

Elektrikli Maden Yükleyicisinde İş Döngüsü Evrelerinin ve Yararlı Yük-Varılası Yükün Çözümlemesi – Olay çalışması

Analytics of Cycle Time Constituents and Payload - Target Load of an Electric Mining Loader- A case study

Metin Özdoğan

İdeal Makine Danışmanlık Ltd. Şti., Ankara

Hakkı Özdoğan

İdeal Makine Danışmanlık Ltd. Şti., Ankara

ÖZET Elektrikli yükleyicinin iş döngüsü bileşenleri kazıya gidiş (KG), kazı (K), boşaltmaya gidiş (BG) ve boşaltma (B) evrelerinden oluşur. Bu olay izlemesine göre iş döngü süresinin % 16'sı Kazıya Gidiş, % 11'i kazı, % 50'si Boşaltmaya Gidiş ve % 23'ü Boşaltma evresinden oluşur; Kazıya gidiş evresi ve boşaltmaya gidiş evresi geriye gidiş (GG) ve ileriye gidiş (İG) bileşeninden oluşur. Kazıya Gidiş evresinde Geri Gidiş payı %39, İleri Gidiş payı % 61'dir. Boşaltmaya Gidiş evresi Geri Gidiş payı % 26, İleri Gidiş payı %74' dür.

Varılası yükün bilinmesi önemlidir; üretken bir çalışma için varılası yükten sapmanın \pm % 5 den çok olması istenmez. İzleme süresince yükleyici ve kaya-taşıtı için varılası yüklerden gözlenen sapma yüzdeleri verilmiştir. Yapılan haftalık gözlemlere göre ortalama kepçe yükündeki varılası yükten sapma miktarı - % 2.6 olmuştur. Kamyonlarda ise varılası yükten sapma miktarı + % 2.5 olmuştur.

İzlemenin yapıldığı açık işletmede (2) iki adet 21 m³ kepçeli elektrikli yükleyici ve (9) dokuz adet 220 tonluk elektrikli kaya-taşıtı çalışmaktadır.

ABSTRACT Cycle Time (CT) of the electric wheel loader comprises of Travel to Dig (TTDG), Dig (DG), Travel to Dump (TTDMP), Dump (DMP).According to the case study, the cycle time's 16 % is Travel to Dig, 11% is Dig, 50 % is Travel to Dump and 23% is Dump constituent. Travel to Dig and Travel to Dump phases comprise of Reverse (Rev) and Forward (Fwd) components. Travel to Dig's 39 % is Reverse and 61% is Forward motion. Whereas, in Travel to Dump 26 % is Reverse and 74 % is forward motion. These phases and components are studied for a period of time based on data of the performance monitor on board and interpreted.

It is important to know the target load of the equipment; for a productive operation, the deviation from the target load should not be greater than \pm % 5. During the performance monitoring period the deviation percentages of bucket and tray loads off the target loads. According to the weekly observations average bucket payload deviated from the target payload is minus (-) 2.6 percent. The deviation of average truck payloads from the target payload is plus (+) 2.5 percent.

There are (2) two units of 21 m³ bucket electric mining loaders and (9) nine units of 220 tonnes capacity rock trucks operating at the mine.

1 GİRİŞ

Dizel-elektrik güç-iletim sistemi 1953-1970 yılları arasında ABD'li Bay R.G. LeTourneau tarafından daha da geliştirilip kaya-taşıtı, yükleyici ve buldozerlerde kullanılmış, böylece, DE (Dizel Elektrik) devindiriş sistemi maden makinelerinde yaygınlık kazanmıştır (Orlemann 2009, LeTourneau 1972).

Yükleyiciler geleneksel olarak kömür, cevher vb gibi hazırlanmış yığın malzemelerin kömür, cevher taşıtlarına yüklenmesi ya da bunların bunkerlere, kırıcılara, kömür ve cevher hazırlama tesislerine doğrudan yükleyici tarafından taşınıp boşaltılması gibi ikincil işlerde kullanılır. Ancak, teknolojik ilerlemeler sonucu DE yükleyicilerde başarılı yenilikler, basitlik, yakıt ekonomisi vb gibi üstün özellikler elektrikli yükleyicilerin ana kazı makinası olarak da yaygınlaşmasına neden olmaktadır (Özdoğan ve ark. 2015).

2 ELEKTRİKLİ YÜKLEYİCİLERDE KULLANILAN SÜRÜŞ SİSTEMLERİ (DC, AC VE SR DEVİNDİRME SİSTEMLERİ)

DC (Doğru Akım) devindirme sistemi maden makinelerinde 1950'li yıllardan beri kullanılmaktadır. Motorları ve jeneratörleri kontrol eden katı-hal yarı-iletkenlerdeki yenilikler sayesinde AC (Alternatif Akım) ve SR motor (Switched Reluctance Motor) (Sıralı Uyartımlı Manyetik Dirençli motor) teknolojisindeki gelişmeler olabilmıştır.

AC sürüş sistemi, DC sürüş sistemine göre daha küçük ve daha hafiftir (Anon c 2014). AC tahrik sistemi gerek DE (Dizel Elektrik) kamyonlarda ve gerekse elektrikli maden yer kazı araçlarında yaygınlaşmaya başlamıştır. SR (Switched Reluctance) devindirme sistemi en son teknolojik sürüş düzeneklerinden biridir. Bunların gelişmesi mikro işlemcilerinin gelişimi ile gerçekleşmiştir.

