

K.B.İ. MURGUL İŞLETMESİNDE KULLANILAN İŞ MAKİNALARININ PERFORMANS ANALİZİ VE OPTİMUM YENİLENME ZAMANLARI

PERFORMANCE ANALYSIS OF MINING MACHINERY USED IN K.B.İ. MURGUL MINES AND OPTIMUM REPLACEMENT TIMES

S. G. ERÇELEBİ ve H. ERGİN
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, İstanbul

M. YILMAZ
Karadeniz Bakır İşletmeleri, Murgul

ÖZET: Tamir ve bakımı mümkün olan iş makinelerinde performans analizi yapılırken dikkate alınması gereken en önemli faktör kullanım oranlarıdır. Kullanım oranları amaca göre: mekanik kullanım oranı, fiziksel kullanım oranı ve efektif kullanım oranıdır. Bu oranlar K.B.İ. Murgul İşletmesi'nde açık ocaklarda kullanılan iş makinelerinin performans analizleri için hesaplanmıştır. Analiz sonucunda bazı ekskavatörlerin yenilenmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

ABSTRACT: When analysing performance of mining machinery, availability is used as the most important parameter. Depending on the purpose, different types of availabilities must be calculated. These are mechanical availability, physical availability and effective availability. These measures are calculated for the performance analysis of the machinery used in K.B.İ. Murgul Surface Mines. It is concluded that some excavators should be replaced.

1. GİRİŞ:

Murgul Bakır İşletmesinde işletilen rezervler birbirine yakın Damar ve Çakmakçaya sahalarında olup açık işletme sistemi ile çalışmaktadır. Cevher yatağı dik kesiti mantar şeklinde olan, uzun eksenli N60W doğrultulu bir elipsoid şeklindedir. Elipsoidin uzun eksenli 700 metre, kısa eksenli yaklaşık 400 metredir. Cevherleşme kalınlığı merkezde daha fazla ve kenarlara doğru azalmaktadır. Sahada en üst basamak kotu 1156, en alt basamak kotu 1072'dir. Murgul bakır işletmesinde açık ocak işletmesi mevcut olup basamak sistemi ile çalışmaktadır. Basamak yüksekliği 12 metre, basamak genişliği 15 metredir. Genel şev eğimi 45-50 derece arasında, basamak şev eğimi ise 70 derecedir. Cevher üretimi delme-patlatma yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Patlatma ile serbest hale gelen cevherler, loder ve ekskavatörlerle kamyonlarla yüklenerek kırıcıya sevkedilmektedir. Loderin hareket yeteneği daha fazla olduğundan örtü tabakasının kalınlığının az olduğu yerlerde çalışmaktadır. Kırıcıya gelen cevher kırıcılarda kırıldıktan sonra konsantratör tesislerine beslenerek zenginleştirme işlemine tabi tutulmakta ve bu işlemler sonucu elde edilen bakır ve pirit konsantrlerinin büyük bir kısmı 62 km. uzunluğundaki boru hattı vasıtasıyla Hopa'ya sevkedilmektedir. Burada kıvamlaştırma tükilerine alınan konsantrler bilahare filtrasyona tabi tutulmakta ve daha sonra da kurutulmuş depolanmaktadır. Bu aşamadan sonra bakır konsantresi izabe tesislerinde işlenmek üzere

Samsun İşletmesi'ne, pirit konsantresi ise ticari firmalara satılmaktadır. Yıllara göre cevher üretimi ve yapılan dekapaj miktarları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. K.B.İ. Murgul İşletmesi'nde Yapılan Dekapaj ve Üretimler

Yıllar	Dekapaj (m ³)	Cevher Üretimi	
		Ton	%Cu
1994	2.436.668	3.076.721	0,98
1995	186.060	2.606.250	0,96
1996	2.216.174	3.090.259	0,88
1997	2.428.426	2.528.171	0,84

K.B.İ. Murgul İşletmesinde açık ocaklarda çalışan iş makinelerinin performansını etkileyen en önemli parametre kullanım oranlarıdır. Kullanım oranları amacına göre farklı şekilde hesaplanır. Bölüm 3'de izah edilen üç ayrı kullanım oranı açık ocağdaki iş makineleri için hesaplanmıştır.

