

KIRMATAŞ ENDÜSTRİSİNDE YENİ KAZI TEKNOLOJİLERİ

NEW EXCAVATION TECHNOLOGIES IN AGMEGATE INDUSTRY

Nah BİLGİN, Cemal BALCI

İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği **Bölümü**

ÖZET

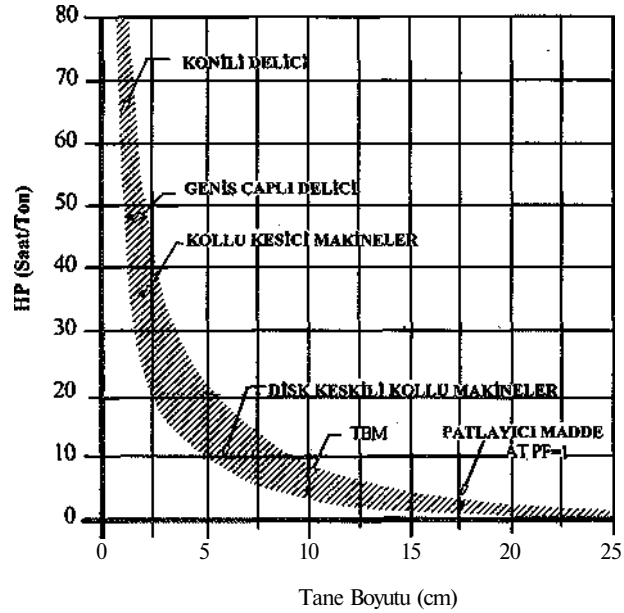
Günümüzde büyük şehirlerde nüfusun hızla artışı, İstanbul örneğinde olduğu gibi bir çok taş ocağını adeta yerleşim sınırları içerisinde bırakmakla kalmamış, sayısız çevre sorununu da beraberinde getirmiştir. İnsanlar artık çok yakınlarında patlayıcı madde kullanılmasından, toz ve gürültüyle beraber yaşamaktan hoşlanmıyorlar. İşte bu tebliğde, sözü geçen yörelerde taş ocaklarını kapatmadan insanların rahat ve sorunsuz bir hayat sürdürebilmeleri için, kayacı delip patlatma yönteminden vazgeçerek mekanik olarak kesip parçalama esasına dayanan üretim yapma yönündeki son teknolojik çalışmalar ele alınmış ve bunların ekonomik ve teknik açıdan kritiği yapılmıştır.

ABSTRACT

Nowadays many quarries in big cities faced with unsolved environmental problems since they became within densely populated area by time. Human being does not like any more to live where the drilling and blasting operations continuously cause noise, dust and vibration problems. This paper mainly deals with new mechanical excavation techniques eliminating the drilling and blasting operations in quarries producing aggregate for civil engineering purposes or road construction. A detailed technical and environmental discussion is made for this new aggregate winning technology.

1. GİRİŞ

Hızlı büyüyen şehirlerin yerleşim sınırları içerisinde kalan birçok taşocağı, gürültü, sarsıntı ve toz gibi çevre sorunlarından dolayı, bugün kapanma tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır. Bu nedenle çevre sorunlarını ortadan kaldırmak amacıyla yapılan çalışmalar, delme patlatma operasyonlarını devre dışı bırakan mekanik kesme ve parçalama esaslı yeni teknolojiler üzerine yoğunlaşmıştır. Yalnız burada unutulmaması gereken bir husus, Şekil 1' de de görüldüğü gibi, belirli bir tane ebadının üzerinde kayacı parçalamak için gerekli enerji patlayıcı madde ile kazıda minimum seviyededir. Kırmataş endüstrisinde olduğu gibi eğer parçalanmış, kayaç boyutunun 18-20 cm'den daha küçük olması isteniyorsa, devreye muhakkak bir kinci koymalı veya kesicilerin dayanımları müsaade ettiği ölçüde mekanik kesiciler kullanılmalıdır. Bu seçimde en önemli hususlardan bir tanesi, taş ocağındaki hakim formasyonunun mekanik olarak verimli ve ekonomik olarak parçalanıp, parçalanamayacağıdır. İşte bu tebliğde bu hususlar detaylı olarak ele alınacak ve yeni teknolojilerin kullanım kritiği yapılacaktır.