Düzenek, fırçasız SR "Switched Reluctance" (Sıralı Uyartımlı Manyetik Dirençli) (SUMD) motor birleşik yüksek-güçlü yarı iletken anahtarlar ve sayısal denetçilerden oluşur. SR motor basit sargılı stator ve basit yapıyla sargısız lamine (yapraksı) demir demetinden oluşan bir statorla ibarettir. SR motorun statoru DC motor statoruna benzer. SR motorunda DC motorlarda olduğu gibi kolektör (toplaç) bakımı yoktur. Çünkü, SR motorlarda DC motorlarda olduğu gibi fırça (elektrik kömürü) ve fırça tutucuları bulunmaz (Fleet 2012).

SR motor sistemi manyetik çekim ilkesine dayanır. Motorun rotoru manyetik çekim ile kutuptan kutba devinir ve böylece bir devinim yaratılarak dönmesi sağlanır (Fleet 2012). SR motorun dönüşü, stator kutup sargılarına sıralı bir biçimde enerji verilerek sağlanır. Stator kutup sargısına enerji verildiğinde, en yakın rotor kutbu, stator kutbu ile aynı çizgiye gelmek için çekilir. Rotor bu sırayı izler, enerjili stator kutupları ile aynı çizgiye gelmeye çalışır. Ancak, rotor ve stator kutupları aynı çizgiye gelirken, stator kutupları anahtarı kapatılır ve bir sonraki gruptaki stator kutuplarının anahtarı açılır, böylece rotorun dönüşünün sürmesi sağlanır (Fleet 2012).

3 KIŞLADAĞ İŞLETMESİNDE SR SÜRÜŞLÜ (DEVİNDİRİŞLİ) 21m³ KEPÇELİ ELEKTRİKLİ YÜKLEYİCİLER

Ülkemizde ise, Kışladağ altın madeninde iki adet 21m³ kapasiteli elektrikli maden yükleyicisi 2013 yılında devreye girmiş olup kaya kazısında çalışmakta ve 150 tonluk kaya taşıtlarını 5 kepçede, 220 tonlukları ise 7 kepçede doldurmaktadır. Ortalama kepçe yükü yaklaşık 30 tondur. Ortalama döngü süresi ise 47 s yöresindedir. Yan kayacı ise volkanik kayalar olup

gevşek yoğunluğu yaklaşık 1.30 ton/m^3 tür. Yan kayaç yoğunluğu yüksek olup gayet aşındırıcıdır (Özdoğan ve ark. 2015).

Dizel-Elektrik (DE) maden yükleyicileri yan kayaç ve cevher kayasını dinamitlenmek koşuluyla çok rahat kaya kazıcı ve yükleyici olarak çalışabilmektedir. Sözelimi, bir ocakta gereken kule dönüşlü yer-kazı makinesi kapasitesi 21m^3 ise, aynı işi görmek için seçilecek DE maden yükleyicisi kepçe kapasitesi 26m^3 olmalıdır. DE maden yükleyicilerinin bir özelliği de kepçe kollarının tasarımı ve yapısı gereği bir dizi kamyon kapasitesi aralığına yükleyebilme özelliğinde olmasıdır, kullanılacak kaya-taşıtıma göre yüksek ve alçak (uzun ve kısa) yükleme kolu seçenekleri bulunur (Özdoğan ve ark. 2015).

SR Elektrik devinimli maden yükleyicileri de DE güç-aktarım ilkesi ile çalışır. Her tekeri elektrik motor ve güneş dişli sistemli maden yükleyicileri yalnızca yükleme işinde değil istenirse kaya kazısı işinde de çalıştırılabilir. Bunların tekerlek motorlarında çağdaş ve verimli, az bakım gerektiren SR motorlar kullanılır.

DE maden yükleyicileri özellikle açık maden işletmeciliği uygulamaları için yapılmıştır. Kepçe kapasiteleri 14m^3 ile 56m^3 , yararlı yükleri ise 25 ton ile 72 ton arasındadır (Anon. a. 2012). Kepçeleri ile uyuşan kaya taşıtları 68-120 ton ile 290-363 ton arasında değişmektedir. Çalışma ağırlıkları ise 107 ton ile 267 ton arasındadır (Anon. a. 2012). Elektrikli maden ekskavatörlerine göre daha az ilk yatırım gerektirmektedir, fiyatları geleneksel mekanik yükleyicilere göre biraz daha yüksek olmakla birlikte gerek başarımları ve gerekse işletme, bakım-onarım, yedek parça, yakıt ve yağ giderleri daha düşüktür (Özdoğan ve ark. 2015).

Tasarımı ve teknolojisi gereği, hareketini yavaşlatma sırasında elektro-manyetik frenleme kullandığı için tekerlerdeki motorlar elektrik üretici (jeneratör) olarak çalışır ve ürettiği elektrik enerjisini güç kontrol sistemine geri verir. Bu nedenle yakıt tüketimi geleneksel mekanik yükleyicilere ve kule dönüşlü hidrolik yerkazı makinelerine göre % 60 kadar daha düşüktür (Wood 2013). Yapımcı, belirttiği yakıt tüketimini müşteriye garanti etmektedir.



