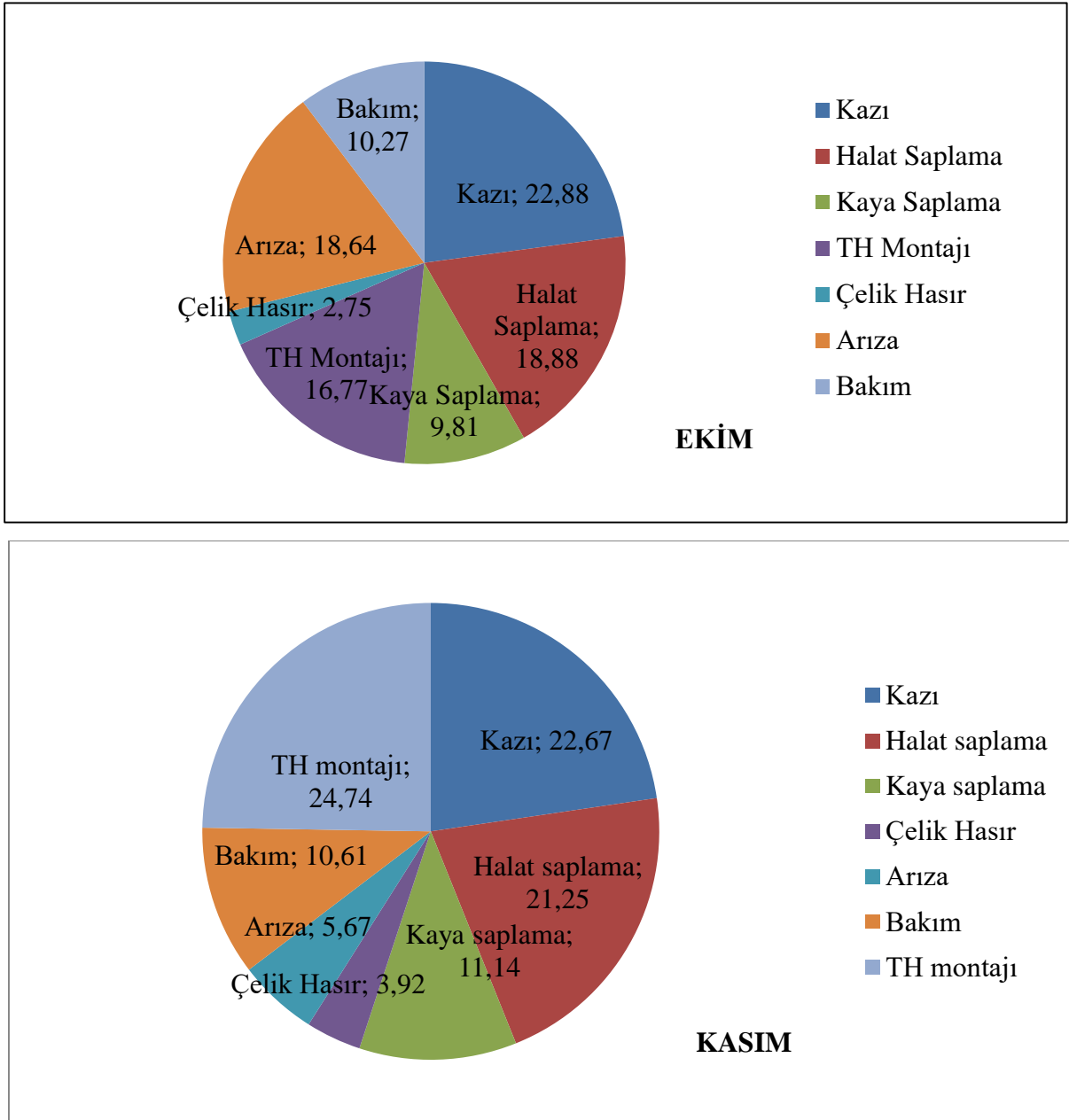
Şekil 8.36 1. DH R75T aylara göre makinadan faydalanma oranları.

Şekil 8.36’de görüldüğü gibi makinadan faydalanma oranı maksimum %14,92 olarak belirlenmiştir. Makinadan faydalanma oranı kazı süresi boyunca ortalama %11’dir. Bu değerler ilerleme miktarları ile korelasyon analizi yapıldığında Şekil 8.37’de görüldüğü gibi ilişki belirlenmiştir.



Şekil 8.37 1.DH R75T makinadan faydalanma oranı ve ilerleme miktarı arasındaki ilişkisi.

Şekil 8.37'e bakıldığında R= 0,41 değerine sahip olan korelasyon ile 1.DH R75T galeri açma makinesinin makineden faydalanma oranının %20 olabilmesi için 140 m ilerleme yapması gerekmektedir. Makine ile yapılan en yüksek ilerleme 132,5 m'dir. Makinadan faydalanma oranına etki eden en önemli faktörler tahkimat, bakım ve arızalara harcanan sürelerdir. 1.DH R75T model galeri açma makinesinin performans değerlendirmesine bu açıdan bakıldığında makinenin ilk 2 aya ait arıza, bakım, tahkimat ve kazı süreleri değerlendirilerek Şekil 8.38'de gösterilmiştir.



Şekil 8.38 Ekim ve kasım ayı performans değerlendirmesi.

Şekil 8.38'e bakıldığında makinenin ilk ayda tahkimat süresi toplam sürenin %48,21'ini oluşturmaktadır. Diğer süreler %22,88 kazı, %18,64 arıza, ve %10,27 bakımı oluşturmaktadır Kumtaşı biriminde kazı sırasında titreşimlerin yüksek olması doğal olarak arıza ve bakım sürelerinin de yükselmesine neden olmuştur. Kasım ayında ise siltaşı ve kömür girildiğinden tahkimat süresi artarak toplam sürenin %60'ını oluşturmuştur. Siltaşı ve kömür biriminde kazının rahat olması dolayısıyla arıza sürelerinde azalma meydana gelmiştir. Çizelge 8.13'de galeri açma makinasının galeri ilerlemeleri boyunca meydana gelen arıza türleri ve süreleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.13 1.DH R75T galeri açma makinasında meydana gelen arıza türleri ve süreleri.

Arıza Türü	Ortalama Süre (dk)	Nedenler	Çözümler
1 Su yetersizliği	90	Depoda suyun bitmesi ve belediyedeki suların kesilmesi	Yeraltına devir daim tankının kurulması ve yedek deponun monte edilmesi
Su sisi korumalığının kırılması	320	Makinenin su sisi korumalığının kazı yapma esnasında bağlara çarpması	Doğru makine kullanımı, deneyimli operatörün makine kullanımı
3 Kumanda paneli kesici kafa butonu arızası	220	Operatörün butonu hassas kullanmaması	Operatörün kumandayı doğru bir şekilde kullanılması
4 Kesici kafa uç yuvası kırılması	780	Formasyon sertliği, yanlış bir şekilde tarama yapılması	Tarama sırasında kesici kafanın arına fazla baskı yapmadan kazı yapılması, deneyimli operatörün makine kullanması
5 Su sisi püskürtme koruyucunun yerinden çıkması	80	Sert formasyondan kaynaklanan titreşimlerden dolayı civatalarının gevşemesi	Su sisi korumalığına kaynak yapılması, kazı sırasında operatörün kesici kafa baskı kuvvetinin azaltılması
6 Platform döner motorun rekorunun kırılması	180	Sert formasyondan kaynaklanan titreşimlerden dolayı civatalarının gevşemesi,	Rekorun değiştirilmesi, kazı sırasında operatörün kesici kafa baskı kuvvetinin azaltılması
7 Zincirli konveyör döküş dişlisi dış kırılması	200	Zincir uzamaları ve zincir kilitlerinin civatalarının gevşemesi, taş sıkışmaları, zincir gerdirme düzeneğinin çalışmaması, gerdirme yapılmaması, zincirin dış yuvasına oturmaması	Yedek döküş dişlisi temini, eski dişliye diş kaynağı yapılması, zincir takımının komple değişimi, gerdirme ayarlarının düzgün yapılması
8 Zincir ve zincir kilidi kırılmaları	90	Konveyör döküş dişlisinde kırık diş ile çalışılması, Zincir uzamaları ve zincir kilitlerinin civatalarının gevşemesi, taş sıkışmaları, zincir gerdirme düzeneğinin çalışmaması, gerdirme yapılmaması, zincirin dış yuvasına oturmaması	Yedek döküş dişlisi temini, eski dişliye diş kaynağı yapılması, zincir takımının komple değişimi, gerdirme ayarlarının düzgün yapılması, iri taşların konveyöre girmeden kırım yapılması

Çizelge 8.13 (devam ediyor).

9	Kuyruk bandının düşmesi	195	Makinanın pasa üzerine çıkarılması sebebiyle kuyruk bandı makine ile bağlantısının döner pim kırılması	Makinanın pasa üzerine çıkarılmadan çalışma yapılması, pim tamir edilip takılması
10	Konveyör dişli sıyrıcısının yerinden çıkması	75	İri parçaların dişli ile sıyrıcı arasında sürtünme yapması, sıyrıcının aşınması	İri taşların konveyöre girmeden kırılması
11	Konveyör palet kırılması	60	Zincir kilitlerinin civatalarının gevşemesi ve konveyör paletlerinin bükülmesi, deforme olması	Civataların kontrol edilmesi, sıkılanması, paletlerin prese gönderilip düzeltilmesi ve yeni konveyör paletinin montajı
12	Sulu zeminde makinenin zemine batması ve yürüyememesi	360	Sondajdan ve tavandan gelen suların zemine yayılması, zeminde şlam oluşması	Sondaj yapılırken su tankı bulundurulması, su tankından suyun atılması, suyun zemine yayılmasının engellenmesi, zemine püskürtme beton atılması, şlamli zeminin pasa ile doldurulması
13	Su filtresinin tıkanması	95	Su filtresinin çalkalanıp temizlenmemesi, su hatlarında pislik olması	Su filtresinin her vardiya çalkalanması, su hattına filtre konulması, filtrenin değiştirilmesi
14	Besleme tablası hidrolik hortum patlaması	560	Yıldızların üstüne posta yığılması, iri taşların hortumu kesmesi, hortumun diğer bağlantı noktasından çekilememesi	Hortumun değiştirilmesi, hortumun körlenmesi
15	Köprü bandı kayış kopması	170	Köprü bandı kayışına iri parçaların düşmesi, talazlıklara kayışın değmesi, bandın ayarının bozulması	İri taşların konveyöre girmeden kırılması, bant ayarlarının ve gerdirmelerinin yapılması, talazlıkların düzeltilmesi
16	Zincirli konveyör sacının bükülmesi	800	Delme-patlatma sonrası iri taşların sacın bükülmeye neden olması	İri taşların konveyöre girmeden kırılması, sacın prese sokulması, yedek sac üretimi ve temini
17	Pistonun yağ kaçırmaması	600	Pistonun darbeye maruz kalması sonucu pistonda delik açılması, pistonun yağ kaçırmaması, meydana gelen deliğe kaynak yapılması	Doğru makine kullanımı, pistonun komple değiştirilmesi,
18	Delici ünite hidrolik hortum patlaması	75	Titreşimler nedeniyle zamanla delicinin sarsılması ve rekorların gevşemesi	Hidrolik hortumun değiştirilmesi, delicinin uygun pozisyonda bırakılması, hortumun körlenmesi
19	Kesici kafa dişlisi yağ basıncının düşmesi	360	Kesici kafa redüktörü yağ filtresinin kirlenmesi, yağ seviyesinin düşmesi, yağın ısınması, redüktör içerisindeki nozüllerin hava yapması	Kesici kafa redüktör filtrelerinin temizlenmesi, yağ ekleme yapılması, redüktörün soğumaya bırakılması, nozüllerin değiştirilmesi, filtrenin değiştirilmesi

Çizelge 8.13 (devam ediyor).

20	Hava yetersizliği	30	Hava hatlarının içerisinde su birikmesi, filtrelerin tıkanması, kompresörde su birikmesi	Kompresör bakımları ve suyunun boşaltılması, hava hatlarının uzatılması, filtrelerin temizlenmesi, yedek kompresör, hava hatlarına filtre konulması
21	Yürüyüş paleti bakla kırılmaları	950	Sağ ve sol paletin aynı anda zıt yönde çalıştırılması, istikamet tamburunun genişlemesi, paletin boşlaması, paletin uygun gerginlikte olamaması, alt makaraların dönmemesi, yürüyüş paleti civatalarının gevşemesi ve kesmesi	Doğru makine kullanımı, gerginliğin kontrol edilmesi, istikamet tamburu değişimi, alt makara değişimi, yürüyüş paletinin posta içerisinde çalıştırılmaması, palet baklasının değişimi, komple yürüyüş paleti değişimi, gevşek civataların sıkılması
22	Delici park pozisyonu sensör arızası	200	Park pozisyonu sensörünün yerinden çıkması, titreşimler	Sensörün yerine takılması
23	Kumanda paneli arızası	1320	Kumandanın start butonunun çalışmaması	Start butonun kablo bağlantıları ve switchlerin test edilmesi, yedek kumandayı devreye alma
24	Kumanda paneli arızası	2700	Kumanda paneli içine su kaçması ana kartın zarar görmesi, sigortasının yanması ve platinyumların zarar görmesi yedek kumandanın da arızalı olmasından kullanılamaması	Tavandan su geliri olması durumunda kumandanın su altında bırakılmaması, kumandanın muhafaza edilmesi, dikkatli kullanım, arızalı yedek kumandanın sağlam ana kartını ve platinyumlarının diğer kumandaya monte edilmesi
25	Konveyör gerdirme pistonu valf arızası	150	Valflerin içinde zamanla biriken pislikler	Valflerin temizlenmesi
26	Su sisi püskürtme arızası, kesici kafanın belirli süre çalışıp durması	110	Su yetersizliği, filtrelerin tıkanması	Su deposuna su takviyesi, yedek tankın devreye alınması, su basınç ayarlarının maksimum değerinin düşürülmesi
27	Komple yürüyüş paleti değişimi	5500	R60T ve R75T yürüyüş paletlerindeki baklalarda meydana gelen mevcut çatlaklar,	Her iki makinanın yürüyüş paletlerindeki sağlam baklaların sökülerek biraraya getirilip yeni yürüyüş paleti yapılması
28	Köprü bandı redüktörü mil kırılması	2700	Makinenin geriye doğru manevrası sırasında redüktörün TH bağlara çarpması	Doğru makine kullanımı, geri manevra sırasında köprü bandının kontrolü

Çizelge 8.13 (devam ediyor).

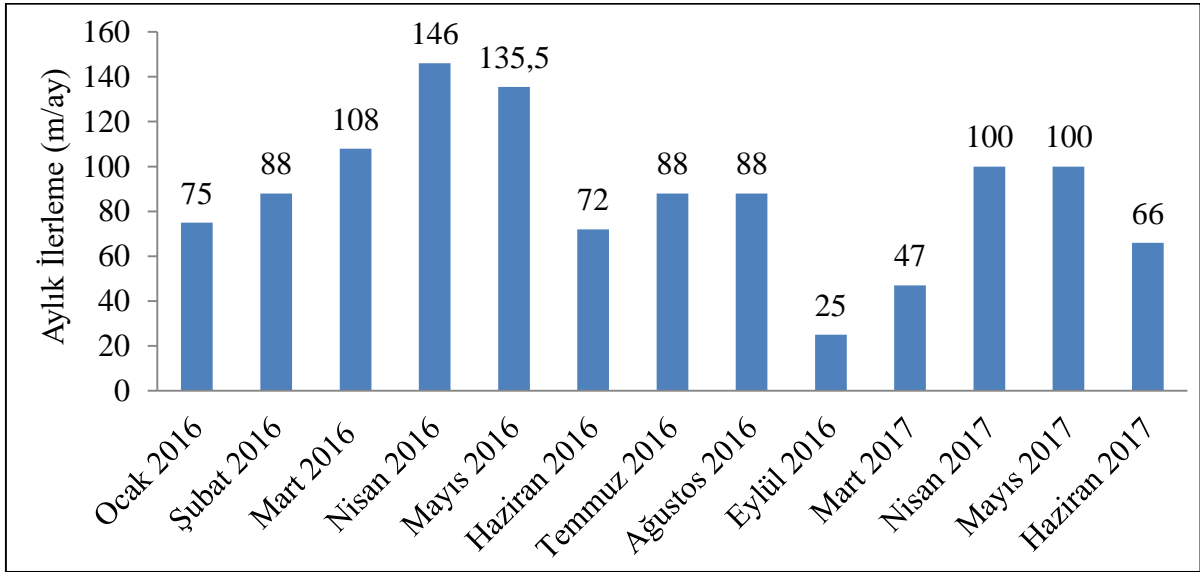
29	Komple zincirli koneyörün zincir takımlarının değiştirilmesi Yürüyüş paletinin piminin çıkması, civataların gevşemesi	500	Zincir uzamaları, mapa kırılmaları, sıyrılcı palet bükülmeleri	Komple zincir değişimi
30		45	Yeni takılan bakla pimlerinin zamanla gevşeyerek dışa çıkması, pim yuvasının açılması	Bakla montajı yapılırken baklaların lukas pompası ile çıkarılması, gevşeyen civataların sıkılması
31	Köprü bandı şasinin kırılması	450	Monorayların düzgün monte edilmemesi, makinenin posta üzerine çıkarıldıktan sonra geri manevra yapılması	Monorayların düzgün monte edilmesi, makinenin posta üzerine çıkarılmaması, operatörün dikkatli kullanımı
32	Yıldız motorunun dönmemesi	2400	Yıldızların posta üzerinde çalıştırılmadan bırakılması, greslemelerinin yapılmaması, yıldızların içinde pislik birikmesi	Yıldızları çalıştırarak biriken postanın alınması, greslemelerinin yapılması, yıldızların içinin temizlenmesi, yedek yıldız motoru montajı, eski motorun bakımı
33	Hidrolik tank sıcaklık yükselmesi	35	Makinenin susuz çalıştırılması, soğutma suyunun miktarının düşmesi, yağ seviyesinin azalması	Makineye gelen su hattının açılması, yağ eklemesi, komple yağ değişimi
34	Kesici kafaya giden hava hortumunun patlaması	50	Kesici kafa bomunun tavan tahkimatı ve taban kazısı yaparken posta üzerine koyması, hortumun sarkması	Kesici kafanın posta üzerine ve posta içerisine daldırılması, hortumların yukarı kaldırılıp bağlanması

Çizelge 8.13 incelendiğinde makinede meydana gelen en büyük ve en çok zaman alan arızalar sırasıyla yürüyüş paleti bakla kırılmalarından dolayı paletlerin komple değişimi, kumanda paneli arızası ve yıldız motorlarının dönmemesinden kaynaklanan arızalardır. Diğer arıza türlerine bakıldığında hava ve su yetersizliği, hortum patlakları ve konveyör zincir baklalarının kırılmasıdır.