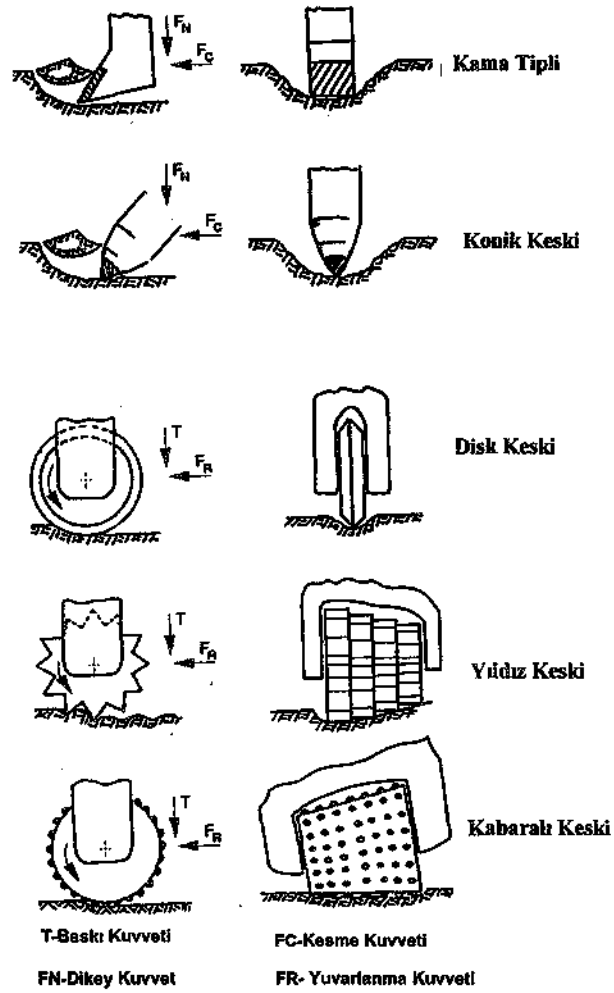


Şekil 1. Değişik kazı tekniklerinde, kayaç parça boyutu ile harcanan enerji arasındaki ilişki (1)

2. MEKANİK KAZININ ANA PEENSİPLERİ

2.1 Kullanılan KesMler

1950'lerden beri patlayıcı maddesiz maden üretimi, galeri ve tünel açımında kullanılan mekanize kazı teknikleri ile birlikte, kayacın veya mineralin jeoteknik özelliklerine bağlı olarak Şekil 2'de gösterilen kesici uçlar ile yapılagelmiştir.



Şekil 2. Kayaç kesme-parçalama işinde kullanılan değişik keskiler (2)

Bu keskiiler döner bir tambur üzerinde belirli bir düzenle yerleştirilir ve kayaç arınma uygulanan uygun bir bastırma kuvveti ile kayacın kesilip parçalanması sağlanır. Bunlardan kama tipli, konik ve kabarıklı keskiiler bir çelik gövde üzerine san kaynak yöntemi ile tutturulmuş tungsten karbür kesicilerden oluşur. Tungsten karbür uçlar, toz metalürjisi prensibine göre, tungsten karbür tozun belirli bir oranda kobaltla karıştırılması, preslenmesi ve sinterlenmesi prosesi ile elde edilir. Bunların kullanım oranları Çizelge 1'de özetlenmiştir.

2.2 Makina seçiminde ve Tambur Dizaynında Dikkat Edilecek Hususlar

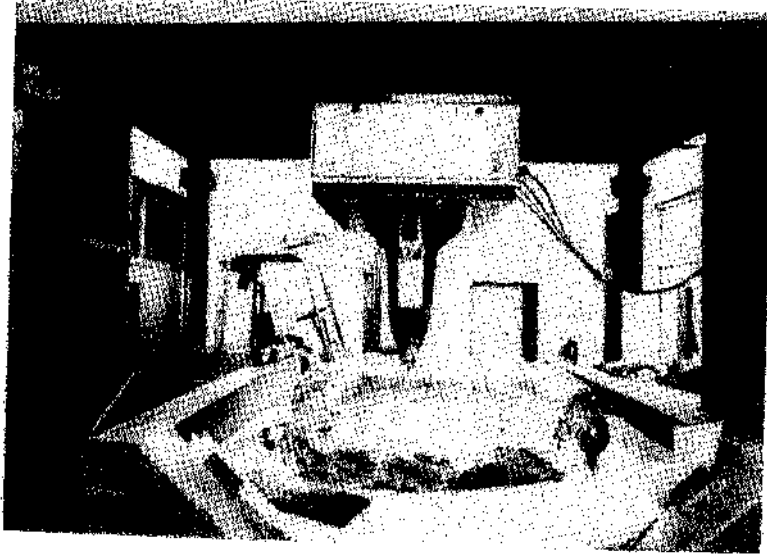
Önceden belirlenmiş bir üretim planlamasına uygun makina seçimi ve tasannu için genelde endüstriyel tecrübelerden veya laboratuvarlarda yapılan tam boyutlu kesme deneylerinden yararlanılır. Eğer imkanlar müsaitse ikinci yöntem tercih edilmelidir. Bu yöntemde Şekil 3 ve 4' de gösterilen bir kazı setinde 1.5-2 ton ağırlığında büyük bir kayaç numunesi gerçek boyuttaki keskiilerle değişik deney şartlarında (kesme hızı, kesme derinliği, keskiiler arası mesafe vs.) kesme deneylerine tabi tutulur ve üç eksenle keskiye gelen kuvvetler tespit edilerek, o deney şartlarında test edilen keskiilerin bu kayaç için uygun olup olmadığı, optimum kesme hızı, kesme derinliği ve keskiiler arası mesafenin, birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli enerjinin ne olması gerektiği ve bu şartlara uygun kesici kafanın gücü ve tasann ilkeleri tespit edilir. Keski kuvvetleri veren bir veri çıkışı Şekil 5'te gösterilmiştir.