Şekil 1. 21m^3 kepçeli bir elektrikli yükleyicinin kurulumu (Özdoğan 2013)

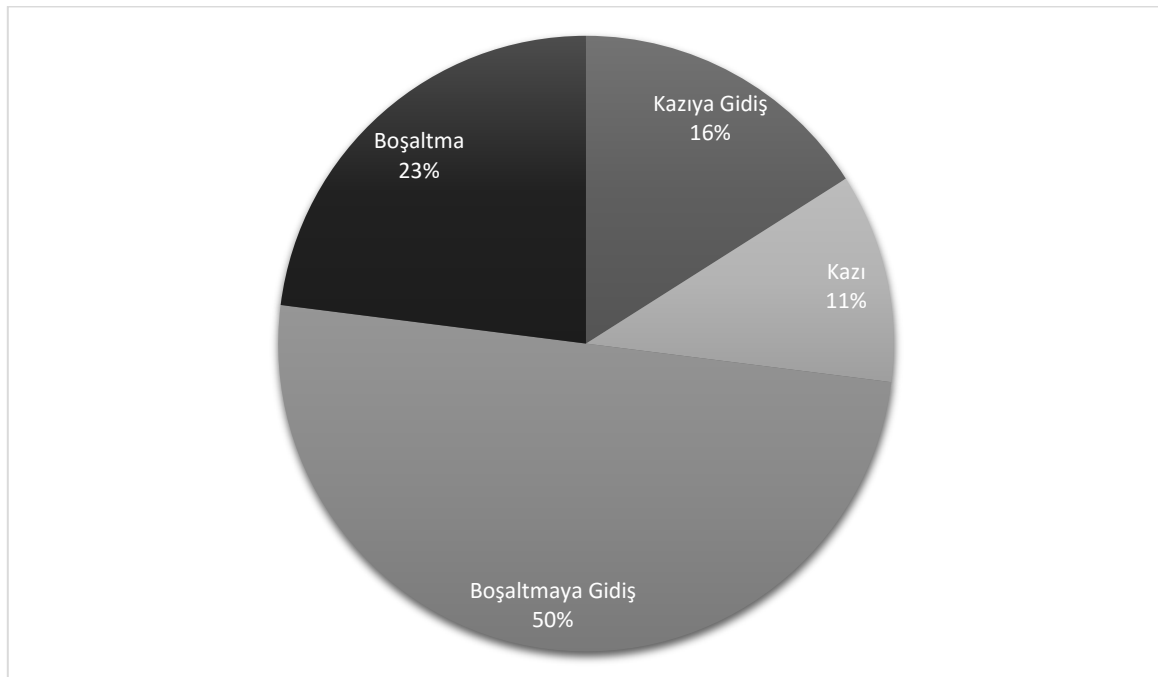
4. ELEKTRİKLİ YÜKLEYİCİDE (21m³) TOPLAM İŞ DÖNGÜSÜ VE BİLEŞENLERİ

Kışladağ açık işletmesinde çalışan (21m³) kapasiteli P&H LeTourneau yükleyicinin bir haftalık başarım (performans) izleme kaydına göre, ortalama iş döngüsü bileşenleri ve toplam iş döngüsü içindeki yüzdeleri, Çizelge 1. de verilmiştir. Buna göre 7 günlük ortalama değerler, Kazıya Gidiş (KG) süresi 7.92±0.75 s; Kazı (K) süresi 5.32±0.37 s; Boşaltmaya Gidiş (BG) süresi 25.09±1.23 s; Boşaltma (B) süresi 11.35±1.47 s olmak üzere Toplam Döngü (TD) 49.69±1.87 saniye olmuştur.

Çizelge 1. Çalışan bir elektrikli yükleyicide (21m³) iş döngüsü bileşenleri

Gün	Kazıya Gidiş (KG), s	$\frac{KG}{TD}$ %	Kazı (K), s	$\frac{K}{TD}$ %	Boşaltışa Gidiş (BG), s	$\frac{BG}{TD}$ %	Boşaltış (B), s	$\frac{B}{TD}$ %	Toplam İş Döngüsü (TD), s
1	7.57	15	5.42	11	23.73	48	13.03	26	49.77
2	7.48	15	5.20	11	25.39	52	10.47	22	48.53
3	8.42	16	4.88	09	26.65	50	13.35	25	53.38
4	8.29	17	5.13	10	25.10	51	11.03	22	49.57
5	9.20	18	5.02	10	26.68	53	9.18	19	50.18
6	7.45	15	5.79	12	24.13	49	11.72	24	49.02
7	7.04	15	5.81	12	23.98	51	10.68	22	47.39
Ort.	7.92 ±0.75	15.86 ±1.22	5.32 ±0.37	10.71 ±1.11	25.09 ±1.23	50.57 ±1.72	11.35 ±1.47	22.86 ±2.34	49.69 ±1.87

Bileşen yüzdelerine gelince; Çizelge 1. ve Şekil 2. de görüldüğü gibi, 7 günlük bu izlemeye göre, Toplam İş Döngüsünün % 15.86'sını Kazıya Gidiş, % 10.71'ini Kazı, % 50.57'sini Boşaltmaya Gidiş ve % 22.86'sını ise Boşaltma evresi oluşturmaktadır.



Şekil 2. Elektrikli yükleyicide (21m³) iş döngüsü bileşenleri ve yüzdeleri

İzlemeye göre yükleyicinin iş döngüsünün yarısı boşaltmaya gidiş’de tüketilmektedir; yaklaşık dörtte biri de boşaltma’da harcanmaktadır. Oysa, beklenenin tersine kazı’da iş döngüsünün yalnızca onda biri kadar bir süre geçmektedir.

Boşaltmaya gidiş ve boşaltma sürelerinin görece uzun olması beklenir; çünkü bu iki aşama da kepçe yüklü olarak yapılmaktadır. Hele boşaltma eylemi, dolu kepçeyi yerçekimine karşı kaya-taşıtı kasası seviyesinin üstüne kadar kaldırmayı içermektedir.