2. MAKİNA PERFORMANSI VE GUVENİLİRLİK TEORİSİ:

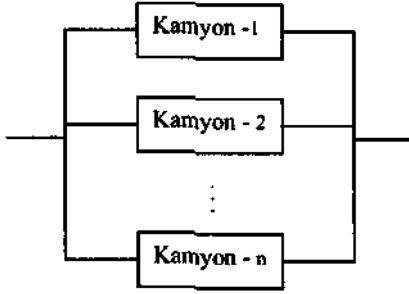
Bir maden işletmesinde iş makinelerinin performansı, işletmenin üretim kapasitesini direkt olarak etkiler. İşletme verimliliğinin artırılması, üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve işletmenin daha ekonomik olması için iş makinelerinin performansları artırılmalıdır. Buda ancak iş

makinaların kullanım oranlarının ve durma nedenlerinin analizi ile mümkündür. Performans analizinde en önemli faktör makinaların kullanım oranları ve bu oranların kabul edilebilir sınırlar içinde olmasıdır.

İş makinalarının tek tek kullanım oranlarının hesaplanması ve işletme içinde bu makinaların nasıl organize edildikleri, işletmenin bir bütün olarak verimliliğini ve dolayısıyla üretimi nasıl etkilediği güvenilirlik teorisi prensipleri kullanılarak açıklanabilir. Bir sistemde makinalar veya üretim birimleri seri veya paralel bağlı olarak organize edilebilir (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Seri Bağlantı



Şekil 2. Paralel Bağlantı

Üretim birimleri seri olarak bağlanmış ise bir birimin arızalanması veya bir başka nedenden dolayı durması diğer birimlerin de durmasına neden olur. Murgul açık işletmesindeki ekskavatör-kırıcı yapısı bunun tipik bir örneğidir.

Paralel bağlantıda bir ünitenin durması üretimi durdurmaz fakat üretimin azalmasına neden olacaktır. Örneğin bir ekskavatör veya lodeye bağlı olarak çalışan kamyonlardan biri arızalanır ise diğer kamyonlar faaliyetlerine devam edecek fakat kamyonlar tarafından taşınan toplam malzeme miktarında bir azalma olacaktır.

Seri bağlantının güvenilirliği, eğer i ünitesinin güvenilirliği R_i ise ve sistemde n ünite varsa:

$$R_T = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n \quad (1)$$

Paralel bağlantının güvenilirliği:

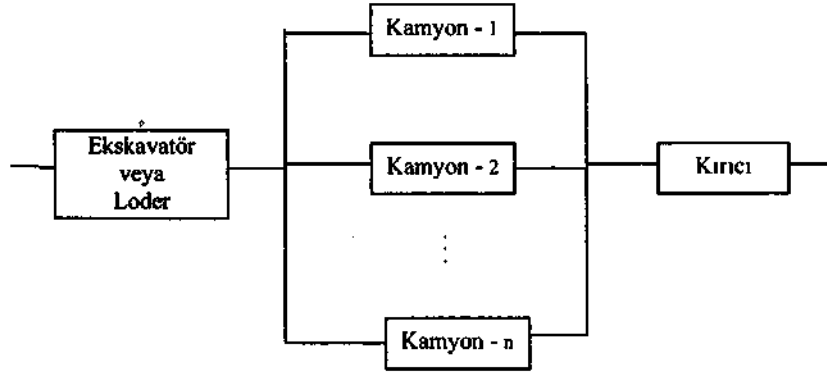
$$R_T = 1 - (1 - R_1) \times (1 - R_2) \times \dots \times (1 - R_n) \quad (2)$$

Burada bir ünitenin t anındaki güvenilirliği:

$$R(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (3)$$

$f(t)$ = ünitenin bozulma fonksiyonu'dur.