2.3 Makina Performansının Önceden Tahmimi

Bir ocağın üretim planlanmasında ve maliyet analizinde, seçilen mekanik kazıcının kesme performansının önceden tahmini, sağlıklı karar için esastır. Taş ocaklarında

Çizelge 1. Kesici uçların kullanım alanları

Kesici Uç	Kullanılacağı Formasyon	Kullanıldığı Makina Türü	Teknolojik Özelliği
Kama tipli	Kömür, marn ve silttaşı gibi yumuşak formasyonlar $G_c < 300 \text{ kg/cm}^2$ Aşındırıcı mineraller $< \%20$	Sürekli yüzey kazıcılar (Surface Continuous Miners), Kollu galeri açma makinaları, Kesici yükleyiciler,	Tungsten karbür uçta kobalt (Co) oranı %6-7
Konik Keski	Yumuşak ve orta sert formasyon $RQD^{**} > \%50$ ise $c_c \leq 700 \text{ kg/cm}^2$ $RQD < \%50$ ise $o_c < 1000 \text{ kg/cm}^2$	Sürekli yüzey kazıcılar, Kollu galeri açma makinaları, Kesici yükleyiciler,	Kendi kendisini bilen. Aşındırıcı formasyonlara uygun Co oranı %6-10
Disk Keski	Sert, çok sert ve aşındırıcı her türlü formasyona uygun	Tam cepheli tünel açma makinaları	Yatak kapasiteleri max.20 t dur. Bu nedenle çaplan 30-35 cm dir. İğne yatakları uygulanması ile bunların sürekli yüzey kazıcılara uygulama imkanı var.
Yıldız Keski	Orta sert formasyonlar	Üç konili matkaplarda	Sertleştirilmiş, alaşımlı çelik
Kabaralı Keski	Çok sert ve aşındırıcı formasyonlarda	Tam cepheli tünel açma makinalarının merkezlerinde ve üç konili matkaplarda	Çelik gövdeye gömülmüş tungsten karbür uçlar.

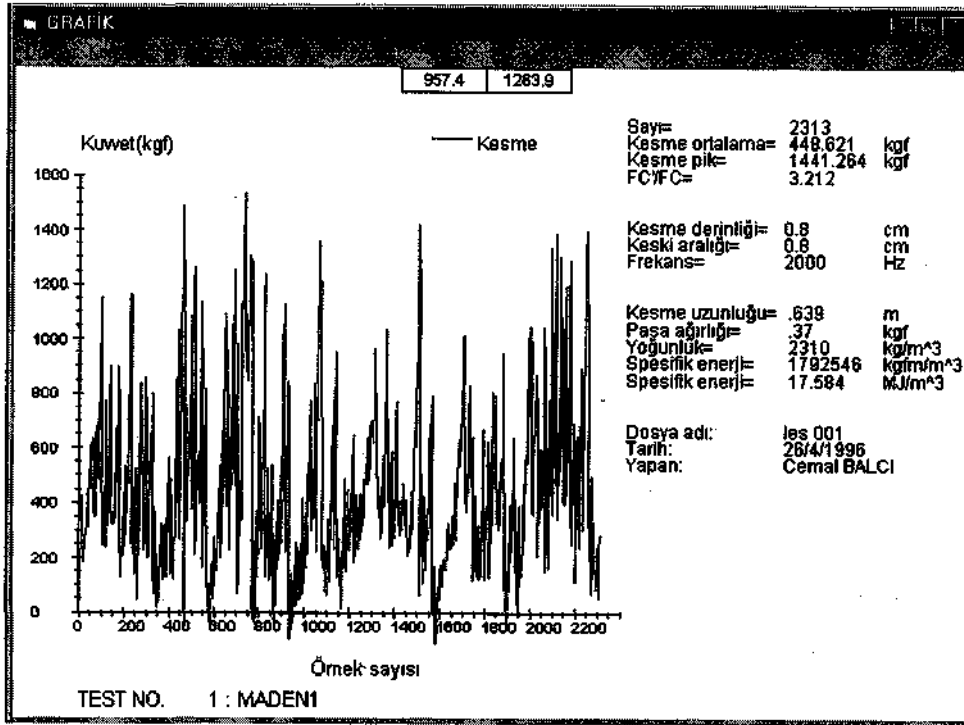


Şekil 3. İ.T.Ü. Kazı Mekanizasyonu Laboratuvarında Mevcut Tam Boyutlu Kazı Setinin Önden Görünümü



