

TEKNİK NOT

ÇEKME KEPÇELİ YERKAZARDA OLAĞAN BASAMAK KAZISI İLE TEPEDEDEN KAZIDA İŞ DÖNGÜ SÜRELERİ, BİLEŞENLERİ VE ENERJİ TÜKETİM DEĞİŞKENLERİ KARŞILAŞTIRMASI – OLAY ÇALIŞMASI

Normal Bench Digging versus Bench Chopping of a Dragline Excavator in Terms of Cycle Times, Cycle Time Components and Energy Consumption Parameters - A Case Study

Geliş (received) 02 Nisan (April) 2010; Kabul (accepted) 27 Mayıs (May) 2010

Metin ÖZDOĞAN (*)
Abdurrahim ÖZGENOĞLU (**)

ÖZET

Bu yazıda çekme kepçe olağan basamak kazısı ile tepeden kazı hakkında genel bilgi verilmiş olup 15 m³ kapasiteli bir P&H/Page 736 model yerkazarda, her iki tür kazıda yapılan iş döngü süresi, bileşenleri ve enerji tüketim ölçüm ve sonuçları verilmiştir. Ölçümler kontrol panelinde çekme, kaldırma, döndürme doğru akım motorları için mevcut test sinyal çıkış noktalarından, armatür voltaj ve akım geri besleme sinyalleri ve çalışma döngüsü süreleri kaydedilerek yapılmıştır. Ölçüm sistemi ve DC motor güç ve enerji hesaplama ilkesine kısaca değinilmiştir. Bitişik iki çekme kepçe diliminde (basamak) ölçülen 59 adet normal basamak kazısı ve 74 adet tepeden kazı iş döngüsü süre ve enerji yönünden incelenmiştir. Her iki tür kazıda izlenen değişkenler verilmiş ve birbiri ile karşılaştırılmıştır. Tepeden kazı yöntemi; üretkenlik, kova dolma çarpanı, kova ve donanımına etkileri yönünden tartışılmıştır. Ayrıca, iş döngüsü bileşenleri süre ve enerji tüketimi yönünden incelenip yorumlanmıştır. Döndürme devriminin düşük enerji tüketimi nedeni açıklanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Çekme Kepçeli Yerkazar, Olağan Basamak Kazısı, Tepeden Kazı, İş Döngü Bileşenleri, Enerji Tüketim Değişkenleri

ABSTRACT

In this article, dragline normal bench digging and bench chopping are explained in general and the results of studies with both types of digging are given for a 15 m³ bucket P&H/Page 736 model dragline excavator in terms of cycle time, components, and energy consumption. Measurements were made from the control panel of the equipment by recording the cycle times and the armature voltage and feedback current signals for drag, hoist and swing direct current motors. Measuring system and the principle of calculation of DC motor power and energy are given. 74 bench chopping cycles and 59 normal bench digging cycles were monitored at two adjacent dragline slices (benches). Monitored parameters of both digging modes are given and compared. Bench chopping is discussed in terms of productivity, bucket fill factor, impact on bucket and rigging. Furthermore, components comprising work cycle in terms of time and energy consumption are investigated and interpreted. The reason for the comparatively lower energy consumption in swing motion is explained.

Keywords: Dragline Excavator, Normal Bench Digging, Bench Chopping, Cycle Time Components, Energy Consumption Parameters

(*) Dr. Müh., İdeal Makine Danışmanlık Ltd. Şti., Esat Cad. No:39/9 K.Esat-ANKARA, metinozdogan@gmail.com