Murgul açık ocaklarında iş makinalarının bağlantısı Şekil 3'de gösterilmiştir. Ekskavatör, loder veya kırıcının durması ocağın o kısmındaki üretim faaliyetlerini durduracak, kamyonların birinin veya bazılarının durması ise üretimin azalmasına neden olacaktır.



Şekil 3. Murgul Açık Ocaklarındaki İş Makinalarının Bağlantı Şekli

3. KULLANIM ORANI

Maden makinaları gibi tamir ve bakımı mümkün olan sistemlerde performans ölçütü olarak en sık kullanılan kavram kullanım oranıdır. Kullanım oranı bir ekipman veya makinanın bulunduğu çalışma şartlarında kendisinden istenilen işlevi yerine getirebilme olasılığıdır ve şu bağıntıyla verilir.

$$\text{Kullanım Oranı(\%)} = \frac{\text{Toplam Çalışılabilir Süre}}{\text{Toplam Çalışılabilir Süre} + \text{Toplam Durma Süresi}} \times 100$$

Kullanım oranı amaca göre üç grupta incelenebilir. Bunlar Mekanik kullanım oranı ve Fiziksel kullanım oranı ve Efektif kullanım oranıdır (Sense, 1968; Erçelebid., 1997).

3.1 Mekanik Kullanım Oranı:

Ekipman kullanılabilirliğini, mekanik sebeplerden dolayı durma sürelerine bağlı olarak gösterir.

$$\text{Mekanik Kullanım Oranı(\%)} = \frac{\text{Çalışılan Süre(saattir)}}{\text{Çalışılan Süre(saattir)} + \text{Tamir - bakım Süresi(saattir)}} \times 100$$

Çalışılan süre; makinanın çalışabilir olduğu ve operatörün bulunduğu süreyi kapsar. Bunun dışında her türlü durma süresini ihtiva eder. İşe başlama, operatör dinlenmesi, hava şartlarından dolayı durma, kırıcı bekleme, vb. gibi durma süreleri buna dahildir. Tamir bakım süresi; ekipman bozulduğunda tamir için harcanan süreyi, planlı bakım sürelerini ve parça beklemeden dolayı durma sürelerini kapsar.

Mekanik kullanım oranı makinanın bozulma ve bakım dışında ne kadar süreyle kullanılabileceğini gösterir. Farklı markalardaki makinaların karşılaştırılmasında oldukça faydalıdır. Ayrıca bir makinanın yaşlanma ve eskimeden dolayı azalan performansının bir göstergesidir.

3.2 Fiziksel Kullanım Oranı:

İdari planlamanın ve organizasyonun ne derecede iyi olduğunun bir göstergesidir. Bir makinanın ne kadar süre kullanılabileceğini gösterir.

$$\text{Fiziksel Kullanım Oranı(\%)} = \frac{\text{Çalışılan Süre(saattir)} + \text{Yedek Süre(saattir)}}{\text{Çalışması Planlanan Süre(saattir)}} \times 100$$

Çalışması planlanan süre; çalışılan süreyi, tamir bakım sürelerini ve makinanın yedekte bekletildiği süreyi kapsar. Bir başka deyişle, Toplam süreden planlı durma sürelerinin çıkarılmasıyla bulunur. Planlı Durma süreleri ise şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Planlı Durma Süreleri} = \text{Bakım} + \text{Revizyon} + \text{İşe Başlama Kayıpları} + \text{Operatör Dinlenmesi}$$

Makinanın yedekte bekletildiği süre Planlı Durma süresine dahil edilmez. Eğer fiziksel kullanım oranı, mekanik kullanım oranından çok büyükse bu makinanın tam kapasite kullanılmadığını gösterir.