Şekil 4. Tam Boyutlu Kazı Setinin Genel Görünümü

performans modellerinin geçerliliği halen münakaşa edilmektedir. Buna rağmen bazı yaklaşımlar yol gösterici nitelikte olabilmektedir. Bu yaklaşımlardan ilki mekanize galeri ve tünel açmada kullanılan tamburlu kesiciler (roadheader veya kollu galeri açma makinası) için geliştirilen modeldir (3). Bu modelde üretim hızı aşağıda verilen bağıntıdan da görüldüğü gibi, makinanın kesme gücüne, kayacın basıncı dayanımına ve jeolojik süreksizliklerin sıklığına bağlıdır.



Şekil 5. Tam Boyutlu Kesme Deney Sonucu Keski Kuvvetlerini Veren Tipik Bir Veri Çıktısı

$$ICR = 0.28 P (0.974)^{RMCI}$$

d)

Bu bağıntıda

ICR= Net üretim hızı, m³/h

P= Makinanın kesme gücü, HP

RMCI= Kayaç kütlesi kazılabilirlik indeksi

$$RMCI = \frac{RMC \cdot Q}{CRQD/100}^{273}$$

σ_c= Kayacın basıncı dayanımı, MPa

RQD= Kayaç kalite değeri (Jeolojik süreksizlik sıklığına bağlı olarak 0 ile 100 arasında değişir).

Nümerik Örnek

Basıncı dayanımı, 600 kg/cm², RQD değeri %80 olan bir kalker formasyonunda, 300 HP'lik kesme gücüne sahip makinanın net üretim hızı,

0.666

$$ICR = 0.28 \times 300 (0.974)^{60 \cdot 0.8}$$

$$ICR = 0.28 \times 300 \times 0.256 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$ICR = 21.5 \text{ m}^3/\text{h'dir.}$$

İlk çözüme göre daha sıhhatli olan bir başka yaklaşım da Şekil 3' de verilen tam boyutlu deney setinde kayacın kesme deneyine tabi tutulmasını ve birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli enerji olarak tanımlanan spesifik enerjinin ölçülmesidir. Bu değer, net üretim hızına aşağıda verilen (2) nolu bağıntı ile bağlıdır.

$$ICR = k \cdot E \quad (2)$$

Bu bağıntıda

ICR= Net üretim hızı, m³/h

K= Enerji transfer katsayısı, 0.7-0.9

P= Makina kesme gücü, kW

SE= Spesifik enerji, kWh/m³

Nümerik Örnek

Bir kalker numunesi laboratuvarında tam boyutlu kesme deneyine tabi tutulmuş ve spesifik enerji değeri 4 kWh/m³ bulunmuştur. Bu formasyon 200 kW kesme gücüne sahip bir mekanik kazıcı ile kesildiğinde elde edilebilecek net üretim hızı,

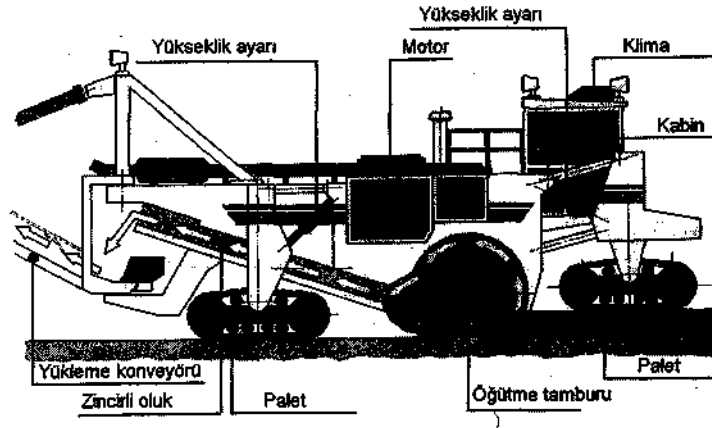
$$ICR = 0.7 \frac{200}{4} \text{ nrVh}$$

$$ICR = 35 \text{ m}^3/\text{h}$$

3. UYGULAMADAN ÖRNEKLEM

3.1 Alttan Tamburla .Sürekli Yüzey Kazıcıları

Altan tamburlu sürekli yüzey kazıcıları Şekil 6' da görüldüğü gibi altlarındaki kesici tambur yardımı ile her dönüşte yüzeyden bir dilimi kaldıran ve kesilen formasyonu bir zincirli oluk yardımı ile taşıma vasıtalarına aktaran bir çeşit kesici yükleyici makinadır.