(**) Prof. Dr., Atılım Üniversitesi, Kızılcaşar Köyü İncek/Gölbaşı- ANKARA

1. GİRİŞ

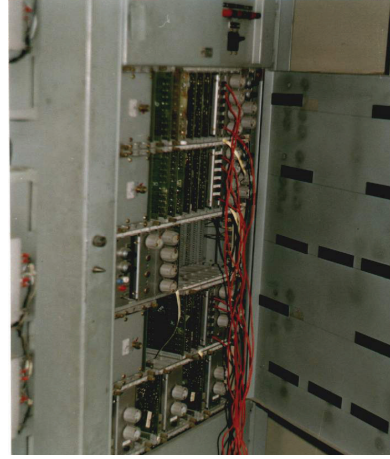
Hem kova dolma oranının düşüklüğü hem de makine ve kovası üstünde olumsuz etkileri olması bakımından olağan koşullarda tepeden kazı önerilmez. Ancak, bazı durumlarda bu kazı yönteminin uygulanması kaçınılmaz olmaktadır. Bu yazıda sunulan olay çalışması yerkazar-kayataşıtı yöntemi ile inceltme örtü kazısı yapılmış bir panoda çalışan P&H/Page 736 model yürüyen çekme kepçeli yerkazar için yapılmıştır. Çalışılmakta olan dilimde, kömür damarı üstünde 18 m yerine 23 m örtü katmanı kalmış olduğu için önce 5 m kalınlığında olan kısım tepeden kazı yöntemi ile dilim sonundan baş tarafa doğru ilerleyerek inceltilmekteydi. Tepeden kazı basamağı kazısı dilim başına ulaşıncaya, normal kalınlığına (18 m.) inen dilim olağan basamak kazısı yöntemi ile kazılmaya başlanarak geriye doğru ilerlemekteydi.

2. ÖLÇÜM DÜZENİĞİ VE İLKESİ



Şekil 1. Ölçümlerde kullanılan izleme aygıtı.

Ölçümlerde deneyevi türü bir izleme aygıtı kullanılmıştır (Şekil 1). Çekmekepçe denetim kabini her devininin motoru için bir dizi kontrol noktası ile donatılmıştır (Şekil 2). Bu motorların sinyal test noktaları hem armatür voltajı hem de armatür akımı için temiz ± 15 VDC sinyalleri sağlar. Bu sinyallerin değerlerinden ve motorun güç aşımı nedeniyle durma noktası (stall) voltaj ve akım değerlerinden yararlanarak, çalışma döngüsündeki gerçek voltaj ve akım değerlerini hesaplamak olasıdır. Armatür akım ve voltaj değerleri bilindiğinde doğru akım motorunun tükettiği güç ve enerji hesaplanabilir (Özdoğan ve Özgenoğlu, 2009).



Şekil 2. Denetim kabini motor sinyal test noktaları.

1.1. Doğru Akım Motorunun Güç ve Enerji Eşitliği

Kaydedilen armatür akım ve voltaj sinyalleri ve süreden, akım ve voltaj sinyal eğrilerinin altında kalan alanın hesaplanmasıyla ve makine yapımıcısının verdiği her motor için motor durma noktası test (stall test) değerleri ve sinyal özellikleri ile gerçek akım ve voltaj değerleri hesaplanıp ortalama değerleri bulunur (Çizelge 1). Armatür geri besleme akımı (I_{afb}) ve armatür geri besleme voltajı (V_{afb}) bilindikten sonra DC motor güç eşitliği ile güç tüketimi aşağıdaki eşitlikten hesaplanır (Özdoğan 2003).

$$P = (V_{afb} \times I_{afb}) / 1000 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Güç, kW} \\ V_{afb} &= \text{Armatür Voltajı, V} \\ I_{afb} &= \text{Armatür akımı, A} \end{aligned}$$

Zaman değişkeni de kaydedildiğinden, DC motorun enerji tüketimi de aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır;

$$E = (P \times t) / 3600 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} E &= \text{Enerji, kWh} \\ t &= \text{Zaman, s} \end{aligned}$$

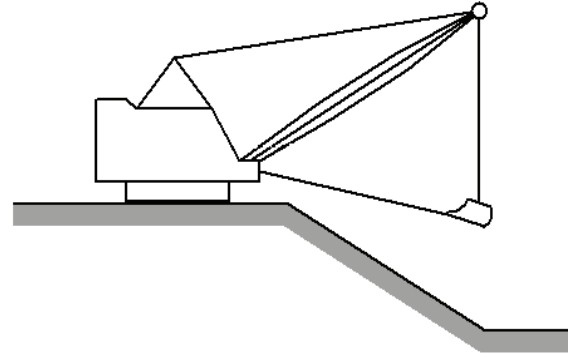
Çizelge 1. P&H/Page 736 Çekme Kepçenin Motor Durma Testi ve Sinyal Değerleri