3.3 Efektif Kullanım Oranı:

Makinanın gerçekte üretim için kullanıldığı süre Efektif Kullanım Oranı ile hesaplanabilir.

$$\text{Efektif Kullanım Oranı(\%)} =$$

$$\frac{\text{Fiili İş Süresi (saattir)}}{\text{Toplam Süre (saattir)}} \times 100$$

Eğer efektif kullanım oranı çok düşük ise, bu makinanın işletmeye gerçekte ne kadar faydalı olduğu detaylı olarak incelenmelidir. Oranın düşük olma nedenlerinin mekanik nedenlerden mi yoksa idari nedenlerden mi kaynaklandığı uygun kullanım oranlarına bakılarak analiz edilmelidir.

Tek bir kullanım oranı tam olarak gerekli bilgiyi vermeyecektir. Bu yüzden her üç kullanım oranının hesabı detaylı bir analiz için gereklidir. Çizelge 2 izah edilen kavramları özet olarak göstermektedir.

Çizelge 2. Tanımlanan Kullanım Oranlarının Formüllerle Kısaltılmış Gösterimi

Mekanik Kullanım Oranı (MK)	Fiziksel Kullanım Oranı (FK)	Efektif Kullanım Oranı (EK)
$\frac{W}{W + R} \times 100$	$\frac{W + S}{P} \times 100$	$\frac{F}{T} \times 100$

fiK=Çalışılan Süre, /?=Tamir-bakım Süresi, S=Yedek Süre, /Çalışması Planlanan Süre, F=Fiili İş Süresi, /^Toplam Süre

4. K.B.İ. MURGUL AÇIK İŞLETMESİNDEKİ İŞ MAKİNALARININ PERFORMANS ANALİZİ

Murgul açık işletmesinde iş makinalarının çalışma ve durma süreleri aylık ve yıllık istatistikler olarak tutulmaktadır. Bu çalışmada açık ocakta çalışan iş makinaları incelenmiş ve makinaların gerek tek tek performansları gerekse genel ocak verimine olan etkileri analiz edilmiştir. İnceleme kapsamına alman makinalar; ekskavatörler, loderler ve kamyonlardır. Bu makinalar için aylık kullanım oranları 1998 yılı ilk 7 ayı için ve yıllık kullanım oranları 1990-1997 yılları arasında hesaplanmıştır.

İşletmede tutulan çalışma zamanından olan kayıpları gösteren istatistikler şu şekilde organize edilmiştir.

1. Tamir bakım süresinde kayıplar
 - Bakım
 - Tamir
 - Revizyon
 - Parça bekleme
2. Faal sürede kayıplar
 - İşe başlama kayıpları
 - Operatör dinlenmesi
 - Hava şartları
3. Operasyon kayıpları
 - Yükleyici yetersizliği
 - Operatör eksikliği
 - Yedekte bekletme
 - Kırıcı bekleme
 - Diğer nedenler

Bölüm 3'de izah edilen kavramlar çerçevesinde iş makinalarının kullanım oranları hesaplanmıştır. Mekanik ve fiziksel kullanım oranlarının hesaplanmasında çalışılan süre: fiili iş süresine, faal sürede kayıplar ve yedekte bekletme süresi dışındaki operasyon kayıpları eklenerek hesaplanmıştır. Çalışılması planlanan toplam süre günde iki vardiya ve her vardiya için 8 saat'dir. İş makinaları için toplu sonuçlar Çizelge 3-6'de verilmiştir. Ayrıca bir ekskavatör ve bir loder için aylık ve yıllık kullanım oranlarının değişimi grafik olarak Şekil 4-7'de gösterilmiştir.

K.B.İ. Murgul işletmesinde tutulan istatistiklere göre;
Çalışması Planlanan Süre = Toplam İş Süresi-Bakım-Revizyon-İşe Başlama Kayıpları-Operatör Dinlenmesi'dir. Çizelge 3-5 ve Şekil4-7'den görülebileceği gibi kullanım oranları birbirlerine göre relatif olarak aynı eğilimi takip etmektedirler. Kullanım oranlarının düşük olduğu zaman aralıklarında ekipmanlar revizyona alınmış bulunmaktadır.