Şekil 6. Bir sürekli yüzey kesicisinin çalışma prensibi, Wirtgen 3500 SM, (4)

1986' da yapılan bir çalışmaya göre, bu tarihe kadar 1- Wirtgen, 2- Foster Miller, 3- Huron Manufacturing Co (Easi-Miner), 4- Me. Nally Pittsburg (WL-50) 5- CMI (TR ve PR serileri Caterpillar lisansı altında), 6- Unit Rig (Unimatic), 7- Babcock Construction (Rotaminer), 8- Satterwite Int. Inc)SC 3000) şirketleri 60'a yakın makina üretmişlerdir. Bunlar 20 t ile 130 t ağırlıklarında 160 kW ile 1200 kW güçlerinde makinalardır ve fiyatları 500.000 ile 2.500.000 USD arasında değişmektedir (5,6,7,8). Bazı teknik özellikleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Wirtgen Sürekli Kazıcılann Karakteristikleri (4)

Teknik Özellikler	2100 SM	2600 SM	3000 SM	3500 SM	4200 SM
Toplam tahrik gücü, kW	448	559	559	895	1193
Tam yükte yakıt sarfiyatı, l/saat	110	152	160	233	310
Toplam ağırlık, ton	39.5	67.5	50	137	185
Kesme tambur genişliği, m	2	2.6	-	3.5	4.2
Kesme dilim kalınlığı, m	0-0.25	0-0.25	0-0.3	0-0.47	0-0.6
Palet adedi	4	3	4	4	4
Çalışma hızı, km/saat	0-1.6	0-1.5	0-1.3	0-1.5	0-1.5
Yürüme hızı, km/ saat	0-4.6	0-6	0-3.5	0-3.9	0-2.8
Bant kapasitesi m ³ / saat	550	845	1900	3500	-
Yaklaşık fiyatı x 1000 USD	900	1000	1600	2300	1300

Yukarıda sözü edilen şirketlerin piyasaya çıkardığı makineler başlangıçta kömür ocaklarındaki uygulamalar sırasında birçok sorunu da beraberinde getirmiş ve bazı seriler piyasadan çekilerek yeni tasarımlara gidilmiştir. Bu sorunların başlıcaları, makine seçiminin ve tasarımın, makinenin kullanılacağı özel şartlara göre yapılmamasıdır, çünkü şartlar her kömür damanı için aynı olabilmektedir. Makine seçiminde göz önüne alınması gereken hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. İki keskinin arasındaki izin koptuğu bir optimum keskinler arası mesafe / kesme derinliği oranı vardır ve bu değerde birim hacimdeki kömürü kesmek için gerekli enerji minimumdur.
2. Yukarıda bahsedilen oranın sağlanması şartı ile kesme derinliği ayarlanarak, istenilen parça büyüklüğü belirli sınırlar içinde tutulabilir.
3. Seçilen optimum kesme derinliği, keskinlere gelen kuvvet, tambur çapı, tambur genişliği ve tambur dönme hızı o şartlar için elde edilebilecek üretim hızım ve makine gücünü belirler.
4. Uygun seçim için, örnek numuneler üzerinde muhakkak laboratuvarlarda pilot düzeyde kesme deneyleri yapılmalıdır.

Bu tür yüzey kazıcıları genelde kömür ocaklarında kullanılmalarına rağmen, son yıllarda çok özel şartlarda taş ocaklarında da nadiren de olsa kullanılmaya başlamıştır (9). Bu örneklerden biri Fransa'daki bir taş ocağında Wirtgen yüzey kazıcı ile yapılan bir uygulamadır, burada (4);

Taş ocağının boyutları	= 200x100 m
Malzeme	= Kumlu kalker
Basınç dayanımı	= 25-50 MPa
Gerçekleşen üretim	= 70m ³ /h