8.3 2.DH R75T KGAM PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

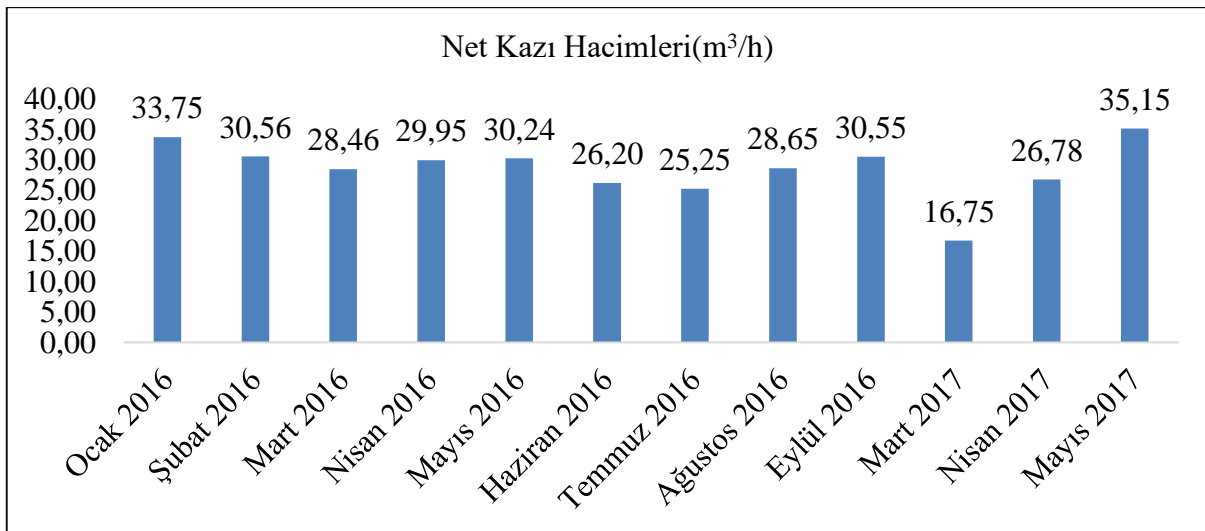
Amasra taşkömürü işletmesi B bölgesinde kullanılan 2.DH R75T model kollu galeri açma makinesi 3704 no'lu ana galeride ve EC300 – 103 üst taban yolu galerisinde 13 ayda toplam 1141 m ilerleme yaparak ortalama 88 m/ay ilerleme gerçekleştirmiştir. Galeri açma makinesine ait 3704 no'lu galeride 9 ayda 883 m ilerleme yaparak ortalama ayda 92 m/ay ilerleme gerçekleştirilmiştir. EC300 – 103 üst taban yolunda ise 4 ayda 313 m ilerleme yaparak ortalama

78 m/ay ilerleme gerçekleştirilmiştir. Şekil 8.39'da 3704 no'lu galeride yapılan aylık ilerlemeler gösterilmiştir.



Şekil 8.39 2.DH R75T aylara göre yapılan ilerlemeler.

Şekil 8.39'da görüldüğü gibi bu makine ile yapılan ilerlemeler diğer makinelere göre daha yüksektir. Galeri açma makinesi kazı sırasında çok fazla kumtaşında kazı gerçekleştirilmemiştir. Şekil 8.40'da ise aylara göre net kazı hacimleri grafikte gösterilmiştir.



Şekil 8.40 2.DH R75T aylık ortalama net kazı hacimleri.

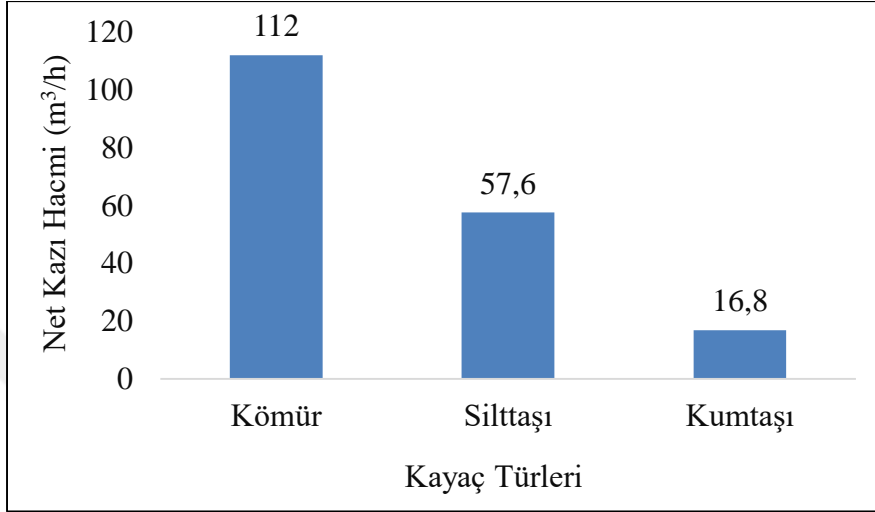
Aylık ortalama net kazı hacimlerine bakıldığında 16,75 – 35,15 m³/h arasında değişmektedir. Galeri açma makinesi kazı süresi boyunca ortalama net kazı hacmi 29,29 m³/h'dir. Çizelge 8.14'de galeri açma makinesine ait aylık ilerlemeler ve net kazı hacimleri verilmiştir.

Çizelge 8.14 2.DH R75T aylık ilerlemeler ve net kazı hacimleri.

AYLAR	2016	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Delme-Patlatma (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)
	1	Ocak	Silttaşı	75		2250	66,67
2	Şubat	Kumtaşı - Silttaşı	88		2640	86,40	30,56
3	Mart	Kumtaşı - Silttaşı	80	28	2400	84,32	28,46
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	138	8	4140	138,2	29,95
5	Mayıs	Silttaşı	135,5		4065	134,4	30,24
6	Haziran	Silttaşı - Kömür	72		2160	82,44	26,20
7	Temmuz	Silttaşı - Kömür	88		2640	104,5	25,25
8	Ağustos	Silttaşı - Kömür	88		2640	92,16	28,65
9	Eylül	Silttaşı	25		750	24,55	30,55
10	Ekim						
11	Kasım						
12	Aralık						
2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			789,5	36	23685	813,7	29,29
AYLAR	2017	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Delme-Patlatma (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)
	3	Mart	Kumtaşı - Silttaşı	25	22	750	44,79
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	100		3000	112,0	26,78
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	82	18	2460	69,98	35,15

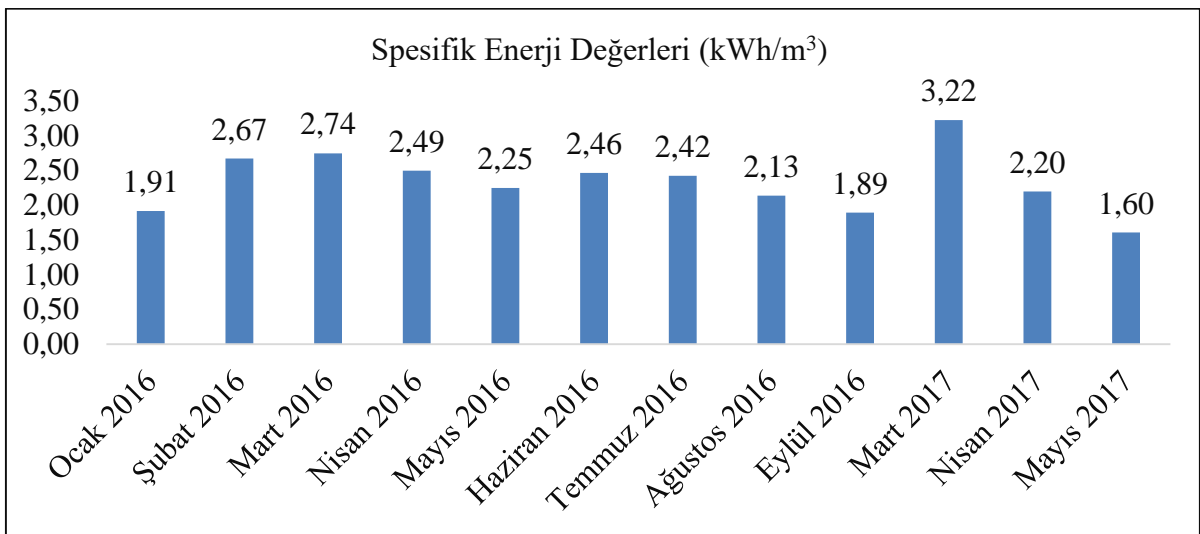
3704 ve 1612 galerisindeki makine performansının değerlendirilmesindeki en önemli etken bu galerideki kayaç birimlerinin kırıntılarının fazla olması ve silttaşı kayacının çok zayıf olmasıdır. Kayaç birimi içerisinde kazı süresi çok kısa olmasına rağmen tahkimat süresi çok fazladır. Bu kayaç birimleri içerisinde bağ aralıkları kısa tutularak, halat saplama ve kaya saplama sayısı artırılmıştır. İlerleyen zamanlarda bu galerideki deformasyonların artması bize bu kayaç biriminin ne kadar zayıf olduğunu göstermiştir. Galeri tabanında kabarmalar meydana gelerek, galeri açıklığında daralmalar oluşmuştur. 2.DH R75T galeri açma makinesinin 3704 ve 1612 galerilerinde kazı yaptığı arınlarda masif bir kumtaşı kayaç birimine rastlanılmadığından dolayı

kumtaşı kayaç birimine ait net kazı hızı bu galeride tespit edilememiştir. EC300-103 üst taban yolunda masif kumtaşı kayaç biriminde bu makine ile kazı yapıldığından ayrı olarak belirtilmiştir. Şekil 8.41’de silttaşı ve kömür kayaç birimlerine ait ortalama net kazı hacimleri belirtilmiştir.



Şekil 8.41 2. DH R75T kayaç türlerine göre net kazı hacimleri.

Galeri açma makinesinin net kazı hızlarına göre kesici kafanın bilgisayar ekranından amper değerleri kaydedilerek gücü hesaplanmıştır. Şekil 8.42’de aylık kazılan kayaç birimlerine göre spesifik enerji değerleri gösterilmiştir.



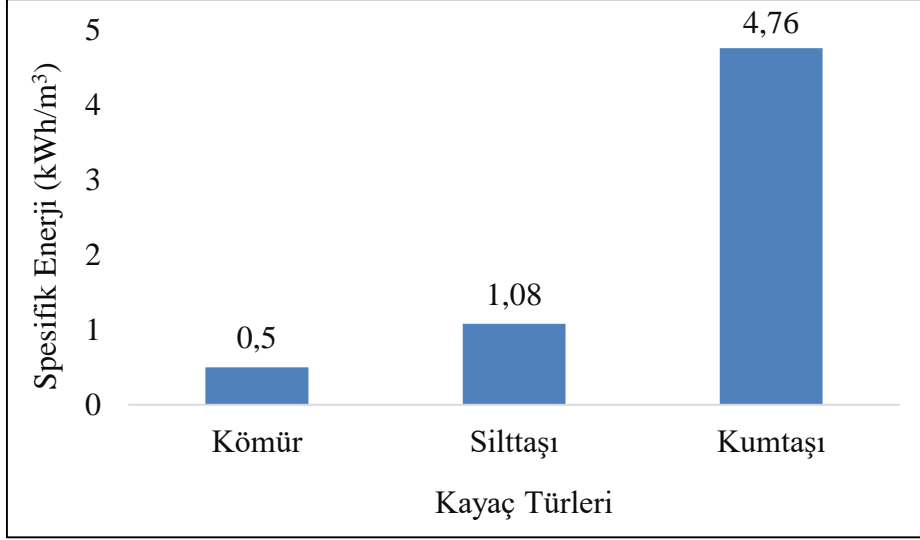
Şekil 8.42 Aylara göre spesifik enerji değerleri

Şekil 8.42'ye bakıldığında spesifik enerji değeri 1,60 – 3,22 kWh/m³ arasında değişmektedir. Ortalama spesifik enerji değeri ise 2,41 kWh/m³ olarak belirlenmiştir. Çizelge 8.15'de spesifik enerji değerleri verilmiştir.

Çizelge 8.15 2.DH R75T aylara göre ortalama spesifik enerji değerleri.

AYLAR	2016	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Ort. Kazı Süresi (saat)	Ort.Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	Ort. Amper (A)	Kesici Kafa Güç (kW)	Spesifik Enerji (kWh/m ³)
1	Ocak	Silttaşı	75	2250	66,67	33,75	95	129,00	1,91
2	Şubat	Kumtaşı - Silttaşı	88	2640	86,40	30,56	120	162,95	2,67
3	Mart	Kumtaşı - Silttaşı	80	2400	84,32	28,46	115	156,16	2,74
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	138	4140	138,22	29,95	110	149,37	2,49
5	Mayıs	Silttaşı	135,5	4065	134,42	30,24	100	135,79	2,25
6	Haziran	Silttaşı - Kömür	72	2160	82,44	26,20	95	129,00	2,46
7	Temmuz	Silttaşı - Kömür	88	2640	104,54	25,25	90	122,21	2,42
8	Ağustos	Silttaşı - Kömür	88	2640	92,16	28,65	90	122,21	2,13
9	Eylül	Silttaşı	25	750	24,55	30,55	85	115,42	1,90
10	Ekim								
11	Kasım								
12	Aralık								
2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			789,5	23685	813,73	29,99	100	135,79	2,33
AYLAR	2017	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Ort. Kazı Süresi (saat)	Ort.Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	Ort. Amper (A)	Kesici Kafa Güç (kW)	Spesifik Enerji (kWh/m ³)
3	Mart	Kumtaşı - Silttaşı	25	750	44,79	16,75	110	149,37	3,22
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	100	3000	112,02	26,78	120	162,95	2,20
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	82	2460	69,98	35,15	115	156,16	1,60

Çizelge 8.15'e bakıldığında galeri açma makinesinin spesifik enerji değerleri kayaç türlerine göre ayrı ayrı değerlendirildiğinde kumtaşı, silttaşı ve kömür için elde edilen ortalama değerler Şekil 8.43'de verilmiştir.



Şekil 8.43 2.DH R75T kayaç türlerine göre spesifik enerji değerleri.

Galeri açma makinesinin kazı süreleri her vardiya boyunca kayıt altına alınarak makinadan faydalanma oranları hesaplanmıştır. Çizelge 8.16'da galeri açma makinesinin makinadan faydalanma oranları gösterilmektedir.