Ekskavatörlerin mekanik kullanım oranları %40-60 arasında, fiziksel kullanım oranları %60-80 arasında ve efektif kullanım oranları da %30-40 arasında değişmektedir. İşletmedeki 02 ve 04 no Mu ekskavatörlerin 1997 yılının büyük kısmını ve 1998 yılının tamamını tamirde geçirmesi, bu makinaların ekonomik ömrünü tamamladığının ve yenilenmesi gerektiğinin bir göstergesidir. Bu ekskavatörlerin 1996 yılından sonraki mekanik kullanım oranlarının çok düşük çıkması da bunu açıkça göstermektedir.

Loderlerin mekanik kullanım oranları %50-80 arasında, fiziksel kullanım oranları %70-90 arasında ve efektif kullanım oranları da %40-60 arasında değişmektedir. Oranların ekskavatörlerden yüksek olmasının nedeni, loderlerin daha basit yapıda ve dayanıklı iş makinaları olması olarak açıklanabilir.

Kamyonların kullanım oranları ekskavatör ve loderlere paralel bir eğilim göstermektedir. Kamyonların sayılarının fazla olması nedeniyle, çizelge ve şekillere burada yer verilmemiştir. Ancak yapılan çalışmada, kamyonlarda da efektif kullanım oranlarının en düşük, fiziksel kullanım oranlarının ise en yüksek olduğu bulunmuştur. Bir ekskavatör veya lodere atanan kamyon sayısının birden fazla olması kamyon kullanım oranının düşük olması halinde de üretim faaliyetlerinin durmayacağı fakat üretimin azalmasına neden olacağı açıktır.

5. SONUÇLAR

Maden işletmeleri gibi bakım ve onarımı mümkün olan iş makinalarının kullanıldığı yerlerde, performans analizi yapılırken gözönüne alınması gereken en önemli faktör bu makinaların kullanım oranlarıdır. Makinanın mekanik performansı için, mekanik kullanım oranı; iş organizasyonu performansı için fiziksel kullanım oranı; iş makinalarının üretim performanslarının analizi için de efektif kullanım oranı hesaplanmalıdır.

K.B.İ. Murgul İşletmesi, açık ocaklarında çalışan iş makinalarından, ekskavatörler, loderler ve kamyonlar için kullanım oranları hesaplanmıştır. Sonuç olarak; işletmedeki 02 ve 04 no Mu ekskavatörlerin ekonomik ömrünü tamamlamış olduğu, diğer makinaların kullanım oranlarının kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 3. Ekskavatörler için 1998 yılı aylık kullanım oranları (%)

Ekskavatör	Ocak			Şubat			Mart			Nisan			Mayıs			Haziran			Temmuz			
	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04	14	17	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09'	64	73	46	18	20	5	40	57	28	46	57	32	47	57	34	58	78	43	60	72	46	
10	47	56	30	72	83	45	62	78	49	46	52	30	50	66	37	34	57	22	42	62	29	

MK=Mekanik Kullanım Oranı, FK=Fiziksel Kullanım Oranı, EK=Efektif Kullanım Oranı

Çizelge 4. Ekskavatörler için 1990-1997 yılları yıllık kullanım oranları (%)

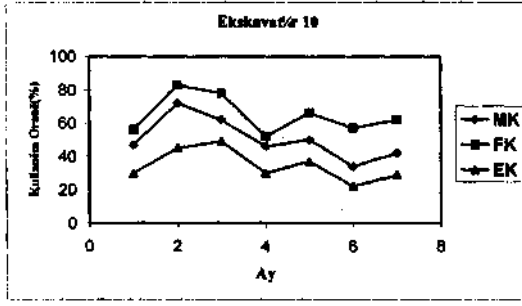
Ekskavatör	1990			1991			1992			1993			1994			1995			1996			1997		
	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK
02	65	80	34	48	54	30	29	67	18	10	11	4	49	63	29	40	48	22	38	48	22	16	21	10
04	12	16	5	21	27	13	68	78	41	62	73	36	41	51	24	32	39	17	25	31	13	5	6	3
09	74	92	47	58	71	34	69	80	41	77	91	46	64	75	42	47	56	28	52	61	34	53	68	34
10	52	64	30	72	84	47	69	79	45	71	81	45	44	54	28	53	63	33	53	64	35	47	58	29