Üretimin tane boyutu dağılımı: <8mm	%30
8mm-30mm	%30
30mm-80mm	%35
>80mm	%5

Bu konuda gelişmelere çarpıcı bir örnek Avrupa komisyonunun katkılarıyla Lisbon ve Berlin Teknik Üniversitelerinde yapılan çalışma gösterilebilir (10). Bu çalışma çerçevesinde, Portekiz'de Guarda şehrine yakın, Porto'ya 200 km güney doğudaki bir pegmatit taş ocağı pilot bölge olarak seçilmiş ve burada Wirtgen 2100 DC tipi sürekli yüzey kazıcı bazı teknolojik değişikliklerle birlikte denenmiştir. Bu değişiklikler kesici tamburun makinanın ortasına getirilmesi, keski dizaynına ve tamburdaki keski dağılımını tekrar tasarlanmasını şeklinde olmuştur. Buradaki pegmatit 30cm ~8m arası tabakalar halindedir ve başlıca kuvars, albit, mikrolin ve lithium minerallerinden oluşmuştur. Malzeme seramik sanayiinde kullanılmaktadır. Basmıç dayanımı 35 ile 110 Mpa arası değişmektedir. Üretim ortalama 30.4 m³/h olmuş ve 126.5 m³/h' lik bir net üretim hızına ulaşılmıştır. Çıkan malzemenin ortalama tane ebadı, Çizelge 3' de gösterildiği gibi olmuştur.

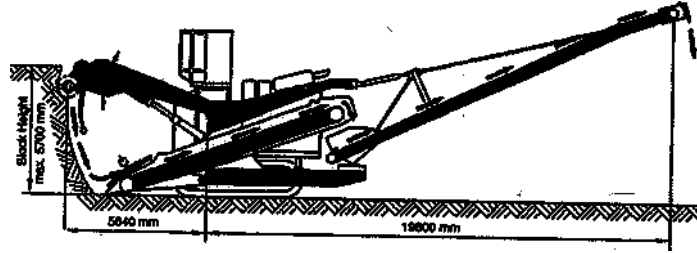
Çizelge 3. Pegmatit ocağındaki prototip uygulamada kesilen malzemenin tane boyut dağılımı

Tane Boyutu mm	Ağırlık kg	Ağırlık %	Kümülatif ağırlık %
0-0.5	12.5	14.1	14.1
0.5-1.0	6.0	6.1	21.0
1-2.0	9.2	10.6	31.6
2-4.0	14.8	17.1	48.7
4-8.0	12.3	14.2	62.9
8-16.0	10.0	11.6	74.5
16-31.5	8.0	9.3	83.8
31.5-63.0	4.0	4.6	88.4
63-125.0	10.0	11.6	100.0
125-1.0	0.0	0.0	100.0
	86.5	100	

Bu tür makinaların teknolojik gelişmelerine halen devan edilmektedir.

3.2. Önden tamburin sürekli yüzey kazıcılar

Voest-Alpine şirketinin geliştirdiği VASM tipi önden tamburlu bir sürekli yüzey kazıcı Şekil 7'de gösterilmektedir. Bu tür mekanik kazıcılar kömür ocaklarında olduğu gibi, Avusturya'daki bir kireçtaşı ocağında, Brezilya'da ise bir altın maden açık ocağında basan ile kullanılmıştır (11). Buna rağmen hem dizel tahrikli hemde elektrik tahrikli imal edilebilen 450kW gücündeki VASM-20 tipi kazıcının, formasyonların özelliklerine göre kesme veriminin Çizelge 4'deki gibi olabileceği iddia edilmektedir, buradan da görüldüğü gibi, formasyonların basınç dayanımları arttıkça, bunların kesme verimleri önemli ölçüde azalmaktadır. Masif bir kireçtaşı formasyonunda uygulama sınırı 400 kg/cm² gibi görülmektedir.



Şekil 7. Önden tamburlu bir sürekli yüzey kazıcının genel görünümü

4. MALİYETLER

Sürekli yüzey kazıcıların uygulaması bugünkü teknolojik şartlarda kayacın basınç dayanımı ile sınırlıdır. Kaya sertleştikçe makinaların anızalan artmakta ve bakım

Çizelge 4. VASM 2D Voest- Alpine sürekli yüzey kazıcının formasyonların özelliklerine göre kazı verimleri

Voest-Alpine Yüzey Kazıcı - VASM 2D
Değişik Kayaçlarda Kesme Performansı

Kayaç Tipi	Sınıfı	σ_c (MPa)	Basınç/Çekme Dayanımı	m ³ /h												Keski m ³ /keski	
				100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200		
KÖMÜR	Yumuşak	10-20	-														250-600
KÖMÜR	Sert	25-40	-														200-400
ALÇITAŞI		15-40	Üstü 10:1														175-400
DOLOMİT		10-30	-														80-150
KİREÇTAŞI	Masif	10-40	Üstü 12:1														80-150
KİREÇTAŞI	Tabakalı<20 cm	-80	-														75-250
MARN	Masif	10-40	Üstü 12:1														150-300
MARN	Tabakalı<20 cm	-80	-														200-800
CEVHER	Masif	-40	Üstü 12:1														75-150
CEVHER	Tabakalı	-80	-														150-400

giderleri ile uç sarfiyatları ekonomik uygulama sınırlarını zorlamaktadır. Bu sistemin, delme patlatma yöntemine göre diğer dezavantajlı yönü ise ilk yatırımının fazla olmasıdır. Çizelge 2' den de görüldüğü gibi SM 2100 tipinde yatmm maliyeti 900.000 USD den başlamaktadır. Yol gösterici olmak amacıyla aşağıda tipik bir değerlendirme yapılmıştır.