Bu durumda yükleyicinin iş döngüsünde iyileştirme yapılabilecek noktalar; kamyonun yükleyiciye en yakın olacak biçimde yanaştırılması; yükleyicinin boyutu ile kaya-taşıtı boyutunun uyumlu olarak seçilmesi diye düşünülmektedir.

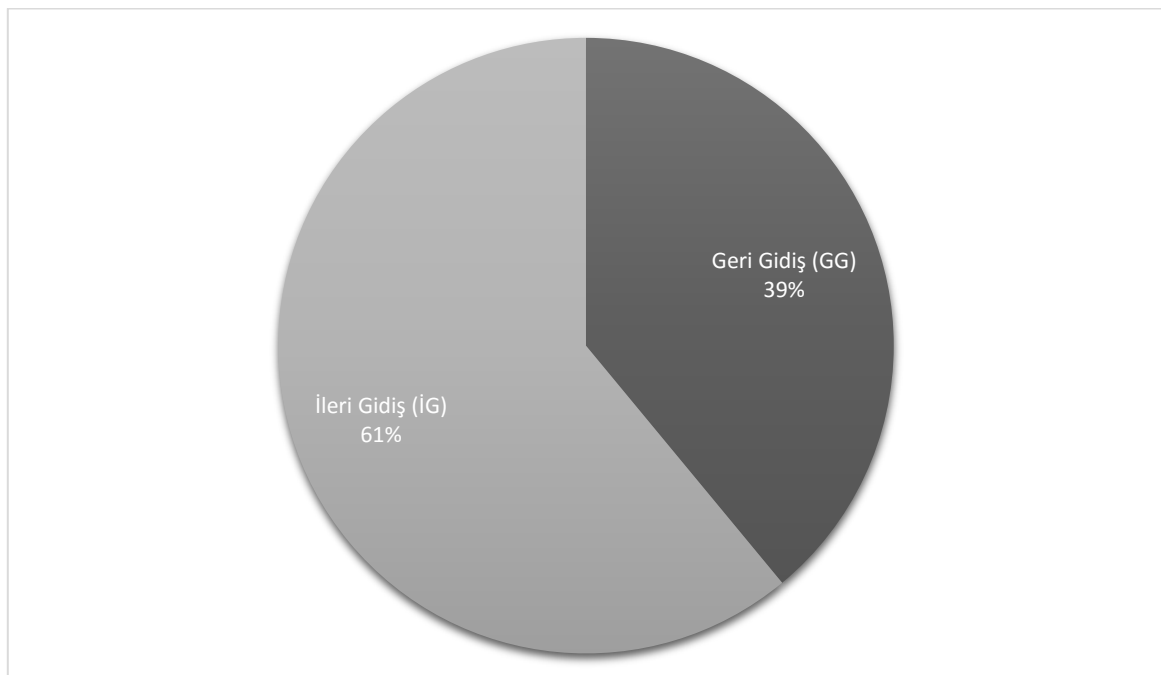
Yükleyici ve kaya-taşıtı operatörlerinin becerisi ve deneyimi de iş döngü süresinin kısaltılmasında etkili olmaktadır. Operatörler, mekanik yükleyicilerde deneyimli olmalarına karşın elektrikli yükleyicilerde henüz yeterince deneyimli değildir. Operatörlerin, bu olay çalışması sırasında bu makinada deneyimleri henüz bir (1) yıl civarındaydı.

4.1 Kazıya Gidiş Evresi Bileşenleri ve Yüzdeleri

Kazıya gidiş ise Geri Gidiş ve İleri Gidiş evrelerinden oluşur, Çizelge 2.

Çizelge 2. Yükleyicide kazıya gidiş evresi içinde bileşenler ve yüzdeleri

Gün	Geri Gidiş, (GG), s	GG/KG %	İleri Gidiş, (IG), s	IG/KG, %	Kazıya Gidiş, (KG), s
1	2.92	39	4.65	61	7.57
2	2.45	33	5.03	67	7.48
3	3.17	38	5.25	62	8.42
4	3.58	43	4.71	57	8.29
5	3.86	42	5.34	58	9.20
6	3.08	41	4.37	59	7.45
7	2.65	38	4.39	62	7.04
Ortalama	3.10±0.50	39.14±3.34	4.82±0.39	60.86±3.34	7.92±0.76