DC Devinin Motoru	Armatür Akımı		Armatür Voltajı	
	Durma Test Değeri (A)	Geribesleme Sinyali (VDC)	Durma Test Değeri (V)	Geribesleme Sinyali (VDC)
Çektirış Motoru	4840	± 15	600	± 15
Kaldırış Motoru	4840	± 15	600	± 15
Döndürüş Motoru	1100	± 15	600	± 15

3. KAZI TÜRLERİ

1.1. Olağan Basamak Kazısı

Bu makinede enli dilim yöntemi uygulanmaktadır. Dilim eni ortalama 50 m, dilim kalınlığı ortalama 18 m'dir. Yenidenkazi oranı yaklaşık %25'dir. Normal kazı basamağı, çekme kepçenin oturma gövdesi seviyesi altında çalıştığı kazı basamaklarıdır. Basamak geometrisi açılarına gelince, dökü yığını açısı 60°, yeni dilimde kömür damarı şev açısı 80° ve örtü katmanı şev açısı 55°dir (Taksuk, 2010). Bu tür çalışmada ölçülen 59 adet iş döngüsü ortalama değerleri ve enerji tüketim değişkenleri Çizelge 2'de görülmektedir.



Şekil 3. Olağan basamak kazısı.

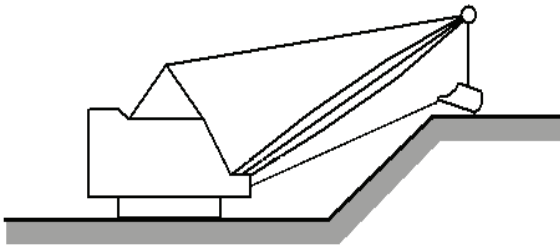
Kazı basamağının, makine oturma düzlemi altında olduğu bu tür çalışmada kepçe daha iyi dolmaktadır. Erdem vd (1996), normal basamak kazısında ortalama kepçe dolma çarpanını $0,95 \pm 0,05$ olarak almaktadır. Bu olay çalışmasının yapıldığı yerde gözlemlerimize göre

Çizelge 2. Olağan ve Tepeden Kazıda İş Döngüsü ve Enerji Değişkenleri (Özdoğan, 2002)

Kazı Biçimi	İş Döngü Süresi (s)	İş Döngü Enerjisi (kWh)	Birim İş Döngü Enerjisi (kWh/s)	Özgül İş Döngü Enerjisi (kWh/m ³)	Kaldırış Motoru Enerji Tüketimi (kWh)	Özgül Kaldırış Enerjisi (kWh/m ³)	Kaldırış Motoru Enerji Tüketimi (%)
Olağan Kazı	67,63 ±3,74 (59 döngü)	10,16 ±0,65	0,15 ±0,01	0,66 ±0,04	4,60 ±0,25	0,30 ±0,02	45,34 ±1,83
Tepeden Kazı	65,12 ±3,85 (74 döngü)	9,13 ±0,97	0,15 ±0,01	0,60 ±0,06	3,58 ±0,46	0,23 ±0,03	38,87 ±1,01

3.2. Tepeden Basamak Kazısı

Bu tür kazıda izlenen 74 adet iş döngüsü ortalamaları, tepeden kazı döngüsü ve enerji değişkenleri Çizelge 2'de verilmiştir. Bu olay çalışmasında kazı basamağı lağımlı olup kaya parçalanımı iyiydi. Üstten kazılan (inceltilen) basamağın kalınlığı 5-6 m arasında değişmekteydi. Yerkazar kepçesini doldurduktan sonra 2-3 m kadar yukarı kaldırarak dönüş yapıp yükünü bu hizada boş dilime dökmekteydi (Şekil 4). Çekme kepçeli yerkazarda tepeden basamak kazısını göstermektedir.



Şekil 4. Tepeden basamak kazısı.

bir tepeden kazı basamağını kazarak yeni dilim üstündeki örtü kalınlığını güvenli bir biçimde kazabileceği kalınlığa indirerek dilim başına doğru çalışarak ilerlemekteydi. Olağan basamak kazısı verileri ise, makine bitirdiği bir önceki dilimde çalışırken aynı panodan alınmıştır. Bu yüzden kayaç ve parçalanma verileri aynı varsayılmıştır.