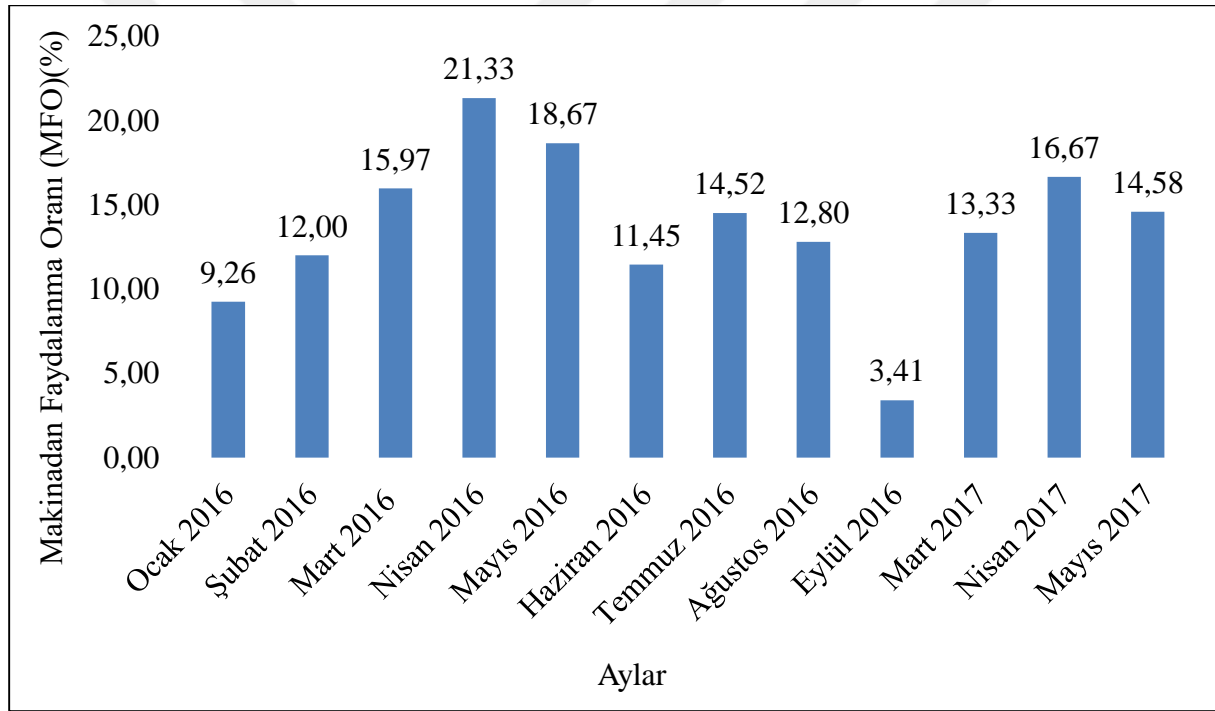
Çizelge 8.16 2.DH R75T makinadan faydalanma oranları.

AYLAR	2016	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m³/saat)	(MFO) (%)
1	Ocak	Silttaşı	75	2250	66,67	33,75	9,26
2	Şubat	Kumtaşı - Silttaşı	88	2640	86,40	30,56	12,00
3	Mart	Kumtaşı - Silttaşı	80	2400	84,32	28,46	15,97
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	138	4140	138,22	29,95	21,33
5	Mayıs	Silttaşı	135,5	4065	134,42	30,24	18,67
6	Haziran	Silttaşı - Kömür	72	2160	82,44	26,20	11,45
7	Temmuz	Silttaşı - Kömür	88	2640	104,54	25,25	14,52
8	Ağustos	Silttaşı - Kömür	88	2640	92,16	28,65	12,80
9	Eylül	Silttaşı	25	750	24,55	30,55	3,41
10	Ekim						
11	Kasım						
12	Aralık						
2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			789,5	23685	813,73	29,29	13,27

Çizelge 8.16 (devam ediyor).

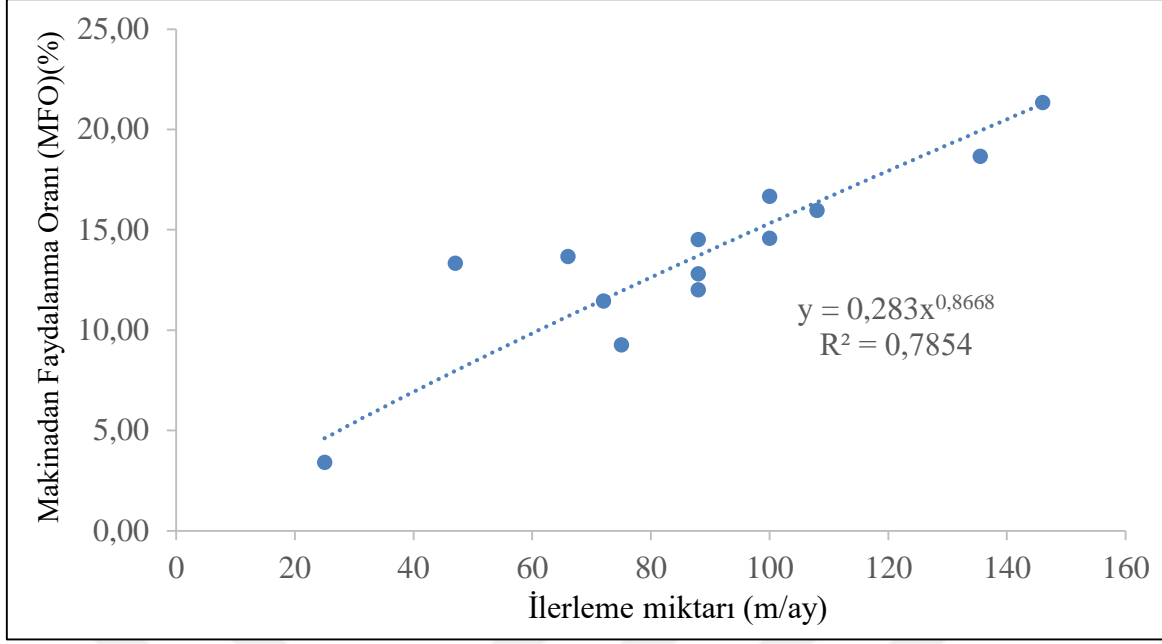
AYLAR	2017	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Kazı Süresi (saat)	Net Kazı Hacmi (m ³ /saat)	(MFO) (%)
3	Mart	Kumtaşı - Silttaşı	25	750	44,79	16,75	13,33
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	100	3000	112,02	26,78	16,67
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	82	2460	69,98	35,15	14,58

Çizelge 8.16'ya bakıldığında galeri açma makinesinin aylara göre makinadan faydalanma oranı Şekil 8.44'de gösterilmiştir.



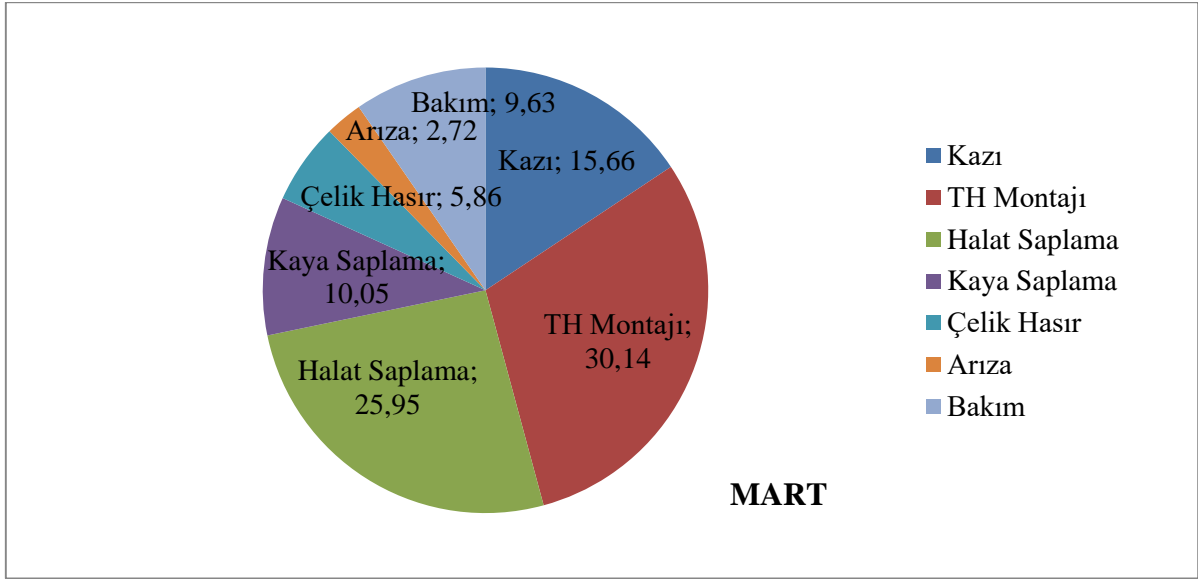
Şekil 8.44 2.DH R75T aylara göre ortalama makinadan faydalanma oranları.

Şekil 8.44'e bakıldığında makinadan faydalanma oranı % 3,41 - %21,33 arasında değişkenlik göstermiştir. Ortalama makinadan faydalanma oranı %13,67'dir. Makinadan faydalanma oranını tahkimat, arıza ve bakım süreleri etkilemektedir. Makinadan faydalanma oranı ve ilerleme miktarları arasında yapılan korelasyon ilişkisi Şekil 8.45'de gösterilmiştir.

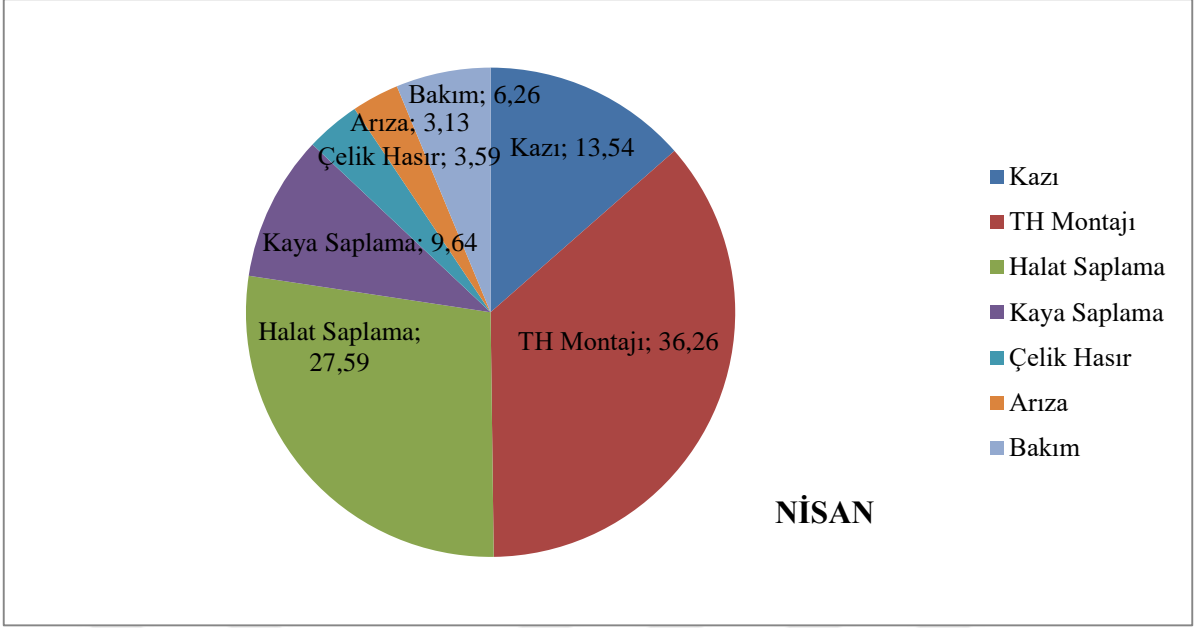


Şekil 8.45 MFO ve ilerleme miktarı arasındaki ilişki.

Şekil 8.45'e bakıldığında R=0,78 oranına göre makinadan faydalanma oranının %25 olması için ayda 160 m ilerleme yapılması gerekmektedir. Bu makine ile kazıda en fazla 146 m ilerleme yapılmıştır. Galeri açma makinasının makinadan faydalanma oranına tahkimat, bakım ve arıza süreleri de etkilemektedir. Makinede örnek olarak mart ve nisan ayında yapılmış olan performans değerlendirmesi Şekil 8.46 ve Şekil 8.47'de gösterilmiştir.



Şekil 8.46 2.DH R75T mart ayı performans değerlendirmesi.



Şekil 8.47 2.DH R75T nisan ayı performans değerlendirmesi.

Şekil 8.46 ve Şekil 8.47'ye göre harcanan zamanının %75'i tahkimat, %15'i kazı ve %10'unu arıza ve bakım sürelerini oluşturmaktadır. Tahkimata harcanan süresinin çok fazla olması makinadan faydalanma oranının düşmesinde en önemli etkidir. Galeri açma makinesinin çalıştığı galeride faylanma ve kayaçların çok zayıf olmasından dolayı halat saplama ve kaya saplama sayıları artırılmış, bağ araları düşürülmüştür. Galeri açıklığının zamanla daralması ve tahkimatların deformasyona uğraması bunun en büyük göstergesidir. Kazı boyunca kumtaşları çok yoğun olmadığından ve düz bir galeride ilerleme yapıldığından dolayı galeri açma makinesinde çok fazla arıza yaşanmamıştır. Makinede en fazla zaman alan arıza kumanda arızasıdır. Kumandanın yazılım sisteminden kaynaklanmasından dolayı ve personelin bu konuda uzman olmamasından dolayı uzman ekibin yurt dışından getirilmesi ile birlikte arıza toplam iki gün sürmüştür. Buna ek olarak konveyör baş dişli milinin kesmesi ve bom kaldırma pistonu valf arızasıdır. Bu arızalar bir vardiya sürmüştür. Diğer arızalar hava, su ve hortum patlaklarından meydana gelen, arıza süresi yarım saati geçmeyen arızalardır.

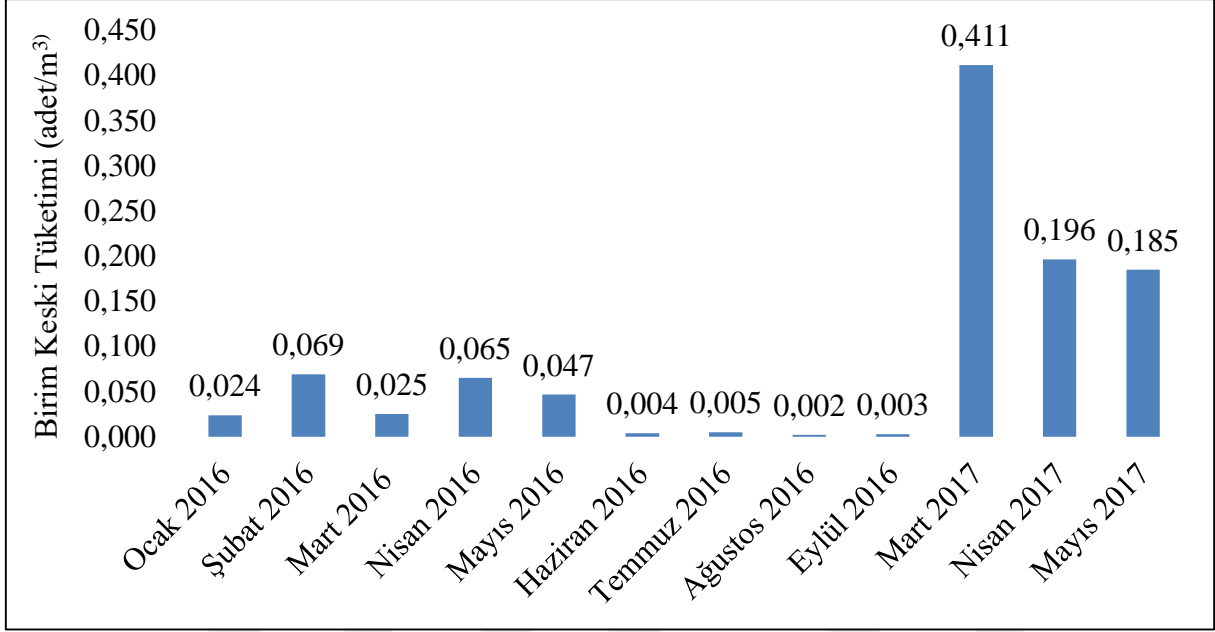
Galeri açma makinelerinin keski tüketimleri de her vardiya kayıt altına alınarak analiz edilerek maliyetleri de hesaplanmıştır. Çizelge 8.17'de keski tüketimleri ve maliyetleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.17 2.DH R75T aylık keski tüketimleri ve maliyetler.