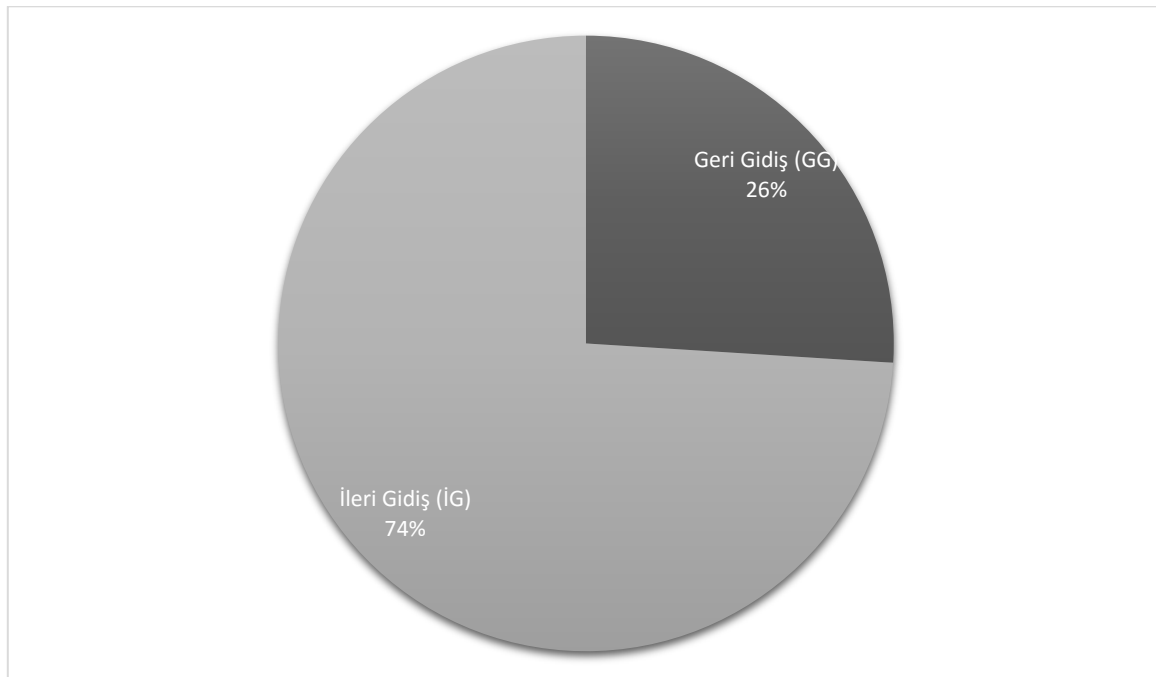
Şekil 3. Elektrikli yükleyicide kazıya gidiş evresi bileşen ve yüzdeleri

4.2 Boşaltmaya Gidiş Bileşenleri ve Yüzdeleri

Boşaltmaya Gidiş evresi de geri ve ileri gidiş olmak üzere iki devinimden oluşur; izleme sonuçları ortalamasına göre Boşaltmaya Gidişin % 26.29'u geri gidiş, % 73.71'i ise ileri gidiştir, Çizelge 3.

Çizelge 3. Elektrikli yükleyicide boşaltmaya gidiş evresi bileşen ve yüzdeleri

Gün	Geri Gidiş (GG), s	GG/BG %	İleri Gidiş (İG), s	İG/BG %	Boşaltmaya Gidiş (BG), s
1	6.06	25	17.67	75	23.73
2	6.16	25	19.23	75	25.39
3	7.44	28	19.21	72	26.65
4	6.15	25	18.95	75	25.10
5	7.72	29	18.96	71	26.68
6	6.02	25	18.11	75	24.13
7	6.53	27	17.45	73	23.98
Ortalama	6.58±0.71	26.29±1.70	18.51±0.75	73.71±1.70	25.09±1.23



Şekil 4. Elektrikli yükleyicide boşaltmaya gidiş evresi bileşen ve yüzdeleri

5 ELEKTRİKLİ YÜKLEYİCİDE VARILASI YÜK VE SAPMA YÜZDELERİ

Yararlı Yük (YY) kepçe içindeki kaya ya da cevher malzemesinin net ağırlığıdır. Bu ağırlığa kepçenin ölü ağırlığı dahil değildir. **Yararlı Yük Sınırı (YYS)** ise optimum kepçe yükü için geçilmemesi önerilen yük sınırıdır. Bu sınırın geçilmesi makinanın daha çabuk yıpranması anlamına gelir. **Varılası Yük (VY)** ise üretici firmaca önerilen optimum yüküdür; bu yüke ulaşmaya çalışmak gerekir; ve kepçe içindeki yararlı yük varılası yükten \pm % 5'den fazla sapmamalıdır.

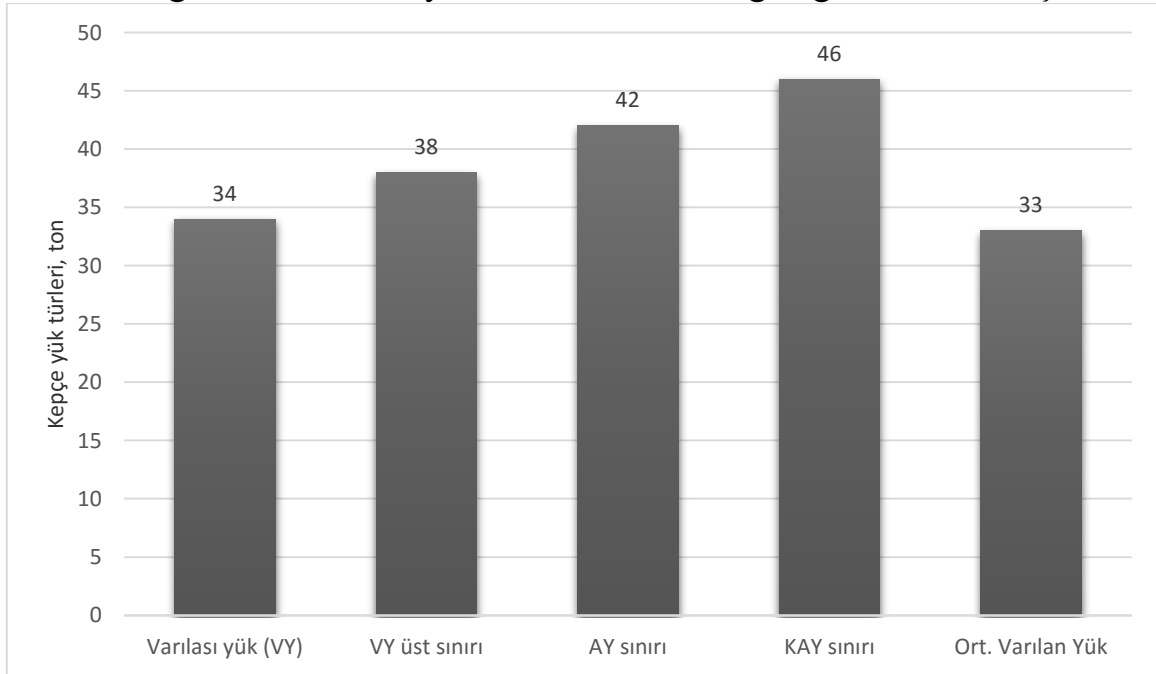
Aşırı Yük Sınırı (AYS) yararlı yük sınırının % 10 fazlası olarak alınır, **Kritik Aşırı Yük Sınırı (KAYS)** ise yararlı yük sınırının % 20 fazlası olarak tanımlanır.