Çekme kepçeli yerkazar ile tepeden kazı yapmak örtükazı üretkenliğini düşürür ve makinede olağan dışı aşınma ve yırtılma oluşturabilir, (Kennedy, 1990). Koşum öğelerinden kaldırış zinciri ayırma çubuğu bu tür çalışmada kova gövdesine daha çok çarptığından gövdeye zarar verebilir. Bu tür uygulama, çok sık yapılıyorsa ayırma çubuksuz donanıma sahip yeni tür konik kovalar kullanılmalıdır, (Özdoğan, 2009).

(Hartman, 1992) çekme kepçeli yerkazarların tepeden kazı yapmalarının üretkenliği normal basamak kazısına göre %40 dolayında düşürdüğünü ve kepçe bakım giderlerini artırdığını belirtmektedir. Erdem vd (1996) ise

Çizelge 3. Her İki Kazı Yönteminde Kova Dolma ve Çektiriş Motoru Enerjisinin Karşılaştırılması

Kazı Biçimi	Kazı Hızı (m ³ /s)	Kova Dolma Çarpanı	Kova Dolma Süresi (s)	Kova Dolma Erkesi (kWh)	Çektiriş Motoru Erke Tüketimi (kWh)	Özgül Çektiriş Erkesi (kWh/m ³)	Çektiriş Motoru Erke Tüketimi (%)
Olağan Kazı	0,23 ±0,01	0,90 ±0,05	15,64 ±4,34	2,86 ±0,95	5,25 ±0,52	0,34 ±0,03	51,48 ±1,82
Tepeden Kazı	0,24 ±0,01	0,75 ±0,05	15,28 ±0,84	2,09 ±0,57	5,34 ±0,52	0,35 ±0,03	58,65 ±0,56

Çizelge 3' de ise kova dolma ve çektiriş enerjisi değerleri verilmiştir. Literatürde üstten kesme kalınlığının 8 metreyi geçmemesi gerektiği belirtilmekte; bu uygulamadan kaçınmak gerektiğini ancak üst örtü toprağının yumuşak olduğu yerlerde, engebeli, dalgalı örtü yüzeyini düzeltmek ya da yer kayması tehlikesine karşı dilim kalınlığını azaltmak için kullanılmalı denilmektedir (Parlak, 1988).

Olay çalışmasındaki durum ise şöyleydi: Çekme-kepçe kömür üstü açımını bitirerek dilim sonuna varmış ve kömür kazı da yapılarak dilimin kömürü boşaltılmış durumdaydı. Makine dilim sonundan, yeni dilim başına yürürken 5-6 m kalınlığında

bildirilerinde ortalama tepetakazı kepçe dolma çarpanını 0,70±0,1 olarak almaktadırlar. Bu olay çalışmasında çarpanın tepetakazıda 0,75 olduğu, olağan kazıda ise 0,90 olduğu gözlenmiştir. Bu durumda tepeden kazı olağan kazıdan kazı hızı bakımından % 10 daha düşüktür.

(Dayawansa vd, 2005), çekme halatı ömrü bakımından tepetakazıdan mümkün olduğunca kaçınılması gerektiğini belirtmektedir. Yazar ve arkadaşlarının savına göre bu tür kazıda kepçe zincirleri çekme halatına çarparlar ve aralarında sürtünme oluşur. Bu da halatın ömrünü kısaltır. Parlak (1988), üstten kazıda, çekme halatının

kazılacak malzemeye aşırı sürtünmesi sonucu çabuk aşındığını belirtmektedir.

Tepeden kazıda kemerli kova kullanımı yeğlenmelidir, çünkü kemerin ağırlığı kovanın saplanış kuvvetinin artmasına yardımcı olur (Özdoğan, 2009). Oysa, bu makinenin kovası kemersiz bir kovaydı.