Çizelge 5. Loderler için 1998 yılı aylık kullanım oranları (%)

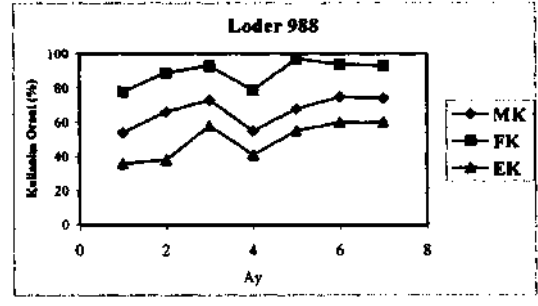
Loder 988	Ocak			Şubat			Mart			Nisan			Mayıs			Haziran			Temmuz		
	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK
01	59	81	42	81	93	49	33	50	19	50	78	35	62	93	47	54	93	39	42	68	30
02	54	78	36	66	89	38	73	93	58	55	79	41	68	97	55	75	94	60	74	93	60

Çizelge 6. Loderler için 1990-1997 yılları yıllık kullanım oranları (%)

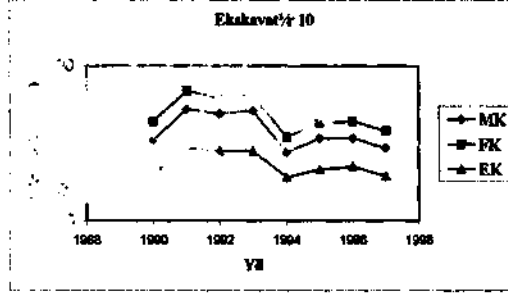
Loder 988	1990			1991			1992			1993			1994			1995			1996			1997		
	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK	MK	FK	EK
01	67	85	46	72	88	51	55	67	37	66	79	54	60	79	40	62	80	41	60	81	40	57	77	37
02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	61	37	66	85	45	67	86	46	65	84	45	55	75	35



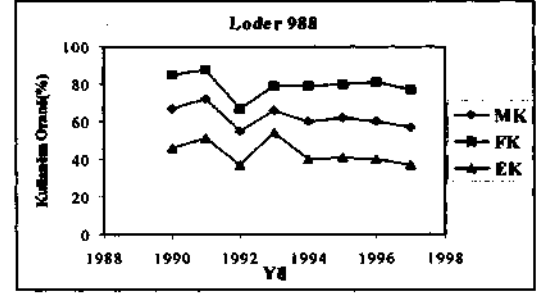
Şekil 4. 10 No'lu Ekskavatörün 1998 Yılı Aylık Kullanım Oranları



Şekil 6. Loder 988 1998 Aylık Kullanım Oranları



Şekil 5. 10 No'lu Ekskavatörün 1990-1997 Yılları Kullanım Oranları



Şekil 7. Loder 988 1990-1997 Yılları Kullanım Oranları

KAYNAKLAR

Kumar, U., Granholm, S. ve Elbrond, J. 1987. *M. System Availability Concepts*. International Journal of Surface Mining, 1:209-213.

Ntuen, C. A., 1986. *Approaches to Life Cycle Cost Analysis with System Availability Constraints-A Review*. Microelectronics and Reliability. 26:341-354.

Sense, J. J. 1968. *Equipment Availability*. Surface Mining, edited by Pfeider, P. E., AIME publications, New York, 663-668.

Erçelebi, S. G., Ergin, H., 1997. *Maden Makinalarında Koruyucu Bakım Onarım Planlaması*, 15. Madencilik Kongresi, Ankara, 125-132.