Kepçe içindeki yük kritik aşırı yük sınırına ulaştığında makine kepçeyi kaldırmayarak kendini korumaya alır. Kepçeden bir miktar malzeme yere dökülüp KAYS altına düşürüldüğünde kepçeyi yeniden kaldırmaya başlar.

5.1 21 m³ 'lük Elektrikli Yükleyicide Varılası Yük

P&H / L-1350 yükleyicinin firmaca önerilen yararlı yük (YY) sınırı 38 tondur. Aşırı yük (AYS) sınırı ise yararlı yük sınırının % 10 fazlası olup 41.8 tondur. Kritik aşırı yük (KAY) sınırı ise yararlı yük sınırının % 20 fazlasıdır ki bu da 45.6 tondur (Wood 2014), Şekil 5.

Kritik aşırı yüklerde kepçe kaldırış (hoist) sistemi çalışmaz, ancak kepçeden bir miktar malzeme boşaltıldığında kepçe kaldırış sistemi yeniden devreye girer (Wood 2014). Varılası (Hedef) yük (VY) ise yararlı yük sınırının % 10 altı olarak alınmıştır, bu da 34 ton etmektedir. Sapmanın ise bu değer %5 altında ya da üstünde olması gereği kabul edilmiştir.



Şekil 5. Elektrikli yükleyicide kepçe yükü türleri

Elektrikli yükleyici için varılası yük ve sapmalar: Kepçe varılası yükü ve ulaşma durumları izleme aygıtı ile izlenebilir. Bir haftalık izleme sonuçlarına göre ortalama kepçe yükü 33 ± 1.5 ton, varılası yük 34 ton, Şekil 5., varılası yükten ortalama sapma (-) % 2.6, Çizelge 4.

Çizelge 4. Elektrikli yükleyici yararlı yükü ve varılası yükten sapma yüzdeleri

Gün	Kepçe Yükü, ton	Varılası Yük, ton	Sapma, %	İş Döngüsü, s	Kazı, s	Boşaltma, s
15	31	34	- %9	49.14	5.46	11.83
16	35	34	+%3	49.65	5.51	11.91
17	33	34	- %3	49.60	5.50	12.23
18	35	34	+%3	49.02	5.79	11.72
19	33	34	- %3	47.39	7.04	10.68

20	32	34	- %6	49.98	5.64	11.75
21	33	34	- %3	49.08	5.77	10.67
Ortalama	33±1.5	34	-% 2.6	49±0.8	5.8±0.6	11.5±0.6

Elektrikli maden yükleyicisinde bulunan izleme dizgesi, gerçek zamanlı dokunmatik ekranı ile operatörün etkileşimli olarak izlediği, duruma göre aracın başarımının ayarlanıp, düzeltilmesini sağlar. Kepçe yüksekliği ve açısı, her kepçenin içindeki yük, katlamalı kaya taşıtı tekne yükleri, her yükleme döngüsü için geçen süre, taşınan toplam kaya ağırlığı, kalan yakıt, araç hızı ve soğutucu sıvı ısısı vb gibi yaşamcıl önem taşıyan bilgi kayıtları sağlar (istatistiksel bilgiler). Yorumlaması kolay grafik biçimler kişisel isteklere göre değiştirilebilir (Anon a, 2012).

5.2 220 Tonluk Kaya-Taşıtıta Varılası Yük

Kaya-taşıtları için varılası yük ve sapmalar: Yükleyici ile birlikte çalışan kamyonlar 220 tonluk olup bu değerin %10 altı varılası yük olarak Kabul edilmiştir. Bu yedi günlük izleme sürecinde tekne yararlı yükü ve varılası yükten sapma oranları; varılası yük 198 ton, ortalama sapma (+) % 2.5; ortalama tekne yükü 203±10 ton olmuştur, Çizelge 5. Kaya-taşıtı ortalama tekne doluş süresi 5.7±0.5 s, kepçe sayısı 6±0.4, günlük üretim miktarı ise 27.013±1243 tondur.

Çizelge 5. Kaya-taşıtı teknesi yararlı yükü ve varılası yükten sapma oranları

Gün	Tekne Yükü, ton	Varılası Yük, ton	Sapma, %	Tekne Doluş Süresi, dk	Gereken Kepçe sayısı, adet	Günlük Üretim Miktarı, ton
15	216	198	+8	5.68	7	27.022
16	208	198	+5	5.57	6	28.009
17	197	198	-0.5	5.18	6	25.592
18	212	198	+7	6.57	6	27.532
19	198	198	0	6.00	6	27.519
20	189	198	-4	5.23	6	28.375
21	199	198	+0.5	5.68	6	25.044
Ortalama	203±10	198	+2.5	5.7±0.5	6±0.4	27.013±1243

Günümüz elektrikli yükleyicileri ve elektrikli kaya taşıtlarının çoğu araç sağlığı ve üretim izleme sistemleri ile donatılmıştır. Araç kullanıcısı etkileşimli olarak bu izleme dizgelerini izleyebilir, bakım-onarım ekipleri ve yöneticiler uydu ve internet kanalıyla durumu uzaktan izleyebilir, anlık ve günlük bilgi kayıtlarına ulaşabilir.