4. İŞ DÖNGÜSÜ BİLEŞENLERİ

Bu olay çalışmasında çekme kepçeli yerkarar iş döngü süresinin % 20' si kazıda, % 77'si ise dönüş ve geri dönüşte geçmektedir (Çizelge 4). Buna karşın, iş döngüsünde harcanan enerjinin yalnızca %3'ü döndürüş deviniminde tüketilmektedir (Çizelge 5). Bu her iki kazı türünde de böyledir. Enerji tüketiminin büyük bir bölümü kazı evresini de içeren çekme motoru ile

dolu kepçeyi kaldırıp taşıyan kaldırış motorunca tüketilmektedir. Çektirış motoru enerji tüketimi yüzdesi kazı türü sırasıyla %52 - %59 arasında, kaldırış motoru enerji tüketimi yüzdesi %45-%39 arasında değişmektedir.

Döndürüş deviniminin beklenenin aksine çok düşük enerji harcamasının nedeni makinede kullanılan Ward-Leonard elektrik sisteminde yön değiştirmelerde (polarite değişimi) yeniden elektrik üretilip sisteme geri vermesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca çekme-kepçe üst gövdesi dönüş makaraları ve rayları üzerinde sanki dev bir rulman üzerinde döner. Kepçeyi boşaltmak için durup, kazı konumuna yeniden geri dönüş evresinde elektrik üretir (re-generation). Bu, çekme kepçede kullanılan Ward-Leonard MG set - DC motor kontrol düzeneğinin bir özelliğidir.

Çizelge 4. Her İki Kazı Yönteminde İş Döngüsü Süresini Oluşturan Bileşenlerin Karşılaştırılması

Kazı Türü	İş Döngü Süresi (s)	Kazı Süresi (s)	Dolu Kepçe Boşaltış Dönüşü Süresi (s)	Boş Kepçe Kazı Konumu için dönüş Süresi (s)	Kazı Süresi Enerji Tüketimi (kWh)	Dolu Kepçe Dönüş süresi Enerji Tüketimi (kWh)	Boş Kepçe Dönüş Süresi Enerji Tüketimi (kWh)
Olağan Kazı	67,63 ±3,74 (59 döngü)	15,64 ±4,34	25,84 ±1,89	26,15 ±3,05	2,86 ±0,95	0,18 ±0,04	0,13 ±0,07
Tepeden Kazı	65,12 ±3,85 (74 döngü)	1,28 ±0,84	26,80 ±3,43	23,00 ±1,44	2,09 ±0,57	0,09 ±0,05	0,11 ±0,02