AYLAR	2016	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Keski Markası	Keski Tüketimi (adet)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Fiyat (TL)	Birim Keski Tüketimi (adet/m ³)
1	Ocak	Silttaşı	75	2100	Betek	50	Bedava	0,00	0,02
2	Şubat	Kumtaşı - Silttaşı	88	2464	Betek	170	Bedava	0,00	0,07
3	Mart	Kumtaşı - Silttaşı	80	2240	AM105 Sandvik	56	39,355	2,203,88	0,03
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	138	3864	AM105 Sandvik	252	39,355	9,917,46	0,07
5	Mayıs	Silttaşı	135,5	3794	AM105 Sandvik	177	39,355	6,965,84	0,05
6	Haziran	Silttaşı - Kömür	72	2016	Sunrise	8	40,136	321,09	0,004
7	Temmuz	Silttaşı - Kömür	88	2464	Sunrise	12	40,136	481,63	0,005
8	Ağustos	Silttaşı - Kömür	88	2464	Sunrise	5	40,136	200,68	0,002
9	Eylül	Silttaşı	25	700	Sunrise	2	40,136	80,27	0,003
10	Ekim								
11	Kasım								
12	Aralık								
2016 YILI TOPLAM - ORTALAMA			789,5	22.106		732		20.170,85	0,03
AYLAR	2017	Kayaç Türü	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Keski Markası	Keski Tüketimi (adet)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Fiyat (TL)	Birim Keski Tüketimi (adet/m ³)
3	Mart	Kumtaşı - Silttaşı	25	700	Sunrise	288	40,136	11,559,17	0,411
4	Nisan	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	100	2800	Sunrise	550	40,136	22,074,80	0,196
5	Mayıs	Kumtaşı - Silttaşı - Kömür	82	2296	Sunrise	425	40,136	17,057,80	0,185
2017 YILI TOPLAM- ORTALAMA			207	5796		1263		50,691,77	0,264
2016-2017 YILI TOPLAM- ORTALAMA			996,5	27.902		1995		70,862,62	0,147

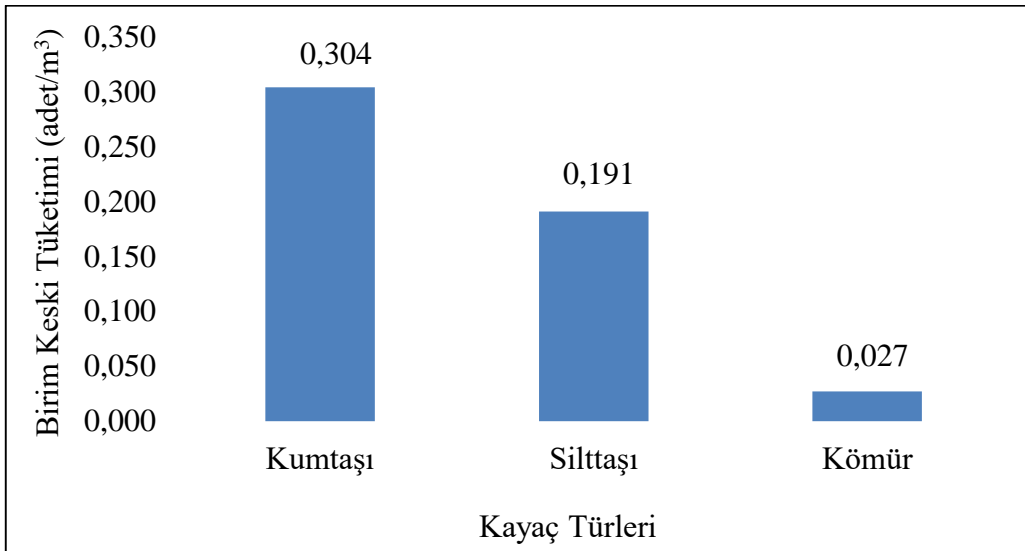
* Birim keski tüketimi ortalama değer olarak alınmıştır diğer veriler toplam değerlerdir.

3704 galerisindeki keski tüketimleri ortalama 0,03 adet/m³ iken, taban yolundaki kazıda kumtaşlarında yoğun kazı yapıldığında keski tüketimi ortalama 0,26 adet/m³ olmuştur. Ortalama keski tüketimi ise 0,147 adet/m³'dür. Galeri açma makinesindeki birim keski tüketimleri Şekil 8.48'de gösterilmiştir.



Şekil 8.48 2.DH R75T aylara göre ortalama birim keski tüketimleri.

Galery açma makinesindeki keski tüketimleri kumtaşı, silttaşı ve kömürlü formasyonlarda ayrı ayrı ele alındığında keski tüketimleri Şekil 8.49'da ki gibi belirtilmiştir.



Şekil 8.49 2.DH R75T kayaç türlerine göre keski tüketimleri.

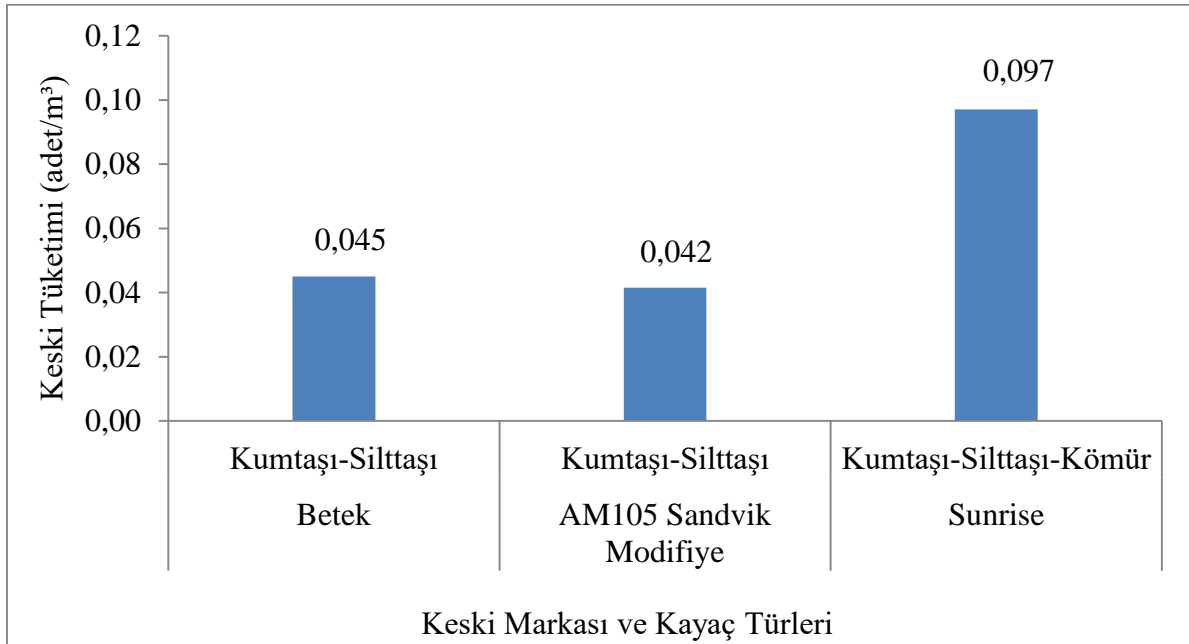
Galeri açma makinesinde de diğer makinalardaki gibi farklı keski kullarılmıştır. Galerı açma makinesinde Betek, AM105 Sandvik ve Sunrise keski kullarılmıştır. Çizelge 8.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 8.18 2.DH R75T keski maliyetlerinin marklara göre karşılaştırılması.

Keski Markası	Metal Alaşımı	Kayaç Türleri	İlerleme (m)	Kazı Hacmi (m ³)	Keski Tüketimi (adet)	Birim Keski Tüketimi (adet/m ³)	Birim Maliyet (TL/adet)	Toplam Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m ³)
Betek	34MnCrB4+Ti	Kumtaşı Silttaşı	163	4890	220	0,045	57,83	12,722	2,60
AM105 Sandvik	34MnCrB4+Ti	Kumtaşı Silttaşı	389,5	11685	485	0,042	39,36	19,087	1,63
Sunrise	42CrMo4	Kumtaşı Silttaşı Kömür	586	17580	1706	0,097	40,14	68,472	3,89

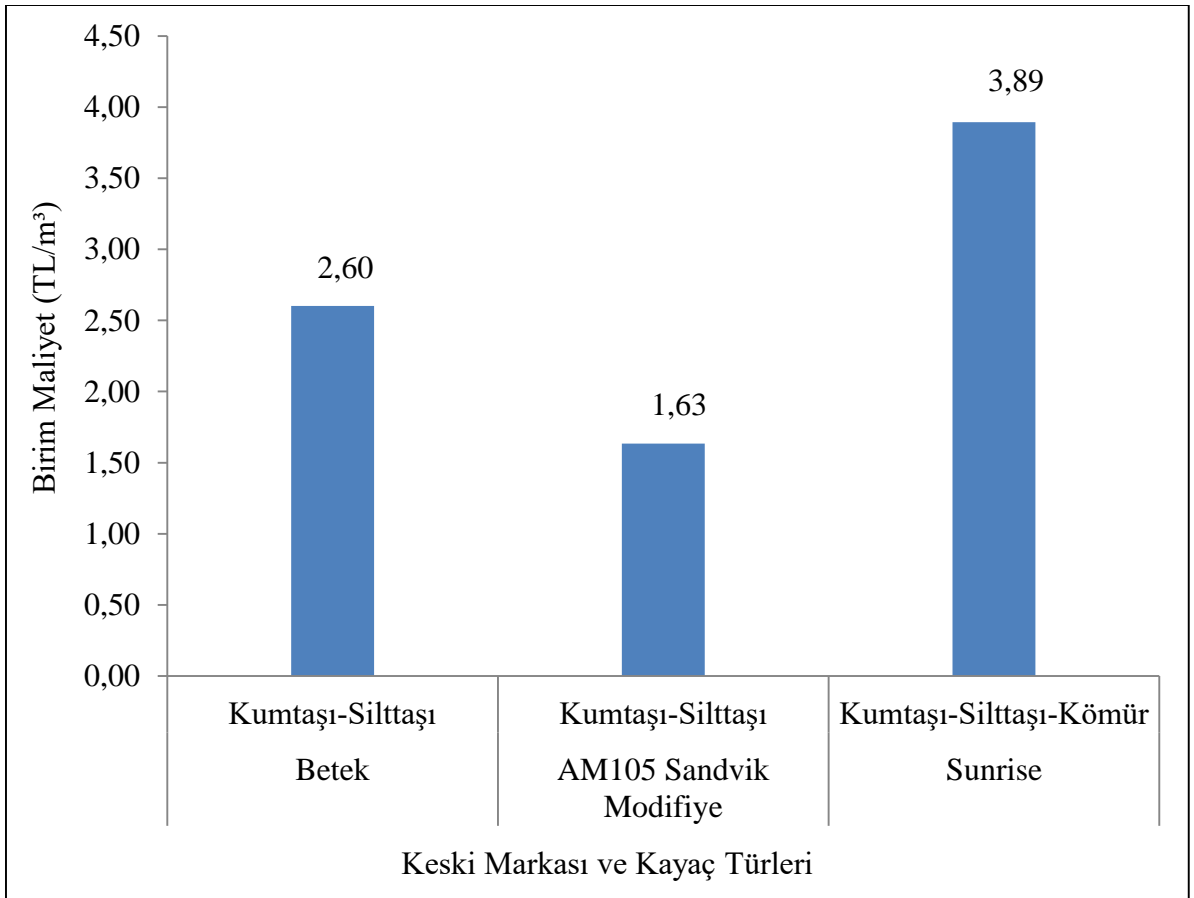
*1 Dolar=2,889 TL, 1 Euro=3,212 TL, 1 Yuan=0,436 TL

Çizelge 8.18 incelendiğinde ve keski karşılaştırıldığında Şekil 8.50 ve Şekil 8.51'de ki gibi bilgiler elde edilmiştir.



Şekil 8.50 2.DH R75T keski markası ve kayaç türlerine göre keski tüketimleri.

Şekil 8.50 incelendiğinde aynı metal içeriğine sahip Betek ve AM105 Sandvik modifiye keskinin genel olarak silttaş kayaç türünde yoğun olarak kullanıldığı ve kumtaşı kayaç biriminde yok denecek kadar az görüldüğü bölgelerde AM105 Sandvik modifiye birim keski tüketiminin keskinin daha az ve daha uygun maliyetli olduğu görülmektedir. Sunrise keskinin ise kumtaşı kayaç birimlerinde yoğun olarak kazı yaptığından keski tüketimlerinde artış görüldüğü daha sonra silttaş ve kömür birimlerinin kazılmasıyla birim keski tüketiminde azalma meydana geldiği görülmüştür. Keskinin bu makinede kullanılmasına ait maliyet karşılaştırması Şekil 8.51’de gösterilmiştir.



Şekil 8.51 2.DH R75T keski markası ve kayaç türlerine göre maliyet karşılaştırması.

Keski markasının birim maliyetlerine bakıldığında AM105 Sandvik modifiye keskinin en düşük maliyete sahip olduğu ve Sunrise keskinin maliyeti ise diğer keskilere göre daha yüksektir. Bunun nedeni Sunrise keskinin kumtaşı kayaç birimi içerisinde diğer keskilere göre daha fazla kazı yapmasından kaynaklanmaktadır.

8.4 GALERİ AÇMA MAKİNALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

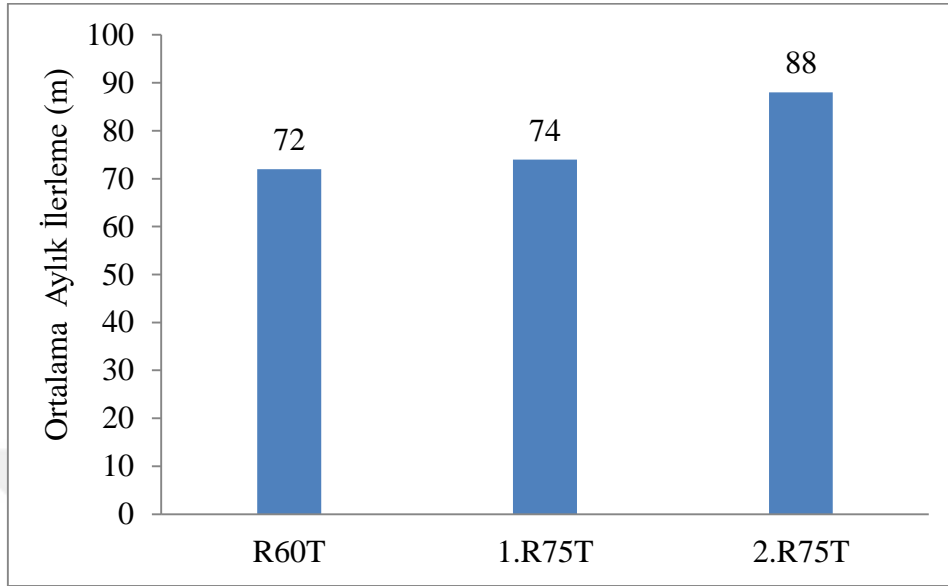
DH R60T ve DH R75T model galeri açma makinesinin mevcut galerilerde 2015, 2016 ve 2017 yılları arasında kazı yaptığı süreç içerisinde net kazı hızı, ilerleme miktarı, makineden yararlanma oranı, arıza, bakım ve kazı sırasında harcadıkları enerji değerleri göz önünde bulundurularak performans açısından farklılıklar gözlemlenmiştir. İlerleme miktarlarına ve keski tüketimlerine göre makineler kıyaslandığında Çizelge 8.19’da 2015 – 2016 ve 2017 yılları arasındaki galeri ilerlemeleri belirtilmiştir.

Çizelge 8.19 Galeri açma makinalarının ilerleme ve keski tüketimlerinin karşılaştırılması.

KGAM	Galeri No.	Çalışma süresi (ay)	İlerleme (m)	Aylık İlerleme (m)	Ort. Aylık İlerleme (m)	Toplam İlerleme (m)	Keski Tüketimi (adet)	Toplam Keski Tüketimi (adet)	Birim Keski Tüketimi (adet/m ³)
DH R60T	1612	9	708	79	72	1002	1732	3292	0,082
	2707	5	294	59			1560		0,177
1.DH R75T	1602	14	1042	74	74	1042	3860	3860	0,123
2.DH R75T	3704	9	825	92	88	1138	732	2411	0,030
	Üst Taban Yolu	4	313	78			1679		0,179
TOPLAM - ORT.		41	3182		78	3182		9563	0,100

Çizelge 8.19 incelendiğinde galeri açma makinalarında toplamda 9563 adet keski kullanılarak ayda ortalama 233 adet/ay keski tüketilmiştir. Ortalama birim keski tüketimi ise 0,1 adet/m³’dür ki bu değer keski sarfiyatı açısından kazının ekonomik bir şekilde yapıldığını göstermektedir. Galeri açma makinalarının ilerleme miktarlarına bakıldığında ise 41 ayda toplam 3182 m

ilerleme yapılarak ayda ortalama 78 m ilerleme yapılmıştır. Şekil 8.52’de galeri açma makinalarının ortalama aylık ilerleme miktarları gösterilmiştir.



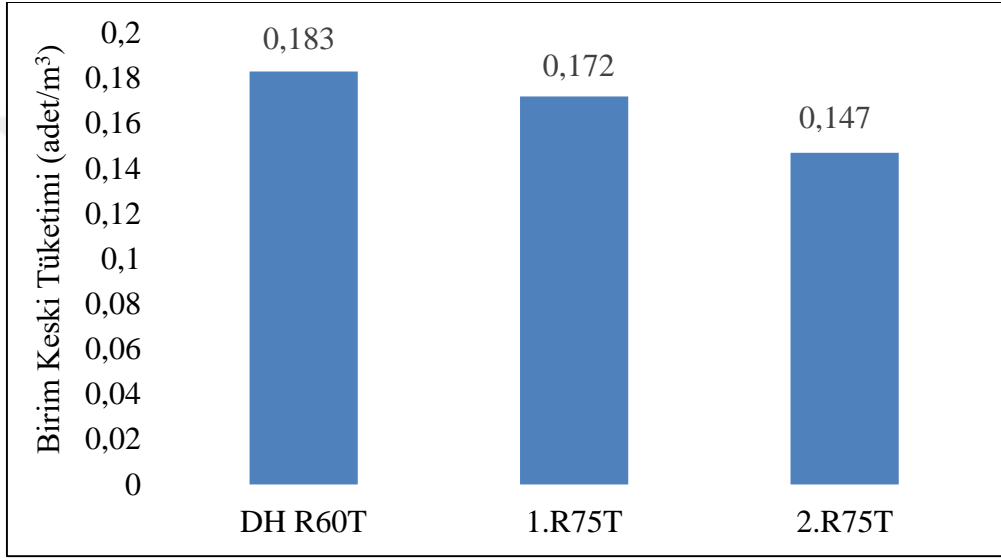
Şekil 8.52 Galeri açma makineleri ve ortalama aylık ilerlemeler.