6 İRDELEME

Elektrikli maden yükleyicisinin uzaktan algılanabilen ve izlenebilen günlük bilgi-bildiriminde: Toplam kaç kaya-taşıtı ve kaç ton yüklendiği, toplam yararlı yük, ortalama kepçe yükü, arıza sayısı, ortalama ayakta kalma oranı gibi üretim bilgileri. Yüklenen toplam

kaya-taşıtı sayısı, ortalama olarak kaya-taşıttının kaç kepçede dolduğu, kaya-taşıtı yükü, kepçe yükü, kaya taşıtı yanaşma süresi, kaya-taşıtı bekleme süresi, yakıt tüketimi gibi yüklemeye ayrıntıları ve işlenmiş bilgileri de grafik olarak verir. Bilgi-bildiriminin bakım-onarım bölümü ise bozuklukları, uyarıları, koruyucu-bakım-onarım (KBO) uyarılarını, araç kullanım yüzdesi gibi bilgileri; kepçenin aşırı yüklenme, durum ve sayılarını bildirir.

Yükleyiciler, genellikle maden işletmelerinde yığın yükleme gibi ikincil işlerde kullanılır. Ancak, yeni kuşak elektrikli maden yükleyicileri ana kazı ve yükleme aracı olarak kullanılmak için geliştirilmiştir. Elektrikli kaya-taşıtlarında yalnızca iki arka tekerde elektrikli devindirme sistemi varken, elektrikli maden yükleyicilerinde dört tekerde de elektrikli devindirme düzeneği bulunur. Kaya aşındırıcı olduğundan tekerlere koruma zinciri takılmaktadır, Şekil 6. Elektrik güç-aktarım dizisi olağanüstü düşük hızda olağanüstü yüksek tork üreterek tekerden yere, geleneksel transmisyonlara göre, çok daha fazla güç aktarır.



Şekil 6. Ocakta bir elektrikli yükleyiciye öğle arası bakımı (Conway 2014)

7 ELEKTRİKLİ YÜKLEYİCİDE BAKIM-ONARIM ÖZELLİKLERİ

7.1 Güvenilgenlik (Ortalama Bozulma Aralığı Süresi), (R) (MTBF)

Arızalar arası geçen ortalama süre, (MTBF) (Mean Time Between Failures) (Reliability), beklendiği gibi daha uzundur; çünkü arıza yapacak bileşen sayısı azdır: dişli kutusu, tork çevirici, akis, diferansiyel, evrensel eklemler, hidrolik frenler ve ilgili soğutucu sistemler

yoktur. Mekanik yükleyiciye göre hareketli parça sayısı % 60 yöresinde azdır. Bu nedenle araç güvenilirliğinin (R) yüksek olması beklenir.

Ancak, Hibrid SR sürüş sistemi ana bileşenleri güç elektroniği, motor/jeneratör, kontrol sistemi, ve güneş dişli sistemleri içerir. Elektrikli yükleyiciden beklenen güvenilirliği elde etmek için, bakım-onarım ekipleri mekanik becerilerin yanısıra elektrik-elektronik ve bilgisayar bilgisi ve deneyimine sahip olmalıdır, ve iyi bir biçimde eğitilmelidir.

7.2 Bakılabilirlik (Ortalama Bozukluk Giderme Süresi), (M) (MTTR)

Bakılıp onarılacak daha az sayıda bileşeni olup boşaltılıp doldurulacak dişli kutusu ve rezervuar yoktur, daha az miktarda yağ kullanımı söz konusudur. Dizel motor yenileme aralığı daha uzundur (Fleet 2012). Makinenin etrafında bulunan ulaşılması kolay bakım noktaları ve modüler bileşenler zaman kazandırıp üretkenliğe katkıda bulunur. Bu özellikler elektrikli yükleyicinin ortalama onarım süresini kısaltır (Anon a, 2014). Bileşenlerin sağlığı ve çalışması operatör kabininde bulunan bilgisayar sistemi ile izlenir ve arızalar teşhis edilir.

7.3 Elektrikli Yükleyicinin Ayakta kalma Oranı, (A) (Availability)

Gerek yukarıda saydığımız özelliklerinden (R) ve (M); ve gerekse tasarım özelliklerinden dolayı elektrikli yükleyicinin ayakta kalma oranının eşdeğer mekanik yükleyicilere göre daha yüksek olması beklenir. Ancak, mekanik yükleyiciler kadar yaygın olmadığı için gerek operatörleri, gerekse bakım-onarım personeline özel eğitim vermek gerekmektedir.

7.4 Elektrikli Yükleyicinin Üretkenliği, (P) (Productivity)

Arızalar arası ortalama süresinin yüksek olması ve arızaları giderme ortalama süresinin kısalığı ve bakım kolaylığı, makineden daha iyi bir üretkenlik beklentisi demek olup sonucunda ton başına en düşük maliyet elde edilmesi umulur. Kepçe ve kaya-taşıtı kasa yükü gibi üretim ve üretim parametreleri, kaç kepçede olduğu, iş döngüsü süreleri vb operatör kabinindeki bilgisayar sisteminin ekranından izlenir.