Çizelge 5. Her İki Kazı Türünde Ana Devinim Motorları Enerji Tüketim Yüzdeleri

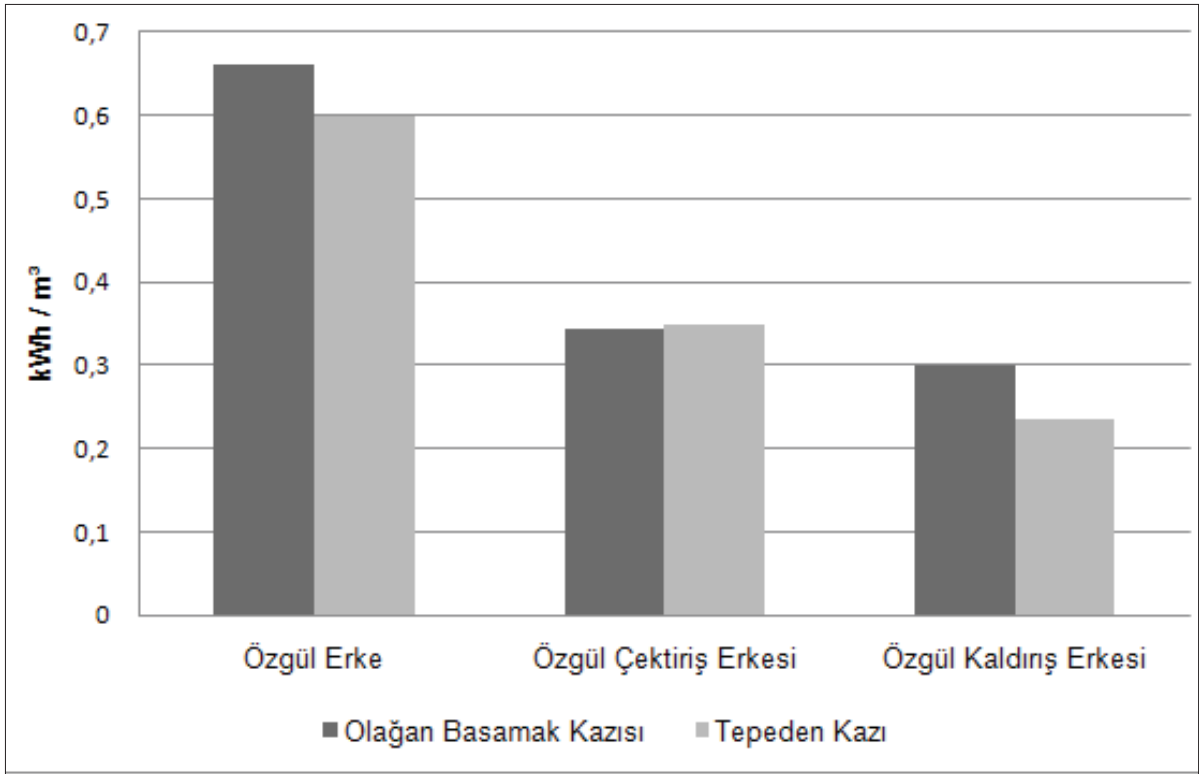
Kazı Türü	İş Döngü Süresi (s)	İş Döngü Enerjisi (kWh)	Çektirış Motoru Enerji Tüketimi (kWh)	Çektirış Motoru Enerji Tüketimi (%)	Kaldırış Motoru Enerji Tüketimi (kWh)	Kaldırış Motoru Enerji Tüketimi (%)	Döndürüş Motoru Enerji Tüketimi (kWh)	Döndürüş Motoru Enerji Tüketimi (%)
Olağan Kazı	67,63 ±3,74 (59 döngü)	10,16 ±0,65	5,25 ±0,52	51,48 ±1,82	4,60 ±0,25	45,34 ±1,83	0,31 ±0,02	3,19 ±0,03
Tepeden Kazı	65,12 ±3,85 (74 döngü)	9,13 ±0,97	5,34 ±0,52	58,65 ±0,56	3,58 ±0,46	38,87 ±1,01	0,23 ±0,03	2,46 ±0,45

5. HER İKİ YÖNTEMİN İRDELENMESİ

Çizelge 2 ve Çizelge 3, P&H/Page 736 makinenin normal kazı ve tepeden kazıdaki çeşitli değişkenlerini karşılaştırmaktadır. Bu karşılaştırma ve yorumlar bu olay çalışması ile sınırlı olup genelleme yapmak için başka madenlerde çalışan değişik çekme kepçelerden de veri gerekmektedir. Bu olay çalışmasına göre tepeden kazıda normal basamak kazısına göre; iş döngü süresinde, iş döngü enerjisinde, özgül kazı enerjisinde düşme görülmektedir. İş döngü süresindeki düşme kanımızca kova kaldırış yüksekliğindeki azalma nedeniyle olabilir. Kaldırış motoru enerji tüketimi ve yüzdesindeki azalma bunu desteklemektedir. Nitekim, birim iş döngü enerji düzeyleri aynı kalmıştır. Çektiriş motoru enerji tüketimi ve yüzdesindeki önemli artış kanımızca tepeden kazıda basamağın önü açık olduğundan operatörün kovayı doldurmak için daha çok uğraştığını ve oyalandığını göstermektedir. Çalışmayı izlediğimizde gözlemimiz de bu yöndeydi. Döndürüş enerjisi tüketimi ise beklenenden düşük olup (%3

dolayında) her iki kazı yönteminde de aşağı yukarı aynı kalmaktadır. Bunun nedeni Ward-Leonard DC kontrol sisteminde yön değiştirmelerde elektrik üretilip sisteme geri verilmesidir.