Formasyon	=Kalker
Basınç dayanımı	=500 kg/cm ²
RQD	=%50
Seçilen makina	=Wirtgen 2100
Makinanın kesme gücü	=448 kW (600 HP)
İlk yatmm	=900.000 USD
Makinadan beklenen faydalanma oranı	=%50
Günde 8 saatten 2 vardiya çalışılacağı varsayılmıştır.	
Makinanın net çalışma süresi 2x8x0.5= 8 saat/ gün	
(I)'nolu bağıntı yardımı ile hesaplanan üretim hızı PCR= 73 m ³ /h	
Günlük üretim 73x8=584 m ³ /gün	

Bu tür makinalann amortisman süreleri 6000 h civarındadır. Bir saat uygulanan yatmm maliyeti 900.000:6000= 150 USD/saat' tir. Genelde bakım ve yakıt hariç işletme giderleri yatırım maliyetinin %10'u kadardır. Yakıt maliyeti ise;

$$100 \text{ İt/h} \times 0.5 \text{ USD/İt} = 55 \text{ USD/h}$$

Toplam maliyet 210 USD/h dır.

Kesilen malzemenin maliyeti 210:73 = 3 USD/m³ dır.

S. SÜREKLİ YÜZEY KAZICILARIN TAŞ OCAKLARINDA DAHA VERİMLİ ÇALIŞABİLMELERİ İÇİN YAPILAN SON TEKNOLOJİK ÇALIŞMALAR

Bugünkü teknolojiyle sürekli yüzey kazıcılarda kama tipli ve konik keskilere başka tür keski kullanmak mümkün olmamıştır. Bu tür keskilere mekanik dayanımları açısından en fazla 5-6 ton yük alabildiklerinden kullanım alanları orta sert formasyonda sınırlı kalmıştır. Şekil 2' de gösterilen disk keski 20 tona kadar yükü emniyetle alabilmektedir, bunu sınırlayan yegane faktör etrafında döndüğü yatağın alanıdır, bu nedenle bu yüke dayanıklı bir disk keskiyi 30 cm'den küçük yapmak mümkün olmamıştır. Böyle bir keskinin ağırlığı 40-50 kg civarındadır ve bu faktörler de bunların sürekli yüzey kazıcılarda kullanılmalarını mümkün kılmamaktadır. Son yıllarda USA'daki Colorado School of Mines'in bünyesindeki Earth Mechanics and Excavation Engineering Araştırma Enstitüsünde yapılan araştırmalar, uzay teknolojisinde kullanılan iğne yataklar yardımıyla büyük diskler kadar yük alabilen 10 cm çapında mini disklerin imalini mümkün olduğunu göstermiştir (12). Bunların yakında makina imalatçıları tarafından artan bir hızla kullanılması beklenmektedir. Bu mini disklerin diğer bir avantajı, aynı yüklerde büyük disklere nazaran daha fazla üretim yapabilesidir. Bunu aşağıda verilen bir örnekle daha iyi izah etmek mümkündür. Belirli bir kesme derinliğini sağlamak için diske uygulanması gerekli (FT) dikey kuvveti aşağıdaki 3'üncü bağıntı ile verilmiştir (13). Bu bağıntıda σ_c , basınç dayanımı, D disk çapı, ϕ disk açısıdır.

$$FT = \frac{8}{3} \times \sigma_c \times d \times \tan \frac{\phi}{2} \sqrt{D \times d - d^2} \dots \dots \dots (3)$$

Basınç dayanımı 1000 kg/cm² olan bir kireçtaşın 80° uç açılı, 30 cm ve ayrıca 10 cm çaplı iki diskle 20 ton baskı kuvveti ile kesildiğinde elde edilebilecek kesme derinliklerini hesap edelim:

$$30 \text{ cm çapındaki disk için ; } 20.000 = \frac{8}{3} \times 1000 \times d \times \tan 40^\circ \times \sqrt{30 \times d - d^2}$$

$$d = 1.41 \text{ cm.}$$

$$10 \text{ cm çapındaki disk için ; } 20.000 = \frac{8}{3} \times 1000 \times d \times \tan 40^\circ \times \sqrt{10 \times d - d^2}$$

$$d = 2.17 \text{ cm. bulunur.}$$

Buradan da görüldüğü gibi tarif edilen formasyonda 10 cm çapındaki diskin üretim miktarı diğerine nazaran %60 daha fazla olabilmektedir.