Şekil 8.52’ye bakıldığında en yüksek ortalama aylık ilerleme 2.R75T galeri açma makinasında gerçekleşmiştir. Daha sonra sırasıyla 1.R75T ve R60T galeri açma makinası gelmektedir. Görüldüğü gibi R75T galeri açma makinaları R60T galeri açma makinasından daha fazla ilerleme gerçekleştirmişlerdir. Bu da havzada ağır tip makinaların kullanılması ilerleme miktarında ve kumtaşı gibi sert kayalarda daha verimli kazı yapıldığını göstermektedir.

Galeri açma makineleri karşılaştırıldığında DH 2.R75T galeri açma makinesinin aylık ortalama ilerlemesi en yüksek değere sahiptir. Bu galeri açma makinesinin 3704 galerisinde zayıf kayaç birimlerinde daha çok ilerleme yapması, düz bir galeride ilerlemesi ve arıza sürelerinin çok az almasından dolayı çok iyi bir performans göstermiştir. Aynı teknik özelliklere sahip DH 1.R75T galeri açma makinesi ise eğimli bir galeride ilerlemesi, kumanda arızaları, yürüyüş paleti bakla kırılmaları gibi uzun süreli arızaların yaşanması ve kumtaşı kayaç birimlerinin yoğun olmasından dolayı yarı delme-patlatma yarı galeri açma makinesi ile kazı yapıldığından galeri açma makinesinin performansını çok etkilemiştir.

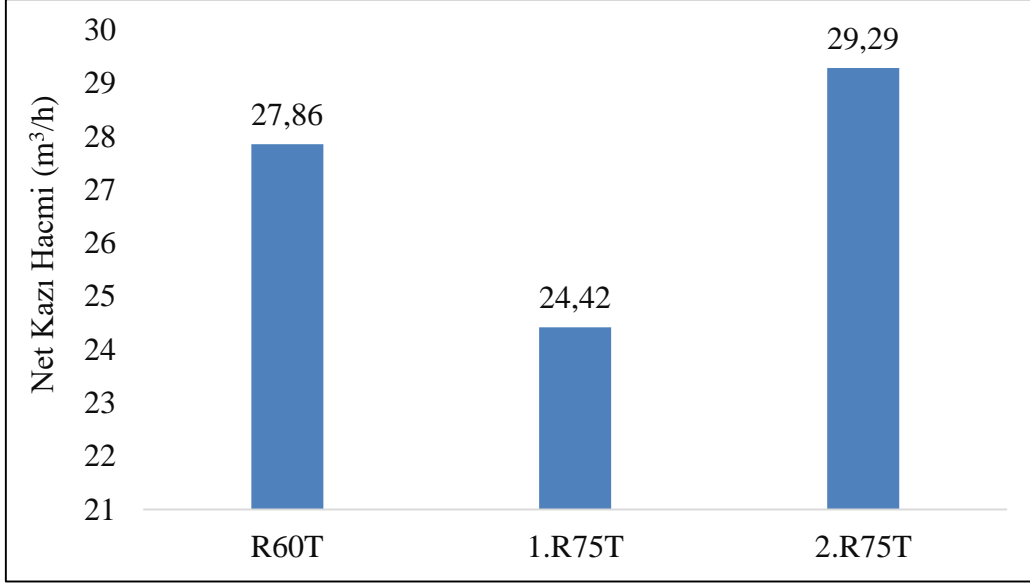
DH R75T model galeri açma makinesinden farklı özelliklere sahip DH R60T model galeri açma makinesinde ise DH 1.R75T galeri açma makinesine paralel olan galeride aynı kayaç birimleri

içerisinde ilerleme yaparak en az ilerleme miktarını kaydetmiştir. Özellikle DH R60T model galeri açma makinesinde kesici uç tutucu kırılmaları ve kesici kafa redüktöründe yaşanan arızalar makinenin performansını etkilemiştir. Bu sebeplerden ötürü kumtaşı gibi sert kaya birimlerinde yarı delme patlatma, yarı makine ile kazı yapılmıştır. Bu makinenin galerilerde kullanılan ilk makine olması, operatör ve bakım elemanlarının makineyi tanıma sürecinden dolayı ilk üç ayda ilerlemeler düşük gerçekleşmiştir. Keski sarfiyatlarının artmasından dolayı delme-patlatma yapılarak makinalardaki keski maliyetleri düşürülmeye çalışılmıştır. Şekil 8.53’de makinaların keski tüketimleri gösterilmiştir.



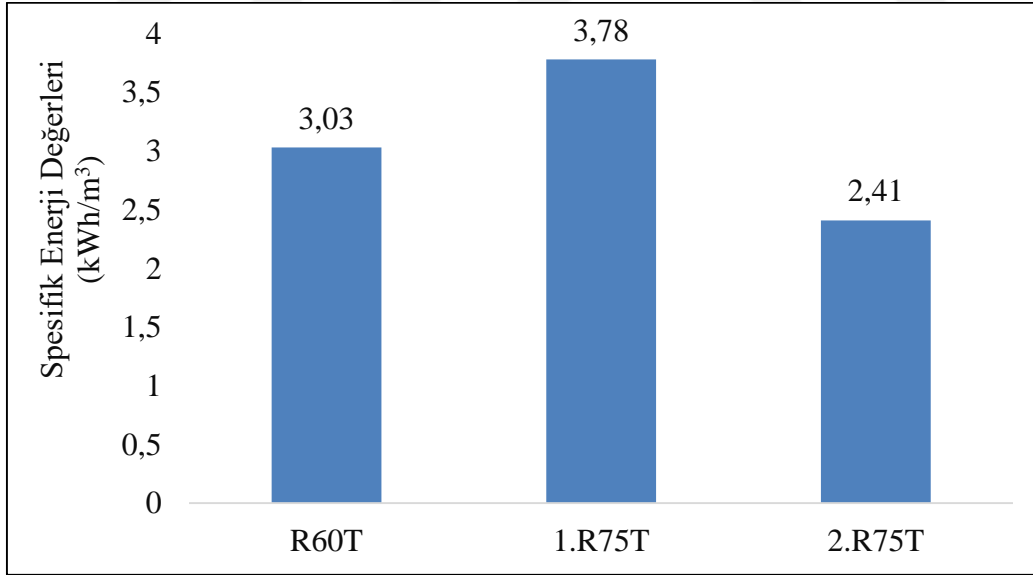
Şekil 8.53 Galeri açma makinelerinin ortalama birim keski tüketimleri.

Şekil 8.53’e göre birim keski tüketimlerinde en düşük keski tüketimi yoğunluklu olarak kırıntılı silttaşı ve kömür kayaç birimi içerisinde ilerleyen 2.DH R75T galeri açma makinesinde görülmektedir. En yüksek keski tüketimi ise 1.DH R75T galeri açma makinesinde görülmüştür. DH R60T ve 1. DH R75T galeri açma makinelerinde kumtaşı kayaç birimi içerisinde zaman zaman yarı delme patlatma ve yarı makine ile kazı yapıldığından keski maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmıştır. Galeri açma makinalarının net kazı hacimlerinin karşılaştırılması Şekil 8.54’de verilmiştir.



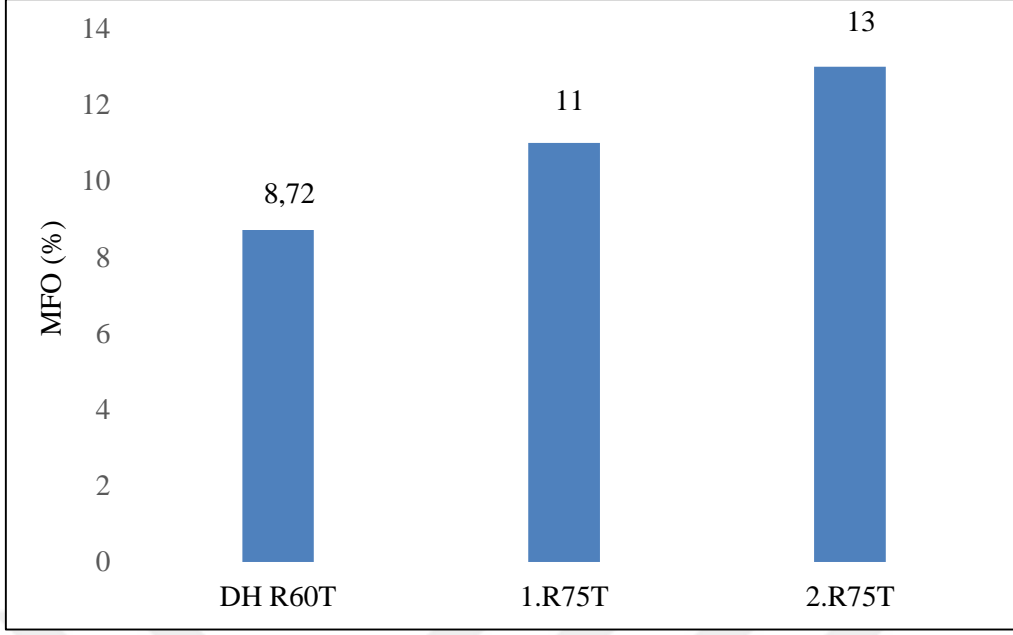
Şekil 8.54 Galeri açma makinelerinin ortalama net kazı hacimleri.

Galeri açma makinalarının ortalama net kazı hacimleri karşılaştırıldığında en yüksek net kazı hacmi 2.DH R75T model galeri açma makinasında gerçekleşmiştir. Şekil 8.55’de ise galeri açma makinalarının spesifik enerji değerleri gösterilmiştir.



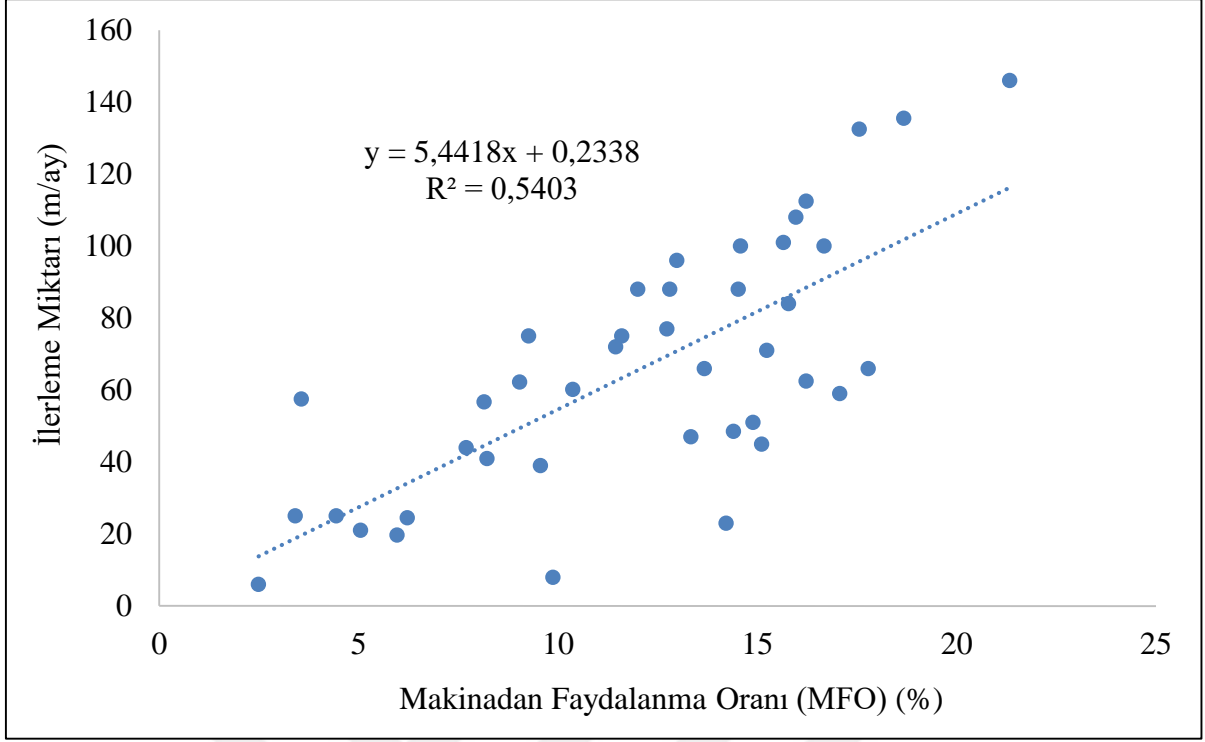
Şekil 8.55 Galeri açma makinelerinin ortalama spesifik enerji değerleri.

Spesifik enerji değerlerine bakıldığında en yüksek 3,78 kWh/m³ ile 1.DH R75T galeri açma makinasında görülmektedir. En düşük spesifik enerji ise 2,41 kWh/m³ ile 2.R75T galeri açma makinasındadır. Galeri açma makinalarının makinadan yararlanma oranları ise Şekil 8.56’da karşılaştırılmıştır.



Şekil 8.56 Galeri açma makinaları ve makinadan faydalanma oranları.

Şekil 8.56'ya bakıldığında makinadan yararlanma oranı en iyi olan ortalama %13 ile 2.R75T galeri açma makinasına aittir. Galeri açma makinasından faydalanma oranının genellikle %25-%35 arasında değişmesi istenmektedir. Galeri açma makinasındaki faydalanma oranları bu değerlerin altındadır. Bölgede uygulanan tahkimat sistemi makinadan faydalanma oranına büyük oranda etki etmektedir. Bu tahkimat sistemi kullanılmaz ise makinadan faydalanma oranı iki katına çıkarak %25-%35 değerlerine ulaşacaktır. Galeri açma makinalarının 41 aylık makinadan faydalanma oranı ile aylık ilerleme miktarları arasında korelasyon yapılmıştır. Korelasyon ilişkisi Şekil 8.57'de gösterilmiştir.



Şekil 8.57 Galeri açma makinaları aylık ilerleme miktarları ve MFO arasındaki ilişki

Şekil 8.57’de görüldüğü gibi üç adet galeri açma makinasının makinadan faydalanma oranları ve aylık ilerleme miktarı ilişkilendirildiğinde $R=0,73$ olan doğrusal bir korelasyon elde edilmiştir. Bu ilişkiye göre makinadan %25 oranında faydalanabilmek için 136 m/ay ilerleme yapılması gerekmektedir. Bu ilerleme miktarına bölgede 146 m/ay ilerleme yapılarak 2.DH R75T makinesi ile ulaşılmıştır.

8.5 SCHMİDT ÇEKİCİ İLE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Sertlik belirleme yöntemlerinden bir tanesi olan Schmidt çekici, kayacın yerindeki basınç dayanımını tahmin etmek; bozunma durumu, tavan kontrolü, kayanın süreksizliklerini belirlemek; kollu galeri açma makineleri ve TBM performansı tahmin etmek, delici makine delme hızını belirlemek; kaya sökülebilirliğinin tahmini gibi çeşitli amaçlara yönelik kaya kazısı açısından bir sınıflama parametresi olarak kullanılmaktadır (Göktan vd. 2005, Bilim, 2007’den) Bu çalışmada Amasra bölgesinde kullanılan 200 kW kesici kafa gücüne sahip DH R75T model galeri açma makinesinin taban yolundaki performansının tahmin edilebilirliğinde kullanılmıştır.

Amasra bölgesinde EC300 damarının üst taban yolunda yapılan Schmidt deneyleri sonucunda GAM ile kömürde 155 m, silttaşında 45 m, kumtaşında ise 70 m ile toplam 270 m ilerleme

yapılmıştır. Kazı yapılan kömür ve çevre kayaçlarda (silttaşı, kumtaşı) ilerlemeler sırasında L tipi Schmidt çekici kullanılarak arında sertlik ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca, kazılan her bir kayaçtaki keski tüketimleri ve ilerleme hızları kayıt altına alınmıştır. Bununla birlikte kazı sırasında makinanın kesici kafasında tükettiği akım değerleri ölçülerek makinanın gücü hesaplanmış ve Eşitlik 8.1'den arazideki spesifik enerji değerleri belirlenmiştir.

$$SE = k \frac{P}{ICR} \quad (8.1)$$

Burada; SE=Spesifik enerji (kWh/m³); P=Makinanın gücü (kW), ICR=Net kazı hacmi (m³/h), k =sabit sayıdır.