Operatör için kullanımı kolaylığı; operatörün karar vermesi gereken durumların azaltılmış olması; üstün denge; düşük ağırlık merkezi; değişmez dizel motor devri; hidrolik sistemin her zaman % 100 devrede olması gibi hususlar makinenin üretkenliğine ayrıca katkıda bulunmaktadır.



Şekil 7. Kışladağ açık işletmesinden genel görünüm (Conway 2014)

8 SONUÇLAR

Yükleyiciler, geleneksel olarak, madenlerde ikincil işlerde kullanılır; ancak, elektrikli yükleyiciler bu anlayışı yıkmayı başarmıştır. Bunlar, artık ana kazı makinesi olarak da kullanılmaktadır. Elektrikli yükleyiciler petrol üzerinde aşırı vergi yükü olan ülkelerde yakıt tasarrufu bakımından yeğlenmektedir.

Elektrikli yükleyicinin iş döngüsü bileşenleri kazıya gidiş (KG), kazı (K), boşaltmaya gidiş (BG) ve boşaltma (B) evrelerinden oluşur. Yükleyicinin gerçekleşen ortalama iş döngüsü süresi 50 saniye civarındadır. Bu olay izlemesine göre, iş döngü süresinin % 16'sı Kazıya Gidiş, % 11'i kazı, % 50'si Boşaltmaya Gidiş ve % 23'ü Boşaltma evresinden oluşur; Kazıya gidiş evresi ve boşaltmaya gidiş evresi geriye gidiş (GG) ve ileriye gidiş (İG) bileşeninden oluşur. Kazıya Gidiş evresinde Geri Gidiş payı %39, İleri Gidiş payı % 61'dir. Boşaltmaya Gidiş evresi Geri Gidiş payı % 26, İleri Gidiş payı %74' dür.

Boşaltmaya Gidiş (BG) Toplam İş Döngüsünün (TİD) % 50'sini, Boşaltma (B) ise % 23'ünü oluşturmaktadır. Bu iki evre TİD'nin % 73'ünü oluşturmaktadır. Üretken bir elektrikli yükleyici çalışması için bu iki evrede geçen sürenin düşürülmesinin yollarını aramak gerekmektedir; kaya-taşıttının yükleyiciye göre konumu (yanaşma durumu) ve kepçenin kaya-taşıttı kasasına yükleme yüksekliği (kepçe-kamyon uyumu), ve operatör beceri ve deneyimi bu süreyi etkileyen etmenlerdir. Bu çalışmanın yapıldığı sırada elektrikli yükleyici operatörleri yaklaşık olarak bu makinalarda bir yıllık deneyime sahipti. Gerek kazı ve yanaşma pratikleri

ve gerekse operatör deneyimleri arttıkça başka madenlerde olduğu gibi 45 saniye döngü sürelerine doğru ulaşılacaktır.

Gerek yükleyici ve de gerekse kaya-taşıtı için varılası yükün önemi yadsınamaz. Üretken bir çalışma için kepçe içindeki yükün varılası yükten sapma yüzdesinin % ± 5 den çok olması önerilmez. Kepçe içindeki yükün önerilen varılası yükü ve sapmayı (+) yönde aşması makine için iyi değildir, yıpranma demek olup (-) yönde sapma ise kepçe eksik doldurulduğu için para yitimi demektir. Önerilen aralıkta çalışma en uygun (optimum) çalışma olarak kabul edilir. Yapılan haftalık gözlemlere göre ortalama kepçe yükündeki varılası yükten sapma miktarı (-) % 2.6 olmuştur. Kamyonlarda ise varılası yükten sapma miktarı (+) % 2.5 olarak gerçekleşmiştir.

Dizel-elektrik güç-aktarımının en iyi yanlarından birisi aktarma organlarına gerek duyulmaması ve hareketin kablolarla elektrik motorlu tekere aktarılıyor olmasıdır. Bu iri boyutlu transmisyonlardan, tork çeviricilerden, şaftlardan, akislerden, bunların bakım-onarım, yağ dolumu ve değişiminden, büyük bakım-onarımlardan, bu birimlerin yedeklenmesi gibi işletme giderlerinden kurtulmak anlamına gelir.

KAYNAKLAR

Anon. a, 2012; JoyGlobal P&H, Generation 2 Wheel Loader Product Overview, *P&H Mining Equipment Inc., Milwaukee, USA*.

Conway, J. 2014; Unpublished photographs, Joy Global, UK.

LeTourneau, R.G., 1972; Mover of Men and Mountains, *The Autobiography of R.G. LeTourneau, Moody Publishers, Chicago, USA*

Fleet, M., 2012; Personal communication on “Hybrid Drive Electric Mining Loaders”, *Longview, Texas, USA*

Norris, J., 2013 : Kişisel görüşme, *P&H Mining Equipment LeTourneau Factory., Texas, U.S.A.*

Orlemann, E.C., 2009; R.G. LeTourneau Heavy Equipment, *The Electric Drive Era 1953-1970, Iconografix, Wisconsin, USA*

Özdoğan, M., 2013 : Yayımlanmamış fotoğraf, *İdeal Makina Danışmanlık Ltd., Ankara*

Özdoğan, M. ve ark., 2015 : DE Sürüş sistemleri ve yükleyicilere uygulanması – Olay çalışması, *IMCET2015, Antalya, 2015*

Wood, A., 2013; Electric drive mining class wheel loaders as primary production tools, *IMCET 2013, Antalya, Turkey*.

Wood, A., 2014; Personal communication, *JoyGlobal P&H, Wigan, U.K.*