Şimdilik iğne yataklı mini diskler, sürekli yüzey kazıcıların taş ocaklarında kullanılmalarında en son şans gibi görülmektedir.

6. SONUÇ

Kazı yöntemlerinin içerisinde birim hacimdeki kayacı parçalamak için gerekli enerji esas alındığında delme patlatma yöntemi rakipsiz görülmektedir. Nüfusu hızla artan şehirlerde daha önce rahatça faaliyetlerini sürdürebilen taş ocakları çevre bilincinin artması ile artık rahat çalışmamaktadır, bazıları ise kapanma durumuyla karşı karşıya kalmıştır. Bu nedenle özellikle gelişmiş ülkelerde çokça kullanılan fakat uygulamaları kömür kazısı veya orta sert mineral kazısı ile sınırlı olan tamburlu mekanik kesiciler şanslarını taş ocaklarında da zorlamaya başlamışlardır. Fakat kullanılan kesicilerin mekanik dayanımları sert formasyonların kesilmesini mümkün kılmamaktadır. Bu paralelde, teknolojik gelişme evresini tamamlamak üzere olan iğne yataklı mini diskler pek yakında, kazı teknolojisinde devrim yapacak gibi görülmektedir. Bir iki sene içerisinde mini disklerle donatılmış birçok yüzey kazıcının taş ocaklarında verimli bir şekilde çalışacağı görüşü yavaş yavaş yaygınlaşmaktadır. Türk taş ocakları endüstrisi bu gelişmeye şimdiden hazır olmalı ve formasyonların kesilebilirlik özelliklerini şimdiden tespit ettirmelidirler.

Kaynaklar

1. Özdemir, L., " Machine Design and Performance Prediction" Mechanical Mining Technology for Hard Rock, Short Course Colorado School of Mines, June 11,1995
2. Roxborough, F.F., Rispin, A., " The Mechanical Cutting Characteristics of Lower Chalk", Tunnels and Tunneling, Jan/ Feb.
3. Bilgin, N., Yazıcı, S., Eskikaya, Ş., A model to Predict the Performance of Roadheader and Jack Hammers in Tunnel Drivages". Eurock 96, Torino, 2-5 September, 1996.
4. Anon, Job Reports, Wirtgen Surface Miners, Firma Katalogları.
5. Cheronos, W.J., Rosetti, J.R., Continuous Surface Mining; Thin Seam Mining Application, Proceedings of an International Symposium on Continuous Surface Mining, Edmonton, Canada Sept. 29-Oct 2,1986 Trans Tech. Pub., pp. 429 - 436.
6. Laver, R., Design and Operation of the Huron Continuous Mining Machine - The Easi - Miner, Proceeding of an Int. Symp. on Continuous Surface Mining, Edmonton, Canada, Sept. 29 - Oct 1,1986 Trans Tech. Pub., pp. 437 - 441.
7. Howlett, P.F., Selective Continuous Surface Mining; Recent Equipment Developments and Considerations for the Introduction of Operating Systems, Proceedings of an Int. Symp on Continuous Surface Mining, Edmonton, Canada, Sept 29- Oct 1, 1986 Trans Tech. Pub., pp. 421 - 429.
8. Yazıcı,S., Acaroğlu,Ö.,Arapoğlu,B.,Bilgin,N., Eskikaya,Ş. "Sürekli Yüzey Kazıcıların Bir Kömür Ocağına Uygulanmasında Gerekli Kazılabilirlik Kriterleri" Türkiye 10. Kömür Kongresi, 20-24 Mayıs 1996, Zonguldak, s. 11-20.
9. Lechner, E.M., Moses, P., "Head Drum Shearers as Continuous Surface Miners in Open Pit" III. Geoengineering Congress, Rock excavation, Thr Future and Beyond, Torino, 1-2 December 1992.
10. Spachtholz, F.X., Wilke, F.L., " An Introduction of a Continuous Mining System in Hard Rock Open Pit Mines Using a Modified Surface Miners" Mine Planning and Equipment Selection, Balkama, 1995, pp.529-537.

11. Schaffers, M., "Continuous Surface Miners" Mechanical Mining for Hard rock, Short course CSM, June 11,1995
12. Özdemir, L., Özel Görüşme, Colorado School of Mines.
13. Bilgin, N., İnşaat ve Maden Mühendisleri için Uygulamalı Kazı Mekaniği, 1989, Birsen Kitabevi