Özellikle spesifik enerji değişiminde kumtaşı gibi yüksek dayanıma sahip kayaçlarda Schmidt çekicinin değerinin yüksek olması galeri açma makinesinin çok fazla güç harcadığı ve ilerleme hızlarının düştüğü görülmüştür. Kömürlü arınlardaki ilerlemelerde ise Schmidt çekici değerinin düşük olması ilerleme hızının arttığı ve spesifik enerji değerinin düştüğü belirlenmiştir. Ancak, galeri açma makinesinin ilerlemesi sırasında kullanılan halat saplama, kaya saplama, TH demir bağ ve püskürtme beton, makine performansını olumsuz yönde etkilediği de belirlenmiştir

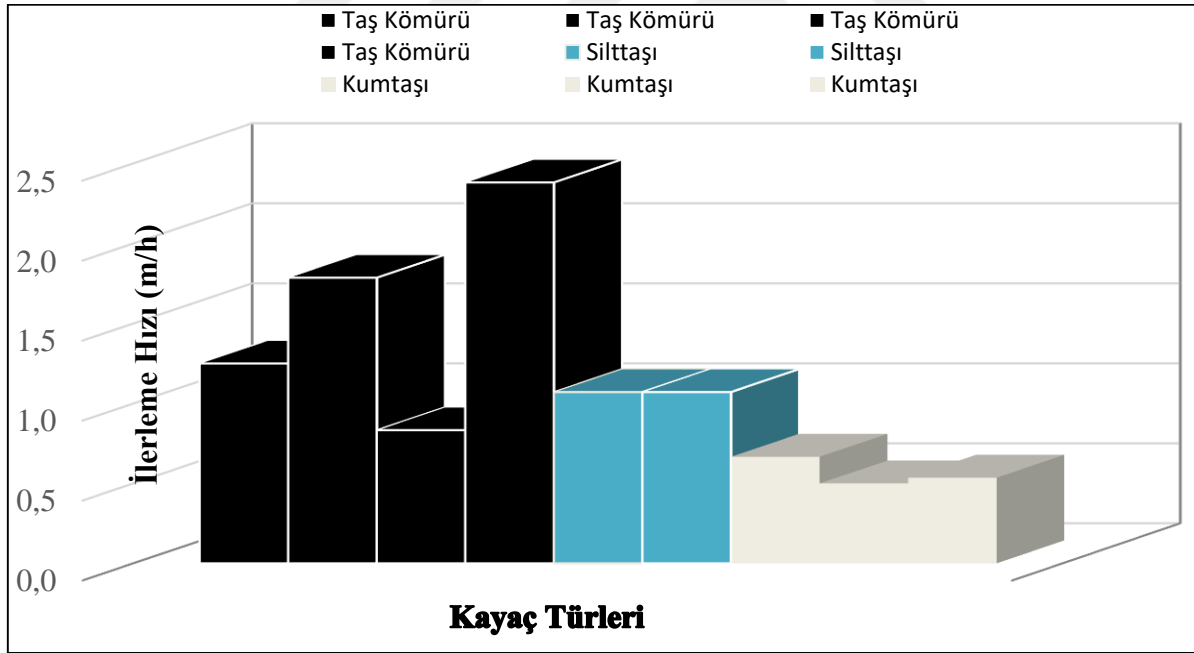
Yapılan ölçümler ve arazi deneyleri sonucunda ilerleme hızı ve spesifik enerji değerleri, Schmidt çekici değerleri ile karşılaştırılarak korelasyon analizi yapılmıştır. Bu analizlere göre ilerleme hızı ile Schmidt çekici değeri arasında doğrusal bir ilişki, spesifik enerji ile Schmidt çekici değeri arasında üssel bir ilişki olduğu bulunarak bir tahmin modeli ortaya konmuştur. Bu bağlamda Schmidt çekici sertlik değerlerinin, ilerleme hızlarında ve spesifik enerji değerlerinde etkili olduğu ve galeri açma makinesi performansının değerlendirilmesinde kullanılabileceği gözlemlenmiştir. Arazi çalışmalarından Çizelge 8.20'deki sonuçlar elde edilmiş ve bu veriler ile korelasyon analizi yapılmıştır. Şekil 8.58'de ise elde edilen değerlerin grafik üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 8.20 Üst taban yolundan ölçülen ilerlemeler, kazı süreleri, kazı hacimleri ve ilerleme hızları.

Şekil 8.58’de ise kollu galeri açma makinasının ise her bir kayaç birimi içerisindeki ilerleme

Kayaçlar	Galeri	Metraj (m)	İlerleme (m)	Kazı süresi (h)	Kazı hacmi (m ³)	İlerleme hızı (m/h)	
1	Taşkömürü	1631	80 - 120	40	32	1200	1,25
2	Taşkömürü	1631	200 - 250	50	28	1500	1,79
3	Taşkömürü	1631	250 - 265	15	18	450	0,83
4	Taşkömürü	1631	120 - 170	50	21	1500	2,38
5	Silttaşı	1631	265 - 280	15	14	450	1,07
6	Silttaşı	1631	280 - 310	30	28	900	1,07
7	Kumtaşı	1602	690 - 710	20	30	600	0,67
8	Kumtaşı	1631	315 - 335	20	40	600	0,50
9	Kumtaşı	1631	50 - 80	30	56	900	0,54

hızları gösterilmiştir.



Şekil 8.58 Kayaç türleri ve ilerleme hızları .

Çizelge 8.21’de keski tüketimleri, spesifik enerji ve Schmidt çekici değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.21 Keski tüketimleri, Schmidt değeri ve spesifik enerji değerleri

Arazideki değerlerin ortalamaları alındığında kömür, silttaşı ve kumtaşı kayaç birimi

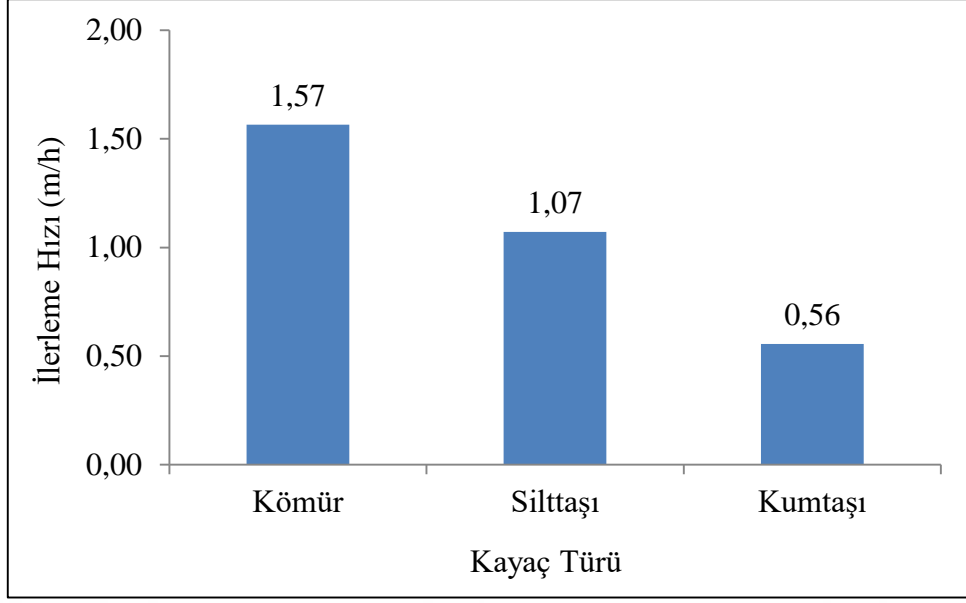
Kayaçlar	Keski tüketimi	Birim Tüketim (adet/m ³)	Schmidt Değeri	Akım Değeri (A)	Güç (kW)	SE (kWh/m ³)
1 Taşkömürü	11	0,01	26,6	85	115,42	1,54
2 Taşkömürü	12	0,01	27,8	100	135,79	1,27
3 Taşkömürü	10	0,02	26,38	90	122,21	2,44
4 Taşkömürü	48	0,03	23,05	102	138,51	0,97
5 Silttaşı	77	0,17	33,38	110	149,37	2,32
6 Silttaşı	176	0,20	34,7	115	156,16	2,43
7 Kumtaşı	272	0,45	34,4	120	162,95	4,07
8 Kumtaşı	312	0,52	34,6	130	176,53	5,88
9 Kumtaşı	674	0,75	34,6	125	169,74	5,28

içerisindeki keski tüketimleri, ilerleme hızları ve spesifik enerji değerleri Çizelge 8.22 'deki gibi değerler elde edilmiştir.

Çizelge 8.22 Kayaç birimlerinde gerçekleşen ortalama performans değerleri.

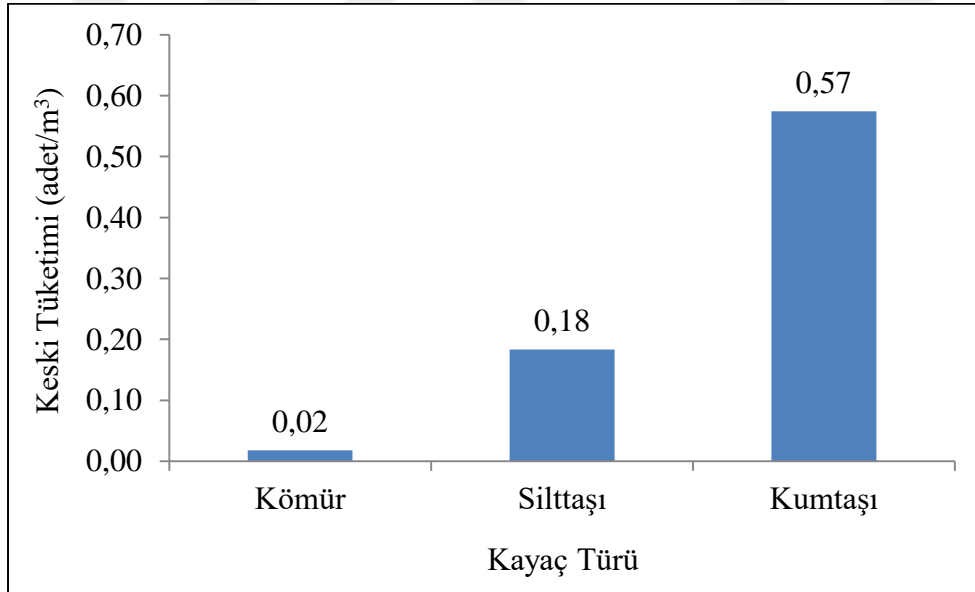
Kayaçlar	Süre (saat)	İlerleme (m)	Ort. İlerleme Hızı (m/h)	Keski Tüketimi (adet/m ³)	Ort. Schmidt	Ort. Spesifik Enerji (kWh/m ³)
Kömür	99	155	1,57	0,02	27,96	1,56
Silttaşı	42	45	1,07	0,18	34,04	2,38
Kumtaşı	126	70	0,56	0,57	34,53	5,08

Kayaç türüne göre yapılan ilerleme hızları karşılaştırıldığında Şekil 8.59' daki gibi grafik elde edilmiştir.



Şekil 8.59 Kayaç birimlerindeki ortalama ilerleme hızları.

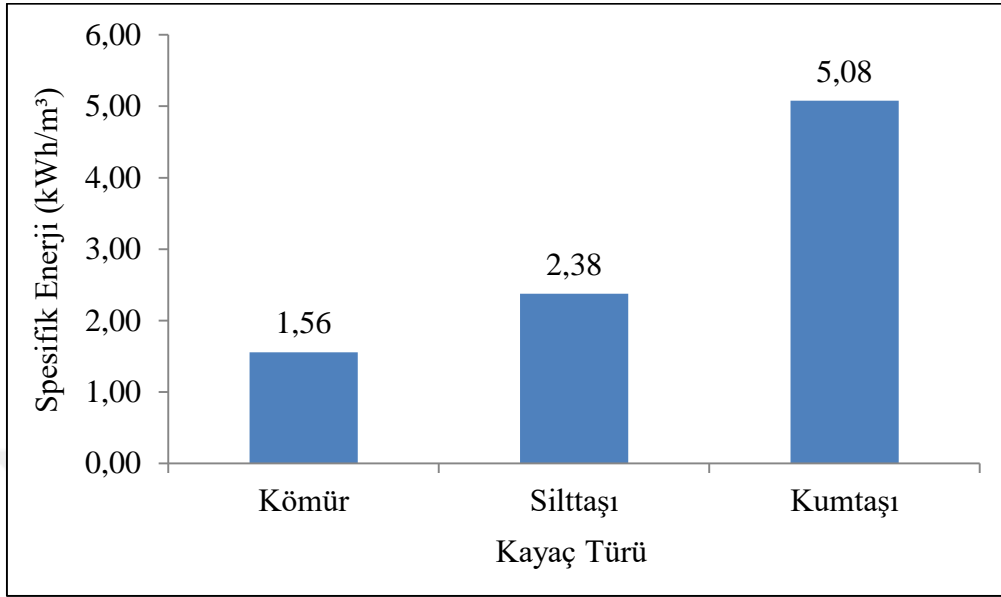
İlerleme hızlarına bakıldığında en yüksek ilerleme hızını kömürde sağlanmıştır. Bu değerler kaya veya halat saplaması yapılmadığı takdirde iki katına çıkmaktadır. Bu kayaç birimleri içerisinde ortalama keski tüketimleri ise Şekil 8.60' da gösterilmektedir.



Şekil 8.60 Kayaç birimleri içerisindeki keski tüketimleri.

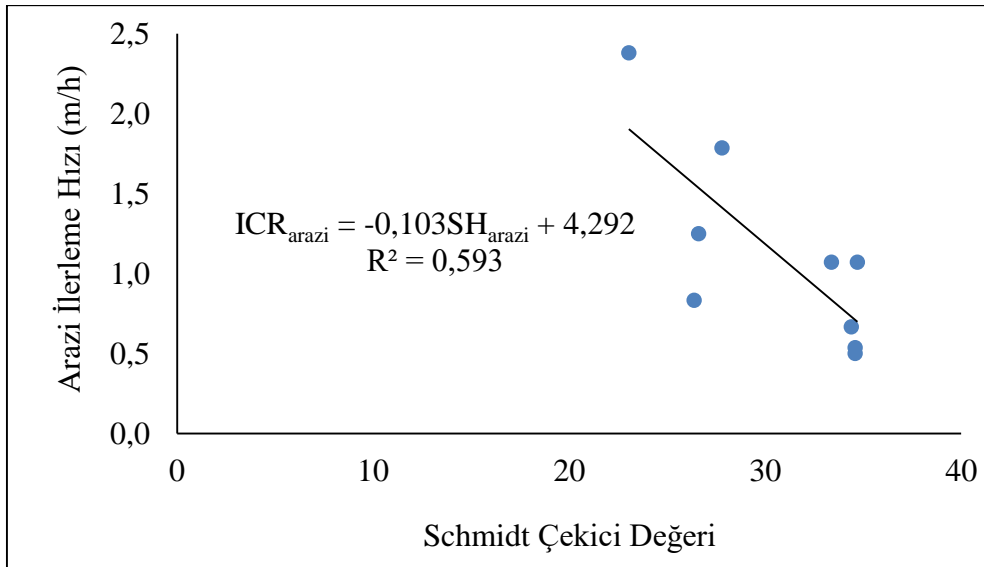
Şekil 8.60'da görüldüğü gibi keski tüketimlerine bakıldığında kumtaşı kayaç türünde keski tüketimi ekonomik sınır değerde görülmektedir. Kömür ve siltaşı gibi kayaç türleri içerisinde

keski tüketimi ekonomikliğini korumaktadır. Şekil 8.61’de ise kayaç türlerine göre ortalama spesifik enerji değerleri gösterilmektedir.



Şekil 8.61 Kayaç türlerinde ortalama spesifik enerji değerleri.

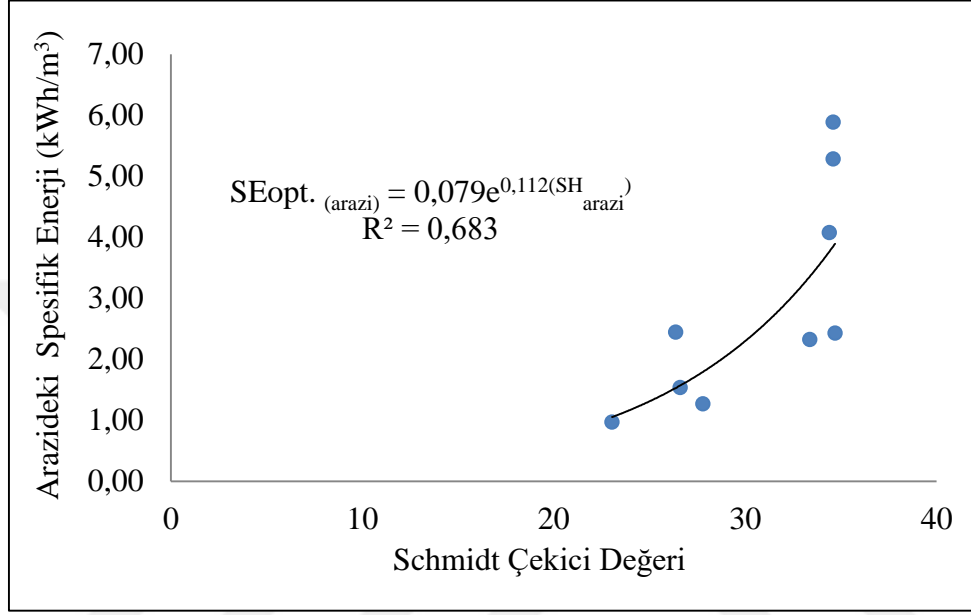
Şekil 8.62’de ise arazideki Schmidt çekici değerinin arazideki ilerleme hızı arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 8.62 Schmidt değeri ve ilerleme hızı ilişkisi.