(Kennedy, 1990), inceltme kazısı olarak kullanılan tepe kazısının, kazılan tepe kazı basamağının kalınlığına bağlı olarak, bu işin yardımcı iş makineleri ile mi, yoksa çekme kepçeli yerkarar tarafından mı yapılması gerektiğine maliyetler ve gereken makine yatırımı tutarı karşılaştırılarak karar verilmelidir, demektedir. İlk yatırım gereğinden kurtulmak için belki de görece küçük kapasiteli çekme kepçeler kullanılıyorsa ön inceltme örtü kazısının bu makinelerce yapılmasının daha doğru olabileceğinden söz etmektedir. Parlak (1988), koşullar elverdiğinde üstten kazılan kesimin çekme kepçe ile değil yerkarar-kayataşıtı, yükleyici-kayataşıtı gibi yöntemlerle alınmasının daha iyi ve uygun olacağından söz etmektedir. Şekil 5 her iki kazı türünde özgül enerjileri göstermektedir.



Şekil 5. Olağan basamak kazısı ve tepeden kazıda özgül enerji tüketimleri.

6. SONUÇLAR

Tepeden kazı basamağının önü açık olduğundan kovayı doldurmak zordur, bu yüzden kova dolma çarpanı normal basamak kazısındaki dolma çarpanına göre düşüktür. Mecbur kalmadıkça tepeden kazı önerilmez. Olay çalışmasında tepeden kazıda dolma çarpanı 0,75, olağan kazıda 0,90 idi. Bu çalışmaya göre kazı hızı tepeden kazıda, olağan kazıya göre, % 10 daha düşüktür.

Tepeden kazıda kova saplanması ve çalışması sırasında zincir ayırma ve dengeleme çubuğu kovaya çarpar ve kova gövdesine zarar verebilir. Bu tür çalışmada donanımın çektiriz zincirleri ve çektiriz halatları sürtünme nedeniyle daha kısa ömürlü olur.

Dolan kova döküm yaptığı düzeye kaldırılırken daha az dikey mesafe katettiğinden, beklendiği gibi, kaldırış motoru enerji tüketimi normal basamak kazısına göre daha düşüktür.

Bu tür kazıda, sürekli uygulanacak ise, kemerli kova kullanılmalıdır. Kemer ağırlığı nedeni ile saplanış kuvveti kemersiz kovalara göre daha yüksektir.

İş döngüsü bileşenlerinden kazı süresi toplam sürenin %20'sini oluşturduğu halde bu sürenin %77'sini oluşturan döndürüş devinimi döngü başına enerji tüketiminin yaklaşık %3'ünü harcamaktadır. Bu olay çalışmasına göre %51.48 - % 58.65 ile çektiriz motoru döngü başına en çok enerjiyi harcamaktadır. Bu motoru %38.87 - %45.34 ile kaldırış motoru izlemektedir.

KAYNAKLAR

Dayawansa, D. vd, 2005; "Wear of dragline wire ropes", Metallurgy 2005.
ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1119
&context=coal.

Erdem, B. vd, 1996; "An expert system for stripping method and dragline selection", Mine Planning and Equipment Selection, Hennies, Ayres da Silva and Chaves (eds), 1996 Balkema, Rotterdam, Holland, 567.

Hartman, H.L. (Editor), 1992; SME Mining

Engineering Handbook, 2nd Edition, Volume 1, USA, 1310.

Kennedy, B.A (Editor), 1990; "Dragline chopping", Surface Mining, 2nd Edition, SME, USA, 499.

Özdoğan, M., 2003; "Elektrikli yerkazı Makinalarında Özgül Enerji Tüketimi ve Kazı Zorluğu Sınıflaması", Madencilik, **42(2)**, 4-5.

Özdoğan, M. and Özgenoğlu, A., 2009; "Payload estimation of a walking dragline- A case study", Balkanmine, Proceedings of 3rd. Balkan Mining Congress, İzmir, 171-175.

Özdoğan, M., 2009; "Çekme kepçeli yerkazı kepçeleri ve başarımlarını değiştirenleri", Türkiye 2. Maden Makinaları Sempozyumu Bildiriler kitabı, 04-06 Kasım 2009, Zonguldak, 257-266.

Parlak, T., 1988; "Kömür Açık İşletmeciliğinde Uygulamalı Örtükazı Yöntemleri", TKİ MLİ İşletmesi Müessesesi, Bursa, 60.

Taksuk, M., 2010; Kişisel görüşme, GLİ Tunçbilek, Kütahya.