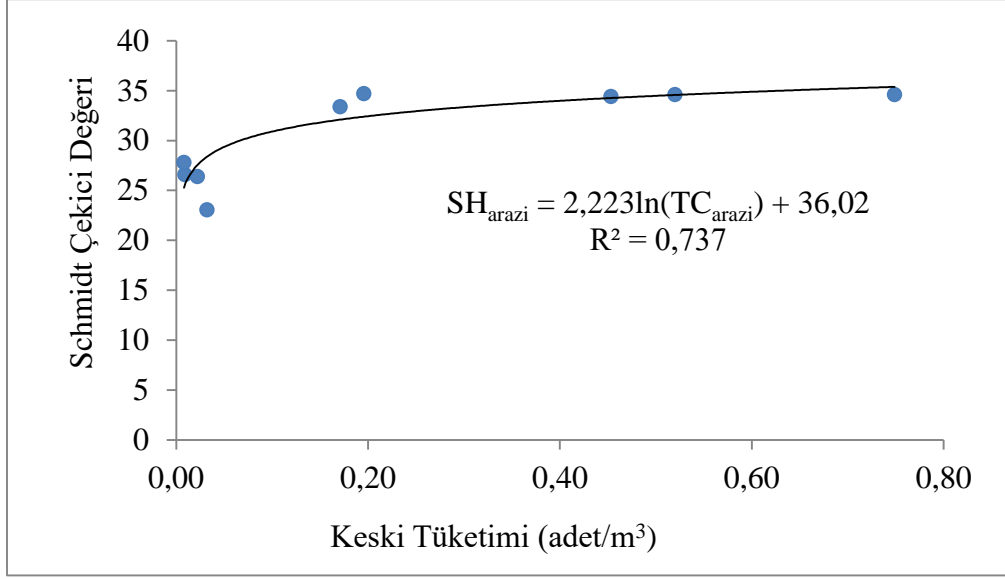
Şekil 8.62’de görüldüğü gibi arazide ölçülen ilerleme hızı ile arazide yerinde ölçülen Schmidt çekici değer arasında doğrusal azalan bir ilişki ortaya konmuştur. Bu durum beklenmekte olan

bir durum olmak ile birlikte arazide ölçülen değerlere bakılarak yorumlandığında sertlik değerinin makine performansında etkili olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki ilişkide $R=0,77$ oranı elde edilmiştir. Ortaya konulan bu ilişki sedimanter kayalar için kullanılabilir. İlişkilerin daha anlamlı olması için birçok kayaç üzerinde deneme yapılması gerekmektedir. Şekil 8.63’de ise spesifik enerji ve Schmidt değeri arasındaki ilişki gösterilmiştir.



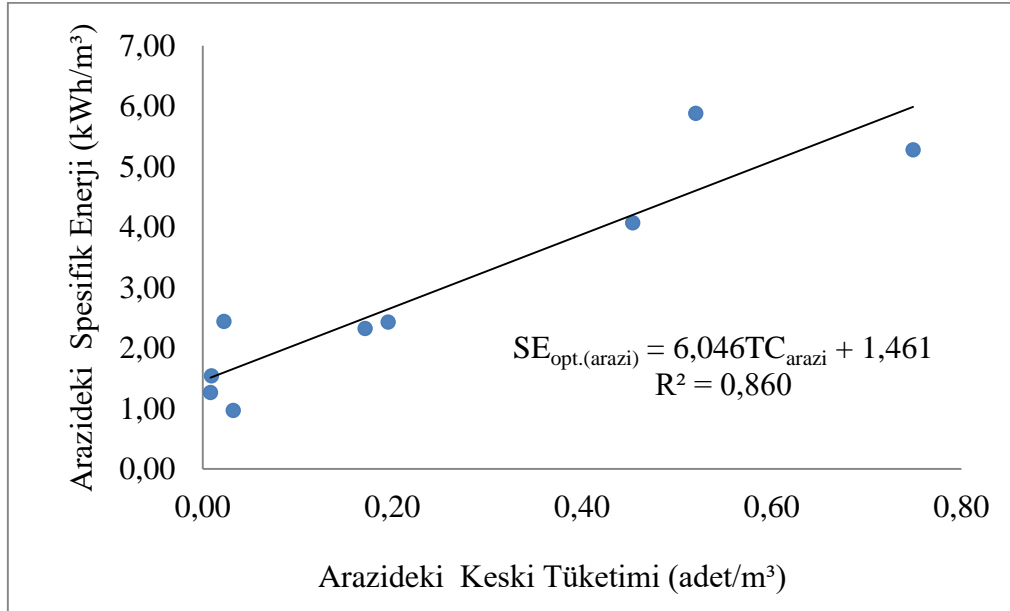
Şekil 8.63 Spesifik enerji ve Schmidt değeri arasındaki ilişki.

Şekil 8.63’e bakıldığında arazide ölçülen spesifik enerji değeri ile arazideki Schmidt çekici değeri ile üssel bir ilişki ortaya konmuştur. Bu ilişkiden görüleceği üzere Schmidt çekici sertlik değerinin spesifik enerji üzerinde etkilidir. Burada $R= 0,82$ gibi bir oran elde edilmiştir. Sertlik değerinin artması ile birlikte keski tüketimleri de artış göstermektedir. Arazideki keski tüketimleri ile Schmidt değeri ilişkilendirildiğinde Şekil 8.64’te görüldüğü gibi Schmidt çekici değerinin keski tüketimi ile ilişkisi gösterilmektedir. Buradaki ilişkide $R= 0,89$ oranında logaritmik artan bir ilişki elde edilmiştir.



Şekil 8.64 Schmidt değeri ve keski tüketimi arasındaki ilişki.

Şekil 8.64'te görüldüğü gibi arazideki keski tüketimleri ile arazideki Schmidt değeri arasında logaritmik bir ilişki ortaya konmuştur. Keski tüketimi Schmidt sertlik değerine bağlı olarak logaritmik olarak artış göstermektedir. Burada sertlik değerinin keski tüketimini etkilediği görülmektedir. Şekil 8.65'te ise keski tüketiminin spesifik enerjiye olan etkisi gösterilmiştir.



Şekil 8.65 Keski tüketimi ve spesifik enerji arasındaki ilişki.

Şekil 8.65'te görüldüğü gibi arazideki keski tüketimi ile spesifik enerji arasında doğrusal artan bir ilişki ortaya konmuştur. Bu durum şu şekilde anlatılabilir. Kesici kafa üzerindeki kesimler

aşındıkça kesici kafaya gelen kuvvetler artmakta ve kesici kafa kazı için daha fazla güç sarf etmektedir. Kesici kafa gücünün artması ile birlikte spesifik enerjide artış göstermektedir.





BÖLÜM 9

SONUÇ VE ÖNERİLER

Madencilik projelerinde cevhere daha hızlı ve en uygun maliyetli yöntem ile ulaşabilmek için mekanize kazı önemli bir yere sahiptir. Kollu galeri açma makinaları madencilik ve tünel projelerindeki kazı işlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tip kazı makinalarının ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına karşın, uzun metrajlı mesafelerde ekonomik olmaktadır. Bununla birlikte istenilen kesitin düzgün açılması ve nakliyat daha seri bir şekilde yapılabildiği için klasik yöntemlere göre daha avantajlıdır. Kollu galeri açma makinalarının seçimi kayaçların mekanik özelliklerine, arazi şartlarına, galeri kesitine, ekonomikliğine, kesici kafa tipine ve kullanılacak olan tahkimat sistemlerine göre seçilmektedir. Bu faktörlerden en önemlisi kesici kafa gücünün kayacı kesebilecek kapasitede olmasıdır. Bu bağlamda, arazide kazılacak olan kayaçların tek eksenli basınç dayanımı en yüksek olan kayaç türüne göre makine seçilmesi uygun olur.

Zonguldak Taşkömürü Havzasında Amasra bölgesinde Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş tarafından bölgedeki kayaçların tek eksenli basınç dayanımı, Brazilian çekme dayanımı, Cerchar aşınma indeksleri deneyleri yapılmış ve buna göre üç adet kollu galeri açma makinası satın alınmıştır. Bu kollu galeri açma makinalarının seçiminde bölgedeki en yüksek basınç dayanımına sahip olan kumtaşlarını kesebilme özelliği baz alınarak seçim yapılmıştır. Seçilen makinalar 2015 yılında montajları tamamlanarak kazı faaliyetlerine başlamıştır.

Bu tez çalışmasında bu kollu galeri açma makinalarının 2015-2017 yılları arasındaki kazı faaliyetleri incelenerek ilerleme miktarları, kazı süreleri, net kazı hacimleri, keski tüketimleri, makinadan faydalanma oranları, spesifik enerji değerleri ve performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Bu çalışmaların yanı sıra araziden kayaç numuneleri alınarak petrografik analizleri, kuvars içerikleri ve CAI değerleri Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi laboratuvarlarında incelenmiş ve arazideki keski tüketimleri ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca arazide belirli mesafelerde (100 m aralıklara) Schmidt çekici deneyleri yapılarak net kazı hacmi ve spesifik

enerji arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Farklı keski türlerinin metalurjik özellikleri belirlenerek keski tüketimine etkisi, her bir keski türünün aşınma yüzdeleri ve galeri açma makinaları ile delme-patlatma arasındaki maliyet karşılaştırılmıştır.

Yapılan bu çalışmalar neticesinde galeri açma makinaları ile B24 kesitli galerilerde 41 ayda toplam 3182 m ilerleme yapılarak ortalama 78 m/ay ilerleme gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak Zonguldak Taşkömürü Havzasında 146 m/ay ilerleme yapılarak havza tarihindeki en yüksek ilerleme kollu galeri açma makinaları ile gerçekleştirilmiştir. Bu sonuçlar havzada galeri açma makinaları kullanımının galeri ilerlemelerinde kullanımını artıracığının bir göstergesidir.

Galeri açma makinalarında gerçekleşen net kazı hacimleri kayaçların türlerine göre 10 m³/h – 112 m³/h arasında değişkenlik göstermektedir. Bu değerler ortalama olarak kumtaşıda 13,87 m³/h, silttaşıda 49,6 m³/h ve kömürde 98 m³/h olarak belirlenmiştir.

Keski tüketimlerine bakıldığında 0,002 – 0,7 adet/m³ arasında değişkenlik göstermektedir. Keski tüketimleri kayaç türlerine göre ortalama olarak kömürde 0,002 adet/m³, silttaşıda 0,182 adet/m³, kumtaşıda ise 0,572 adet/m³ olarak belirlenmiştir. Burada kumtaşı kayaç türünde keski tüketimi ekonomik sınırlardadır. Bazı kumtaşı lokasyonlarında keski tüketimi 0,7 adet/m³ olduğu durumlara da rastlanmıştır. Ekonomikliği koruma açısından bu gibi durumlarda delme-patlatma yapılarak arında gevşetme yapılarak kazı işlemine devam edilmiştir.

Galeri açma makinalarının makinadan faydalanma oranı (MFO) %2,5-21,5 arasında değişkenlik göstermiştir. Genelde bir galeri açma makinasında makinadan faydalanma oranının %25-35 arasında olması istenir. Ancak, bölgede uygulanan halat saplama, kaya saplama, çelik hasır ve TH 34 demir bağ montajları gibi işler makinadan faydalanma oranını düşürmüştür. Bunun yanında makinada meydana gelen arızalar ve bakım-onarım sürelerini de etkilemiştir. Çalışma süresinde kazıya harcanan süre toplam sürenin ortalama %20'sini oluşturmaktadır. Diğer kalan sürelerin %65'ini tahkimat ve %15'ini ise arıza ve bakım süreleri oluşturmaktadır. Makinadan faydalanma oranını artırmak için tahkimat montaj sürelerinin kısaltmaya yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir. Örnek olarak delme süresini kısaltmak için makine üzerine iki adet delici monte edilmesi, kumtaşı gibi sert kayaçlarda tahkimattaki bağ sayısının azaltılması gibi uygulamaların yapılması makinadan faydalanma oranını artıracak uygulamalardır. Halat saplama ve kaya saplama uygulamaları olmaz ise makinadan faydalanma oranı iki kat artacaktır. Örneğin, Ersoy (2014) Amasra havzasında yüzeyde açılan bir galeride

AM105 marka kollu galeri açma makinasının kireçtaşı kayaç türünde halat saplama uygulamalarının olmadığı bir kazıyı incelemiş ve makinadan faydalanma oranının yaklaşık %33 olduğunu belirtmiştir.

Diğer taraftan, spesifik enerji değerleri kayaç türlerine göre farklılıklar göstermiş ve 1,19 – 7,19 kWh/m³ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kazı yapılan kayaç türlerindeki ortalama spesifik enerji değerleri sırasıyla kömürde 0,5 kWh/m³, silttaşında 1,4 kWh/m³ ve kumtaşında ise 6,2 kWh/m³ olarak hesaplanmıştır.

Schmidt çekici değeri galeri açma makinasının performansını etkilemektedir. Yerinde yapılan testler sonucunda Schmidt çekici değerinin spesifik enerji ve ilerleme hızını etkilediği belirlenmiştir. Bunun yanında Schmidt çekici sertlik değerinin keski tüketimi ile de ilişkili olduğu görülmüştür.

Laboratuvarda yapılan çalışmalar ile arazideki çalışmalar ile ilişkilendirilmiştir. Bu bağlamda Amasra bölgesindeki galeri açma makinelerinin keski tüketimleri, eşdeğer kuvars içeriği ve Cerchar aşınma indeksi değerleri ile karşılaştırılmış ve korelasyon analizi yapılmıştır. Bunun yanında keski markalarının tungsten karbür uçlarındaki metalurjik özellikler tespit edilerek keski tüketimleri ile ilişkilendirilmiştir. Kayaçların eşdeğer kuvars içeriği %44–%68 arasında değişkenlik göstermiştir. Korelasyon analizleri sonucunda kayaçların eşdeğer kuvars içeriği keski tüketimlerini önemli derecede etkilediği belirlenmiştir. Kuvars içerikleri ile arazideki keski tüketimi arasında korelasyon katsayısı R=0,81 olan üssel bir ilişki elde edilmiştir.

Cerchar aşınma indeksi değerlerine bakıldığında havzadaki galeri açma makinalarının ortalama keski tüketimi 0,10 adet/m³ olarak belirlenmiştir. Havzada daha önce yapılan çalışmalardan kayaçların ortalama basınç dayanımının 80 MPa ve ortalama CAI değerinin 1,8 olduğunu kabul edersek Şekil 4.3’de ki abağa göre keski tüketiminin 0,15 adet/m³ olması gerektiği kestirilir. Dolayısıyla arazide elde ettiğimiz keski tüketimi değerinin abaktan okunan değer ile oldukça yakın örtüşmesi 22 mm çapındaki tungsten karbür keskinin yerinde tüketim değerinin doğruluğunu göstermiştir.

Eşdeğer kuvars içeriği ile CAI arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. CAI değerini etkileyen en büyük etken kayaçlardaki ortalama tane boyutudur. Tane boyutu arttıkça CAI

değeri de artış göstermiştir. CAI ve ortalama tane boyutu arasındaki ilişkinin $R=0,98$ olması tane boyutunun CAI üzerindeki etkisini göstermektedir.

Keskilerin metalurjik özelliklerinin test sonuçlarında kullanılan beş markanın element analizlerinde kesici uçlar için önemli bir etken olan kobalt içeriği %4,11-%11,31 arasında, wolfram içeriği ise %77,24-%87,2 arasında değişkenlik göstermektedir. Kobalt ve wolfram içerikleri ile arazideki keski tüketimleri arasında analizler yapılarak kobalt içeriğinin keski tüketimini $R=0,91$ oranında üssel azalan bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Yani kobalt içeriği azaldıkça keski tüketimi artış göstermektedir. Elde edilen bu ilişkiye göre keskilerde ki %6,12 oranındaki kobalt içeriği, kumtaşındaki 0,16 adet/m³ 'lük keski tüketimine sebep olmaktadır.

Keskilerin metalurjik özelliklerinin yanı sıra farklı metal alaşımına sahip iki tür marka incelenerek simetrik ve asimetrik aşınmaları kontrol edilmiştir. Kontroller neticesinde 42CrMo₄ metal alaşımına sahip Sunrise keskilerin; 34MnCrB₄+Ti metal alaşımına sahip Betek keskilere göre tungsten karbür uç kısmının tamamen aşınmadan yerinden koptuğu gözlemlenmiştir. Betek keskilerde, Sunrise keskilere göre %30 daha çok simetrik aşınma gözlemlenmiştir. Bunun temel nedeni ise Betek keskilerdeki Mn ve Ti elementlerinin bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu elementler keskiye kopma dayanımını etkilemeden sertlik artışını ve tane irileşmesini engellemektedir. Sunrise keskilerde ise tungsten karbür ucu kopan keskiler, Betek keskilere göre %40 daha fazladır. Bunun temel nedeni ise metal alaşımının farklılıklarından ve tungsten karbür uç kısmının gövdeye düzgün bir şekilde monte edilememesinden kaynaklanmaktadır. Tungsten karbür ucu yerleştirmek için kullanılan özel kaynağın düzgün yapılmaması ucun tamamen aşınmadan kırılmasına neden olmuştur.

Amasra Bölgesinde yapılan çalışmalarda 200 kW gücündeki DH R75T model galeri açma makinası kumtaşı gibi sert ve aşındırıcılığı yüksek kayalarda 160 kW kesici kafa gücüne sahip DH R60T model galeri açma makinasından daha verimli bir kazı yaptığı görülmüştür. Bu nedenle ileride Zonguldak Taşkömürü Havzasında kullanılacak herhangi bir kollu galeri açma makinası için kesici kafa gücünün en az 200 kW gücünde olması gerektiği belirlenmiştir. DH R60T gibi bir model kollu galeri açma makinası kömür, kıltaşı ve siltaşı gibi kömür çevre kayalarında uygun kazı yapabilecek kapasitedir. Örneğin, DH R60T model galeri açma makinası tavan ve taban taşı siltaşı olan bir taban yolunda kullanılması daha uygun olacaktır.

Kesici uç seçiminde ise, özellikle kumtaşı gibi sert kayaç birimlerinde tungsten karbür çapı en az 22 mm ve uzunluğu ise 34 mm olan kesici uçların tercih edilmesi gerekmektedir. Kömür ve silttaşı gibi kayaç birimlerinde ise tungsten karbür çapı 19 mm ve uzunluğu ise 25 mm olan kesici uçlar yeterli olacaktır. Bunun yanında kesici uç seçiminde uç geometrisi, keski tüketiminde göz önünde bulundurulması gereken özelliklerden biridir. Keskinin metalurjik özellikleri de keski tüketimini etkileyen en önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda Havzada kullanılacak ucun $34MnCrB_4+Ti$ olması keskinin simetrik aşınması açısından önem arz etmektedir. Bu metal alaşımına sahip keski tercih edildiğinde maliyetler yüksek olacaktır. Bu tip keskinin sert kayaç birimlerinde kullanılması kesici kafaya zarar vermemesi açısından daha uygun olacaktır. Diğer bir taraftan yumuşak kayaç birimleri içerisinde ucuz olduklarından dolayı $42CrMo_4$ metal alaşıma sahip keskinin kullanılması keski maliyetlerini düşürecektir. Bu sebeplerden dolayı keski satın alınırken iki farklı tip keski yapısının göz önüne alınarak satın alınması işletme açısından daha faydalı olacaktır.

Keski tüketimleri tahminleri yapılırken daha kesin ve kestirilebilir sonuçlar alınması için CAI indeksi deneyi yeterli olmamaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda keski tüketimini etkileyen faktörlerin başında eşdeğer kuvars içeriği ve kayaçların içerisindeki minerallerin ortalama tane boyutunun CAI deneyi kadar önem arz etmektedir. Bu nedenle hem petrografik analizler hem de CAI deneyinin birlikte değerlendirilmesi anlamlı olacaktır.

Havzada seçilecek bir galeri açma makinası satın alınmadan önce yedek parçaların önceden temin edilmesi ve stoklarının yapılması çok önemlidir. Galeri açma makinasında meydana gelebilecek önemli bir arızada makinadan faydalanma oranı düşerek ilerleme hızlarının düşmesine yol açmaktadır. Bu sebepten dolayı galeri açma makinasında kullanılacak olan yedek parçaların iyi bir şekilde belirlenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir.

Tez çalışmasından elde edilen sonuçlar ve yapılan öneriler; galeri açma makinalarının Zonguldak Taşkömürü havzasında kullanılabilirliğinin artırılması yönünde ışık tutacak ve ileriki yıllarda havzada kullanılacak makinalar için bir kılavuz niteliğinde olacaktır.



KAYNAKLAR

- Akçın NA ve Akkaş E** (2011) Gelik İşletmesi'nde Kullanılan Kollu Galeri Açma Makinasının Performansının İncelenmesi. *Türkiye 22. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi*, 11-13 Mayıs 2011, Ankara, 171-180.
- Aksoy C** (2010) Dokuz Eylül Üniversitesi Tünelcilik Ders Notları, İzmir.
- Akkaş M, Su O ve Şenkal SS** (2018) Amasra Havzasında Kullanılan Kollu Galeri Açma Makinası Performansının Schmidt Çekiciyle Değerlendirilmesi. *4.Ulaşımında Yeraltı Kazıları Sempozyumu*, İstanbul, 13-14 Eylül 2018, 199-207.
- Al-Ameen and Waller MD** (1994) The Influence of Rock Strength and Abrasive Mineral Content On the Cerchar Abrasiveness Index. *Engineering Geology*, 36: 293-301.
- Balcı C, Demircin MA, Çopur H ve Tunçdemir H** (2004) Estimation of Optimum Specific Energy Based on Rock Properties for Assessment of Roadheader Performance. *The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 11: 633-642.
- Balcı C, Çopur H, Tumaç D, Avunduk E ve Çomaklı R** (2013) Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş Yan Kayaçların ve Kömürün Kazılabilirliklerinin İncelenmesi, İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, *Laboratuar Test Sonuçları Raporu*, İstanbul.
- Bharti S, Deb D and Das P** (2016) Abrasivity Investigation by Physico-mechanical Parameters and Microscopic Analysis. *Int. Conf. on Deep Excavation, Energy Resources and Production*, 24-26 Kasım 2016, Kharagpur, India.
- Bilgin N** (1989) İnşaat ve Maden Mühendisleri İçin Uygulamalı Kazı Mekaniği, *Birsan Yayınevi*, İstanbul, 139-140.
- Bilgin N** (1994) Roadheaderların Seçim Kriterleri ve Performans Tahmini. *Tünel ve Galeri Açma Meslek içi Eğitim Semineri*, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Editör: Prof. Dr. Şinasi Eskikaya, Ekim.
- Bilgin N, Dincer T and Copur H** (2002) The Performance Prediction of Impact Hammers from Schmidt Hammer Rebound Values in Istanbul Metro Tunnel Drivages. *Tunneling Underground Space Technology*, 17: 237-247.
- Bilgin N, Demircin MA, Copur H, Balcı C, Tunçdemir H and Akcin N** (2006) Dominant Rock Properties Affecting the Performance of Conical Picks and the Comprasion of Some Experimantal and Theoretical Results. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 43: 137-156.
- Bilgin N, Çopur H and Balcı C** (2013) *Mechanical Excavation in Mining and Civil Industries*. 1st Edition, ISBN:9781466584747, CRC Press, e-book, 388 pp.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Bilim N** (2007) Çayırhan Yer Altı Kömür Ocağında Kazı Makinelerinin Performanslarının Araştırılması ve Kayaç Özellikleri ile İlişkilendirilmesi. *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.,270 s.
- Bölükbaşı N** (1986) Yeraltı Kömür ve Kayaç Mekanizasyonu, O.D.T.Ü Maden Mühendisliği Bölümü, Seminer, No:4, 112 s.
- Çopur H, Özdemir L and Rostami J** (1998) Roadheader Applications in Mining and Tunneling. *Earth Mechanic Institute, Colorado School Of Mines*, Golden, Colorado, 50: 38-42.
- DH Mining Systems** (2015) DH R60T ve DH R75T Galeri Açma Makineleri Kullanım ve Bakım Kılavuzu, Almanya.
- Doğruöz C ve Bölükbaşı N** (2012) Effect Of Cutting Picks and Cutting Performance on Unaxial Compressive Strength. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Kütahya, 89-96.
- Doğruöz C, Rostami J and Keleş S** (2018) Study of Correlation between Specific Energy of Cutting and Physical Properties of Rock and Prediction of Excavation Rate for Lignite Mines in Cayirhan Area, Turkey. *Bull Eng. Geol. Environ.*, 77(2): 533-539.
- Dursun AE** (2012) Konya Şehir Merkezinin Kuzey Batısında Yer Alan Kireçtaşlarının Kesilebilirliği, *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Bölümü, Konya, 286 s.
- Ebrahimabadi A, Goshtasbi B, Shahriar K and Cheraghi SM** (2011) Predictive Models for Roadheaders' Cutting Performance in Coal Measure Rocks. *Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 32 (2): 89-104.
- Ersoy C** (2014) Kollu Galeri Açma Makinesinin Seçim Kriterleri ve Amasra Havzasına Uygulanması. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 135 s.
- Folk RL** (1974) Petrology of Sedimentary Rocks, *Hemhill Puvblishing Comp.* Austin, Texas, ISBN 0-914696-14-9, 184 pp.
- Fowell JF, Hekimoğlu OZ and Altinoluk S** (1987) Drag Tools Employed on Shearer Drums and Roadheaders. *Proceedings of 10th Turkish Mining Congress*, Ankara, 529-550.
- HEMA** (2015) *Amasra Bölgesi Jeoteknik Raporları*, Hattat Enerji ve Maden Tic.A.Ş, Bartın.
- ISRM** (1978) Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. *Int. Jour. Rock Mec. Min. Sci. Geomech*, 15: 319-368.
- Kahraman S, Fener M and Gunaydın O** (2004) Predicting the Sawability of Carbonate Rocks Using Multiple Curvilinear Regression Analysis. *International Journal Of Rock Mchanics and Mining Sciences*, 41(7): 1123-1131.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Karaman K, Erçıkdı B, Cihangir F ve Kesimal A** (2011) Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tahmininde Schmidt Çekici Yöntemlerinin İncelenmesi. *Türkiye 22. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi*, 11-13 Mayıs 2011, Ankara, 87-102.
- Keleş S** (2005) Cutting Performance Assessment of a Medium Weight Roadheader at Çayırhan Coal Mine, *Master Thesis*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara, 72 s.
- Moradzadeh M, Cheshomi A, Ghafoori M and TrighAzali S** (2016) Correlation of Equivalent Quartz Content, Slake Durability Index and $IS_{(50)}$ with Cerchar Abrasiveness Index for Different Types of Rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 86: 42-47.
- Nishimatsu N** (1986) The Mechanics of Rock Cutting. *International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences*, 9: 261-270.
- Plinninger RJ and Thuro K** (2004) Wear Prediction in Hardrock Excavation Using the Cerchar Abrasiveness Index (CAI). *Proceedings of The ISRM Regional Symposium Eurock 2004 & 53rd Geomechanics Colloquim*, 7-9 Ekim 2004, Essen, Almanya, 599-604.
- Plinninger RJ** (2010) Hardrock Abrasivity Investigation Using the Rock Abrasivity Index, *Geologically Active, Taylor & Francis Group*, Londra, İngiltere, 3446-3452.
- Prieto LA** (2012) The Cerchar Abrasivity Index's Applicability to Dredging Rock. *Proceedings of the Western Dredging Association (WEDA XXXII)*, San Antonio, Texas, 212-219.
- Sandvik** (2012) *Amasra Taşkömürü İşletmesi Jeoteknik Ön Raporu*. Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş., Bartın.
- Sandvik** (2014) Technical Description of AM105, *Sandvik Catalogue*, 13 pp.
- Shao W** (2016) A Study Of Rock Cutting With Point Attack Picks, The University Of Queensland, *Ph. D. Thesis*, Department of Mining Engineer, Australia, 196 pp.
- Sigma** (2015) Sigma Bant Konveyör Kataloğu, Polonya, 89 pp.
- Sutoh A and Matsumoto K** (2014) Identification of Heavy Weight Type Roadheaders Performance Based On Field Data. *Japan Society of Civil Engineers*, 70(3): 57-64. :
- Sutoh A, Ohyama H, Takagi SandSakurai K** (2010) Studies on Performance Prediction of Heavy Weight Transverse Roadheaders Based on Field Data in Tunneling Projects. *Japan Society of Civil Engineers*, 211-217.
- Ocak I, Eyigün Y, Çınar M ve Nahya T** (2007) Investigation into roadheader excavation performance and pick consumption used in Kadıkoy– Kartal Metro Tunnels. *Proceeding of the 2nd Symposium on Underground Excavations for Transportation*, vol. 138. Publication of Turkish Chamber of Mines, Istanbul, Turkey, 199–206 (ISBN 978-9944-89-400-5).

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Özçelik Y, Eyüboğlu A, Kulaksız S, Engin İC, Özgüven A** (2000) Sert Kayaçlarda Diskli Kesicilerle Kesme İşlemlerinde Aşağı ve Yukarı Kesme Yöntemlerinin Çekilen Akım Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. *V.Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu*, Isparta, 123-128.
- Tandon RS and Gupta V** (2013) The Control of Mineral Constituents and Textural Characteristics on the Petrophysical and Mechanical (PM) Properties of Different Rocks of the Himalaya. *Eng Geology*, 153:125–143.
- Thuro K and Plinninger RJ** (1998) Geological Limits in Roadheader Excavation - Four Case Studies. *8th International IAEG Congress*, 21-25 Eylül 1998, Rotterdam, Hollanda, 3545-3552.
- Thuro K and Plinninger RJ** (1999) Roadheader Excavation Performance - Geological And Geotechnical Influences. *9th ISRM Congress*, 25-28 Ağustos 1999, Paris, Fransa, 1241-1244.
- Tunçdemir H** (1996) Yanal Basınçların ve Jeolojik Süreksizliklerin Kesicilerin Kesme Performansına Olan Etkilerinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 107 s.
- Tunçdemir H** (2002) Kollu Galeri Açma Makinelerinin veya Benzer Makinelerin Cevher Kazısında Kullanımlarının Araştırılması, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 295 s.
- Tumaç D** (2004) Küçük Su Tünellerinde Kollu Galeri Açma Makinesinin Performans Tahmininin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 75 s.
- Yaralı O** (2016) Kömür Çevre Kayaçları Dayanım Özelliklerinin Cerchar Aşınma İndeksine Olan Etkileri. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 179-192.
- Yaralı O, Yaşar E, Bacak G and Ranjith BG** (2008) A study of rock abrasivity and tool wear in Coal Measures Rocks. *International Journal Of Coal Jeology*, 74:53-66.
- Yaralı O** (2009) Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, *Kazı Makinaları Ders Notları* (Yayınlanmamış), Zonguldak,
- Yaralı O** (2016) Kömür Çevre Kayaçları Dayanım Özelliklerinin Cerchar Aşınma İndeksine Olan Etkileri. *Yer Bilimleri*, 179-192.
- Yaralı O, Sakız U, Duru H, Aydın H, Su O, Geniş M** (2018) Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda galeri ilerlemelerinde kollu galeri açma makinası kullanımının analizi. *Türkiye 21. Uluslararası Kömür Kongresi "ICCET 2018" Bildiriler Kitabı*, 11-13 Nisan 2018, Zonguldak, 69-93.
- Yaşar S** (2017) Karadeniz Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Kaya Mekaniği Dersi Laboratuvarı, *Kaya Sertliği Belirleme Deneyi (Schmidt çekici) Notları*, Trabzon

ÖZGEÇMİŞ

Muhammet AKKAŞ, 1985 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlköğrenimini Kilimli Pirireis ilköğretim okulunda 1997 yılında tamamladı. Orta öğrenimini İsmet İnönü ortaokulunda 2000 yılında tamamladı. Lise öğrenimini ise 2004 yılında Kilimli Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne 2005 yılında girdikten sonra 2011 yılında mezun oldu. 2011 – 2012 yılları arasında Star İnşaat ve Tic. A.Ş' de vardiya mühendisi olarak çalıştı. KKTC'de 2012 yılında vatani görevini tamamladıktan sonra 2013 - 2015 yılları arasında Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş' de vardiya mühendisi olarak görev yaptı. Halen Hattat Enerji ve Maden Ticaret A.Ş bünyesinde 2015 yılından bu yana galeri açma, nakliyat ve bakım sorumluluğu görevini yürütmektedir. 2018 yılında İstanbul'da düzenlenen 4. UYAK Sempozyumunda “*Amasra Havzasında Kullanılan Kollu Galeri Açma Makinası Performansının Schmidt Çekici İle Değerlendirilmesi*” ve 2019 yılında Antalya'da düzenlenen Türkiye 26. Uluslararası Madencilik Kongresi'nde “*Cost Analysis of Mine Roadways Driven by Drilling and Blasting Method and a Roadheader*” başlıklarıyla yayınlanmış 2 adet bildirisi mevcuttur. Yüzmeyi, doğa gezilerini, farklı kültürleri tanımaya çalışmayı ve spor yapmayı sevmektedir. Evlidir ve henüz çocuğu yoktur.

ADRES BİLGİLERİ:

Adres : Bahçelievler Mah. Gelincik Sok. No:38 ZONGULDAK
Tel : (534) 884 58 61
E posta : muhammetakkas@gmail.com